

初夏どりキャベツに多発した株腐病及びその病原菌

星 秀 男・堀 江 博 道・飯 嶋 勉

緒 言

1993年7月、東京都立川市において、初夏どりキャベツに結球部表面の腐敗症状が発生し、激発圃場では収穫がまったくできなかった。その後、1994年及び1995年の6~7月には青梅市、羽村市などでも同一症状を示す顕著な被害が確認された。この腐敗症状は、従来、株腐れ症状と呼ばれていたが、本報の調査では、3年間にわたり激しい被害を生じ、また、罹病株には病原菌の完全世代と判断される菌体が初めて確認されたことから、発生状況を調査し、病原菌の性質と特徴、防除薬剤などについて検討を加えた。本報告はこれらの研究をまとめたものである。なお成果の一部については、平成7年度日本植物病理学会大会において発表した（星ら、1995）。

本研究実施中、種々の御助言ならびに御援助をいただいた東京都農業試験場平野寿一氏、小林俊明氏（現農林水産部）、電子顕微鏡による観察に御便宜、御指導をいただいた東京農業大学斎藤紀子氏、矢口行雄博士、現地圃場の調査に御協力をいただいた東京都西多摩農業改良普及センター金子章敬氏、本橋浩紀氏（現中央農業改良普及センター）に厚くお礼申し上げる。

I 初夏どりキャベツ腐敗症状の発生状況

1993~95年、東京都農業試験場（立川市富士見町）の初夏どりキャベツ圃場で結球部の表面が腐敗する症状が発生した。本病は6月中旬に発生はじめ、7月上旬以降急速に拡大し、圃場全面に激しい被害をもたらした。そこで、発生状況を調査し、病徵を記録した。また、発生分布を検討するため、1994年及び95年に西多摩地区のキャベツ圃場における本病の発生状況について調査した。

1. 病徵及び標徵

本病は初め、収穫期及び収穫直前の結球側部から下部にかけて灰黒色~黒褐色、水浸状の病斑を生じる。発生初期の病斑の拡大は比較的緩慢であるが、降雨が連続し、湿潤状態が継続すると、腐敗が結球全面に急速に拡がる。結球部の腐敗は表面の数葉に限られ、結球内部へはほとんど進展しない。外葉は主に基部葉縁から水浸状に病斑が拡大し、腐敗が進展すると葉柄基部から容易に離脱し、落葉する。しかし、外葉の腐敗は結球部表面の腐敗に比べ、その進展は著しく遅い。したがって、本病の発生初

期~盛期には結球部のみが侵されているように見えるが、病気が進行すると外葉を含めて株全体が腐敗症状を呈する。

罹病株には菌糸、菌核、子実層が豊富に生じる。菌糸は無色~淡褐色で、病斑を中心にくもの巣状となる。菌核は罹病結球や外葉表面に形成され、褐色~暗褐色、不定形で、径3~10mmである。子実層は白色~ベージュ色で、表面は粉状となり、初め地表面から1~3cm程度離れた最外葉裏面の葉柄基部に発生し、すぐに主脈を中心に扇状に拡大し、裏面全面に及ぶ。なお、子実層の形成は最外葉の裏面にはほぼ限られ、最外葉の表面、内側の外葉及び結球部には認められない。病変部には子実層は形成されず、また子実層形成部位の葉組織には褐変、腐敗などの病変は生じない。

2. 発生状況

試験方法

試験1：1993年7月、東京都農業試験場の2カ所の本病発生圃場で調査した。A圃場は沖積土壌（灰色低地土）で、面積240m²、品種‘中早生3号’及び‘YR錦秋強力152’、植栽株数1,055株、播種93年2月10日、定植4月20日、条間65cm、株間30cm、B圃場は洪積土壌（表層腐植質黒ボク土）で、面積165m²、品種‘しづはま2号’、植栽株数420株、定植93年4月12日、条間80cm、株間45cmであった。調査はA圃場では7月19日、B圃場では7月20日に実施し、両圃場とも全株について株ごとの被害程度を、指数0：発病なし、1：腐敗部分が結球部の25%未満、2：同25~49%、3：同50~74%、4：同75%以上の5段階に区分して、発病株率、発病度を算出した。発病度は次式によった。発病度 = [Σ (程度別発病株数 × 指数) / 4 × 調査株数] × 100。なお、調査時のキャベツの生育ステージは両圃場ともに収穫盛期であった。また同時に、上記2圃場のキャベツ全株について子実層形成の有無及び子実層形成部位を調査するとともに、土壤表面や圃場内及び周辺の野草などについても子実層形成状況を観察した。

試験2：1994年6月14日~7月14日、上記B圃場において、キャベツ160株をあらかじめ選定し、株ごとの発病の推移を3~4日間隔で調査した。調査開始時のキャベツの生育ステージは、収穫初期であった。発病度の調査方法及び算出は、93年に行った試験1に準じた。なお、栽培概要は以下のとおりである。品種‘しづはま2

号'、定植94年4月7日、条間70cm、株間45cm。

試験3：1995年、前年(試験2)と同一の圃場内に、キャベツ苗の定植時期を変えて、2カ所の試験区を隣接して設けた。試験区1では試験2とほぼ同様に、95年2月15日に播種した苗を4月12日に、試験区2では95年3月2日に播種した苗を5月11日に、両区とも株間45cm、条間70cmで240株定植した。これら定植時期の異なるキャベツにおける本病の発生状況を6～8日間隔で調査した。

結果

試験1：A圃場では発病株率85～89%、発病度75～81%、また、B圃場では発病株率70%、発病度55であり、両圃場とも激しい被害が認められた(表1)。子実層は高率に形成されており、A圃場で形成株率85～86%、B圃場で55%であった(表1)。子実層の形成は、A圃場では発病度の高い株に多く認められる傾向を示したが、B圃場では一定の関係は認められなかった(表2)。キャベツと同様の子実層は、発生圃場内のハキダメギク、メヒシバ、イヌビュ、ツユクサや支柱にも観察された。なお

土壤表面には、*Rhizoctonia*属菌の菌糸の伸長は確認されたが、子実層の形成は認められなかった。

試験2：調査圃場における本病の発生は、6月16日より認められた。6月中旬～7月初旬にかけては曇天が続き、降雨が断続的に観測されたが、本病の初発確認時から約10日間は、病斑は主に結球の側部から下部に観察され、また、腐敗の進展も遅く、被害の拡大は比較的緩慢であった。しかし、7月上旬以降、被害は急速に圃場全面に拡大し、7月14日の調査では発病株率68%、発病度62であった(図1)。

試験3：試験区1においては、前年(試験2)とほぼ同様の発生経過となり、本病の初発は6月16日に認められ、7月6日以降急速に被害が拡大し、7月13日の調査では発病株率36%、発病度26であった。試験区2では、6月30日に本病の初発が確認され、7月13日以降急速に蔓延し、7月28日の調査では発病株率45%、発病度41となった。このように、両試験区における本病の発生時期の差は、初発時で2週間、蔓延の初期で7日間であった。しかし、両試験区における本病の発生とキャベツ

表1 圃場におけるキャベツ株腐れ症状の発生程度及び子実層形成株率

圃 場	品 種	調査株数	発病株率	発病度	子実層形成株率
A圃場	中早生3号	585	85%	75	85%
	YR錦秋強力152	470	89	81	86
B圃場	しづはま2号	420	70	55	55

表2 結球の発病程度と子実層形成

圃 場	品 種	発病指数	株数	子実層形成株率
A圃場	中早生3号	0	89	53%
		1	30	63
		2	43	79
		3	61	82
		4	362	94
	YR錦秋強力152	0	53	25
		1	20	45
		2	25	76
		3	41	85
		4	331	99
B圃場	しづはま2号	0	126	44
		1	34	44
		2	52	65
		3	47	65
		4	161	58

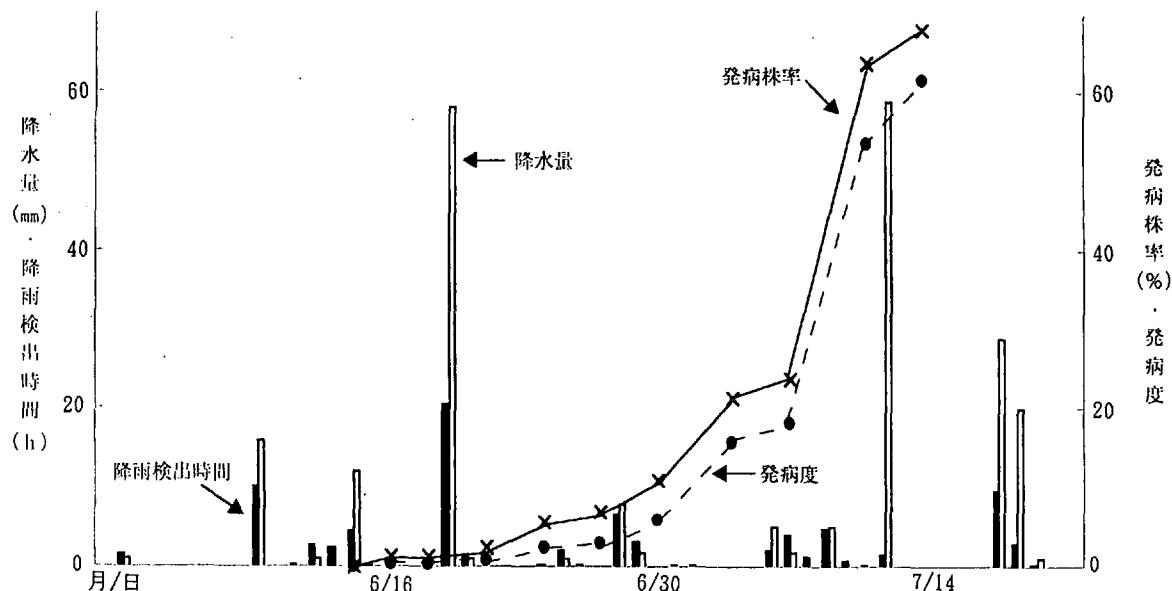


図1 発病の推移と降雨の関係

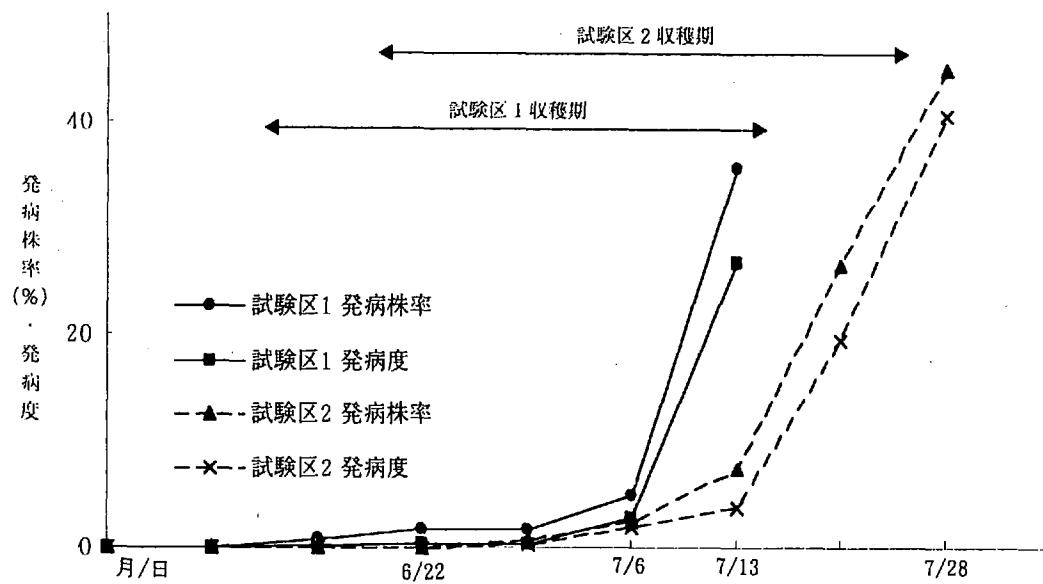


図2 定植時期の違いによる発病の差異

の生育ステージを比較すると、いずれも本病の初発はキャベツの収穫開始時に、蔓延期は収穫中期～後期に一致した。また、両試験区のキャベツとも本病の初発から14～20日間を経て被害が急速に拡大した(図2)。

以上の結果から、本病は梅雨期のように断続的に降雨が観測されるような条件下で発生すること、本病の発生時期はキャベツの定植時期の違いによって差異が認められるが、いずれもキャベツの収穫期に一致すること、本病初発後の腐敗の進展は比較的緩慢であるが、10日～20日間を経て急速に蔓延することが明らかとなった。

3. 発生分布

試験方法

1994年7月に東京都青梅市の3圃場、95年6月に羽村

市の2圃場及び青梅市の4圃場、95年7月に青梅市の4圃場において本病の発生状況を調査した。なお、発病程度は前項の基準に準じて調査し、発病株率、発病度を算出した。

結果

1994年調査：調査した青梅市の3圃場のうち2圃場では本病の発生は確認できなかったが、1圃場では本病の激しい被害が認められ、子実層の形成が豊富に観察された。なお、本病発生圃場のキャベツは、混在している少數の健全株の生育状況から定植80日前後で収穫後期と判断された。

1995年調査：羽村市では、調査した2圃場のうち1圃場で本病の発生が認められた。発生圃場では収穫はすで

に終了しており、発病株は出荷不能株や残渣とともに放置されていた。その130株について発生状況を調査したところ、発病株率23%、発病度14であった。同圃場においては子実層の形成は認められなかった。青梅市においては、6月の調査時には、4圃場のうち2圃場で数株の外葉裏面に淡褐色の薄い菌そうが観察されたが、菌そう上に担子柄、担子胞子は観察されず、これらの外葉に褐変、腐敗などの病変は認められなかった。7月の調査では、これら2圃場のうち1圃場で本病の発生が確認され、子実層の形成が観察された。発生圃場では収穫初期であり、150株を調査した結果、発病株率は29%であった。

以上2年間の調査の結果、本病は多摩地区の初夏どりキャベツ圃場に広く分布しており、一部の圃場では激しい被害を生じていることが明らかとなった。

II 初夏どりキャベツ腐敗症状の病原菌

1. 病原菌の分離及び病原性の検討

本病の病原菌を明らかにするため、病斑部及び子実層から病原菌を分離し、培養菌の接種により病原性を検討した。

(1) 分離

試験方法

組織分離：キャベツ罹病葉の新鮮な病斑組織から切片を作成し、これを5%次亜塩素酸ナトリウム40倍水溶液で表面殺菌した後、素寒天平板培地上に置いた。これを15°Cで2日間培養後に、発生した単一菌糸の先端をPDA培地に移植し、供試菌株とした。

菌核からの分離：キャベツ罹病株に形成された菌核を殺菌水で洗浄後、素寒天平板培地上に置いた。菌核から発生した菌糸を上記同様に分離、培養し、供試菌株とした。

担子胞子分離：子実層形成葉を10mm角に切り取り、これを素寒天培地を流し込んだペトリ皿のふたの内側に、素寒天片を用いて子実層を下向きに貼り付けた。ただちに15°C、暗黒下に静置し、子実層上に形成された担子胞子を素寒天培地上に自然落下させ、培地上での発芽を確認した単一の担子胞子をPDA培地に移植、培養した。

結果

組織分離：供試した病斑組織片のすべてから *Rhizoctonia*属菌が分離された。

菌核からの分離：供試した菌核のすべてから *Rhizoctonia*属菌が生育した。

担子胞子分離：子実層から素寒天培地上に落下した担子胞子は容易に発芽した。発芽した担子胞子をPDA培地に移植したところ、いずれも *Rhizoctonia*属菌が生育した。

(2) 数種接種方法による病原性の検討

上記方法で分離した菌株を供試し、含菌寒天貼り付けなど数種の接種方法により、分離菌の病原性を検討した。また、本病発生圃場のキャベツ株より採集した子実層を供試して担子胞子接種を行い、担子胞子の病原性を検討した。

① 含菌寒天貼り付け接種

試験方法

キャベツより分離したCv-6T(組織分離菌株)、Cu-1S、Cb-1S、Cd-2S(菌核分離菌株)、Cu-1B(担子胞子分離菌

表3 供試菌株(1)：キャベツ発病株より分離された*Rhizoctonia*属菌

菌株名	分離源	採集場所	分離年月日	分離部位と方法
Co-1T	キャベツ	青梅市今井 (無農薬栽培)	1992年7月10日	病斑部より組織分離
Cv-6T	"	立川市富士見町(D圃場・無農薬栽培)	1993年7月24日	病斑部より組織分離
Cb-9T	"	立川市富士見町(B圃場・無農薬栽培)	1993年12月9日	病斑部より組織分離
Cu-21-1T	"	立川市富士見町(A圃場・無農薬栽培)	1995年4月18日	病斑部より組織分離
Ch-4-1T	"	羽村市羽根 (慣行栽培)	1995年6月8日	病斑部より組織分離
Cu-1S	"	立川市富士見町(A圃場・無農薬栽培)	1993年7月20日	病斑部菌核より分離
Cb-2S	"	立川市富士見町(B圃場・無農薬栽培)	1993年7月24日	病斑部菌核より分離
Cd-2S	"	立川市富士見町(C圃場・慣行栽培)	1993年7月24日	病斑部菌核より分離
Co-11S	"	青梅市 (慣行栽培)	1994年7月15日	病斑部菌核より分離
Cu-1B	"	立川市富士見町(A圃場・無農薬栽培)	1993年7月23日	子実層の担子胞子より分離
Cu-3B	"	立川市富士見町(A圃場・無農薬栽培)	1993年7月23日	子実層の担子胞子より分離
Cu-4B	"	立川市富士見町(A圃場・無農薬栽培)	1993年7月23日	子実層の担子胞子より分離
Cu-5B	"	立川市富士見町(A圃場・無農薬栽培)	1993年7月23日	子実層の担子胞子より分離
Co-101B	"	青梅市 (慣行栽培)	1995年7月12日	子実層の担子胞子より分離
Co-102B	"	青梅市 (慣行栽培)	1995年7月12日	子実層の担子胞子より分離
Co-103B	"	青梅市 (慣行栽培)	1995年7月12日	子実層の担子胞子より分離

株)の合計5菌株を供試した(表3)。PDA平板培地で前培養した菌そうを10mmコルクボーラーで打ち抜き、このディスクを収穫したキャベツ結球部表面に無傷で貼り付け、18°C、湿室、暗黒下に保持した。接種した菌そうディスクは、病斑の形成を確認したのちに除去した。

結果

供試した5菌株はいずれも接種2日後に気中菌糸を生じ、3~5日後には淡黒色~黒色、水浸状の病斑を形成した。初期病斑は無傷接種の場合、接種部位よりもその周辺に同心円状に形成される傾向が認められた。その後病斑は急速に拡大し、19日後には結球部全面に及んだ。接種により生じた病斑周辺から、前述した組織分離法により分離を試みた結果、すべての供試組織片から*Rhizoctonia*属菌が分離された。

② 菌そう土壤接種

試験方法

前項で供試した5菌株及びCo-1T(組織分離菌株)の合計6菌株を用いた(表3)。1995年5月20日、PDA平板培地で前培養した供試菌の径17mmの菌そうディスクを、1/2000ワグネルポットで育成したキャベツ‘中早生3号’の株元土壌に茎部から2~3cm離れた位置から外側へ同心円状に10個置床し、5cm程度の厚さに覆土した。試験に供したキャベツはポットに定植して30日後であり、結球開始期であった。

結果

供試した6菌株はいずれもキャベツに対して病原性を示した。すなわち、初め結球部から3~4葉外側の外葉基部の縁から腐敗した。腐敗は水浸状に拡大するとともに順次内側の外葉に進展し、結球葉に達した。結球葉に病斑が形成されると、腐敗は結球部全面に急速に拡がり、株腐れ状となった。罹病株には淡褐色~褐色の菌核やくもの巣状の菌糸が、また外葉表面の病斑周辺には白色、扇状の菌そうが観察された。供試菌株の中ではCv-6T(組織分離菌株)が最も腐敗の進展が速く、接種34日後には結球葉に病斑の形成が認められた。接種44日後の調査では、いずれの菌株とも接種したキャベツの外葉に腐敗症状が認められたが、結球部に腐敗が進展したのはCv-6T、Cb-1S、Cd-2S接種区のみであった。前項と同様に接種により生じた病斑部から組織分離を行った結果、いずれも*Rhizoctonia*属菌が分離された。本試験において、供試菌株間に病徵の差異は認められなかったが、腐敗の進展については担子胞子分離菌株は組織分離菌株及び菌核分離菌株に比べて遅い傾向であった。

③ 土壌ふすま培養菌接種

試験方法

キャベツより分離したCu-1S(菌核分離菌株)及びCu-

1B(担子胞子分離菌株)の2菌株(表3)を土壤ふすま培地で38日間培養し、これを接種源とした。培養菌5g(培地を含む)を、1/2000ワグネルポットで育成したキャベツ‘中早生3号’の結球部に振りかけ、ただちにミスト散水下に置いた。ミスト散水は1回5分、4時間間隔で接種後4日間行った。

結果

供試した2菌株はいずれもキャベツに対して病原性を示し、接種4日後に結球側部~下部にかけて黒色の病斑が発生した。病斑は急速に結球全面に拡大するとともに、接種9日後には腐敗が結球に近い外葉に進展した。接種により生じた病斑部からは*Rhizoctonia*属菌が再分離された。なお、供試菌株間に病徵及び病原性の差異は認められなかった。

④ 罹病組織による接種

試験方法

1/2000ワグネルポットに、生育ステージが異なるように時期を変えてキャベツ‘しづはま2号’を定植した。1995年7月17日の接種時のステージは定植30日後の結球開始期と定植60日後の結球期であった。接種源として農業試験場内の圃場で本病の罹病株を採集し、結球表面の腐敗部分と結球内部の健全部分をほぼ等量に混和した。ワグネルポットあたり接種源50gをキャベツの株元土壌にキャベツ株に直接触れないように数カ所に分散させて置床し、5cm程度の厚さに覆土した。接種後、ガラス室内で管理し、発病状況を観察した。

結果

結球開始期のキャベツでは、接種18日後までの観察では病斑の形成は認められなかった。結球期のキャベツでは接種10日後に結球下部及び結球部に最も近い外葉基部に黒色、水浸状の病斑が生じた。結球部では腐敗は急速に拡大し、接種18日後には結球全面に及んだ。外葉における腐敗の進展は結球部と比較して著しく遅く、同調査時には初めに病斑を生じた外葉より外側の外葉への腐敗の拡大は認められなかった。なお、接種により生じた病斑部からは*Rhizoctonia*属菌が再分離された。

⑤ 担子胞子接種

試験方法

1/2000ワグネルポットで育成した結球期のキャベツをポリバケツに入れ、上部を金網で覆い、その上に子実層を形成している自然発病株の外葉を子実層形成面を下向きに置き、湿室、散光下に保持し、担子胞子を落下させて接種した。また、担子胞子の落下を確認するために、結球部表面の3カ所に素寒天片を貼り付けた。試験開始48時間後に、キャベツを湿室より取り出し、20~25°Cのガラス室内に置き、観察期間中、1回5分のミスト散水

を4時間間隔で行った。

結果

キャベツ結球部に貼り付けた素寒天片上には、担子胞子が多数観察されたが、菌糸などはまったく認められなかった。供試したキャベツは、接種6~8日後に結球下部~側部にかけて5~10mm程度の灰黒色、水浸状の病斑を生じた。10~13日後までは病斑の進展は緩慢であったが、その後急速に拡大し、20~22日後には結球全面に拡がり、株腐れ状となった。前項と同様に、接種により生じた病斑周辺から組織分離を試みたところ、すべての供試組織片から*Rhizoctonia*属菌が分離された。

上記5種類の方法による接種試験において、供試した組織分離菌株、菌核分離菌株及び担子胞子分離菌株のいずれの接種によっても自然発生と同様の結球部の腐敗症状が再現され、罹病組織から接種菌が再分離された。この結果、これら供試菌株は本病の病原菌であることが確認された。罹病株の葉組織を接種した結果でも、自然病徵が再現でき、病斑部からは*Rhizoctonia*属菌が分離された。また、本病発生圃場において自然発生した子実層上に形成された担子胞子の接種により腐敗症状が発生したことから担子胞子の病原力が確認されるとともに、この罹病組織からは*Rhizoctonia*属菌が分離され、担子胞子と本病菌の同根関係が示唆された。なお、分離菌の数種方法による接種及び担子胞子接種のいずれにおいても、高湿度下では罹病葉上に*Rhizoctonia*属菌の気中菌糸が顕著に発生し、菌核も豊富に形成されたが、観察期間中には子実層の形成は認められなかった。

(3) キャベツの生育ステージの違いによる感受性の差異

本病は、自然発病では結球葉の腐敗が著しく、本病菌は外葉よりも結球葉に対して強い病原性を有することが考えられた。そこで、生育ステージの異なるキャベツの葉に本病菌を接種し、生育ステージの違いによる感受性の差異を検討した。

試験方法

含菌寒天貼り付け接種：Co-1T(組織分離菌株)、Cu-1S、Cb-1S、Cd-2S(菌核分離菌株)、Cu-1B(担子胞子分離菌株)の合計5菌株を供試した(表3)。供試菌の培養菌そうディスクを本葉6~7葉期、12~13葉期の2ステージのキャベツ‘しづはま2号’及び収穫した結球部表面に焼傷を付して、または無傷で貼り付け、23°C、湿室、散光下に保持した。

担子胞子接種：収穫した結球部、本葉2~3葉期、6~7葉期及び12~13葉期の各ステージのキャベツを金網で覆い、その上に子実層を形成しているキャベツ外葉を子実層形成面を下向きに置き、湿室に保持し、担子胞子を落下させて接種した。48時間後、子実層を除去し、23°C、湿室、散光下で発病状況を観察した。なお、供試した子実層形成葉は、本病発生圃場において採取し、試験実施まで-20°Cで保存した。

結果

含菌寒天貼り付け接種：有傷接種では、各菌株とも接種3日後に、両ステージの葉に灰黒色の病斑を生じた。病斑は、4日後以降大きく拡大し、葉腐れ状となった

表4 生育ステージの違いによるキャベツの感受性の差異

菌株名	分離源	接種方法	結球葉 (8日後)*	本葉2~3葉期 (8日後)*	6~7葉期 (11日後)*	12~13葉期 (11日後)*
Cu-1S	菌核	培養菌そう貼付(焼傷)			+	+
		”(無傷)	+		+	+
Cu-1B	担子胞子	”(焼傷)			+	+
		(無傷)	+		-	-
Cb-1S	菌核	”(焼傷)			+	+
		(無傷)	+		+	+
Cd-2S	菌核	”(焼傷)			+	+
		(無傷)	+		-	+
Co-1T	罹病組織	”(焼傷)			+	+
		(無傷)	+		-	-
担子胞子	キャベツ	自然落下	+	+	-~±**	-~±**
無接種			-	-	-	-

注) - : 病斑を形成しない； ± : 病斑は形成するが拡大がきわめて緩慢； + : 病斑を形成する
空欄は試験していない

* 接種後調査までの日数 **接種後20日後の調査

(表4)。有傷接種において、組織分離菌株、菌核分離菌株及び担子胞子分離菌株間に病原性の差異は認められなかった。無傷接種では、接種4日後では病斑は形成されなかつたが、接種11日後にはCu-1S、Cb-1Sの2菌株は両ステージの葉とともに、Cd-2Sは12~13葉期の葉に病斑の形成が認められた(表4)。無傷接種では有傷接種と比較して初期病斑の形成が遅く、観察期間中には病斑を形成しない菌株も存在した。しかし、初期病斑が発生するとその後は腐敗が激しく進展し、本病菌は無傷接種においてもキャベツ葉に病原性を有することが明らかとなつた。一方、対照とした結球葉に対してはいずれの菌株も無傷接種で激しく発病した。

担子胞子接種：本葉2~3葉期のキャベツでは接種5日後に葉に淡黒色、0.5mm程度の小斑点の形成が認められた。その後すぐに、斑点は水浸状に拡大、融合し、接種8~10日後より病斑の形成された葉が萎ちうし、20~22日後には株全体が腐敗、枯死した。最初に発生した小斑点周辺には、二次病斑と判断される病斑は形成されなかつた。枯死株上や土壤表面には無色で、くもの巣状の菌糸が観察された。一方、本葉6~7葉期及び12~13葉期のキャベツでは、病斑は形成されないか、形成されても0.5mm程度の大きさで留まり、その後の拡大は認められなかつた。キャベツ結球葉では接種6~8日後に褐色~灰黒色の病斑を生じ、20~22日後には結球全面に拡大した(表4)。

以上の結果、菌そう貼り付け接種の場合、結球部表面の葉及び本葉6~7葉期と12~13葉期の葉においても激しく発病し、生育ステージの違いによる本病菌に対する感受性の差異は認められなかつた。一方、担子胞子接種の場合、本葉2~3葉期及び結球部表面の葉で激しく発病し、本葉6~7葉期と12~13葉期の葉ではほとんど発病しないことが確認され、キャベツの生育ステージの違いによる担子胞子感染に対する感受性の差異が明らかとなつた。

(4) 苗立枯れ性の病原力

本病菌の数種作物に対する苗立枯れ性の病原力を検討した。

試験方法

試験1：キャベツより分離したCu-1S、Cd-2S(いずれも菌核分離菌株)を土壤ふすま培地で91日間培養し、これを接種源とした(表3)。1993年12月1日、4号中深素焼鉢に殺菌土壤を充填し、培養菌2gを表層の土壤と混和した。ただちにキャベツ‘しづはま2号’、キュウリ‘F1新光節成53号’、ナス‘千両2号’、トマト‘おおみや163’の種子を1鉢あたり10粒播種した。地表面に出芽したものを発芽とみなし、21日後に、発芽率及び発芽後の発病株率を調査した。試験は3連制で行い、ガラス室内で管理した。試験中のガラス室内は室温約20°Cであった。

試験2：前項で供試したCu-1S及び対照としてホウレンソウ株腐病菌RSpl-1(*Rhizoctonia solani* Kühn A G-4、ⅢA)を供試した(表3、5)。1995年7月28日、試験1に準拠してキャベツ‘しづはま2号’、コマツナ‘つやざき大晩性小松菜’、キュウリ‘南極2号’、ナス‘千両2号’、トマト‘おおみや163’に対して同様の試験を実施した。接種3日後にキュウリ、キャベツ、コマツナについて、また、接種10日後には全作物について発芽率及び発芽後の発病株率を調査した。試験は2連制で行った。

結果

2回の試験において、供試作物によって差異はあるが、発芽率は無接種区では83~100%であり、キャベツ分離菌株Cu-1S接種区では75~100%、同じくCd-2S接種区では67~100%であった。また、発芽後の発病株率は、Cu-1S接種区では試験1で0~17%と低かったが、試験2ではコマツナで33%、キュウリで68%で、その他の作物は5~20%であった。Cd-2S接種区では1回のみの

表5 供試菌株(2)

菌株名	分離源	菌群	採集場所	分離年月日
RO-1	イネ	AG-1 (IA)	あきる野市小川	1994年8月19日
RCg1-2S	モントレー サイプレス	AG-1 (IB)	立川市砂川町	1994年10月14日
RCg1H	"	"	立川市砂川町	1994年10月21日
RS1-2	ナス	AG-2-2 (IV)	八王子市川口町	1987年8月19日
Sv-6T	ナス	AG-3 (IV)	立川市富士見町	1993年7月23日
RSpl-1	ホウレンソウ	AG-4 (III A)	立川市富士見町	1987年7月31日

表6 土壤接種による苗立枯れ性の病原力

菌株分離源	キャベツ	コマツナ		キュウリ		ナス		トマト	
		発芽率	発病株率	発芽率	発病株率	発芽率	発病株率	発芽率	発病株率
〔試験1〕	Cu-1S キャベツ	80%	17%			100%	10%	93%	7%
	Cd-2S "	67	20			86	0	90	3
	無接種	83	0			100	0	100	97
〔試験2〕	Cu-1S キャベツ	75	20	75%	33%	95	68	90	11
	RSp1-1 ホウレンソウ	15	67	15	33	30	83	55	64
	無接種	95	0	90	0	100	0	90	100

注) 発病株率は、発芽した幼苗について調査した。空欄は試験していない。

試験であるが、キャベツで発病株率20%、その他は0~3%であった。一方、ホウレンソウ株腐病菌RSp1-1は、トマトに対しては発芽前苗立枯れはほとんど認められなかつたが、その他の作物に対しては発芽率15~55%とキャベツ分離菌株に比較して高い病原性を示した。また、同菌株は発病株率がトマトに対しても32%と比較的高く、他の作物では発芽率から推測した発芽前苗立枯れを含めると81~95%と種子及び幼苗を高率に発病させた。以上の結果から、キャベツ分離菌株はキャベツを含む数種作物に苗立枯れを起こすが、苗立枯病系であるホウレンソウ株腐病菌RSp1-1に比較すると、苗立枯性の病原力がはるかに弱いことが明らかとなった(表6)。

(5) 数種作物に対する病原性

分離菌株のナスなど数種作物に対する病原性を検討した。

試験方法

ナス葉に対する病原性：①含菌寒天貼り付け接種：キャベツより分離したCv-6T(組織分離菌株)、Cu-1S、Cb-1S、Cd-2S(いずれも菌核分離菌株)の4菌株並びに対照菌株としてナス果実の腐敗部の周辺組織から分離したSv-6Tを供試した(表3、5)。供試菌をPDA平板培地、25°Cで培養し、径10mmの培養菌そうディスクを、ポット植えのナス‘千両2号’の葉に、焼傷を付し、または無傷で貼り付けた。23°C、湿室、散光下に保持し、発病状況を観察した。②担子胞子接種：ポット植えのナス‘千両2号’を金網で覆い、その上に子実層を形成しているキャベツ外葉を置き、湿室に保持し担子胞子を落下させて接種した。また、担子胞子の落下の有無を確認するために、数カ所の葉上に素寒天片を貼り付けた。試験開始48時間後、接種源及び葉上の素寒天片を除去し、23°C、湿室、散光下に保持して発病状況を観察した。試験は

1993年8月18日、10月2日、11月30日、12月2日、94年8月6日、95年10月2日の計6回実施した。

トマト葉に対する病原性：①含菌寒天貼り付け接種：Cu-1S、Cb-1Sの2菌株を供試し(表3)、前項のナスに対する接種と同様の方法で、ポット植えのトマト‘おおみや163’の葉に、培養菌そうディスクを無傷で貼り付けた。②担子胞子接種：ナスと同様の方法で接種を行った。試験は1993年11月11日、11月30日、12月2日、94年8月6日、95年10月2日の計5回実施した。

ナス果実に対する病原性：キャベツより分離したCv-6T、Cu-1S、Cd-2Sの3菌株及びナスより分離したSv-6T菌を供試した(表3、5)。各菌株の培養菌そうディスクをナス果実に焼傷を付して貼り付け、18°C、湿室、暗黒下に保持し、経過を観察した。

結果

ナス葉に対する病原性：①含菌寒天貼り付け接種：供試したキャベツ分離菌株のすべてに病原性が認められた。すなわち、いずれも接種3日後に接種部位より黒褐色、周囲明瞭な病斑が形成された。その後病斑は水浸状に拡大して、葉腐れ状となり、接種9日後にはほとんどの葉が落葉した(表7)。一方、対照としたナス分離菌株も同様に病原性を示し、その病徵にキャベツ分離菌株との差異は認められなかった。②担子胞子接種：1993年8月18日に行った試験では、接種8日後にはほとんどの葉が発病し、茎部には無色~淡褐色、くもの巣状の菌糸が観察された。しかし、93年10月2日以降行った5回の試験ではいずれも発病は認められなかった(表7)。なお、いずれの試験においても、素寒天片上には担子胞子が多数観察されたが、菌糸等の落下はまったく認められなかった。

トマト葉に対する病原性：①含菌寒天貼り付け接種：

表7 分離菌株及び担子胞子のナス、トマトに対する病原性

菌株名	分離源	接種方法	ナス着生葉	トマト着生葉	ナス果実
Cu-1S	キャベツ	培養菌そく貼付（焼傷）	+		+
		" (無傷)	+	+	
Cb-1S	"	" (焼傷)	+		
		" (無傷)		+	
Cd-2S	"	" (焼傷)	+		+
Cv-bT	"	" (焼傷)	+		+
担子胞子	キャベツ	自然落下	-~+	-	
Sv-6T	ナス	培養菌そく貼付（焼傷）	+		+
無接種			-	-	-

注) - : 病斑を形成しない; + : 病斑を形成する
空欄は試験していない

トマトにおいてもナスと同様の病徵が認められた。すなわち接種部位から葉柄及び小葉柄に沿って褐色、水浸状の病斑が進展した。病斑はやがて小葉に達し、葉腐れ状となるとともに葉柄は萎ちようした(表7)。②担子胞子接種: いずれの試験においても発病はまったく認められなかった(表7)。

ナス果実に対する病原性: 供試したキャベツ分離菌株及びナス分離菌株のいずれも接種部位から淡褐色~褐色、水浸状の病斑を形成した。病斑は果実内部へも進展し、のちに病斑部は軟化、腐敗した(表7)。

上記の接種試験結果から、キャベツ分離菌株は菌そく貼り付け接種においてナス及びトマトに対して病原性が認められた。しかし担子胞子接種においては、ナスの葉に対して病原性が確認されたのは、6回の接種試験のうち1回のみであった。また、本病菌の担子胞子は、トマトの葉に対しては病原性が認められなかった。

2. 病原菌の所属

病原菌の菌糸及び子実層(完全世代)の形態を調査し、種を同定した。また、菌群を明らかにし、両者の同根関係を検討した。

(1) 形態的特徴

試験方法

自然発生した病原菌及び分離培養した菌株の菌糸ならびに子実層の形状を、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡により観察した。なお、担子柄や担子胞子などの観察にあたっては、素寒天培地を流し込んだペトリ皿のふたの内側に、子実層を形成しているキャベツ外葉の切片を素寒天片を用いて子実層形成面を下向きに貼り付け、15°C、暗黒下に一夜保持した。素寒天培地上に担子胞子の落下を確認したのち、担子柄、小柄及び担子胞子などの形態的特徴を記録した。

結果

不完全世代の形態: 菌糸は無色~淡褐色、主軸菌糸の幅は7~11μmで、菌糸先端細胞の隔壁の下でほぼ直角に分岐する。菌糸は分岐点でくびれ、分岐点近くにドリボア隔壁を生じる。菌糸先端細胞の核数は3~14(平均6.9)個であった。かすがい連結及び分生子の形成は認められなかった(表8)。

完全世代の形態: 子実層は白色~ベージュ色で、幅4~7μmの菌糸が密に絡まり合い、担子柄を生じる。担子柄は樽形、倒棍棒形または倒卵形で、無色、大きさは9~22.5×6.5~11.5μmで、中央でくびれない。担子柄の幅と支持菌糸の幅の比は1.81であった。小柄は担子柄あたり4本、まれに3本生じ、無色で、初め担子柄先端の隅が鈍こぶ状に盛り上がり、伸長した後、先端に担子胞子を各1個形成する。小柄の長さは9~17.5(平均11.8)μm、基部の幅2.5~4(平均3.5)μmで先端に向かって細くなる。小柄と担子柄の長さの比(S/B比)は0.79であった。担子胞子は橢円形で、無色、大きさは6.5~11.5×5~7.5(平均8.9×6.1)μmで、小くちばし状の突起を有する(表9)。担子胞子は発芽して二次担子胞子を形成する。

(2) 種の同定

試験方法

本病菌の形態的特徴を、既往の記載と比較検討し、病原菌の種を同定した。

結果

本病菌不完全世代の形態は横山(1978)による *Rhizoctonia solani* Kühn の記載とよく一致したので同種と同定された(表8)。また、完全世代の形態は *Thanatephorus* 属菌の属徴と一致する。本病菌完全世代の形態を Talbot(1970) 及び鬼木ら(1986)による

表8 病原菌の形態(1) 不完全世代

	主軸菌糸の幅(μm)	ドリポア隔壁	かすがい連結	核数(個)
本病菌*	(7-)8.4(-11)	+	-	(3-)6.9(-14)
<i>R. solani</i> **	(6.2-)8.7(-10.8)	+	記載なし	4-8

注) *本病菌の大きさは(最小値-)平均(-最大値) **横山(1978)

表9 病原菌の形態(2) 完全世代

	担子柄	小柄	S/B比	担子胞子
	長さ×幅(μm)	本数		長さ×幅(μm)
本病菌*	(9-)14.9(-22.5) ×(6.5-)8.9(-11.5)	(3-)4	(9-)11.8(-17.5) ×(2.5-)3.5(-4)	0.79 ×(5-)6.1(-7.5)
<i>T. cucumeris</i> **	(9-)14(-25) ×(5-)9(-12)	(2-)4(-7)	(5-)13.5(-25-45) ×-3(-4)	記載なし ×(4-)5.5(-8)
<i>T. cucumeris</i> *** (<i>R. solani</i> AG-1)	(10.1-)15.1(-20.0) ×(7.2-)9.1(-11.3)	(2-)4(-5)	(3.1-)9.9(-17.2)	記載なし ×(3.9-)5.5(-7.2)

注) *本病菌の大きさは(最小値-)平均値(-最大値)

**Talbot(1970)

***鬼木ら(1986)

*T. cucumeris*の記載とそれぞれ比較した結果、本病菌完全世代の形態的特徴はいずれの記載による*T. cucumeris*の形態的特徴ともほぼ一致し(表9)、本病菌は*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donkと同定された。

(3) 菌群

試験方法

本病による激しい被害が認められた各圃場のキャベツより分離したCv-6T、Co-1T(組織分離菌株)、Cu-1S、Cb

-1S、Cd-2S(菌核分離菌株)、Cu-1B、Cu-3B、Cu-4B、Cu-5B、Co-101B、Co-102B、Co-103B、(担子胞子分離菌株)の合計12菌株を供試して(表3)、病原菌の菌群を調査した。

菌糸融合群：供試菌株を*Rhizoctonia solani*の各菌群の標準菌株(農業環境技術研究所より分譲)と、それぞれ素寒天培地上に對峙させ、23℃で培養し、菌糸融合の有無により本病菌の菌糸融合群を類別した。

表10 キャベツ発病株より分離された*Rhizoctonia*属菌と標準菌株との菌糸融合

菌株名	分離源	菌糸融合標準菌株									
		AG-1 (IA)	1 (IB)	2-1	2-2	3	4	5	6	7	B I
Cv-6T	罹病組織	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-1T	罹病組織	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu-1S	菌核	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cb-1S	菌核	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd-2S	菌核	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu-1B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu-3B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu-4B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu-5B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-101B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-102B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-103B	担子胞子	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

表11 菌そう生育と温度

菌群	菌株	培養日数	5	10	15	20	25	30	35°C
AG-1(1B)	Cv-6T	2日	—	8	24	38	51	39	±
		3日	—	10	37	67	*86	52	±
Co-1T	Co-1T	2日	—	8	16	38	*60	50	—
		3日	—	15	33	44	f	f	±
Cu-1S	Cu-1S	2日	6	10	23	41	*76	60	±
		3日	9	17	38	86	f	85	6
Cb-1S	Cb-1S	2日	—	6	16	35	*74	66	±
		3日	—	10	33	74	f	f	±
Cd-2S	Cd-2S	2日	8	18	37	47	*85	51	±
		3日	13	28	64	63	f	f	5
Cu-1B	Cu-1B	2日	7	15	29	39	*61	49	±
		3日	9	20	47	69	f	67	±
Cu-3B	Cu-3B	2日	—	10	16	40	*61	37	—
		3日	—	18	37	31	f	63	—
Cu-4B	Cu-4B	2日	7	13	24	40	*54	41	±
		3日	9	18	37	66	f	69	±
Cu-5B	Cu-5B	2日	±	9	17	36	*72	36	—
		3日	±	16	36	70	f	59	—
Co-101B	Co-101B	2日	—	7	14	25	41	39	—
		3日	—	14	27	50	*81	62	—
Co-102B	Co-102B	2日	—	10	19	28	*50	35	—
		3日	±	17	33	58	f	62	—
Co-103B	Co-103B	2日	±	15	31	45	57	39	±
		3日	7	16	53	55	*89	59	±
AG-2-1(II)	Cv-4T	2日	9	12	19	39	47	18	—
		3日	11	22	28	63	*77	24	—
Cu21-2T	Cu21-2T	2日	8	20	23	41	29	±	—
		3日	14	26	35	*64	39	±	—
Cu24-2T	Cu24-2T	2日	9	19	29	44	31	±	—
		3日	15	28	43	*71	39	±	—
Cu44-2T	Cu44-2T	2日	±	16	27	40	30	±	—
		3日	8	24	39	*63	52	±	—
Cu51-2T	Cu51-2T	2日	11	19	30	45	36	±	—
		3日	16	28	44	*71	58	±	—
Cu67-2T	Cu67-2T	2日	9	20	30	42	38	±	—
		3日	14	28	44	*64	61	±	—
Ch1-1T	Ch1-1T	2日	9	21	29	49	35	±	—
		3日	16	30	40	*72	53	±	—
Ch2-2T	Ch2-2T	2日	11	22	33	47	49	±	—
		3日	18	31	48	75	*78	±	—

注) 数値は菌そう直径 (mm)、—: 生育しない、±: わずかに生育、

*生育最適温度

培養型：供試菌株をPDA平板培地、25°C、暗黒下で培養し、菌そうの性状を調査した。また、供試菌株をPDA平板培地、25°Cで前培養した菌そうのディスクをPDA平板培地に接種し、5、10、15、20、25、30、35°Cの各温度区、暗黒下に保持した。1区3ペトリ皿とし、培養2日及び3日後の菌そう直径を測定した。これら培養菌そうの性状と菌そう生育適温から培養型を判別した。

結果

菌糸融合群：供試したキャベツ分離菌12菌株はAG-1の標準菌株のみと菌糸融合を生じたため、菌糸融合群はいずれもAG-1であることが判明した(表10)。

培養型：各菌株とも、菌そうは初め無色、のちに淡褐色～褐色となり、くもの巣状の気中菌糸を生じ、輪紋は形成しなかった。菌核は多数形成され、淡褐色～褐色、不整形で、大きさは大小さまざまあり、褐色の水滴を表面に分泌した。また、生育温度は5°C及び35°Cで菌株によりふれが認められたが、いずれも15～30°Cでよく生育し、適温は25°Cであった(表11)。以上の培養菌そうの性状及び生育温度から、供試菌株の培養型はいずれも渡辺・松田(1966)によるIBに一致した。

(4) 病原菌の所属

分離菌及び子実層の形態的特徴ならびに本病菌の菌群を調査した結果、初夏どりキャベツの結球部腐敗を起こす病原菌は*Rhizoctonia solani* Kühnであり、その菌糸融合群はAG-1、培養型はIBであることが明らかとなった。また、罹病株に形成される子実層は形態的特徴から*R. solani*の完全世代*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donkと同定された。その担子胞子に由来する*Rhizoctonia*属菌は形態的及び細胞内の核数などの特徴から*R. solani*であり、菌群はAG-1(IB)であった。このことから、罹病株に形成された子実層は罹病組織及び菌核から分離される*R. solani*と同根関係にあり、その完全世代であることが明らかとなった。

III 園場における担子胞子の飛散と本病の発生

1. 園場における担子胞子の飛散

本病発生園場では、罹病株に本病菌の担子胞子を有する子実層が豊富に形成されたこと、担子胞子接種により病徵が再現されたことなどから、担子胞子が本病の伝染源である可能性が示唆された。そこで、園場における担子胞子の飛散と気象条件の関係、担子胞子形成と発芽に

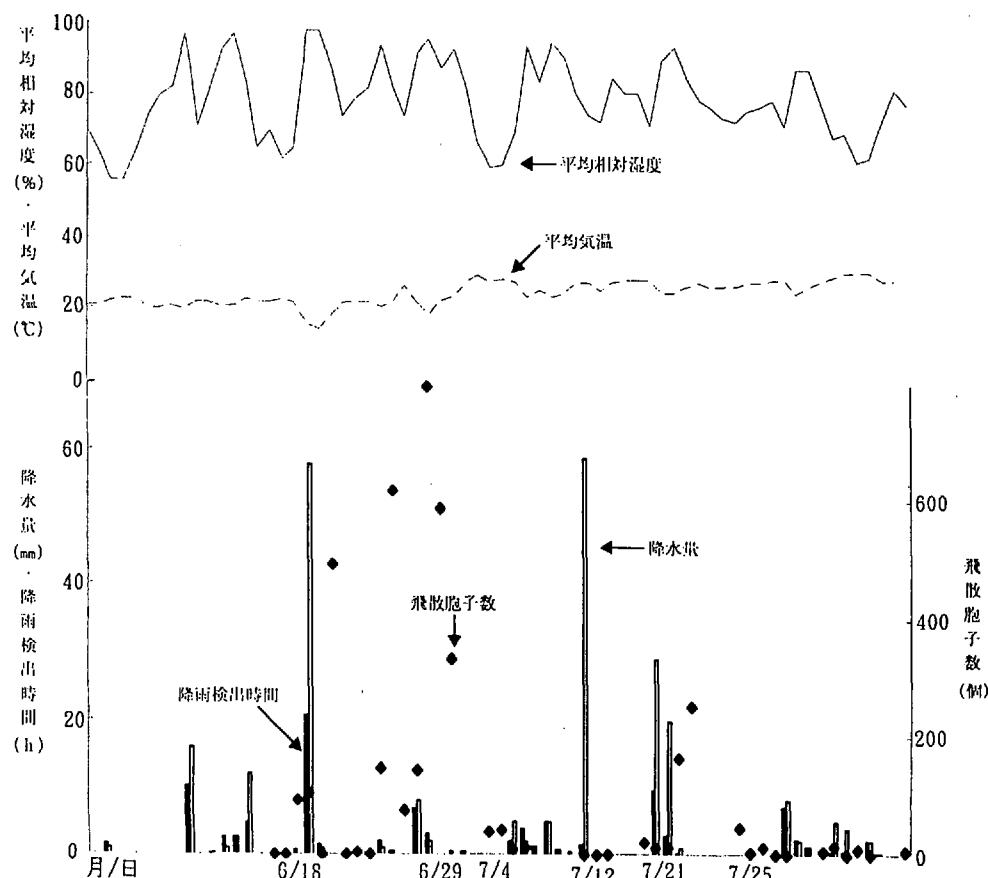


図3 担子胞子飛散と気象条件

に対する温度の影響などについて調査を行った。

(1) 担子胞子飛散と気象条件

試験方法

1993年に本病が多発した農業試験場内のB圃場（発生状況の項参照）において、94年6月16日から8月8日までの54日間にわたって、担子胞子の飛散状況を調査した。圃場内にあらかじめ調査場所として定めた3カ所のキャベツの結球葉上に、素寒天培地を流し込んだペトリ皿を1株あたり1枚設置した。ペトリ皿は午後5時30分に設置し、翌日の午前9時30分に回収した。また、圃場内のキャベツに形成された子実層上に担子胞子が形成されていることを確認するために、キャベツ株に形成された子実層の下に、同様のペトリ皿を1～2日ごとに株を変えて1枚設置した。回収されたペトリ皿について、捕捉された担子胞子数を光学顕微鏡により調査し、調査期間の気象条件と担子胞子の飛散状況について検討した。なお、気象観測値は農業試験場における観測値を供した。

結果

担子胞子は設置3日後の6月18日から7月25日までの期間に採集された。特に、6月中旬～7月上旬及び7月20～21日のように、降雨が断続的に続き、日平均90%以上の高湿度条件を観測した1～2日後に多く採集される傾向が認められた。一方、7月12日は59mmの降雨を記録したものの、降雨時間が1.7時間と短く、この日を含めてのち3日間は胞子は採集されなかった（図3）。以上の結果から、担子胞子の形成や飛散は短時間の強い降雨では認められず、梅雨期の降雨や曇天が連続するような高湿度条件下で促進されることが明らかとなった。

(2) 担子胞子形成及び発芽に対する温度の影響

試験方法

1994年7月5日に上記B圃場で採集し、試験を実施した12月まで-20℃で保存した子実層を形成しているキャベツ外葉を供試した。温度区は5、10、15、18、20、23、25、27、30、35、40℃の11区、1区1ペトリ皿とした。子実層形成葉を5mm角に切りとり、素寒天培地を流し込んだペトリ皿のふた内側に貼り付け、ただちに各温度、暗黒下に静置した。42時間後に担子胞子形成程度及び発芽率を調査した。なお、担子胞子形成程度は、培地上に落下した担子胞子の量により、-：光学顕微鏡で担子胞子の落下が認められない、+：まばらに認められる。++：豊富に認められる、+++：肉眼的に培地が白く見えるの4段階とした。

結果

所定温度に42時間保持した結果では、担子胞子の培地上への落下は10℃から27℃の範囲で認められ、5℃及び30℃以上では確認できなかった。担子胞子形成程度は胞

子の落下状況から、15℃から27℃の範囲で良好であり、形成適温は18℃から23℃と考えられた。また、発芽は10℃から27℃の範囲で認められたが、15℃から27℃の範囲で73～91%と高い発芽率を示した（表12）。なお、担子胞子の飛散状況を調査した農業試験場内のキャベツ圃場において、胞子が多く飛散した6月中旬～7月上旬の日平均気温は15～30℃、この期間の平均気温は22.7℃であり、本試験における担子胞子形成及び発芽の適温とよく一致した。

表12 担子胞子形成及び発芽に対する温度の影響

温 度	担子胞子 形成程度	発芽率 (42時間後)
5℃	-	—
10	+	18%
15	++	73
18	+++	77
20	+++	79
23	+++	77
25	++	79
27	++	91
30	-	—
35	-	—
40	-	—

2. キャベツ株に形成される子実層の系統と本病の発生

本病の発生盛期に罹病株に形成される子実層及びその担子胞子は、本病菌の完全世代であることが明らかとなった。しかし、圃場における子実層及び担子胞子の形成は本病の発生初期から継続して観察される。そこで、本病の発生期間中にキャベツ株に形成される子実層及び担子胞子を時期別に採集し、それらから分離される *Rhizoctonia solani* の菌群を類別し、本病菌との同根関係及びキャベツに対する病原性について検討した。

試験方法

試験1：1994年6月22日、6月27日、7月5日、農業試験場内B圃場において子実層を形成しているキャベツの外葉を採集した。各時期に採集した子実層形成葉を供試して、1/2000ワグネルポットで育成した結球期のキャベツに採集時期別に前述した方法によって担子胞子接種を行った（数種接種方法による病原性の検討の項参照）。接種には、各時期に採集した子実層形成葉からそれぞれ2葉を選抜し、キャベツ1株あたり子実層形成葉1葉を使用した。接種により病斑が生じた場合には罹病組織から分離を行い、分離された菌株について菌群の類別を行

った。また、上記の試験結果と94年に同圃場で調査した担子胞子飛散状況、本病の発生状況を照合し、これらの関連性について検討した。

試験2：1995年6月22日、7月6日、7月12日、上記B圃場において、5月11日に定植したキャベツ（発生状況の項参照）より子実層を形成している外葉を採集した。これら子実層より担子胞子分離を行い、分離された19菌株について、採取時期別に菌群の類別を行った。また、上記試験の結果と95年に同圃場で調査した本病の発生状況及び自然発病株より分離される*R. solani*との関連性について検討した。なお、本病菌（AG-1、IB）と菌群が異なる菌株については、接種によりキャベツ結球葉に対する病原性を調査した。

結果

試験1：接種したすべてのキャベツに自然病徵と同様の腐敗症状が発生し、いずれの株の罹病組織からもすべて*Rhizoctonia solani*が再分離された。この結果、供試したいずれの子実層ともそれらが形成する担子胞子のキャベツ結球葉に対する病原性が確認された。再分離された*R. solani* 6菌株について菌群を調査した結果、接種に供試した子実層の採取時期に関係なくいずれの菌株もAG-1 (IB) に所属し、本病菌の菌群と一致した。以上の結果から、1994年に同圃場で本病の発生期間中に継続的に観察された子実層は本病菌の完全世代であることが判明した。また、接種に供試した子実層を採取した時期は、同圃場において担子胞子が多数飛散した時期と一致し、圃場内のキャベツ株上で採集された担子胞子も、

本病菌と同根関係にあると判断された。さらに、担子胞子が多数飛散したのちに発病株率、発病度とともに急激に上昇し、被害が圃場全面に拡大したことから、本病の発生及びその伝染源には担子胞子が関与していることが示唆された（図4）。

試験2：本試験において分離された19菌株は、6菌株がAG-1 (IB) に、13菌株がAG-5に類別された。供試菌株が分離された時期と本病の発生状況を照合すると、AG-5のみが分離された6月22日には本病の発生はまったく認められなかった。AG-1 (IB) とAG-5が同時に分離された7月6日より発病株率、発病度ともに上昇し、AG-1 (IB) のみが分離された7月13日以降急速に被害が拡大した（図5）。また、同圃場で発生したキャベツ結球部の腐敗部分より組織分離した*R. solani* 10菌株はいずれもAG-1 (IB) に所属した。一方、AG-5に所属する2菌株を供試して、収穫したキャベツ結球部に対して含菌寒天貼り付け接種を行った結果、供試菌はいずれも病原性を示さなかった。また、上記2菌株を分離した子実層を供試して、試験1と同様の方法で結球期のキャベツに担子胞子接種を行っても、キャベツに発病は認められなかった。以上の結果から、本病の発生期間中にキャベツ株に形成される子実層には本病菌以外の系統も存在することが明らかとなった。しかし、子実層からAG-5のみが分離された時期は本病の発生がまったく認められなかったこと、本試験において分離されたAG-5はキャベツに病原性を示さなかっことから、AG-5はキャベツ結球部の腐敗症状には

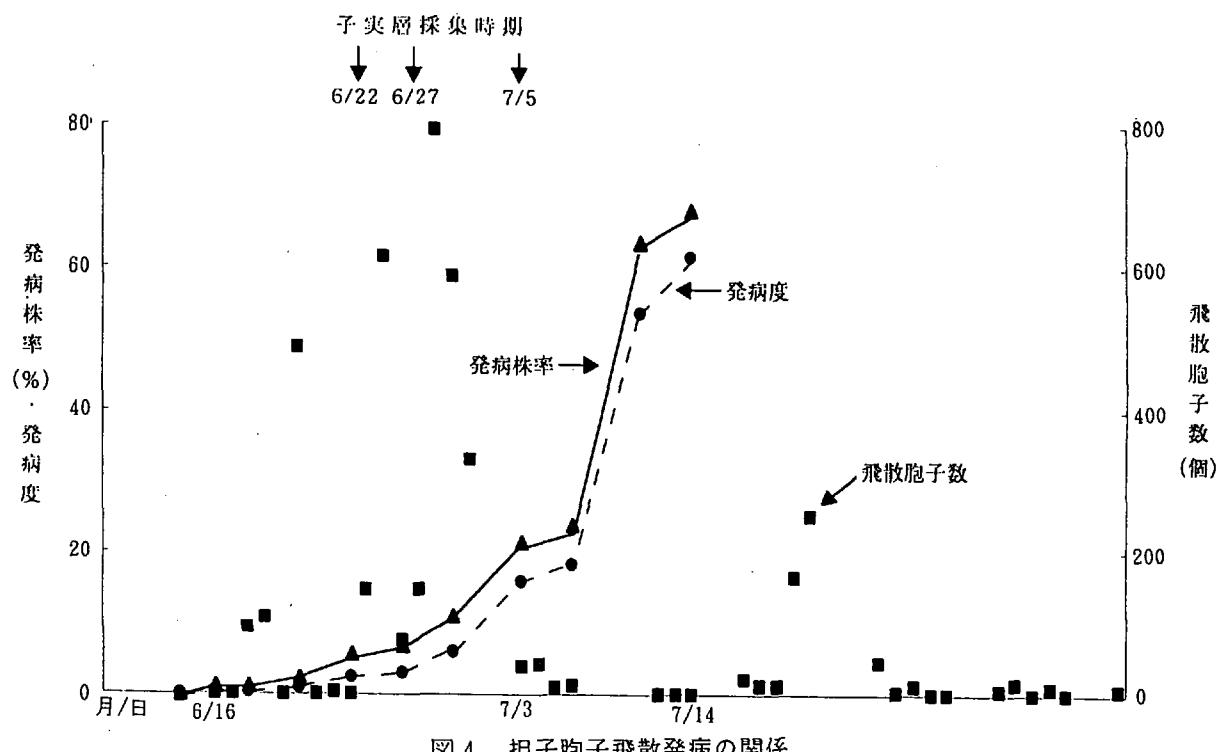


図4 担子胞子飛散発病の関係

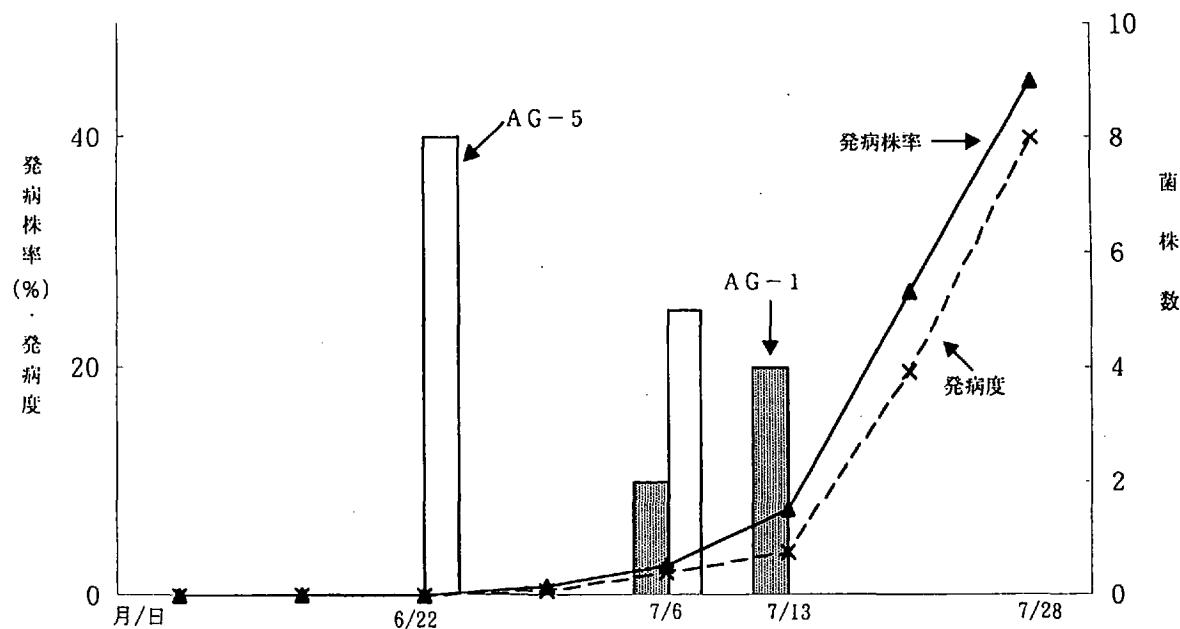


図5 子実層の系統と発病の関係

関与していないと判断された。これに対して、子実層からAG-1 (I B) が分離された時期から本病の発生が拡大し、自然発生した本病罹病株からはいずれもAG-1 (I B) が組織分離されたことから、本病菌の担子胞子は本病の発生に関与し、伝染源として重要な役割を有することが考えられた。

IV 発生時期の異なるキャベツ腐敗株などより分離される*Rhizoctonia*属菌の菌群の類別及びキャベツに対する病原性

1. 発生時期の異なるキャベツ腐敗株より分離される*Rhizoctonia*属菌の菌群

主に初夏どりキャベツに激しい被害をもたらす本病菌の菌群は、AG-1 (I B) に所属することが明らかとなった。しかし、圃場観察によると*Rhizoctonia*属菌によるキャベツの腐敗症状は被害の大小はあるが周年を通じて発生が認められた。そこで、1993年7月～95年7月、都内各地のキャベツ圃場において、発生時期が異なるキャベツ罹病株から分離された*Rhizoctonia*属菌について菌群の類別を行い、発生時期及び症状と菌群の関係を検討する。

(1) キャベツ罹病株の病斑部より分離される*Rhizoctonia*属菌の菌群

試験方法

罹病株の病斑部から分離した*Rhizoctonia*属菌132菌株を供試して、菌群の類別を行った。分離方法及び菌群の類別は、前述の方法に準じた。なお、一部菌株については、キャベツ結球葉に対して含菌寒天貼り付け接種を行

った。

結果

供試した132菌株のうち74菌株がAG-1 (I B) に、52菌株がAG-2-1 (II) に所属した。残りの6菌株は、いずれの菌群の標準菌株とも菌糸融合が認められず、これら6菌株の菌群は不明であった(表13)。

上記試験においてAG-2-1 (II) に所属した52菌株のうち3菌株を供試して、キャベツ結球葉に対して含菌寒天貼り付け接種を行った結果、AG-1 (I B) に所属する菌株を接種した場合と同様の腐敗症状が発生し、キャベツ結球葉の腐敗症状はAG-2-1 (II) によっても生じることが明らかとなった。

また、供試菌株を分離した罹病株は、いずれも結球部の腐敗症状であり、その病徵に差異は認められなかったが、腐敗症状の発生時期によって分離される菌株の菌群が明確に分けられた。すなわち、AG-1 (I B) に所属する74菌株はいずれも5月下旬～7月の気温の高い時期に分離されているのに対して、AG-2-1 (II) に所属する52菌株のうち40菌株が4月～5月中旬の比較的気温の低い時期に分離されている(表13)。これらAG-2-1 (II) に所属する菌株の中から、8菌株の生育温度を前述の方法に準じて調査した結果、5～30℃で生育が認められ、生育適温は20～25℃であった。しかし30℃における生育は極めて不良であり、一方低温側での生育はAG-1 (I B) に所属する菌株と比較して良好であった(表11)。

以上の結果から、キャベツ結球部の腐敗症状を起こす病原菌にはAG-1 (I B) 及びAG-2-1 (II) の2種類の菌群が存在し、初夏どりキャベツの腐敗症状が

表13 キャベツの結球腐敗部より分離される*Rhizoctonia*属菌の菌群とその菌株数

分離年月日	菌群及び菌株数			分離源	採取場所
	AG-1	AG-2-1	所属不明		
1993.7.20	4		2	罹病組織	立川市A圃場
93.7.20	5			菌核	立川市A圃場
93.7.24	1			菌核	立川市B圃場
93.7.24	4	1		罹病組織	立川市C圃場
93.7.24	3			菌核	立川市C圃場
93.7.24	2			罹病組織	立川市D圃場
93.7.24	1			菌核	立川市D圃場
1995.4.18		19	3	罹病組織	立川市A圃場
95.5.10		12		罹病組織	立川市A圃場
95.5.22	1	6		罹病組織	立川市A圃場
95.5.31	12	2		罹病組織	立川市A圃場
95.5.31	8			菌核	立川市A圃場
95.6.8		4		罹病組織	羽村市A圃場
95.6.8		8		罹病組織	羽村市B圃場
95.6.28	10		1	罹病組織	立川市B圃場
95.6.28	15			罹病組織	立川市C圃場
95.7.12	4			罹病組織	青梅市A圃場
95.7.12	4			菌核	青梅市A圃場
合計	74	52	6	—	—

観察される比較的気温の高い時期にはAG-1(I B)が、また春どりキャベツなどの比較的気温の低い時期に発生する腐敗症状にはAG-2-1(II)が関与していることが明らかとなった。しかし、腐敗症状の発生程度と菌群の関係を検討すると、AG-1(I B)による初夏どりキャベツの腐敗症状は圃場全面に激しく発生するのに対して、主としてAG-2-1(II)による春どりキャベツなどの腐敗症状は散発的で被害も小さいことから、これら2種類の菌群のうち本病の病原菌として重要な菌群はAG-1(I B)であると判断された。

(2) 本病発生圃場周辺の作物より分離される*Rhizoctonia*属菌の菌群

試験方法

本病発生圃場周辺の作物における本病菌による病害の発生調査を行った。発生が認められた場合は前述の方法で病斑部より組織分離を行い、分離された*Rhizoctonia*属菌について菌群を類別した。

結果

発生圃場周辺にはトマト、ナスが作付けされていた。ナスでは*Rhizoctonia*属菌による果実腐敗が認められたが、発病果数は栽培期間中2個と極めて少なかった。ナス果実病斑部より組織分離された1菌株について菌群の類別を行ったところ、AG-3(IV)に所属し、キャベツ分離菌とは菌群が異なった。AG-3(IV)は葉な

ど地上部を侵す菌群であることが知られているので(堀本・小玉 1983、伊達ら 1984)、次項においてナス果実分離菌のキャベツ結球葉に対する病原性を検討した。なお、トマトには*Rhizoctonia*属菌による病害の発生は認められなかった。

2. 分離源宿主及び菌群の異なる数種菌株のキャベツに対する病原性

*Rhizoctonia solani*の菌群は主として宿主植物を侵す部分により地上型、地表型、地下型などに大別されている(松田、1984)。本研究において初夏どりキャベツの腐敗症状は、地上型のAG-1(I B)により生じることが明らかとなったが、春どりキャベツなどの腐敗症状は主として地表型のAG-2-1(II)によって発生する。また、他作物においては葉腐病など地上部を侵す菌群としてAG-2-2、AG-3などが知られている。そこで、分離源宿主及び菌群の異なる*R. solani*を供試し、キャベツに対して葉腐れ性の病原力を有する菌群を明らかにする。

(1) キャベツ結球葉に対する病原性

試験方法

キャベツより分離されたAG-1(I B)に所属するCo-11S、Cu-1S(いずれも菌核分離菌株)、Cu-1B(担子胞子分離菌株)、AG-2-1(II)に所属するCu-21-1T、Ch-4-1T、Cb-9T(いずれも組織分離菌株)の6菌株、イ

ネより分離されたR0-1 (AG-1、IA)、モントレー サイプレスくもの巣病菌RCg1-2S (AG-1、IB)、ナス褐色斑点病菌RS1-2 (AG-2-2、IV)、ナス果実よ り分離されたSv-6T (AG-3、IV)、ホウレンソウ株腐 病菌RSp1-1 (AG-4、III A) の合計11菌株を供試した (表3、5)。供試菌の径10mmの菌そうディスクを、1/2000ワグネルポットで育成したキャベツの結球葉に有傷 または無傷で貼り付け接種した。接種は最も外側の結球 葉とその1葉内側の結球葉に有傷、無傷接種とも1カ所 づつ行った。菌そうディスクは病斑形成を確認したのち に取り除いた。

結果

有傷接種：接種3日後に、キャベツより分離されたCo-11S、Cu-1S、Cu-21-1T、Ch-4-1T、Cb-9Tの5菌株で、接種部位周辺に黒色、水浸状の病斑が発生した。接種11日 後にはキャベツ分離菌株のCu-1B及びイネより分離さ

れたR0-1菌株においても病斑の形成が認められた(表14)。

無傷接種：接種3日後に、キャベツより分離されたCu-1S、Co-11S、Cu-21-1T、Ch-4-1T、Cb-9Tの5菌株及びイネより分離されたR0-1菌株で、接種部位周辺に黒色、水浸状の病斑が発生した。接種11日後では、キャベツ分離菌株のCu-1Bにおいても病斑の形成が認められ、キャベツ分離菌6菌株及びイネ分離菌1菌株の合計7菌株にキャベツ結球葉に対する病原性が確認された(表14)。なお、接種3日後においては、病斑が発生した6菌株のうち、Cu-21-1T、Ch-4-1T、Cb-9T及びR0-1の4菌株では内側の葉のみに病斑が形成された。また、有傷接種では病斑が菌そうディスクに近接して形成されるのに対して、無傷接種では菌そうディスクから離れた部位に接種源を中心とした同心円状に病斑を形成する傾向が認められた。

以上の結果、供試したキャベツ分離菌株及びイネ分離菌株はキャベツ結球葉に病原性を認めたが、モントレー

表14 菌群の異なる *Rhizoctonia solani* の結球葉に対する病原性

菌株名	分離源	菌群	接種方法	接種3日後		接種11日後			
				葉位		葉位			
				外側*	内側**	外側*	内側**		
Cu-1S	キャベツ	AG-1 (IB)	有傷	+	+	+	+		
			無傷	+	+	+	+		
Cu-1B	"	"	有傷	-	-	+	+		
			無傷	-	-	+	+		
Co-11S	"	"	有傷	+	+	+	+		
			無傷	+	+	+	+		
Cu-21-1T	"	AG-2-1 (II)	有傷	+	+	+	+		
			無傷	-	+	+	+		
Cb-9T	"	"	有傷	+	+	+	+		
			無傷	-	+	+	+		
Ch-4-1T	"	"	有傷	+	+	+	+		
			無傷	-	+	+	+		
R0-1	イネ	AG-1 (IA)	有傷	-	-	+	+		
			無傷	-	+	+	+		
RCg1-2S	モントレー サイプレス	AG-1 (IB)	有傷	-	-	-	-		
			無傷	-	-	-	-		
RS1-2	ナス	AG-2-2 (IV)	有傷	-	-	-	-		
			無傷	-	-	-	-		
Sv-6T	ナス	AG-3 (IV)	有傷	-	-	-	-		
			無傷	-	-	-	-		
RSp1-1	ホウレンソウ	AG-4 (III A)	有傷	-	-	-	-		
			無傷	-	-	-	-		
無接種				有傷	-	-	-		
				無傷	-	-	-		

注) * 最も外側の結球葉； **最も外側の結球葉より1葉内側の結球葉
- : 病斑を形成しない； + : 病斑を形成する

サイプレスくもの巣病菌RCg1-2S、ナス褐色斑点病菌RS1-2、ナス果実より分離されたSv-6T、ホウレンソウ株腐病菌RSp1-1の4菌株は接種11日後では、いずれの接種方法においてもキャベツ結球葉に対してまったく病原性を示さなかった(表14)。

(2) 土壌接種による結球期のキャベツに対する病原性試験方法

キャベツより分離したAG-1(I B)に所属するCv-6T、Co-1T(いずれも組織分離菌株)、Cu-1S、Cb-1S、Cd-2S(いずれも菌核分離菌株)、Cu-1B(担子胞子分離菌株)の6菌株、モントレーサイプレスくもの巣病菌RCg1-2S、RCg1H(ともにAG-1、I B)の2菌株及びホウレンソウ株腐病菌RSp1-1(AG-4、III A)の合計9菌株を供試した(表3、5)。供試菌の菌そうディスクを前述の方法に準じて結球開始期の1/2000ワグネルポット植えキャベツ‘中早生3号’の株元土壌に接種した。

結果

キャベツ分離菌6菌株は、いずれもキャベツ外葉を激しく腐敗させた。調査時において外葉の腐敗部分から結球葉への腐敗の進展には、菌株により差異が生じたが、結球葉に病斑が形成されると急速に結球全面に腐敗が拡大した。一方、モントレーサイプレスくもの巣病菌の2菌株では、結球下部及び外葉基部の一部に病斑が形成されたが、腐敗は拡大せず、キャベツ株上に菌核の形成や菌糸の伸長なども観察されなかった。これら2菌株は、キャベツに対してほとんど病原性を示さなかったが、このうちRCg1H菌株では、最外葉基部に子実層の形成が認められた。また、ホウレンソウ株腐病菌RSp1-1はキャベツに対してまったく病原性を示さなかった(表15)。

V 防除薬剤

*Rhizoctonia*属菌によるキャベツ結球部の腐敗症状の防除薬剤には、トルクロホスメチル水和剤及びバリダマイシン液剤が「株腐病」を対象として登録されているが、防除に関する知見は少ない。そこで登録薬剤及びキャベツの他の病気に対して登録がある薬剤を供試して、担子胞子発芽、菌そう生育に及ぼす影響及び圃場における防除効果について検討した。

1. 担子胞子形成及び発芽に対する殺菌剤の効果

試験方法

薬剤はチオファネートメチル(トップジンM)、トルクロホスメチル(リゾレックス)、ベノミル(ベンレート)、マンゼブ(ジマンダイセン)、有機銅(キノンドー)、TPN(ダコニール1000)の6種の水和剤を供試し(表16)、PDA平板培地に各薬剤の有効成分量が1、5、10ppmとなるように調整した。1994年7月に農業試験場内の圃場で採集した子実層を形成しているキャベツ外葉を、-20°Cで保存し、94年12月に供試した。子実層形成葉を10mm角に切りとり、ペトリ皿のふたの内側に3カ所貼り付け、ただちに18°C、暗黒下に静置した。44時間後、培地上に落下した担子胞子の発芽率を1カ所につき50個、合計150個について調査し、次式により発芽阻害指数をもとめ、薬剤の効果を比較、検討した。発芽阻害指数 = (1 - 当該区発芽率 / 無添加区発芽率) × 100。なお、試験は1区1ペトリ皿とした。

結果

マンゼブ水和剤5ppm以上の区及びトルクロホスメチル水和剤では培地上に担子胞子が落下しなかった。これは、

表15 菌群の異なる*Rhizoctonia solani*の土壤接種による結球期キャベツに対する病原性

菌株名	分離源	菌群	病原性*		菌核形成	子実層形成
			結球腐敗	外葉腐敗		
Cu-1S	キャベツ	AG-1 (I B)	-	+	+	-
Cu-1B	"	"	-	+	-	-
Cb-1S	"	"	+	+	+	-
Cd-2S	"	"	+	+	+	-
Cv-6T	"	"	+	+	+	-
Co-1T	"	"	-	+	-	-
RCg1-2S	モントレー サイプレス	AG-1 (I B)	±	±	-	-
RCg1H	"	"	-	±	-	+
RSp1-1	ホウレンソウ	AG-4 (III A)	-	-	-	-
無接種			-	-	-	-

注) * - : 病斑が形成されない; ± : 病斑は形成されるが拡大しない; + : 病斑が形成され拡大する

表16 供試殺菌剤の種類

一般名(商品名)	有効成分(組成)	登録対象のキャベツの病気
チオファネートメチル水和剤(トップジンM水和剤)	チオファネートメチル(70%)	菌核病
トルクロホスメチル水和剤(リゾレックス水和剤)	トルクロロホスメチル(50%)	株腐病
トルクロホスメチル粉剤(リゾレックス粉剤)	トルクロロホスメチル(5%)	—
ベノミル水和剤(ベンレート水和剤)	ベノミル(50%)	菌核病
マンゼブ水和剤(ジマンダイセン水和剤)	マンゼブ(75%)	べと病
有機銅水和剤(キノンドー水和剤)	有機銅(40%)	黒腐病
TPN水和剤(ダコニール1000)	TPN(40%)	べと病

両薬剤とともに揮発性の有効成分が、子実層上の担子胞子形成を阻害したものと考えられる。マンゼブ水和剤1ppm区及び他の薬剤区では培地上に担子胞子が落下した。担子胞子の発芽は、TPN水和剤の5ppm以上の区及び有機銅水和剤で認められなかった。ベノミル水和剤及びチオファネートメチル水和剤の担子胞子発芽阻害効果は低かった(表17)。

2. 菌そう生育に対する殺菌剤の効果

試験方法

前項と同様の薬剤を供試し(表16)、薬剤の有効成分がそれぞれ10及び100ppmとなるようにPDA平板培地を調整した。PDA平板培地に25°C、暗黒下で前培養したCu-1S(菌核分離菌株)、Cu-1B(担子胞子分離菌株)の2菌株を供試し(表3)、4mmコルクボーラーで打ち抜いた供試菌の培養菌そうディスクを、所定濃度に調整した培地に接種した。試験は1区3ペトリ皿とし、18°C、暗黒下で培養した。培養3日及び6日後に接種源の周辺から菌そう先端までの生育長を測定した。

結果

両菌株ともにほぼ同様の傾向を示した。トルクロホスメチル水和剤、有機銅水和剤は10ppmで、マンゼブ水和剤、ベノミル水和剤は100ppmで菌そう生育をまったく認めなかった。TPN水和剤、チオファネートメチル水和剤は100ppmでも菌そう生育が認められたが、無添加区に比較すると菌そう生育を明確に阻害した(表18)。

3. 薬剤防除

試験方法

1993年に本病が多発した農業試験場内の圃場で実施した。薬剤は、トルクロホスメチル水和剤(800倍)、トルクロホスメチル粉剤(30kg/10a)、有機銅水和剤(500倍)、TPN水和剤(フロアブル、1000倍)の4種類を供試した(表18)。品種は‘しづはま2号’を供試し、1995年5月16日に、株間45cm、条間65cmで定植した。試験は1区10株、3連制で行った。トルクロホスメチル粉剤は定植時に土壤混和し、他の水和剤は6月30日、7月7日、7月13日に電動式噴霧器で十分量を散布した。6

表17 担子胞子形成および発芽に対する殺菌剤の効果

薬剤	濃度	担子胞子形成	発芽率	発芽阻害指数
チオファネートメチル水和剤	1ppm	+	56%	11
	5	+	66	0
	10	+	51	19
トルクロホスメチル水和剤	1	—	—	—
	5	—	—	—
	10	—	—	—
ベノミル水和剤	1	+	57	10
	5	+	33	48
	10	+	36	43
マンゼブ水和剤	1	+	19	70
	5	—	—	—
	10	—	—	—
有機銅水和剤	1	+	0	100
	5	+	0	100
	10	+	0	100
TPN水和剤	1	+	5	92
	5	+	0	100
	10	+	0	100
無添加	—	+	63	—

表18 菌そう生育に対する殺菌剤の効果

薬 剤	濃 度	菌そう生育 (mm)			
		Cu-1S		Cu-1B	
		3日	6日	3日	6日
チオファネートメチル水和剤	10ppm 100	4 ±	4 ±	3 ±	3 ±
トルクロホスメチル水和剤	10 100	0 0	0 0	0 0	0 0
ベノミル水和剤	10 100	0 0	± 0	0 0	0 0
マンゼブ水和剤	10 100	0 0	± 0	5 0	15 0
有機銅水和剤	10 100	0 0	0 0	0 0	0 0
T P N フロアブル	10 100	2 ±	12 6	1 2	5 4
無添加	—	—	20 f	26 f	—

注) ±: わずかに生育; f: ペトリ皿に充満

月30日の薬剤散布を行う直前及び最終散布7日後の7月20日に、子実層形成株率及び子実層形成度、発病株率及び発病度を調査した。また、次式により防除価及び子実層形成阻害指数をもとめ、薬剤の効果を判定した。防除価 = (1 - 当該区発病度 / 無散布区発病度) × 100。子実層形成阻害指数 = (1 - 当該区子実層形成度 / 無散布区子実層形成度) × 100。なお、子実層形成度は、子実層形成程度を指す 0 : 子実層の形成が認められない、1 : 外葉の一部に形成が認められる、2 : 形成面積が外葉の 1 / 3 未満、3 : 同 1 / 3 以上 1 / 2 未満、4 : 同 1 / 2 以上の 5 段階に区分して調査し、発病度は前述の方法に準じて算出した。

結 果

散布前の調査では各試験区の平均値で、発病株率 1.3%、発病度 0.3%、子実層形成株率 3.3%、子実層形成度 0.8 であった。試験の結果、無散布区は発病度 88、子実層形成度 78 と激しい発病を認めた。薬剤処理区の防除効果は、トルクロホスメチル水和剤が防除価 85、子実層形成阻害指数も 86 と最も優れた。トルクロホスメチル粉剤は無処理区と比べると防除効果が認められたが、その効果は不十分であった。有機銅水和剤及び T P N 水和剤は無処理区と同等の子実層形成及び発病を認め、防除効果はまったく認められなかった(表19)。

表19 キャベツ株腐病の薬剤防除

薬 剤	子実層 形成株率	子実層 形成度	子実層形成 阻害指数	発病株率	発病度	防除価
トルクロホスメチル水和剤	30%	11	86	20%	13	85
トルクロホスメチル粉剤	53	43	45	50	43	51
有機銅水和剤	100	80	0	93	90	0
T P N フロアブル	87	73	6	80	58	34
無散布	90	78	—	93	88	—

VI 考 察

1993年7月に東京都立川市で初夏どりキャベツに多発した腐敗症状は、本研究の結果、*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (不完全世代*Rhizoctonia solani* Kühn、菌糸融合群AG-1、培養型IB)による病害であることが明らかとなった。本症状については、すでに向ら(1975)が「株腐れ症状」、鍵渡(1989)が「株腐病」、ともに病原菌*Rhizoctonia solani*、培養型IBとして報告している。氏らは病原菌の菌糸融合群については検討していないが、培養型からAG-1に所属すると判断され、本研究における病原菌の菌群と一致する。本病菌の完全世代についてはキャベツでは今まで記載されておらず、今回が初記録である。

病名について、本症状は日本有用植物病名目録第2巻(第3版)(日本植物病理学会編、1993)では*Rhizoctonia solani*による「苗立枯病」と同一病害とされ、同病の異名として「株腐れ」と記載されている。これは1病原1病名の原則から同一種名の病原に2病名を付けることを避けたことによると思われる。しかし、*R. solani*には様々な性状を示す菌群が含まれており、本病菌(AG-1)と苗立枯病菌(AG-4)とは菌群が異なり、また症状も明らかに相違することから、異なる病名を付けるほうが混乱が少ないと判断される。本症状は結球部表面の葉の腐敗が主であるが、激しい場合には外葉も罹病し株腐れ症状を呈する。本症状について、すでに鍵渡(1989)が病名として「株腐病」を提案しており、また、本病に適用のある農薬は対象病害名を「株腐病」として登録されている。以上のことから、著者らは鍵渡(1989)の先命権を尊重して、本症状を「株腐病」と命名することを提案した(星ら、1995)。

本病の発生時期について、向ら(1975)は10月に秋どりキャベツでの多発を確認し、鍵渡(1989)は、主として収穫期近くの春どりキャベツに発生するが、秋どりキャベツにも発生すると述べている。初夏どりキャベツは東京都では慣行的な栽培であるが、本病の多発が確認されたのは初記録である。

鍵渡(1989)は、本病は自然発生では一般に病勢が緩慢で、被害も少なく、伝染性も高くなかったと記述している。しかし、本研究における観察では、病勢の進展は極めて早く、被害も甚大であった。両者の違いは、本病を観察したキャベツの作型と気象条件の違いによることが考えられる。東京都における初夏どりキャベツの収穫期は6月中旬～7月中旬であり、本病が激しく発生した1993年は、6月と7月の合計降雨日数が47日、合計降水量は395mm(いずれも東京都農業試験場観測値)であった。

このような作型及び気象条件が本病の蔓延に好適であったものと推察される。本病は、立川市では1993年に初確認された各圃場において、1994年以降も毎年発生が見られ、また西多摩地区でも近年広範囲に顕著な被害が認められており、本病は今後注意が必要な病害である。

本病発生圃場では病原菌の子実層及び担子胞子が豊富に形成される。その形成時期は主に梅雨期であり、気象条件と密接に関連していることが考えられるが、それ以外に圃場条件にも影響される傾向が認められた。各地のキャベツ栽培圃場を調査した結果、土寄せ作業によりキャベツの茎部が土中に埋没し、外葉基部が土壤表面と接触しているような栽培条件下では子実層の形成が豊富であった。これに対して土寄せを行わないか、浅く行い、茎部が地上に露出しているような条件下では子実層の形成はほとんど認められなかった。このことから、気象条件以外に圃場内の耕種条件及び栽培条件が子実層の形成に大きく影響することが示唆された。また、担子胞子の飛散には気象条件との密接な関連が認められた。すなわち、担子胞子の飛散が降水量よりも降雨時間の長短に影響され、長時間の降雨を観測した1～2日後に多数飛散すること、担子胞子の形成が認められない子実層を実験的に湿室におくと、24時間以内に胞子を多数形成することなどから、担子胞子は常に子実層上に存在するのではなく、高湿度条件下で豊富に形成され、その後ただちに飛散することが明らかとなった。

担子胞子の役割については、本病が高い伝染性を有し、圃場において子実層の形成が豊富に認められたこと、担子胞子の飛散開始とともに発病株率が徐々に上昇したこと、担子胞子が多量に飛散したのちに急激に被害が拡大したこと、本病の発生期間中に採集された担子胞子は、罹病株から分離された本病菌の菌株と同根関係にあったこと、さらに担子胞子接種により自然病徵を再現でき、担子胞子の病原力が確認できたことなどから、担子胞子が第一次伝染源及び蔓延期の伝染源として重要な役割を果たすことが推察された。しかし、調査圃場では担子胞子形成及び飛散は豊富に認められたものの、本病菌と同種のテンサイ葉腐病菌(内藤・杉本 1978、1980)やナス褐色斑点病菌(堀江・飯嶋 1988)などにおける担子胞子感染の特徴である一次病斑の形成及びこれから発生する二次病斑は、キャベツ圃場ではほとんど観察できなかった。本研究で実施した、担子胞子を落下させた接種試験において、キャベツ結球葉では一次病斑と判断される初期病斑は形成されなかったこと、本葉2～3葉期のキャベツ苗では発病初期に小斑点を形成したが、二次病斑様の病斑は認められなかったことから、キャベツでは担子胞子感染の病徵がテンサイやナスなどとは異なり、

明瞭な二次病斑を生じないと判断された。また接種試験の結果から、本病の伝染経路としては土壤から伸長した菌糸による感染、汚染土壤の飛散による感染などの可能性も示唆された。

本病は主に6～7月の初夏どりキャベツに発生し、この時期罹病株から分離される病原菌はAG-1 (IB)に所属していた。しかしながら、キャベツ結球部の腐敗症状はAG-1 (IB) のほかにAG-2-1 (II) によっても生じることが明らかとなった。また、本研究の範囲では、発生時期によって分離される菌群が明確に分けられた。すなわち、夏期の高温時にはAG-1が、春期の比較的低温時にはAG-2-1が多く分離された。菌そう生育もAG-1の生育適温が25～30°Cであるのに対し、AG-2-1は20～25°Cが適温であり、AG-1はAG-2-1に比較して高温型といえる。宇井ら(1963)は*Rhizoctonia solani*によるアマの病害には、発生時期及び発病適温の異なる春型及び夏型の2種類の系統が存在し、2種類の系統間ではアマに対する病原性が異なること、渡辺・松田(1966)は同菌によるサトウダイコンの病害において、系統により発病適温が異なり、また、罹病株から分離される*R. solani*は季節により系統が異なることを報告している。前述のように、キャベツにおいても同様の傾向が認められ、宇井ら(1963)及び渡辺・松田(1966)の報告のように、種類の異なる菌群が同一圃場内に存在し、季節の推移など環境条件の変化によってそれぞれ活動、休止することが推察された。

*Rhizoctonia solani*はその菌群により、宿主植物に対する病原性が異なることが知られている。本研究において、キャベツ分離菌(AG-1、IB)はキャベツに対して葉腐れ性の強い病原力を有することが明らかとなり、他にナス及びトマトに対しても葉腐れを起こす。しかし、ナスに葉腐れを起こす菌群(AG-2-2及びAG-3)はキャベツに対して病原性を示さず、キャベツ分離菌以外で、キャベツに葉腐れを起こしたのはイネ分離菌(AG-1、IA)のみであった。したがって、同じ葉腐れを起こす系統であっても、菌群の違いにより侵す作物の範囲が異なることが考えられる。また、キャベツ分離菌と同じ菌群に所属するにもかかわらず、モントレーサイプレスくもの巣病菌はキャベツに対してほとんど病原性を示さなかった。このことから、同一の菌群に所属する菌株であっても、分離源宿主の異なる菌株間では宿主となり得る作物が異なることが示唆された。

防除薬剤については、トルクロホスメチル水和剤は、本病菌の担子胞子の形成及び菌そう生育を著しく阻害し、圃場における防除効果も高く、防除薬剤として実用性が高いと判断された。一方、トルクロホスメチル粉剤は防

除効果が不十分であったが、これは粉剤の定植時施用から調査時まで65日間を経過しており、本処理区において子実層の形成が認められたことなどから、本病の発生時期まで薬剤の効果が持続しなかったものと推察された。有機銅水和剤とTPN水和剤は、担子胞子発芽阻害効果は高かったが、防除効果は低いか、まったく認められなかつた。これは、薬剤を散布した時期が影響したものと考えられる。すなわち、散布を開始した時期は本病発生のごく初期であったが、一部の株には病斑が形成されており、予防的な作用を有する有機銅水和剤やTPN水和剤では効果が十分に認められなかつたことと推察された。キャベツにおいて慣行的に使用される薬剤による本病の防除については、今後、散布時期なども併せて検討したい。本病の防除には、感染前の予防的な薬剤散布と散布時期を見きわめる十分な圃場観察が重要であると判断される。また、キャベツ栽培において、収穫後の残渣や罹病株は圃場に放置され、すき込まれることが多い。本病罹病株には本病菌の菌核が多数形成されること、実験的に本病の罹病組織をキャベツ株元に埋め込むと容易に発病することなどから、圃場衛生を徹底させることも本病防除の重要な手段と考えられる。

摘要

1993年7月、東京都立川市において、初夏どりキャベツに結球部表面の腐敗症状が多発し、収穫皆無となった。本病は、1994～95年に青梅市、羽村市などでも激しい被害を生じた。そこで、発生状況、病原菌、防除薬剤などを検討し、以下の結論を得た。

1. 本病は収穫期及び収穫直前の結球部に発生する。初め、結球側部～下部に灰黒色～黒褐色、水浸状の病斑を生じ、湿潤状態が継続すると、腐敗が結球全面に急速に拡がる。子実層は白色～ベージュ色で、表面は粉状となり、地表面から1～3cm程度離れた最外葉裏面に高率に形成される。本病は、初発後腐敗の進展は比較的緩慢であるが、10～20日間を経て急速に蔓延する。

2. 罹病株の腐敗部分及び子実層上に形成された担子胞子からは、*Rhizoctonia*属菌が高率に分離された。分離菌株及び担子胞子の接種により病徵を再現し、病斑部からは*Rhizoctonia*属菌が再分離された。

3. 生育ステージの異なるキャベツに本病菌担子胞子を接種した結果、本葉2～3葉期の葉及び結球葉に強い病原性を示したが、本葉6～7葉期及び12～13葉期の葉にはほとんど病原性が認められなかった。

4. 本病菌を子実層及び担子胞子の形態的特徴から *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (不完全世代

Rhizoctonia solani Kühn) と同定した。菌糸融合群はAG-1、培養型はIB型であった。また、菌そうは15~30°Cでよく生育し、適温は25°Cであった。

5. 本病発生圃場において、担子胞子は長時間の降雨などにより日平均相対湿度90%以上を観測した1~2日後に多く採集された。担子胞子の形成及び発芽は10~27°Cの範囲で認められ、15~27°Cで良好であった。

6. 4月~5月中旬に春どりキャベツに発生する腐敗症状からは、*R. solani* AG-2-1(II)が分離された。本菌群もキャベツ結球葉に病原性を示し、菌そう生育適温は20~25°Cであった。

7. 分離源宿主及び菌群の異なる*R. solani*、11菌株をキャベツ結球葉に対して接種した結果、キャベツ分離菌(AG-1, IB; AG-2-1, II)及びイネ分離菌(AG-1, IA)は病原性を有し、モントレーサイプレスくもの巣病菌(AG-1, IB)、ナス褐色斑点病菌(AG-2-2, IV)、ナス果実分離菌(AG-3, IV)及びホウレンソウ株腐病菌(AG-4, IIIA)は病原性を示さなかった。

8. トルクロホスメチル水和剤は本病菌担子胞子形成及び菌そう生育を顕著に阻害し、また、結球期散布で防除価が高かった。

引用文献

- 伊達寛敬・八木三郎・岡本康博・鬼木正臣(1984)
Thanatephorus cucumeris (Frank) Donk
(*Rhizoctonia solani*)によるトマト葉腐病(新称)
について(講要)。日植病報50, 399.
- 星秀男・堀江博道・飯嶋勉(1995)
*Thanatephorus cucumeris*によるキャベツ株腐病(講要)。日植病報61, 218-219.
- 堀江博道・飯嶋勉(1990)
Thanatephorus cucumeris (*Rhizoctonia solani* AG-2-2)によるナス褐色斑点病の発生。東京農試研報22, 81-96.
- 鍵渡徳次(1989)
Rhizoctonia solani Kühnによるキャ

- ベツの株腐れ症状。東京農大農学集報33, 247-251.
- 小玉孝司・堀本圭一・生越明(1982)
Thanatephorus cucumeris (Frank) Donk. (*Rhizoctonia solani*) AG-3によるナス褐色斑点病(仮称)について(講要)。日植病報48, 356-357.
- 松田明(1984)新版土壤病害の手引き(「新版土壤病害の手引き」編集委員会(編))日本植物防疫協会。東京。pp.36-39.
- 向秀夫・鍵渡徳次・陶山一雄(1975)
*Rhizoctonia solani*によるキャベツの株腐れ症状(講要)。日植病報41, 82.
- 内藤繁男・杉本利哉(1978)
Thanatephorus cucumeris (Frank) Donkの担子胞子によるテンサイ葉の感染と病斑形成。日植病報44, 426-431.
- 内藤繁男・杉本利哉(1980)
Thanatephorus cucumeris (Frank) Donkの担子胞子の飛散とテンサイ葉腐病との関係。日植病報46, 216-223.
- 日本植物病理学会(編)(1993)日本有用植物病名目録第2巻。日本植物病理学会。東京。p.6.
- 鬼木正臣・生越明・荒木隆雄(1986)
Rhizoctonia solani Kühn AG-1(菌糸融合群第1群)の完全世代の形成。日植病報52, 169-174.
- Talbot, P. H. B. (1970) In *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. (Parmeter, J. R. Jr. ed.) Univ. Calif. Press. pp. 20-31.
- 宇井格生・三井康・原田幸雄(1963)
*Pellicularia filamentosa*の土壤中における消長についてⅡ。
アマ畑土壤の中における*Rhizoctonia solani*系統の交代。日植病報28, 270-279.
- 渡辺文吉郎・松田明(1966)畑作物に寄生する
Rhizoctonia solani Kühnの類別に関する研究・指定試(病害虫)7, 1-131.
- 横山竜夫(1978)菌類図鑑 下(宇田川俊一、椿啓介・堀江義一・三浦宏一郎・箕浦久兵衛・山崎幹夫・横山竜夫・渡辺昌平)。講談社。東京。pp. 802-804.

Occurrence of Head Rot of Cabbage in July and the Causal Fungus

Hideo HOSHI, Hiromichi HORIE and Tsutomu IIJIMA

Summary

The head rot of cabbage occurred severely in Tachikawa-shi, Tokyo in July 1993. Heavy damages and severely yielded loss were caused by this disease. This also occurred severely in Ome-shi, Hamura-shi in 1994 and 1995. The authors carried out investigation of occurrence of the disease, identification of its pathogen and development of control measures. Results of the present studies are as follows:

1. The disease occurred on the head of cabbage in harvesting stage and just before harvesting. Initially, grayish black to blacky brown water-soaked lesion appeared on the side part to the lower part of head, which expanded rapidly to the whole surface of head, when continued moist condition. Hymenia are white to beige, the surface become powdery, frequently formed on the inside of most outer leaves at 1-3cm away from the ground. Advance of the rot is comparatively slow at the beginning of the disease, but infest rapidly through 10-20 days.
2. A species of *Rhizoctonia* is frequently isolated from rotting part of diseased plants and basidiospores formed on the hymenia. Isolates of the *Rhizoctonia* sp. were highly pathogenic to cabbages. The lesions formed by the inoculations of isolates and basidiospores were similar to those found in the fields. The same fungus were reisolated from the lesions by the inoculations.
3. Basidiospores of the pathogen were highly pathogenic against leaves of 2-3 true leaf stage and head. However these faintly showed pathogenicity or not against leaves of 6-7 and 12-13 true leaf satge.
4. Basidia of the pathogenic fungus were doliform, obclavate, obovoid, not constricted at the middle, the sizes $9-22.5 \times 6.5-11.5 \mu\text{m}$ (the average $14.9 \times 8.9 \mu\text{m}$), S:B (sterigmate:basidia)ratios 1.81. Sterigmate were arised as blunt tuberculate from basidia, became later horn-shaped, the length and basal width $9-17.5 \times 2.5-4 \mu\text{m}$ ($11.8-3.5 \mu\text{m}$), (3-)4 sterigmate per basidia. Basidiospore were ellipsoid with an apiculus, the sizes $6.5-11.5 \times 5-7.5 \mu\text{m}$ ($8.9 \times 6.1 \mu\text{m}$). They formed secondary basidiospore after the germination. From these morphological characteristics of basidia, sterigmas and basidiospores, the pathogen was identified as *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, the anamorph as *Rhizoctonia solani* Kühn. Its hyphal anastomosis group was AG-1, cultrue type was IB type. Mycelia grew well at 15 to 30°C, and optimum temperature was around 25°C.
5. In the field of the period with the infestation, many basidiospores were caught after 1 to 2 days that observed rerrative humidity of day average at 90% or more by a long time rain. The formation and germination of basidiospores was observed at 10 to 27°C, the optimum being at 15 to 27°C.
6. *Rhizoctonia solani* AG-2-1(II) isolated from head rot of cabbage in April to middle of May. The isolates also showed pathogenic to cabbage and optimum temperature of mycelia growth was at 20 to 25°C.
7. As a result of inoculation with eleven isolates of *R. solani* of different host, hyphal anastomosis group and culture type. The six isolates from cabbage (AG-1, IB; AG-2-1, II)and one from rice (AG-1, IA) were highly pathogenic to cabbage. However, another four isolates showed no pathogenicity to cabbage, they are one from eggplant fruits (AG-3, IV), web-blight of monterey cypress(AG-1, IB), brown leaf spot of eggplant(AG-2-2, IV) and foot rot of spinach (AG-4, IIIA).
8. In vitro, wettable powders of tolclofos-methyl(50%) inhibited exceedingly the formation of basidiospores and mycelia growth of the pathogen. And in the field, the disease was effectively controled by application of this fungicide in head stage.

図版解説

図版I 発生状況

- 1 圃場での発生状況（立川市、1993年7月）
- 2 同 上
- 3 同 上：病勢が激しいと株全体が腐敗、消失する
- 4 結球部表面が激しく腐敗するため、出荷できない

図版II 病徵

- 1 初期病班：結球側部～下部にかけて形成される
- 2 発生初期～盛期：結球部表面の腐敗が著しい
- 3 腐敗は急速に結球全面に拡大するが内部へはほとんど進展しない
- 4 結球部表面に形成された病原菌の菌核（矢印）
- 5 結球葉上をくもの巣状に伸張する病原菌の菌糸（矢印）
- 6 キャベツ罹病株に形成された病原菌の子実層
- 7 支柱に形成された病原菌の子実層（矢印）
- 8 ツユクサに形成された病原菌の子実層（矢印）

図版III 病原性

- 1 収穫した結球部に対する菌そう貼付け接種：無傷接種5日後の病徵（黒丸印は接種部位）
- 2 同 上：無傷接種20日後の病徵

- 3 担子胞子接種：接種9日後の病徵
- 4 同 上：接種22日後の病徵（右は無接種）
- 5 担子胞子接種による本葉2～3葉期のキャベツ葉の発病（接種5日後）
- 6 同 上：接種19日後の病徵（左は無接種）
- 7 本病菌接種によるナス葉の発病（菌そう貼付け接種）
- 8 本病菌接種によるナス果実の発病（菌そう貼付け接種）

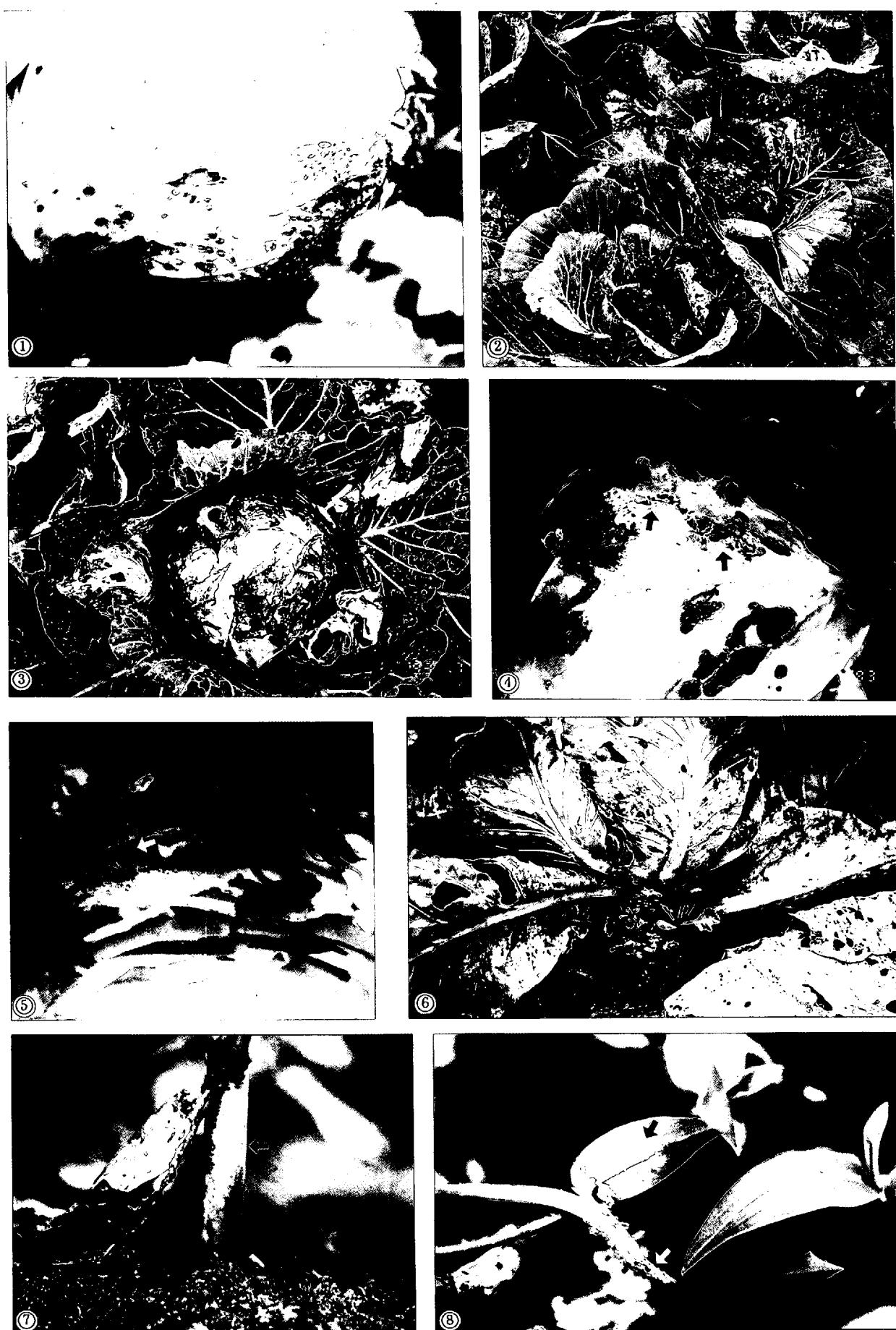
図版IV 病原菌の形態と菌群

- 1 不完全世代の形態：病原菌の菌糸（罹病葉組織内）
- 2 同 上（素寒天培地上）
- 3 同 上：菌糸先端細胞、多核を有する
- 4 完全世代の形態：担子柄、小柄（光学顕微鏡）
- 5 同 上
- 6 同 上：担子柄、小柄及び小柄上に形成された担子胞子（走査型電子顕微鏡、スケール $10\mu\text{m}$ ）
- 7 菌糸融合：組織分離菌株（a:Cu-1T c:NIAES 5220 矢印は菌糸融合部位）
- 8 同 上：单胞子分離菌株（b:Cu-2B c:NIAES 5220 矢印は菌糸融合部位）
- 9 培養菌そうの特徴

図版 I



図版 II



図版 III



図版 IV

