

Aphanomyces raphani Kendrick による

ダイコンの根くびれ病について

井本 征史・河野 富香・中村 啓二

要 約

井本征史・河野富香・中村啓二 (1979) : *Aphanomyces raphani* Kendrick によるダイコンの根くびれ病について, 広島農試報告 41:59~68

夏ダイコンの根部に発生する根くびれ症状, 亀裂褐変症状および内部組織が黒変する病害の病原菌の分離を試みたところ *Aphanomyces* 属菌が分離され, 菌の形態, 蔵卵器や蔵精子の付着の様相, 蔵卵器に付着する蔵精子の数, およびアブラナ科だけに病原性を有することなどから, *A. raphani* Kendrick と同定した。本菌の接種によって自然発病株で観察されるすべての病徴を再現し, 病斑から菌の再分離に成功した。本菌による病害は, Kendrick の black-root の病徴と一致し, 本病の和名を根くびれ病とした。

本病害は, 7, 8月収穫の栽培型で多発し, 播種後20日頃には根の皮目部が発病, 小病斑は, 表皮の内側がわずかに黒変し, 縦に亀裂する。菌の侵入がやや深い病斑は, にじむように長紡錘形に横に広がり, はち巻き状の根くびれとなり縦に亀裂する。縦に細長い病斑は, 早くから内部が黒変し, 病斑より下の根部は肥大せず典型的な根くびれ症状となる。播種後20~29日目接種で根くびれ症状, 20~35日目接種で亀裂褐変症状が生じ, 夏みの早生3号は発病しにくかった。

I 緒 言

1927年に Kendrick⁶⁾ は, ハツカダイコンの胚軸部が黒変して立枯れを起し, 根部では二次根の基部から菌が侵入し横に病斑が広がり, steel-gray 色の病斑は縦に亀裂を伴った根くびれ症状を生じ, 内部組織が黒変する病害の病名を black-root, 病原菌を *Aphanomyces raphani* Kendrick として報告した。この病害は富樫¹²⁾ により1935年に黒脚病という和名を付して紹介されている。

筆者らは広島県北部の夏ダイコン連作圃場において, この病害によく似た症状が発生していることを知り, 1978年以来病原菌の分離と同定, 病徴の再現と菌の再分離の実験をつづけてきた結果, この病害は Kendrick の black-root と同一の病害であると判断されたので, その結果を報告する。

II 症 状 (病徴)

根の肥大初期から中期に感染したと考えられる被害株

を, 播種20日後ごろから観察すると, 主として皮目部に①淡暗褐色で縦に亀裂した病斑や, ②縦に細長い (5~15mm) 暗褐色~黒色の病斑が見られる。菌の侵入が浅い場合の①の小病斑は, 縁が不明瞭な紡錘形または不定形に伸長し, 根の肥大と共に縦の亀裂も拡大し, 変色部は亀裂によって分断される。根の肥大が更に進むと亀裂の中央部はでこぼこの白色となり, 縁だけが暗褐色の病斑になって, 内部組織まで黒変することはない。菌の侵入がやや深い①の病斑は, 進展が早いと薄墨がにじんだように長紡錘形に横に広がり, 遂には1~4cmの幅で根をとり巻き, はち巻き状の大病斑となる。初めは暗い鉛色をしていることが多いが, 縦の亀裂や裂け目を多数生じ, 横にも亀裂して黒褐色の病斑になる。この部分は根の肥大とともに軽くくびれ (図版I-2), 内部組織が黒変する株も見られる。②の病斑では早くから内部組織が侵され, やや陥没した薄墨色の病斑が横に拡大する。やがて内部組織は中心部まで侵されるため根の肥大と共にくびれが始まり, 病斑は上下に進展する。内部組織が完全に黒変すると下部の肥大は停止し, 上部は肥大と共に縦の亀裂を多数生じる (図版I-1)。このような株は昼間晴天の時, 新葉を残してしおれ, 葉が硬化する (図版I-8)。

根の肥大後期に菌の侵入を受けると、皮目部から病斑が現われ始め、比較的急速に糸状または不定形に横に拡大して、やがて紡錘形或不規則な鉛色の大型病斑になり、根の肥大とともに縦の亀裂や皮目にそった横の亀裂を生じる(図版I-4)。

根部の内部が黒く透けて見える株を横に切ってみると、内部組織の黒変は放射組織周辺の柔組織の細胞間を通して中心部までにじむように伸びている(図版I-6)。縦に切断すると、内部組織の中心部は上下方向に黒変し、中心部から逆に外に向って放射組織周辺が黒変している(図版I-7)。なお、本病害の内部の黒変は軟腐状にはならない。

収穫期には、図版I-3, 5のように発病初期の病徴、縦に亀裂しはじめた病徴、軽い根ぐびれ状の病徴、病斑の中央部が白くでこぼことなり、病斑の縁だけが暗褐色や黒褐色で亀裂している病徴などいろいろ見られる。

III 病原菌の分離と同定および病原性

1. 実験材料および方法

供試菌株：ダイコンの病斑部から分離した7菌株で、主としてA-7菌株を使用した。

供試培地：病原菌の分離および菌の形態観察にはCorn meal agar (CMA)およびストレプトマイシンを添加したCMA培地を、菌の培養保存にはJapanese radish agar (RA), Potato dextrose agar (PDA)培地を用い、遊走子作成用培地には、Humaydan らの液体培地(250gのダイコンを40分間煮た後、1ℓに調整し、ペプトンを5g加えて15分間殺菌)を使用した。

供試作物の栽培：壇壤土7対真砂土3の割合で混合した土壌または黒ボク土壌を直径30cm、高さ18cmの素焼鉢に入れ、130°Cで1時間蒸気殺菌し、殺菌した鉢につめ、無肥料で栽培した。種子消毒は中性次亜塩素酸カルシウム2,000倍液を用い、育苗および接種後の栽培管理はガラス温室で行い、必要に応じて液肥(N成分12%)の300倍液を施用した。

菌の接種方法：遊走子による接種は、PDA平板培養菌を直接殺菌蒸留水に入れ、一度蒸留水を取りかえ15時間、20°Cに放置して遊走子の調製を行う生越ら⁸⁾の方法と、PDAまたはRA培地で7~10日間培養した菌叢の先端部を直径6mmのコルクボーラで寒天片と共に打ち抜いたものを、100mlのコルベンに25ml入れた液体培地に5コ入れ、2~3日間25°Cで静置培養した後、pH 4.6に調整した殺菌蒸留水(直径15cmのペトリ皿に250ml入れる)に移し、20°Cで24時間培養して遊走子を調製する

Humaydan らの方法によって遊走子懸濁液を作成し、灌注接種した。菌糸による接種は、121°Cで20分間蒸気殺菌したダイコンで25°C、12日間培養したものを短冊状に切って接種源とし、土壌に埋没した。いずれの場合も土壌を高湿度に保つためビニール枠で覆い、3~5日間温室状態に保った。処理後のガラス温室の温度は20°C以上に保った。なお、詳細については各項目で記述する。

2. 実験結果

1) 病原菌の分離と同定

病原菌の分離は1978年7, 9月に採集した罹病ダイコン(品種：夏みの早生2号)の縦に細長くやや陥没した暗褐色の部分、暗褐色で根ぐびれ状を呈し縦に亀裂を生じた黒変部、亀裂褐変型病斑の中央部および内部組織の黒変部より菌の分離を試みた。分離は変色部の切片を殺菌水に入れ、遊走子塊検出部を切り取り、遊走子を胚軸部でトラップする生越ら⁸⁾の方法と、黒変部を直接分離用培地上に置床する方法で行った。

黒変部を数十切片分離に供したが、本菌の純粋分離は非常に困難で、CMA上の菌糸は肉眼的に純粋分離されたように見えても菌糸の周辺に細菌が観察された。筆者らは分離用培地の表面の水分をよく乾燥させて、黒変した内部組織切片を直接培地に置床し、孢子鈎取り用の針をセットした顕微鏡下で、20mmくらいに伸長した菌糸の先端を5mm以上培地と共に切り取り、新しい培地に置床することを数回繰り返して7菌株の純粋分離に成功した。

病斑の周縁部の鉛色または黒色を呈している部分からの菌の分離は可能であったが、亀裂した病斑中央部の淡褐色の部分からは菌の分離は出来なかった。また、内部組織の黒変している部分からは菌の分離は比較的容易であった。なお、菌糸の移床培養は、5mm以上取らないと死滅することが多かった。

病原菌の同定は菌の形態と病原性によって行った。分離された菌のCMA上での形状を第1表に示した。蔵卵器の直径、卵胞子の直径、膜、蔵精器数、主軸および側糸の菌糸径の測定値は、Kendrick⁹⁾、生越ら⁸⁾の記載とはほぼ一致した。菌叢は白く綿毛状であり(RA, PDA)、菌糸は無隔膜で内容物が時おり流動する。遊走子嚢は糸状で先端が細く、螺旋状を呈するものがしばしば見られ(図版I-9)、中には1列の遊走子を蔵していた。遊走子は径9~12μ(平均10.4μ)であり、逸出後直ちに遊走子嚢の頂孔上に球塊状に集合して休止し、しばらくして泳ぎはじめ、空殻だけが残る。蔵卵器は球形で短枝に頂生し、蔵卵器膜は無色で厚膜、表面平滑で内面は不均一であるが、厚さは均一でない場合が多い。蔵卵器

第1表 根くびれ症状株から分離された菌のCMA培地上の形態(μ)

	蔵 卵 器		卵 胞 子				菌 糸				遊走子				
	直 径		膜		直 径		膜		蔵精 器数 範囲	主 軸		側 糸		直 径	
	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均		範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
分 離 菌	25.3 ~ 39.1	31.1	1.8 ~ 4.6	2.8	19.6 ~ 25.3	21.7	1.6 ~ 2.5	2.2	1~3	6.4 ~ 11.7	8.9	4.1 ~ 8.3	6.1	9.0 ~ 12.0	10.4
<i>Aphanomyces</i> <i>raphani</i> *	32.0 ~ 44.9	37.4			21.4 ~ 29.8	25.7	2.5 ~ 4.5	3.6	1~3		8.2 ~ 11.3	9.2		8.8 ~ 12.7	10.2
同 上(S)**	24.6 ~ 38.1	31.0	0.7 ~ 1.7	1.2	21.7 ~ 27.0	22.8	0.7 ~ 2.0	1.4	1~3	5.0 ~ 8.2	6.3	3.8 ~ 5.5	3.9	8.7 ~ 12.1	

注) A-7 菌株を25°C 8日間培養。* Kendrick, ** 生越ら。

には1個の球形の卵胞子が内蔵され、卵胞子は平滑で厚膜である。蔵精器は短枝に頂生し、無色で1~3個蔵卵器に着生する(図版1-10)。本菌のPDA上での生育温度は5~32°C、生育適温は23~27°Cであった。

分離した4菌株について5科10作物に対する病原性を調べた。殺菌土に表面殺菌した種子を鉢当たり25粒播種し、播種後14日目に遊走子濃度 1×10^8 /mlに調製した遊走子懸濁液を60ml/100cm² 灌注接種した。接種18日後に幼苗の発病状況を調査した後、発病組織を殺菌蒸留水に入れて遊走子塊の形成をしらべた。

結果は第2表に示すとおり、アブラナ科植物だけが発病し、罹病した胚軸部には殺菌蒸留水中で遊走子塊の形成が観察された。発病経過は、接種5日目頃より胚軸部が水浸状に侵されて倒伏しはじめ、6日後には大部分が倒伏した。胚軸部は細く針金状となるが中心柱だけが残って枯死する株は少なかった。

以上のようにダイコンから分離した菌は、有性器官の形態やその付着の様様、菌糸および遊走子囊の形状は、Kendrickや生越らの記載した *Aphanomyces raphani* と一致した。また、病原性もアブラナ科植物に限られる⁸⁾ことから、*Aphanomyces raphani* Kendrick と同定した。

2) ダイコンに対する *A. raphani* の病原性

(1) 病徴の再現と菌の再分離

鉢(埴壤土と真砂土の混合土および黒ボク土の殺菌土)で育成した青首宮重を供試した。播種後50日目の接種は、ダイコンで培養した菌叢を、地表面より1cm下に横に埋没した区と、深さ5cmの穴に縦に埋没した区および生越らの方法で調製した遊走子の懸濁液 1.5×10^8 /mlを50ml/100cm² 地表面に灌注接種する区を設けた。1区3または4鉢とし、有傷と無傷の区を設け、有傷は3本

第2表 分離菌の各種作物に対する病原性

アブラナ科	ダイコン	+
	コカブ	+
	二十日ダイコン	+
	ハクサイ	+
	カンラン	+
アカザ科	ハウレンソウ	-
マメ科	エンドウ	-
ナス科	トマト	-
	ナス	-
ウリ科	キュウリ	-

の針で地際部に深さ2~3mmの傷をつけた。また、播種後20日目のダイコンでは、Humaydanらの方法によって調製した遊走子の懸濁液 7.1×10^8 /mlを40ml/100cm² 地表面に灌注接種した。

菌糸および遊走子による接種で、いずれもよく発病し、菌糸による接種、特に接種源を縦に埋没した区での発病程度は高かった。また、有傷区、無傷区のいずれでもよく発病するが、有傷区で発病程度が高く、混合土壌よりは黒ボク土壌でよく発病した。菌の侵入部位は皮目部で、主に二次根の基部からの侵入が多く、病斑は内鞘(表皮の内側)を糸状または不定形のにじみ状に伸長し、はち巻き状となることが多い。病斑は通常根の上部には見られないが、有傷にすると生じた。

播種20日後に接種したダイコンでは、胚軸部(初生皮層)が4日後に水浸状となり、5日目にはわずかに針金状となったが、大部分の株は中心柱まで侵されておらず、完全に枯死することは少なかった。一部の株で、縦に細長の黒褐色の病斑を生じた。

播種50日後に接種したダイコンの発病経過は、接種後

12日目で発病が認められ、19日後には根部に皮目部を起点とした黒褐色や薄墨がにじんだような鉛色のはち巻き状の病斑が生じて内部組織が黒変し、接種60日目では亀裂褐変型の病斑となった。

A. raphani によって再現された病徴を図版Ⅱ-1～9に示した。図版Ⅱ-1は生育日数の異なるダイコンに対する病原性試験で発病した病徴で、いずれの生育日数でもよく発病したが、ダイコンの生育日数に対する接種時間と接種後の日数によって様々な病徴が現われた。縦に細長くやや陥没した黒褐色の病徴は、播種後15日目頃までに接種すると割合に再現され易い(図版Ⅱ-2)。ダイコンの肥大初期から中期に接種すると、はち巻き状のくびれを生じて縦に亀裂が現われる(図版Ⅱ-3)。図版Ⅱ-6, 7は播種後40日目に接種し、接種後32日目のもので、皮目部に病斑が集中し、縦の亀裂が見られる。図版Ⅱ-4, 5は、播種後50日目に接種し、接種後19日目のもので、病斑は皮目部から、内鞘を薄墨がにじんだように横に伸長し、内部組織が中心部まで黒変する様相が明らかである。この病斑は肥大末期に接種したもので、亀裂は生じていない。しかし、接種60日目の調査では図版Ⅱ-8のように亀裂褐変型の病斑となった。本病害の特徴である根くびれ症状は播種後20～29日目頃の接種によって再現出来た(図版Ⅱ-9)。

接種により発現した病徴は自然発病株と全く同一の病徴であった。再現された暗褐色を呈する病斑および組織内部の黒変部から菌の分離を行い、接種菌と同じ菌が分離された。しかし、亀裂褐変型病斑の中央部からは菌の分離は出来なかった。以上のように、現地で観察される根くびれ症状、亀裂褐変症状は *A. raphani* によって発

生することが明らかとなった。

(2) 生育日数の異なるダイコンに対する病原性

花知らず早太り時無ダイコンを約5日間隔で11回に分けて殺菌黒ボク土壌に播種し、11～60日間栽培したものに、Humaydanらの方法によって調製した遊走子懸濁液 1.3×10^3 /mlを50ml/100cm²ずつ灌注接種した。調査は接種後32日目に行った。結果は第3表の通りである。

接種によっていずれの生育日数のダイコンにも発病する(図版Ⅱ-1)。発病株は無接種株に比較して根部の肥大が悪く、特に播種15日後頃までに接種すると胚軸部が侵され、根部はほとんど肥大しなかったが、枯死することはまれであった。菌の侵入部位は、生育日数が短いものでは胚軸部¹⁴⁾、長いものでは皮目部の特に二次根の基部に多かった。根部の発病程度は播種後11日目に接種したものが最も軽く、無発病株が36%であったが、病斑面積率50%をこえる株も14%あった。播種後40～55日目に接種した場合は、いずれも大型病斑となって発病程度が高く、病斑面積率50%以上の株が60%以上あった。なお、発病程度が低かった播種後60日目接種の区は、灌水が不十分であったためと思われる。

本病の特徴である縦の亀裂は、播種後11日目の接種では観察されず、生育日数が長くなるにつれて亀裂数が多くなり、播種後35日目に接種したもので最も多く発生した。さらに生育日数が長くなると、次第に亀裂数が少なくなった。根部の肥大旺盛な時期に発生した病斑部は亀裂が多い傾向が明らかである。

各病徴と生育日数の関係については、縦に細長くやや陥没した病斑は、播種後15日目頃に接種すると生じ易く、はち巻き状の病斑は、播種後20日前後の接種で多く

第3表 生育日数が異なるダイコンに対する *A. raphani* の病原性

播種から 接種まで の日数	無接種株 根径 mm	接種 株 根径 mm	株当り 病斑 面積 %	株当 り亀 裂数	株 率 %			
					縦細 長の 病斑	根く びれ 状	亀 裂 褐変斑	内部 黒変
60日目	35	20	36.9	0.3	0	0	0	57.0
55日目	36	20	84.3	4.6	0	0	0	100
50日目	31	18	77.5	5.1	0	0	0	87.5
44日目	29	17	52.5	16.3	0	0	0	62.5
40日目	29	20	63.6	72.4	0	0	0	75.0
35日目	21	13	27.6	75.9	0	0	87.5	25.0
29日目	25	10	29.0	55.4	0	37.5	75.0	37.5
26日目	15	6	11.8	17.8	0	16.7	41.7	25.0
20日目	9	6	25.2	16.4	0	40.0	40.0	70.0
15日目	8	3	12.8	2.0	33.3	0	0	92.0
11日目	8	2	9.1	0	35.7	0	0	50.0

第4表 *A. raphani* のダイコンに対する病原性の品種間差異

	春 蒔 み の 早 生	夏 み の 早 生 1 号	夏 み の 早 生 2 号	夏 み の 早 生 3 号	夏 富	大 蔵	青 首 宮 重	耐 病 総 太 り	阿 波 晩 生	平 安 早 太 り 時 無	花 知 ら ず 早 太 り 時 無	み の と き 交 配
初皮発病株(%)*	66.7	11.1	33.3	0	0	87.5	0	62.5	0	33.3	55.6	75.0
根 径(mm)	7.4	15.6	11.6	14.4	17.6	4.7	12.6	4.6	14.0	8.1	14.3	13.6
根部発病株(%)	71.4	100	100	100	100	71.4	100	87.5	88.9	88.9	100	87.5
病 斑 数	2.3	20.9	13.5	10.9	21.1	4.3	18.8	4.4	17.5	3.3	14.2	12.6
病 斑 面 積(%)	0.2	10.8	8.4	11.2	18.5	3.3	12.6	1.6	15.2	4.7	22.8	15.0

注) *初皮: 初生皮層。播種 5月18日, 接種 6月20日, 初生皮層発病調査 6月29日, 根部発病調査 7月18日。商社名: 夏富はみかど, みのときはノウリン, その他の品種はタキイ。

発生したが, 生育日数の長い株でも土壌をやや乾燥状態に保つと発生した。根くびれ状の病斑は, 播種後20~29日目に接種した株に, 亀裂褐変型の病斑は, 播種後20~35日頃に接種した株に多く発生した。また, 内部組織の黒変は, いずれの生育日数でも生じるが, 肥大初期にあたる播種後26~35日目の接種株では少ない傾向であった。

これらの結果は, ダイコンを鉢で育てたもので, 現地圃場のダイコンの生育と多少異なるが, 現地における発病の過程を推察することが出来る。特に縦に細長くやや陥没した病斑の発病時期や, 亀裂褐変型の病斑は内部組織の黒変が少ないことなどは, 現地での発病状況と非常によく似ている。

3) ダイコンに対する病原性の品種間差異

殺菌黒ボク土壌をつめた鉢に12品種のダイコンを播種し, 間引後3株にして33日間育成したものを用い, Humaydanらの方法によって調製した遊走子懸濁液 $4.2 \times 10^3/ml$ を50ml/100cm²灌注接種し, 28日後に調査した。結果は第4表の通りである。

接種時期は初生皮層の剝離期であったが, 供試した品種には播種期が適期ではない品種もあり, 鉢で高密度に栽培したため, 根の肥大が均一でなく, 肥大の小さい根は肥大根に比べて一般に病斑数が少ないことなどから病原性の比較は十分にできなかった。また, 品種による病徴の差異は認められなかった。

接種後9日目の初生皮層は, 夏富, 夏みの早生3号, 阿波晩生, 青首宮重大長等の品種でほとんど発病せず, 大蔵, みのとき交配, 春蒔みの早生, 耐病総太りで発病株率が高かった。根部の発病株率はいずれの品種も高く, 根部の肥大が小さかった耐病総太り, 大蔵, 春蒔み

の早生などの品種は, 根部が肥大した品種に比べ病斑数, 病斑面積率が低く, 有意差は認められた。しかし, 発病の差は根部の肥大程度による差で, 本質的な差とは考えられない。根部が肥大した品種の間には有意差は認められなかった。

以上のことから, 初生皮層が病原菌に侵されると根部の肥大が非常に悪くなるので, 発生地では初生皮層が侵されにくい品種を選ぶ必要があると考えられる。供試品種の中では, 初生皮層が発病しにくく, 病斑数, 病斑面積率が低い夏みの早生3号が発病しにくい品種と言えるようである。

IV 考 察

Kendrick⁶⁾は, *A. raphani* による Radish の病名を black-root とし, 幼苗や根部の病徴などについて, 詳細に記載しており, その特徴を抜粋すると次のようである。①幼苗では, 胚軸の下部から菌が侵入して damping off を起し, 表皮下の組織(内部組織)を通して子葉, 葉柄を黒変し湾曲させる。②根部は, 根径が2mmくらいから成植物まで感染し, 菌の侵入部位は二次根の基部で, 不規則な steel-gray や黒色の病斑となる。この病斑は表皮下の組織に生じ, 感染部位から黒色の糸状の斑点が広がり, 透明な表皮組織のすぐ下の黒変部は steel-gray 色を呈し, 病斑が古く, 大きくなると表皮組織は黒色となる。③肥大初期の根の中央の一病斑は, 黒色で, greatly constrict となり, 根の肥大の後期に感染すると, 病斑は黒い不規則な blotches 状を呈し, 組織内は軽い不規則な斑点となる。④発病組織の減退のため, 根の肥大に伴って縦の亀裂や裂目を生じる。この型の病斑は根の下

半分はくびれて細くなり、ざらざらした亀裂表皮となる。⑤病気が進んだ根を切ってみると、黒変は感染部位から健全組織中の細胞間をさまざまな方向に細く浸透するためまだらとなり、病気が進むと黒くなる。発病部位は、この菌によっては軟化するのではない。

筆者らは、ダイコンの根くびれ症状株の内部組織の黒変部から分離した菌を用い、接種試験で Kendrick の幼苗の病徴①と一致する症状を再現出来た。播種10日頃に接種した幼苗では倒伏して枯死することは少なかった。根部では、いずれの生育日数のダイコンでも発病するが、幼根は発病しにくく、皮目部から菌が侵入し、中でも二次根の基部に多い。病斑は内鞘を紡錘形や不規則に薄墨がにじむように伸長し、罹病組織は黒褐色か黒色であるが、表皮を通する外観は鉛色(青灰色)に見え、Kendrick の病徴②と一致する。自然発病株の図版 I-1, 2, 4 の病徴は Kendrick の病徴③④と完全に一致する。内部組織が黒変する病徴(図版 I-6)は、黒変の伸長状況や病原菌によって軟化しないことは、Kendrick の病徴⑤と一致する。しかし、最も多く観察される病斑の中央部が白くなり周囲が黒色や鉛色を呈し、縦に亀裂を伴った亀裂褐変型の病徴(図版 I-5)は、Kendrick の病徴記載では明らかでない。この病徴は、ダイコンの肥大速度が病斑伸長速度より早いために起ると考えられ、Radish は生食用で小さく、あまり肥大しないので、日本のダイコンで見られるような典型的な病徴は観察されなかったものと思われる。本実験で根くびれ症状のダイコンから分離した菌は、有性器官の形態やその付着の様相、菌糸および遊走子の形状は Kendrick や生越ら⁹⁾の記載した *A. raphani* に一致し、病原性もアブラナ科植物に限られることから、*A. raphani* Kendrick と同定し、広島県のダイコンに発生している根くびれ症状、亀裂褐変症状は Kendrick の black-root と同一であると判断された。

飯嶋ら²⁾の報告しているダイコンの病徴、根部表面が黒～褐色に変色し、縦に太い亀裂、横に細い亀裂があり、病斑の形や大きさは様々で、内部組織が黒変する症状*、および若井田ら¹³⁾の縦に大きく亀裂し、根の先端がくびれる亀裂褐変型の症状(病徴 II 型)は、筆者らの一部の症状と一致し同一病害と考えられる。しかし、久保庭ら⁷⁾がダイコンさめ肌症状発生土壌から *A. cladogamus* と思われる菌の有傷接種による茶褐色でやや湿潤状、あざのように広がり、内部まで進展しない症状は、筆者らの病徴の再現試験での症状と明らかに異なる。

* 1979年2月に関東東山病害虫研究会において、*A. raphani* の接種によって自然発病株の病徴と同一の病徴を再現したことを発表。

Aphanomyces raphani によるダイコン根部の病害の病名について、神納⁹⁾は根部の先端がくびれて黒変し、葉の表皮の刺毛が硬化し、萎凋枯死する症状を黒脚病とし、鈴木ら¹⁴⁾はカブの根くびれ病の症状と同様の症状がダイコンにも発生することで根くびれ病と記述している。また本菌による他のアブラナ科植物の病害については、佐久間¹⁰⁾はルタバガの幼苗根部地際部に水浸状の病斑を生じ、根の肥大に伴って繊化してくびれた状態となる病害を根くびれ病と命名している。生越ら⁹⁾、神納ら⁹⁾はハクサイの地際部が水浸状となり、胚軸部がくびれる病害を根くびれ病と命名し、鈴木ら¹⁴⁾はカブの根部表皮が褐変して粗皮状となり、根の肥大にともなって縦にひび割れを生じ、表面がでこぼことなる症状を根くびれ病と命名している。*A. raphani* によるダイコンの症状は内部組織の黒変よりも、根がくびれて縦に亀裂を生じる症状に特徴がある。Kendrick ⁶⁾の black-root は Radish (品種 White Icicle) が小型であり、根部の肥大期間が短いため、根くびれよりも内部の黒変がより大きな特徴となるものと推察される。根くびれ症状がダイコンにおける病徴の特徴であること、本菌によるルタバガ、ハクサイ、カブ等の病害は、いずれも根くびれ症状が特徴であり、根くびれ病と命名されていること、また一般論として同一病菌、同一病名が便利であることなどから *Aphanomyces raphani* Kendrick によるダイコン病害の和名は“根くびれ病”とするのが適当と考えられる。

V 摘 要

夏ダイコンの根部に根くびれ症状や亀裂褐変症状および内部組織が黒変する病徴が発生したため、発生状況や発生原因および病原菌の病原性について明らかにし、本病の和名を根くびれ病とした。

1. 根くびれ症は、7～8月収穫の栽培型で多発するが春作、秋作でも発病する。播種後20日頃には根部が発病しており、収穫期には根くびれ症状、亀裂褐変症状、および内部組織の黒変が見られる。最も多い病斑は、縁が薄墨色ににじみ、縦に亀裂を生じ、病斑の中央部から白い部分が多くなる亀裂褐変型の病斑である。
2. 根くびれ症の黒変部から菌の分離を行った結果、純粋分離は非常に困難であったが、*Aphanomyces* 属菌が分離され、菌の形態、有性器の付着の様相およびアブラナ科植物のみに病原性を有することなどから *A. raphani* Kendrick と同定した。
3. 本菌の接種によって、自然発病株で観察される縦に

細長の病徴や根くびれ症状、はち巻き症状、亀裂褐変症状および内部組織の黒変など、すべての病徴が再現され、その病徴発現部位から同一菌が再分離された。

4. 生育中のダイコンに対する播種時期と病徴との関係は、播種後15日頃までに接種すると、胚軸部が針金状となり、根部は縦に細長くやや陥没した病斑が生じ、20日前後でははち巻き状の病斑が発生する。根くびれ状の病斑は、播種後20～29日目の接種で、亀裂褐変型の症状は播種後20～35日目の接種で多く発生した。
5. 12品種のダイコンに対する *A. raphani* の病原性を調べた結果、夏みの早生3号で初生皮層が発病しにくく、病斑数、病斑面積率が低かった。
6. 本病の病徴は Kendrick の black-root の病徴と一致し、その病徴や他作物における事例から和名は根くびれ病が適当と考えられた。

謝 辞

本実験を行うにあたり、北海道大学の生越明博士からは病原菌の分離および分離培養方法等の御助言を、東京都農業試験場主任研究員飯嶋勉氏からは貴重な文献を譲与された。また、本病の病名については農林水産省農業技術研究所の吉村彰治病理昆虫部長、江塚昭典細菌病第1研究室長、野菜試験場の竹内昭士郎病害第二研究室長から貴重な御意見をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) H. S. HUMAYDAN and P. H. WILLIAMS : 1978. Factors Affecting in Vitro Growth and Zoospore production by *Aphanomyces raphani*. *Phytopathology* **68** : 377—381.
- 2) 飯嶋 勉・平野寿一 : 1979. *Aphanomyces* sp. によると思われるダイコンの根部亀裂褐変症. *日植病報* **45**(1) : 123 (講要).
- 3) 井本征史・河野富香・中村啓二 : 1978. 夏ダイコンの *Rhizoctonia solani* Kühn による根腐病について. *広島農試報* **40** : 37—46.
- 4) 神納 浄・山田憲一・松尾綾男 : 1972. ハクサイ根くびれ病の発生と防除 (第一報). *中国農業研究* **45** : 48—51.
- 5) ——— : 1977. 兵庫県のダイコン病害発生の動向. *関西病虫研報* **19** : 61—64.
- 6) KENDRICK, J. B. : 1927. The black-root disease of Radish. *Ind. Agr. Expt. sta. Bull.* **311** : 1—32.
- 7) 久保庭 考・寺中理明・奥田誠一・若井田正義 : 1976. *Aphanomyces* sp. によるダイコン根部表皮の亀裂褐変症状. *日植病報* **42**(3) : 338. (講要)
- 8) 生越 明・横沢菱三・酒井隆太郎 : 1972. *Aphanomyces raphani* Kendrick の野菜畑土壌からの分離、培養性質、宿主範囲、形態について. *日植病報* **38**(2) : 130—136.
- 9) ———・酒井隆太郎・横沢菱三 : 1972. ハクサイの根くびれ病 (俗称ポックリ病) について. *植物防疫* **26**(1) : 10—12.
- 10) 佐久間 勉 : 1962. ルタバガ根くびれ病について. *日植病報* **27**(5) : 265. (講要)
- 11) 鈴木久弥・片岡光信・村山 浩 : 1977. カブ根くびれ病の発生と防除について. *関西病虫研講要* **19** : 119.
- 12) 富樫浩吾 : 1935. 植物病原菌の温度に對する諸性質. *農業及園藝* **10**(3) : 732—733.
- 13) 若井田正義・山口和彦・寺中理明 : 1973. ダイコン根部表皮に亀裂褐変を起す病原. *宇都宮大農学術報* **8**(3) : 1—10.
- 14) 横沢菱三・生越 明・酒井隆太郎 : 1972. *Aphanomyces raphani* Kendrick の遊走子による宿主植物への侵入機構. *日植病報* **38** : 284—289.

Black Root Disease of Japanese Radish Caused by *Aphanomyces raphani* Kendrick

Masashi IMOTO, Tomika KONO and Keiji NAKAMURA

Summary

The authors have already stated³⁾ that root rot of Japanese radish caused by *Rhizoctonia solani* Kühn severely hindered Japanese radish production in the northern mountainous regions of Hiroshima Prefecture. In same regions, another type of injuries of Japanese radish are also

frequently observed. These injuries are primarily observed in root parts and *Aphanomyces* species was isolated from these lesions. This isolat made the same injuries as observing in that of natural condition by inoculation to Japanese radish and from these infected parts, *Aphanomyces* species was reisolated.

This disease are especially abundant in cultural types harvested from July to August. First visible symptom of this disease begins to appear within the lenticel on the root until 20 days from sowing time. In this early stage of infection, only the tissues immediately under the epidermis are involved and this incipient lesions are tiny black accompanying slightly longitudinal cracking. But in the more advanced stage of infection, the fungus penetrates to the internal part of root tissues. In such case, the lesion spread horizontally and girdled the root surface by irregular bands with slight evidence of constriction. When the causal fungus progresses further into inner part of root, internal tissues turns black. This black discolour part do not grow normally and outwardly the root constricts at this part and shows the typical symptom of this disease. These symptom strictly coincides with black root disease of radish reported by Kendrick.

Considering the morphological aspects of this isolat, such as, mode of adherence of antheridia to oogonium, diameter of oospores, thickness of oospore wall and its pathogenicity only to cruciferous plants, it is identified *A. raphani* Kendrick.

The typical symptom of this disease is constriction of the root, so it is proper to designate this disease "nekubire byo" as Japanese name.

図版説明

Aphanomyces raphani による病徴と病原菌

図版Ⅰ 自然発病株の病徴と病原菌

1. 典型的な根くびれ症状の推移
2. はち巻き症状の推移
- 3,5. 収穫期に観察される病徴
4. 薄墨がにじむように紡錘形またははち巻き状に広がった病斑は縦に亀裂や裂け目を生じ、横にも亀裂する。
5. 病斑中央部はでこぼこの白色となり、周縁部は縦に亀裂を伴った暗黒色～黒褐色の病徴
6. 横に切った根部、内部組織の黒変は放射組織周辺の柔組織の細胞間を通して中心部に伸びている。
7. 縦に切った根部、内部組織の黒変は中心部を上下に広がる。

- 1,8. 晴天の時に葉がしおれ、硬化する株は根部が根くびれ症状を呈する。
9. 病原菌、螺旋状の遊走子嚢と遊走子塊
10. 病原菌、CMA上の蔵卵器

図版Ⅱ 接種による病徴

1. 播種後11～60日目接種、接種後32日目の病徴
2. 縦に細長の病徴、途中で病斑の伸展が止まっている。
3. はち巻き症状、後にくびれ症状となる。
- 4,5. 播種後50日目接種、接種後19日目の病徴、薄墨がにじむように伸長し、はち巻き症状や、内部組織が黒変する。
- 6,7. 播種後40日目接種、接種後32日目の病徴、皮目部に病斑が集中し、縦の亀裂が生じる。
8. 播種後50日目接種、接種後60日目の病徴
9. 播種後25～30日目接種、接種後32日目の病徴



