

ダイコン根くびれ病とその防除

平野寿一・飯嶋 勉

Black-Root Disease of Japanese Radishes Caused by
Aphanomyces raphani Kendrick and its Control

Toshiichi HIRANO and Tsutomu IIJIMA

Summary

1. Recently, a syndrome so-called 'Samehada', browning, fissuring and cracking on the surface of the tap root of Japanese radish has widely prevailed in radish-producing areas in Tokyo. It occurs in June to September and is observed more in July and August. The syndrome is characterized by the following appearances; color of the lesions is brown in the center and dark brown to jet-black at the margin, longitudinal crackings are always seen on the surface of the lesions. It is occasionally observed that the internal root tissues are partially blackened in the very warm season.

2. When small pieces of the infected tissue were dipped into sterile distilled water in a petri dish, *Aphanomyces* sp. was specifically detected from them. The fungus was isolated from the incipient lesions of young root by using water agar. This isolate was identified as *Aphanomyces raphani* Kendrick from the morphological characteristics. When Japanese radish was inoculated with zoospores of the isolate under green-house condition, the same lesions as those observed in the field were appeared on the tap root surface of the test plants at the harvesting time, then the fungus was detected again from these lesions. Therefore, this syndrome was considered to be caused by *A. raphani*.

3. According to the inoculation tests repeated several times, the symptoms on the test plants were variously changed by the age of plants or by the environmental conditions. The symptoms were as follows; black streaks in the hypocotyl of seedlings, blackened constrictions of younger root, incipient lesions around the bases of secondary roots, girdled discolations with or without crackings, narrow lateral lesions on the root surface and internal blackings. The symptoms as mentioned above are assumed to be a developing process of the symptom in this disease respectively. For distinguishing each symptom from those of other root-disorders, the developing process of symptoms is illustrated as a figure (No. 4).

4. Radish agar was the best medium for culturing the causal fungus. Optimum temperature for growth of the fungus was at 23 - 25 C on radish agar, although it grew at temperatures of 10 - 33 C. Zoospores were formed at 10 - 28 C and most abundantly at 20 - 23 C. Germination of zoospores occurred at 10 - 30 C and most frequently at 23 - 25 C. In the inoculation tests the fungus was parasitic to a wide range of curciferous vegetable crops such as cabbage, rutabaga, Chinese cabbage, Japanese turnip, Japanese radish and radish, while nonparasitic to leaf beet, spinach, pea, tomato, eggplant, great burdock and lettuce.

5. The soil fumigation with chloropicrin showed an excellent effect to control the disease in the fields. But the soil treatment with three kinds of dusts and a kind of fine granule showed no controlling effects, because the roots were attacked by the fungus which survived under the treated soil.

I 緒 言

最近、東京都の夏ダイコン産地では数種の根部異常症状が多発し、被害が問題になっている。そこで異常症状の類別とそれぞれの原因究明を目的として1978年に試験を開始した結果、現地で最も問題にされているのは帶状亀裂褐変症状（通称さめ肌）であり、これは *Aphanomyces raphani* Kendriek による根くびれ病の被害であることを明らかにした。本症状が東京都で最初に問題になったのは1973年であるが、当時は硼素欠乏症として扱われていた。一方東京都南多摩農業改良普及所では1977年に本症の対策試験を実施した結果、硼砂や熔りんの施用は効果がまったくないに対し、メチルプロマイドによる土壤消毒はかなり有効であることを明らかにし、本症状の原因に病原菌が関与している可能性が大きいことを示した。これが本報の試験を開始した直接の動機である。本報はわずか2年間の試験結果であり、今後さらに検討しなければならない事項が多く、対策についても当面の薬剤防除法を示したに過ぎない。しかし本病は全国各地の夏ダイコン産地で多発していると思われる所以、現在までに得られた成果を報告し、参考に供したい。

本試験を行なうにあたり南多摩農業改良普及所の木曾雅昭、小林俊明、安藤延夫の3氏ならびに八王子市小比企の半尾和一、中西忠一、大久保練造の3氏からは現地試験で全面的な御協力をいただき、千葉大学学生の長尾英幸君には室内試験で御援助を願った。また北海道大学農学部植物寄生病学講座生越明博士と宇都宮大学農学部植物病学研究室寺中理明博士、農林水産省農事試験場病害第2研究室駒田 旦博士からは病原菌の同定や文献など数々の御指導を賜り、当场前場長本橋精一氏と当研究室の永沢実、井上竹治両氏には有益な御助言と御援助をいただいた。記して深甚の謝意を表す。

なお帶状亀裂褐変症状が *A. raphani* による病害であることは、我々のはか広島県農業試験場井本征史氏と石川県農業試験場竹谷宏二氏によってそれぞれ独立に証明されたことを付記する。

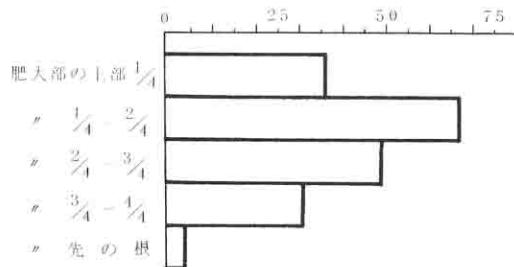
II 試験方法および試験結果

1. 東京都で問題となる夏ダイコンの根部異常症状

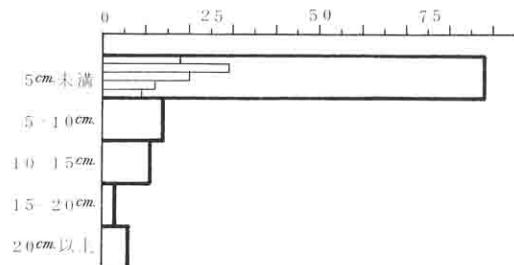
1978~1979年に八王子市小比企に試験畠を設け、あるいは各地の夏ダイコン産地を巡回し、根面に生ずる異常症状を調査観察した。これら地区では原因不明の横しま高温障害と思われる心腐れ、 *Rhizoctonia solani* によ

ると思われる根頭部の亀裂褐変、*Streptomyces* sp.によるそうか病¹⁴⁾、べと病菌による入れ墨^{7,9,22)}など数種の根部異常症状が観察されたが、発生が多く農家が問題にしているのはさめ肌やクロと称する帶状亀裂褐変症状であった。本症状は6~9月穫りの作型で発生し、7~8月穫りで被害が激しい。現在までに発生をみた品種は現地主力品種の夏みの早生二号のほか同三号、春蒔みの早生であり、ダイコンの連作畠やカブ、カンラン、ハクサイとの輪作畠、あるいは傾斜地の低部など水はけの悪い畠で多発している。

6~9月に採集された35株の被害ダイコンについて病斑形成部位と病斑の幅を調査した結果は第1~2図のとおりである。病斑は地際よりやや上の地上抽根部から根の肥大が終る付近にかけてみられ、まれにはさらに先端の細い根に生じることもある。しかし根の肥大部の上から1/4~2/4の部位に病斑形成が多い傾向が認められ、また地上抽根部に生じた病斑は大部分が側根発生部付近以下にあり、根頭部にまで達する病斑はみられない。病斑の形状も一定しないが、幅0.5~3cm程度の横帯状病斑がはちまき状に根面を一周することが多く、これらが層をなして生じ、あるいは互いに融合して幅20cm以上の大型病斑になることもある。典型的帶状亀裂褐変病斑には縦（根の伸長方向）に太くて浅い亀裂があり、大亀裂間に横に細い亀裂が走る。縦の亀裂は長さ5cm以上、太さ7mmにも達するが、深さは2mm程度と浅く、亀裂内は



第1図 病斑形成位置 (35株 126病斑)



第2図 病斑の幅 (35株 122病斑)

白色である。病斑の色は亀裂のある病斑中央部では淡褐色～褐色、亀裂のない病斑周縁部は墨色である。本症状の場合は内部組織に異常はみられないとされてきたが、

高温期には内部発病も認められ、根面病斑下深くの組織が黒変する。本症状とべと病菌による入れ墨との相違点を第1表に示した。

第1表 帯状亀裂褐変症状とべと病菌による入れ墨症状との病徵比較

症 状	形成部位	形 状	境 界	亀 裂	刺 青	内 部	病 徵
本症状	地際付近 ～根の先端	横帯状	比較的 なめらか	浅い	なし	限定された狭い範囲の変色 色は一様に真黒	
入れ墨	地上抽根部	横帯・雲紋 状、地図状	ギザギザ	深い	あり	広範囲に広がる濃淡の変色 色は茶色味が強い	

2. 帯状亀裂褐変症状（さめ肌）の原因

(1) 病原菌の検出と分離

1978年7～9月に八王子市小比企に3カ所の試験畑を設け、それぞれ病原が推定できるように前もって数種の薬剤処理区を作つておき、隨時株を抜き取り、根面の異常症状発病部から病原菌の検出と分離を行なった。検出・分離に用いた方法は、発病部組織を薄く剥ぎ取り、1～2時間流水で洗つたのち供試組織の半分はシャーレ内の殺菌雨水に浸漬して主として *Aphanomyces* 属菌を検出し、残りはアンチホルミン40倍液で表面消毒後素寒天に植え付けて各種糸状菌を分離した。結果の概略は第2表のとおりである。

1978年夏は異常高温・早魃が続いたため本症状の発生はきわめて少なく、7月8日播種8月21日収穫の試験畑Ⅰでは調査668株中発病株は初期症状を含めてわずか3株、7月21日播種9月13日収穫の試験畑Ⅱでは191株中

収穫時に3株しか発生が認められず、8月7日播種9月30日収穫の試験畑Ⅲでは発生はまったく認められなかつた。したがつて薬剤処理と発病の関係はつかめなかつた。試験畑以外では8月30日に3株、9月30日に1株の収穫時発病株が採集された。なお試験畑Ⅰで播種33日後の株に発見した初期症状（後述の帯状薄墨色病斑）は、側根基部を中心とした薄墨色の病斑が左右に横帯状に広がり、病斑中央部には微かに縦の亀裂も認められた。

試験畑ほかで調査した953株中根面に何らかの異常を認めた214株（試験畑Ⅰの播種17日後の外観健全株120株を含む）について病原菌の検出と分離を試みた結果は、帯状亀裂褐変症状が認められた10株中9株の病斑部からは *Aphanomyces* sp. が高率に検出され、その他の病原菌と思われる糸状菌は検出・分離されなかつた。また本症状初期病斑部組織をアンチホルミン40倍液瞬間浸漬後素寒天に植え付けた場合には、生育はきわめて緩慢であつ

第2表 帯状亀裂褐変症状の発生状況と病原菌の検出・分離

場 所	調査月日	抜き取り 株 数	発生株数	検定株数	検 出 ・ 分 離 株 数		
					A p. h.	P y.	R h.
試験畑Ⅰ	7. 2 5	1 2 0	0	1 2 0	0	0	0
	8. 4	2 1 2	0	3 4	0	2 *	0
	8. 1 0	8 3	初期 (1)	1 3	1 *	0	1 *
	8. 1 7	4 2	0	1 3	0	0	0
	8. 2 1	2 1 1	2	8	2	0	0
	小 計	6 6 8	2+(1)	1 8 8	3	2	1
試験畑Ⅱ	9.13まで	1 9 1	3	1 0	2	—	—
試験畑Ⅲ	9. 3 0	9 0	0	2 0	0	0	0
一般畑A	8. 3 0	3	3	3	0	0	0
一般畑B	9. 3 0	1	1	1	0	0	0
合 計		9 5 3	9+(1)	2 1 4	9	2	1

注) Aph.: *Aphanomyces*, Py.: *Pythium*, Rh.: *Rhizoctonia*, *は分離

たが *Aphanomyces* sp. 菌糸の伸長が認められ、その先端部を Radish Agar に移植することによって純粋分離株が得られた。しかし収穫時発病株の場合には細菌混入のため本菌菌糸の生育は認められず、またトウモロコシ片やダイコン胚軸を用いた水中釣菌法²⁷⁾でも本菌は分離できなかつた。一方帶状亀裂褐変病斑以外の根面異常部からは *Aphanomyces* sp. は検出されず、*Pythium* sp. はかさぶた状表皮異常部から 2 菌株、*Rhizoctonia* sp. は本症状とは明らかに異なる根頭部褐変部から 1 菌株分離されたに過ぎなかつた。本試験を通じて、稚苗期の根面からは *Achlya* sp. がしばしば検出され、生育後期には *Fusarium* spp. と *Cephalosporium* sp. が高率に分離されたが、

これらは非病原菌として無視した。

第3表は帶状亀裂褐変病斑のどの部分に病原菌が生存しているかを検討した結果である。8月30日に試験畑近くの一般畑 A で採集した 3 発病株を供試し、病斑周縁部の亀裂のない墨色変色部、病斑中央部の亀裂のある褐変部および病斑内の白色の亀裂部にわけて病組織を水浸したところ、亀裂の有無にかかわらず変色部組織から *A. aphanomyces* sp. が高率に検出され、白色の亀裂部からはほとんど検出されなかつた。なお1979年 6~9月には八王子市小比企と東久留米市八幡町の採集株について病原菌の検出を行なつたが、9月21日採集の 1 株を除いて 36 株中 35 株の病斑部から本属菌が検出された。

第3表 帯状亀裂褐変病斑各部位からの *Aphanomyces* sp. の検出状況

供試部位	供試組織片数	検出率%
亀裂のない墨色変色部	A 株	8
"	B 株	1 0
亀裂のある褐変部	A 株	1 2
"	C 株	1 2
病斑内の白色亀裂部	A 株	1 3
"	B 株	1 6
内部組織黒変部	A 株	2 1
"	B 株	1 5
"	C 株	1 8

注) 供試材料: 8月30日収穫の A~C 株

11, 36)

(2) 分離菌の同定

帯状亀裂褐変症状初期病斑からの分離菌を Radish Agar で培養し、または培養菌を殺菌した雨水に浸漬し、それぞれの形態を調査した。

<菌糸> Radish Agar 上の菌糸は白色綿毛状で、生育初期は気中菌糸に富むが、のち気中菌糸は消失して比較的粗剛な匍伏菌糸となる。菌糸は無隔膜で、主軸と側糸からなる。側糸は主軸の比較的狭い範囲から 2~3 本集中的に生ずることが多く、短かく、先細りする。それぞれ 100 本について太さを測定した結果は、主軸 7.3~17.1 μm (平均 11.2 μm)、側糸 4.9~12.2 μm (平均 8.1 μm) であった。

<造卵器と卵胞子> Radish Agar 中に形成された造卵器は球形で短枝に頂生し、膜は無色で厚膜、表面は平滑で内壁は不整一。卵胞子は造卵器内に 1 個やや扁在して内蔵され、球形で膜は厚く平滑である。それぞれ 100 個の

大きさを測定した結果は、造卵器 23.0~33.9 μm (平均 28.3 μm)、卵胞子 16.9~27.8 μm (平均 22.1 μm) であった。なお Difco Corn Meal Agar 上の各 50 個について測定した結果は、造卵器 21.8~31.5 μm (平均 26.4 μm)、卵胞子 15.7~25.4 μm (平均 20.1 μm) とやや小型であった。

<造精器> 造精器は短枝に頂生し、無色、クラブ形で造卵器柄にからみつくことなく造卵器に 1~3 個付着する。100 個の造卵器について造精器付着数を調査した結果は、2 個のものが 54, 1 個が 40, 3 個が 6 であった。また付着造精器の起源は declinous のものが大部分であり、monoclinous のものも少数みられたが、androgenous のものは観察されなかつた。

<遊走子のうと遊走子> 殺菌雨水で形成させた遊走子のうは無色、無隔膜で菌糸と区別しにくいが、螺旋状にうねり、太さは基部 4.8~8.5 μm (平均 6.5 μm)、先端 3.6~6.1 μm (平均 4.3 μm) であり、先細りする。

遊走子は遊走子のう内に1列にソーセージ状に生じ、先端から次々と逸出し、直ちに被のう胞子となり、遊走子のう先端部に球塊状に集合する。被のう胞子50個について測定した結果は、直径8.5~10.9 μm(平均9.3 μm)であった。

以上の形態的特徴を高等植物に寄生する *Aphanomyces* 属5種に関する報告と比較すると、*A. cochlioides* とは造卵器の大きさと造卵器に付着する造精器の数で異なり、*A. euteichus* とは造精器柄が造卵器柄にからみつかない点と造精器付着数で異なり、*A. cladogamus* とは付着造精器の起源と造精器に apical prolongation を欠く点で異なり、*A. campostylus* とは造卵器の大きさと造精器付着数で異なり、本菌は *A. raphani* に該当すると思われた。そこで *A. raphani* に関する既往の報告と比較すると、造卵器の大きさは Kendrick¹⁶⁾ や Drechsler¹⁷⁾ の測定値より明らかに小さかった。しかしルタバガ根くびれ病菌に関する土屋ら³⁰⁾ の測定値とはほぼ一致し、生越ら¹⁹⁾ の国内各地のアブラナ科野菜畠土壌から分離された菌株に関する測定値とも大略一致した。卵胞子の大きさはやや小型であるものの既往の測定値の範囲に入った。造卵器に付着する造精器の起源は Kendrick¹⁶⁾ の記載どおりであり、大部分は diclinous であるが、 monoclinous のものも認められた。造卵器への造精器付着数は1~3個で2個のものが多く、いずれの報告にも一致した。以上の検討結果から、造卵器の大きさには問題が残ったが、本分離菌を *Aphanomyces raphani* Kendrick と同定した。

(3) 分離菌接種による帶状亀裂褐変症状の再現

直径10.5cm高さ50cmの塩ビ管にメチルプロマイドで消毒した畑土をつめ、10月4日から1週間おきに4回夏みの早生二号を播種し、11月2日に前試験分離菌の遊走子液($8 \times 10^5 / ml$)を1ポット40mlずつ土壤に灌注接種し、加温ガラス室内で管理した。調査は接種後50日、67日、75日の3回にわけて詳細に行なったが、概略を接種時の苗令別にまとめて第5表に示した。

無接種区合計19株の根部には異常はまったく生じなかったが、接種区では合計22株中21株の根面に典型的帶状亀裂褐変病斑または横しま類似病斑の形成を認めた。これら病斑のほとんどすべては側根が発生する主根の2面に生じ、側根基部の隆起に沿って進展する傾向がみられ、病斑内には必ず浅い縦の亀裂を伴っていた。供試22株中11株の根面に再現した帶状亀裂褐変病斑は縦に太い亀裂、横に細い亀裂があり、病斑中央部の亀裂の多い部分は褐色、病斑周縁部は墨色であり、自然発生の場合とまったく

第5表 接種による発病状況と接種菌の再検出

接種時の苗令	調査 株数	病斑形成株数		再検出 株数
		帶状亀裂褐変	横しま	
播種後8日苗	6	4	6	3
播種後15日苗	6	6	6	3
播種後22日苗	5	1	4	1
播種後30日苗	5	0	5	0

第4表 帯状亀裂褐変症状初期病斑部から分離された菌の形態比較

事項	分離菌	<i>Aphanomyces raphani</i>		
		Kendrick, 1927	土屋ら, 1966	生越ら, * 1972
造卵器	23.0~33.9 μm (28.3)	32.0~44.9 μm (37.4)	25.0~37.5 μm	22.1~43.3 μm
卵胞子	16.9~27.8 μm (22.1)	21.4~29.8 μm (25.7)	18.2~24.8 μm	17.2~30.6 μm
造精器の起源	diclinous >monoclinous			
" 付着数	1~3 (2>1>3)	1~3 (2)	1~3	1~3
主軸菌糸の幅	7.3~17.1 μm (11.2)	8.2~11.3 μm (9.2)	5.9~9.9 μm	5.0~15.4 μm
遊走子の基部 うの幅	4.8~8.5 μm (6.5)		6.0~12.0 μm	
" 先端	3.6~6.1 μm (4.3)			
被のう胞子	8.5~10.9 μm (9.3)	8.8~12.7 μm (10.2)	9.2~11.5 μm	
菌糸の生育適温	23~25°C	23~27°C	24~25°C	23~28°C

注) *は4菌株の平均値の範囲

く同じであった。横しま類似病斑は接種した22株中21株の根面に生じたが、この場合は側根基部のへこみの肩に小さな灰褐色斑がかさぶた状に分布し、さらに線状の隆起に沿って同様の病斑が数条左右に伸び、全体として横しま状の病徵を呈した。病斑内には幅1mm以下、長さ3~5mm程度の浅い亀裂が並行して横に分布し、病斑は亀裂部で縦長に広がる傾向がみられた。また横しま類似病斑は側根基部から左か右の片側に長く伸びる場合が多かった。これら2種の病斑は地際からやや上の根面から根の肥大が終る部分にかけて層状に生じたが、帶状亀裂褐変病斑は比較的上部に分布していた。なお接種時の苗令をかえた本試験結果からは、帶状亀裂褐変病斑は播種後20日間程度の幼苗期に感染した場合に生じ、低温時の後期感染の場合には横しま類似病斑になると予想された。

接種菌の再検出率は全般に低率であったが、帶状亀裂褐変病斑部からは11株中7株で検出され、横しま類似病斑の場合と無接種株の根面からは検出されなかった。以上の結果から帶状亀裂褐変症は*A.raphani*による病害であると判断した。¹²⁾また横しま類似病斑は帶状亀裂褐変病斑にまで進展できなかった病斑痕と推定した。

3. *Aphanomyces raphani* によるダイコンの各種病徵と本病の病名

(1) *A.raphani* によって発現するダイコンの各種病徵 東京都の夏ダイコン産地で多発している帶状亀裂褐変症状が*A.raphani*による病害であることは証明できたが、本菌は2-(3)の試験で明らかなように帶状亀裂褐変病斑以外にも数種の病徵を生ずる。そこで病名を考える前に本菌によって発生する各種病徵を詳細に知る必要があると考え、1979年2~10月に塙ビ管による接種試験を繰り返し、あるいは接種土に播種したのち時期を追って株を抜き取り、ダイコン(品種夏みの早生二号)に生ずる病徵を調査観察した。接種試験によって発現した病徵を記述すると次のとおりである。

<黒脚症状> 播種後10日前後から苗の地上部に現われる症状であり、胚軸の内部が異変し、のち表面にも黒色の条斑が生じる。この症状は根が肥大し始め、初生皮層が剥離すると消失する。子葉葉柄部にも黒色条斑が生じ子葉は枯れることもあるが、本葉には異常は生じない。

<側根基部小病斑> 根が小指程度に肥大した頃に肉眼で確認できる根面の初期病斑であり、例外なく側根基部の根面に見られる。病斑は不定形・パッチ状で、側根基部を取り巻く。色は淡褐色~紫黒色でやや金属光沢を帯びることが多く、病斑内には縦長の亀裂がある。

<根くびれ症状> 高温・過湿条件の試験で播種後30~40日頃に高率に発生する症状であり、地際からやや下の

5~10cm付近の根部が黒~褐色に変色してくびれ、根腐れ状を呈す。病斑はあまり下方へは進展せず、病斑部以下の根は細いままで残っていることが多い。病斑下の内部組織は黒変し、地上部は萎ちうする。畑でも高温期の連続降雨時によくみられる。

<帶状薄墨色病斑> 播種後30~40日頃に生じ、側根基部小病斑が横帶状に左右に進展したものである。病斑は側根発生面でない根面で上下に広がるが、幅は狭く、健全部との境界は不鮮明である。色は薄墨色。なおこの病斑部からは病原菌の分離が比較的容易である。

<帶状黒色病斑> 比較的後期に高温・多湿条件により病勢が急激に進展したときに現われる病斑であり、黒褐色~紫黒色の病斑が根を取り巻く。病斑面に亀裂はない。

<内部黒変> 上記病斑の場合には高率に、帶状亀裂褐変病斑の場合にはまれに内部組織も発病し、黒変する。この黒変は表皮病斑下5mm付近から水平方向に広がり、中心部で上下に伸びる傾向がある。色は一様に真黒。高温期に発生し、低温期には生じない。

<帶状亀裂褐変病斑> 1の項16頁参照。側根基部小病斑が根の肥大とともに順調に進展した場合に生じる。根は病斑部で軽くくびれることも多い。水分保持力の異なる土壤を供試して接種を行なうと本病斑は川砂区で高率に生じ、病斑形成に適当な土壤水分条件は連続湿润ではなく、湿润と乾燥の繰り返しと思われる。なお本病斑は形成途中でしばしば進展を停止することがあり、この場合には根の肥大につれて病斑内の変色部は消失し、かさぶた状変色部をわずかに残す病斑痕となる。

<横しま類似病斑> 2-(3)の項19頁参照。低温・乾燥などにより側根基部小病斑から帶状病斑に進展できなかった病斑痕。病原菌は検出できない。

なおこれら各種病斑は同一根面に混在して発生し、また上記すべての病状は現地発生畑でも確認された。

(2) 各種病徵の推移

A.raphani によって発現する前記の各種病徵は、ダイコンの生育につれて推移する。第6表は接種土壤を詰めた塙ビ管に夏みの早生二号を播種し、定期的に株を抜き取って病徵を調査した試験の1例である。この試験では根面の病徵は播種41日後以降に観察されたが、根部発病と苗の胚軸に生じた黒脚症状との関係は不明である。播種10日後と20日後の株について胚軸部組織を水浸して接種菌の検出を試みてみると、播種10日後には93%の胚軸に遊走子形成を認めたが、20日後には17%に低下し、代わって供試した全株の胚軸内組織に多数の造卵器形成を認めた。このことから考えると、胚軸部病組織が根部発病の主たる伝染源とは認め難く、根部感染は黒脚症状と

は独立に起るようと思われた。根部発病は側根基部病斑から根くびれへ、あるいは側根基部病斑から帶状病斑へと進展するようであった。播種40日後と60日後における根部病斑の形成位置と病斑の幅を調査した結果は第7～8表のとおりであり、日数を経るに従って病斑形成位置は根の先端方向に進み、帶状病斑の幅は広くなった。

第6表 接種土壤に夏みの早生二号を播種した場合の各種病徵の発現状況

発現した病徵	播種	播種	播種	播種	水分
	10日後	20日後	40日後	60日後	
黒脚症状	86%	100%	—	—	
側根基部小病斑	—	0	83%	0%	
根くびれ症状	—	—	17	53	
帶状黒色病斑	—	—	0	67	
内部黒変	—	—	0	50	
帶状亀裂褐変病斑	—	—	0	70	
同上病斑痕	—	—	0	17	
横しま類似病斑	—	—	0	25	

注) 播種: 6月1日、抜き取り株数: 6～14株

第7表 抜き取り株における病斑形成位置

病斑形成位置	40日後	60日後
地際～下5cm	7	14
5～10cm	7	11
10～15cm	1	4
15～20cm	0	3
平均形成位置	4.9～5.6	5.2～7.3
株あたり病斑数	2.5	4.0

第8表 抜き取り株における病斑の幅

病斑の幅	40日後	60日後
0.5cm未満	9	3
0.5～1cm	4	3
1～2cm	1	7
2～3cm	1	5
3～4cm	0	2
4～5cm	0	2
5cm以上	0	2
平均cm	0.7	2.1

これら接種試験のほか現地畠における観察結果を総合して、*A.raphani*による各種症状・病斑の推移を第3図ように推定した。なお塩ビ管試験では畠の場合と比較して根の肥大が10日程度遅れるので、図では調整した。また温度・土壤水分条件も観察結果に基づく推測であり、今後の検討が必要である。



第3図 *A.raphani* による各種病徵の発現推定図

(3) 病名に関する見解

作物病害の名称は日野が指摘しているようにその病害を正確かつ明瞭に表現し、他と混同を起こしたり、判断し難いものであってはいけない。したがって病徵を第一位に置いて病名を考えるべきであるが、本病の場合は帶状亀裂褐変症状のほかにも多様な病徵を呈し、また根面の亀裂褐変は *Rhizoctonia solani* やべと病菌によっても発現する。一方本病菌 *A.raphani* による病害としては既にルタバガ根くびれ病^{20,31)}、ハクサイ根くびれ病¹⁸⁾、カブ根くびれ病²³⁾が報告されている。そこで病原を考慮して、本病の病名を「ダイコン根くびれ病」とするのが適当と判断した。ダイコン根くびれ病の病徵には苗の黒脚や根部の各種病斑、内部黒変などがあり、その1病徵に問題の亀裂褐変症状もあるとするのが妥当と考えた。ただしダイコンの根くびれ症状は本病の場合だけに生じるのではなく、べと病菌などでも生じる。なお神納は本菌によるダイコンの病害に対して黒脚病を使用しているが、これは病名目録Ⅱ卷付録の部にある病名を用いたものである。³⁸⁾

しかしこの病名は、富樫が雑誌農業及園芸の連載記事「植物病原菌の温度に対する諸性質」中で、*A.raphani* の和名を廿日大根黒脚病菌と訳されたものを収録したに過ぎない。

4. 病原菌の性質

(1) 培養的諸性質

分離菌の遊走子液を Radish Agar 上に注ぎ、单一の遊走子から伸びた菌糸を純粋培養し、単遊走子分離株を得た。これら菌株のうち菌糸の生育が旺盛で、有性器

第9表 馬れいしょ煎汁寒天に添加(3%)した糖の種類と本菌の生育

区別	菌そう直径mm	同対比	菌糸密度	造卵器数	被のう胞子塊数
Dextrose	4.8	9.6	粗	0	17
D-Mannose	2.3	4.6	粗	0	23
Galactose	2.6	5.2	粗	1	8
L-Arabinose	0	0	—	—	—
Maltose	5.1	10.2	やや粗	0	10
Lactose	5.1	10.2	やや粗	0	0
Saccharose	6.0	12.0	密	7	7
Starch	5.4	10.8	並	1.5	15
Inulin	5.2	10.4	密	1.3	8
Dextrine	3.8	7.6	密	1.9	9
添 加 せ ず	5.0	10.0	並	1.4	10

官と遊走子形成の良好な菌株を用い、本菌の培養的諸性質を検討した。

＜培地の種類と菌糸の生育＞ 本菌の培養に適する培地を知るために、数種寒天培地を9cmシャーレに流し込み、径3mmの含菌寒天片を植え付けて菌糸の生育を比較した。菌糸の生育が良好であった培地は Radish Agar²⁾と Potato Agar であった。Radish Agar には Ghafoor の方法(水1ℓに大根200g, 60℃1時間煎汁)と Hymaydam & Williams¹⁰⁾の方法(大根250g, 100℃45分間煎汁)があるが、両者とも大差なく生育良好であった。後者にボリペプトン0.5%を加用すると菌そうは密になったが生育速度が遅くなり、蔗糖3%を加用した場合には生育が若干促進された。Potato Agar の場合にはデキストロース3%を加用するとやや生育が抑えられ、蔗糖3%を加えると若干生育が促進された。我々がエンドウの *A. euteichus*⁶⁾用に開発した澱粉・ペプトン培地は、本菌の場合には生育が不良であり、菌そう密度も粗であった。Difco Corn Meal Agar では菌糸の生育はきわめて遅く、極東 Czapek Dox Agar と *Verticillium* 用の Hall & Ly³⁾ 培地では菌糸は生育しなかった。

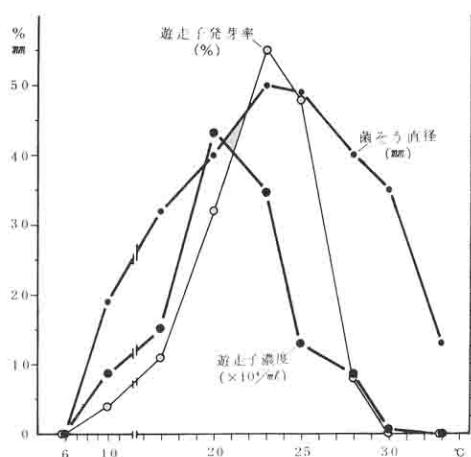
＜糖の種類と菌そうの生育＞ Potato Agar に蔗糖を1~5%加用すると、菌糸の生育が若干促進されたが、加用濃度間には差が認められなかった。そこで Potato Agar に各種糖類を3%加用し、菌糸の生育、造卵器および遊走子形成状況を調査した。23℃7日後に調査した結果は第9表のとおりである。菌糸の生育は蔗糖加用でやや促進され、澱粉とイヌリンでは影響がほとんど認められず、麦芽糖と乳糖では菌そう密度が粗くなり、デキストロースでは生育がやや抑制され、マンノース、ガラクトース、デキストリンでは生育が明らかに抑制され、ア

ラビノースでは菌糸の生育は認められなかった。造卵器の形成はデキストロース、マンノース、ガラクトース、麦芽糖、乳糖で明らかに阻害され、蔗糖加用でも形成が不良であった。遊走子の形成はデキストロース、マンノース、蔗糖加用でやや促進され、乳糖加用では遊走子形成は認められなかった。

＜菌そうの生育と温度＞ 9cm シャーレに Radish Agar を流し込み、径3mmの含菌寒天片を植え付け、所定温度に7日間保ったのち菌そうの直径を測定した。6回の試験の平均は第4図のとおりであり、本菌は10℃付近から33℃付近で生育し、生育適温は23~25℃であった。なお、本菌の場合シャーレ間で生育の差が大きく、単遊走子分離株であっても、あるいは植え付け後24時間適温に保ったのち所定温度に移しても、この傾向は除去できなかった。しかし6回の試験を通じて最高の生育を示したのは、23℃か25℃であった。

＜遊走子形成と温度＞ Hymaydam & Williams¹⁰⁾の方法に準じ、Radish Agar 培養菌から径9mmの含菌寒天片を打ち抜き、これをボリペプトン加用大根煎汁に投入して23℃2日間培養し、さらにこの含菌寒天片2個を10mlの殺菌水に入れて所定温度に保ち、3日後に遊走子(被のう胞子)形成状況を調査した。遊走子の形成は10~28℃で認められ、20~23℃で最も良好であった(第4図)。

＜遊走子の発芽と温度＞ 含菌寒天の水浸によって得た遊走子・被のう胞子液を Padish Agar または素寒天上に広げ、所定温度に4日間保ったのち発芽率を調査した。被のう胞子の発芽は10~30℃で認められ、23~25℃で最も良好であった(第4図)。なお素寒天上の被のう胞子は比較的単純に発芽管を伸ばしたが、Radish Agar



第4図 温度と菌そうの生育、遊走子形成、遊走子発芽

上ではかなり複雑な発芽状況を呈し、まず彼のう胞子は1.5～2倍に膨大し、曲玉状あるいはアミーバー状となり、そのうちの先端の数カ所から菌糸が伸長した。

<菌そうの生育と培地のpH> Radish AgarをHClまたはNaOHで所定のpHに調整し、径3mmの含菌寒天片を植え付け、23℃10日後に菌そう直径を測定した。本菌はpH 4.1では生育せず、pH 5.0～9.6以上で生育が認められ、pH 6.3～7.4の範囲で生育良好であった。

(2) 寄生性

殺菌土壤を詰めた10.5cm鉢に供試作物の種子を10粒ずつ播種し、2週間後に本菌遊走子液($10^5/ml$)を20mlあて土壤に灌注接種し、接種17日後に発病と接種菌再検出の有無を調査した。結果は第10表のとおりであり、カンラン、ハクサイ(結球白菜2品種)、カブ、ダイコン、ハツカダイコンに発病が認められた。これら作物の病徵はほぼ同じであり、地上部の胚軸に黒色の条斑が生じ、子葉は葉柄から水浸状に腐敗した。供試したアブラナ科作物中ではダイコン夏みの早生二号とカンランBadger Shipperは特に感受性が高いようあり、上記病徵のほかに胚軸や葉柄に軽いくびれが生じた。カブは感受性が低いようであり、ルタバガと半結球白菜(東京べかな)には発病は認められなかった。しかし供試したアブラナ科全作物からは接種菌が再検出され、ルタバガ以外では組織内に造卵器の形成も認められた。アブラナ科以外のフダンソウ、ホウレンソウ、エンドウ、トマト、ナス、ゴボウ、チシャでは発病は認められず、接種菌も検出されなかった。

なお素寒天で7日間育苗した供試作物の稚苗に対する本菌遊走子の集積および侵入状況は第11表のとおりであり、ルタバガ、カンラン、ハクサイ、カブ、ダイコンでは根の一定部位に遊走子の集積が観察された。アブラナ科作物以外でもフダンソウでは根毛に、エンドウでは根

第10表 病原菌の寄生性

供試作物	供試品種	調査株数	発病株数	接種菌検出株数		
				合計	被のう胞子塊	造卵器
フダンソウ	赤根青茎	10	0	0	0	0
ホウレンソウ	豊葉	10	0	0	0	0
ルタバガ	Whilhelmsburger	6	0	4	4	0
カンラン	Badger Shipper	10	10	10	10	8
ハクサイ	金将二号	10	3	8	6	7
"	65日白菜	10	4	10	6	10
"	東京べかな	10	0	5	3	4
カブ	染谷金町小カブ	10	1	1	1	1
ダイコン	夏みの早生二号	9	8	9	5	8
ハツカダイコン	コメット	10	6	9	8	7
エンドウ	乙女2号	10	0	0	0	0
トマト	米寿	10	0	0	0	0
ナス	千両二号	10	0	0	0	0
ゴボウ	山田早生	10	0	0	0	0
チシャ	ベンレーク	10	0	0	0	0

冠外の剥離組織に遊走子が集積する傾向を認めたが、その量は少なかった。ハツカダイコン、トマト、ゴボウでは一定部位への遊走子集積は観察されなかった。なおいずれの場合にも根以外の胚軸や子葉には遊走子は集積しなかった。供試苗の根面や水中における遊走子の発芽は全供試作物で認められたが、アブラナ科作物の場合に発芽率が高く、発芽管長が長く、フダンソウ、エンドウ、トマト、ゴボウでは遊走子の発芽は少なく、発芽管長も短かかった。侵入の有無を調べるために供試苗を水洗後水浸した結果は、アブラナ科作物のみに被のう胞子塊あるいは造卵器形成が認められ、アブラナ科以外の4作物

ではこれらを認めなかった。

5. 防除

(1) 現地多発畠における数種薬剤の効果

1979年6~8月に八王子市小比企の本病常発畠において数種薬剤の効果を検討した。結果は第12表のとおりである。この試験畠では慣行の寒冷紗被覆栽培のほかに、モザイク病対策用の白黒ダブル、銀黒ダブル、ムシコンワイドの3種のマルチ栽培区（第12表では各マルチ区の数値は省略し、3マルチ区の平均または合計で示した）と対照の裸地栽培区を設けたが、それぞれの無処理区の発病は地温が高く経過したと思われるマルチ区（発病株

第11表 各種作物の稚苗に対する本菌遊走子の集積および侵入状況

供試作物 及び 品種	遊走子の集積部位及び程度	遊走子		水浸による形成株数	
		発芽	発芽管長	被のう胞子塊	造卵器
フダンソウ 赤根青茎	根毛にやや集積傾向	少	中	0/3	0
ルタバガ Whilhelmsburger	側根基部と根冠のやや上	多	多	3/3	3
カンラン Badger Shipper	根毛、根冠	多	多	2/3	3
ハクサイ 金将二号	根毛、根冠	中	多	3/3	3
" 6.5日白菜	根毛、根冠	中	多	0/3	3
" 東京べかな	根毛、根冠	中	多	1/3	3
カブ 染谷金町小カブ	根毛	多	多	0/3	2
ダイコン 夏のみ早生二号	根毛、根冠	多	多	1/3	3
ハツカダイコン コメット	一定部位に集積せず	多	長	1/3	3
エンドウ 乙女二号	根冠の剥離組織にやや集積	少	短	0/3	0
トマト 米寿	一定部位に集積せず	少	中	0/3	0
ゴボウ 山田早生	一定部位に集積せず	少	短	0/3	0

第12表 現地多発畠における数種薬剤の防除効果

区	別	調査 株数	発病 株率%	発病程度別株数			発病 指數
				甚	中	輕	
寒冷紗	無処理	20	60	18	16	15	32 41
	クロルビクリン 10a30ℓ	20	6	1	1	3	75 3
	ダイホルタン微粒 " 3.0Kg	20	33	3	1	9	27 17
	ダコソイル粉 " 4.0Kg	20	60	7	10	7	16 40
	タチガレン粉 " 5.0Kg	20	48	4	8	7	21 29
マルチ	P C N B 粉 " 2.5Kg	20	73	16	8	5	11 58
	無処理	10	80	32	11	6	12 68
	クロルビクリン 10a30ℓ	10	28	5	4	8	43 18
裸地	無処理	10	75	9	3	3	5 60
	クロルビクリン 10a30ℓ	10	10	2	0	0	18 10

注) クロルビクリン処理: 6月16日, 粉剤等の処理: 6月27日, 供試品種: 夏みの早生二号

播種: 7月2日, 収穫: 8月22日

率80%）で最も激しく、次いで裸地区（75%）、寒冷紗区（60%）の順であった。なお試験期間中7月第3～4旬に合計64mmの降雨があり、これが各栽培区の発病にいかなる影響を与えたかは、土壤水分などの測定を行なわなかつたためわからない。

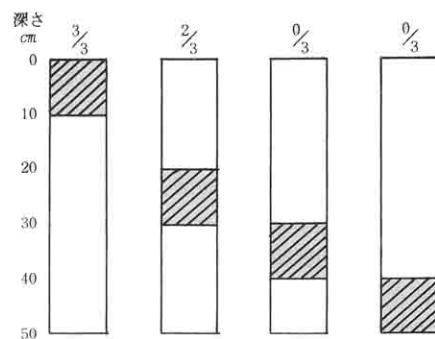
寒冷紗栽培で供試した薬剤中では、クロルビクリン10g 30ℓ被覆処理は効果を高めて高く、実用可能と判断された。粉剤と微粒剤の土壤処理は全般に効果が劣り、多発条件における実用は無理と思われた。これら薬剤の中ではダイホルタン微粒剤Fの効果が比較的高く、タチガレン粉剤にもある程度の効果が認められた。ダコソイル粉剤とPCNB粉剤には効果はまったく認められなかつた。なお同様の試験を7～9月に行なつたが、発病が少なく防除効果は検討できなかつた。しかしディトラベックス10g 30ℓ処理（7月13日注入、無被覆、8月6日播種）区では肥大部の根は正常であったものの、先端の細い根が全株岐状となり、本剤については薬害に対する注意が必要であった。

(2) 土壤混和剤の効果が劣る理由

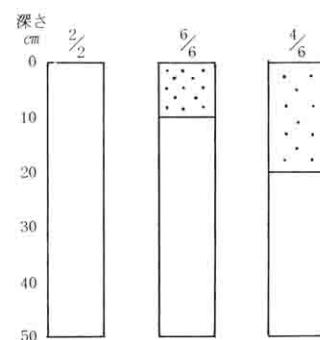
前記試験では粉剤や微粒剤の土壤混和処理は効果が劣ったので、この原因を明らかにし、本病防除に土壤混和剤が使用可能であるか否かを知ろうとした。第13表は含菌寒天片を所定濃度の薬液に浸漬して遊走子形成阻害効果を検討した結果であり、ダイホルタンなど数種の薬剤は本菌に対して強い抗菌力を示し、防除効果が劣る原因是薬剤自体の問題ではないと思われた。一方本病多発畑土壤中における病原菌の垂直分布を検討した第14表の試験では、本菌は深さ37.5～40cmの土壤からも高率に検出され、また塩ビ管を用いた第5図の試験によれば、深さ20～30cmまでに分布する病原菌は発病を起こすことが可能であった。そこでタチガレン粉剤の同量を深さ10cm

第13表 数種薬剤の抗菌力

供試薬剤	遊走子形成阻止濃度
オーソサイド	1 ppm付近
サブロール	1.0～2.5 ppm
ダイホルタン	1 ppm付近
ダコニール	1.0 ppm付近
タチガレン	5.0～1.00 ppm
PCNB	1.00 ppm以上
バシタック	1.00 ppm以上
パンソイル	1.00 ppm付近
リドミル	1.00 ppm以上
NK-191	1～5 ppm



第5図 病土の位置と発病（斜線の部分に病土、図の上の数字は発病株数／供試株数）



第6図 薬剤施用位置と発病（点の部分にタチガレン10g、その他第5図と同じ）

までに処理した場合と深さ20cmまでに処理した場合について効果を比較してみると、第6図のとおり深層処理によって防除効果は明らかに高くなつた。

以上の試験から、土壤混和剤の効果が劣る原因是処理層が浅いため、下層の病原菌によって発病してしまうためと結論された。しかし実際場面で粉剤などを深さ20～30cmまでの土壤に均一に混和することは不可能であるので、土壤混和剤は本病防除用には不向きであると判断した。なおこれら一連の試験結果から、クロルビクリンなど土壤くん蒸剤の効果が高い一因も明らかになつた。

(3) 太陽熱処理露天法の効果

病原菌は高温に弱いと思われたので、7月13日～8月6日の間多発畑の地表をポリフィルムで覆い、防除効果を検討した。畑試験は無処理区の発病がほとんどなかつたため結果は得られなかつたが、処理土壤を持ち帰つて行なつた鉢試験で次のことがわかつた。太陽熱処理期間中の地温は第15表である。処理前と処理直後の病原菌の垂直分布状況はそれぞれ第14表と第16表のとおりであり、ポリ被覆のみの露天法では深さ10cm以下の病原菌は

高率に生存し、防除効果はまったく期待できなかった。なお太陽熱処理は梅雨明け後の高温期に実施することになるが、本病は8月以降に播種する作型ではほとんど発生しないので、本法の利用場面は乏しいと考える。

第14表 病原菌の垂直分布(7月2日—12日、2鉢の平均)

土壤採取位置	発病株率%	検出株率%
0—5 cm	20	85
1.25—1.5 cm	90	85
2.5—2.75 cm	75	85
3.75—4.0 cm	70	55

第15表 太陽熱処理中の地温(℃)

位 置	観測値の範囲	平 均
5 cm	30.0—54.0	46.6
10 cm	25.0—46.0	39.6
20 cm	22.0—38.5	33.1
30 cm	17.0—36.0	30.2

注) 地温観測は14時、7月24日
27日、30日、31日、8月2日、
4日の6日間。

第16表 太陽熱処理直後の病原菌分布(8月7日—16日、21日、4鉢の平均)

土壤採取位置	発病株率%	検出株率%
0—5 cm	0	0
10—15 cm	43	45
20—25 cm	38	63
30—35 cm	30	48

III 考 察

1. 東京都の夏ダイコンに多発している帶状亀裂褐変症(さめ肌)

最近、全国各地のダイコン産地では原因不明の各種根部異常症が多発し、被害が問題になっている。これら根部異常症の名称は産地によって様々であり、同症異名はもちろん異症同名の例も多く、問題解決の障壁となっている。この混乱を整理するために1977年には農林水産省野菜試験場が、翌1978年には社團法人日本植物防疫協会が、それぞれ全国の農業関係試験研究場所に対してアンケート調査を実施し、1979年12月には野菜試験場主^{37, 38)}

催の「ダイコンの生育障害に関する課題別検討会議」の席上、根部異常症の名称統一案が示された。³⁹⁾これによると東京都の夏ダイコン産地で問題になっているさめ肌やクロと称する異常症は、「帶状亀裂褐変症」に該当する。東京都でさめ肌と呼んでいる症候は、根面にはちまき状に生ずる横帶状の病斑であり、色は病斑中央部で褐色、周縁部で墨色であり、病斑内に太くて浅い縦の亀裂を伴うのが特徴である。この症候をさめ肌と呼ぶ例は東京都以外でも数県でみられ、栃木県鶴頂山のダイコン産地では既に1961年当時この名称が広く使われていたようであり、³⁰⁾亀裂褐変症を3型に類別して原因究明試験を行なった若井田ら³²⁾の報文にも、Ⅱ型(本症候)の記載文中に「俗にいうさめ肌はこのような典型的病徵をいう」とある。しかし本症候とは異なり根面が象皮状にざらざらする症候をさめ肌と呼ぶ例も多く、さめ肌という名称が混乱を起こしていることは事実である。我々も前記名称統一案が提示されるまではさめ肌を使用してきたが、¹²⁾本報以後はこの提案を受けて帶状亀裂褐変症を使用することにした。ただしこの名称はあくまで症候名であり、*A. raphani*以外の原因による帶状亀裂褐変症も存在すると理解している。なお本症候の場合発病は根面だけであって内部組織に異常は生じないと言われてきたが、²⁵⁾1978年8月に採集した株で根面病斑下の内部組織に黒変を確認した。この内部黒変は広島県や石川県、鹿児島県でも観察されている。

2. 帯状亀裂褐変症の原因

本症候の病斑部からは、*Aphanomyces* sp. が高率に検出される。*Aphanomyces*を検出する方法は、病斑周縁部の墨色変色部や亀裂の少ない褐変部あるいは内部黒変組織を厚さ1mm程度に薄くそぎ取り、ピペット洗浄器などを用いて1~2時間洗い、シャーレ内の水に浸漬し、20℃1~2日後に検鏡すると良い。本報ではエンドウの*A. euteichus*の場合⁶⁾に準じて殺菌した雨水に病組織を浸漬したが、本菌の場合は蒸留水で十分である。²¹⁾

我々は播種33日後の根面に生じた帶状薄墨色病斑部から*Aphanomyces* sp. を直接組織分離した。しかし収穫時の帶状亀裂褐変病斑部からの分離はきわめて困難であり、竹谷ら²⁴⁾は水中釣糸法を用いて分離に成功し、井本¹³⁾は内部黒変組織から直接分離したが、分離率は低いと言う。Herold⁴⁾やWenham³³⁾も本菌の分離はむずかしいと述べている。現在収穫時発病株からの直接分離法を検討中であるが、アンビシリソ1000ppmとペノミル150ppmを添加したRadish Agarを用いることによって、分離率を30%程度に高めることに成功している。

分離した*Aphanomyces* sp. は形態的特徴から*A. raph-*

ani と同定された。しかし本菌に関する諸外国の報告と比較すると、造卵器の大きさが明らかに小さく、平均直径は Kendrick¹⁶⁾ 37.4 μm, Drechsler¹⁷⁾ 38.3 μm, Wenham³³⁾ 33.4 μm, Hymaydam & Williams¹⁸⁾ 32.1 μm に対し、分離菌は 28.3 μm であった。生越ら¹⁹⁾も国内産菌株の造卵器が小型であることを指摘している。造卵器に付着する造精器の起源について、Drechsler¹⁷⁾ はすべて *diclinous* であり Kendrick が示した *monoclinous* のものは認められないと報告しているが、分離菌の場合には低率ながら明らかに *monoclinous* のもののが存在し、Wenham³³⁾ もまた *monoclinous* の造卵器を確認している。

分離された *A.raphani* の遊走子を土壤に灌注接種することによって典型的な帶状亀裂褐変症状が再現し、接種菌も再検出され、本報の最初の目的である帶状亀裂褐変症状の原因究明試験は完了した。久保庭ら²⁰⁾は *A.cladogamus* を本症状の原因菌であろうとしており、この菌によって発生する可能性もあるが、*A.cladogamus* の場合は再現率が低いようである。一方 *A.raphani* による帶状亀裂褐変症状は東京都のほか石川県と広島県で確認されており、最近各地の夏ダイコン産地で問題になっている帶状亀裂褐変症状は *A.raphani* によるものが多いと思われる。なお *A.raphani* に目が向けられなかった一因には、本症状の場合は内部発病がないので諸外国の black root とは異なるであろうと言う考え方があったことがあげられる。また本症状を硼素欠乏症とする説が、国内だけではなくドイツ²¹⁾ やニュージーランド³³⁾などにもあったことは誠に興味深い。

3. 本病の各種病徵と病名

A.raphani をダイコンに接種すると、帶状亀裂褐変症状以外にも苗の黒脚症状、根くびれ症状、根面の帶状黒色病斑や横しま類似病斑、内部黒変など各種の病徵が現われ、これらすべての病徵は自然発病株でも観察された。根部異常症状関係の試験に混乱が生じ易いのは、接種試験が不十分のために症状の正確な類別ができないことに一因があり、この点では接種によって発現した各種病徵を詳細に述べた意義は大きいと考える。なお根面の発病はすべて側根基部から始まるが、この部分と隆起部の組織が病原菌に対してどういう意味をもつのか、ぜひ検討したい点である。接種試験と自然発病株の観察結果に基づいて病徵の移行推定図を描いたが、今後、温度や土壤水分を設定した試験を行ない、これを確認する必要がある。

本病の病名は1979年10月に開催された日本植物病理学会関西部会で井本²²⁾によって「ダイコン根くびれ病」と正式に提案され、我々⁸⁾も同年11月の同会関東部会でこの提

案に賛成の報告をした。そこで本報のタイトルではダイコン根くびれ病を使用した。

4. 病原菌の性質

本菌菌糸の生育適温は23~25°Cであり、Wenham³³⁾ 23°C とほぼ一致したが、生越ら¹⁹⁾ 23~28°C や Hymaydam & Williams¹⁸⁾ 28°C と比較すると低かった。遊走子の形成適温は 20~23°C であり、Hymaydam & Williams¹⁸⁾ の 20°C とほぼ一致する。遊走子の発芽適温は 23~25°C であった。本報の試験の限りでは本菌の適温は 20~25°C と思われたが、Ghafoor²²⁾ 発病適温 27°C あるいは本病発生期の気温と比較すると意外に低く、発病と温度との関係を検討する必要がある。なお最近井本²³⁾ は本病の発病適温は 23~27°C であり、20°C 以上のときに内部組織の黒変が生じることを報告している。本菌菌糸は pH 6~7 の中性付近で生育良好であったが、Hymaydam & Williams¹⁸⁾ は遊走子の形成は pH 4.5~6 で良好と報告している。なお本菌は Radish Agar や P S A で生育良好であるが、P S A (P D A) では生存期間が短かいことが知られている。井本²³⁾ は培地上の保存期間について検討し、Radish Agar 5°C で 120 日間保存可能と報告している。当場では同様に斜面培地で保存するほか、植え付け 1~2 日後の扁平培養菌を冷蔵庫内に保存し、試験開始の 2~3 日前に適温に移し、各種培養試験に供試している。接種用の遊走子多量形成法については Hymaydam & Williams¹⁸⁾ の報告があるが、生越ら¹⁹⁾ の方法(我々は含菌寒天片にせずシャーレ培養菌をそのまま使用)でも 10⁵ ml 程度の遊走子・被のう胞子懸濁液が得られる。

本菌はルタバガ、カボチャ、ハクサイ、カブ、ダイコン、ハツカダイコンなどアブラナ科作物だけに寄生性を有し、フダンソウ、ホウレンソウ、エンドウ、トマト、ナス、ゴボウ、チシャには寄生性がなかった。したがって寄生性の面からも、本菌は *A.raphani* であることが確認された。シャーレ試験で各種作物の稚苗に対する本菌遊走子の走性を検討した結果は、アブラナ科作物の場合には遊走子は根冠、根毛、主根の側根基部に集積し、良好に発芽して侵入するが、フダンソウやエンドウ、トマト、ゴボウの場合には遊走子は特定部位に集積しないか、集積傾向がみられても発芽不良であり、組織内には侵入しなかった。この結果は横沢ら²⁴⁾ の本菌遊走子は宿主、非寄主にかかわらず根および胚軸に局所的に集積し、根よりも胚軸特に胚軸基部に多く集積するという報告とはまったく異なる。宿主体侵入法³³⁾ を含めて今後の検討が必要である。

本報では伝染方法や発病要因に関する試験が欠落している。本病の発生に土壤水分の影響が大きいことは明ら

かであり、一般に生育初期に多雨に遭遇する作型で多発すると言われている。³⁷⁾ 土質について Herold⁴⁾ は砂土で発生が多いと述べているが、我々のポット試験の結果でも同様の傾向がうかがえる。いずれにしても本病の伝染方法や発病要因を究明することが、防除に関連して重要な検討事項である。

5. 防除

当面の対策として薬剤による土壤消毒の効果を検討した結果、クロルビクリンに実用に供し得る高い防除効果を認めた。本病防除にクロルビクリンが有効なことは、既に³⁹⁾ が明らかにしている。なお接種によって発病させた病土を無菌土で5倍と25倍に稀釀した塙ビ管の試験では、25倍稀釀土でも原病土と同等の発病が認められ、注入後無被覆の場合など消毒が不完全であると、クロルビクリンを用いてもまったく効果が現われない事態も起これ得ると考えられ、また消毒後の再汚染防止策も必要と思われた。

一方粉剤や微粒剤の土壤混和処理は効果が劣ったが、この原因は薬剤処理層以下の深層に分布する病原菌によって発病してしまうためと結論された。したがってこれら土壤混和剤による防除は、本病に対しては期待持てないと判断された。なおダコニール水和剤などの土壤灌注が有効という情報もあるが、多量の水を必要とする灌注処理は実用上問題がある。今後、品種や栽培法、輪作など耕種的方法を含めて、より実用的な防除法を検討するつもりである。

IV 摘要

最近、東京都の夏ダイコン産地では「さめ肌」と称する原因不明の帶状亀裂褐変症状が多発し、被害が問題になっている。本症状は6～9月穫りの作型で発生し、7～8月穫りで被害が激しい。本症状の典型的な病斑には太くて浅い縦の亀裂があり、病斑の色は中央部が褐色で周縁部は墨色である。高温期には内部組織も発病して黒変することもある。

病斑部組織を水浸すると *Aphanomyces* sp. が高率に検出され、初期病斑部からは本属菌が分離された。本菌は形態的特徴から *A. raphani* Kendrick と同定された。本菌遊走子をダイコンの苗に土壤灌注接種すると収穫期には本症状が再現し、接種菌が再検出された。したがって本症状は *A. raphani* による病害であると判断された。

本病の病徵を他の原因による根部異状症状と区別するために接種試験を繰り返した結果、病徵は生育ステージや環境条件によって多様であることを知った。接種によ

って発現した病徵は苗の黒脚症状、根くびれ症状、根面の側根基部小病斑、帯状薄墨色病斑、帯状黒色病斑、帯状亀裂褐変病斑、横しま類似病斑および内部黒変であった。そこでこれらの病徵ができるだけ詳細に記述し、病徵移行の推定図を作成した。病名は「ダイコン根くびれ病」が適当である。

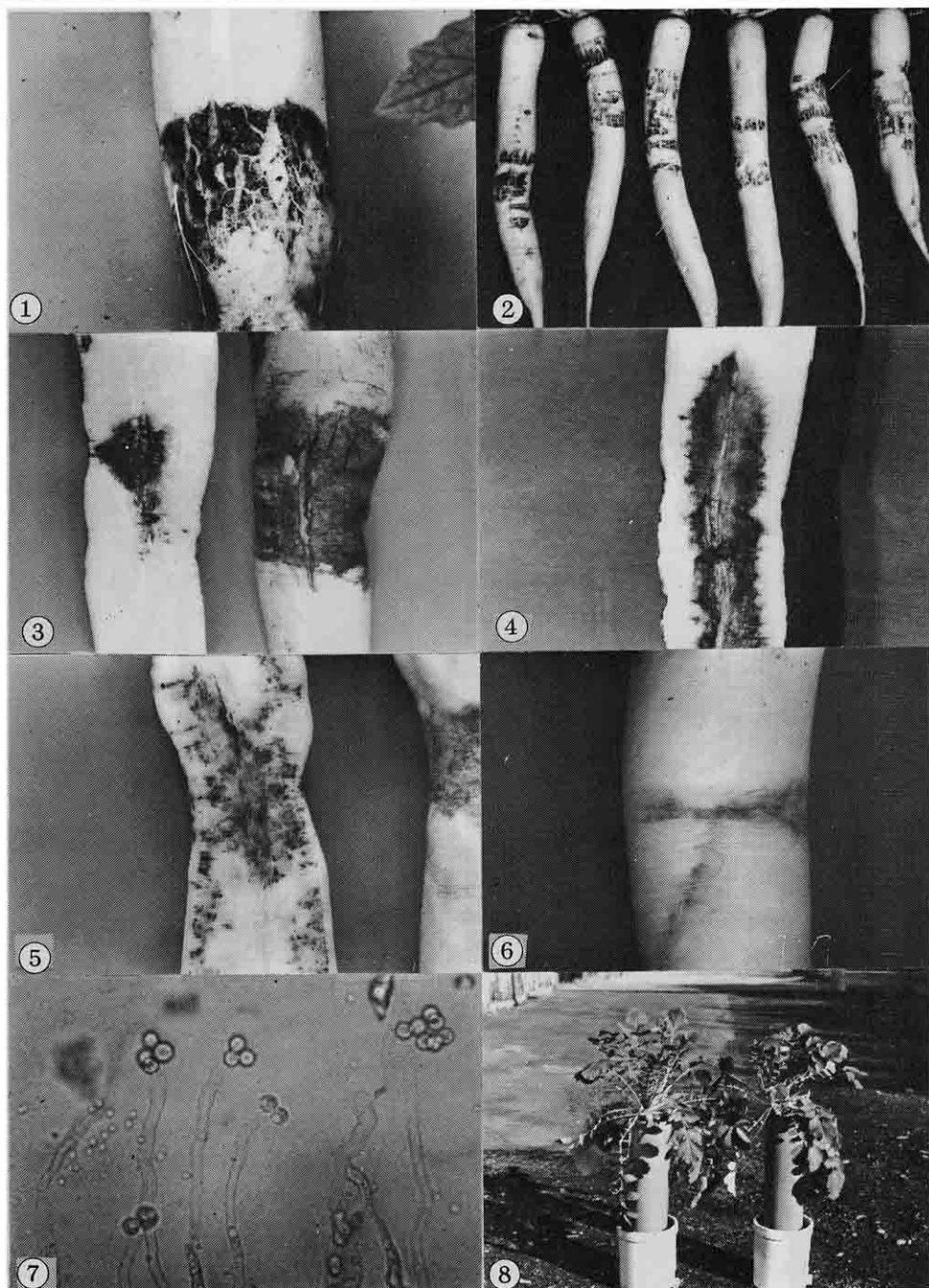
本菌は Radish Agar で良好に生育し、菌糸の生育適温は23～25°C、遊走子の形成適温は20～23°C、遊走子の発芽適温は23～25°Cであった。また本菌はカンラン、ルタバガ、ハクサイ、カブ、ダイコン、ハツカダイコンに寄生性を有し、フダンソウ、ホウレンソウ、エンドウ、トマト、ナス、ゴボウ、チシャには寄生性がなかった。

本病の防除にはクロルビクリンによる土壤消毒が有効であり、粉剤や微粒剤の土壤処理は防除効果が期待できなかった。粉剤などの効果が劣る原因是、深層に分布する病原菌によって発病してしまうためであった。

引用文献

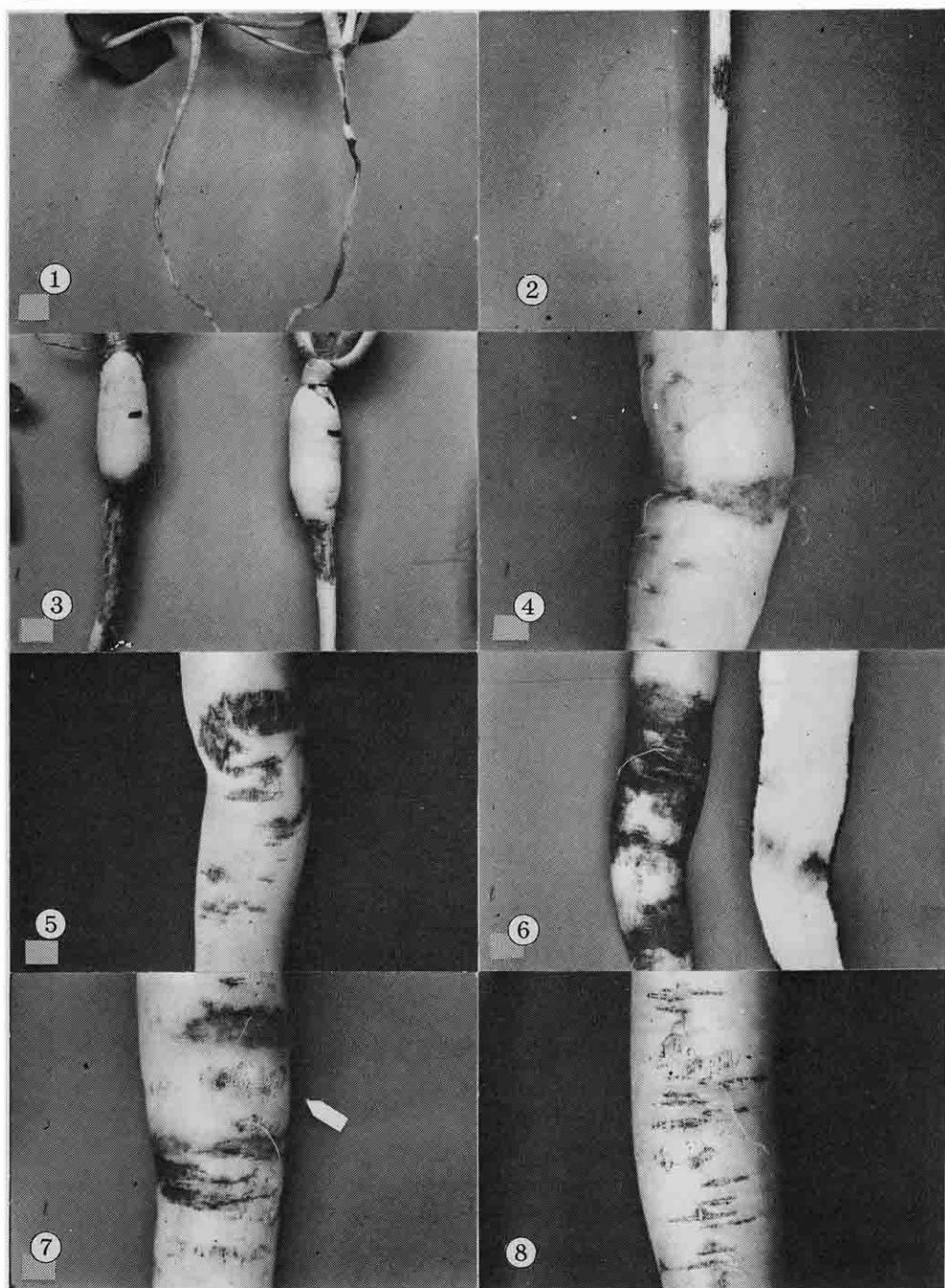
- 1) Drechsler, C. (1927). J. Agr. Res. 38: 309-361.
- 2) Ghaffor, A. (1964). Phytopathology 54: 1167-1171.
- 3) Hall, R. & Ly, H. (1972). Can. J. Bot. 50: 2097-2102.
- 4) Herold, F. (1952). Phytopath. Z. 19:79-125.
- 5) 日野 嶽 (1948). 植物疾病診断学 朝倉書店, 東京 pp. 20-27.
- 6) 平野寿一・飯嶋 勉 (1976). 日植病報 42:66-67. (講要)
- 7) ———・——— (1979). 同上 45:122-123. (講要)
- 8) ———・——— (1980). 同上 46: (講要)
- 9) 堀 正侃 (1934). 病虫害雑誌 21:916-918.
- 10) Humaydam, H. S. & Williams, P.H. (1978). Phytopathology 68:377-381.
- 11) 飯嶋 勉・平野寿一 (1979). 日植病報 45:123. (講要)
- 12) ———・——— (1979). 関東病虫研報 26:46.
- 13) 井本征史 (1980). 日植病報 46: (講要)
- 14) 井上義考・駒田 旦 (1962). 同上 27:68. (講要)
- 15) 神納 浄 (1977). 関西病虫研報 19:61-64.
- 16) Kendrick, J.B. (1927). Ind. Agr. Exp. Sta. Bull. 311:1-32.
- 17) 久保庭 孝・寺中理明・奥田誠一 (1976). 日植病

- 報 42:67. (講要)
- 18) 生越 明・酒井隆太郎・横沢菱三 (1972). 植物防疫 26 : 10-12.
- 19) —————・————・———— (1972). 日植病報 38: 130-136
- 20) 佐久間 勉 (1962). 同上 27:265. (講要)
- 21) —————・成田武四 (1963). 同上 28:77. (講要)
- 22) 重松喜昭・橘 泰宣・広田耕三 (1977). 四国植防 12:25-31.
- 23) 鈴木久弥・片岡光信・村山 浩 (1977). 関西病虫研報 19:119.
- 24) 竹谷宏二・八木敏江 (1979). 日植病報 45:527-528. (講要)
- 25) 竹内昭士郎・萩原 広 (1978). 植物防疫 32:289-293.
- 26) 田中 正 (1961). 同上 15:54-58.
- 27) 寺中理明 (1978). 同上 32:299-302.
- 28) 富樫浩吾 (1935). 農及園 10:732.
- 29) 土屋貞夫・佐久間 勉・成田武四 (1964). 日植病報 29:282. (講要)
- 30) —————・————・———— (1966). 同上
- 32:312. (講要)
- 31) —————・————・———— (1966). 北日本病虫研報 17:61.
- 32) 若井田正義・山口和彦・寺中理明 (1973). 宇都宮農學術報告 8 (3): 1-10
- 33) Wenham, H. T. (1960). New Zealand J. Agr. Res., 3:179-184.
- 34) 横沢菱三・生越 明・酒井隆太郎 (1972). 日植病報 38: 284-289.
- 35) —————・————・———— (1974). 同上 40: 46-51.
- 36) 横山竜夫 (1978). 菌類図鑑 上 (宇田川俊一ほか編) 講談社, 東京. pp. 234-235.
- 37) 日本植物防疫協会 (1978). ダイコン根部表面の異状に関するシンポジウム講演要旨. 35 pp.
- 38) 日本植物病理学会 (1965). 日本有用植物病名目録 2: 269.
- 39) 農林水産省野菜試験場 (1979). ダイコンの生育障害の名称. 84 pp.
- 40) 野菜試験場 (1979). ダイコンの生育障害に関する課題別検討会議資料. pp.15-17.



図版 I 自然発病株の病徵ほか

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 東京都における帶状亀裂褐変症状 (1974年8月) | 2 帯状亀裂褐変病斑の根面分布 (1979年9月) |
| 3 表皮黒色病斑と内部黒変 (1979年7月) | 4 激しく発生した内部黒変 (1979年8月) |
| 5 ベと病菌による内部発病 (1979年9月) | 6 播種33日後の根面に見られた帶状薄墨色病斑 (1978年8月) |
| 7 6の病斑部から分離された <i>Aphanomyces raphani</i> の遊走子のうと彼のう胞子塊 | 8 各種試験に用いた塩ビ管ポット |



図版Ⅱ 接種によって発現した各種病徵

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 1 苗の黒脚症状 | 2 側根基部小病斑 |
| 3 根くびれ症状 | 4 帯状薄墨色病斑 |
| 5 帯状亀裂褐変病斑 | 6 表皮黒色病斑と内部黒変 |
| 7 二次感染による表皮黒色病斑と亀裂褐変病斑痕（矢印） | 8 横しま類似病斑 |