

ISSN 0389-3979

BULLETIN
OF THE
SHIMANE PREFECTURAL FOREST EXPERIMENT STATION

No. 32

March 1982

島根県林業試験場研究報告

第 3 2 号
昭和 57 年 3 月

SHIMANE PREFECTURAL FOREST EXPERIMENT STATION
SHINJI, SHIMANE, JAPAN

島根県林業試験場

島根県宍道町

マツ類葉枯病の防除に関する基礎研究

周 藤 靖 雄

Fundamental Studies on Control of the Needle Blight in Pines
Caused by *Cercospora pini-densiflorae* Hori et Nambu

Yasuo SUTO

要 旨

マツ類葉枯病の防除に直接・間接に関与する基礎資料を得るための研究を行い、つぎの成果を得ることができた。

(1) マツ類葉枯病菌の培養中に近紫外光を照射することによって、培地上に多量の分生胞子を容易に形成させる方法を開発した。

(2) 人工接種法によってマツ類葉枯病菌に対する各種マツの感受性を苗齢別に比較した結果、供試樹種は①いずれの苗齢でも感受性、②1・2年生苗では感受性が強く3～5年生苗では抵抗性、③いずれの苗齢でも抵抗性——の3反応型に大別された。

(3) マツ類葉枯病菌の生態的性質——越冬、分生胞子の病葉上形成・離脱・分散および病害のまん延を調べて、本病防除に直接的に関与する基礎資料を得た。

(4) マツ類葉枯病の防除には、マンネブ剤とベノミル剤が有効であった。また、マンネブ剤薬液にポリビニルアルコールまたはパラフィン固着剤を添加して散布間隔を延長し、さらに適正な時期に散布して、散布回数を従来より大幅に減少した新しい薬剤防除法を確立した。

目 次

緒言	2
第1章 マツ類葉枯病の分布と被害状態	3
第1節 わが国における分布と被害状態	3
第2節 外国における分布と被害状態	5
第3節 まとめ	6
第2章 マツ類葉枯病菌の生理的性質	6
第1節 分生胞子の発芽	6
第2節 菌そうの生長	7
第3節 栄養条件と菌そうの生長	8
第4節 まとめ	11
第3章 マツ類葉枯病菌の培地上における分生胞子形成	13
第1節 分生胞子形成に及ぼす光の影響	13
第2節 二・三の培養条件と分生胞子形成	19
第3節 栄養条件と分生胞子形成	22
第4節 菌株別にみた分生胞子形成	23
第5節 まとめ	24
第4章 マツ類葉枯病菌の病原性	26
第1節 接種条件と発病	26
第2節 各種マツに対する接種試験	28

第3節	菌株別の病原性	36
第4節	まとめ	37
第5章	マツ類葉枯病菌の生態的性質	39
第1節	病原菌の越冬	40
第2節	病葉上における分生孢子形成	44
第3節	分生孢子的病葉からの離脱	47
第4節	分生孢子的分散	49
第5節	病害のまん延	52
第6節	まとめ	52
第6章	マツ類葉枯病の薬剤防除試験	55
第1節	各種薬剤の防除効果	55
第2節	マンネブ剤薬液への固着剤の添加による散布間隔の延長	57
第3節	マンネブ剤薬液への固着剤添加効果の機作	60
第4節	薬剤の散布時期	64
第5節	まとめ	65
第7章	総合考察と結論	65
摘要		71
引用文献		73
図版説明		81
Summary		84
図版		91

緒 言

Cercospora pini-densiflorae Hori et Nambu によるマツ類葉枯病は、大正6年(1917年)南部¹³⁰⁾によって新病害として記載された樹病である。第二次世界大戦後、本病は九州地方などの西南部を中心に主としてアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) とクロマツ (*P. thunbergii* Parl.) の苗畑に大発生し、その被害の激しさとまん延の速さから、わが国におけるマツ属 (*Pinus*) 樹木の重要病害として知られている。

外国では、本病は古く台湾に発生したことがある^{68, 153)}が、近年に至りアフリカ^{32, 38, 41, 44, 123)}、アジア^{70, 89, 147, 207)}および南アメリカ⁶⁷⁾のいくつかの国において各種マツの苗畑と幼齢林に激発した。そして本病は、国際的にも重要視される樹病となった。

本病に侵された苗木は下葉から枯れ上り、枯死することもある。枯死しなくても、発病苗を床替すれば翌年病勢が進行する。また、山出しの際、被害苗は商品価値がなくなり出荷できない。アカマツとクロマツの苗木では、とくに1回床替2年生苗の被害が激しい。ラジアタマツ (*P. radiata* D. Don) などいくつかの外国産マツ類では、幼齢木も侵されて、生長が不良になり、枯死することもある。

南部¹³⁰⁾は、アカマツ発病苗を調べて、本病を「松葉枯病」と命名した。その後の被害調査から、本病がマツ属の多数の種を侵すことが明らかになった。したがって、本論文では、正確を期して本病を「マツ類葉枯病」と呼ぶことにする。

また、本病原菌の学名については、Deighton²⁹⁾は Petrak¹⁴²⁾が創設し Chupp²¹⁾が *Cercospora* 属の異名として包括した *Cercoseptoria* 属を復活させ、本菌をこの属に所属させ *Cercoseptoria pini-densiflorae* (Hori et Nambu) Deighton とした。Gibson⁴⁰⁾はこれに従っている。*Cercoseptoria* 属菌は、*Cercospora* 属菌に比べて子座はよく発達しているが、分生子柄の発達不良であることを特徴とする¹⁴²⁾。しかし、Deighton の *Cercospora* 属とその関連属の分類体系は、学会にまだ定着していないので、本論文では本菌を従来慣用の *Cercospora* 属菌として扱った。

従来、本病についての研究はほとんどがわが国において行われてきた⁶⁶⁾。本病原菌の形態の観察^{76, 89, 130, 147, 153, 222)}、培養実験^{190, 205)}、培地上における分生孢子形成の試み^{85, 174)}、接種試験^{66, 86, 172, 176, 186)}、越冬状態の調査²⁰⁴⁾、本病の薬剤防除試験^{47, 70, 77, 79, 171, 202, 203, 207)} および施肥・苗木の根の状態と発病との関係^{66, 78, 175, 220)} についての研究結果が報告されている。

しかし、従来の研究は、そのほとんどが断片的な

報告に留まっている。そして、本病を防除するのに必要な基礎資料が、実験に基づいて得られていない。まず、マツ類を育苗・造林する際には、各種マツの本菌に対する感受性の強弱がよく認知されなければならないが、多種のマツについて人工接種法によってこれが比較されていない。この実験を行うには培地上に形成された多量の分生胞子が必要であるが、本菌は培地上で普通の培養法ではまったく胞子を形成せず、その実施が不可能である。なお、培地上に胞子が形成されないため、他に胞子の発芽実験、薬剤の殺菌力の検定などの各種実験が行えず、本病についての研究進展の大きな障害となっている。

つぎに、薬剤散布などの本病防除法は、本菌の生態的性質に基づいて確立されねばならないが、その調査はほとんど行われていない。また、従来本病の防除にはボルドー液を中心とした銅剤の散布が行われてきたが、銅剤はアカマツ苗に対して薬害を与えるなど実施上問題がある。

筆者は島根県における樹病の研究に従事しているが、県下各地の苗畑で本病がアカマツとクロマツの苗木に激害を与えていることを知り^{169,170,178)}、昭和38年以来本病についての研究を行ってきた。本論文では本病防除に直接・間接に関与するいくつかの基礎問題を解明するために行った研究結果を述べる。重点的に行った研究はつぎのとおりである。

(1) 人工培地上における本菌分生胞子の多量形成法の開発(第3章)。

(2) (1)で得られた分生胞子を用いた人工接種法による各種マツの感受性の比較(第4章)。

(3) 本病防除法確立に必要な本菌の二・三の生態的性質の調査(第5章)。

(4) (3)の結果に基づいた薬剤防除法の確立(第6章)。

なお、これらの成果の一部は、すでに予報した^{177, 179, 181, 184, 185)}。

本稿を草するに当たり、研究の端緒を与えられとりまとめに適切なお助言をいただいた元農林水産省林業試験場保護部長伊藤一雄博士、筆者が学窓にあるときから始終ご指導をいただき本稿の校閲をいただいた京都大学農学部教授山本昌木博士に厚くお礼を申し上げます。

京都大学農学部農業研究施設教授上山昭則博士と同大学農学部教授堤利夫博士には本校の校閲と有益なお助言をいただいた。京都大学農学部教授滝本敦博士、鹿児島大学農学部教授寺下隆喜代博士、農林水産省林業試験場樹病研究室長小林享夫博士、島

根大学農学部教授達山和紀博士、同大学農学部教授糸井節美博士および同大学農学部助教授野津幹雄助教授には有益なお助言と激励をいただいた。前農林水産省林業試験場林業薬剤第一研究室長川崎俊郎技官には散布薬剤葉上残留量の定量について、また農林水産省東北農業試験場本田雄一博士には光の強さの測定についてご協力をいただいた。島根県林業試験場の元場長山本武敏氏・藤田直四郎氏・故吉岡美城氏・故成相光邦氏、前場長(現島根県農林水産部次長)大森崇氏、現場長梶谷孝氏、現次長安達比農夫氏・山田榮一氏には身近にあって始終研究の便宜を計られ激励をいただき、また場内の各位には研究実施上多大のご助力をいただいた。これらの方に対しても厚くお礼を申し上げる。

第1章 マツ類葉枯病の分布と被害状態

わが国と外国におけるマツ類葉枯病の分布と被害状態について、従来の被害報告をまとめ、また筆者が主として島根県下で行った調査結果を述べる。

第1節 わが国における分布と被害状態

本病は、大正2年日高⁴⁷⁾によって熊本県下のクロマツ・フランスカイガンショウ(*Pinus pinaster* Ait.)苗畑で発見されたが、以後大正9年までの間に熊本・鹿児島県下のアカマツ・クロマツ苗畑と熊本県下のフランスカイガンショウ幼齡林にも発生した。南部¹³⁰⁾は大正6年鹿児島県大森区署管内馬籠苗畑に生じたアカマツ発病苗を調べ、これを *Cercospora* 属菌の新種 *C. pini-densiflorae* Hori et Nambu による新病害と認め、病名を「松葉枯病」して記載した。

その後長い間被害報告がなく、本病は九州地方の一部に散発する風土病と考えられていた⁶⁶⁾。しかし、第二次世界大戦後、本病は鹿児島・熊本・宮崎県を主とする九州地方のマツ類苗畑に大発生した^{61, 69, 134)}。各地で本病が激発したためにマツ類苗木の生産量が安定せず、需給計画に支障をきたした²⁰²⁾。なお、この十数年来九州地方では「マツ類材線虫病」が大発生してマツ類の育苗・造林がほとんど行われていないため、最近では本病発生が報告されていない。

昭和30年本病が四国地方にも発生することが報告された²²²⁾。伊藤(武)^{*}によれば、本病の被害が昭

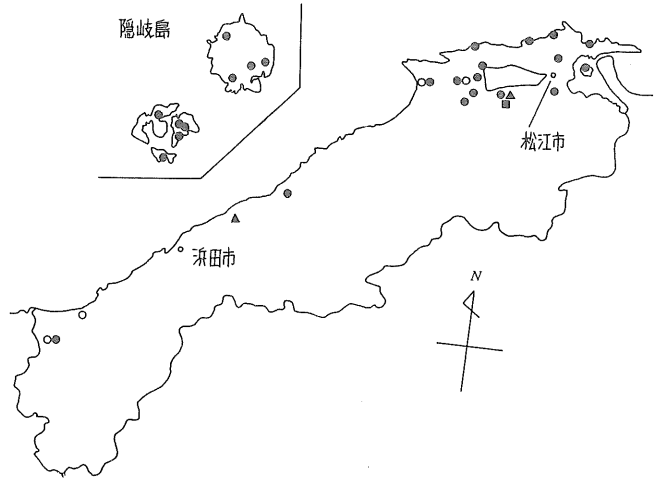
* 私信(昭和41年12月)。

和33年以降、高知県香美郡土佐町のアカマツ・クロマツ苗畑とフランスカイガンショウ・ハレペンスマツ (*P. halepensis* Mill.) 見本林で、昭和33年徳島県林業指導所苗畑の各種外国産マツ苗畑で、また昭和41年高知市内のゴヨウマツ (*P. parviflora* Sieb. et Zucc.) 苗畑で発生した。

本州では、昭和29年三重県下でのクロマツ苗の被害²²⁷⁾が、また昭和36年静岡県下でのストローブマツ (*P. strobus* L.)・アカマツ・クロマツ苗の被害⁶⁵⁾が報告された。また、神奈川県では本病がクロマツ盆栽に発生した¹⁴⁰⁾。

島根県の隠岐島では、昭和34年頃からクロマツ苗に一種の葉枯性被害が発生していた。これが原因不明のまま放置されたところ被害は島のほとんどの苗畑に広がり、また50%以上の枯死苗が生じる苗畑もあるなど被害は激化して、育苗上の問題となった。筆者は昭和38年被害苗の調査を行い、これが「マツ類葉枯病」であることを確認した¹⁶⁹⁾。また、島根県下の隠岐島以外の苗畑でも、アカマツ・クロマツ苗、クロマツ盆栽およびラジアタマツ (*P. radiata* D. Don) 幼齡木に本病の激害が発生した¹⁷⁰⁾。

昭和38～55年の18年間に島根県に発生した本病の分布を第1図に、また被害件数を第1表に示したが、本病は主として海岸沿いの地域と隠岐島に発生し、被害のほとんどはクロマツ苗であった。被害は1回床替2年生苗に多くまた激しかった(図版I, C)が、発病したまきつけ苗を床替した後に病勢が進展した場合が多かった。まきつけ苗は普通被害程



第1図 島根県におけるマツ類葉枯病の分布(昭和38～56年)

○アカマツ苗畑、●クロマツ苗畑、▲ラジアタマツ幼齡木、
■フランスカイガンショウ幼齡木。

度が軽いが、付近に発病苗が床替されている場合にはこれが伝染源となって激害を受けた(図版I, A)。2回床替3年生苗では、当年葉は発病せず、前年までの葉が侵された。

アカマツとクロマツでは林木の被害は認められないが、クロマツの盆栽と庭園木は3年生以上になっても激しく侵された(図版I, B)。外国産マツでは3年生以上になっても本病に侵されるものがあり、江津市の一樹木園ではラジアタマツ、また島根県林業試験場の構内ではラジアタマツとフランスカイガンショウが、7～12年生の幼齡木であるが激害を受けた。

また、本病は琉球諸島(沖縄県)でもリュウキュウマツ (*P. luchuensis* Mayr) の苗木と幼齡木に被

第1表 島根県におけるマツ類葉枯病の被害(昭和38～56年)

苗・樹齡	被害件数				計
	アカマツ	クロマツ	フランスカイガンショウ	ラジアタマツ	
まきつけ苗	3	19	0	0	22
1回床替2年生苗	5	56	0	0	61
2回床替3年生苗	0	38	0	0	38
盆栽・庭園木	0	6	0	0	6
幼齡木(7～12年生)	0	0	1	2	3
計	8	119	1	2	130

害を与えていることが、昭和44年以降大宜見¹³⁷⁻¹³⁹⁾によって報告された。

その他に、筆者はつぎの本病の新分布地と被害例を見聞している。

(1) 昭和47年2月、岡山県勝田郡勝央町の関西林木育種場樹木園で、10・12年生のラジアタマツが本病の激害を受けているのを観察した。

(2) * 昭和48年以降、奈良県下の7市町村でクロマツ1回床替2年生苗畑に本病が発生したが、とくに昭和49・50年には激発して被害面積は約10haに及んだ。

(3) ** 昭和48年以降、愛媛県宇摩郡土居町でゴヨウマツ2～5年生苗畑に本病が発生したが、被害面積は約5haに及んだ。

* 奈良県林業試験場天野孝之氏からの私信(昭和54年2月)。

** 愛媛県林業試験場原 国統氏からの私信(昭和54年4月)。

第2節 外国における分布と被害状態

沢田¹⁵³⁾は昭和2年台湾におけるリュウキュウマツとタイワンアカマツ(*P. massoniana* Lamb.)の本病被害を、また伊藤(武)⁶⁸⁾も昭和10年タイワンアカマツの被害を報告した。しかし、その後台湾における本病発生を聞かない。

昭和38年(1963年)以降、主として熱帯と亜熱帯の各国での本病発生があいついで報告された(第2表)。現在までのところ、アフリカではタンザニア³²⁾³⁸⁾⁴¹⁾⁴⁴⁾、ザンビア¹²³⁾、ローデシア¹²³⁾の3か国、アジアではインド¹⁴⁷⁾、マレーシア⁷⁰⁾、フィリピン⁸⁸⁾、ベトナム²⁰⁷⁾の4か国、南アメリカではブラジル⁶⁷⁾で本病の発生が認められている。そのほか、本病はスリランカ、香港、中華人民共和国および大韓民国にも発生するといわれている^{40, 124)}が、その詳細は不明である。

台湾ではタイワンアカマツ、フィリピンではベンケツマツ(*P. insularis* Mill.=*P. kesiya* Royle

第2表 外国におけるマツ類葉枯病の分布

国	感 受 体	報 告 者
タ ン ザ ニ ア	フランスカイガンショウ, ラジアタマツ	Gill (1963) ⁴¹⁾ , Gibson (1965) ³⁸⁾ , Etheridge (1965) ³²⁾ , Griffin (1968) ⁴⁴⁾
ザンビアと ローデシア	ハレペンスマツ, ラジアタマツ, パツラマツ ^{a)}	Momoh et al. (1975) ¹²³⁾
イ ン ド	ベンケツマツ, ラジアタマツ, オーカルパマツ ^{b)}	Reddy & Pandey (1973) ¹⁴⁷⁾
マ レ ー シ ア	メルクスマツ, カリビアマツ	Ivory (1975) ⁷⁰⁾
フ ィ リ ピ ン	ベンケツマツ, メルクスマツ, カリビアマツ	Kobayashi et al. (1979) ⁸⁸⁾
台 湾	リュウキュウマツ, タイワンアカマツ	沢田 ¹⁵³⁾ , 伊藤(武) ⁶⁸⁾
ベ ト ナ ム	タイワンアカマツ, メルクスマツ	Uhlig (1977) ²⁰⁷⁾
ブ ラ ジ ル	不 明	伊藤(一) ⁶⁰⁾

a) *Pinus patula* Schiede & Deppe

b) *P. oocarpa* Schiede

ex Gordon) とメルクスマツ (*P. merkusii* Jungh. & de Vriese), ベトナムではメルクスマツなどの郷土種と、いくつかの導入種が被害を受けた。マレーシアとフィリピンでは、中南アメリカから導入されたカリビアマツ (*P. caribaea* Morelet) の苗木と幼齡木の被害が激しい。また、アフリカ諸国とインドでは、アメリカ合衆国から導入されたラジアタマツの幼齡林に本病が大発生して、枯死木も生じた。

第3節 まとめ

マツ類葉枯病は第二次世界大戦後九州地方を中心に苗畑に大発生して、育苗上の問題になった。現在までに本病発生が認められたのは、琉球諸島(沖縄県)、九州・四国地方、本州では島根・岡山・奈良・三重・静岡・神奈川県である。アカマツとクロマツの被害は主として1・2年生の苗木に限られるが、フランスカイガンショウ、ハレペンスマツ、リュウキュウマツ、ラジアタマツなどは、苗木ばかりでなく幼齡木も激しく侵された。本病が苗畑で大発生すると、枯死苗が多数生じ、また床替・山出しができなくなるために苗木の生産量が安定せず、需給計画に支障をきたした。

外国では、本病はアフリカ(タンザニア、ザンビア、ローデシア)、アジア(インド、マレーシア、フィリピン、ベトナム、台湾)および南アメリカ(ブラジル)の主として熱帯・亜熱帯に分布する。導入樹種であるカリビアマツとラジアタマツに激害が発生したことが注目される。

第2章 マツ類葉枯病菌の生理的性質

マツ類葉枯病菌の生理的性質については、徳重・清原²⁰⁵⁾が各種寒天培地上での菌そうの生長を比較し、また高井¹⁹⁰⁾が菌そうの生長に及ぼすチアミンの影響を調べた報告があるのみである。本章では、本菌の分生孢子発芽・菌そう生長に及ぼす環境条件と菌そう生長に及ぼす栄養条件について調べた結果を述べる。

第1節 分生孢子発芽

〔実験方法〕

ジャガイモせん汁・しょ糖寒天培地(PSA)上に形成された分生孢子を供試した(培地上孢子形成法については第3章を参照)。実験はVan Tieghem cell法によって2回回復し、1回当たり900孢子に

ついて発芽の有無と最大発芽管長を調べた。

〔実験結果〕

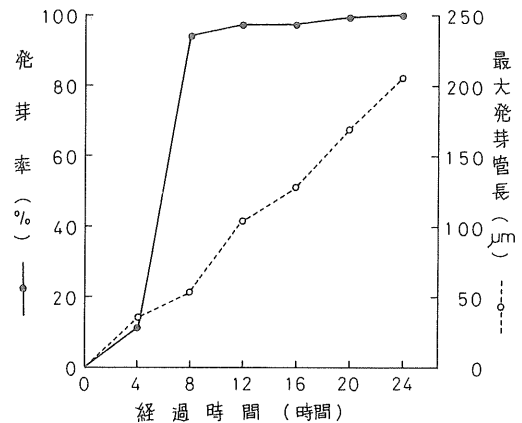
1. 経過時間と発芽

殺菌蒸留水中、25℃で調べたが、第2図に示すように4時間後に発芽を始め、8時間後にはほとんどの孢子が発芽した。また、最大発芽管長は12時間後には約100 μm 、24時間後には約200 μm に達した。

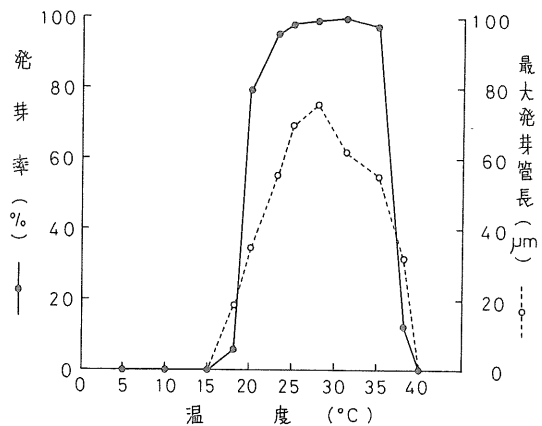
発芽管は無色、幅0.5 μm 、通直であり、普通孢子の一端または両端の細胞から生じたが、まれに中間の細胞からも生じた(図版V, D・E)。

2. 温度の影響

殺菌蒸留水中、8時間後に調べたが、第3図に示すように18~38℃で発芽し、23~35℃で発芽が良好であった。なお、24時間後には13・15℃でも発芽



第2図 経過時間とマツ類葉枯病菌の分生孢子発芽(殺菌蒸留水中、25℃)



第3図 マツ類葉枯病菌の分生孢子発芽に及ぼす温度の影響(殺菌蒸留水中、8時間後)

した。3・10・40℃では発芽しなかったが、これらを25℃に移すと3・10℃のものは正常に発芽したのに反して、40℃のものには発芽が認められなかった。

3. 関係湿度の影響

各種塩類の過飽和溶液によって一定の関係湿度に調整²¹⁴⁾したデシケーター中、25℃、24時間後に調べた。第4図に示すように関係湿度が100%のときは孢子が水滴中、水滴を乾かした場合ともほとんどの孢子が発芽したが、97.5%では約20%が発芽したに過ぎなかった。また、92.5%以下ではまったく発芽しなかった。

4. pHの影響

カバーガラス上の孢子懸濁液を風乾した後にHClまたはNaOHで一定のpHに調整した殺菌蒸留水を滴下して、25℃、8時間後に調べた。第5図に示すようにpH4~9ではほぼ同等の発芽率であったが、pH9付近では最大発芽管長が小さかった。また、pH3未満では発芽が不良で、発芽管が小さかった。

第2節 菌そうの生長

〔実験方法〕

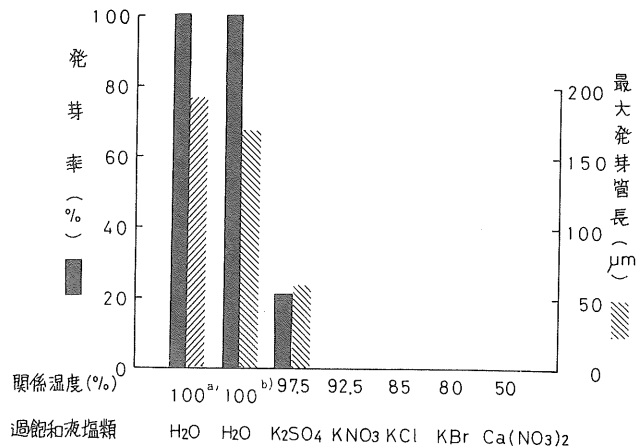
培地は高压滅菌器によって121℃、1kg/cm²、15分間滅菌した。寒天培地は径9cmのペトリ皿に15mlずつ、また液体培地は100ml容の三角フラスコに50mlずつ分注した。供試菌株は第3表中の5菌株(CP-14・15・17・24・26)であり、あらかじめPSA上、25℃、10~14日間培養した菌そうから幼若な菌糸片を移植した。寒天培養については、10・20日後に菌そう直径を測定した。また、液体培養については、30日後に菌体乾重量を秤量し、培養液のpHを測定した。実験は1回当たりペトリ皿5枚またはフラスコ5個を用いて行い、2回反復した。

〔実験結果〕

1. 各種培地での菌そうの生長

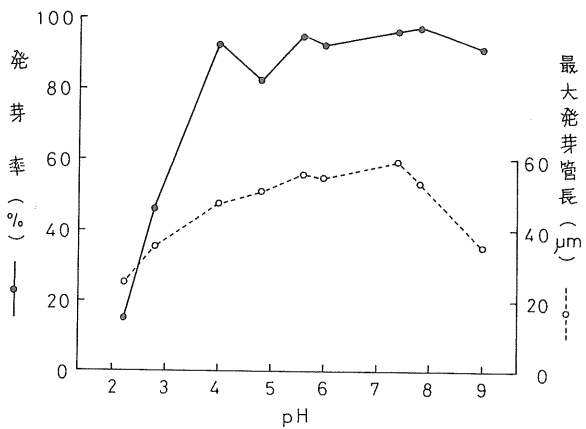
1) 寒天培地

5菌株を用いて7種類の培地上、25℃で培養したが、第6図に示すように菌株間に大きな生長差は認められなかった。CP-15はRichards培地で、また他の菌株は斎藤氏しょう油培地で生長が最も優れていた。なお、各菌株とも、いずれの培地上でも分生



第4図 マツ類葉枯病菌の分生孢子発芽に及ぼす関係湿度の影響(25℃、24時間後)

a) 水滴中, b) 風乾後湿度100%に保持。



第5図 マツ類葉枯病菌の分生孢子発芽に及ぼすpHの影響(25℃、8時間後)

孢子の形成は認められなかった(図版VI, A)。

マツ葉せん汁培地上では菌そうは薄く、表・裏面とも暗緑色、気中菌糸が粗に生じる。他の培地上では菌そうは厚くて堅く、表面は気中菌糸が密に生じてピロード状でオリブ色、培地面から隆起して生長し、裏面は暗緑色である。

2) 液体培地

2菌株を用いて6種類の培地中、25℃で培養したが、第7図に示すようにCP-14に比べてCP-15の生長が良好であった。両菌株とも斎藤氏しょう油、Richardsの両培地で生長が良好であり、マツ葉せん汁培地で不良であった。

第3表 本研究に供試したマツ類葉枯病菌の菌株

No.	感 受 体	採 集 地	分離源	分離年月日
CP-k	クロマツ, 苗木	熊本県熊本市	分生胞子	昭和41年7月22日
-12	" , "	島根県簸川郡斐川町	"	" 44年10月6日
-14	" , "	"	"	" 45年9月1日
-17	ラジアタマツ, "	" 松江市	"	" 49年10月1日
-20	" , 幼齡木	"	病 組 織	昭和50年3月4日
-21	アカマツ, 苗木	"	"	" 3月4日
-24	クロマツ, "	"	分生胞子	" 5月12日
-26	ラジアタマツ, 幼齡木	"	"	" 5月12日
-28	" , "	" 八東郡宍道町	"	" 9月1日
-30	クロマツ, 苗木	熊本県熊本市	"	" 10月3日
-31	" , "	島根県簸川郡斐川町	"	" 10月1日
-32	" , 盆栽	" 八東郡八束町	"	" 10月14日
-33	フランスカイガンショウ, 幼齡木	高知県高知市	"	" 11月4日
-34	クロマツ, 苗木	福岡県八女郡黒木町	"	" 11月4日
-37	" , "	島根県出雲市	"	昭和51年6月30日
-38	フランスカイガンショウ, 幼齡木	" 八東郡宍道町	"	" 6月30日
-39	クロマツ, 苗木	" 簸川郡斐川町	病 組 織	昭和52年1月21日
-40	ラジアタマツ, 幼齡木	" 八東郡宍道町	"	" 1月21日
-41	" , "	" 松江市	分生胞子	" 5月9日
-42	フランスカイガンショウ, 幼齡木	"	"	" 5月9日
-43	クロマツ, 盆栽	" 八東郡宍道町	"	" 5月9日
-44	フランスカイガンショウ, 幼齡木	"	"	" 5月9日
-45	ラジアタマツ, "	"	"	" 5月17日
-46	フランスカイガンショウ, "	高知県高知市	"	" 5月27日
-47	ラジアタマツ, "	福岡県八女郡黒木町	"	" 6月6日
-48	カナリアマツ, "	"	"	" 6月6日

2. 温度の影響

2菌株をPSA上で培養したが、第8図に示すように両菌株とも10~35℃で生長し、23~30℃で生長が良好であった(図版VI, B)。3・40℃では生長しなかったが、これらを25℃に移すと3℃のものは正常に生長したのに反して、40℃のものには生長が認められなかった。

3. pHの影響

2菌株をHClまたはNaOHで一定のpHに調整したPSA上、25℃で培養したが、第9図に示すようにpH5付近で最も良好に生長し、これより酸性またはアルカリ性に傾くにつれて生長が少しずつ不良になった(図版VI, C)。

第3節 栄養条件と菌そうの生長

〔実験方法〕

Czapek液に準じたつぎの培養液を基本として用いた。

炭素源：炭素量8g——ブドウ糖20g中の炭素量と当量の各化合物の量。
 窒素源：窒素量329mg—— NaNO_3 (硝酸ナトリウム)2g中の窒素量と当量の各化合物の量。
 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (硫酸マグネシウム)：0.5g
 K_2HPO_4 (磷酸ニカリウム)：1.0g
 KCl (塩化カリウム)：0.5g
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (硫酸第一鉄)：0.01g
 蒸留水：1ℓ

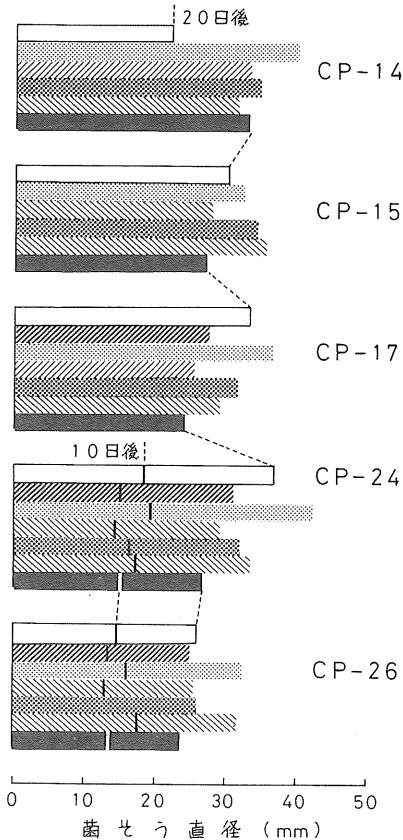
なお、培地の pH は調整しなかったが、L-アスパラギン酸または L-グルタミン酸を加用した培地では pH3.5 であり、他の培地では pH5~7 付近であった。

培養液は 100ml 容の三角フラスコに 50 ml ずつ分注して、高压滅菌器によって 121℃、1 kg/cm²、15 分間滅菌した。菌株 CP-17 を供試し、あらかじめ PSA 上、25℃、10~14 日間培養した菌そうから幼若な菌糸片を移植した。25℃、30 日後に菌体乾重量を秤量し、培養ろ液の pH を測定した。実験は 1 回当たり 5 個のフラスコを用いて行い、2 回反復した。

【実験結果】

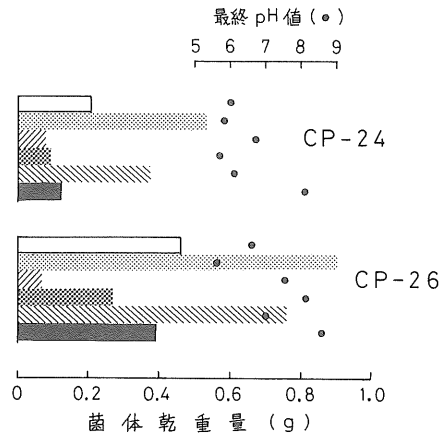
1. 各種炭素源の影響

窒素源には NaNO₃ を用いて 10 種類の炭素源の影響を比較したが、第 10 図に示すように麦芽糖で菌そ



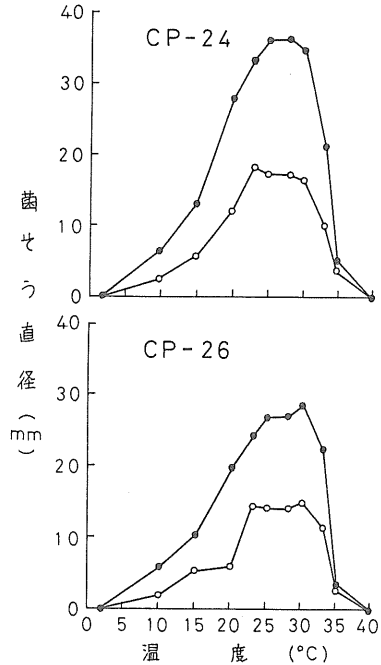
第 6 図 各種寒天培地上でのマツ類葉枯病菌の菌そう生長 (25℃)

- ジャガイモせん汁・しょ糖 (pH5.6), ▨ 麦芽 (pH5.0),
- ▩ 斎藤氏しょう油 (pH5.6), ▧ マツ葉せん汁 (pH5.0),
- ▤ Waksman (pH5.0), ▦ Richards (pH5.0),
- Czapek (pH5.8).

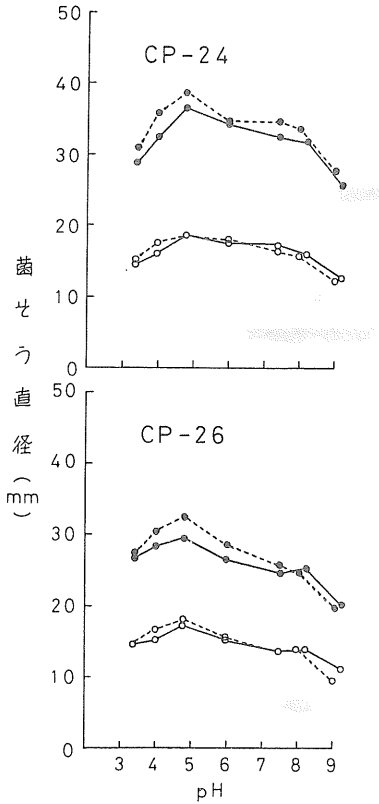


第 7 図 各種液体培地でのマツ類葉枯病菌の菌そう生長 (25℃, 30日後)

- ジャガイモせん汁・しょ糖 (pH5.6),
- ▩ 斎藤氏しょう油 (pH5.2),
- ▧ マツ葉せん汁 (pH5.0),
- ▤ Waksman (pH5.0),
- ▦ Richards (pH5.0),
- Czapek (pH5.8).



第 8 図 マツ類葉枯病菌の菌そう生長に及ぼす温度の影響 (ジャガイモせん汁・しょ糖寒天上)
—○— 10日後, —●— 20日後。



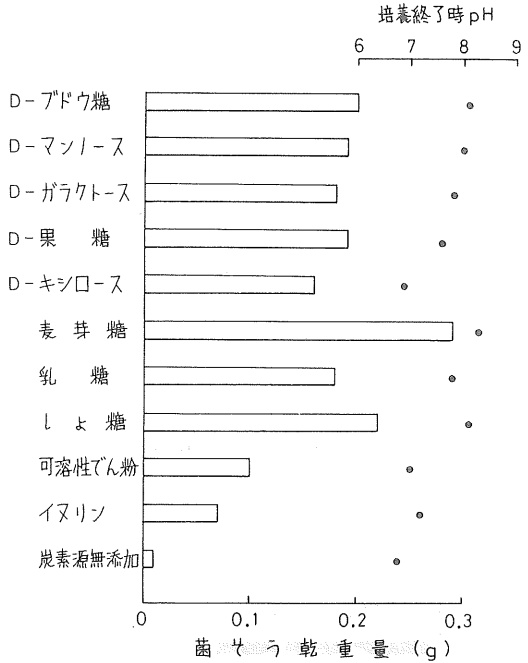
第9図 マツ類葉枯病菌の菌そう生長に及ぼす pH の影響(ジャガイモせん汁・しょ糖寒天, 25°C)

—— 実験-I, 実験-II。
○ 10日後, ● 20日後。

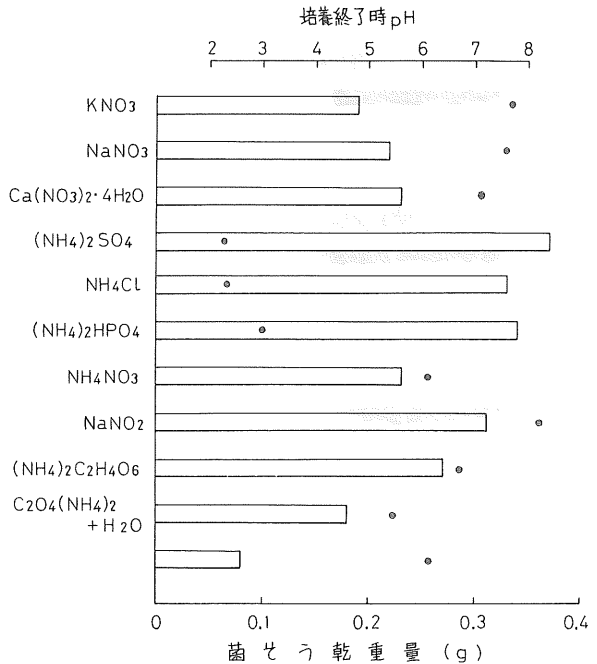
うの生長が最も良好であり、ついでD-ブドウ糖, D-マンノース, D-ガラクトース, D-果糖, D-キシロース, 乳糖およびしょ糖で良好であった。一方, 可溶性でん粉とイヌリンでは生長が劣り, また無添加の場合はほとんど生長しなかった。

2. 各種窒素源の影響

炭素源にはしょ糖を用いて10種類の硝酸塩, 亜硝酸塩およびアンモニア塩の影響を比較した。第11図に示すように $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (硫酸アンモニウム), NH_4Cl (塩化アンモニウム), および $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (磷酸アンモニウム) で菌そうの生長がきわめて良好であったが, これらの培地の pH は培養中に強酸性に変化した。その他の塩類でも良好に生長したが, 無添加の場合は生長がきわめて劣った。



第10図 各種炭素源とマツ類葉枯病菌の菌そう生長との関係



第11図 各種硝酸態・亜硝酸態・アンモニア態窒素とマツ類葉枯病菌の菌そう生長との関係

つぎに、10種類のアミノ酸の影響を比較したが、第12図に示すようにL-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、グリシン、DL- α -アラニン、DL-バリンおよびL-チロシンで菌そうの生長が良好であり、L-ロイシンでこれらよりやや劣り、D-トリプトファン、DL-メチオニンおよびL-シスチンでは無添加の場合と同様に不良であった。

3. 各種無機塩類の影響

炭素源にはしょ糖、窒素源には NaNO_3 を用いて4種類の無機塩類の影響を比較した。なお、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (硫酸カルシウム)の添加量は培養液1ℓ当たり0.1gとした。第13図に示すように、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 K_2HPO_4 の2種類の塩類を共に添加した場合に菌そうの生長が良好であった。しかし、他の混合添加と各種塩類の単独添加は、生長に影響を及ぼさなかった。

4. 各種微量重金属の影響

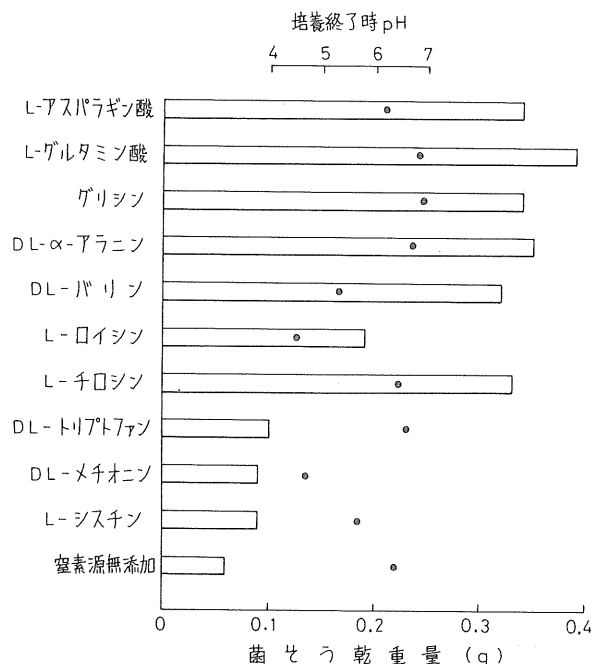
炭素源にはしょ糖、窒素源には NaNO_3 を用いて4種類の微量重金属の影響を比較した。なお、添加量は培養液1ℓ当たり $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (硫酸第二鉄) : 0.2mg, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (硫酸亜鉛) : 0.2mg, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (硫酸銅) : 0.05mg, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (硫酸マンガン) : 0.05mgとした。第14図に示すように、 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を添加すると菌そうの生長は良好になったが、他の重金属は影響を及ぼさなかった。

5. 各種ビタミンの影響

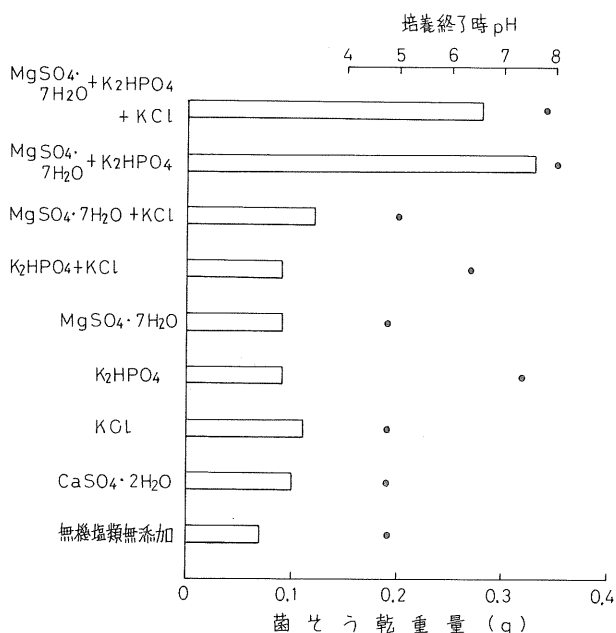
炭素源にはしょ糖、窒素源には NaNO_3 を用いた基本培養液に活性炭を5g/ℓ加えて、既存のビタミンを除いた。高圧滅菌後4種類のビタミンをそれぞれ加えて影響を比較した。なお、添加量は培養液1ℓ当たりチアミン塩酸塩 100 μg 、ピリドキシン塩酸塩 100 μg 、³⁾ ビオチン 5 μg 、イノシトール 5mgとした。第15図に示すように、いずれのビタミンも生長に影響を及ぼさなかった。

第3節 ま と め

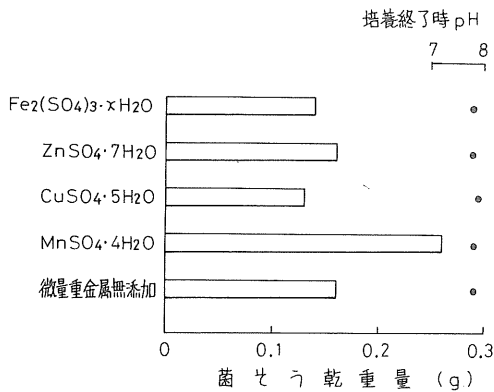
本菌の分生孢子発芽は迅速であり、水中、25℃では8時間後にはほとんどが発芽した。また、孢子は13~38℃で発芽して、23~



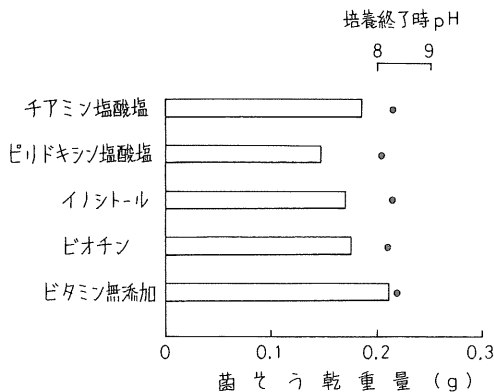
第12図 各種アミノ酸とマツ類葉枯病菌の菌そう生長との関係



第13図 各種無機塩類とマツ類葉枯病菌の菌そう生長との関係



第14図 各種微量重金属とマツ類葉枯病菌の菌そう生長との関係



第15図 各種ビタミンとマツ類葉枯病菌の菌そう生長との関係

35°C が発芽に適していた。他の *Cercospora* 属菌の分生胞子発芽温度範囲(適温)をみると、*C. beticola* Sacc. (サトウダイコン褐斑病菌)³⁵⁾ * は 7~36°C (23~27°C), *C. coffeicola* Berk. & Co. (コーヒー複眼病菌)¹⁵⁸⁾ は 15~30°C (27°C), *C. exosporioides* Bubak (センペルセコイア葉枯病菌)⁴⁶⁾ は 12~38°C (25~30°C), *C. oryzae* Miyake (*Sphaerulina oryzae* Hara, イネすじ葉枯病菌)¹²⁹⁾ は 10~36°C (20~27°C), *C. populina* Ell. et Ev. (*Mycosphaerella togashiana* Ito et Kobayashi, ヤマナラシ褐斑病菌)⁵⁹⁾ は 9~35°C (25~35°C), *C. sequoiae* Ell. et Ev. (*C. cryptomeriae* Shirai, スギ赤枯病菌)⁶⁰⁾ は 10~45°C (10~30°C), *C. spiraeicola*

* 本論文に記した各種病害の病名と病原菌の学名は、「日本有用植物病名目録」^{228~230)} と渡部²¹¹⁾ による。

Muller et Chupp (テマリシモツケ褐斑病菌)⁸⁸⁾ は 15~35°C (25~30°C), *C. zebrina* Pass. (クロンバ類・アルファルファ斑点病菌)⁶⁾ は 8~36°C (24°C) と報告されている。本菌の分生胞子発芽に及ぼす温度の影響は、これらの *Cercospora* 属菌に類似している。

また、他の *Cercospora* 属菌の分生胞子発芽に及ぼす pH の影響をみると、*C. exosporioides*⁴⁶⁾ は pH 2.0~9.5 の範囲では影響がなく、*C. sequoiae*⁶⁰⁾ は極端な酸性・アルカリ性を除いては良好であり、*C. spiraeicola*⁸⁸⁾ は影響が認められないと報告されている。本菌はこれらの菌と同様に、pH 4~8 では分生胞子の発芽に影響を受けなかった。

本菌の菌そう生長は緩慢であるが、菌株による生長差は著しくなく、また斎藤氏しょう油培地が最適であった。この結果は、徳重・清原²⁰⁵⁾ の報告と一致する。

本菌の菌そうは 10~35°C で生長して 23~30°C が適温であり、中温菌 (mesophiles) と考えられる。他の *Cercospora* 属菌の菌そう生長温度範囲(適温)をみると、*C. beticola*³⁴⁾ は 7~39°C (23~27°C), *C. coffeicola*¹⁵⁸⁾ は 10~30°C (25°C), *C. exosporioides*⁴⁶⁾ は 5~8~35°C (25°C), *C. oryzae*¹²⁹⁾ は 6~33°C (25~28°C), *C. populina*⁵⁹⁾ は 6~8~30~35°C (25°C), *C. sequoiae*⁶⁰⁾ は 6~33°C (20~25°C), *C. spiraeicola*⁸⁸⁾ は 10~35°C (25~30°C), *C. zebrina* は (24°C) と報告されている。本菌の菌そう生長に及ぼす温度の影響は、これらの *Cercospora* 属菌に類似している。

また、他の *Cercospora* 属菌の菌そう生長に及ぼす pH の影響をみると、*C. populina*⁵⁹⁾ は pH 5~7 が好適、*C. sequoiae*⁶⁰⁾ は pH 4~8 では大差がなく、*C. spiraeicola*⁸⁸⁾ は極端な酸性を除いては影響がなく、*C. zebrina*⁶⁾ は pH 3~8 で良好に生長するが pH 5.5 付近が最適である。本菌もこれらの菌と同様に pH 3~9 では菌そうの生長に大差はないが、pH 5 付近が最適であった。

本菌は供試した単糖類と複糖類のすべてをよく利用したが、多糖類は利用しにくかった。糖類が糸状菌に利用される場合、その構成単糖にまで分解された後に吸収される¹⁰⁴⁾ ため、構造が複雑な多糖類は利用されにくかったと考えられる。一方、本菌の生長は、ブドウ糖を含む培地よりもそれを構成単糖とする麦芽糖を含む培地で良好であった。この理由は、麦芽糖は加水分解されて γ 態ブドウ糖を生じるが、この異常型の糖は正常型の糖に比べて呼吸材料とし

て好適である¹⁹³⁾ため、ブドウ糖よりも利用されやすかったと考えられる。

他の *Cercospora* 属菌の炭素源の利用状態をみると、*C. arachidicola* Hori (*Mycosphaerella arachidis* Deighton, ラッカセイ褐斑病菌)⁹⁶⁾、*C. beticola*²⁴⁾ および *C. coffeicola*¹⁶⁸⁾ はブドウ糖を、*C. jasminicola* Muller et Chupp (ジャスミンの葉枯病菌)²⁶⁾ はブドウ糖と麦芽糖を、*C. personata* (Berk et Cur.) Ell. et Ev. (*M. berkeleyi* Jenk, ラッカセイ黒染病菌)¹⁵⁶⁾ はブドウ糖、マンノース、麦芽糖、しょ糖およびでん粉を、*C. sequoiae*¹⁹¹⁾ はブドウ糖、麦芽糖およびラフィノースを、*C. viticola* (Ces.) Sacc. (*Phaeoisariopsis viris* (Leveille) Sawada, ブドウ褐斑病菌)¹⁵⁵⁾ はブドウ糖、しょ糖、マンノースおよび果糖を、また *C. zebrina* (= *C. medicagnis* Ell. et Ev.)^{6, 43)} はブドウ糖、麦芽糖およびしょ糖をよく利用すると報告されている。これらのいずれの菌も単糖類と複糖類、とくにブドウ糖と麦芽糖をよく利用することが本菌と共通する。

本菌は、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ の3種類のアンモニア塩をきわめてよく利用した。これらを含む培地で培養すると培地の pH は2~3の強酸性に変化した。これは本菌による NH_4^+ イオン選択吸収の結果と考えられる。*Pyricularia oryzae* Cavara (イネいもち病菌)¹⁹⁴⁾ はアンモニア塩を含んだ培地では生長がきわめて不良であるが、これはアンモニア塩が栄養源として不適當であるためでなく、培地が強酸性化したことに原因がある。しかし、本菌の生長は pH 3 付近でも著しく不良にならないので、これらのアンモニア塩を含む培地でも生長が劣らないと考えられる。また、本菌はアミノ酸では L-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、グリシン、DL- α -アラニン、DL-バリンおよび L-チロシンをよく利用した。

他の *Cercospora* 属菌の窒素源の利用状態をみると、*C. arachidicola*⁹⁶⁾ はアスパラギンを、*C. beticola*²⁴⁾ は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ と KNO_3 を、*C. coffeicola*¹⁶⁸⁾ は L-トリプトファンを、*C. jasminicola*²⁷⁾ はアスパラギンを、*C. sequoiae*¹⁹¹⁾ は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ および DL-チロシンを、*C. viticola*¹⁵⁵⁾ はアラニン、バリン、セリンおよびアスパラギンを、*C. zebrina*^{6, 43)} はグルタミン酸と $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ をよく利用すると報告されている。このように菌によって各種窒素源の適否が異なっており、また本菌と共通する菌はなかった。

*C. coffeicola*¹⁶⁸⁾ は、培地中に $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を添

加すると生長がきわめて良好になると報告されている。本菌は $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ または K_2HPO_4 をそれぞれ単独に添加しても生長に影響を及ぼさないが、両者を共に添加すると生長が促進された。また、*C. coffeicola*¹⁶⁸⁾ は微量の亜鉛または鉄の添加によって生長が促進される。本菌の生長に適する微量重金属は $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ であった。

ビタミン類については、*C. arachidicola*⁹⁶⁾ はチアミンを、*C. beticola*¹⁰⁶⁾ はチアミン、ピリドキシンおよびクロンを、*C. personata*¹⁵⁶⁾ はチアミンとイノシトールを、*C. sequoiae*¹⁹⁰⁾ はチアミンを、また *C. viticola*¹⁵⁵⁾ はチアミン、ピリドキシンおよびクロンを添加すると生長が促進される。本菌についても、チアミンを 0.1ppm ($10\mu\text{g}/\ell$) 以上添加すると生長が良好になることが高井¹⁹⁰⁾ によって報告されている。しかし、筆者の実験ではチアミン塩酸塩を $100\mu\text{g}/\ell$ 添加しても、生長促進効果は認められなかった。また、ピリドキシン塩酸塩、ピオチンおよびイノシトールも本菌の生長には影響を及ぼさなかった。

第3章 マツ類葉枯病菌の培地上における分生孢子形成

本病についての各種実験——病原菌の生理的性質の実験、接種試験、各種薬剤のスクリーニングテストなどを行うためには、培地上に形成された多数の分生孢子が必要である。本菌の培地上における分生孢子形成については、清原・徳重⁸⁵⁾と周藤¹⁷⁴⁾が試みて一応成功したが、いずれの方法も操作が複雑であり、孢子形成が可能な菌株に限られていることなどの欠点がある。本章では、本菌の分生孢子を培地上で多量また容易に形成させる方法を追求した結果を述べる。

第1節 分生孢子形成に及ぼす光の影響

〔実験方法〕

数菌株について以下述べる方法で予備実験を行い、最も多数の孢子が形成された CP-26 を供試した。なお、一部の実験には CP-24 も用いた。ジャガイモせん汁・しょ糖寒天 (PSA) の斜面培地上、25℃、14日間培養した。菌そうを培地からはく離して1菌そう当たり 20ml の殺菌蒸留水を加えて、ホモジナイザーによって1分間破碎した。この菌そう破碎片懸濁液 (図版 VII, D) を径 9 cm のペトリ皿に作った PSA の平面培地上にピペットで 0.7ml ずつ分注して、ペトリ皿を傾けて液を培地全面に行きわたらせた。

ペトリ皿のふたを除去して市販のサランラップを張り、20℃に設定した定温器内で培養した。ペトリ皿を並べた柵の上方にブラックライトブルー蛍光灯(National, FL 20S BL-B, 以下「BL-B 蛍光灯」と略称)を1本吊して照射した(図版Ⅶ, A)。蛍光管と各ペトリ皿との距離は15~25cmであり、培地面での光の強さ(測定法は3を参照)は23~45μW/cm²であった。なお、培地表面の温度を熱電対表面温度計(千野製作所, 指示計C700-3, センサC-11)によって測定したが、設定温度との間に±0.5℃の差しか認められなかった。

上述した方法で培地上に胞子がいったん形成されれば、以後は菌そう破砕片の代わりに培地上形成胞子を移植源とした。すなわち、胞子が形成された菌そう面に殺菌蒸留水を1ペトリ皿当たり15ml滴下して、筆先でこすって胞子を離脱させた。この胞子懸濁液(図版Ⅶ, E)を移植したが、1ペトリ皿当たりの移植胞子数は5~8×10⁵とした。

実験は1回当たり3枚のペトリ皿を用いて、2回反復した。植え付け5日後に、ペトリ皿中央部の菌そうを培地ごと2×2cm切り取って試験管に入れ、Tween

#20(polyoxyethylene sorbitan monolaurate)を微量添加した水道水を10ml加えて、1分間振とうして胞子を培地面から離脱させた。液中の胞子をトーマの血球計数器を用いて計数し、培地1cm²当たりの形成数を求めた。

〔実験結果〕

1. 分生胞子形成の光依存性

第16図に示すように、CP-24・26の両菌株とも培養中にBL-B 蛍光灯を照射することによってきわめて多数の胞子が形成された。胞子形成数は、照射の前・

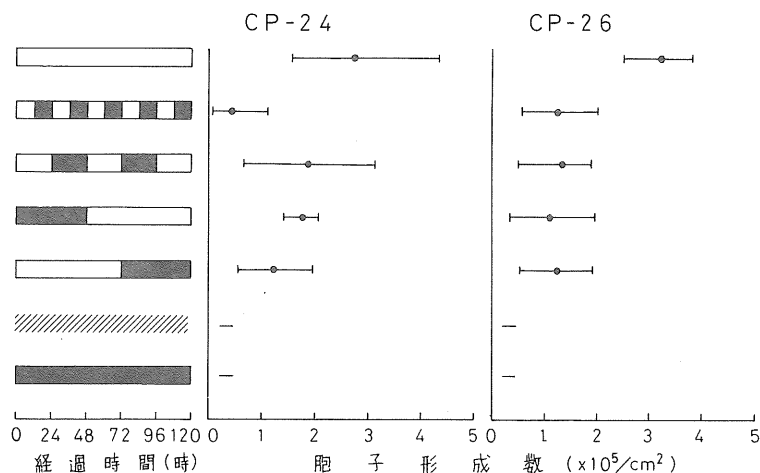
後または中間に暗期を入れると減少した。一方、室内散光下(ガラス張り定温器内)と暗黒下で培養した場合には、胞子は形成されなかった*。

培養菌そうを見ると、BL-B 蛍光灯照射下で培養したものは密生した胞子の層が暗緑色、ピロード状を呈した。一方、室内散光下と暗黒下では、灰白色の菌糸が毛ば立って生じた(図版Ⅶ, C)。

2. 光照射下での分生胞子形成の経過

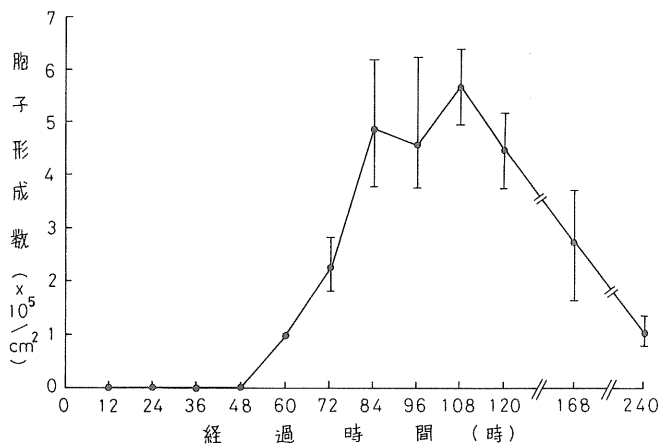
顕微鏡下で観察したところ、培地上に植え付けた胞子は12時間後には全部が発芽し、培地面に密着し

* きわめて少数形成されたが、トーマの血球計数器では計数できなかった。



第16図 BL-B 蛍光灯照射法とマツ類葉枯病菌の分生胞子形成

□ BL-B 蛍光灯照射, ▨ 室内散光下, ■ 暗黒。



第17図 光照射下でのマツ類葉枯病菌の分生胞子形成経過

て生長した。36時間後から菌糸に $10 \sim 30 \times 3 \mu\text{m}$ 、隔膜数0~1の分生子柄が生成され始め、48時間後からこの頂端に胞子の形成が認められ、以後形成数が急増した(第18図, C; 図版VIII, A)。一方、暗黒下では、48時間後から幅 $2 \sim 2.5 \mu\text{m}$ の通直な気中菌糸が多数分枝し、急速に伸長した。なお、分生子柄は気中菌糸に比べて幅が大きく、 $30 \mu\text{m}$ 以上の長さには伸長せず、またその先端が丸いことで気中菌糸と区別できる。

胞子形成数を12時間ごとに調べたところ、第17図に示すように植え付け60時間後に計数可能になり、その後急増して84~120時間後にはピークに達した。以後形成量が減じたが、これはベトリ皿内が高湿度であり胞子が発芽したためである。

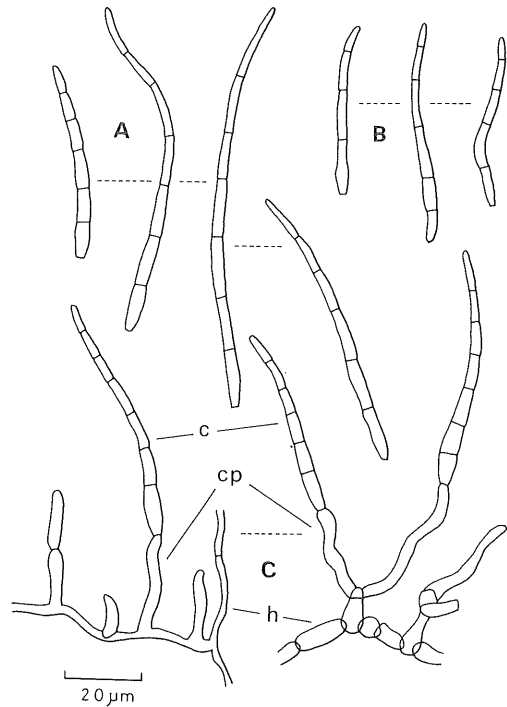
培地上に形成された分生子胞子は、病葉上のものに比べて長さが大きく、また隔膜数が多かった。しかし、その形に変異は認められなかった(第4表; 第18図, A・B; 図版VIII, B)。

3. 光の強さの影響

光の強さを、BL-B 蛍光管と培地面との間の距離を変えて調整した。光の強さは、熱電対放射計(日本分光 RMA-8 形, 受光部: 真空熱電対, 石英窓付)を用いて測定した。なお、距離 $10 \sim 15 \text{cm}$ での光の強さは本計器では測定できないので、 $17 \sim 45 \text{cm}$ での測定値から距離と光の強さとの関係を示すグラフを描いて推定した。

第19図に示すように、 $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の強さで最も多数の胞子が形成された。 $46 \cdot 23 \cdot 14 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ でも多数

形成されたが、これらの処理間には形成数に差が認



第18図 培地上におけるマツ類葉枯病菌の分生子胞子形成と胞子の形態

A 培地上に形成された分生子胞子, B 病葉上に形成された分生子胞子, C 培地上における分生子胞子の形成 (c: 分生子胞子, cp: 分生子柄, h: 菌糸)。

第4表 培地上に形成されたマツ類葉枯病菌の分生子胞子の大きさ

菌株番号	寒天培地の種類	長さ×幅 (μm)	隔膜数
CP-24	ジャガイモせん汁・しょ糖	44~134×1.5~3.0 (83×2.2)	3 ~ 12 (6.4)
	Czapek	54~131×1.5~3.0 (88×2.3)	3 ~ 10 (6.9)
CP-26	ジャガイモせん汁・しょ糖	58~126×2.0~3.0 (89×2.5)	3 ~ 10 (6.9)
	Czapek	56~109×2.0~3.0 (81×2.3)	4 ~ 11 (6.2)
自然発病葉上形成胞子		19~53×2.0~3.0 (35×2.5)	1 ~ 5 (2.6)

められなかった。

4. 光の波長の影響

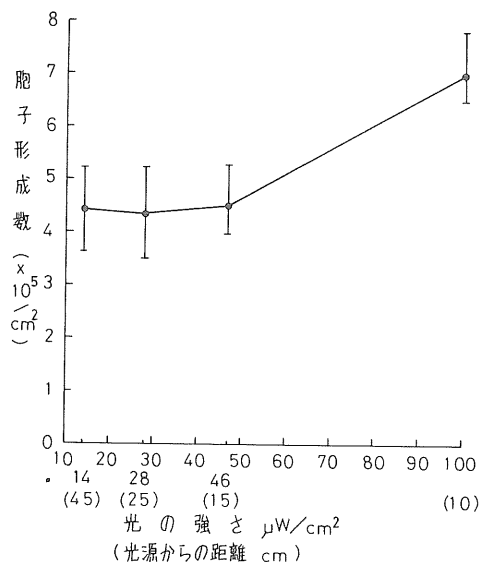
1) ペトリ皿のふたの材質の影響

サララップ、プラスチック製ペトリ皿のふた、ガラス製ペトリ皿のふたおよび板ガラスの4種類を供試した。これらを透過する光の強さは $20\sim 25\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であり、材質間に大差は認められなかった。また、分光光度計 (Hitachi 200-20 型) で測定した透過光の波長を第20図に示した。

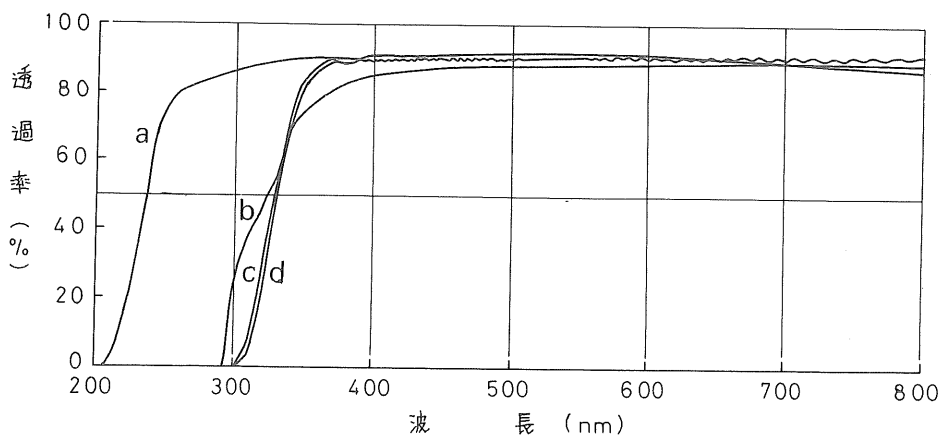
第21図に示すように、ペトリ皿にサララップを張った場合に最も多数の胞子が形成された。しかし、プラスチックまたはガラスの透過光下では形成が劣った。本実験は青色・近紫外光を発するBL-B 蛍光灯 (第22図, C) 照射下で行ったが、結果を各種材質の透過光分布図 (第20図) と対比して、近紫外光透過の多少が胞子形成に関与すると考えられる。

2) 各種蛍光灯照射の影響

ペトリ皿のふたとしてサララップを張り、8種類の蛍光灯 (第5表, 第22図) を照射してその影響



第19図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす光の強さの影響 (BL-B 蛍光灯照射下)

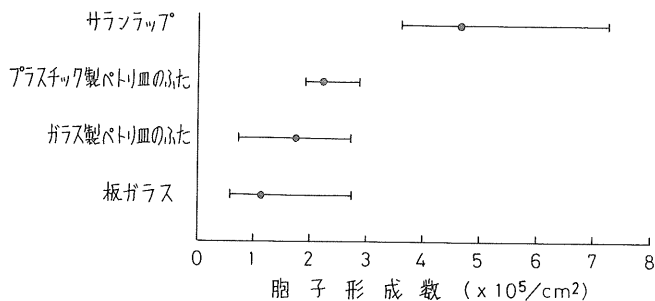


第20図 各種材質による光の透過

a: サララップ, b: プラスチック製ペトリ皿のふた, c: ガラス製ペトリ皿のふた, d: 板ガラス

を調べた。

第23図に示すように、白色蛍光灯、BL-B 蛍光灯および捕虫用蛍光灯の照射下ではきわめて多数の胞子が形成され、また青色蛍光灯照射下でもかなり多数形成された。これらの蛍光灯が共通して発する光の波長域は、青色光・近紫外光域である (第22図)。しかし、この波長域の光を発しない緑色・黄色・赤色蛍光灯の照射下では、胞子形成は認められなかった。また、健康線用蛍

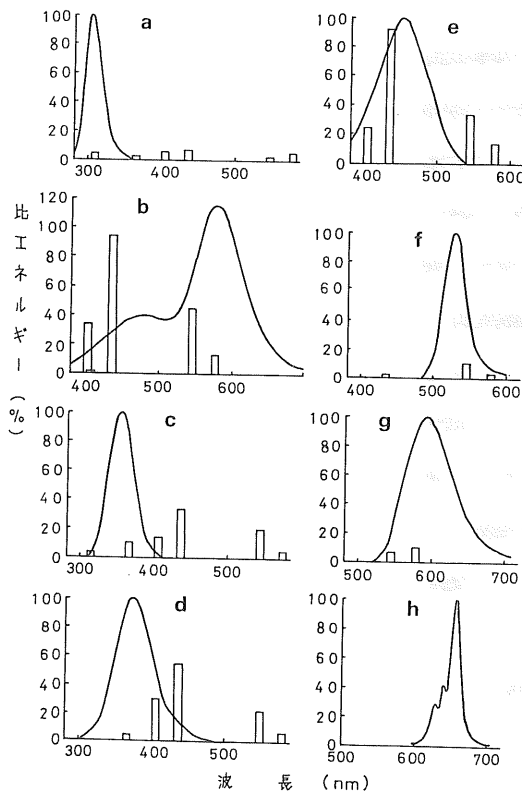


第21図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす各種材質を透過した光の影響

第5表 供試した蛍光灯の種類と光の強さ

記号	蛍光灯の種類	光の強さ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
a	健康線用蛍光灯 (FL 20E)	39
b	一般照明用蛍光灯・白色 (FL 20W)	68
c	ブラックライトブルー蛍光灯 (FL 20S・BL-B)	25
d	捕虫用蛍光灯 (FL 20BA-37・K)	52
e	カラード蛍光灯・純青色 (FL 20B-F)	26
f	カラード蛍光灯・純緑色 (FL 20G-F)	14
g	カラード蛍光灯・純黄色 (FL 20Y-F)	35
h	カラード蛍光灯・純赤色 (FL 20R-F)	27

ナショナル蛍光灯を使用。



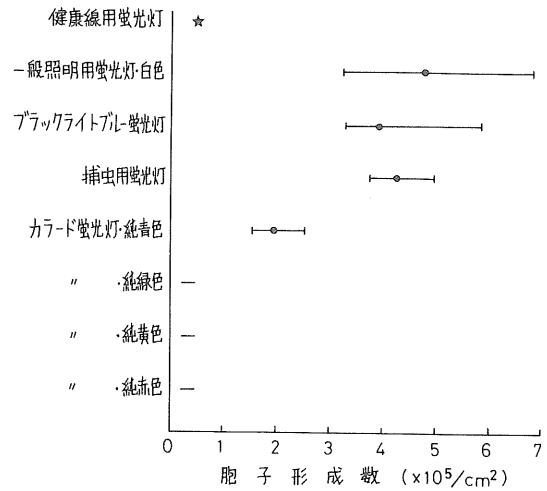
第22図 各種蛍光灯 (National) の分光分布

(松下電器産業株式会社から提供された図を転写)

a ~ h: 第7表を参照。

光灯*の照射下では、植え付けた胞子が発芽しな

* 波長 280-320nmの紫外線 (健康線) が有する健康作用を利用する蛍光灯。



第23図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす各種蛍光灯照射の影響

★植え付けた胞子発芽せず。

第6表 供試したガラスフィルターの種類と透過光の強さ

記号	ガラスフィルター	光源	光の強さ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
	なし ^{a)}	ブラックライトブルー蛍光灯	25
a	UV-29	〃	23
b	UV-31	〃	23
c	UV-DIA	〃	13
d	UV-35	〃	12
e	UV-39	〃	2
	なし ^{a)}	白色蛍光灯	68
f	V-Y42	〃	68
g	V-Y46	〃	66
h	V-O51	〃	60
i	V-O55	〃	47
j	V-R60	〃	19
k	V-R65	〃	7

東芝ガラスフィルターを使用。

a) サランラップを透過。

った。

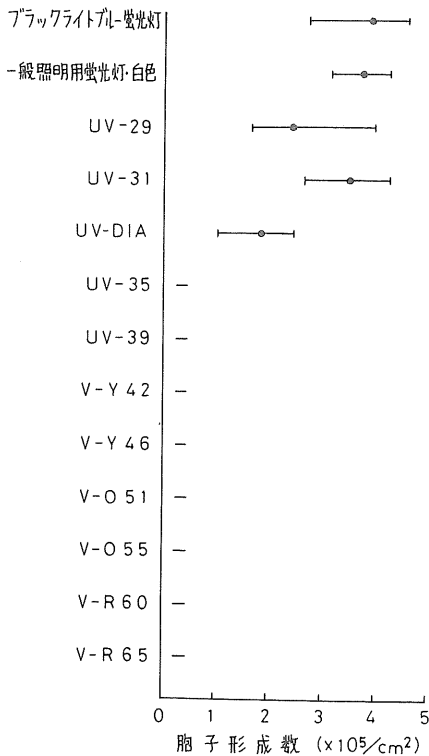
3) 各種ガラスフィルター透過光の影響

11種類の東芝色ガラスフィルター (第6表, 第24図) をペトリ皿の中央部に置き、BL-B 蛍光灯また

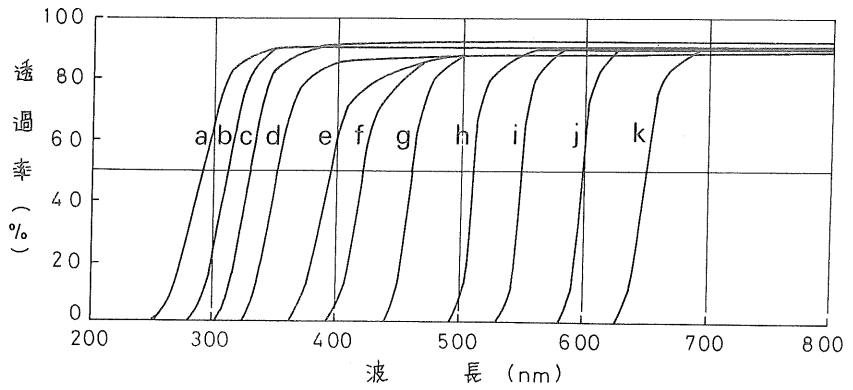
は白色蛍光灯を照射して、その透過光の影響を調べた。

第25図に示すように、UV-29、UV-31の両フィルターの透過光によってきわめて多数の胞子が、またUV-DIAの透過光によってもかなり多数形成された。しかし、その他のフィルターの透過光下では、胞子形成は認められなかった(図版VII, C)。

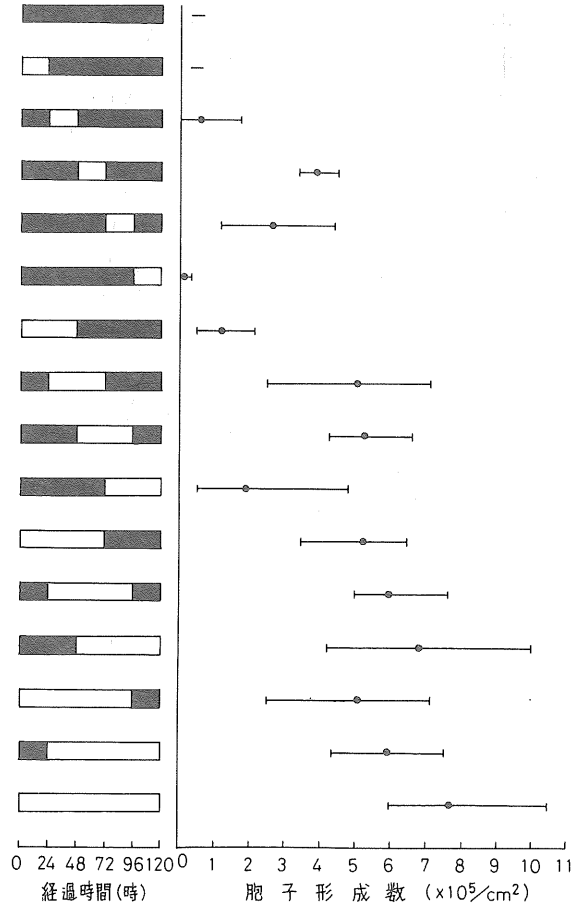
この結果を各種ガラスフィルター透過光の波長(第24図)と対比して、光源として用いた蛍光灯の波長310~700nmの範囲では、大まかに考えてほぼ310~350nmの光が胞子形成に有効と考えられる。



第25図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす各種ガラスフィルターを透過した光の影響



第24図 各種ガラスフィルター(東芝ガラスフィルター)による光の透過
(「入江製作所総合カタログ」から転写) a~k: 第8表を参照。



第26図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす光の照射時期と時間の影響

□ BL-B 蛍光灯照射, ■ 暗黒。

5. 光の照射時期と時間の影響

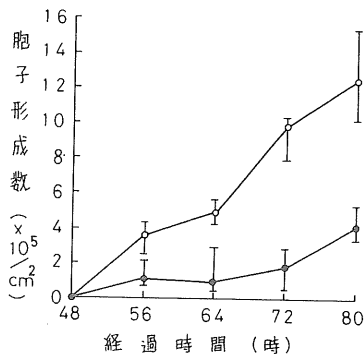
120時間の培養時間の各時期に、24・48・72・96時間BL-B蛍光灯を照射した。

第26図に示すように、連続的に照射して最も多数の胞子が形成された。ついで、96・72時間の各時期照射と48時間照射のうちの24～72時・48～96時照射できわめて多数形成され、また24時間照射のうちの48～72時・72～96時照射でも多数形成された。これに対して、24時間照射のうちの24～48時照射と48時間照射のうちの0～48時・72～120時照射では少数しか形成されなかった。また、全期間連続暗黒と24時間のうちの0～24時・96～120時照射では胞子は形成されなかった。したがって、多数の胞子を得るためには長時間照射すること、また少なくとも48～96時に照射することが必要と考えられる。

6. 分生胞子形成の各段階に及ぼす光の影響

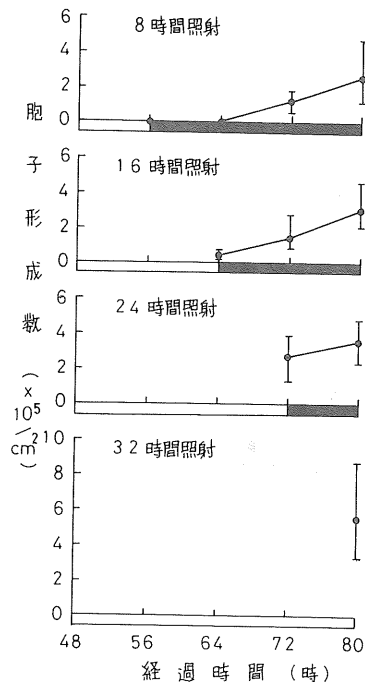
本菌の分生胞子形成は分生子柄の生成、分生子柄上での胞子形成の2段階を経て完了する(2を参照)が、その各段階の進行に及ぼす光の影響を調べた。一定時期に一定時間BL-B蛍光灯を照射して、胞子形成数と顕微鏡下での分生子柄生成・胞子形成の経過を調べた。後者の実験法はつぎのとおりである。直径4mm、高さ2mmのPSAの円盤をスライドグラス上に固定して、白金耳で本菌の胞子懸濁液を塗った。これを湿したろ紙を敷いたペトリ皿に入れ、サララップを張った。あらかじめ定めた位置の菌そうについて、一定時間ごとに経過を観察した。

連続暗黒下では、分生子柄生成と分生胞子形成は



第27図 光照射後の暗期におけるマツ類葉枯病菌の分生胞子形成(1)

—○— 48時間照射下培養後暗転
—●— BL-B 蛍光灯連続照射
—●— 48時間照射下培養後暗転。



第28図 光照射後の暗期におけるマツ類葉枯病菌の分生胞子形成(2)——48時間暗黒下培養後一定時間光照射——
□ BL-B 蛍光灯照射, ■ 暗黒。

まったく認められなかった。BL-B 蛍光灯を照射すると、48時間後にはかなり多数の分生子柄が生成されたが、まだ胞子形成はほとんど認められない。この時点で暗転すると、連続照射した場合に比べて胞子形成は少数であった(第27図; 図版IX, A)。

つぎに、48時間暗黒下培養後に照射すると、16時間後に分生子柄生成が開始し、20時間後には胞子形成が認められ、以後形成数が増加した。一方、照射16時間後に暗転すると、暗転後の胞子形成は連続して照射した場合に比べて少数であった(図版IX, B)。また、48時間暗黒下培養後に8・16・24時間BL-B 蛍光灯を照射して胞子形成数を調べたところ、第28図に示すように暗転後も胞子が形成されたが、照射時間が短いほど形成が遅延し、また形成数が少なかった。

第2節 二・三の培養条件と分生胞子形成

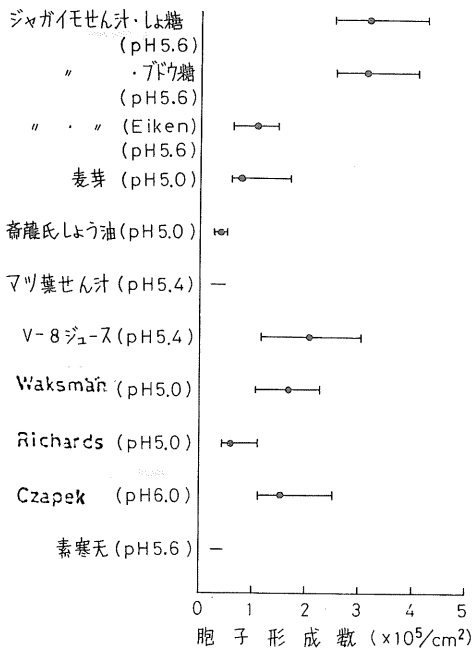
[実験方法]

第1節に準じる。

〔実験結果〕

1. 各種培地での胞子形成

11種類の寒天培地上で培養したが、第29図に示すようにジャガイモせん汁・しょ糖寒天 (PSA) とジャガイモせん汁・ブドウ糖寒天 (PDA) の両培地で最も多数の胞子が形成され、ついでV-8ジュース、Waksman, Czapekの各培地でも多数形成された。しかし、市販のジャガイモせん汁・ブドウ糖寒天培地 (「ポテトデキストロース寒天培地「栄研」」)、麦芽、斎藤氏しょう油、Richardsの各培地では形成数



第29図 各種寒天培地上でのマツ類葉枯病菌の分生胞子形成 (20°C)

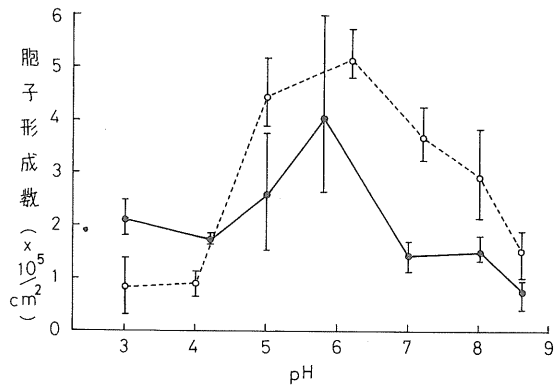
が少なく、マツ葉せん汁と素寒天の両培地では形成されなかった。なお、暗黒下ではいずれの培地でも胞子形成は認められなかった。

2. 温度の影響

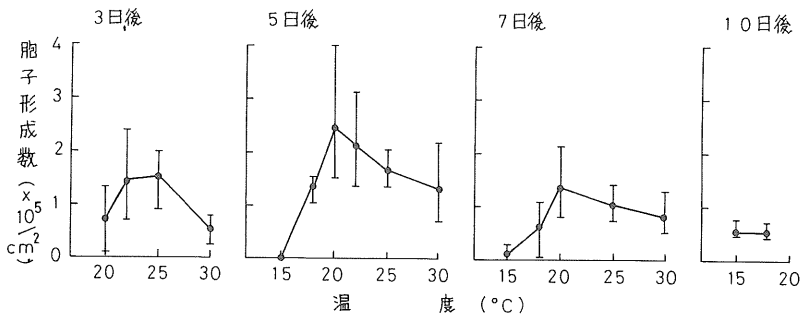
PSA上で培養したが、第30図に示すように植え付け3日後には22・25°Cで多数形成され、20・30°Cでは少数であった。5日後になると20°Cで最も多数形成され、ついで22・25°Cで多数形成されたが、18・30°Cでは少数であり、15°Cでは形成されなかった。7日後には18~30°Cでは5日後より形成数が減じた。7・10日後には15°Cでも少数ではあるが胞子形成が認められた。全期間を通して、20°C、5日後に最も多数の胞子が形成された。なお、暗黒下ではいずれの温度でも胞子形成は認められなかった。

3. pHの影響

HClまたはNaOHで各種pHに調整したPSA上で培養した。第31図に示すように、pH 5~6付近で最



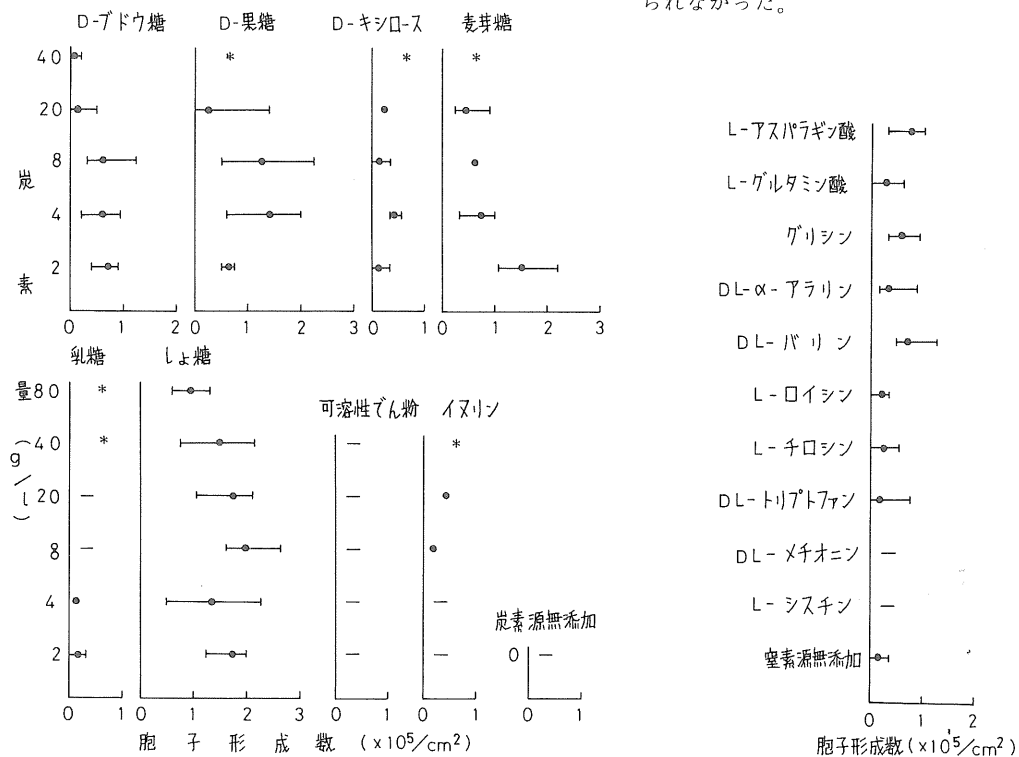
第31図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼすpHの影響 (ジャガイモせん汁・しょ糖寒天, 20°C)



第30図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす温度の影響 (ジャガイモせん汁・しょ糖寒天上)

も多数の胞子が形成され、これより酸性またはアル

カリ性に傾くにつれて形成数が減じた。なお、暗黒下ではいずれの pH でも胞子形成は認められなかった。

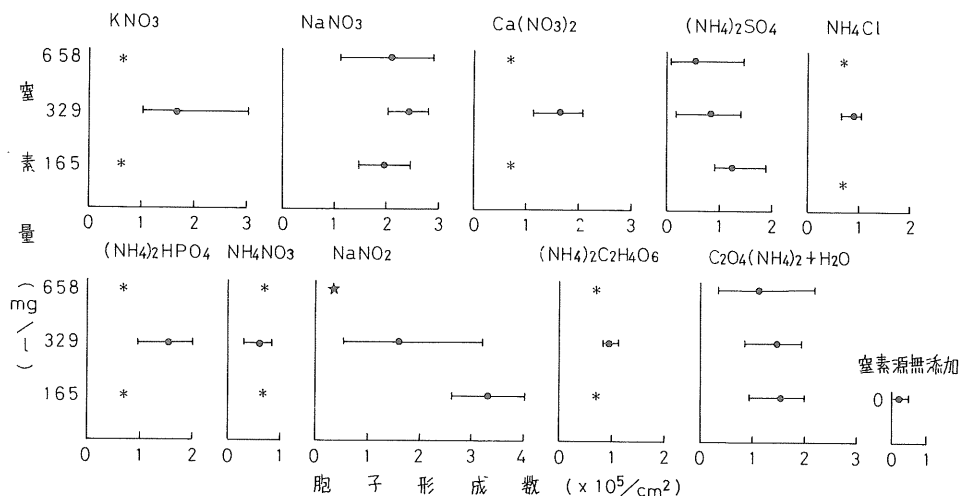


第32図 各種炭素源とマツ類葉枯病菌の分生胞子形成との関係

* 試験せず。

第34図 各種アミノ酸とマツ類葉枯病菌の分生胞子形成との関係

窒素量はいずれも 329mg/l。



第33図 各種硝酸態・亜硝酸態・アンモニア態窒素とマツ類葉枯病菌の分生胞子形成との関係

★ 植え付けた胞子発芽せず。* 試験せず。

第3節 栄養条件と分生孢子形成

〔実験方法〕

第2章第3節に記した Czapek 液に準じた培養液に寒天を 20 g/l 加えたものを基本に用いた。なお、培地の pH は、L-アスパラギン酸、L-グルタミン酸を加用した培地のみ NaOH で pH 6 付近に調整した。その他の培地の pH は 5~7 付近であり、調整しなかった。その他の方法は第1節に準じる。

〔実験結果〕

1. 各種炭素源の影響

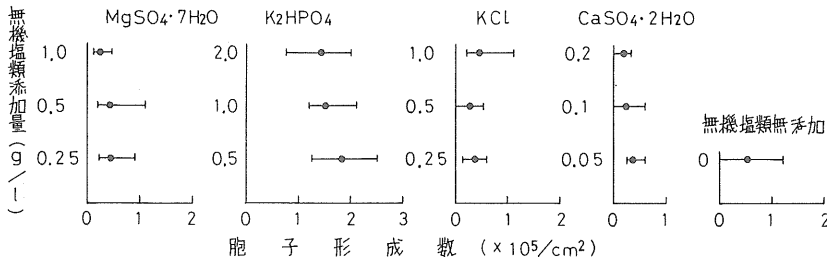
窒素源には NaNO_3 を用いて 8 種類の炭素源の影響を比較した。第32図に示すように、しょ糖ではいずれの濃度でも多数の孢子が形成された。D-ブドウ糖、D-果糖および麦芽糖では低濃度で形成数が

多く、高濃度では少数であった。他の炭素源と無添加の場合は、少数形成されるかまたは形成されなかった。

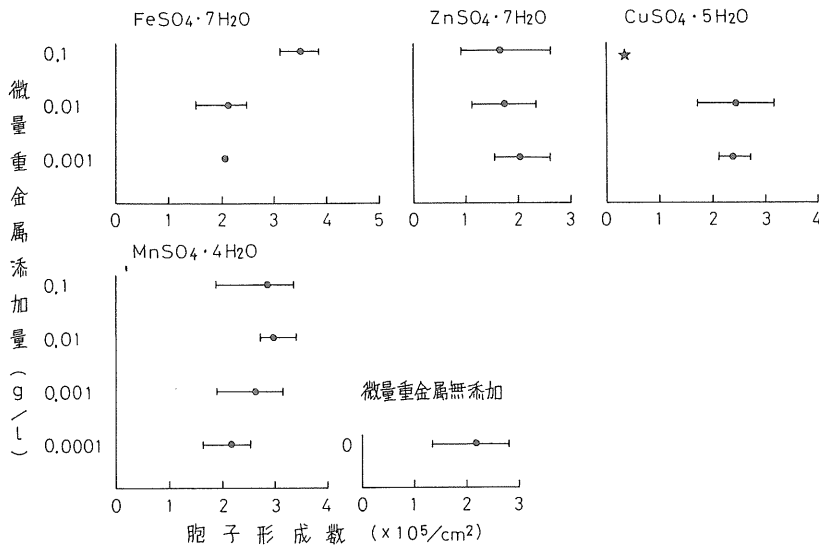
2. 各種窒素源の影響

炭素源にはしょ糖を用いて 8 種類の硝酸塩、亜硝酸塩およびアンモニア塩の影響を比較した。第33図に示すように、 KNO_3 、 NaNO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ および $\text{C}_2\text{O}_4(\text{NH}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$ で孢子形成数が多かった。 NaNO_2 では低濃度で多数形成されたが、高濃度 (658mg/l) では植え付けた孢子が発芽しなかった。他の塩類では影響が認められなかった。

つぎに、10種類のアミノ酸を窒素量で各 329mg/l 添加して影響を比較した。第34図に示すように、DL-メチオニンとL-シスチンでは植え付けた孢子

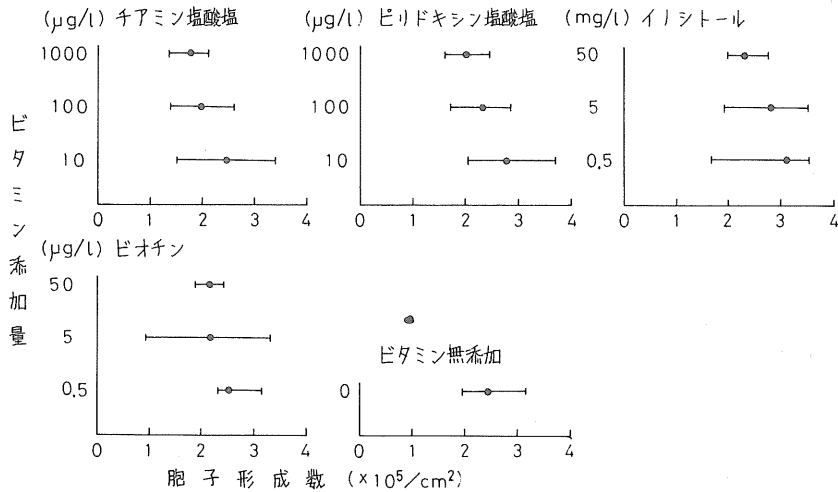


第35図 各種無機塩類とマツ類葉枯病菌の分生孢子形成との関係



第36図 各種微量重金属とマツ類葉枯病菌の分生孢子形成との関係

★ 植え付けた孢子発芽せず。



第37図 各種ビタミンとマツ類葉枯病菌の分生胞子形成との関係

の発芽が不良であり、また胞子形成が認められなかった。他のアミノ酸では、無添加の場合と同様に少数しか形成されなかった。

3. 各種無機塩類の影響

炭素源にはしょ糖、窒素源には NaNO_3 を用いて4種類の無機塩類の影響を比較した。第35図に示すように、 K_2HPO_4 を加えた場合にはいずれの濃度でも多数の胞子が形成された。しかし、他の無機塩類では影響が認められなかった。

4. 各種微量重金属の影響

炭素源にはしょ糖、窒素源には NaNO_3 を用いて4種類の微量重金属の影響を比較した。第36図に示すように、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を高濃度 (0.1 g/l) 添加するときわめて多数の胞子が形成された。しかし、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ と $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ではいずれの濃度でも、また $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ と $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の低濃度では影響が認められなかった。 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の高濃度 (0.1 g/l) では植え付けた胞子が発芽しなかつ

た。

5. 各種ビタミンの影響

炭素源にはしょ糖、窒素源には NaNO_3 を用いた基本培養液に活性炭を 5 g/l 加えて既存のビタミンを除き、また寒天は Robbins の方法³⁾で純化した。高圧滅菌後4種類のビタミンをそれぞれ添加してその影響を比較した。第37図に示すように、いずれのビタミンも胞子形成に影響を及ぼさなかった。

6. 分生胞子形成に適する合成培地

以上の実験によって本菌の胞子形成に有効であった各栄養源を混合して、つぎの培地を作った。

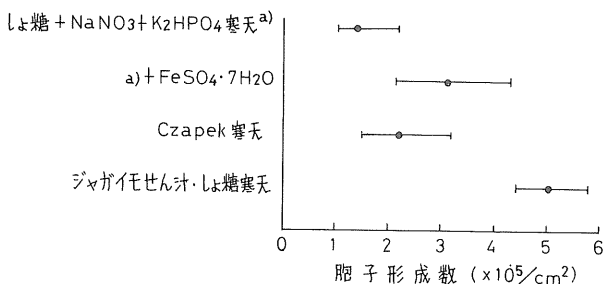
しょ糖：20 g
 NaNO_3 ：2.0 g
 K_2HPO_4 ：1.0 g
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ：0.1 g
 寒天：20 g
 蒸留水：1 l
 pH 5.8

第38図に示すように、本培地の胞子形成数は PSA には及ばないが、Czapek 寒天培地と本培地の組成から $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を除いたものに比べて多数の胞子が形成された。

第4節 菌株別にみた分生胞子形成

〔実験方法〕

第3表(8ページ)に示した26菌株の胞子形成を比較した。まず菌そう破砕片を植え付けた場合の形成数を調べ、これによって多数の胞子が形成された菌株については、



第38図 マツ類葉枯病菌の分生胞子形成に適する合成培地

その培地上形成胞子を移植した場合の形成数も調べた。その他の方法は第1節に準じる。

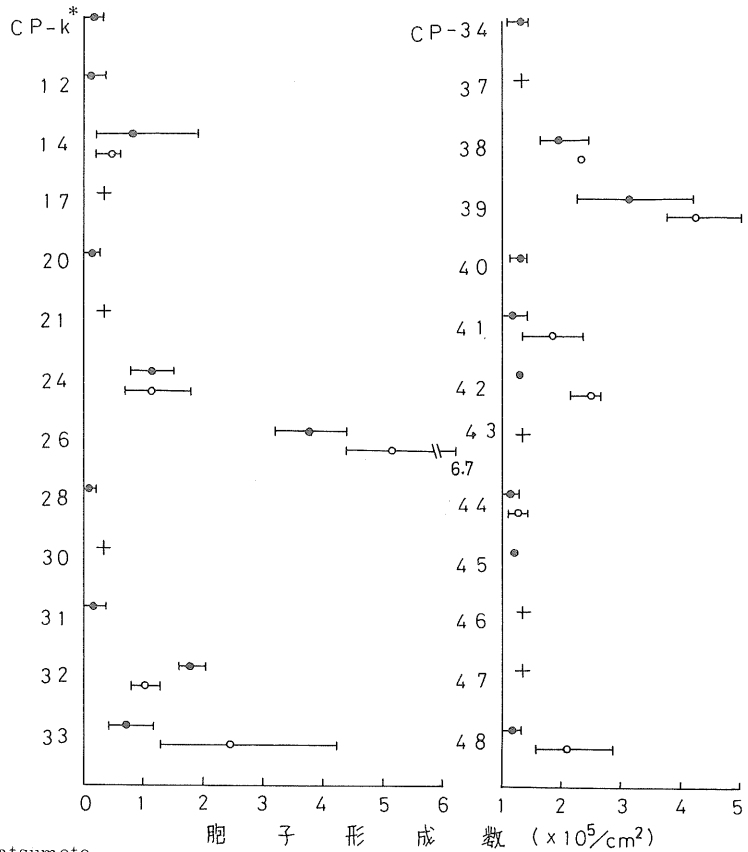
〔実験結果〕

第39図に示すように、供試した全菌株に胞子形成が認められた。しかし、形成数は菌株間で大差があった。10⁴/cm²以上形成されたのは19菌株であり、そのうちの8菌株(CP-24・26・32・33・38・39・42・48)は10⁵/cm²以上形成された。とくにCP-26はきわめて多数の胞子が形成された。

第5節 まとめ

本菌の培地上における分生胞子形成は、光(BL-B 蛍光灯)の照射によって顕著に誘導された。他の多くの *Cercospora* 属菌、すなわち Kilpatrick & Johnson⁸⁴⁾ が供試した11種の *Cercospora* 属菌、*C. arachidicola*¹⁶⁰⁾, *C. beticola*^{19, 20)}, *C. canescens* Ell. et Mar. (アズキ褐斑病菌)¹¹⁸⁾, *C. kikuchii* Matsumoto^{188, 208)} et Tomoyasu (ダイズ紫斑病菌) *C. nicotianae* Ell. et Ev. (タバコ白星病菌)¹⁶⁶⁾, *C. personata*⁹⁻¹¹⁾, *C. rodmanii* Conway (ホテイアオイの葉枯病菌)²²⁾, *C. sequoiae*^{80, 226)}, *C. sequoiae* Ell. et Ev. var. *juniperi* (Eastern redceder の葉枯病菌)¹⁴¹⁾ についても、分生胞子形成に光が必要であることが断片的にはあるが報告されている。しかし、*C. gossypina* Cooke (*Mycosphaerella gossypina* (Atk.) Earle, ワタ葉焼病菌)¹²⁰⁾ のみは例外で、分生胞子形成は光によって抑制される。

本菌の分生胞子形成は、室内散光下では暗黒下と同様に生じなかった。また、BL-B 蛍光灯の連続照射下で最も多数形成され、照射の前・後または中間に暗期を入れると形成数は減少した。他の *Cercospora* 属菌のいくつか^{80, 84, 226)} は、室内の弱光下でも胞子が形成される。白色蛍光灯などの人工の光を照射した場合には、*C. beticola*¹⁹⁾ は連続照射と明暗周期との処理間には差が認められない。*C. sequoiae*²²⁶⁾ の胞子形成は、光照射後に暗黒下に置いた場合に生じる。また、*C. kikuchii*¹⁸⁸⁾ と *C. personata*¹¹⁾ の胞子は連続照射下でも形成されるが、照射後に暗期を入れ



第39図 マツ類葉枯病菌の菌株別分生胞子形成
* 菌株番号。 ●—● 菌そう破砕片移植、
○—○ 胞子移植。 + 形成数 1,000/cm² 以下。

ることによって形成数が増加する。このように、*Cercospora* 属菌のうちでも種によって胞子形成の光依存性が異なっている。⁸⁵⁾ 陳野²²⁶⁾, 清原・徳重⁸⁵⁾ および周藤¹⁷⁴⁾ による *C. sequoiae* または本菌の培地上胞子形成法では、胞子形成に先立って病葉上に見られるような緊密な菌核・子座状の組織を作る必要があった。しかし、本法ではこれとは異なり、分生子柄が幼若な菌糸に直接生成され、この上に胞子が形成された。*Mycosphaerella horii* Hara (カンキツ黄斑病菌)²¹⁸⁾, *C. jasmynicola*²⁸⁾, *C. kikuchii*⁷³⁾, *C. nicotianae*³⁰⁾ などについても、本法による本菌の胞子形成と同様な形態で分生胞子が形成される。²⁰⁾ Calpouzos & Stallknecht²⁰⁾ は *C. beticola* について、光の強さが強いほど多数の胞子が形成されると報告した。本菌も、本実験における最も強い光(100μW/cm²)で最も多数の胞子が形成されたが、こ

れより弱い光の間では形成数に差が認められなかった。一方、*Pyricularia oryzae*²¹⁹⁾では孢子形成を誘起するのに要する光の強さはきわめて弱く2 μ W/cm²以下であり、これ以上の強い光を照射しても形成数が増加しない。

本菌の分生孢子形成に及ぼす光の波長の影響について二・三の実験を行ったが、それらの結果を総合すると、孢子形成には近紫外光のうちのほぼ310～350nmの光が有効と考えられる。他の*Cercospora*属菌では、*C. beticola*²⁰⁾は355nm以下の光によって、*C. personata*¹⁰⁾は325～350nmの光をよく透過するペトリ皿で培養した場合に、また*C. sequoiae*²²⁶⁾は青色光～近紫外光付近の光によって孢子が形成される。

本菌の分生孢子形成は菌植え付け48～96時後の光照射によって顕著に誘起され、菌の生長段階(菌齡)と孢子形成とは密接な関係があると考えられる。なお、連続照射下で培養した場合は、孢子は48～84時間の間に急増してピークに達した。*C. beticola*²⁰⁾については、18℃で、孢子植え付け72～96時後の光照射で多数の孢子が形成される。

本菌の分生孢子形成を分生子柄の生成と孢子の形成の2段階に分けて光の影響をみると、分生子柄生成の段階は光(BL-B 蛍光灯)が照射されなければ進行しない。光の連続照射下で多数の孢子が形成され、また光照射によって分生子柄生成を誘起した後に暗転すると、形成数は連続照射下に比べて少数であった。したがって、他の菌^{2,50)}で知られているように、光が孢子形成の段階の進行を阻害するとは考えられない。

本菌の分生孢子形成には、糸状菌の培養に普通使われているPSAとPDAで充分かつ最適であったが、市販のPDAでは孢子形成が不良であった。*Cercospora*属菌を含む多くの菌^{6,31,80,95,120,125,165)}の孢子形成にV-8ジュース寒天培地が用いられている。本菌もこの培地上で多数の孢子が形成された。一方、菌そう生長に最適である斎藤氏しょう油寒天培地は、孢子形成には不適であった。また、各感受体の葉せん汁培地で培養して孢子形成に成功したいいくつかの*Cercospora*属菌^{5,6,125,160,208,217)}が知られている。しかし、本菌はマツ葉せん汁寒天培地上では孢子を形成しなかった。

*C. nicotianae*¹⁶⁶⁾の分生孢子形成適温は18℃であり、菌そう生長適温が26℃であるのに比べてかなり低温である。本菌の孢子形成も、菌そう生長が23～30℃で良好であるのに対して、より低温の20℃

が適していた。

*C. beticola*¹⁹⁾の分生孢子は、15℃では光照射下で暗黒下より多数形成されるが、30℃では暗黒下でより多数形成される。しかし、本菌は暗黒下ではいずれの温度でも孢子は形成されなく、孢子形成に対する光と温度との相互作用は認められなかった。

本菌の分生孢子形成に適する培地のpHは菌そのの生長に適するそれと一致してpH5～6付近であった。*C. sequoiae*²²⁶⁾も、本菌と同様にpH5付近で孢子形成が良好である。

本菌の分生孢子形成に適する栄養条件は、菌そのの生長に適する条件(第2章第3節)とはかなり異なり、炭素源としてはしょ糖、窒素源としては主として硝酸塩類、無機塩類としてはK₂HPO₄、微量重金属としてはFeSO₄・7H₂Oが適していた。このように繁殖生長と栄養生長が異なる栄養条件に支配されることは、*C. coffeicola*¹⁶⁸⁾と*C. nicotianae*¹⁶⁵⁾についても報告されている。

他の*Cercospora*属菌の分生孢子形成に有効な栄養条件をみると、*C. coffeicola*¹⁶⁸⁾にはブドウ糖・マニトール以外の炭素源、L-トリプトファン、微量の亜鉛と鉄が、*C. nicotianae*¹⁶⁵⁾には低濃度(0.5%)のしょ糖、アンモニア塩類およびDL-ロイシンが、*C. personata*^{12,189)}にはラフィノース、グリシンおよび有機酸のマローネが、また*C. sequoiae*²²⁶⁾には炭素源ではブドウ糖、果糖、ガラクトースおよびしょ糖、窒素源ではアンモニア塩類、グルタミン酸、L-イソロイシン、L-セリン、L-アラニンおよびL-バリンが有効である。また、*C. beticola*¹⁰⁶⁾はチアミン、*C. personata*^{13,189)}はリボフラビン、*C. viticola*¹⁵⁵⁾はチアミン、ピリドキシンおよびクロンのそれぞれの培地への添加によって孢子形成が促進される。このように*Cercospora*属菌のうちでも孢子形成に有効な栄養源は種によって異なり、また本菌と同様なものはなかった。

陳野²²⁶⁾による*C. sequoiae*の分生孢子形成法では、新しい分離菌株はいずれも多数の孢子を形成した。しかし、*C. citrullina* Cooke(スイカ斑点病菌)⁴²⁾、*C. kikuchii*^{73,188)}、*C. musae* Zimm. (*Mycosphaerella musicola* Leach, バナナ斑葉病菌)¹⁸⁾、*C. nicotianae*⁸⁰⁾、*C. sequoiae*(川崎ら⁸⁰⁾の方法による)などは、菌株によって孢子形成の有無または多少が認められている。なお、*C. musae*¹⁸⁾では、遺伝的に孢子形成因子を持つ因子と持たない菌子がある。本菌も、菌株間で孢子形成数に大差があった。この差異は、感受体、採集地、分離源、菌株の新古などと

は関係がなかった。

第4章 マツ類葉枯病菌の病原性

マツ類葉枯病菌のマツ類に対する接種試験は清原・徳重⁸⁶⁾、周藤・猪古¹⁷²⁾、周藤¹⁷⁶⁾およびIto⁶⁶⁾によって行われ、その病原性が確認された。また、Suto¹⁸⁶⁾はマツ属以外の数種の針葉樹苗が本菌に侵されることを接種試験によって明らかにした。しかし、接種の際の各種条件と発病との関係については報告がないので、まずこの試験を行った。ほ場において、本病に侵された各種マツの発病程度を比較して観察したいいくつかの報告^{65,69,79,86,134)}がある。しかし、各樹種の感受性は、正確には同一条件下での接種試験によって比較されるべきである。本章では、33種のマツに対して培地上に形成された分生胞子を用いて接種試験を行い、樹種間の感受性を苗齢別に調べた。また、菌株間の病原性の差についても検討した。

第1節 接種条件と発病

〔実験方法〕

クロマツ、スラッシュマツ (*P. elliotii* Engelm.) およびラジアタマツの1・2年生苗に接種した。苗木は植木鉢に育苗して、1処理区当たり1年生苗は10~30本、2年生苗は5本用いた。

菌株CP-26を供試し、第3章に述べた方法で培地上に形成させた分生胞子を殺菌蒸留水を噴霧して離脱させて胞子懸濁液を作り、これに展着剤としてTween # 20を500ml当たり1白金耳添加した。これを小型噴霧器を用いて健全苗木に噴霧した。噴霧量は全葉が十分にぬれる程度とし、1苗木当たり1年生苗に対しては0.3~1ml、2年生苗に対しては4~5mlとした。対照区の苗木には殺菌蒸留水を噴霧した。

接種は野外で行い、接種後直ちにポリエチレン袋で苗木を覆って温室状態にし、さらに寒冷しゃで日よけをした。接種2日後にポリエチレン袋と寒冷しゃを除去した。

接種60日後に、1年生苗では苗木全体の葉、2年生苗では当年葉のうち第一枝階の枝に展開した葉について、発病程度をつぎの段階に分けて調べた。

- 0: 発病を認めない。
- 0.5: ごく少数の葉が発病。
- 1: 少数の葉が発病。
- 2: 約 $\frac{1}{3}$ の葉が発病。

第7表 マツ類葉枯病菌の分生胞子の濃度と発病との関係——1年生苗についての試験——

樹種	分生胞子数	発病指数 ^{a)}	潜伏期間(日)
クロマツ	5×10 ⁴ /ml	3.8	15
	15×10 ⁴	4.7	15
	50×10 ⁴	5.1	15
	0	0	—
スラッシュマツ	5×10 ⁴	1.8	26
	15×10 ⁴	2.3	26
	50×10 ⁴	3.3	26
	0	0	—
ラジアタマツ	5×10 ⁴	5.9 ^{*b)}	15
	15×10 ⁴	5.6 [*]	15
	50×10 ⁴	5.9 [*]	15
	0	0	—

昭和50年8月24日接種。

a) 接種60日後の結果。

b) *印には枯死苗発生。

第8表 マツ類葉枯病菌の分生胞子の濃度と発病との関係——2年生苗についての試験——

樹種	分生胞子数	発病指数 ^{a)}	潜伏期間(日)
クロマツ	5×10 ⁴ /ml	2.6	19
	15×10 ⁴	3.6	19
	50×10 ⁴	4.8	19
	0	0	—
スラッシュマツ	5×10 ⁴	0.8	26
	15×10 ⁴	0.5	26
	50×10 ⁴	1.0	26
	0	0	—
ラジアタマツ	5×10 ⁴	5.0 ^{*b)}	19
	15×10 ⁴	5.0	19
	50×10 ⁴	5.0 [*]	19
	0	0	—

昭和50年8月24日接種。

a) 接種60日後の結果。

b) *印には枯死苗発生。

- 3: 約 1/2 の葉が発病。
- 4: 約 2/3 の葉が発病。
- 5: ほとんど全葉が発病。
- 6: 全葉が発病して苗木は枯死(1年生苗につ
いてのみの指数)。

そして各試験区の発病指数をつぎの式で求めた。

$$\frac{0n_0 + 0.5n_{0.5} + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + 5n_5 + 6n_6}{N}$$

$n_0, n_{0.5}, \dots, n_6$: 発病指数 0, 0.5, …… 6

別の苗木数; N: 全苗木数。

〔実験結果〕

1. 分生胞子の濃度と発病

分生胞子数 $5 \times 10^4 \cdot 15 \times 10^4 \cdot 50 \times 10^4 / \text{ml}$ の懸濁液を噴霧した。

1年生苗についての試験では、第7表に示すようにラジアタマツはいずれの濃度でもきわめて激しく発病した。ついでクロマツが激しく発病し、スラッシュマツは軽く発病したが、これら2樹種では高濃度の場合ほど発病程度が激しかった。

2年生苗についての試験では、第8表に示すようにラジアタマツはいずれの濃

度でも激しく発病した。ついでクロマツが激しく発病したが、高濃度の場合ほど発病程度が激しかった。スラッシュマツはいずれの濃度でも軽く発病したに過ぎなかった。

2. 温室期間と発病

接種後、苗木を 25°C で 24・48・72 時間温室に保った場合を比較した。

第9表に示すように、クロマツ、ラジアタマツとも激しく発病したが、各温室期間の間に発病程度に大きな差が認められなかった。

3. 接種時期と発病

1年生苗については昭和 53年 6～10月の各月中

第9表 温室期間とマツ類葉枯病の発病との関係
——1年生苗についての試験——

樹種	温室期間 (時間)	接 種		対 照
		発病指数 ^{a)}	潜伏期間(日)	発病指数
ク ロ マ ツ	24	4.8	24	0
	48	5.0	24	0
	72	5.0	24	0
ラジアタマツ	24	4.4	16	0
	48	4.5	16	0
	72	5.1	14	0

昭和 51年 8月 31日 接種。

a) 接種 60日後の結果。

第10表 マツ類葉枯病菌の時期別接種試験(1)
——1年生苗についての試験——

接 種 月 日	ク ロ マ ツ		ラジアタマツ	
	発病指数 ^{a)}	潜伏期間(日)	発病指数	潜伏期間(日)
昭和 53年 6月 15日	5.6 ^{*b)}	19	6.0 [*]	16
7月 14日	4.9	14	5.3	10
8月 15日	5.0	16	5.1	13
9月 14日	2.9	19	4.0	16
10月 14日	0.1	25	2.6	20

a) 接種 60日後の結果。

b) *印には枯死苗発生。

第11表 マツ類葉枯病菌の時期別接種試験(2)

— 2年生苗についての試験 —

接 種 月 日	ク ロ マ ツ		ラ ジ ア タ マ ツ	
	発病指数 ^{a)}	潜伏期間(日)	発病指数	潜伏期間(日)
昭和52年 5月17日	0	—	0.7	45
6月15日	1.8	45	4.8	30
7月17日	5.0	22	5.0 ^{*b)}	13
8月16日	5.0	20	5.0	13
9月16日	3.2	50	3.5	25
10月14日	0	—	2.5	42

a) 接種60日後の結果。

b) *印には枯死苗発生。

旬、また2年生苗については昭和52年5～10月の各月中旬に接種した。

1年生苗についての試験では、第10表に示すように6～8月の接種で激しく発病した。6月接種では潜伏期間は7・8月接種より長かったが、病勢が急速に進行してラジアタマツは全苗が、またクロマツ苗は約70%が枯死した。これに比べて9・10月接種では発病程度が軽く、とくに10月接種のクロマツにはきわめて軽微な発病が認められたに過ぎなかった。なお、潜伏期間はクロマツで14～25日、ラジアタマツで10～20日であり、7・8月の接種で短かった。

2年生苗についての試験でも、第11表に示すように両樹種とも7・8月の接種で激しく発病し、とくに7月に接種したラジアタマツは全苗が枯死した。6月接種では潜伏期間が7・8月接種に比べて長く、クロマツでは軽く発病したに留まったが、ラジアタマツでは病勢が急速に進展して激しく発病した。これに比べて9月接種では両樹種とも発病程度が軽く、また5・10月接種ではラジアタマツは軽く発病したが、クロマツには発病が認められなかった。なお、潜伏期間はクロマツで20～50日、ラジアタマツで14～45日であり、7・8月接種で短かった。

第2節 各種マツに対する接種試験

〔実験方法〕

マツ属33種、マツ属以外の針葉樹3種の1・2・3～5年生苗に接種した(第12表)。苗木は植木鉢または露地に育苗し、1回の試験当たり1年生苗は

20～40本、2年生苗は10～12本、3～5年生苗は5～10本用いた。試験はなるべく2回以上行い、発病指数と潜伏期間の平均値を求めた。その他の方法は第1節に準じる。

〔実験結果〕

1. 1年生苗

第13表に示すように、最も激しく発病したのはハレベンスマツ、ベンケツマツ、ブソイドストローブマツ(*Pinus pseudostrobus* Lindl.)ラジアタマツ、アテヌアタマツ(*P. attenuata* Lemm.)およびムリカタマツ(*P. muricata* D. Don)であり、全葉が侵されて20%以上の枯死苗が生じた。ついで発病程度が激しかったのはストローブマツ、アリストマツ(*P. aristata* Engelm.)カナリアマツ(*P. canariensis* C. Smith)カサマツ(*P. pinea* L.), ヨーロッパクロマツ(*P. nigra* Arnold.), ポンデロサマツ(*P. ponderosa* Laws.), ジェフレイマツ(*P. jeffrey* Grev. & Balf.), サビニアマツ(*P. sabiniana* Dougl.)およびバンクスマツ(*P. banksiana* Lamb.)であり、多数または全部の葉が侵されたが枯死苗は生じないか20%未満であった。中程度に発病したのはチョウセンゴヨウ(*P. koraiensis* Sieb. et Zucc.), ハイマツ(*P. pumila* Regel), フランスカイガンショウ, ヨーロッパアカマツ(*P. sylvestris* L.), アカマツ, クロマツ, リュウキュウマツ, リギタマツ(*P. rigida* Mill.), パツラマツおよびオーカルバマツであり、ほぼ半数の葉が侵された。軽く発病したのはヒマラヤゴヨウ(*P. griffithii*

表12表 マツ類葉枯病菌の接種試験に用いた樹種の一覧表

樹	種	分	布	供試種子の産地
チヨウセンゴヨウ (<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.)		アジア西北部		岩手県盛岡市 ; 大韓民国, 京城
ハイマツ (<i>P. pumila</i> Regel)		"		秋田県, 八幡平
ストロブマツ (<i>P. strobus</i> L.)		カナダ東南部と米国東北部		米国, ニューヨーク州
ヒマラヤゴヨウ (<i>P. griffithii</i> McClland)		ヒマラヤ山脈		インド, ヒマラヤ山脈
ゴヨウマツ (<i>P. parviflora</i> Sieb. et Zucc.)		日本と鬱陵島		日本
エドリスマツ (<i>P. edulis</i> Engelm.)		米国西南部		米国, コロラド州
アリストマツ (<i>P. aristata</i> Engelm.)		"		"
カナリアマツ (<i>P. canariensis</i> C. Smith)		カナリア諸島		カナリア諸島
カサマツ (<i>P. pinea</i> L.)		地中海地域		イタリア
レジノザマツ (<i>P. resinosa</i> Ait.)		カナダ東南部と米国東北部		米国, ミシガン州
ヨーロッパクロマツ (<i>P. nigra</i> Arnold.)		ヨーロッパ南部		オーストリア
フランスカイガンショウ (<i>P. pinaster</i> Ait.)		地中海地域		地中海地域
ハレペンスマツ (<i>P. halepensis</i> Mill.)		"		"
ヨーロッパアカマツ (<i>P. sylvestris</i> L.)		ユーラシア大陸北部		ドイツ
アカマツ (<i>P. densiflora</i> Sieb. et Zucc.)		日本, 朝鮮半島および中国		島根県
クロマツ (<i>Pinus thunbergiana</i> Franco) ^{a)}		日本と朝鮮半島南部		島根県
リュウキュウマツ (<i>P. luchuensis</i> Mayr)		琉球諸島		鹿児島県名瀬市
ベンケツマツ (<i>P. insularis</i> Mill.)		東南アジア		フィリピン
ダイオウマツ (<i>P. palustris</i> Mill.)		米国東南部		米国, ジョージア州
テーダマツ (<i>P. taeda</i> L.)		"		"
エチナタマツ (<i>P. echinata</i> Mill.)		"		"

第12表のつづき

樹	種	分	布	供試種子の産地
リギタマツ (<i>P. rigida</i> Mill.)		米国	東北部	米国, ニューヨーク州
スラッシュマツ (<i>P. elliotii</i> Engelm.)		米国	東南部	米国, ジョージア州
ボンデロサマツ (<i>P. ponderosa</i> Laws.)		カナダ	西北部, 米国西部 およびメキシコ北部	米国, オレゴン州
ジェフレイマツ (<i>P. jeffrey</i> Grev. & Balf.)		米国	西南部とメキシコ北部	〃
プソイドストローブマツ (<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.)		中央	アメリカ	グアテマラ
サビニアマツ (<i>P. sabiniana</i> Dougl.)		米国,	カリフォルニア州	米国, カリフォルニア州
バンクスマツ (<i>P. banksiana</i> Lamb.)		カナダ	東部と米国東北部	米国, ニューヨーク州
ラジアタマツ (<i>P. radiata</i> D. Don)		米国,	カリフォルニア州	米国, カリフォルニア州
アテヌアタマツ (<i>P. attenuata</i> Lemm.)		米国,	オレゴン・カリフォルニア州とメキシコ北部	米国, オレゴン州
ムリカタマツ (<i>P. muricata</i> D. Don)		米国,	カリフォルニア州	米国, カリフォルニア州
パツラマツ (<i>P. patula</i> Schiede & Deppe)		メキシコ	東部	タンザニア
オーカルパマツ (<i>P. oocarpa</i> Schiede)		中央	アメリカ	グアテマラ
アメリカトガサワラ (<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirbel) Franco)		カナダ	西南部と米国西部	米国, アイダホ州
カラマツ (<i>Larix leptolepis</i> Gold.)		日本,	本州	長野県
ヒマラヤスギ (<i>Cedrus deodara</i> Loud.)		ヒマラヤ	山脈	(産地不明)

マツ属各種の学名と分布は Critchfield & Little²³⁾ による。

a) = *Pinus thunbergii* Parl.

McClland), ゴヨウマツ, エドリスマツ (*P. edulis* Engelm.), ダイオウマツ (*P. palustris* Mill.), テーダマツ (*P. taeda* L.), スラッシュマツ, アメリカトガサワラ (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) およびカラマツ (*Larix leptolepis* Gold.) であり, 少数の葉が侵されたに過ぎなかった (図版 II)。なお, 各樹種とも対照区の苗木は発病しなかった。

潜伏期間は13~32日であり, 発病程度が激しい樹種ほど短い傾向を示した。

各樹種とも, 子葉と初生葉が本葉 (尋常葉) よりやや激しく侵された。なお, ストローブマツ, ヒマラヤゴヨウ, エドリスマツ, アリスタマツ, カナリアマツ, カサマツ, ハレベンスマツ, ベンケットマツ, ボンデロサマツ, ジェフレイマツ, バンクスマツ, パツラマツおよびオーカルパマツは子葉と初生

第13表 各種マツに対するマツ類葉枯病菌の接種試験(1)
 ——1年生苗についての試験——

樹 種	接 種 回 数 ^{a)}	接 種		対 照
		発 病 指 数 ^{b)}	潜 伏 期 間(日)	
チ ョ ウ セ ン ゴ ヨ ウ	2	2.7	25	0
ハ イ マ ツ	1	3.0	19	0
ス ト ロ ー プ マ ツ	4	4.0	21	0
ヒ マ ラ ヤ ゴ ヨ ウ	2	1.8	31	0
ゴ ヨ ウ マ ツ	2	1.6	26	0
エ ド リ ス マ ツ	2	0.8	28	0
ア リ ス タ マ ツ	2	4.4 ^{*c)}	21	0
カ ナ リ ア マ ツ	2	4.5	19	0
カ サ マ ツ	1	4.0	18	0
ヨ ー ロ ッ パ ク ロ マ ツ	2	4.9	20	0
フ ラ ン ス カ イ ガ ン シ ョ ウ	3	3.7	29	0
ハ レ ベ ン ス マ ツ	1	5.4 [*]	13	0
ヨ ー ロ ッ パ ア カ マ ツ	1	3.3	21	0
ア カ マ ツ	3	3.1	21	0
ク ロ マ ツ	5	3.8	19	0
リ ュ ウ キ ュ ウ マ ツ	2	3.7	21	0
ベ ン ケ ッ ト マ ツ	1	5.1 [*]	13	0
ダ イ オ ウ マ ツ	2	0.5	32	0
テ ー ダ マ ツ	3	1.2	28	0
リ ギ ダ マ ツ	1	2.8	23	0
ス ラ ッ シ ュ マ ツ	3	1.4	28	0
ポ ン デ ロ サ マ ツ	2	4.9	19	0
ジ ュ フ レ イ マ ツ	2	4.1	19	0
プ ソ イ ド ス ト ロ ー プ マ ツ	1	5.1 [*]	13	0
サ ビ ニ ア マ ツ	1	5.0	13	0
バ ン ク ス マ ツ	2	4.1	18	0
ラ ジ ア タ マ ツ	5	5.3 [*]	16	0
ア テ ヌ ア タ マ ツ	1	5.7 [*]	13	0
ム リ カ タ マ ツ	2	5.1 [*]	18	0
パ ツ ラ マ ツ	2	2.9	24	0
オ ー カ ル バ マ ツ	2	3.5	19	0
ア メ リ カ ト ガ サ ワ ラ	1	0.8	27	0
カ ラ マ ツ	1	0.7	27	0

a) 昭和50年7月9日; 昭和51年7月16日, 8月24日; 昭和52年8月16日; 昭和53年8月15日; 昭和54年8月13日接種。

b) 接種60日後の結果。

c) *印には枯死苗発生。

葉のみで、本葉は展開しなかった。

2. 2年生苗

第14表に示すように、最も激しく発病したのはフランスカイガンショウ、ハレベンスマツ、ラジアタマツ、アテヌアタマツおよびムリカタマツであり、全葉が侵されて20%以上の枯死苗が生じた。ついで発病程度が激しかったのはストローブマツ、アリストマツ、カナリアマツ、カサマツ、ヨーロッパクロマツ、リュウキウマツ、ベンケツトマツ、ボンデロサマツ、ジェフレイマツ、プソイドストローブマツ、サビニアマツおよびバンクスマツであり、多数または全部の葉が侵されたが枯死苗は生じないか20%未満であった。中程度に発病したのはヨーロッパアカマツ、アカマツ、クロマツ、パツラマツおよびオーカルパマツであり、ほぼ半数の葉が侵された。軽く発病したのはチョウセンゴヨウ、ハイマツ、ヒマラヤゴヨウ、ゴヨウマツ、エドリスマツ、ダイオウマツ、テーダマツ、リギダマツ、スラッシュマツ、アメリカトガサワラ、カラマツおよびヒマラヤスギ (*Cedrus deodara* Loud.) であり、少数の葉が侵されたに過ぎなかった(図版Ⅲ, A~C・E)。なお、各樹種とも対照区の苗木は発病しなかった。

潜伏期間は14~43日であり、発病程度が激しい樹種ほど短い傾向を示した。

カナリアマツ、カサマツおよびハレベンスマツでは、当年葉として初生葉のみが展開した。前年葉は接種または調査時に他の原因で変色または枯死落葉している樹種が多かったので、調査の対象外とした。しかし、前年葉が付着している樹種では、前年葉は当年葉より激しく侵された。

3. 3~5年生苗

第15表に示すように、激しく発病したのはアリストマツ、カナリアマツ、カサマツ、フランスカイガンショウ、ハレベンスマツおよびラジアタマツであり、多数または全部の葉が侵された。発病程度が軽かったのはチョウセンゴヨウ、ストローブマツ、ゴヨウマツ、エドリスマツ、ヨーロッパアカマツ、リュウキウマツ、ベンケツトマツ、アテヌアタマツ、ムリカタマツ、オーカルパマツ、カラマツおよびヒマラヤスギであり少数の葉が侵されたに過ぎなかった(図版Ⅲ, D・F・G)。クロマツの正常に展開した葉は無発病であったが、新芽を摘んでその後生じた不定芽から展開した葉は中程度に発病した。その他の樹種では当年葉の発病は認められなかった。なお、各樹種とも対照区の苗木は発病しなかった。

潜伏期間は13~30日であり、発病程度が激しい樹

種ほど短い傾向を示した。

4. 樹種・苗齢別の感受性の比較

以上の実験によって、樹種間に本菌に対する感受性の差異が認められ、また同一樹種でも苗齢によって感受性が変化する樹種があることがわかった。そこで、各樹種・苗齢の感受性の判別を容易にするために、発病指数をつぎの反応型に分けて表示することにした。

SS (強感受性): 発病指数5.0以上, 20%以上の苗木が枯死。

S (感受性): 発病指数4.0~5.0, 枯死苗は生じないか20%未満。

MR (中間抵抗性): 発病指数2.5~3.9。

R (抵抗性): 発病指数0.1~2.4。

RR (強抵抗性): 発病を認めない。

各種マツの苗齢別反応型を第16表に示したが、1・2・3~5年生苗のいずれをも供試した31種のマツは、苗齢による感受性の変化によってつぎの3型に大別することができる。

I型——SS・S (1年生苗)-SS・S (2年生苗)-S (3~5年生苗)型: 苗齢にかかわらず激しく発病する。アリストマツ、カナリアマツ、カサマツ、フランスカイガンショウ、ハレベンスマツおよびラジアタマツの6種。

II型——SS・S・MR-SS・S・MR-R・RR型: 1・2年生苗では激しくまたは中程度に発病するが、3~5年生苗は軽く発病するか発病しない。ストローブマツ、ヨーロッパクロマツ、ヨーロッパアカマツ、アカマツ、クロマツ、リュウキウマツ、ベンケツトマツ、ボンデロサマツ、ジェフレイマツ、プソイドストローブマツ、サビニアマツ、バンクスマツ、アテヌアタマツ、ムリカタマツ、パツラマツおよびオーカルパマツの16種。

III型——MR・R-R-RR型: 1年生苗は中程度または軽く発病し、2年生苗は軽く発病し、3~5年生苗は軽く発病するか発病しない。チョウセンゴヨウ、ハイマツ、ヒマラヤゴヨウ、ゴヨウマツ、エドリスマツ、ダイオウマツ、テーダマツ、リギダマツおよびスラッシュマツの9種。

このような各種マツの反応型と Critchfield & Little²³⁾によるマツ属の分類体系との関係を第17表に示した。Strobis 亜属では供試した7種のうち2種を除いてはIII型であった。Pinus 亜属では、Ternatae 節の2種がいずれもI型、Australes 節の4種がいずれもIII型、また Ponderosae 節の3種がいずれもII型であった。

第14表 各種マツに対するマツ類葉枯病菌の接種試験(2)

—2年生苗についての試験—

樹 種	接種回数 ^{a)}	接 種		対 照
		発病指数 ^{b)}	潜伏期間(日)	
チ ョ ウ セ ン ゴ ヨ ウ	1	0.8	27	0
ハ イ マ ツ	1	1.8	19	0
ス ト ロ ー プ マ ツ	3	5.0	17	0
ヒ マ ラ ヤ ゴ ヨ ウ	2	1.1	43	0
ゴ ヨ ウ マ ツ	1	1.6	27	0
エ ド リ ス マ ツ	2	1.1	26	0
ア リ ス タ マ ツ	1	5.0	22	0
カ ナ リ ア マ ツ	2	4.0	17	0
カ サ マ ツ	3	4.7	20	0
ヨ ー ロ ッ パ ク ロ マ ツ	2	5.0	24	0
フ ラ ン ス カ イ ガ ン シ ョ ウ	4	5.0 *c)	17	0
ハ レ ペ ン ス マ ツ	1	5.0 *	17	0
ヨ ー ロ ッ パ ア カ マ ツ	3	3.2	21	0
ア カ マ ツ	5	3.0	22	0
ク ロ マ ツ	5	4.0	23	0
リ ュ ウ キ ュ ウ マ ツ	3	4.9	20	0
ベ ン ケ ッ ト マ ツ	1	4.8	21	0
ダ イ オ ウ マ ツ	1	2.4	27	0
テ ー ダ マ ツ	4	1.4	39	0
リ キ ダ マ ツ	1	1.8	17	0
ス ラ ッ シ ュ マ ツ	5	0.9	36	0
ポ ン デ ロ サ マ ツ	2	4.5	22	0
ジ エ フ レ イ マ ツ	2	5.0	17	0
プ ソ イ ド ス ト ロ ー プ マ ツ	1	4.2	21	0
サ ビ ニ ア マ ツ	1	5.0	15	0
バ ン ク ス マ ツ	2	4.5	16	0
ラ ジ ア タ マ ツ	6	5.0 *	15	0
ア テ ス ア タ マ ツ	1	5.0 *	14	0
ム リ カ タ マ ツ	2	5.0 *	15	0
パ ツ ラ マ ツ	2	3.9	22	0
オ ー カ ル パ マ ツ	2	2.5	18	0
ア メ リ カ ト ガ サ ワ ラ	1	3.0	18	0
カ ラ マ ツ	1	3.0	21	0
ヒ マ ラ ヤ ス ギ	1	1.6	27	0

a) 昭和50年6月27日、9月4日；昭和52年7月14日、8月17日；昭和53年7月14日；昭和54年7月19日、8月31日接種。

b) 接種60日後の結果。

c) *印には枯死苗発生。

第15表 各種マツに対するマツ類葉枯病菌の接種試験(3)

— 3 ~ 5 年生苗についての試験 —

樹 種	苗 齡	接 種 回 数 ^{a)}	接 種		対 照
			発 病 指 数 ^{b)}	潜 伏 期 間(日)	
チ ョ ウ セ ン ゴ ヨ ウ	3	1	1.9	21	0
ハ イ マ ツ	3	1	0	—	0
ス ト ロ ー プ マ ツ	3	1	2.3	20	0
	4	1	0	—	0
ヒ マ ラ ヤ ゴ ヨ ウ	3	1	0	—	0
ゴ ヨ ウ マ ツ	3	1	1.6	20	0
	4	1	0	—	0
エ ド リ ス マ ツ	3	2	0.5	30	0
ア リ ス タ マ ツ	3	1	5.0	17	0
カ ナ リ ア マ ツ	3	1	4.0	13	0
カ サ マ ツ	3	2	4.0	17	0
レ ジ ノ ザ マ ツ	3	1	0	—	0
	4	1	0	—	0
ヨ ー ロ ッ パ ク ロ マ ツ	3	2	0	—	0
	4	1	0	—	0
フ ラ ン ス カ イ ガ ン シ ヨ ウ	3	1	3.0	13	0
	5	2	4.9	22	0
ハ レ ベ ン ス マ ツ	3	1	5.0	15	0
ヨ ー ロ ッ パ ア カ マ ツ	3	1	1.6	25	0
ア カ マ ツ	3	2	0	—	0
	5	2	0	—	0
ク ロ マ ツ	3	3	0	—	0
	3 ^{c)}	1	3.0 ^{d)}	34	0
	5	2	0	—	0
リ ュ ウ キ ュ ウ マ ツ	3	1	0.3	17	0
ベ ン ケ ッ ト マ ツ	3	1	2.4	18	0
ダ イ オ ウ マ ツ	3	1	0	—	0
	5	1	0	—	0
テ ー ダ マ ツ	3	2	0	—	0
	5	1	0	—	0
エ チ ナ タ マ ツ	3	1	0	—	0
リ ギ ダ マ ツ	3	1	0	—	0
ス ラ ッ シ ュ マ ツ	3	1	0	—	0
	5	1	0	—	0
ポ ン デ ロ サ マ ツ	3	1	0	—	0
ジ ェ フ レ イ マ ツ	3	1	0	—	0
プ ソ イ ド ス ト ロ ー プ マ ツ	3	1	0	—	0
サ ビ ニ ア マ ツ	3	1	0	—	0
バ ン ク ス マ ツ	3	2	0	—	0

第15表のつづき

樹種	苗齡	接種回数	接種		対照
			発病指数	潜伏期間(日)	発病指数
ラジアタマツ	3	2	3.7	13	0
	4	2	5.0	19	0
アテナアタマツ	3	1	0.8	21	0
ムリカタマツ	3	2	2.3	14	0
パツラマツ	3	1	0	—	0
オーカルパマツ	3	1	2.3	21	0
カラマツ	3	1	1.0	30	0
ヒマラヤスギ	3	1	0.5	30	0

a) 昭和50年7月4日, 9月6日; 昭和51年7月7日, 7月16日, 8月31日; 昭和52年7月17日; 昭和53年7月22日; 昭和54年7月19日接種。

b) 接種60日後の結果。

c) 当年枝を7月1日に切除。

d) 不定芽から生じた針葉の発病。

第16表 マツ類葉枯病菌に対する各種マツの当年葉の感受性の要約

亜属	節	亜節	種	反応型		
				1年生苗	2年生苗	3~5年生苗
Strobilus	Strobilus	Cembrae	チョウセンゴヨウ	MR	R	R
			ハイマツ	MR	R	R
		ストローブマツ	S	S	R	
		Strobi	ヒマラヤゴヨウ	R	R	RR
	ゴヨウマツ		R	R	RR	
	Parrya	Cembroides	エドリスマツ	R	R	R
Balfourianae		アリスタマツ	S	S	S	
Pinus	Ternatae	Canarienses	カナリアマツ	S	S	S
		Pineae	カサマツ	S	S	S

第16表のつづき

亜 属	節	亜 節	種	反 応 型		
				1年生苗	2年生苗	3~5年生苗
Pinus	Pinus	Sylvestres	レ ジ ノ ザ マ ツ	—	—	RR
			ヨーロツパクロマツ	S	S	RR
			フランスカイガンショウ	MR	SS	S
			ハレペンスマツ	SS	SS	S
			ヨーロツパアカマツ	MR	MR	R
			ア カ マ ツ	MR	MR	RR
			ク ロ マ ツ	MR	MR	RR
			リュウキュウマツ	MR	S	R
			ベンケツトマツ	SS	S	R
			グアイオウマツ	R	R	RR
	Australes	テ ー ダ マ ツ	R	R	RR	
		エチナタマツ	—	—	RR	
		リギダマツ	MR	R	RR	
		スラッシュマツ	R	R	RR	
		ポンテロサマツ	S	S	RR	
	Ponderosae	ジェフレイマツ	S	S	RR	
		プソイドストローブマツ	SS	S	RR	
	Sabinianae	サビニアマツ	S	S	RR	
	Contortae	バンクスマツ	S	S	RR	
	Oocarpae	ラジアタマツ	SS	SS	S	
		アテヌアタマツ	SS	SS	R	
ムリカタマツ		SS	SS	R		
パツラマツ		MR	MR	R		
オーカルパマツ		MR	MR	R		

マツ属の分類は Critchfield & Little²³⁾による。

Sylvestres, Oocarpae の各亜節に含まれる種は、II型とIII型に分けられた。

第3節 菌株別の病原性

〔実験方法〕

CP-24・26・32・33・39・48の6菌株を、ストローブマツ、ゴヨウマツ、リュウキュウマツ、スラッシュマツ、ラジアタマツおよびカラマツの1年生苗

に接種した。苗木は植木鉢に育苗して、1樹種当たり10~30本用いた。その他の方法は第1節に準じる。

〔実験方法〕

第18表に示すように、菌株間に病原性の差を認めることはできなかった。なお、いずれの菌株ともラジアタマツを最も激しく侵して、ほとんどの苗木を枯死させた。ついでストローブマツ、クロマツおよびリュウキュウマツを激しく侵した。しかし、スラ

第17表 Critchfield & Little によるマツ属の分類とマツ類葉枯病菌に対する反応型との対比

亜 属	節	亜 節	反 応 型 別 樹 種 数		
			I 型	II 型	III 型
Strobus	Strobus	Cembrae	0	0	2
		Strobi	0	1	2
	Parrya	Cembroides	0	0	1
		Balfourianae	1	0	0
Pinus	Ternatae	Canarienses	1	0	0
		Pineae	1	0	0
	Pinus	Sylvestres	2	6	0
		Australes	0	0	4
		Ponderosae	0	3	0
		Sabinianae	0	1	0
		Contortae	0	1	0
		Oocarpae	1	4	0
計			6	16	9

ッシュマツ、ゴヨウマツおよびカラマツは軽く発病した。なお、各樹種とも対照区の苗木は発病しなかった。

第4節 ま と め

分生胞子の濃度と本病の発病との関係については、クロマツ、スラッシュマツ1年生苗とクロマツ2年生苗は、高濃度の場合ほど激しく発病した。

Cercospora apii Fres. (セルリ一斑点病菌)¹²⁵⁾, *C. beticola*²⁰⁹⁾ および *C. sequoiae*²²⁶⁾ でも、胞子濃度が高いほど発病程度が激しい。一方、ラジアタマツは1・2年生苗ともいずれの濃度でも激しく発病してきわめて感受性が強く、またスラッシュマツの2年生苗は高濃度でも発病程度が軽いので抵抗性であると考えられる。*C. apii*¹²⁵⁾, *C. beticola*²⁰⁹⁾, *C. davisii* Ell. et Ev. (スイトクローバ類斑紋病菌)⁹⁷⁾ および *C. zebrina*⁷⁾ では、温室期間が長いほど発病程度が激しい。しかし、本菌はこれらの菌

とは異なり、24・48・72時間の温室期間の間に発病程度の差が認められなかった。

時期別接種試験の結果、1・2年生苗とも7・8

第18表 マツ類葉枯病菌の菌株別接種試験

樹 種	菌 株	発 病 指 数 ^{a)}	潜 伏 期 間(日)
ストロブマツ	CP-24	4.9	14
	-26	5.0	14
	-32	5.0	14
	-33	4.8	14
	-39	3.6	14
	-48	4.9	14
	対 照	0	—
ゴヨウマツ	CP-24	3.2	18
	-26	2.8	18
	対 照	0	—

第18表のつづき

樹種	菌株	発病指数	潜伏期間(日)
クロマツ	CP-24	5.0	14
	-26	5.0	14
	-32	5.0	14
	-33	4.9	14
	-39	5.0	14
	-48	5.0	14
	対照	0	—
リュウキュウマツ	CP-24	5.0	14
	-26	5.0	14
	-32	5.0	14
	-33	4.8	14
	-39	5.0	14
	-48	5.0	14
	対照	0	—
スラッシュマツ	CP-24	3.7	14
	-26	3.4	14
	-32	3.7	14
	-33	3.5	14
	-39	3.3	14
	-48	3.0	14
	対照	0	—
ラジアタマツ	CP-24	5.3 ^{*b)}	12
	-26	5.4 [*]	12
	-32	5.6 [*]	12
	-33	5.2 [*]	12
	-39	5.2 [*]	12
	-48	5.4 [*]	12
	対照	0	—
カラマツ	CP-24	3.0	18
	-26	2.6	18
	-32	3.0	18
	-33	1.7	18
	-39	1.0	24
	-48	2.1	18
	対照	0	—

昭和52年8月29日接種。

a) 接種30日後の結果。

b) *印には枯死苗発生。

月の接種で激しく発病した。本菌の分生孢子発芽、菌そう生長の適温はそれぞれ23~35℃, 23~30℃のかなり高温であり、これが夏期の接種で激しく発病する一つの理由と考えられた。また、感受体の葉の本菌に対する時期による感受性の変化についても考慮しなければならない。

つぎに、33種のマツに対して接種試験を行い、各樹種の感受性を苗齢別に明らかにした。なお、3年生苗のみを供試した2種——レジノザマツ(*Pinus resinosa* Ait.)とエチナタマツ(*P. echinata* Mill.)——は発病しなかった。しかし、1・2年生では発病するが3年生では無発病の樹種も多いので、この両樹種も若齢苗では発病すると考えられる。

自然発病苗畑での観察では、ストロブマツ、カナリアマツ、カサマツ、ヨーロッパクロマツ、フランスカイガンショウ、ベンケツマツ、ラジアタマツなどの外来種は、在来種であるアカマツとクロマツに比べて激しく侵される^{65, 69, 79, 134)}。しかし、外来種のなかでもダイオウマツ、テダマツ、リギダマツおよびスラッシュマツは抵抗性である⁷⁹⁾。

清原・徳重⁸⁶⁾は、ほ場での自然発病状態の観察と接種試験によって、31種のマツの1・2年生苗の本菌に対する感受性を比較した。それによると、1・2年生苗とも激しく発病したのはランベルチアナマツ(*Pinus lambertiana* Dougl.), カナリアマツ、カサマツ、ヨーロッパクロマツ、フランスカイガンショウ、ハレベンスマツ、ヨーロッパアカマツ、ジェフレイマツ、ラジアタマツ、ムリカタマツおよびムラヤナマツ(*P. murrayana* Knowlton)であり、1・2年生苗とも中程度に発病したのはアカマツ、クロマツ、リュウキュウマツおよびバンクスマツである。また、1年生苗は激しく2年生苗は中程度または軽く発病したのはフレキシマツ(*P. flexilis* James),

レジノザマツ、ポンデロサマツおよびコントルタマツ (*P. contorta* Dougl.) であり、1年生苗は中程度または軽く2年生苗は軽く発病したのはヒマラヤゴヨウ、ダイオウマツ、テータマツ、リギタマツおよびスラッシュマツである。なお、1年生苗のみを供試した樹種では、ストローブマツ、アリスタマツ、モンタナマツ (*P. montana* Miller) およびアテナアタマツは激しく、タイワンアカマツ (*P. taiwanensis* Hayata) およびエチナタマツは中程度、トレヤナマツ (*P. torreyana* Parry) は軽く発病した。

また、周藤¹⁷⁶⁾の6種のマツの1・2年生苗に対する接種試験では、アカマツとクロマツに比べてフランスカイガンショウとラジアタマツは感受性、テータマツとスラッシュマツは抵抗性であった。

各種マツ間の本菌に対する感受性の強弱の差について、これらの観察・実験結果と本接種試験結果とは大略一致した。

フランスカイガンショウ^{32, 35, 86)}、ハレベンスマツ⁸⁶⁾、メルクスマツ⁷⁰⁾、リュウキュウマツ^{137~139)}、カリビアマツ^{70, 89)}、ラジアタマツ^{32, 38, 41, 44, 86, 123, 147, 170, 178)}などは、苗木ばかりでなく林地に植え付けられた幼齢木も本病に激しく侵されることが知られている。これらの自然発病状態の観察結果と同様に、本試験でもフランスカイガンショウ、ハレベンスマツおよびラジアタマツは3年生以上でも発病程度が激しかった。一方、本試験では3年生のリュウキュウマツは軽く発病したに過ぎず、沖縄県における観察結果^{137~139)}とは一致しない。

Gibson³⁹⁾は、タンザニアではパツラマツは本病にまったく侵されない (complete immunity) と報告した。しかし、本試験では本樹種は3年生苗では発病が認められなかったが、1・2年生苗では中程度に発病した。

清原・徳重⁸⁵⁾の接種試験では本菌はアメリカトガサワラを、また Suto¹⁸⁶⁾の試験ではシラベ (*Abies veitchii* Lindl.)、トドマツ (*A. sacharinensis* Fr. Schm.)、アカエゾマツ (*Picea glehnii* Mast)、エゾマツ (*P. jezoensis* Carr.)、カラマツおよびヒマラヤスギの苗木を侵し、本菌の感受体の範囲はマツ属に限らず広い。本試験でも、発病程度は軽微であるが、アメリカトガサワラ、カラマツおよびヒマラヤスギの苗木が発病することを再確認した。

本病の潜伏期間は感受性の強い樹種ほど短い傾向を示したが、7・8月に接種しても13~60日の長期間であった。針葉樹の他の *Cercospora* 属菌による

病害については、センペルセコイア葉枯病 (*C. exosporioides*)⁴⁶⁾では発病までに20~60日、またスギ赤枯病 (*C. sequoiae*)⁵⁸⁾では3~4週間を要したと報告されている。

葉齢別に発病程度を比較すると、前年葉が当年葉より激しく侵された。他の *Cercospora* 属菌による病害については、新葉が古葉に比べて侵されやすい病害⁴⁹⁾もあるが、本病と同様に古葉が新葉に比べて激しく侵される病害^{25, 48, 53, 72, 125, 195, 196)}が多い。

クロマツ3年生苗の当年葉はまったく発病しないが、芽摘みをして不定芽から展開させた針葉はかなり激しく発病した。クロマツの盆栽と庭園木は3年生以上になっても本病に侵される^{140, 170, 178)}。この理由は、盆栽と庭園木ではほとんどの葉が不定芽から展開するように仕立てられているためと考えられる。スギ赤枯病 (*C. sequoiae*) には普通1~3年生の苗木が激しく侵されるが、生垣、採穂園の台木のように毎年刈り込んで展開させたぼう芽枝の枝葉では樹齢が高くても発病が激しい^{58, 63)}。この現象は、クロマツの不定芽から展開した葉が本菌に感受性であることに類似している。

菌株によって病原性に差が認められるいくつかの *Cercospora* 属菌が知られている。すなわち、*C. arachidicola*¹²¹⁾、*C. beticola*^{90, 95, 133, 150, 154, 162)}、*C. oryzae*¹⁴⁹⁾、*C. personata*¹²¹⁾ および *C. zebrina*⁷⁾ は、各菌が生態種に分化している。また、Ruppel¹⁴⁸⁾がアメリカ合衆国コロラド州内で採集した *C. beticola* の14菌株は、生態種には分化していないが菌株間に病原性強弱の差がある。

しかし、本試験に供試した6菌株については、病原性の強さの差と生態的分化は認められなかった。陳野²²⁶⁾は *C. sequoiae* 7菌株のスギに対する病原性を比較した。その結果、本菌の場合と同様に、菌株間に病原性の強さの差を認めていない。

第5章 マツ類葉枯病菌の生態的性質

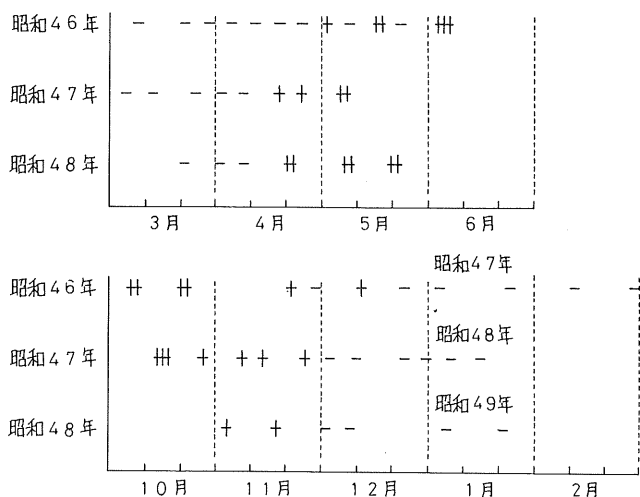
マツ類葉枯病菌の生態的性質については、徳重・清原²⁰⁴⁾が越冬状態を調べた報告があるに過ぎない。本章では、本病防除の基礎資料を得る目的で、本菌の二・三の生態的性質を調べた結果を述べる。すなわち、本菌の越冬と第一次伝染について再調査を行い、病葉上での分生孢子形成・離脱・分散を調べ、またはほ場における本病のまん延状態を観察した。

第1節 病原菌の越冬

1. 分生孢子による越冬の可否

1) 分生孢子的形成開始・終了の時期

昭和46～49年、島根県松江市の一苗畑で調べた。クロマツ発病苗から原則として10日おきに5～10病葉を採集したが、胞子は降雨によって病葉から離脱する(第2節の1を参照)ため降雨中と降雨直後の調査は避けた。病葉上の菌体を Shear 氏液(酢酸



第40図 マツ葉枯病菌分生孢子的形成開始・終了時期
— 胞子形成量 - 形成せず, + 少, ++ 中程度, +++ 多。

カリウム 1g, 水 50ml, グリセリン 20ml, 50% エタノール 30ml) 中に針先で落として、顕微鏡下で分生孢子的の形成程度を調べた。

第40図に示すように、孢子的の形成開始・終了の時期は3か年ともほぼ同時期であった。すなわち、孢子的は4月下旬～5月上旬から形成され始め、5～6月に増加した。また、10月には多数の孢子的が形成されていたが、11月になると著しく減じて、12月以降にはほとんど形成が認められなかった。

気象条件と孢子的形成との関係を見ると、最高気温20℃、平均気温15℃、最低気温10℃になる時期を境にして、孢子的が形成され始めたり形成量が減じたりする傾向を示した。

冬期には、病葉上に病原菌の子座が小黒点として認められる。4月下旬～5月上旬以降には子座の上部に分生子柄が生成され、さらにこの頂端に分生孢子的が形成される。孢子的形成部位はオリブ色を呈して毛ば立つ(図版V, A・B; 図版X, A)。

2) 分生孢子的の寿命

孢子的が形成された病葉を室内で風乾して保存した。一定期間後に孢子的をスライドガラス上の殺菌蒸留水中に落として、湿室、25℃、24時間後に発芽を調べた。また、採取直後の病葉から胞

第19表 マツ類葉枯病菌分生孢子的の寿命(1)

——分生子柄に付着したまま保存した場合——

試料採集地	感受体	採集年月日	調査年月日	経過日数	発芽程度 ^{a)}
島根県松江市	ラジアタマツ	昭和49年11月15日	昭和49年11月15日	(採集当日)	+++
			昭和50年1月24日	70日	+++
島根県八束郡宍道町	フランスカイガンショウ	昭和50年9月2日	昭和50年9月2日	(採集当日)	+++
			" 9月30日	28日	+++
			昭和51年4月12日	約7か月	～±
			昭和52年2月14日	約17か月	-
"	ラジアタマツ	昭和50年9月25日	昭和50年9月25日	(採集当日)	+++
			昭和51年4月12日	約7か月	++
			昭和52年2月14日	約17か月	-

a) 一発芽せず, ±発芽率10%以下, +10～50%, ++50～80%, +++80%以上。

子をスライドガラス上の水滴中に落として風乾した。一定時間後に再び水を滴下して、湿室、25℃、24時間後に発芽を調べた。

第19表に示すように、病葉上の分生子柄に付着したまま保存した胞子は、採集1～2か月後にはほとんど全部発芽し、7か月経過したものでも少数発芽

した。しかし、17か月経過したものは発芽が認められなかった。

これに対して、第20表に示すように、分生子柄から離脱した胞子は、離脱4～7日後には発芽しなくなった。

第20表 マツ類葉枯病菌分生子の寿命(2)

——分生子柄から離脱した場合——

採集年月日	調査月日	発芽程度 ^{a)}	温度(℃)		関係湿度(%)	
			最高	最低	最高	最低
昭和50年9月25日	9月25日	+++	24.0	22.0	78	65
	26日		26.6	22.0	100	72
	27日		23.4	20.2	97	68
	28日		23.6	21.0	98	74
	29日		22.5	19.1	99	69
	30日	-	21.8	20.0	70	56
昭和50年10月2日	10月2日	+++	23.0	20.6	100	77
	3日	+++	22.0	18.7	100	82
	4日	±	24.7	21.0	91	73
	5日	±	22.0	18.8	99	62
	6日	-	22.0	19.8	82	55
昭和51年6月21日	6月21日	+++	24.0	21.0	100	84
	22日	+++	23.5	21.7	95	72
	23日	+++	24.4	20.3	94	62
	24日	±	23.6	18.8	100	72
	25日	±	24.0	21.0	96	73
	26日	±	26.5	21.7	83	53
	27日		25.7	21.0	78	57
	28日	-	24.1	20.6	80	65
昭和51年6月28日	6月28日	+++	32.0	24.0	62	42
	29日	±	24.5	21.8	74	58
	30日	±	24.1	20.8	77	58
	7月1日	±	24.0	21.5	75	59
	2日	±	23.7	22.5	79	68
	3日	-	25.2	23.0	76	53
	4日		25.5	23.5	66	60
	5日	-	24.0	22.6	79	66

a) -発芽せず、±発芽率10%以下、+10~50%、++50~80%、+++80%以上。

第21表 冬期におけるマツ類葉枯病葉と健全葉からの菌分離

供試料	ラジアタマツ, 6年生, 島根県松江市, 昭和49年1月15日	クロマツ, 2年生苗, 松江市, 昭和49年3月5日	クロマツ, 2年生苗, 島根県八束郡宍道町, 昭和51年3月12日	アカマツ, 2年生苗, 八束郡宍道町, 昭和51年3月12日	ラジアタマツ, 1年生苗, 松江市, 昭和51年3月19日
<i>Cercospora pini-densiflorae</i>	98 ^{a)} (0) b)	88 (0)	66 (21)	30 (4)	36 (1)
<i>Pestalotia</i>	12 (0)	4 (4)	63 (19)	33 (1)	0 (3)
<i>Lophodermium pinastri</i>	0 (0)	0 (0)	13 (8)	17 (43)	0 (2)
<i>Alternaria</i>	70 (28)	0 (0)	7 (0)	0 (0)	50 (3)
<i>Rhizosphaera kalkoffii</i>	0 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (7)	0 (0)
<i>Penicillium</i>	0 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (3)
<i>Aureobasidium pullulance</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (1)	0 (0)
<i>Diplodia & Macrophoma</i>	26 (8)	4 (0)	0 (8)	7 (0)	3 (1)
<i>Chaetomium</i>	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (1)	0 (2)
その他	6 (10)	24 (18)	20 (14)	13 (8)	13 (16)

供試葉片数は各50または100。

a) 病葉からの菌分離率(%)。

b) 健全葉からの菌分離率(%)。

3) 分生胞子の土壌中での越冬の可否

隠岐郡海士町のクロマツ苗畑で昭和50年3月18日に、また松江市のラジアタマツ幼齡林で昭和49年1月6日に、発病苗・木の直下深さ2cmまでの表土を採集した。Winogradsky 氏法⁵⁶⁾によって胞子の検出を行った。

その結果、被害苗畑・林の表土からは、本菌の胞子はまったく検出されなかった。

2. 病葉と健全葉*での越冬

1) 病葉と健全葉からの菌分離試験

昭和49~51年の冬期に採集した病葉と健全葉から、菌の組織分離試験を行った。供試葉片を0.1%昇こう水によって15秒間表面殺菌した後に充分水洗いして、ストレプトマイシンを300ppm添加したPSA上に置き、25℃、15日後に分離された菌を調べた。

第21表に示すように、本菌は病葉から30~98%分離された(図版X, B)。なお、灰褐色化した古い病葉(宍道町採集アカマツ2年生苗、松江市採集ラジアタマツ1年生苗)からの本菌分離率は低かった。また、本菌は3試料の健全葉からも分離された。しかし、分離率は21%以下の低率であった。なお、2試料(松江市採集ラジアタマツ6年生幼齡木、松江市採集クロマツ2年生苗)の樹皮と冬芽からも菌分離を試みたが、本菌はまったく分離されなかった。

* 肉眼で病変が認められない葉をいう。

2) 冬期に健全に見えた葉の発病

昭和50・51年の3月下旬に、ほ場から採集した本病軽害苗の病葉を全部除去して植木鉢に植え付けた。その後5月下旬までに生じた新しい病葉数を調べた。

第22表に示すように、2か年の実験とも供試した全苗木に発病が認められたが、病葉率は低かった。なお、病葉からは本菌が分離され、また6月以降に病葉上に分生胞子の形成が認められた。

3) 接種時期と健全葉での越冬

昭和50・51年の8~10月に、クロマツ1年生苗に本菌を接種した(接種方法は第4章・第1節を参照)。翌年3月にそれまでに生じた病葉を全部除去して、その後新しく生じた病葉数を6月上旬に調べた。

昭和50年10月18日の接種では、年内に約3%の葉が発病した。第23表に示すようにその後60%の苗木に新しい発病が認められたが、病葉率はきわめて低かった。

昭和51年8月20日の接種では、年内にほとんど全葉が発病した。一方、9月21日、10月9日の接種では年内の病葉率はそれぞれ約10%、約3%であった。第23表に示すように、その後新しい発病が認められた苗木は9・10月接種でそれぞれ80%、約52%であり、また病葉率も9月接種が10月接種に比べて高かった。

3. 第一次伝染

昭和43年、クロマツの1・2年生苗を植木鉢に育苗し、同一鉢に3年生発病苗を植え付けて自然感染

第22表 冬期に健全に見えたクロマツ針葉の葉枯病発病

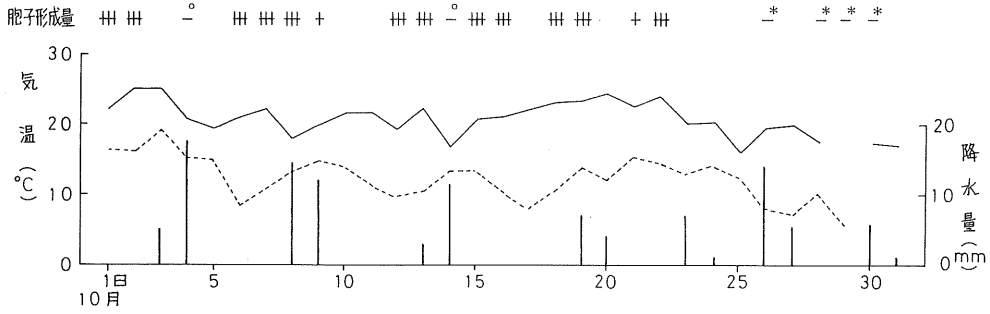
実験番号	供試苗数	病苗数(病苗率%)	全葉数	病葉数(病葉率%)
実験-I ^{a)}	10	10(100)	643	47(7.3)
実験-II ^{b)}	10	10(100)	768	65(8.5)

a) クロマツ1回床替2年生苗、島根県隠岐郡海士町、昭和50年3月28日採集。

b) "、島根県松江市、昭和51年3月23日採集。

第23表 前年秋期にマツ類葉枯病菌を接種したクロマツ苗の発病

接種年月日	調査年月日	供試苗数	病苗数(病苗率%)	全葉数	病葉数(病葉率%)
昭和50年10月18日	昭和51年6月5日	15	9(60.0)	817	38(4.7)
" 51年9月21日	" 52年6月3日	30	24(80.0)	1,060	146(13.8)
" 51年10月9日	"	29	15(51.7)	939	56(6.0)



第41図 野外におけるマツ類葉枯病菌の分生孢子形成と気象との関係

—形成せず, +形成量少, ++中程度, +++多。○降雨中調査。*病葉は灰褐色化。
——最高気温, -----最低気温。

による発病を観察した。

すでに発病した苗木の病葉上には、5月上旬から分生孢子が形成され始め、6月上旬には形成量が急増した。1年生苗は6月中旬から、また2年生苗は7月上旬から発病して、1・2年生苗とも8月上旬には全部の苗木が侵された。

第2節 病葉上における分生孢子形成

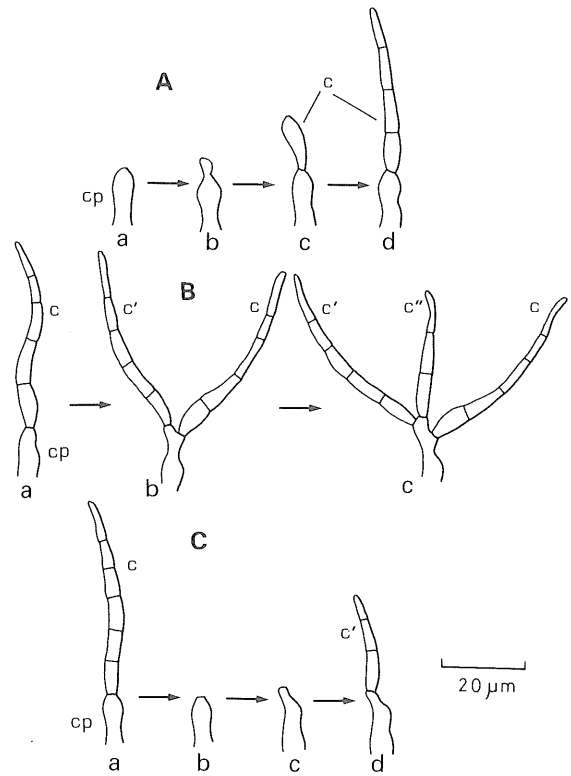
1. 野外における分生孢子形成

昭和51年10月、島根県林業試験場構内で発病したラジアタマツ1年生苗について調べた。毎朝9時に、分生孢子的形成程度をルーペを用いて観察した。

第41図に示すように、孢子は降雨中には認められないが、降雨1・2日後(10月6・15・21日)には再び形成された。なお、病葉が古くなり灰褐色化すると、雨後でも孢子形成が認められなかった。

昭和50年8月14日16時に、植木鉢に育苗したラジアタマツの発病苗にじょうろで散水して孢子を洗い落とした。これを①野外に放置、②ポリエチレン袋で覆って温室状態、③室内で風乾(室温26~27℃、関係湿度78~85%)——の処理をした。

翌朝9時に孢子の形成程度を調べたが、野外放置、温室の両区の苗木には多数の孢子が形成された。しかし、室内放置区の苗木には、孢子形成が認められなかった。



第42図 マツ類葉枯病菌の分生孢子形成経過

A 分生孢子的初期生長

a. 分生子柄, b. 分生子柄の先端に突起物形成, c. だ円形・単胞の分生孢子形成, d. 孢子が伸長して隔膜形成。

B 分生孢子的形成順次

a. 最初の分生孢子(c)が分生子柄上に形成, b. 長した分生子柄上に2番目の孢子(c')が形成, c. さらに伸長した分生子柄上に3番目の孢子(c'')が形成。

C 分生孢子的再形成

a. 最初に形成された分生孢子(c), b. 孢子離脱, c. 分生子柄伸長, d. 再び孢子(c')形成。

(cp=分生子柄, c=分生孢子)

2. 分生胞子の形成と成熟*の経過

1) 胞子の形成経過

ラジアタマツの病葉に水を噴霧して胞子を離脱させ、徒手切片を作った。これをスライドガラス上の水滴に入れてカバーガラスを被せ、温室、25℃に置いた。

第42図のAに示すように、設定1～3時間で分生子柄の先端に細い突起物ができ(b)、これがふくれて単細胞の分生胞子が生じ(c)、伸長するにつれて隔膜数が増加した(d)。

胞子が成熟すると、Bに示すように、最初に生じた胞子を側方に押しつけて分生子柄の先端がふくらみまたは2μm程度伸長して、新しい胞子が形成された(b)。このようにして順次胞子が形成され(c)、最高7個の胞子形成が認められた。

また、Cに示すように、カバーガラスを微動してすでに形成された胞子を離脱させた(b)ところ、まず分生子柄の先端が2μm程度伸長して(c)、12

時間後には新しい胞子が形成された(d)(図版XI)。

2) 胞子の成熟経過

水を噴霧して胞子を離脱させた長さ1cmの病葉片(以下「胞子離脱葉片」と呼ぶ)を、スライドガラス上に10片載せて温室に置いた。20・25・30℃で、一定時間後に形成された胞子の形態を調べた。

第43図に示すように、胞子の長さは25・30℃では12時間後に平均80μmに達して、以後は伸長しなかった。一方、20℃では12時間後も伸長を続け、24時間後には平均70μmに達した。隔膜数は長さが大きくなるに従って増加した。幅は経過時間によって大きく変化しなかった。

3. 分生胞子形成に及ぼす環境条件

1) 温度の影響

胞子離脱葉片を入れたペトリ皿を、各種温度の定温器内に置いた。一定時間後に形成した胞子をShear氏液中に落として、形成量と胞子の形態を調べた。

第24表に示すように、胞子は10～40℃で形成され、25～30℃で形成量が多かった。なお、25℃で胞子の

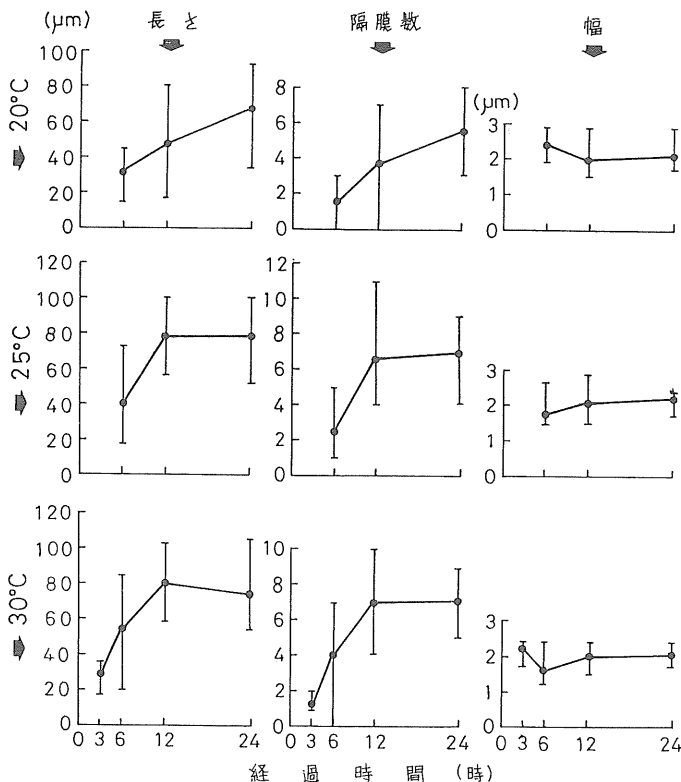
長さが最大、また隔膜数が最多であり、これより低温または高温になるにつれて長さが小さく、また隔膜数が少なかった。幅は30℃で最小であり、これより低温または高温になるにつれて大きかった(第44図)。

2) 関係湿度の影響

胞子離脱葉片を載せたスライドガラスを各種塩類の過飽和溶液によって一定の関係湿度に調整したデシケーターに入れ、これを25℃の定温器内に置いた。

第25表に示すように、胞子は関係湿度97.5%以上で形成され、関係湿度100%で葉片が水滴中にある場合、水滴を乾かした場合とも形成量が多かった。なお、胞子の長さは水滴中で最も大きく、水滴を乾かして湿度100%の場合がこれに次ぎ、隔膜数は長さに応じて大きかったが、幅には差が認められなかった。

* 分生胞子とその環境下で最大の長さや隔膜数になった状態をいう。



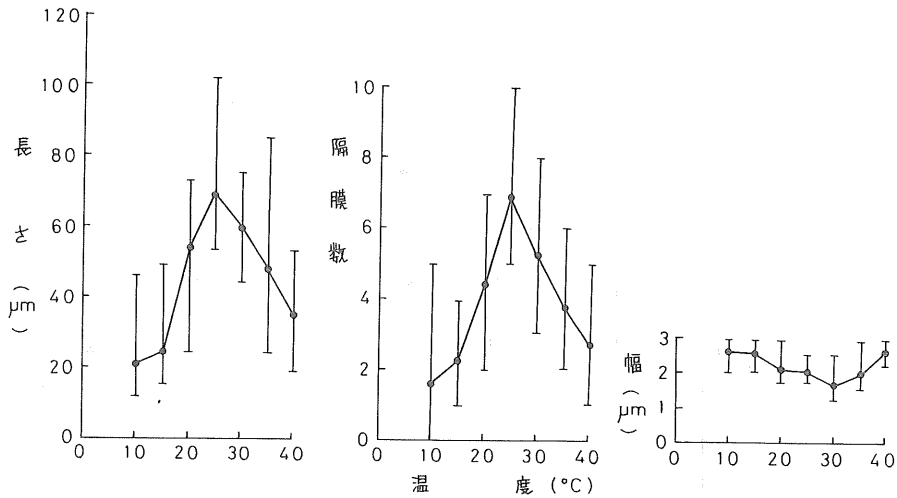
第43図 異なる温度下でのマツ類葉枯病菌の分生胞子生長経過

第24表 マツ類葉枯病菌の分生孢子形成に及ぼす温度の影響(病葉上)

温度 (°C)	6 時 間 後		12. 時 間 後		24 時 間 後	
	形成葉片数	形 成 量 ^{a)}	形成葉片数	形 成 量	形成葉片数	形 成 量
5	—	—	—	—	0	—
10	14	+	20	+	26	++
15	22	+	24	+	26	++
20	19	+	23	++	28	++
25	19	+	26	+++	27	+++
30	16	+	28	+++	28	+++
35	21	+	25	++	27	++
40	6	+	6	+	8	+
45	—	—	—	—	0	—

供試葉片数各30。

a) —形成せず, +少, ++中程度, +++多。



第44図 マツ類葉枯病菌の分生孢子形態に及ぼす温度の影響

3) 光の影響

表皮下に子座は生じているがまだ分生子柄, 分生孢子とも未形成の病葉を選び, これを載せたスライドガラスを湿室にしたペトリ皿に入れた。ペトリ皿のふたをしてサランラップを張り, BL-B 蛍光灯を連続または断続して照射した。また, 病葉片を一定時間ペトリ皿から出して乾燥(関係湿度70%)した区も設けた。28°C, 5日後に孢子形成量を調べた。

第26表に示すように, 光を連続または断続して照射した区では, 16時間照射(乾)-8時間暗黒(湿)区を除いて, 多数の孢子が形成された。8時間照射-

16時間暗黒の場合, 照射時に乾燥状態に置いても暗黒下の湿室で孢子が形成された。暗黒下では孢子はほとんど形成されず, 子座からは菌糸が伸長した(図版X, C)。

つぎに, すでに多数の分生子柄が生じている孢子離脱葉片を入れたペトリ皿を, BL-B 蛍光灯照射下, 室内散光下および暗黒下に置いた。25°C, 3・6・12・24時間後に孢子形成程度を調べたが, 各処理区とも多数の孢子が形成され, 区間に差が認められなかった。

第25表 マツ類葉枯病菌の分生孢子形成に及ぼす関係湿度の影響(病葉上, 25℃)

過飽和液塩類	関係湿度(%)	24 時 間 後		48 時 間 後	
		形成葉片数	形 成 量 ^{c)}	形成葉片数	形 成 量
H ₂ O	100 ^{a)}	3 0	+++	3 0	+++
H ₂ O	100 ^{b)}	3 0	+++	3 0	+++
K ₂ SO ₄	97.5	2 5	++	3 0	+++
KNO ₃	92.5	0	—	0	—
KCℓ	85	0	—	0	—
KBr	80	0	—	0	—
Ca(NO ₃) ₂	50	0	—	0	—

供試葉片数各 30。

a) 水滴中。

b) 風乾後湿度 100% に保持。

c) — 形成せず, + 少, ++ 中程度, +++ 多。

第26表 マツ類葉枯病菌の分生孢子形成に及ぼす光の影響
(分生子柄未生成葉上, 28℃, 5日後)

処 理	形 成 葉 片 数	形 成 量 ^{b)}
連続照射 ^{a)} (湿)	2 9	+++
8時間照射 (湿)-16時間暗黒 (湿)	1 8	++ ~ +++
” (乾)- ” (湿)	2 2	+++
16時間照射 (湿)-8時間暗黒 (湿)	3 0	+ ~ +++
” (乾)- ” (湿)	2	+
連続暗黒 (湿)	6	+
” (8時間乾-16時間湿)	0	—
” (16時間湿-8時間湿)	0	—

供試葉片数各 30。

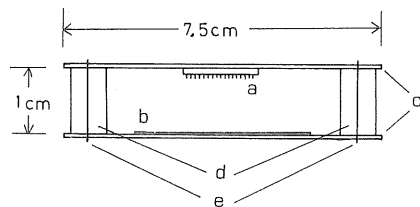
a) BL-B 蛍光灯照射。

b) — 形成せず, + 少, ++ 中程度, +++ 多。

第 3 節 分生孢子の離脱

1. 光の影響

孢子が形成した病葉を長さ 15 mm に切り, スライドガラスで作った装置 (第 45 図) にワセリンではり付けた。離脱した孢子を受ける面には, グリセリン・ゼリー (グリセリン 80 g, セラチン 40 g, 蒸留水 100 ml³⁾) を塗付した。これを湿したろ紙を敷いたペトリ皿に入れて, 室内散光下と暗黒下に各 5 個づ



第45図 マツ類葉枯病菌の分生孢子離脱実験装置
a: 分生孢子形成病葉, b: グリセリンゼリー,
c: スライドガラス, d: ガラスリング, e: 輪ゴム。

つ置いた。25℃、48時間後にグリセリン・ゼリーを塗付したスライドガラスをはずし、中央部に Shear 氏液を滴下してカバーガラス内の胞子の有無を調べた。

室内散光下、暗黒下のいずれの処理区でも、胞子は離脱しなかった。

2. 湿度の影響

前述した胞子形成葉片をはり付けたスライドガラスの装置を、つぎの4処理区に5個ずつ供試した。

①乾：乾燥したペトリ皿に入れる（48時間）、②湿：湿したろ紙を敷いたペトリ皿に入れる（48時間）、③乾（48時間）→湿（48時間）、④湿（48時間）→乾（48時間）。25℃、所定時間経過後に、第1節と同様の方法で離脱胞子の有無を調べた。

乾、湿、乾→湿、湿→乾のいずれの処理区でも、胞子は離脱しなかった。

3. 水の影響

1) 水への浸漬

病葉の胞子形成部を、延5cmになるように切断し

た。これを水道水を10mlずつ入れた7個のビーカーに順次30秒間または1分間ずつ浸漬して、離脱胞子数を調べた。実験は3回反復した。

第46図に示すように、最初の60秒間に全胞子の約80%、5分後には約90%が離脱した。

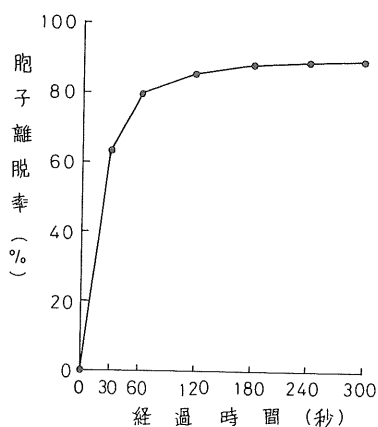
2) 各種溶液の影響

水、0.6M KNO₃（硝酸カリウム）液、0.6M しょ糖液、70%しょ糖液、流動パラフィンおよびグリセリン液を1滴ずつスライドガラス上に置いた。これに胞子形成葉を静かに浸して、実体顕微鏡下で胞子の離脱状態を観察した。

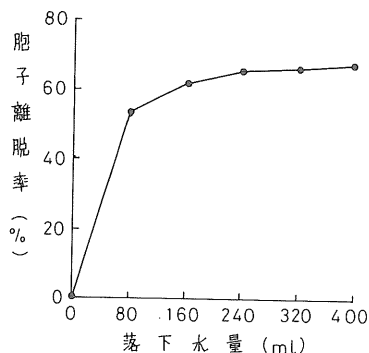
水、0.6M KNO₃液および0.6M しょ糖液では、胞子は急速に多数離脱した。しかし、70%しょ糖液、流動パラフィンおよびグリセリンでは、ほとんど離脱しなかった（図版X、D）。

3) 落下水滴の影響

径12cmのロート上に約50葉の胞子形成葉を置き、30cm上方から細目のじょうろで80mlずつ5回散布した。ロートが受けた水をビーカーに集めて、この中の胞子数を調べた。



第46図 水中でのマツ類葉枯病菌の分生胞子離脱



第47図 落下水滴によるマツ類葉枯病菌の分生胞子離脱

第27表 マツ類葉枯病菌の分生胞子離脱に及ぼす霧を含む風の影響

風速(m/秒) ^{a)}	噴霧水量(ml)	離脱胞子数	水1ml当たりの離脱胞子数
1	0.5	37	78
3	2.3	710	329
5	4.8	1.21×10 ⁴	2,818
7	8.4	1.10×10 ⁴	1,319

6回反復の平均値。

a) 30秒間送風。

第28表 マツ類葉枯病菌の分生孢子離脱に及ぼす機械的衝撃の影響

処 理	離脱孢子数 ^{a)}	備 考
病葉を水浸せず打つ	48	破碎した菌体が分散。
病葉を水浸して打つ	5.30×10^4	離脱した孢子は分散した水滴中。

3 回反復の平均値。

a) スライドグラス上に落下した孢子数 (16.2cm²あたり)。

第47図に示すように、80ml 散布して全孢子の約54%、400ml 散布して約77%が離脱した。

4. 風の影響

ガラス製の小型噴霧器(ペーパークロマトグラフ用)の吹口をネブライザーに直結して、風または霧を含む風を孢子形成葉に当てた。風速は噴霧口と孢子形成葉との間の距離を変えて調整し、携帯用風向風速計(大田計器製作所)を用いて測定した。

まず、実体顕微鏡の載物台に孢子形成葉を固定し、風または霧を含む風を吹きつけて孢子の離脱状態を観察した。つぎに、病葉の孢子形成葉を延5cmになるように切断して、これに風または霧を含む風を吹きつけ、離脱した孢子をピーカーに集めた。実験は6回反復した。

いずれの風速でも、風のみでは孢子はまったく離脱しなかった。一方、水を噴霧した場合は、顕微鏡で観察すると、孢子は水滴に吸い込まれるようにして離脱した。水を噴霧した場合の風速別離脱数は、第27表に示すように、1.3m/secでは少数しか離脱しなかったが、5.7m/secでは多数離脱した。風速が強ければ、一定時間当たりの噴霧水量が多くなる。そこで噴霧水1ml当たりの離脱孢子数に換算したが、5m/secまでは風速が強くなるにつれて離脱孢子数が多くなった。7m/secで単位水量当たりの離脱孢子数が減少したのは、7m/secでは噴霧終了時までに全孢子が離脱してしまったためと考えられる。なお、離脱した孢子は飛散した水滴中に認められた。

5. 機械的衝撃の影響

孢子形成葉が付着した枝を、そのまま、または2.3秒水浸後、金網に30回打ちつけた。金網の下方20cmにはグリセリン・ゼリーを塗付したスライドグラスを5枚並べて、離脱した孢子を採取した。各スライドグラスの中央部にShear氏液を滴下して、カバーグラス内の孢子数を計数した。実験は3回反復した。

第28図に示すように、病葉を水浸しないで打ちつけた場合は、ごく少数の孢子が離脱したに過ぎなかった。しかし、水浸して打ちつけた場合には、きわめて多数の孢子が離脱した。なお、離脱した孢子は飛散した水滴中に認められた(図版X, E)。

第4節 分生孢子の分散

〔試験方法〕

試験は昭和46・47・49・50年、松江市のクロマツ・アカマツ苗畑とラジアタマツ幼齢林で行った。分生孢子分散の時期と気象条件についての試験では、20×15cmの平板を採取台として、この上面中央部にグリセリン・ゼリーを塗付したスライドグラスを固定した。採取台は苗木の直下の地上5cmに3台、また幼齢林の樹冠下の地上1mに2台設定した。また、分散の高さについての試験では、高さ10・30・50・75・100・150・200cmに横木を付けた採取台を立てた。この横木の上・下・側面に、グリセリン・ゼリーを塗付したスライドグラスを固定した(図版ⅩI, A)。スライドグラスを毎日または2・3日おきに取り替えて、中央部にShear氏液を滴下してカバーグラス内の孢子数を計数した。

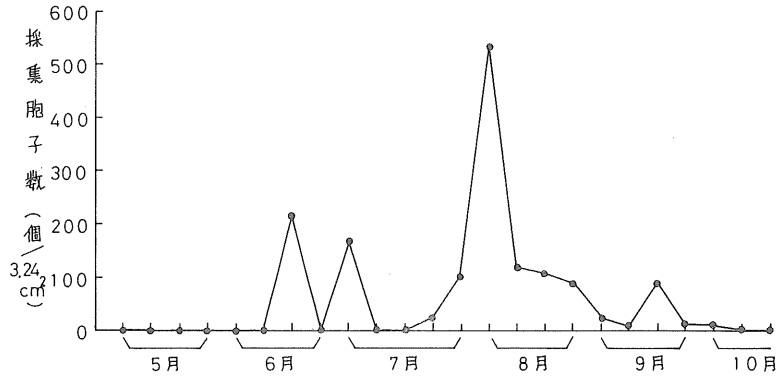
なお、試験苗畑・林およびその周囲の草木には、他の*Cercospora*属菌による病害発生は認められなかった。したがって、本実験で採集した*Cercospora*形の分生孢子は、すべて本菌のものとみなした。

〔試験結果〕

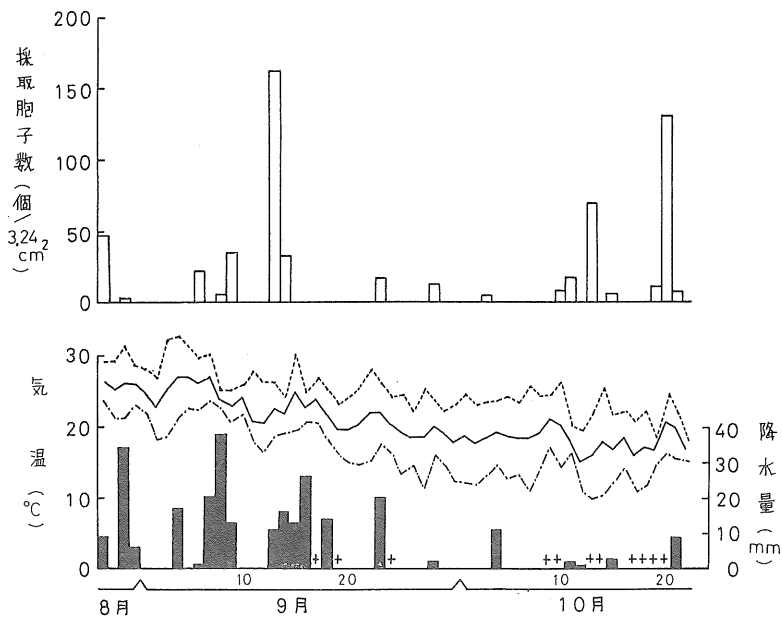
1. 分生孢子分散の時期と気象条件

1) 試験-I

昭和46年、軽く発病した苗木を床替したクロマツ2回床替3年生苗畑で調べ、結果を1週間ごとにまとめた。第48図に示すように孢子は6月中旬までは採取されなかったが、6月下旬~7月上旬に多数分散した。7月中~下旬には採取量が減じたが、8月には再び多数採取され、9月以降は減じた(図版ⅩI,



第48図 マツ類葉枯病菌の分生胞子分散時期 (昭和46年)



第49図 マツ類葉枯病菌の分生胞子分散と気象との関係 (昭和47年)

+ 降雨量0.5mm未満。…… 最高 · —— 平均 · - - - 最低気温。

B)。

2) 試験-II

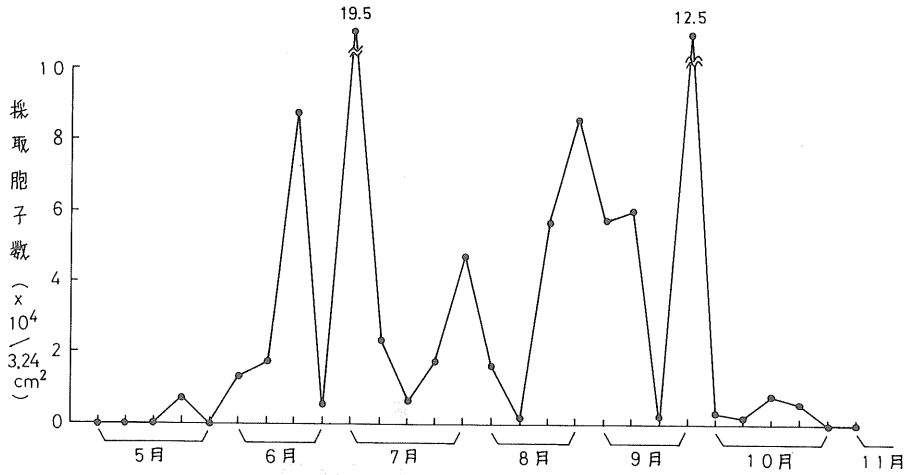
昭和47年、健全苗を床替したクロマツ1回床替2年生苗畑で調べた。伝染源として、発病苗を試験苗畑周囲に植え付けた。発病は8月上旬から認められたが、第49図に示すように胞子は8月下旬から採取され始め、9~10月に多数採取された。

胞子は降雨日にしか採取されなかった。しかし、採取量は降雨量とは比例せず、10月13・20日はごくわずかの降雨量であったが多数の胞子が分散した。

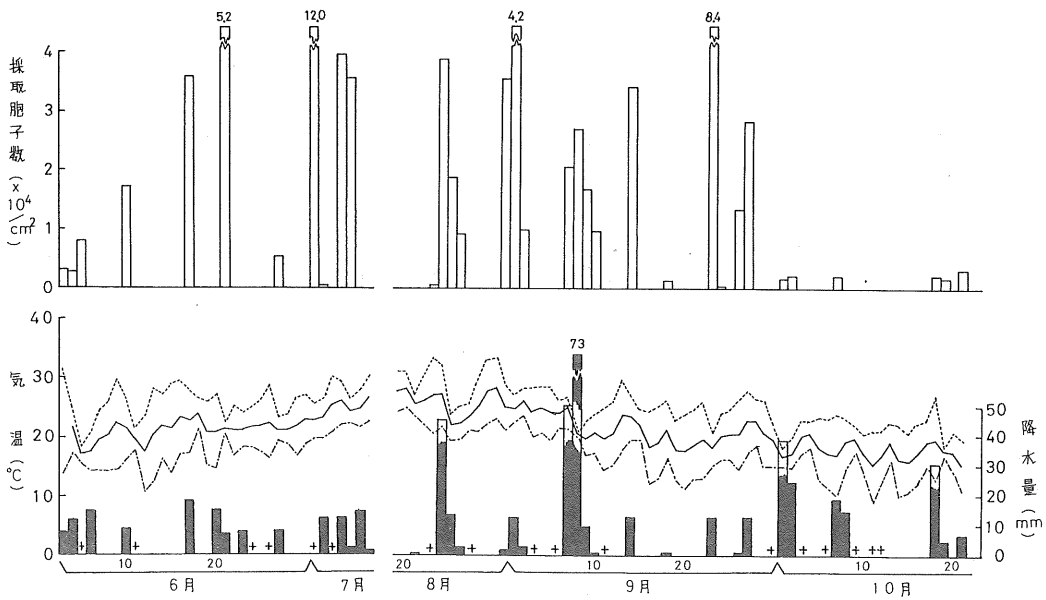
また、9月13~16日は雨が断続的に降り続いたが、降り始めの日に多数分散し、翌日には少数しか採取されず、その後はまったく採取されなかった。

3) 試験-III

昭和49年、本病の激害を連年受けているラジアタマツ幼齢林において調べた。結果を1週ごとにまとめて第50図に示すが、クロマツ苗畑で行った試験-I・IIに比べてきわめて多数の胞子が分散した。胞子は5月下旬から10月下旬まで採取されて、6月中旬~7月上旬と8月下旬~9月下旬にきわめて多数



第50図 マツ類葉枯病菌の分生胞子分散時期（昭和49年）



第51図 マツ類葉枯病菌の分生胞子分散と気象との関係（昭和49年）

+降水量0.5mm未満。……最高・——平均・----最低気温。

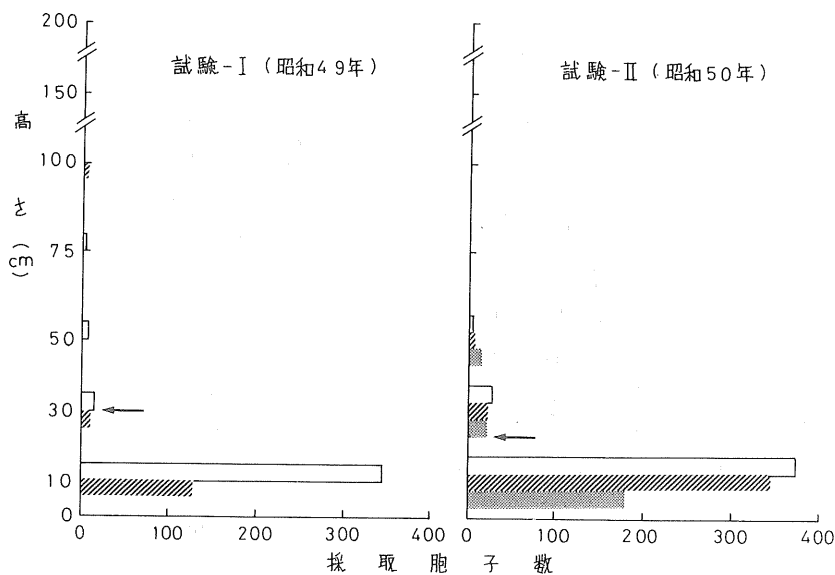
採取された。

気象条件の影響については、第51図に示すように、試験-IIと同様、胞子は降雨日にしか採取されなかった。また、採取量は降雨量とは比例せず、7月1日はごくわずかの降雨量であったが、調査期間中最高の採取量であった。

2. 分散の高さ

1) 試験-I

昭和49年9～11月、アカマツ1回床替2年生苗畑で調べた。調査を行った15日のうち、降雨のあった7日に胞子が採取された。採取数をまとめて第52図Aに示した。胞子は苗高以下の高さ10cmで最も多数採取され、30～100cmで少数採取された。胞子は採



第52図 マツ類葉枯病菌の分生胞子分散と高さとの関係

□ 上面, // 下面, ▨ 側面, ← 平均苗高。

取台横木の上面で、下面に比べて多数採取された。

2) 試験-II

昭和50年9~10月、クロマツ1回床替2年生苗畑で調べた。調査は降雨のあった8日に行い、このうち7日に胞子が採取された。採取数をまとめて第52図Bに示した。胞子は高さ10cmで最も多数形成され、30・50cmでも少数形成されたが、75cm以上では採取されなかった。胞子は採取台横木の上・下面で多数採取され、側面では少数しか採取されなかった。

第5節 病害のまん延

〔試験方法〕

昭和50年、松江市の一苗畑でクロマツまきつけ苗を用いて行った。幅1m、長さ5mの苗床を5列作り、溝幅は0.5mとした。苗畑の中央に発病したクロマツ2年生苗を植え付けた鉢を埋めて、伝染源とした。

経時的に本病害のまん延状態を観察し、11月下旬に最終的な発病分布状態を調べた。苗床を20cm平方のます目に分けて、各区画での発病程度を調べた。各苗木を、発病程度に応じてつぎの段階に分けた。

- 0: 発病を認めない。
- 0.5: 初生葉のみ発病。
- 1: 1/3以下の葉が発病。
- 2: 1/2程度の葉が発病。
- 3: 2/3以上の葉が発病。

4: 全葉が発病して苗木は枯死。

各区画の平均発病指数をつぎの式で求めた。

$$\frac{0n_0 + 0.5n_{0.5} + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3}{N}$$

$n_0, n_{0.5}, \dots, n_3$: 発病指数 0, 0.5, ……., 3別の苗木数; N : 全苗木数。

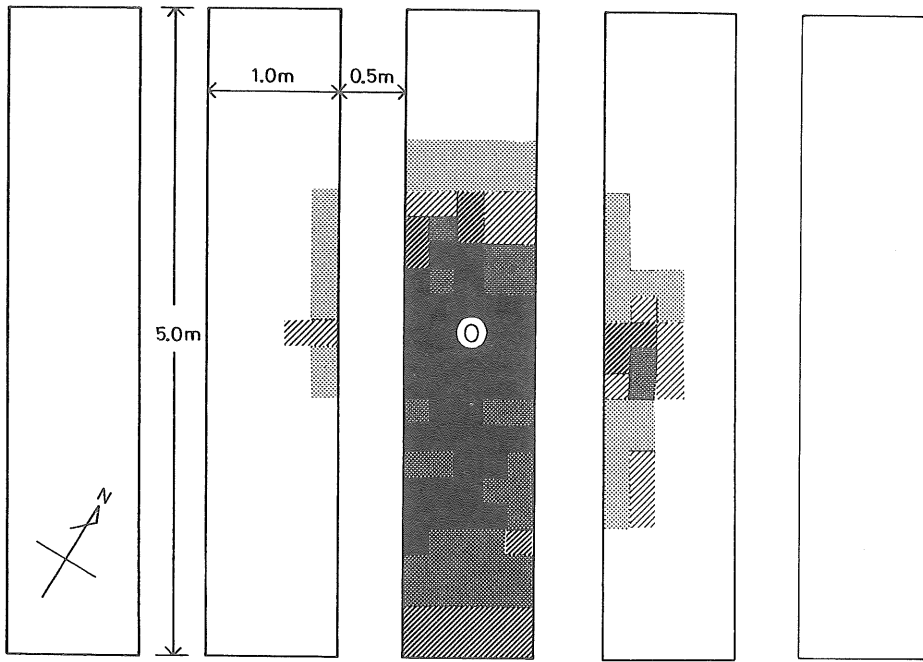
〔試験結果〕

8月中旬、伝染源の苗木の周囲15~30cm以内に発病を認めた。9月中旬には発病範囲が広がり、伝染源から160~175cm以内となった。その後本病は急速に苗畑全面にまん延した。

11月下旬の発病分布状態は、第53図に示すように伝染源の周囲50~150cm以内の苗木はほとんどが枯死した。伝染源から遠ざかるにつれて発病程度が急に軽くなり、最も遠い場所では初生葉がわずかに発病したに過ぎなかった。中央の列の伝染源から南側では、北側に比べて遠くまで激しく発病した。この理由は、この部分の苗木は発芽当初から生長が不良であり、本病に侵されやすかったためと考えられる。

第6節 まとめ

本菌の分生胞子は、島根県松江市においては12月以降翌年の4月中・下旬までは病葉上にほとんど認められなかった。徳重・清原²⁰⁴⁾が熊本市で行った調査では、胞子は10月下旬以降著しく減少し、翌年の4月上旬から新たに増加し始めるが、11~3月の間



第53図 マツ類葉枯病の伝染源からのまん延状態(クロマツまきつけ苗畑)

○伝染源, 発病指数 [□ 0.1~0.4, ▨ 0.5~0.9, ▩ 1.0~1.9, ▪ 2.0~2.9, ▣ 3.0~3.9, ■ 枯死。

にもごくまれに認められた*。本調査よりも早期に胞子形成が開始したのは、暖地で調べられたためと考えられる。

病葉から離脱した分生胞子は風乾状態では数日後に死滅し、また冬期に被害苗畑・林の表土からの胞子検出を試みたが、その結果は陰性であった。したがって、胞子が病葉から離脱した状態で越冬することも不可能と考えられる。

多くの *Cercospora* 属菌^{57, 103, 128, 144, 145, 155, 217)} の分生胞子は分生子柄に付着した状態で保存して長期間(約40日~1年間)生存するが、本菌の胞子も分生子柄に付着して約7か月生存した。しかし、本菌の胞子はひとたび分生子柄から離脱すると、数日後には死滅した。一方、*C. zebrina*⁷⁾ の胞子は、分生子柄から離脱しても45日間はかなり長期間生存する。

本菌とは異なり、*Cercospora plantanifolia* Ell. et Ev. (*Mycosphaerella plantanifolia* Cooke, スズカケノキ褐斑病菌⁶²⁾) と *C. spiraeicola*⁸⁸⁾ の

生胞子は病葉上の分生子柄に付着したまま越冬して翌春の第一次伝染源になる。また、*C. carotae* (Pass.) Solh. (ニンジン斑点病菌²⁰¹⁾) と *C. ricinella* Sacc. et Ev. (ヒマ褐斑病菌¹⁹⁵⁾) は、病葉から離脱した胞子が土壌中でも越冬して翌春の伝染源になる。一方、鏗方⁵³⁾ は、*C. kaki* Ell. et Ev. (カキ角斑落葉病菌) の胞子は土壌中でも越冬するが、翌春までには降雨によって流亡してしまい伝染源にはならないと報告した。²⁰⁴⁾

徳重・清原⁴⁾ は、本菌は病葉中で菌糸の形で越冬すると報告したが、本研究でもこれを再確認した。*C. carotae*²⁰¹⁾、*C. kikuchii*⁷⁴⁾、*C. oryzae*²²¹⁾、*C. ricinella*¹⁹⁵⁾、*C. sequoiae*⁶⁰⁾、*C. sojae* Hara (ダイズ斑点病菌¹⁰³⁾)、*C. sorghi* Ell. et Ev. (モロコシ紫輪病菌¹⁴⁴⁾)、*C. zebrina*²¹⁶⁾、*C. zelkowae* Hori (ケヤキ褐斑病菌⁶⁴⁾)、*C. zonata* Winter (*C. fabae* Faut., ソラマメ輪紋病菌²²³⁾) など多くの *Cercospora* 属菌も、感受体の病葉・茎中で菌糸の形で越冬する。

また、本菌は外観して健全な針葉中に潜伏して越冬することが、新たに明らかにされた。このような

* 論文には記されていないが、徳重からの私信(昭和51年6月)によって調査地を知った。

越冬が生じる条件を検討したが、9月下旬以降に接種した場合には年内の発病は軽く、翌年4月以降に新しい発病が認められた。これは感染はしたが低温のために発病には至らず、翌春気温の上昇に伴って病徴を現わしたものと考えられる。

なお、翌春病葉上に形成された分生孢子が第一次伝染源となり、発病が生じることも確認された。

室内実験の結果、本菌の分生孢子は適温、多湿下では直ちに形成された。また、野外でも、病葉上の孢子は降雨または散水によって離脱・分散したが、その1・2日後には再び多数形成された。

病葉上と培地上における分生孢子形成経過の観察結果から、本菌は Hughes⁵²⁾ と Tubaki²⁰⁶⁾ の記した *Cercospora* 属菌の特徴をよく備えていると考えられる。

寺下¹⁹⁹⁾ は *C. sequoiae* の分生孢子形成経過を詳しく調べ、15℃では10時間前後、20℃では9時間前後、25℃では8時間前後に孢子が成熟したと報告した。本菌の孢子は20℃では24時間後に、また25・30℃では12時間後に成熟し、*C. sequoiae* に比べて孢子成熟にや、高温と長時間を要した。*C. hayi* Calpouzos (バナナ果実の褐斑病菌)⁷⁵⁾ の孢子は、23・26℃では16時間後に成熟すると報じられており、本菌に類似する。

他の *Cercospora* 属菌の病葉上での分生孢子形成の温度と関係湿度をみると、*C. beticola*¹⁵⁾ では10~35℃、96%以上で形成され30℃、98~100%が最適であり、*C. zebrina*⁶⁾ では16~32℃、97.8%以上で形成され24℃、99~100%が最適である。本菌の孢子形成もこれらに類似して、10~40℃、97.5%以上で形成され25~30℃、100%が最適であった。一方、*C. sequoiae*²⁰⁰⁾ の孢子は5~30℃で形成されるが、20~30℃では短時間のうちに生じると報告されており、本菌に比べて形成温度範囲と適温範囲の下限がやや低い。

本菌の分生孢子は、病葉上の子座にすでに分生子柄が生成されている段階では、暗黒下でも多数形成された。*C. personata*⁹⁾ の孢子形成についても、すでに形成された孢子を離脱させた病葉上では、暗黒下で孢子形成が認められる。一方、本病の病葉上子座に分生子柄が生成されていない段階では、光(BL-B蛍光灯)を照射しなければ孢子はほとんど形成されなかった。これは、孢子形成に先立つ分生子柄生成は光が照射されなければ誘起されず、したがって孢子が形成されないことを示すと考えられる。

他の *Cercospora* 属菌でも、光が病葉上の分生孢

子形成を促進する例が知られている。すなわち、*C. beticola*¹⁵⁾ は22℃、1日のうち6~8時間蛍光灯を照射すると多数の孢子が形成される。*C. zebrina*⁶⁾ は光照射によって孢子形成されるが、その形成量は光の強さとは関係がない。*Cercospora* sp. (ゴムノキの葉枯病菌)¹⁰⁷⁾ は病葉を窓際に置いた場合に、暗黒下より孢子形成が早期に生じる。

本菌分生孢子的形態——長さや隔膜数は、孢子形成時の温度と関係湿度によって大きく変化した。他の多くの *Cercospora* 属菌^{6, 60, 62, 71, 102, 127, 159, 198, 200, 212, 213)}

についても、その形態が環境条件や感受体の相異によって変化することが知られており、本菌もこれらと軌を一にする。

本菌の分生孢子が病葉上の分生子柄から離脱するのに、明暗の周期は関与しなかった。一方、*Pyricularia oryzae*¹⁸⁷⁾ の分生孢子離脱の基本要因は明暗の周期である。また、Pinkard¹⁴³⁾ は数種の *Peronospora* 属菌(べと病菌)について、Meridith^{112~116)} は *Cercospora* 属菌を含む多くの不完全菌について、孢子離脱には多湿から乾燥への急激な湿度変化が必要であることを報告している。しかし、本菌の場合は、このような湿度変化は孢子離脱要因とはならなかった。さらに、本菌の孢子離脱に、風と機械的衝撃はまったく関与しなかった。

本菌の分生孢子離脱要因は水であり、病葉の水への浸漬、病葉への水滴の落下および水の噴霧によって孢子は容易に離脱した。孢子が離脱するには水に接触することが必要であるが、高濃度のしょ糖、グリセリンなど粘着性の物質に触れた場合は、孢子はほとんど離脱しなかった。

Cercospora 属菌のうちでは、*C. musae*⁹³⁾、*C. populina*²²⁴⁾、*C. sequoiae*^{224, 225)}、*C. sequoiae* var. *juniperi*¹⁴¹⁾ および *C. zebrina*⁷⁾ の分生孢子も、本菌の場合と同様に雨などの水滴によって離脱して分散する。一方、*C. carotae*²⁰¹⁾、*C. coffeicola*¹⁵⁸⁾、*C. sorghi*¹⁴⁴⁾ などの孢子は、主として風によって離脱・分散する。*C. apii*⁸⁾ と *C. arachidicola*¹⁶¹⁾ の孢子は水によっても離脱・分散するが、夜間の葉の湿りが乾いて空気湿度が低下する時刻には、空気中から多数採取される。*C. hayi*⁷⁵⁾ の孢子も、晴天日には昼間空気中から採取され、また降雨後に多数分散する。*C. beticola* の孢子離脱については、湿潤から乾燥への急激な湿度変化によるという説¹¹⁶⁾、昼間の乾燥した条件下で空気中から採取されるという報告^{98, 111, 210)}、雨滴によって離

脱するが風のみでは離脱せずまた病葉同志が接触する際の機械的衝撃によって離脱するという説¹³¹⁾などがある。

前年すでに発病していた苗畑と幼齡林では、分生胞子の分散には二つの最盛期が認められ、それは6月中・下旬～7月上旬と8～10月であった。一方、健全苗を床替した苗畑では、発病が激化した8月下旬以降に多数の胞子が分散した。*C. sequoiae*^{224, 225)}

の分生胞子分散については、多数分散するのは発病が激化する夏頃から10月下旬までで、その最盛期はスギ苗木床替時の発病程度が激しくなるほど早期になる。しかし、本菌で認められた2回の分散最盛期の存在は、いずれの場合でも認められない。

本菌の分生胞子は、降雨日にしか分散しなかった。分散量は降雨量に比例せず、1mm以下の少雨でもきわめて多数分散することがあった。*C. sequoiae*^{182, 224, 225)}の分生胞子も、降雨日にしか分散しない。

本菌の分生胞子はほとんどが苗高以下の高さにしかな分散しなかった。これは、胞子を含んだ雨滴のしぶきが高くなるまで飛ばないためと考えられる。*C. sequoiae*²²⁵⁾の胞子もほとんどが苗高以下にしかな分散しない。胞子は採取台の上面ばかりでなく、下・側面でも採取された。胞子を含んだ雨滴の落下、はね返り、風による飛散などによって、胞子は分散すると考えられる。

本病のまん延についてクロマツまきつけ苗畑で調べた結果、最終的には伝染源の周囲50～150cmまでの苗木はほとんどが枯死し、遠ざかると発病程度が急に軽くなった。本菌の分生胞子は雨滴に含まれて分散するため、遠くまでは分散しないであろう。したがって、本病の激しいまん延距離はかなり限られたと考えられる。スギ赤枯病 (*C. sequoiae*) のまん延については、野原¹³²⁾が伝染源から2～3mの距離にある苗木は枯死の危険にあることを、また四手井¹⁵⁷⁾が伝染源からほぼ20m位の範囲が発病危険区域であることを報告している。

第6章 マツ類葉枯病の薬剤防除試験

マツ類葉枯病の薬剤防除法については従来多くの場合試験が行われ、ボルドー液、有機水銀剤(ウスブルン、ルベロン、フミロン)を添加したボルドー液、銅水銀剤などが有効であることが明らかにされている^{77, 79, 171, 202, 203)}。しかし、有機水銀剤とそれを含む薬剤は昭和45年3月登録が廃棄され、使用

できなくなった。また、ボルドー液の散布は、アカマツ苗にしばしば薬害を与える^{91, 151, 152, 173, 178)}。

そこで本病の新しい薬剤防除法を確立するための試験を行ったが、本章ではその結果を述べる。まず、ボルドー液と同等の効果を持つ薬剤を選抜する試験を行った。本菌の分生胞子は雨によって分散するため、散布された薬剤は降雨時に流亡することなく葉上に付着していなければならない。マンネブ剤薬液にポリビニルアルコール(PVA)、パラフィン固着剤などを添加して薬剤の流亡を防ぎ、また散布間隔を延長することを試みた。さらに、薬剤散布時期についても検討した。

第1節 各種薬剤の防除効果

〔試験方法〕

昭和46・47年、松江市の一苗畑でクロマツまきつけ苗とクロマツ・アカマツ1回床替2年生の健全苗を用いて試験を行った。

供試薬剤はつぎの9種類である。

塩基性塩化銅剤 copper oxide chloride 1,900ppm (クプラビットホルテ水和剤400倍)

有機銅剤(オキシ銅) copper 8-quinolinolate 800ppm (キノンドー水和剤500倍)

マンネブ剤 manganese ethylenebis (dithiocarbamate) 1,900ppm (マンネブダイセンM水和剤400倍)

プロピネブ剤 polymeric zinc propyl enebis (dithiocarbamate) 1,800ppm (アントラコール水和剤400倍)

チアジアン剤(ミルネブ) 3, 3'-ethylenebis (tetrahydro-4, 6-dimethyl-2H-1, 3, 5-thiadiazine-2-thione) 1,800ppm (サニパー水和剤600倍)

酢酸トリフェニル錫剤 triphenyltin acetate 200ppm (スズ水和剤1,000倍)

チオファネートメチル剤 dimethyl 4, 4'-o-phenylenebis (3-thioallophanate) 1,400ppm (トツジンM水和剤500倍)

ベノミル剤 methyl 1-(butylcarbamoyl)-2-benzimidazolecarbamate 500ppm (ベンレート水和剤1,000倍)

4-4式ボルドー液〔対照薬剤〕

各種薬剤の散布濃度は、農作物の病害防除に適用されている濃度³⁶⁾に準じた。また、いずれの薬液にも湿展性展着剤 alkylphenol polyethylene glycole ether, lignin sulfonic acid ether (特製リノー)

を0.2 ml/ℓ 添加した。

まきつけ苗に対しては、6月中旬から10月中旬まで2週間隔で計9回、全時期を通して200 ml/m² 散布した。また、2年生苗に対しては、5月下旬から10月中旬まで2週間隔で計11回、7月までは200 ml/m²、8月以降は300 ml/m² 散布した。

試験は3回反復の乱塊法で行ったが、アカマツ2年生苗についての試験では反復をしなかった。1試験区の面積は1 m² で、2年生苗は36本植え付けた。また、伝染源として各区間の溝の中央に発病苗を垣根状に植え付けた。

肥料はすべて基肥として与え、まきつけ苗に対しては1 m² 当たり油かす50 g、硫酸(窒素21%)50 g、過磷酸石灰(磷酸17.5%)60 g、塩化加里(カリウム62%)10 gを、また1回床替2年生苗に対しては1 m² 当たり油かす80 g、硫酸70 g、過磷酸石灰70 g、塩化加里10 gを施した。また、根切虫駆除のためにダイアジノン粉剤を1 m² 当たり10 g床土に混和し、除草は手取りと除草剤(ニップとシマジン)によって行った。

11~12月に苗木を掘り取り、まきつけ苗は各試験区から無作為に50本を選び、また2年生苗は全苗について発病状態を調べた。まきつけ苗では全葉について、また2年生苗では葉齢(前年葉、当年春葉^{*}、当年夏葉^{**})別に発病程度をつぎの3段階に分けた。

0 : 発病を認めない。

1 : 1/3以下の葉が発病。

2 : 1/2程度の葉が発病。

3 : 2/3以上の葉が発病。

各区の平均発病指数をつぎの式で求めた。

$$\frac{0n_0 + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3}{N}$$

n_0, n_1, n_2, n_3 : 発病指数0, 1, 2, 3別の苗木数, N : 全苗木数。

なお、2年生苗の発病指数は、各葉齢の発病指数を合計したもので示した。

各処理区の平均発病指数について、Duncanの多重比較検定法(Duncan's multiple range test)¹⁰⁸⁾によって統計的有意差を検定した。

また、苗木の生長について、まきつけ苗では苗高と生重量を、また2年生苗では苗高を測定した。

* 春伸長した枝(第1枝階)に展開した葉。

** 土用芽が伸長した枝(第2枝階)に展開した葉。

〔試験結果〕

1. 各種薬剤の防除効果比較試験

1) クロマツまきつけ苗(昭和46年実施)

第29表に示すように、対照、有機銅剤の両区ではきわめて激しく発病して約20%の苗木が枯死し、酢酸トリフェニル錫区でも激しく発病した。これに対して、塩基性塩化銅剤、マンネブ剤、チアジアニル剤、ベノミル剤、ボルドー液の各区では発病程度がきわめて軽く、またプロピネブ剤、チオファネートメチル剤の両区でも軽かった(図版IV, A)。

なお、発病程度が激しかった対照、有機銅剤、酢酸トリフェニル錫剤の各区の苗木は、他の区に比べて苗高と生重量が小さかった。

2) クロマツ・アカマツ1回床替2年生苗(昭和47年実施)

第30表に示すように、クロマツ、アカマツとも対照区ではきわめて激しく発病した。これに対して、各薬剤散布区とも発病程度が軽かった。とくにマンネブ剤、ベノミル剤、ボルドー液の各区ではきわめて軽かった。

なお、苗高は各区間に差が認められなかった。アカマツ苗にボルドー液を散布した区では、6月に前年葉が、また翌年2月に当年葉が赤褐色に枯死した。これはその症状からボルドー液による薬害と考えられる。

第29表 各種薬剤のマツ類葉枯病防除効果(1)
——クロマツまきつけ苗についての試験——

薬 剤	発病指数 ^{a)}	枯 死 苗率(%)
塩基性塩化銅剤	0.3 a	0
有機銅剤	2.0 b	17
マンネブ剤	0.3 a	0
プロピネブ剤	0.5 c	0
チアジアニル剤	0.3 a	0
酢酸トリフェニル錫剤	0.9 d	0
チオファネートメチル剤	0.3 a c	0
ベノミル剤	0.2 a	0
ボルドー液	0.2 a	0
対 照	2.9 e	18

a) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間にはDuncanの多重検定による5%有意差がないことを示す。

第30表 各種薬剤のマツ類葉枯病防除効果(2)
 ——クロマツ・アカマツ1回床替
 2年生苗についての試験——

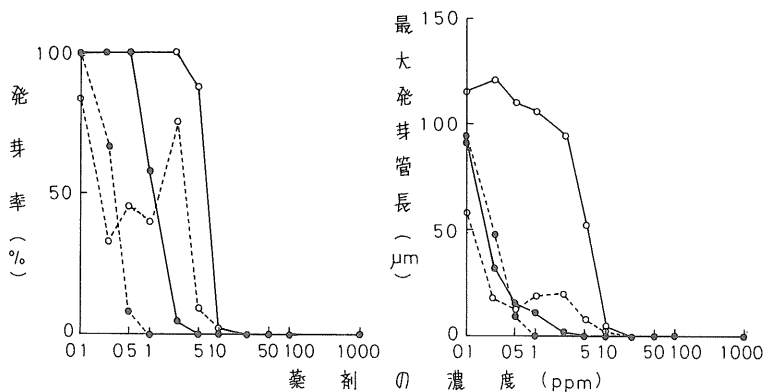
1) クロマツについての試験

薬 剤	発 病 指 数 ^{a)}
塩基性塩化銅剤	2.3 a
マンネブ剤	1.2 b c
プロピネブ剤	2.6 a
チアジアン剤	2.1 a d
チオファネートメチル剤	2.0 a b d
ベノミル剤	1.2 b c d
ボルドー液	0.5 c
対 照	5.9 e

2) アカマツについての試験

塩基性塩化銅剤	1.3
マンネブ剤	0.9
プロピネブ剤	2.2
チアジアン剤	1.0
チオファネートメチル剤	1.5
ベノミル剤	0.5
ボルドー液	0.4
対 照	5.2

a) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間には Duncan の多重検定による5%有意差がないことを示す(試験1)。



第54図 マツ類葉枯病の分生胞子発芽に及ぼす各種薬剤の濃度の影響
 —○— 塩基性塩化銅剤, - - - 有機銅剤, —●— マンネブ剤, - -●- ベノミル剤。

2. 各種薬剤の殺菌力の比較

ほ場試験で防除効果が認められた塩基性塩化銅剤、マンネブ剤およびベノミル剤、効果が認められなかった有機銅剤の殺菌力を、分生胞子の発芽に及ぼす影響によって比較した。培地上に形成されたマツ類葉枯病菌の分生胞子を各種薬剤の所定濃度水溶液に混じ、コロジオン液に浸して乾燥したスライドガラス上に滴下して、温室、25°C、24時間置いた。実験は2回反復し、1回当たり900胞子の発芽の有無と最大発芽管長を調べた。

第54図に示すように、有機銅剤、塩基性塩化銅剤がそれぞれ1.5ppmの低濃度で胞子の発芽を完全に阻止したのに対して、マンネブ剤とベノミル剤は25ppmで阻止した。

第2節 マンネブ剤薬液への固着剤の添加による散布間隔の延長

〔試験方法〕

昭和48～53年、松江市の一苗畑でクロマツまきつけ苗とクロマツ・アカマツ1回床替2年生の健全苗または軽く発病した苗木を用いて試験を行った。

マンネブ剤1,900ppm(マンネブダイセンM水和剤400倍)に対してつぎの添加剤を加えた。

PVA* (ゴーセノールのN-300, C-500, GH-

* ポリビニルアルコール (polyvinyl alcohol) ビニル樹脂の一種。ビニロンの原料、繊維加工剤、のり剤、塗料、接着剤、乳化剤など広い用途がある。

17^{*}) 0.1% (1 g/l)。

パラフィン固着剤 (ステッセル^{**}) 1% (10 ml/l)。

湿展性展着剤 (特製リノー) 0.02% (0.2 ml/l)。

なお、対照薬剤として、4-4式ホルドー液または塩基性塩化銅剤 1,800 ppm (クブラビットホルテ 500倍) を供試した。

まきつけ苗に対しては6月中旬から10月中旬までの1か月間隔で計5回、1回床替2年生苗に対しては5月下旬から10月中旬まで1か月間隔で計6回または1か月半間隔で計4回散布した。また、2週間隔で、まきつけ苗に対しては計9回、2年生苗に対しては計10~11回散布する慣行散布区を設けた。散布量はまきつけ苗、2年生苗とも、7月までは200 ml/m²、8月以降は300 ml/m²とした。

試験は3回反復の乱塊法で行った。1試験区の間積はまきつけ苗では1 m²、2年生苗では2 m²で72本植え付けた。その他の方法は第1節に準じる。

【試験結果】

1. PVAとパラフィン固着剤の添加効果

1) まきつけ苗 (昭和51年実施)

第31表に示すように、対照区で激しく発病したのに対して、マンネブ剤+PVA・5回散布区ではマンネブ剤+湿展性展着剤・9回散布区 (慣行散布区) と同程度に軽く発病した。一方、マンネブ剤+湿展性展着剤、マンネブ剤+パラフィン固着剤の各5回散布区では、やや激しく発病した (図版IV, B)。

なお、発病程度が軽かったマンネブ剤+PVA・5回散布区と慣行散布区では、他の区に比べて苗高が大きくて生長が良好であった。

2) 1回床替2年生苗

(1) 試験-I (昭和48年実施)

本試験を行った年は空梅雨で、また夏期には記録的な干天が続いた。この影響で、第32表の1) に示すように、対照区での発病程度が例年に比べて軽かった。各薬剤散布区では

発病が認められないか、またはきわめて軽く発病した。

なお、苗高は各区間に差が認められなかった。ホルドー液散布区では、翌年3月に少数の苗木の当年葉が赤褐色に枯死する薬害が生じた。

(2) 試験-II (昭和49年実施)

第32表の2) に示すように、対照区で激しく発病したのに対して、マンネブ剤+PVA (N-300またはC-500)、マンネブ剤+パラフィン固着剤の各6回散布区では発病程度がきわめて軽く、塩基性塩化銅剤・10回散布区 (慣行散布区) より軽く発病した。一方、マンネブ剤+湿展性展着剤、マンネブ剤+PVA (GH-17)、塩基性塩化銅剤の各6回散布区ではかなり激しく発病した (図版IV, C)。

なお、苗高は各区間に差が認められなかった。塩基性塩化銅剤散布区では、7月から前年葉、当年葉とも赤褐色に枯死する薬害が生じた。

(3) 試験-III (昭和50年実施)

第32表の3) に示すように、対照区で激しく発病したのに対して、マンネブ剤+PVA・6回散布区ではマンネブ剤+湿展性展着剤11回散布区 (慣行散布区) と同程度に発病程度がきわめて軽く、またマンネブ剤+パラフィン固着剤・6回散布区でも軽く発病した。しかし、マンネブ剤+湿展性展着剤・6回、4回散布区とマンネブ剤+パラフィン固着剤・4回散布区ではやや激しく発病した。

なお、苗高は各区間に差が認められなかった。

2. PVAとパラフィン固着剤の添加濃度

試験は昭和51年に行った。マンネブ剤薬液に対してPVA (N-300) を0.05・0.1・0.2%、またパラフィン固着剤を0.1・0.5・1.0%それぞれ添加した。

第31表 マツ類葉枯病防除に対するマンネブ剤薬液へのPVAとパラフィン固着剤の添加効果(1)
——クロマツまきつけ苗についての試験——

殺菌剤	添加剤	散布回数	発病指数 ^{a)}
マンネブ剤	湿展性展着剤	5	0.7 a
〃	PVA (N-300)	5	0.3 b
〃	パラフィン固着剤	5	0.7 a
〃	湿展性展着剤	9	0.2 b
対 照	——	——	1.3 c

a) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間には Duncan の多重検定による5%有意差がないことを示す。

* 日本合成化学工業株式会社製。供試した3種類の粘度はほぼ同等であるが、N-300とC-500は冷水に不溶であるのに対してGH-17は可溶。あらかじめ10%の濃厚液を作って保存しておき、散布前にこの所定量をマンネブ剤薬液に添加した。

** 八州化学工業株式会社製。パラフィン24%。

第32表 マツ類葉枯病防除に対するマンネブ剤薬液へのPVAとパラフィン固着剤の添加効果(2)

—クロマツ・アカマツ1回床替2年生苗についての試験—

1) 昭和48年実施, クロマツについての試験

殺菌剤	添加剤	散布回数	発病指数 ^{a)}
マンネブ剤	湿展性展着剤	6	0.1 a
"	PVA (N-300)	6	0 a
"	" (C-500)	6	0 a
"	" (GH-17)	6	0 a
ホルド一液	湿展性展着剤	6	0 a
"	"	11	0 a
対照	—	—	2.1 b

2) 昭和49年実施, アカマツについての試験

マンネブ剤	湿展性展着剤	6	2.3 a
"	PVA (N-300)	6	0.2 b
"	" (C-500)	6	0.2 b
"	" (GH-17)	6	1.7 c
"	パラフィン固着剤	6	0.1 b
塩基性塩化銅剤	湿展性展着剤	6	1.5 c
"	"	10	0.7 d
対照	—	—	3.3 e

3) 昭和50年実施, クロマツについての試験

マンネブ剤	湿展性展着剤	6	4.5 a
"	"	4	5.1 b
"	PVA (N-300)	6	3.7 c d
"	"	4	4.4 a e
"	パラフィン固着剤	6	4.1 c e
"	"	4	5.0 b
"	湿展性展着剤	11	3.6 d
対照	—	—	6.0 f

a) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間には Duncan の多重検定による5%有意差がないことを示す。

第33表に示すように、対照区で激しく発病したのに対して、マンネブ剤+PVA・0.1, 0.2%添加, マンネブ剤+パラフィン固着剤・0.5, 1.0%添加の各6回散布区では、マンネブ剤+湿展性展着剤・11回散布区(慣行散布区)と同程度に発病程度が軽かった。しかし、マンネブ剤+PVA・0.05%添加, マンネブ剤+パラフィン固着剤・0.1%添加, マンネブ剤+湿展性展着剤の各6回散布区ではやや激しく

発病した。

なお、苗高は各區間に差が認められなかった。

3. PVAを添加した場合のマンネブ剤薬液の濃度試験は昭和53年に行った。マンネブ剤の3,800・1,900・1,300・950・750 ppm(マンネブダイセンM水和剤200・400・600・800・1,000倍)の薬液にPVA(N-300)0.1%を、またマンネブ剤1,900ppm,の薬液にパラフィン固着剤1%をそれぞれ添加した。

第33表 マツ類葉枯病防除に対するマンネブ剤薬液へのPVAとパラフィン固着剤の添加濃度
——クロマツ1回床替2年生苗についての試験——

殺菌剤	添加剤	添加濃度(%)	散布回数	発病指数 ^{a)}
マンネブ剤	PVA (N-300)	0.05	6	3.6 a b
〃	〃	0.1	6	2.6 c
〃	〃	0.2	6	2.0 c
〃	パラフィン固着剤	0.1	6	4.0 a d
〃	〃	0.5	6	2.7 c
〃	〃	1.0	6	3.0 b c
〃	湿展性展着剤	0.02	6	4.8 d
〃	〃	〃	11	2.1 c
対照	——	——	——	6.0 e

a) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間には Duncan の多重検定による5%有意差がないことを示す。

なお、本試験では、薬剤を6月上旬～8月上旬、1か月間隔で3回散布した。

第34表に示すように、対照区できわめて激しく発病したのに対して、マンネブ剤3,800 ppm・1,900 ppm + PVA とマンネブ剤1,900 ppm + パラフィン固着剤の各3回散布区では、マンネブ剤1,900 ppm + 湿展性展着剤・11回散布区（慣行散布区）と同程度に発病程度が軽かった。マンネブ剤薬液の濃度が低くなるにつれて防除効果が劣ったが、同一濃度では湿展性

展着剤を添加した場合より PVA またはパラフィン固着剤を添加した場合の方が軽く発病した。

なお、苗高は各区間に差が認められなかった。

第3節 マンネブ剤薬液への固着剤添加効果の機作

1. スライドガラス上マンネブ剤残留状態の分生孢子発芽試験による検定

マンネブ剤1,900 ppm の薬液に湿展性展着剤0.02%,

第34表 マツ類葉枯病防除に対するマンネブ剤薬液の濃度別散布
——クロマツ1回床替2年生苗についての試験——

殺菌剤	濃度(ppm)	添加剤	散布回数	発病指数 ^{a)}
マンネブ剤	3,800	PVA (N-300)	3	0.4 a
〃	1,900	〃	3	1.0 a b
〃	1,300	〃	3	1.6 b c
〃	950	〃	3	1.9 c d
〃	750	〃	3	2.2 c d
〃	1,900	パラフィン固着剤	3	0.3 a
〃	1,900	湿展性展着剤	3	2.4 d
〃	950	〃	3	3.5 e
〃	1,900	〃	10	0.5 a
対照	——	——	——	5.4 f

a) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間には Duncan の多重検定による5%有意差がないことを示す。

PVA (N-300, C-500, GH-17) 0.1%, パラフィン固着剤1%をそれぞれ添加した。各薬液を小型噴霧器によって、スライドガラスの上方50 cmから15秒間噴霧した。風乾後、これを野外の台上に固定した。10~15日間隔で各区3枚のスライドガラスを持ち帰り、この上での培地上に形成されたマツ類葉枯病菌分生胞子の発芽試験を行った。温室、25℃、24時間後に、胞子発芽状態を調べた。

実験-(1) 第35表に示すように、無添加(マンネブ剤のみ)、湿展性展着剤添加およびPVA・GH-17添加区では、21日後には多数の胞子が発芽した。これに対して、PVA・N-300, PVA・C-500, パラフィン固着剤の各添加区では、31日後にも胞子は発芽しないか、または少数発芽したに過ぎなかった。

実験-(2) 第36表に示すように、湿展性展着剤添加区では、散布10日後に少数の胞子が発芽し、20日後にはほとんどの胞子が発芽した。これに対して、PVA・N-300添加区では、30日後までは発芽せず、同区の水平・45°設定では45日後にはほとんど

の胞子が発芽したが、垂直設定では62日後にも発芽しなかった。パラフィン固着剤添加区では、10日後まで発芽せず、同区の水平設定では20日後、45°・垂直設定では30日後に発芽した。スライドガラスの水平・45°設定は、垂直設定に比べて薬剤の流亡が激しいと考えられる。

2. 針葉上ジチオカルバミド酸*残留量の定量

昭和49年、アカマツ1回床替2年生苗を用いて行った防除試験(第2節の1・2)・(2))におけるマンネブ剤+湿展性展着剤、マンネブ剤+PVA(N-300)、マンネブ剤+パラフィン固着剤の各6回散布区の苗木を併試した。供試苗木は各試験区から3本ずつ、6回採取した。針葉を細断し、適量の温水を加えてミキサーによってかゆ状にした後、定量に供した。ジチオカルバミド酸の定量は Keppel⁸³⁾の比色法によった。

第55図に示すように、散布直後のジチオカルバミド酸の付着量は、PVA、湿展性展着剤の各添加区に

* マンネブ剤の主有効成分。

第35表 マンネブ剤薬液にPVAまたはパラフィン固着剤を添加して散布したスライドガラス上の薬剤の残留

——マツ類葉枯病菌の分生胞子発芽試験による検定(1)——

殺菌剤 + 添加剤	分 生 胞 子 の 発 芽 ^{a)}			
	散布直後 (7月15日)	10日後 (7月25日)	21日後 (8月8日)	31日後 (8月15日)
マンネブ剤のみ	—	—	+++	+++
マンネブ剤+湿展性展着剤	—	—	+~+++	+++
〃 + PVA・N-300	—	—	—	—
〃 + 〃・C-500	—	—	—	--~+++
〃 + 〃・GH-17	—	—	++~+++	++
〃 +パラフィン固着剤	—	—	—	—
降雨量 (mm)	6.0	147.2	8.3	
気温 (°C)	最高	31.4	33.5	30.8
	平均	26.2	28.3	26.3
	最低	21.9	22.3	21.7

昭和50年実施。

スライドガラスを水平に設置。

a) —発芽せず、+発芽率50%以下、++50~80%、+++80%以上。

第36表 マンネブ剤薬液にPTAまたはパラフィン固着剤を添加して散布したスライドグラス上の薬剤の残留——マツ類葉枯病菌の分生子発芽試験による検定(2)——

殺菌剤 + 添加剤	スライドグラスの 設定角	分生子の発芽 ^{a)}						
		散布直後 (6月8日)	10日後 (6月18日)	20日後 (6月28日)	30日後 (7月8日)	45日後 (7月23日)	60日後 (8月9日)	
マンネブ剤 + 湿展性展着剤	0° (水平)	-	- ~ +++	+++	+++	+++	+++	+++
	45°	-	- ~ +++	+++	+++	+++	+++	+++
	90° (垂直)	-	- ~ ++	+++	+++	+++	+++	+++
" + PVA・N-300	0° (水平)	-	-	-	-	+++	+++	+++
	45°	-	-	-	-	+++	+++	+++
	90° (垂直)	-	-	-	-	-	-	-
" + パラフィン固着剤	0° (水平)	-	-	+++	- ~ +++	+++	+++	+++
	45°	-	-	-	- ~ +++	+++	+++	+++
	90° (垂直)	-	-	-	- ~ ++	- ~ +++	- ~ +++	- ~ +++
降雨量 (mm)		34.8	73.4	30.2	26.4	139.0		
气温 (°C)								
最高		24.7	24.8	26.0	30.2	30.6		
平均		21.0	21.3	21.8	25.1	29.2		
最低		17.3	17.8	17.5	20.0	21.8		

昭和51年実施。

a) - 発芽せず, + 発芽率50%以下, ++50~80%, +++80%以上。

比べて、パラフィン固着剤添加区が多かった。湿展性展着剤添加区では、次回の散布時までの中間時点（散布12・18日後）には20~30 γ/g 残留していたが、次回の散布時の直前（散布38・28日後）にはほとんど残留していなかった。これに対して、PVA、パラフィン固着剤の両添加区では、中間時点で約100 γ/g 、次回の散布直前にも約10~50 γ/g 残留していた。なお、散布直後の付着量に対する次回の散布直前の付着量割合（残留率）で示せば、湿展性展着剤添加区では1~3%しか残留しなかったが、PVA添加区では6~10%、またパラフィン固着剤添加区では5~10%残留したことになる。

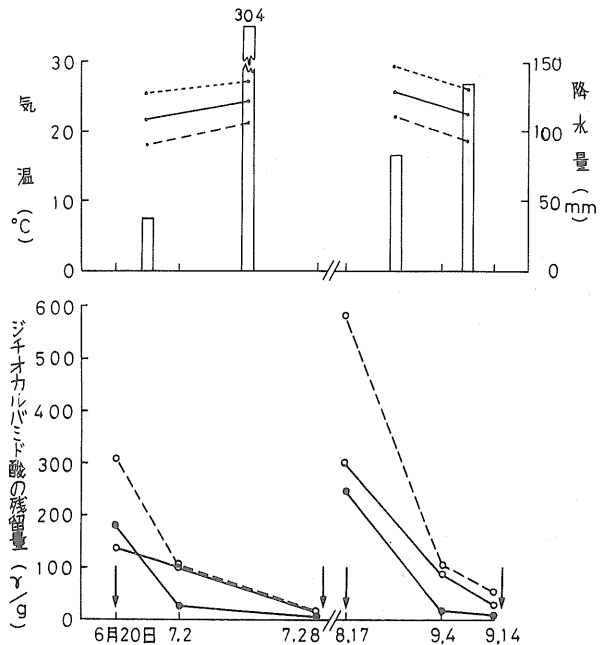
3. PVA、パラフィン固着剤のみの散布試験

昭和52年、クロマツ1回床替2年生苗を用いて試験を行った。PVA (N-300) 0.1%、パラフィン固着剤1%の各水溶液を、5月下旬~10月上旬、1か月間隔で計6回、200~300 ml/m^2 散布した。試験区の面積は1 m^2 で、32本の苗木を植え付けた。その他の方法は第1節に準じる。

PVA、パラフィン固着剤の両区とも、対照（無散布）区とほぼ同程度に激しく発病した（発病指数5.6~6.3）。

4. マンネブ剤薬液への各種添加剤の添加が分生孢子発芽に及ぼす影響

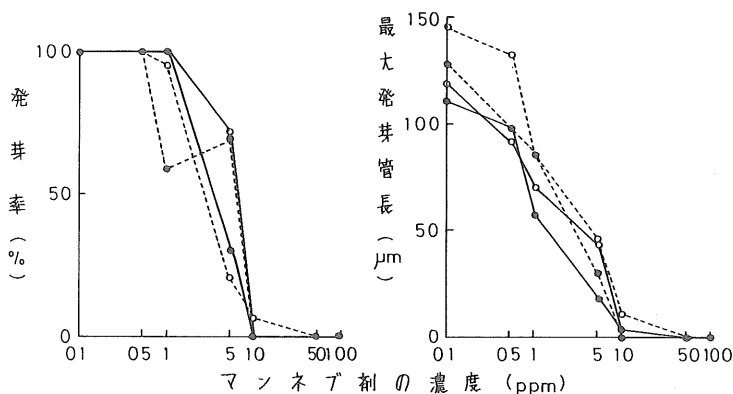
マンネブ剤薬液に各種添加剤を添加し、さらに培



第55図 マツ針葉上のジチオカルバミド酸の残留量

●— 湿展性展着剤添加, ○— PVA添加,
 △--- パラフィン固着剤添加。
 最高温度, — 平均気温, ---- 最低気温。
 ↓ 薬剤散布。

地上に形成された本菌分生胞子を加えた。マンネブ剤薬液の濃度は、0.1・0.5・1・5・10・50 ppmとした。これに湿展性展着剤0.02%, PVA (N-300) 0.1%, パラフィン固着剤1%をそれぞれ添加した。



第56図 マツ類葉枯病菌の分生孢子発芽に及ぼすマンネブ剤への各種添加剤添加の影響

●— マンネブ剤のみ, △--- 湿展性展着剤添加, ○— PVA添加, □--- パラフィン固着剤添加。

発芽試験の方法は第1節の2と同様である。

第56図に示すように、マンネブ剤薬液に各種添加剤を添加した場合とも無添加（マンネブ剤のみ）の場合とはほぼ同様な発芽状態であり、10~50ppmで本菌の孢子発芽を完全に阻止した。

第4節 薬剤の散布時期

〔試験方法〕

昭和52年、松江市の一苗畑でクロマツのまきつけ苗と1回床替2年生苗を用いて試験を行った。

マンネブ剤1,900ppm（マンネブダイセンM水和剤400倍）に対してPVA（N-300）を0.1%添加して、つぎの各月1回、その月の中旬に散布した。

まきつけ苗：6~10月，6~9月，6~8月，6~7月，6月，7~10月，8~10月，9~10月および10月。

1回床替2年生苗：5~10月，5~9月，5~8月，5~7月，5~6月，5月，6~10月，7~10月，8~10月，9~10月および10月。

また、マンネブ剤薬液に湿展性展着剤（特製リノ一）を0.02%添加して、まきつけ苗に対しては6月下旬~10月上旬，2週間隔で計9回，2年生苗に対しては5月下旬~10月上旬，2週間隔で計11回散布する慣行散布区を設けた。散布量はまきつけ苗，2年生苗とも，7月までは200ml/m²，8月以降は300ml/m²とした。

まきつけ苗についての試験では反復をしなかったが，2年生苗についての試験は3回反復の乱塊法で行った。1試験区の面積は1m²で，2年生苗は36本植え付けた。その他の方法は第1節に準じる。

〔試験結果〕

1. まきつけ苗

第37表に示すように，対照区と9~10月，10月，6~7月，6月の各散布区ではきわめて激しく発病し，このうち6~7月散布区を除いては12~46%の苗木が枯死した。これに対して，6~10月，6~9月の両散布区では発病が認められなかった。また，9回散布区（慣行散布区）と7~10月，8~10月の両散布区では発病程度がきわめて軽く，6~8月散布区でも軽く発病した。したがって，少なくとも6~9月に薬剤を散布する必要がある。

なお，発病程度がきわめて激しかった対照区と9~10月，10月，6月の各散布区では，他の区に比べて苗高が低かった。

2. 1回床替2年生苗

第38表に示すように，対照区と7~10月，8~10

第37表 薬剤の散布時期別マツ類葉枯病防除効果(1)
——クロマツまきつけ苗
についての試験——

No. a)	散布時期	発病指数	枯死苗率(%)
1	6~10月	0	0
2	7~10月	0.2	0
3	8~10月	0.2	0
4	9~10月	2.6	12
5	10月	2.9	24
6	6~9月	0	0
7	6~8月	0.6	0
8	6~7月	2.5	0
9	6月	2.9	12
10	9回散布	0.1	0
11	対 照	2.9	46

a) No.1~9はマンネブ剤+PVA，月1回散布；No.10はマンネブ剤+湿展性展着剤，2週間隔散布。

第38表 薬剤の散布時期別マツ類葉枯病防除効果(2)
——クロマツ1回床替2年生苗
についての試験——

No. a)	散布時期	発病指数 b)
1	5~10月	2.2 a
2	6~10月	2.5 a b
3	7~10月	5.2 c d
4	8~10月	5.8 c e
5	9~10月	6.1 c e
6	10月	6.3 c e
7	5~9月	1.6 a
8	5~8月	1.7 a
9	5~7月	3.7 b f
10	5~6月	4.2 d f
11	5月	6.0 c e
12	11回散布	1.9 a
13	対 照	6.6 e

a) No.1~11はマンネブ剤+PVA，月1回散布；No.12はマンネブ剤+湿展性展着剤，2週間隔散布。

b) 3試験区の平均値。同一英字を付した平均値間にはDuncanの多重検定による5%有意差がないことを示す。

月、9～10月、10月の各散布区ではきわめて激しく、また5～6月、5～7月の両散布区でも激しく発病した。これに対して、5～10月、6～10月、5～9月、5～8月の各散布区では、11回散布区（慣行散布区）と同程度に発病程度が軽かった。したがって、少なくとも6～8月に薬剤を散布する必要がある。

なお、苗高は各区間に差が認められなかった。

第5節 ま と め

本研究によって、本病の防除にはボルドー液、塩基性塩化銅剤、マンネブ剤、プロビネブ剤、チアジアン剤、チオファネートメチル剤およびベノミル剤が有効であることがわかった。とくにマンネブ剤とベノミル剤では、従来の防除薬剤であるボルドー液とほぼ同等の優れた防除効果が得られた。

わが国における従来の本病薬剤防除試験では、ボルドー液などの銅剤の散布が有効である^{77, 79, 171, 202, 203}。また、インドにおいても、ラジアタマツに銅製剤 Biotox が散布されて優れた防除効果が得られている¹⁴⁷。しかし、本試験によって、ボルドー液と塩基性塩化銅剤はアカマツとクロマツ、とくにアカマツには激しい薬害を与えることがわかったので、これら銅剤の散布は避けるべきである。

Ivory⁷⁰ がマレーシアで行ったカリビアマツとオーカルバマツの Brown needle disease^{*} 防除試験では、ベノミル剤 (Benlate) が最も有効であり、ついでチオファネートメチル剤 (Topsin M)、TPN 剤 (Daconil) およびダイホルタン剤 (Difoltan 80 W) が有効であったが、本試験でもベノミル剤とチオファネートメチル剤は優れた防除効果を示した。また、スギ赤枯病 (*Cercospora sequoiae*) の防除にはボルドー液が長年使用されてきたが、最近川崎ら⁸¹ の試験でトリアジン剤、チアジアン剤、ファームバム剤、マンネブ剤およびベノミル剤がボルドー液と同等の優れた防除効果を示した。これら薬剤のうちには、本病防除にも有効なものが含まれる。

各種薬剤の殺菌力を比較したところ、塩基性塩化銅剤はマンネブ剤とベノミル剤に比べて低濃度で本菌の分生胞子発芽を阻止した。Uhlig²⁰⁷ の実験でも、本菌菌そうの生長抑止力と殺菌力は塩化銅剤で最も優れ、ボルドー液とジネブ剤がこれに次ぎ、チウラム剤とマンネブ剤は効果が劣った。

* 本菌とたんそ病菌を主とする複数の菌によって生じる複合病害。

従来の本病防除のための薬剤散布法では、ボルドー液などの殺菌剤薬液に湿展性展着剤を添加して、2週間隔で散布しなければならなかった。しかし、本試験によって、マンネブ剤薬液にPVAまたはパラフィン固着剤を添加すると、散布間隔を1か月に延長しても優れた防除効果が得られた。ただし、まきつけ苗に対してマンネブ剤薬液にパラフィン固着剤を添加したものを散布した試験では、添加効果は優れなかった。

マンネブ剤薬液に対するこれら固着剤の添加濃度については、PVAは0.1～0.2%、パラフィン固着剤は0.5～1%が適当であった。また、PVAまたはパラフィン固着剤を添加した場合のマンネブ剤薬液の濃度については、慣行散布法と同等の防除効果を得るためには、3,800・1,900ppmのかなり高濃度で散布しなければならなかった。実用上は1,900ppmの濃度で充分である。

各種類のPVAの添加効果を比較すると、N-300とC-500が優れていてGH-17は劣った。N-300とC-500は冷水不溶性のため雨露によって流亡しにくいのに対して、GH-17は冷水溶性のため流亡し易いことによると考えられる。

なお、マンネブ剤薬液にこれら固着剤を添加した場合、薬斑、苗木の生長不良などの薬害と考えられる症状はまったく生じなかった。

マンネブ剤薬液にPVA、パラフィン固着剤を添加すると散布間隔の延長が可能になる理由を調べた。その結果、これらの固着剤を添加すると、多量のジチオカルバミド酸が長期にわたり針葉上に残留し、またマツ類葉枯病菌の分生胞子発芽を阻止することがわかった。なお、これらの固着剤には、殺菌力と本病防除効果は認められなかった。

本病防除の薬剤散布時期について川畑^{77, 79}と徳重・清原²⁰²が九州地方で行った試験結果によれば、ボルドー液または有機水銀剤を添加したボルドー液を、5月上旬から10月中旬まで2週間隔で散布すべきである。しかし、本試験でマンネブ剤薬液にPVAを添加して散布したところ、まきつけ苗に対しては6月中旬～9月中旬に1か月間隔で計4回、また2年生苗に対しては6月中旬～8月中旬に1か月間隔で計3回散布して十分な防除効果が得られた。

第7章 総合考察と結論

本論文では、マツ類葉枯病の防除に直接・間接に関与する基礎資料を得る目的で、主として病原菌の

培地上における分生孢子多量形成法の開発、各種マツの感受性の比較、病原菌の生態的性質および本病の薬剤防除について行った実験結果を述べた。ここではこれらについて若干の考察を加える。

第1章では、本病の分布と被害状態を、従来の報告と筆者自身の調査結果によってまとめた。本病の被害が育苗上の問題になったのは、マツ類の育苗と造林が盛んになった第二次世界大戦後、九州地方を中心とする西南部に大発生して以来である⁶⁶⁾。この十数年来、これら西南部では「マツ類材線虫病」が大発生したためにマツ類の造林ひいては育苗があまり行われなくなり、本病の被害は減少した。しかし、筆者は最近でも島根県下のマツ類苗畑で時折本病の発生を確認し、また奈良・愛媛県下の苗畑での被害も聞いているので、本病は今日でも局地的に重要な病害と考えられる。

アカマツとクロマツの被害は苗木に限られており、造林木では認められない。これは接種試験の結果から明らかなように、両樹種とも3年生以上の樹木の針葉はまったく発病しないためである。

また、本病は近年アフリカ^{32, 38, 41, 44, 123)}、アジア^{70, 89, 147, 207)} および南アメリカ⁶⁷⁾ のいくつかの国で

発生して問題視され、国際的にも重要なマツ類の病害になった。注目されるのは、これら諸国への導入樹種が本病の激害を受けていることである。すなわち、アフリカとインドにアメリカ合衆国から導入されたラジアタマツ、またマレーシアとフィリピンに中南米から導入されたカリビアマツは、苗木ばかりでなく幼齢木も激しく侵される。なお、わが国でも、試験的に育苗・植栽されたストロブマツ、ハレベンスマツ、フランスカイガンショウ、ラジアタマツ^{47, 65, 86, 134,} などの導入種が激しく侵された例がある¹⁷⁰⁾。

外国産マツ類のすべてが感受性とは限らないが、今後外国産樹種を導入する場合には、あらかじめその樹種の本菌に対する感受性を検討する必要がある。

第2章では、これまでほとんど調べられていない本菌の二・三の生理的性質を明らかにした。本菌分生孢子的発芽適温は23~35℃、また菌そうの生長適温は23~30℃であり、いずれもやや高温であることが注目される。前述したように、本病はわが国の西南部、また外国では主として熱帯と亜熱帯の諸国に分布しているが、このような本菌の特性が本病の高温地に分布するひとつの理由になっていると考えられる。

Cercospora に属する菌の多くは培地上での分生

孢子形成が困難であるが、本菌も例外でなく普通の培養法では孢子をまったく形成せず、研究推進上の大きな障害になっている。本菌の培地上における孢子形成については、従来二つの方法が試みられている。清原・徳重⁸⁵⁾ は、本菌の菌そうを培地面からはく離、乾燥、切断した後再び加湿して孢子を形成させた。また、周藤¹⁷⁴⁾ は、マツ葉せん汁加用V-8ジュース寒天培地上、昼夜の温度が変動して昼間には室内散光が当たる条件下で孢子を形成させた。しかし、両法とも操作がかなり複雑であり、また形成可能な菌株が限られていた。

本菌の分生孢子を培地上で多数、また容易に形成させる方法を追求した結果を第3章で述べた。筆者が開発した培地上孢子形成法はつぎのとおりである。

ペトリ皿に分注したジャガイモせん汁・しょ糖寒天培地上に、本菌の菌そう破砕片を植え付ける。ペトリ皿のふたを除去してサランラップで覆い、ブラックライトブルー (BL-B) 蛍光灯の連続照射下、20℃、5日間培養する。なお、このようにして培地上に形成された孢子を以後の移植源とする。

本法による分生孢子形成で最も重要な操作はBL-B蛍光灯の照射であり、他の条件が整っても光がなければ孢子は形成されない。光を連続して照射すること、また近紫外光をよく透過するサランラップでペトリ皿を覆うことが多数の孢子を得るためには必要である。

つぎに、培地の選択、適当な温度で培養することも重要である。本菌は多くの種類の培地上で、15~30℃の範囲で孢子形成が認められたとはいえ、ジャガイモせん汁・しょ糖(またはブドウ糖)寒天培地上、20℃で最も形成数が多かった。また、あらかじめ予備実験を行って、孢子形成数が多い菌株を選択することも必要である。

本菌の分生孢子形成に及ぼす光の影響については、つぎの生理学的知見が得られた。

(1) 孢子形成の光依存性について——不完全菌類の孢子(分生孢子・柄孢子)形成については、

① *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. (*F. discolor sulphureum*, ジャガイモ乾腐病菌)¹⁴⁾, *Trichoderma viride* Pers. ex Gray (*T. lignorum* Pers. ex Harz)¹¹⁹⁾, *Pyricularia oryzae*^{54, 219)} および Leach¹⁰⁰⁾ が調べた28種の菌など孢子形成が光の連続照射下で促進されて暗黒下で阻害される菌、② *Alternaria brassicae* (Sche.) Wilt. var. *dauci* (ニンジンの葉枯病菌)²¹⁵⁾, *A. solani* (Ell. et Mar.) Sar. (トマト輪紋病菌・ナス褐斑病菌・トウガラシ白星病菌)¹⁰⁵⁾, *A. tomato*

(Cooke) Weber (トマト黒斑病菌)^{1, 2)}, *Choanephora cucurbitarum* (Berk et Rav.) Thax. (エンドウ毛かび病菌)⁴⁾ および *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan (*Cochliobolus miyabeanus* (S. Ito et Kuribayashi) Drechsler ex Dastur, イネこま葉枯病菌)^{50, 99)} など光照射後に暗期がなければ胞子が形成されない菌、③ *Sclerotinia fructigena* (Persoon) Schröter (リング・ナシなどの灰星病菌)⁴⁵⁾ のように暗黒下でしか胞子が形成されない菌——が知られている。本菌は連続照射下で最も多数の胞子が形成されて照射後に暗期を入れると形成数がかえって減少するので、①の光依存性を有する菌と考えられる。

(2) 胞子形成に有効な光の強さについて——BL-B 蛍光灯照射下で、本実験で最も強い光 (100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$) を照射して、最も多数の胞子が形成された。

(3) 胞子形成に有効な光の波長域について——多くの糸状菌について胞子形成に有効な光の波長域が調べられているが、青色光域以下の短波長の光、とくに近紫外光によって形成が誘起される菌が多い^{51, 100, 101, 135)}。本菌の場合も、近紫外光のうちのほぼ 310~350 nm の光が胞子形成に有効であった。*Pyricularia oryzae*²¹⁹⁾ と *Trichoderma viride*⁹⁴⁾ は近紫外光のみでなく青色光も胞子形成に有効であると報告されている。しかし、本菌の胞子形成には青色光は関与しなかった。遠紫外光をも発する「健康線用蛍光灯」照射下では植え付けた胞子が死滅したが、光の強さを減じたり照射時間を短くしたりすれば、胞子形成は可能であるかも知れない。なお、本試験で本菌の胞子形成に有効とした波長域は概略のものであり、今後単色光の照射によって詳細に再検討する必要がある。

(4) 胞子形成の時期について——本菌の胞子形成は、植え付け後 48~96 時の光照射によっていちじるしく誘起された。したがって、菌の生長時期 (菌齢) と胞子形成とは密接な関係がある。

(5) 分生子柄生成・分生胞子形成の各段階に及ぼす光の影響について——*Alternaria tomato*²⁾, *Helminthosporium oryzae*⁵⁰⁾ など胞子形成に光照射後暗期を要する菌では、近紫外光を含む光の照射によって分生子柄生成が誘起されるものの、それに続く分生胞子形成の段階は照射光中の青色光によって阻害される。一方、連続照射下で胞子が形成される *Pyricularia oryzae*²¹⁹⁾ にはこの阻害作用が認められず、逆に胞子形成段階の進行が光によって促進される。本菌の場合、分生子柄は光 (BL-B

蛍光灯) 照射下でしか生成されないもので、分生子柄生成の段階は光がなければ進行しないことは明らかである。つぎに、光照射下で分生子柄を多数生成させた後に暗転すると、連続照射した場合に比べて形成数がかきわめて少ないので、分生胞子形成の段階は少なくとも光によって阻害されることはないと考えられる。なお、連続照射した場合には経時的に分生子柄数が増加してそれらにも胞子が形成されるので、暗転した場合より連続照射下で多数の胞子が形成されたのは、分生胞子形成の段階が光照射によって促進されたためであると断言できない。

他の多くの *Cercospora* 属菌^{9, 10, 11, 19, 20, 22, 80, 84, 108, 141, 160, 166, 188, 208, 226)}

でも、光 (室内散光または人工照射光) が分生胞子形成を誘導すると報告されている。しかし、それらのほとんどは断片的な報告に留まり、本研究におけるように光の影響を分析して調べていない。

本菌の分生胞子形成に適する光以外の培養条件を暗黒下での菌そう生長に適するそれと対比すると、斎藤氏しょう油寒天培地では菌そうの生長は最も良好であったが、胞子形成はきわめて不良であった。また、菌そう生長の適温 (23~30°C) より低温の 20°C が胞子形成には適していた。胞子形成に及ぼす栄養条件についても調べたが、その好適条件は菌そうの生長に適する条件とはかなり異なっていた。

Klebs⁸⁷⁾ は菌の生活過程としての発育と繁殖の関係について論じて、発育と繁殖とはそれぞれ異なった条件に支配され、繁殖に必要な条件は多かれ少なかれ発育条件に反すると述べているが、本菌の場合もこれを実証する。

なお、栄養条件についての実験結果に基づいて、本菌の胞子形成に適する合成培地を創製した。本培地上での胞子形成量はジャガイモせん汁・しょ糖寒天培地には及ばなかったが、化学組成が明らかな培地として有用である。

本菌の分生胞子形成には、光以外の培養条件も無視できない。しかし、暗黒下では他の条件をどのように変えても胞子は形成されなかったので、光の照射が本菌の胞子形成に決定的影響を及ぼしていることは明らかである。

高井¹⁹²⁾ は昭和 52 年、それまでに報告された各種 *Cercospora* 属菌の分生胞子形成に関与する諸条件をまとめたが、各種に共通して有効な形成要因を認めていない。本研究によって、マツ類葉枯病菌の

胞子形成に及ぼす光の影響はきわめて大きいことがわかった。また、前述したように多くの *Cercospora* 属菌の胞子形成が光によって誘導されることが、断片的にはあるが知られている。今後多くの *Cercospora* 属菌について、胞子形成に及ぼす光の影響を詳細に検討してみる必要がある。

本菌の移植法としては、菌そう破砕片または分生胞子の懸濁液を培地全面に広げたが、これは菌そうを培地全面に早期に生長させて、1ペトリ皿当たり多数の胞子を得るために有利であった。菌そう破砕片または胞子を植え付けること自体が、胞子形成を促進した可能性もある。すなわち、Kilpatrick & Johnson⁸⁴⁾ が供試した11種の *Cercospora* 属菌、*C. sequoiae*⁸⁰⁾ および *C. zebrina*⁵⁾ は菌糸破砕片を植え付けて、また Nagel¹²⁶⁾ が供試した6種の *Cercospora* 属菌、*C. kikuchii*²⁰⁸⁾、*C. plantanifolia*⁵⁷⁾ および *C. sequoiae*⁸⁰⁾ は分生胞子を移植して好結果を得ている。

本研究で開発した本菌の培地上における分生胞子形成法は、つぎの優れた特徴を持つと考えられる。①操作が簡単である、②培養期間が短い、③多数の胞子が形成される菌株が多い、④得られた胞子は形態が均一であり、よく発芽し、接種試験で明らかな病原性を示す。

本法によって培地上に形成された分生胞子を用いて、本研究では胞子発芽についての実験(第2章・第1節)、接種試験(第4章・第1～3節、第5章・第1節)、薬剤の殺菌力検定(第6章・第1・3節)など多くの実験を行うことができた。また、フィリピン産の菌と本邦産の菌を比較する場合、本法によって培地上に胞子を形成させてその形態を比較し、またその胞子を用いた接種試験を行って病原性を比較した⁸⁹⁾。

第4章では、培地上に形成された分生胞子を用いて各種接種試験を行った結果を述べた。接種条件と発病との関係については、分生胞子懸濁液の濃度、湿室期間および接種時期を調べた。その結果、確実な発病を得るためには、7・8月、胞子数 15×10^4 /mlの懸濁液を噴霧して、2日程度湿室に保つのが適当である。

つぎに、この接種法によって、33種のマツの本菌に対する感受性を明らかにした。注目すべきことは、同一樹種でも苗齢によって感受性が変化するものがあることである。これらでは、概して年を経ると抵抗性になる。したがって、樹種間の感受性を比較する場合には、同一苗齢のものについて比較されるべ

きである。

マツ属の樹種の苗木に展開する葉は、1年生苗ではまず子葉、ついで初生葉、最後に本葉(尋常葉)が生じ、これらの葉量は樹種によって異なるが、本葉をまったく生じないものもあった。2年生苗では多くの樹種では本葉が生じるが、初生葉のみが生じるものも少数あった。一方、葉の種類別に本病の発病程度をみると、子葉と初生葉は本葉に比べてやや激しく発病する傾向があった。しかし、当年展開した本葉についてみても、苗齢によって感受性の差が認められた。したがって、1・2年生苗で発病程度が激しい理由として、これらの苗齢では子葉・初生葉を付着していることのみをあげることはできない。

苗齢による感受性の変化を3型に大別した。I型は苗齢にかかわらず概して感受性のもの、II型は1・2年生では感受性が強く3年生以上では抵抗性になるもの、III型は苗齢にかかわらず概して抵抗性のものである。こうした各種マツの感受性の型と Critchfield & Little²³⁾ によるマツ属の分類体系とを対比してみた。その結果、Strobus 亜属の多くはIII型であること、Pinus 亜属では Ternatae 節の供試樹種はI型、Australes, Ponderosae 亜節の供試樹種はそれぞれIII型、II型であること、また Sylvestres, Oocarpae 亜節に属するものはいずれもI型とII型に分けられることなどが注目される。

各種マツの本菌に対する感受性比較試験結果は、わが国の西南部、また熱帯・亜熱帯の諸国においてマツ類を育苗、造林する場合、とくに外国産マツ類を導入する際に参考になる。I型の樹種は、熱帯の一部で広く造林されたラジアタマツを含むが、すでに本病が発生している地域では育苗、造林しないのが無難であろう。II型の樹種は、わが国原産の二葉松類アカマツ、クロマツおよびリュウキュウマツを含むが、1・2年生の苗木時代に防除を徹底しなければならない。一方、暖地で生長が良好であるテグマツ、スラッシュマツなどはIII型に含まれ、1・2年生苗でも抵抗性を示すことが注目される。なお、タンザニアでは、本病激発のためにラジアタマツの成林を断念し、代わりにスラッシュマツを再造林した⁴⁴⁾。

わが国の各地から採集、分離した6菌株を7樹種に接種したが、菌株による病原性強弱の差と生理的分化は認められなかった。また、本試験と同時にフィリピン産の菌株の病原性を確かめた⁸⁹⁾が、本試験

に供試した菌株と同様の病原性を示した。したがって、これまでの試験結果に限るが、菌株間で病原性の差はないとみてよい。

第5章では、本病防除に直接的に関与する資料を得る目的で、本菌の二・三の生態的性質を調べた結果を述べた。まず、本菌の越冬については、病葉上での分生孢子形成は12月以降翌年の4月中・下旬まではほとんど認められず、分生子柄から離脱した孢子は風乾状態では数日後に死滅し、また冬期に被害苗畑・林の土壤から孢子を検出することはできなかった。したがって、本菌は分生孢子で越冬することは不可能と考えられる。

徳重・清原²⁰⁴⁾は、本菌は病葉中で菌糸の形で越冬すると報告した。本研究でも、本菌が冬期に病葉中から高率で分離され、また病葉上には翌春多数の孢子が形成されることから、本菌が病葉中で越冬することを再確認した。

周藤¹⁶⁹⁾は、ほ場で冬期に健全または軽く発病した苗木が、翌年の伝染が始まる5～6月に発病したり病勢が進行したりすることを観察した。これは本研究結果から、本菌が葉内に潜伏して越冬し、翌春病徴が発現したものと考えられる。このように病原菌が感受体内に潜伏して越冬する例は、*Cercospora* 属菌による病害については他に知られていない。

炭そ病菌 *Glomerella cinglata* (Stonem.) Spauld. et Schrenk が外観健全な植物体内に普遍的に潜在することは、河野⁹²⁾によってチャ赤枯病について、また寺下¹⁹⁷⁾によって各種広葉樹のたんそ病について詳しく研究されている。炭そ病菌は外観健全な各種広葉樹の葉・枝・種子などに、またいずれの時期にも潜在している。しかし、本菌はマツ葉内に冬期に潜在しているもので、潜在の場所と時期が限られた。そしてこの潜在は、時期別接種試験の結果、低温のために潜伏期間が延長したものと解される。

本菌の分生孢子は、病葉が雨、露、散水などでぬれたことによって、短時間のうちに形成された。*Cercospora musae*^{93, 167)}の分生孢子は、夜間バナナ葉上に結露した場合に形成される。

本菌分生孢子の病葉上での形成に及ぼす光の影響を調べたところ、分生子柄未生成の病葉を供試した場合には、培地上におけると同様に光 (BL-B 蛍光灯) が照射されなければ分生孢子は形成されなかった。なお、病葉を乾燥状態に置いて光を照射した場合、続く温室の暗黒下で孢子が形成された。このことは、野外において日光下では普通病葉は乾いてお

り、続く夜間または雨後の多湿時に孢子が形成されることを示すと考えられる。一方、すでに分生子柄が生成された病葉を供試した場合には、暗黒下でも光照射下と同程度に多数の孢子が形成された。培地上での実験では、分生子柄生成段階に病葉上におけると同様光が必要であったが、分生孢子形成段階に光が促進的に作用するか否かは判定できなかった。しかし、病葉上では光が孢子形成段階の進行を促進するとは考えられない。なお、*Cercospora personata*⁹⁾の孢子形成についても、培地上では光が必要であるが、すでに形成した孢子を離脱させた病葉上では暗黒下でも孢子形成が認められる。

本菌分生孢子の病葉上分生子柄からの離脱要因は水であった。すなわち、本菌の孢子は病葉の水への浸漬、病葉への水滴の落下および水の噴霧によって容易に離脱した。しかし、孢子は単に空気湿度が高いだけでは離脱しなく、離脱するには水に接触することが必要であった。このことは、孢子離脱には水が分生子柄と孢子を膨潤させることの他に、たとえば水が孢子形成部の微細な間隔に浸潤する際の衝撃などの別の力が必要なることを示すと考えられる。なお、*Pyricularia oryzae*¹⁸⁷⁾の分生孢子も水に触れば離脱するが、この水の作用については、本菌の場合と同様に、水が菌体を膨潤させることの他に他の力が働くことと推察されている。

このように、本菌の孢子離脱は外からの水の力によって起こるので、Ingold⁵⁵⁾による孢子離脱法の分類では「受動的離脱法 (Passive liberation)」である。そして風によって離脱することなく水によって離脱する型 (Ingold は例として *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter (リング黒星病菌)³⁷⁾ 分生孢子の離脱をあげている) に属すると考えられる。

本菌の分生孢子は、6月中・下旬～7月上旬と8～9月に多数分散した。発病進行状態からみて、7月までは前年葉に形成された第一次伝染源となる孢子の分散であり、8月以降は主として当年葉に形成された第二次伝染源となる孢子の分散と考えられる。また、孢子は降雨日にしか分散しないことが注目されたが、これは孢子が雨滴によって病葉上の分生子柄から離脱するためである。孢子は雨滴のはね返りに含まれて分散するため高くには飛散せず、また本病のまん延状態からみて飛散距離もかなり限られると考えられる。

以上述べた本菌の生態的性質から、本病を防除するにはまず発病苗の被害苗畑からの移出・未被害苗畑への移入を避ける必要がある。なお、被害苗畑で

は、冬期に健全に見える葉に本菌が潜伏している可能性があるので注意を要する。また、多量の分生胞子が分散する6～9月、とくに降雨時期に薬剤散布を行うことも重要な防除法と考えられる。

そこで一連の薬剤防除試験を行った結果を第6章に述べた。従来本病の防除には、ボルドー液、有機水銀剤を添加したボルドー液または銅水銀剤を5～10月に2週間隔で散布すれば十分な効果が得られた^{77, 79, 171, 202, 203)}。

まず、ボルドー液に匹敵する効果を持つ他の薬剤を選別したが、とくにマンネブ剤とベノミル剤が有効であった。これら両薬剤とも殺菌スペクトルが広く、*Cercospora* 属菌による各種病害の防除にも使用されている³⁶⁾。しかし、ベノミル剤はマンネブ剤に比べて高価な薬剤であり、大面積の苗畑において多数回散布することには経済上問題がある。

各種薬剤の殺菌力を *in vitro* で検定した結果、塩基性塩化銅剤と有機銅剤はマンネブ剤とベノミル剤に比べて本菌分生胞子発芽阻止力が優れた。しかし、ほ場試験では、マンネブ剤は塩基性塩化銅剤と同等の濃度、またベノミル剤は塩基性塩化銅剤の約1/3の低濃度で散布されているにもかかわらず防除効果が優れたことが注目される。

マンネブ剤薬液にポリビニルアルコール (PVA) またはパラフィン固着剤を添加すると、1か月間隔で散布しても従来の2週間隔散布と同等の優れた防除効果が得られた。この理由を二・三の実験によって調べた結果、これらの固着剤がマンネブ剤を葉上に長期間、多量残留させるためであることが確認された。なお、本菌の分生胞子は雨によって分散するため、本病を効率的に防除するには降雨時に多量の薬剤が葉上に付着していなければならない。薬液への固着剤の添加は、雨期の薬剤流亡を防ぐのにきわめて有効と考えられる。

Burckfield & Goenaga^{16, 17)}, Evansら³³⁾, McIntosh^{109, 110)}, Reddy & Pandey¹⁴⁶⁾ および Sommers^{163, 164)}

は、各種殺菌剤薬液に各種固着剤を添加して散布し、いくつかの固着剤を添加した場合には、人工降雨による殺菌剤の流亡が抑制されることを確かめた。しかし、ほ場で行ったジャガイモ疫病 (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) の防除試験^{33, 110, 164)} では、室内実験で優れた添加効果を認めた固着剤を添加しても、無添加の場合に比べて優れた防除効果が得られなかった。

これに対して、殺菌剤薬液に固着剤を添加して散布間隔を延長し、ひいては散布回数を減少すること

に成功した例が知られている。すなわち、Merill¹¹⁷⁾ はマツ葉ふるい病 (*Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev.) の防除に、マンネブ剤薬液にピノレン (nu-Film 17) を添加して散布すれば、年1回の散布でも添加しないで2回散布するのと同等の効果が得られると報告した。また、川崎ら^{81, 82)}, 周藤ら¹⁸⁰⁾, 周藤¹⁸³⁾ および小河・蓮尾¹³⁶⁾ は、スギ赤枯病防除に、マンネブ剤またはマンゼブ剤にPVAを添加して1か月間隔で散布し、湿展性展着剤を添加して2週間隔で散布するのと同等の効果が得ると報告した。本病防除の場合も、スギ赤枯病防除の場合と同様に、薬液へのPVA添加の効果が認められたわけである。

薬剤の散布時期を検討した結果、マンネブ剤薬液にPVAまたはパラフィン固着剤を添加して1か月間隔で散布し、少なくともまきつけ苗に対しては6月中旬～9月中旬に計4回、また1回床替2年生苗に対しては6月中旬～8月中旬に計3回散布する必要がある。

本菌の分生胞子が多数分散するのは6月中・下旬～7月上旬と8～10月であり、またマツ類苗木は7～8月に接種して激しく発病した。したがって、6～10月は本病伝染の重要な時期であり、実際この時期の薬剤散布によって優れた防除効果が得られた。

本病防除には、九州地方では5月上旬から10月中旬まで薬剤を散布する必要がある^{77, 79, 202)}。松江市で行った本試験では、6月中旬からの散布で十分な防除効果が得られた。この理由は、松江市では本菌の分生胞子が6月上旬までは多数分散しないためである。また、薬液に固着剤を添加したことによって、早期に散布を終了できたと考えられる。

以上の薬剤防除試験の結果、本病の新しい薬剤防除法を確立した。まず、ボルドー液に代わる薬剤として、マンネブ剤とベノミル剤が有効である。また、マンネブ剤薬液にPVAまたはパラフィン固着剤を添加して散布間隔を1か月に延長し、適当な時期に散布して、散布回数を従来の1/3～1/2に減少することが可能になった。なお、労力不足の今日、少数回散布で本病が防除できることは、育苗上経済的にきわめて有利である。

本研究によって得られた成果をまとめるとつぎのとおりである。

(1) 本菌の培養中にBL-B蛍光灯を照射して、培地上に分生胞子を多数、また容易に形成させる方法を開発した。この方法の開発によって、従来実行が

不可能であった研究、たとえば樹種・苗齢間の抵抗性の機作に関する研究、室内の薬剤スクリーニングテストなど胞子を用いた各種実験が今後可能になり、本病研究の進展が期待される。

(2) 培地上に形成された分生胞子を用いた人工接種を行い、33種のマツの感受性の差を苗齢別に明らかにして、防除上、また育苗・育林上の参考資料を得た。

(3) 本菌の生態的性質について、まず本菌の越冬方法を調べて第一次伝染源の所在を明らかにした。また、分生胞子の病葉からの離脱と分散を調べて、薬剤散布の時期と方法に指針を与えた。

(4) 本菌の生態的性質に基づく薬剤防除法——マンネブ剤薬液に固着剤を添加し、また適当な時期に散布して、散布回数を従来より大幅に減少した新しい防除法を確立した。

以上、本研究によって、南部¹³⁰⁾が本病を記載してから60年来未解決であった本病防除に関与するいくつかの基礎問題を解明することができた。

摘 要

Cercospora pini-densiflorae Hori et Nambu によるマツ類葉枯病は、わが国の西南部、また主として熱帯・亜熱帯のいくつかの国におけるマツ類の重要病害である。しかし、従来本病については断片的な研究しか行われていない。本論文では、本病の防除に関するいくつかの基礎資料を得る目的で行った研究を述べた。その概要はつぎのとおりである。

1. マツ類葉枯病の分布と被害状態

1) わが国における分布と被害状態

本病は琉球諸島(沖縄県)、九州・四国地方、本州では島根・岡山・奈良・三重・静岡・神奈川の各県に分布する。アカマツとクロマツは1・2年生の苗木に限って被害を受けるが、フランスカイガンショウ、ハレペンスマツ、リュウキユウマツ、ラジアタマツなどは、苗木ばかりでなく幼齢木も侵された。

2) 外国における分布と被害状態

本病はアフリカ(タンザニア、ザンビア、ローデシア)、アジア(インド、マレーシア、フィリピン、台湾、ベトナム)および南アメリカ(ブラジル)に分布する。導入樹種であるラジアタマツとカリビアマツの被害が激しい。

2. マツ類葉枯病菌の生理的性質

1) 分生胞子の発芽

分生胞子は25℃、水滴中では8時間後にはほとんどが発芽した。胞子は13~38℃、関係湿度97.5%以上で発芽して、23~35℃、関係湿度100%が最適であった。また、pH 4~9ではほとんど影響を受けなかった。

2) 菌そうの生長

菌そうの生長は緩慢であるが、斎藤氏しょう油培地で最も生長が良好であった。菌そうは10~35℃で生長して、23~30℃が最適であった。また、pH 3~9では大きな生長差は認められないが、pH 5付近が最適であった。

3) 菌そうの生長に及ぼす栄養条件

炭素源としては単糖類と複糖類を良く利用したが、麦芽糖が最適であった。窒素源としては硫酸アンモニウム、塩化アンモニウム、燐酸アンモニウムなどのアンモニア塩とL-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、グリシン、DL-α-アラニン、DL-バリン、L-チロシンなどのアミノ酸を良く利用した。無機塩類では硫酸マグネシウムと燐酸ニカルウムを共に添加した場合が、また微量重金属では硫酸マンガン添加が生長を促進した。しかし、ビタミン類は生長に影響を及ぼさなかった。

3. マツ類葉枯病菌の培地上における分生胞子形成

1) 分生胞子形成に及ぼす光の影響

分生胞子はブラックライトブルー(BL-B)蛍光灯の連続照射下で最も多数形成され、照射の前・後または中間に暗期を入れると形成数は減少した。また、室内散光下では暗黒下と同様に胞子は形成されなかった。

胞子は移植源としての胞子植え付け48時間後から形成され始め、84~120時間後にピークに達した。培地面に密着して生長する菌糸に分生子柄が生じ、この頂端に胞子が形成された。

BL-B蛍光灯を照射して光の強さが100μW/cm²のときが、14~46μW/cm²に比べて多数の胞子が形成された。また、胞子形成に有効な光の波長域は、近紫外光のうちのほぼ310~350nmであった。ベトリ皿のふたを除去して近紫外光をよく透過するサララップで覆うと、胞子形成が優れた。

培養の各時期に一定時間光を照射したところ、胞子は植え付け後48~96時の照射で多数形成された。

胞子形成を分生子柄生成と分生胞子形成の2段階に分けて、各段階に及ぼす光の影響を調べた。分生子柄生成の段階は、光が照射されなければまったく進行しなかった。また、いったん分生子柄が生成さ

れると暗黒下でも胞子が形成された。しかし、この胞子形成段階は光照射によって阻害されなかった。

2) 二・三の培養条件と分生胞子形成

ジャガイモせん汁・しょ糖(またはブドウ糖)寒天培地上で胞子形成が最も優れた。15~30℃で胞子が形成され、20℃が最適であった。また、pH 5~6 付近が胞子形成に適した。

3) 栄養条件と分生胞子形成

炭素源としてはしょ糖が広範囲の濃度で、また窒素源としては硝酸カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸アンモニウム、磷酸アンモニウムおよび酒石酸アンモニウムが適していた。無機塩類では磷酸二カリウムを、また微量重金属では硫酸第一鉄を添加すると胞子形成が促進された。しかし、ビタミン類は胞子形成に影響を及ぼさなかった。

胞子形成に適する合成培地の組成はつぎのとおりである。しょ糖: 20 g, 硝酸ナトリウム: 2 g, 磷酸二カリウム: 1 g, 硫酸第一鉄: 0.1 g, 寒天: 20 g, 蒸留水: 1 ℓ。

4) 菌株別にみた分生胞子形成

26菌株の胞子形成を調べたところ、全菌株に多かれ少なかれ形成が認められた。10⁴/cm²以上形成されたのは19菌株、このうち8菌株に10⁵/cm²以上形成された。

5) 分生胞子の多量形成法

筆者が開発した本菌の培地上胞子形成法はつぎのとおりである。

ペトリ皿に分注したジャガイモせん汁・しょ糖寒天培地上に、本菌の菌そう破砕片を植え付ける。ペトリ皿のふたを除去してサランラップで覆い、BL-B 蛍光灯の連続照射下、20℃、5日間培養する。なお、このようにして培地上に形成された胞子を、以後の移植源とする。

4. マツ類葉枯病菌の病原性

1) 接種条件と発病

概して分生胞子懸濁液の濃度が高いほど激しく発病したが、ラジアタマツは低濃度でも発病程度が激しく、またスラッシュマツの2年生苗は高濃度でも軽く発病したに過ぎなかった。24・48・72時間の温室期間と発病との間には関係が認められなかった。7・8月の接種で潜伏期間が短く、また激しく発病した。

2) 各種マツに対する接種試験

マツ属33種の1~5年生苗を供試して、樹種間の感受性の差を苗齢別に明らかにした。苗齢による各種マツ当年葉の感受性の変化は、つぎの3型に分け

られた。

I型: 苗齢にかかわらず激しく発病するもの。フランスカイガンショウ、ラジアタマツなど6種。

II型: 1・2年生苗は激しくまたは中程度に発病するが、3~5年生苗は軽く発病するか発病しないもの。ストローブマツ、アカマツ、クロマツなど16種。

III型: 1年生苗は中程度または軽く発病し、2年生苗は軽く発病し、3~5年生苗は軽く発病するか発病しないもの。ヒマラヤゴヨウ、ダイオウマツなど9種。

また、本菌を接種して、カラマツ、ヒマラヤスギおよびアメリカトガサワラの苗木に軽微ではあるが発病が認められた。

本菌の潜伏期間は6~8月に接種して13~60日であり、感受性が強い樹種ほど短い傾向を示した。

3) 菌株別の病原性

6菌株の病原性を、6種のマツとカラマツの苗木に接種して比較した。菌株間に病原性强弱の差は現われず、また生理的分化が認められなかった。

5. マツ類葉枯病菌の生態的性質

1) 病原菌の越冬

本菌の分生胞子は、12月から翌年の4月中・下旬までは病葉上にほとんど形成されなかった。また、分生子柄から離脱した胞子は風乾状態では数日後に死滅し、冬期に土壤から胞子を検出することはできなかった。したがって、本菌は分生胞子で越冬することはできない。

本菌は病葉中で菌糸の形で越冬した。また、一見健全な葉内に潜伏して越冬し、翌春に病徴が現われた。こうした潜伏越冬は、感染時期が9月以降になった場合に生じた。

また、本病の第一次伝染は、春期に病葉上に形成された分生胞子によって生じることが確かめられた。

2) 病葉上における分生胞子形成

分生胞子は降雨または散水の1・2日後には再び多数形成された。室内実験でも、温室、25~30℃では12時間後には成熟した胞子が形成された。10~40℃、関係湿度97.5%以上で胞子が形成され、25~30℃、関係湿度100%が最適であった。また、培地上における胞子形成と同様に、光(BL-B 蛍光灯)が照射されなければ子座上に分生子柄が生成されず、分生胞子も形成されなかった。しかし、いったん分生子柄が生じた段階では、暗黒下でも多数の胞子が形成された。

3) 分生胞子の離脱

分生胞子の病葉上分生子柄からの離脱要因は水であり、胞子は病葉の水への浸漬、病葉への水滴の落下および水の噴霧によって容易に離脱した。

4) 分生胞子の分散

分生胞子は5月下旬から分散を始め、6月中・下旬～7月上旬と8～10月に多数分散した。胞子は降雨の日にしか分散せず、また少雨でもきわめて多数分散することがあった。

5) 病害のまん延

クロマツまきつけ苗畑の中央に発病苗を置いたところ、周囲50～150 cmまではほとんどの苗木が枯死し、遠ざかると発病程度が急に軽くなった。

6. マツ類葉枯病の薬剤防除試験

1) 各種薬剤の防除効果

本病防除には、塩基性塩化銅剤、ボルドー液、マンネブ剤、プロピネブ剤、チアジアジアン剤、チオファネートメチル剤およびベノミル剤が有効であり、とくにマンネブ剤とベノミル剤は従来の防除薬剤ボルドー液と同等の優れた効果があった。ボルドー液と塩基性塩化銅剤は、とくにアカマツ苗に針葉が変色枯死する薬害を与えた。

マンネブ剤とベノミル剤は、*in vitro* では塩基性塩化銅剤と有機銅剤に比べて殺菌力が弱かったにもかかわらず、ほ場試験では優れた防除効果を取めた。

2) マンネブ剤薬液への固着剤の添加による散布間隔の延長

マンネブ剤薬液にポリビニルアルコール (PVA, ゴーセノール N-300 または C-500) またはパラフィン固着剤 (ステッケル) を添加することによって、散布間隔を従来の2週間から1か月に延長しても優れた防除効果が得られた。マンネブ剤薬液に対するこれら固着剤の添加濃度は、PVAは0.1～0.2%, パラフィン固着剤は0.5～1%が適当であった。また、固着剤を添加した場合、マンネブ剤薬液の濃度は3,800～1,900 ppmで優れた防除効果が得られた。

3) マンネブ剤薬液への固着剤添加効果の機作

マンネブ剤薬液にPVAまたはパラフィン固着剤を添加すると、多量のジチオカルバミド酸 (マンネブ剤の主有効成分) が長期にわたり針葉上に残留し、また本菌分生胞子の発芽を長期間阻止した。

4) 薬剤の散布時期

マンネブ剤薬液にPVAを添加して散布時期を検討した。まきつけ苗に対しては6月中旬～9月中旬、各月1回計4回、1回床替2年生苗に対しては6月中旬～8月中旬、各月1回計3回散布することによ

って、十分な防除効果を取めることができた。

引用文献

- 1) Aragaki, M.: Radiation and temperature interaction on the sporulation of *Alternaria tomato*. *Phytopathology* **51**: 803～805, 1961
- 2) ———: Quality of radiation inhibitory to sporulation of *Alternaria tomato*. *Ibid.* **52**: 1227～1228, 1962
- 3) 明日山秀文・向 秀夫・鈴木直治 (編): 植物病理学実験法. p. 236～239, 348～358, 日本植物病理学会, 東京, 1962
- 4) Barnett, H. L. & Lilly, V. G.: Influence of nutritional and environmental factors upon asexual reproduction of *Choanephora cucurbitarum*. *Phytopathology* **40**: 80～89, 1950
- 5) Baxter, J. W.: *Cercospora* black stem of alfalfa. *Ibid.* **46**: 398～399, 1956
- 6) Berger, R. D.: Relation of environmental factors on growth and sporulation of *Cercospora zebrina*. *Ibid.* **53**: 286～294, 1963
- 7) ——— & Hanson, E. W.: Pathogenicity, host-parasite relationships, and morphology of some forage *Cercosporae*, and factors related to disease development. *Ibid.* **53**: 500～508, 1963
- 8) ———: Early blight of celery: analysis of disease spread in Florida. *Ibid.* **63**: 1161～1165, 1973
- 9) Bhama, K. S. & Swamy, R. N.: Light and sporulation in *Cercospora personata* (Berk. et Curt.) Ell. et Everh. *Curr. Sci.* **38**: 570, 1969
- 10) Bhama, K. S.: Suitability of different types of glassware in sporulation studies on *Cercospora personata*. *Ibid.* **40**: 45～46, 1971
- 11) ——— & Swamy, R. N.: Sporulation of *Cercospora personata* in culture. I. Effect of light and temperature. *Kavaka* **1**: 19～22, 1973
- 12) ——— & ———: Sporulation of *Cercospora personata* in culture. II. Effect of some nutritional factors. *Ibid.* **1**: 23～27, 1973
- 13) ——— & ———: Sporulation of

- Cercospora personata* in culture. III. Effect of riboflavin in the medium. *Ibid.* 4 :65~68, 1976
- 14) Bisby, G. R. : Zonation in cultures of *Fusarium discolor sulphureum*. *Mycologia* 17 : 89~97, 1925
- 15) Bleiholder, H. & Weltzien, H. C. : Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. an Zuckerrübe. II. Die Konidienbildung in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Licht. *Phytopath. Z.* 73 :46~68, 1972
- 16) Burchfield, H. P. & Goenaga, A. : Some factors governing the deposition and tenacity of copper fungicide sprays. *Contribs. Boyce Thompson Inst.* 19 :141~156, 1958
- 17) ——— & ——— : Equipment for producing simulated rain for measuring the tenacity of spray deposits to foliage. *Ibid.* 19 :133~140, 1958
- 18) Calpouzos, L. : Controlled sporulation of *Cercospora musae* Zimm. in pure culture. *Nature* 173 :1084~1085, 1974
- 19) ——— & Stallknecht G. F. : Sporulation of *Cercospora beticola* affected by interaction between light and temperature. *Phytopathology* 55 :1370~1371, 1965
- 20) ——— & ——— : Effects of light on sporulation of *Cercospora beticola*. *Ibid.* 57 : 679~681, 1967
- 21) Chupp, C. : A monograph of the fungus *Cercospora*. p.20, 440, Ithaca, New York, 1953
- 22) Conway, K. E. : *Cercospora rodmanii*, a new pathogen of waterhyacinth with biological control potential. *Can. J. Bot.* 54 :1079~1083, 1976
- 23) Critchfield, W. B. & Little, E. L., Jr. : Geographic distribution of the pines of the world. 97pp. U. S. Department of Agriculture Forest Service, Washington, 1966
- 24) Dange, S. R. S. & Patel, P. N. : Influence of nutrition and pH on growth and sporulation of *Cercospora beticola* Sacc. from spinach-beet (*Beta vulgaris* L.). *Indian Phytopath.* 21 : 434~439, 1968
- 25) Dayal, R. & Ram, A. : Pathological studies of *Cercospora jasminicola* Muller and Chupp I. *Phytopath. Z.* 59 :33~38, 1967
- 26) ——— & ——— : Physiological studies of *Cercospora jasminicola* Muller and Chupp I. Carbon requirements. *Proc. Natn. Acad. Sci. India, Sect. B* 37 :204~208, 1967
- 27) ——— & ——— : Physiological studies of *Cercospora jasminicola* Muller and Chupp II. Nitrogen requirements. *Ibid.* 38 :293~298, 1968
- 28) ——— & ——— : Pathological studies of *Cercospora jasminicola* Muller & Chupp II. Morphology and spore germination. *Nova Hedwigia* 16 :321~327, 1968
- 29) Deighton, F. C. : Studies on *Cercospora* and allied genera VI. *Pseudocercospora* Speg., *Pantospora* Cif. and *Cercoseptoria* Petr. *Mycological Paper No. 140*, p. 159~167, Commonwealth Mycological Institute, Kew, 1976
- 30) Diachum, S. & Valleau, W. D. : Conidial production in culture by *Cercospora nicotianae*. *Phytopathology* 31 :97~98, 1941
- 31) Diener, U. L. : Sporulation in pure culture by *Stemphylium solani*. *Ibid.* 45 :141~143, 1955
- 32) Etheridge, D. E. : Report to the Government of Tanzania on forest tree diseases. F. A. O. Expand. Tech. Assist Prog. Rep. No. 2056, 1~23, 1965
- 33) Evans, E. T., Cox, J. R., Taylor, J. W. H. & Runham, R. L. : Some observation on size and biological activity of spray deposits produced various formulation of copper oxychloride. *Ann. appl. Biol.* 58 :131~144, 1966
- 34) Frandsen, N. O. : Untersuchungen über *Cercospora beticola* I. Verhalten des Pilzes in künstlicher Kulture. *Zucker* 8 :451~456, 1955
- 35) ——— : Untersuchungen über *Cercospora beticola* IV. Die Konidienkeimung. *Ibid.* 9 : 3~5, 1956
- 36) 福永一雄 (編) : 農薬ハンドブック, 1976年版,

- 504pp. 日本植物防疫協会, 東京, 1976
- 37) Frey, C. N. & Keitt, G. W.: Studies of spore dissemination of *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. in relation to seasonal development apple scab. J. Agr. Res. **30**: 529~540, 1925
- 38) Gibson, I. A. S.: The impact of disease on forest production in Africa. FAO/IUFRO Symposium on internationally dangerous forest diseases and insects. ii+14pp. Oxford, 1964
- 39) Gibson, I. A. S.: Diseases of *Pinus patula*—A review. Commonw. For. Rev. **49**: 267~274, 1970
- 40) ———: Diseases of forest trees widely planted as toxics in the tropics and southern hemisphere. Part II. The genus *Pinus* p. 43~44, Commonwealth Mycological Institute, Kew, 1979
- 41) Gill, L. S.: Report to the Government of Tanganyika on forest diseases. FAO Expand Tech. Assist. Prog. Rep. No. 1697. 1~31, 1963
- 42) Goode, M. J. & Brown, G. R.: Detection and characterization of *Cercospora citrullina* isolates that sporulate readily in culture. Phytopathology **60**: 1502~1503, 1970
- 43) Goyal, J. P. & Patel, P. N.: Nutrition in relation to growth and sporulation of *Cercospora medicagnis*. Indian Phytopath. **21**: 243~248, 1968
- 44) Griffin, H. D.: Report to the Government of Tanzania on forest tree diseases. FAO United Nations Develop. Prog., No. TA 2533. 1~18, 1968
- 45) Hall, M. P.: An analysis of the factors controlling the growth form of certain fungi, with special reference to *Sclerotinia* (*Monilia*) *fructigena*. Ann. Bot. **47**: 538~578, 1933
- 46) 橋本平一: *Cercospora* 菌に基因するセンペル・セコイヤの葉枯病について. 福岡林試時報 **11**: 19~30, 1968
- 47) 日高義高: 熊本営林局管内に於ける造林試験及調査の概要 (後編). p. 224~226, 熊本営林局, 1932
- 48) 広川 敢: *Cercospora* 属菌による茶緑斑病(新称). 茶業試験場研報 **7**: 95~122, 1971
- 49) Holzmann, O. V. & Aragaki, M.: Susceptibility of Acerola to *Cercospora* leaf spot. Phytopathology **56**: 1114~1115, 1966
- 50) 本田雄一: *Helminthosporium oryzae* の胞子形成に及ぼす光の影響に関する研究. 東北大農研報 **21**: 63~132, 1969
- 51) ———: 糸状菌の胞子形成と光条件. 植物防疫 **33**: 430~438, 1979
- 52) Hughes, S. J.: Conidiophores, conidia, and classification. Can. J. Bot. **31**: 577~659, 1953
- 53) 鏑方末彦: 柿の重要寄生性病害に関する病理並に治病学的研究. p. 175~177, 養賢堂, 東京, 1942
- 54) 生井恒雄・山中 達・三沢正生: イネいもち病菌の分生胞子形成に関する研究 II. 分生胞子形成の各段階に及ぼす光の影響. 日植病報 **43**: 175~182, 1977
- 55) Ingold, C. T.: Dispersal in fungi. p. 12~16, Oxford University Press, London, 1953
- 56) 板野新夫: 土壌微生物学. p. 28~30. 産業図書, 東京, 1931
- 57) Itō, K. & Hosaka, Y.: Notes on some leaf-spot diseases of broadleaved trees-I. *Cercospora* leaf-spot on plane trees. Bull. Gov. For. Exp. Sta. **46**: 17~32, 1950
- 58) 伊藤一雄・渋川浩三・小林享夫: スギ赤枯病に関する病原学的並に病理学的研究 (I). 赤枯病状部に認められる菌類の形態及び病原性. 林試研報 **52**: 79~152, 1952
- 59) Itō, K.: Contributions to the diseases of poplars in Japan. II. The *Cercospora* leaf spot of poplars with special reference to the life history of the causal fungus. Bull. Gov. For. Exp. Sta. **59**: 1~28, 1953
- 60) 伊藤一雄・渋川浩三・寺下隆喜代: スギ赤枯病に関する病原学的並に病理学的研究 (II). *Cercospora cryptomeriae* Shirai の生理・生態学的研究. 林試研報 **76**: 27~60, 1954
- 61) ———: マツの病害についての 2, 3 の問題. 森林防疫ニュース **24**: 237~239, 1954
- 62) Itō, K., Terashita, T. & Hosaka, Y.: Variation in shape of conidia of *Cercospora plantanifolia* Ellis et Ev. J. Jap. For. Soc. **41**: 229~238, 1959
- 63) 伊藤一雄: 林木の耐病性. p. 93~98, 農林出版, 東京, 1959

- 64) ———・陳野好之：広葉樹の斑点性病害に関する研究-V. ケヤキの褐斑病. 林試研報 134 : 33~47, 1961
- 65) ———：最近問題になったストロブマツの病害について. 森林防疫ニュース, 10 : 43~46, 1961
- 66) Itō K. : Cercospora needle blight of pines in Japan. Bull. Gov. For. Exp. Sta. 246 : 21~33, 1972
- 67) 伊藤一雄：樹病学大系Ⅲ. p. 233~236, 農林出版, 東京, 1974
- 68) 伊藤武雄：造林木の病害に就て. 台湾山林会報 No. 106, 33~40, 1935
- 69) ———：マツの葉枯病について. 森林防疫ニュース No. 32, 373~374, 1954
- 70) Ivory, M. H. : The pathogenicity of *Pinus* spp. in West Malaysia. Commonw. For. Rev. 54 : 154~165, 1975
- 71) Jenkins, W. A. : Two fungi causing leaf spot of peanut. Jour. Agr. Res. 56 : 317~332, 1938
- 72) Jones, F. R. : Life history of *Cercospora* on sweetclover. Mycologia 36 : 518~525, 1944
- 73) Jones, J. P. : Isolation of a sporulating strain of *Cercospora kikuchii* by selective sub-culturing. Phytopathology 48 : 287~288, 1958
- 74) ——— : Survival of *Cercospora kikuchii* on soybean stems in the field. Pl. Dis. Repr 52 : 931~934, 1968
- 75) Kaiser, W. J. & Lukezic, F. L. : Influence of certain environmental conditions on spore dispersal and survival of *Cercospora hayi* from banana. Phytopathology 56 : 1290~1293, 1966
- 76) Katsuki, S. : Cercosporae of Japan. Trans. Myc. Soc. Japan, Extra Issue 1 : p. 51~52, 1965
- 77) 川畑克己：マツ苗病害の薬剤による防除について. 日林九州支論 14 : 118~120, 1960
- 78) ———・清原友也・徳重陽山：マツ葉枯病の発生と施肥との関係について. 日林九州支論 16 : 47~48, 1962
- 79) ———：マツ苗葉枯病の防除. 森林防疫 20 : 208~213, 1971
- 80) 川崎俊郎・西村鳩子・陳野好之：スギ赤枯病菌 *Cercospora sequoiae* Ellis et Everhalt の人工培地上における分生孢子形成に関する研究(I). 分生孢子形成に及ぼす培地組成および培養条件. 林試研報 232 : 13~24, 1970
- 81) 川崎俊郎・西村鳩子・陳野好之：スギ赤枯病の薬剤防除に関する研究-I. 林試研報 266 : 19~32, 1974
- 82) ———・—————・—————：スギ赤枯病の薬剤防除に関する研究-II. 同上 283 : 103~116, 1976
- 83) Keppel, G. E. : Modification of the carbon disulfide evolution method for dithiocarbamate residues. Journal of the AOAC 52 : 162~167, 1969
- 84) Kilpatric, R. A. & Johnson, H. W. : Sporulation of *Cercospora* species on carrot leaf decoction agar. Phytopathology 46 : 180~181, 1959
- 85) 清原友也・徳重陽山：マツ葉枯病菌 *Cercospora pini-densiflorae* Hori et Nambu とスギ赤枯病菌 *C. sequoiae* Ellis et Everhalt の培地上孢子形成 (I). 日林誌 51 : 98~101, 1969
- 86) ———・—————：外国産マツ類の葉枯病に対する抵抗性. 日林九州支論 23 : 222~223, 1969
- 87) Klebs, G. : Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. III. Allegemeine Betrachtungen. Jahrb. wiss. Botn. 35 : 80~203, 1900
- 88) Kobayashi, T. & Satō, K. : Brown leaf spot of *Physocarpus* spp. caused by *Cercospora spiraeicola* Muller et Chupp. Ann. Phytopath. Soc. Japan 42 : 138~148, 1976
- 89) ———, Suto, Y. & Guzman, E. D. de : *Cercospora* needle blight of pines in the Philippines. Eur. J. For. Path. 9 : 166~175, 1979
- 90) Koch, F. : Ergebnisse eines weiteren Feldinfektionsversuches zur Frage der Rassenbildung bei *Cercospora beticola*. Pflanzenschutz. 10 : 46~47, 1958
- 91) 近藤秀明：マツこぶ病に関する研究. とくに病原菌の生活史, マツに対する感染時期および病原性の変異. 茨城林試研報 8 : 1~107, 1975
- 92) 河野又四：チャ赤枯病に関する研究. 特に外観健全なチャ樹新梢における病原菌の潜在性について. 近大食研特報 1 : 1~66, 1965

- 93) Kranz, von J.: Zur Konidienbildung und -verbreitung bei *Mycosphaerella musicola* Leach. Z. PflKrankh. u. Pflschutz **75**: 327~338, 1968
- 94) Kumagaya, T. & Oda, Y.: An action spectrum for photoinduced sporulation in the fungus *Trichoderma viride*. Plant & Cell Physiol. **10**: 387~392, 1959
- 95) La, Y. J.: Studies on variability and pathogenicity of *Cercospora beticola* Sacc. on sugar beet. Seoul Univ. J., Ser. B. **13**: 53~69, 1963
- 96) Landers, K. E.: Growth of *Cercospora arachidicola* in a glucose-phosphate-asparagine-thiamine agar medium. Phytopathology **54**: 1236~1239, 1964
- 97) Latch, G. C. M. & Hanson, E. W.: Comparison of three stem diseases of *Melilotus* and their causal agents. *Ibid.* **52**: 300~315
- 98) Lawrence, J. S. & Meredith, D. S.: Wind dispersal of conidia of *Cercospora beticola*. *Ibid.* **60**: 1076~1078, 1970
- 99) Leach, C. M.: The sporulation of *Helminthosporium oryzae* as affected by exposure to near ultraviolet radiation and dark periods. Can. J. Bot. **39**: 706~715, 1961
- 100) ———: The sporulation of diverse species of fungi under near-ultraviolet radiation. *Ibid.* **40**: 151~161, 1962
- 101) Leach, C. M.: A practical guide to the effects of visible and ultraviolet light on fungi. Methods in Microbiology Vol. IV. p. 609~664, Academic Press, London & New York, 1971
- 102) Lehman, S. G.: Frog-eye (*Cercospora diazu* Miura) on stems, pods and seeds of soybean, and the relation of these infections to recurrence of the disease. Jour. Agr. Res. **48**: 131~147, 1934
- 103) ———: Frog eye leaf spot of soybean caused by *Cercospora diazu* Miura. *Ibid.* **36**: 811~833, 1928
- 104) Lilly, V. G. & Barnett, H. L.: Physiology of the fungi. 406pp. McGraw-Hill Book Co., New York, 1951
- 105) Luckens, R. J.: Photo-inhibition of sporulation in *Alternaria solani*. Amer. Jour. Bot. **50**: 720~724, 1963
- 106) Mandahar, C. L.: Vitamin requirements of *Cercospora beticola* Sacc. Sydowia **25**: 162~166, 1971
- 107) Marlatt, R. B.: Inoculation, incubation and abscission of *Ficus elastica* foliage with *Cercospora* disease. Pl. Dis. Reprtr **56**: 1091~1092, 1972
- 108) 松本和夫: 薬剤試験成績における効果 (処理平均値) の多重比較 Duncan's multiple range test について. 植物防疫 **33**: 170~175, 1979
- 109) McIntosh, A. H. & Eveling, D. W.: Effect of wax and lanolin emulsions on the efficiency of potato-blight fungicides in laboratory tests. Ann. appl. Biol. **60**: 223~230, 1967
- 110) ——— & ———: Effect of paraffin wax on field control of potato blight by copper oxychloride. Plant Path. **18**: 187~191, 1969
- 111) McKay, M. B. & Pool, V. W.: Field studies of *Cercospora denticola*. Phytopathology **8**: 119~138, 1918
- 112) Meredith, D. S.: Spore discharge in *Deightonella torulosa* (Syd.) Ellis. Ann. Bot. **25**: 217~287, 1961
- 113) ———: Spore discharge in *Cordana musae* (Zimm.) Hohnel and *Zygosporium oscheoides* Mont. *Ibid.* **26**: 233~241, 1962
- 114) ———: Violent spore release in some Fungi Imperfecti. Ann. Bot. **27**: 39~47, 1963
- 115) ———: Violent spore release in *Helminthosporium turcicum*. Phytopathology **55**: 1099~1102, 1965
- 116) ———: Conidium release and dispersal in *Cercospora beticola*. *Ibid.* **57**: 889~893, 1967
- 117) Merrill, W. & Kistler, B. R.: Seasonal development and control of *Lophodermium pinastri* in Pennsylvania. Pl. Dis. Reprtr **60**: 652~655, 1976
- 118) Mew, I-pin C., Wang, T. C. & Mew, T. W.: Inoculum production and evaluation of mung bean varieties for resistance to *Cercospora*

- canescens*. *Ibid.* **59** : 397~401, 1975
- 119) Miller, J. J. & Reid, J. : Stimulation by light of sporulation in *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz. *Can. J. Bot.* **39** : 259~262, 1961
- 120) Miller, J. W. : Cultural conditions affecting sporulation of *Cercospora gossypina*. *Phytopathology* **59** : 511, 1969
- 121) Miller, L. I. : Cultural and parasitic race of *Cercospora arachidicola* and *C. personata*. *Ibid.* **39** : 15, 1949
- 122) Miller, P. M. : V-8 juice agar as a general-purpose medium for fungi and bacteria. *Ibid.* **45** : 461~462, 1955
- 123) Momoh, Z. O., Gibson, I. A. S., Brunck, F. & Itō, K. : Status of diseases and insect pests in Africa and Eurasia. Second world technical consultation on forest diseases and insects, New Delhi, India. 21pp. 1975
- 124) Mulder, J. L. & Gibson, I. A. S. : *Cercospora pini-densiflorae*. CMI Descriptions of pathogenic fungi and bacterias. Set 33, No. 329. Commonwealth Mycological Institute, Kew, 1972
- 125) Murakishi, H. H., Homma, S. & Knutson, R. : Inoculum production and seedling evaluation of celery for resistance to *Cercospora apii*. *Phytopathology* **50** : 605~609, 1960
- 126) Nagel, C. M. : Conidial production in species of *Cercospora* in pure culture. *Ibid.* **24** : 1101~1110, 1934
- 127) 内藤中人・高原 弘 : *Cercospora beticola* の培地上に於ける孢子形成並孢子形態に及ぼす2, 3の要因に就て. 香川農大報 **6** : 283~288, 1955
- 128) 中田覚五郎・中島友輔・滝元清透 : 甜菜の病害に関する研究. 朝鮮勸業模範場研報 **6** : 1~118, 1922
- 129) 中村隆夫 : 稲条斑病菌の發育及び孢子発芽と温度との関係. 農学研究 **37** : 22~23, 1947
- 130) 南部信方 : 苗圃の病害(2). 松葉枯病 (*Cercospora pini-densiflorae* Hori et Nambu). 病虫害雑誌 **4** : 353~354, 1917
- 131) 成澤信吉 : てん菜(サトウダイコン)褐斑病に関する研究——主として菌の生態的特性に基づいた防除法について——. てん菜研究報告 **14** : 1~161, 1973
- 132) 野原勇太 : 実験スギ赤枯病の防除. p.17~22, 農林出版, 東京, 1956
- 133) Noll, A : Untersuchungen zur Frage des Vorkommens von physiologischen Rassen bei *Cercospora beticola*. *Nachrichtenblatt Pflanzenschutz.* **12** : 102~104, 1960
- 134) 温水竹則 : マツの葉枯病について. 森林防疫ニュース **5** : 264, 1956
- 135) 尾田義治 : 菌類における光形態形成反応. 科学 **39** : 78~85, 1969
- 136) 小河誠司・蓮尾久光 : スギの赤枯病について. 福岡林試普及資料 50pp. 1973
- 137) 大宜見朝榮 : リュウキュウマツの病害について. 森林防疫 **10** : 68, 1969
- 138) ——— : 沖縄における森林病虫害等の研究の現状. 同上 **21** : 164~167, 1972
- 139) ——— : 沖縄復帰記念木のリュウキュウマツに葉枯病. 同上 **23** : 101~102, 1974
- 140) 大野啓一朗 : 盆栽に発生したマツの葉枯病. 同上 **21** : 198~199, 1972
- 141) Peterson, G. W. : Epidemiology and control of a blight of *Juniperus virginiana* caused by *Cercospora sequoiae* var. *juniperi*. *Phytopathology* **67** : 234~238, 1977
- 142) Petrak, F. : Mykologische Notizen VIII. *Ann. Myc.* **25** : 1~143, 1925
- 143) Pinckard, J. A. : The mechanism of spore dispersal in *Peronospora tabacina* and certain other downy mildew fungi. *Phytopathology* **32** : 505~511, 1942
- 144) Quebral, F. C. & Gibe, L. N. : *Cercospora* leaf spot of sorghum. *Philipp. Agric.* **43** : 271~280, 1959
- 145) Rathaish, Y. & Pavgi, M. S. : Perpetualation of species of *Cercospora* and *Ramularia* parasitic on oilseed crops. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* **39** : 103~108, 1973
- 146) Reddy, C. S. & Davide, R. G. : Stickers for fungicidal sprays in the tropics. *Pl. Dis. Reprtr* **43** : 822~877, 1959
- 147) Reddy, M. A. R. & Pandey, P. C. : *Cercospora* needle blight of radiata pine in India. *Indian Forester* **99** : 308~309, 1973
- 148) Ruppel, E. G. : Variation among isolates of *Cercospora beticola* from sugar beet.

- Phytopathology **62**:134~136, 1972
- 149) Ryker, T. C.: Physiologic specialization in *Cercospora oryzae*. *Ibid.* **33**:69~74, 1943
- 150) 斎藤健一:てん菜褐斑病抵抗性に関する育種学的研究. 北海道大学農学部邦文紀要 **6**:113~179, 1966
- 151) 作山 健:マツ葉ふるい病の薬剤防除試験 (I). 数種薬剤の防除効果. 日林東北支講 **26**:131~132, 1974
- 152) 佐藤邦彦:殺菌剤による樹木の薬害. I. 林業と薬剤 **26**:11~15, 1968
- 153) 沢田兼吉:台湾産菌類調査報告. IV. 台中研農報 **35**:111~112, 1928
- 154) Schlösser, L. S. & Koch, F.: Rassenbildung bei *Cercospora beticola*. Zucker **10**:489~492, 539, 1957
- 155) Sethi, K. K. & Munjal, R. L.: Studies on the nutritional requirements of *Cercospora viticola* (Ces.) Sacc. (= *Mycosphaerella personata* Higgins.). Indian Phytopath. **16**:185~194, 1963
- 156) Shanta, P.: Growth requirements of *Cercospora personata*. Phytopath. Z. **41**:59~73, 1961
- 157) 四手井綱英:スギ赤枯病の伝染. 林試秋田支場研報 **2**:21~24, 1951
- 158) Siddigi, M. A.: Incidence, development and symptom of *Cercospora* disease of coffee in Malawi. Trans. Br. mycol. Soc. **54**:415~421, 1970
- 159) Singh, U. B.: Physiology of *Cercospora dolichi*. Indian Jour. Agr. Sci. **3**:496~529, 1933
- 160) Smith, D. H.: A simple method for producing *Cercospora arachidicola* conidial inoculum. Phytopathology **61**:1414, 1971
- 161) ——— & Crasby, F. R.: Aerobiology of two peanut leafspot fungi. *Ibid.* **63**:703~707, 1973
- 162) Solel, Z. & Wahl, I.: Pathogenic specialization of *Cercospora beticola*. *Ibid.* **61**:1081~1083, 1971
- 163) Somers, E.: Studies of spray deposits. I. Effect of spray supplements on the tenacity of copper fungicide. J. Sci. Food Agr. **7**:160~172, 1956
- 164) ———: Studies of spray deposits. IV. PVA as a sticker for copper fungicides. *Ibid.* **10**:548~552, 1959
- 165) Stavely, J. R. & Nimmo, J. A.: Relation of pH and nutrition to growth and sporulation of *Cercospora nicotianae*. Phytopathology **58**:1372~1376, 1968
- 166) ——— & ———: Effects of temperature upon growth and sporulation of *Cercospora nicotianae*. *Ibid.* **59**:496~498, 1969
- 167) Stover, R. H.: Leaf spot of bananas caused by *Mycosphaerella musicola*: role of conidia in epidemiology. *Ibid.* **60**:856~860, 1970
- 168) Subramanian, S.: Studies of the brown eye-disease (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cke.) of coffee (*Coffea arabica* L.) V. Nutritional requirements of the pathogen. Phytopath. Z. **60**:247~258, 1967
- 169) 周藤靖雄:島根県隠岐島に発生したマツ苗の葉枯病. 森林防疫ニュース **16**:129~134, 1967
- 170) ———:島根県の本土側におけるマツ葉枯病の被害. 同上 **17**:74~75, 1968
- 171) ———:マツ葉枯病の薬剤による防除試験. 銅水銀剤の苗齢別散布効果. 島根林試研報 **19**:69~72, 1968
- 172) ———・猪古昭洋:マツ葉枯病の発病と樹齢. 日林関西支講 **20**:80~81, 1969
- 173) ———:ボルドー液のアカマツ苗に対する薬害軽減試験. 春~秋散布の場合について. 81回日林講 **256**~257, 1970
- 174) ———:マツ葉枯病菌 *Cercospora pini-densiflorae* Hori et Nambu の培地上における胞子形成. 日林誌 **53**:319~326, 1971
- 175) ———:苗木の根の状態がマツ葉枯病の発病に及ぼす影響. 島根林試研報 **22**:1~8, 1972
- 176) ———:マツ葉枯病に対する6種のマツの感受性. 日林関西支講 **23**:208~210, 1972
- 177) ———:マツ葉枯病の薬剤防除試験 (I). 各種薬剤の防除効果比較試験. 84回日林講 **305**~307, 1973
- 178) ———:島根県における樹病被害調査. 1963~1972年度の病害鑑定結果. 島根林試研報 **24**:1~40, 1974
- 179) ———:マツ葉枯病菌分生胞子の形成・離

- 脱・分散. 日林関西支講 25:257~259, 1974
- 180) ———・天野孝之・杉本利昭・高橋昌隆:
スギ赤枯病の薬剤防除試験 (I), 薬液に対する
PVA の添加効果. 森林防疫 23:147~151, 1974
- 181) ———: マツ葉枯病の薬剤防除試験 (II),
マンネブ剤に対する PVA およびパラフィン系固着
剤の添加効果. 86回日林講 390~391, 1975
- 182) 周藤靖雄: スギ赤枯病菌分生胞子の形成・分
散時期. 島根県松江市における調査例. 島根林試
研報 25:27~38, 1975
- 183) ———: スギ赤枯病の薬剤防除試験. とく
にマンネブ剤に対する PVA の添加による少数回散
布法について. 同上 26:16~25, 1976
- 184) ———・川崎俊郎: マツ葉枯病の薬剤防除
試験 (III), マンネブ剤に対する PVA, パラフィ
ンなどの固着剤の添加効果の検討. 日林関西支講
28:275~277, 1977
- 185) ———: マツ葉枯病菌の潜伏越冬について.
島根病虫害研報 6:17~20, 1977
- 186) Sutō, Y.: Pathogenicity of *Cercospora*
pini-densiflorae Hori et Nambu to various
coniferous seedlings. J. Jap. For. Soc. 61:
33~36, 1979
- 187) 鈴木穂積: いもち病菌胞子の動態およびそれ
による発生子察. 北陸農試報 10:1~118, 1969
- 188) ———・藤田佳克: ダイズ紫斑病菌の培地
上での胞子形成法. 植物防疫 33:443~446,
1973
- 189) Swamy, R. N. & Mani, K.:
Photosprogenesis in *Cercospora personata* as
influenced by glycine, riboflavin and malonic
acid. Curr. Sci. 47:32~33, 1978
- 190) 高井省三: *Cercospora* 属菌 2 種の発育にお
よぼす thiamine の影響. 日林誌 39:361~363,
1957
- 191) ———: スギ赤枯病菌 *Cercospora cryptomeriae*
Shirai の栄養学的研究. 林試研報 111:43~
50, 1959
- 192) ———: *Cercospora* 属菌の分生胞子形成に
関与する諸因子. 日林誌 42:29~35, 1960
- 193) 田中寛康: 稲胡麻葉枯病菌の発育に及ぼす炭
素源の影響に就いて. 植物病害研究 5:165~
170, 1956
- 194) 田中正三・香月裕彦・香月文子: 稲熱病の生
化学的研究 (第 4 報). 稲熱病菌の栄養吸収に及
ぼすアンモニア態及び硝酸態窒素の影響. 日植病
報 16:103~106, 1952
- 195) Tandon, R. N. & Sudhir Chandra:
Pathological studies of *Cercospora ricinella*
(Sacc. et Berl.) Speg. causing leaf spot
disease of castor (*Ricinus communis* Linn.).
Proc. Nat. Acad. Sci. India 33B:199~204,
1963
- 196) 田杉平司・池野早苗: 稲条葉枯病菌の形態,
生理並びに病原性に関する研究. 農技研報 C-
6:167~178, 1956
- 197) 寺下隆喜代: 広葉樹の炭そ病菌に関する研究.
特にその潜在性について. 林試研報 252:1~
85, 1973
- 198) ———・片岡清登: 暖地におけるスギ赤枯
病菌の生態 (II), 分生胞子形の変化. 日林誌
55:15~20, 1973
- 199) ———: 暖地におけるスギ赤枯病菌の生態.
III. 分生胞子の個体生長. 同上 55:124~131,
1973
- 200) ———: 暖地におけるスギ赤枯病菌の生態
(V), 異なる温度における分生胞子の形成. 同
上 57:384~389, 1975
- 201) Thomas, H. R.: *Cercospora* blight of
carrot. Phytopathology 33:114~125, 1943
- 202) 徳重陽山・清原友也: マツ葉枯病の防除試験.
林試研報 135:15~22, 1962
- 203) ———・———: まつ葉枯病について.
日林九州支講 18:106~107, 1964
- 204) ———・———: マツ葉枯病菌の越冬に
ついて. 同上 19:41~42, 1965
- 205) ———・———: マツ葉枯病菌の培地上
の性質. 同上 20:172~174, 1966
- 206) Tubaki, K.: Taxonomic study of Hyphomycetes.
Ann. Rep. Inst. Ferment., Osaka 1:25~54,
1963
- 207) Uhlig, S., K.: Untersuchungen über die
Fungizidempfindlichkeit von *Cercospora pini-*
densiflorae Hori et Nambu. Arch. Phytopathol.
u. Pflanzenschutz 13:193~198, 1977
- 208) Vathakos, M. G. & Walters, H. J.:
Production of conidia by *Cercospora kikuchii*
in culture. Phytopathology 69:832~833, 1979
- 209) Wallin, J. R. & Loonan, D. V.: Effect
of leaf wetness duration and air temperature
on *Cercospora beticola* infection of sugarbeet.
Phytopathology 61:546~549, 1971

- 210) ——— & ——— : The increase
Cercospora leaf spot in sugar beets and
periodicity of spore release. *Ibid.* **62** : 570~
572, 1972
- 211) 渡部龍雄 : 熱帯の果樹と作物の病害. 308pp.
養賢堂, 東京, 1977
- 212) Wells, C. G. : Observation of taxonomic
factors used in the genus *Cercospora*.
Science **59**, 216~218, 1924
- 213) ——— : Taxonomic studies on the genus
Cercospora in the Philippine Islands. *Amer.*
Jour. Bot. **12** : 195~218, 1925
- 214) Winston, P. W. & Bates, D. H. :
Saturated solution for the control of humidity
in biological research. *Ecology* **41** : 232~237,
1960
- 215) Witsh, H. & Wagner, F. : Beobachtungen
über den Einfluss des Lichtes auf Mycel-
und Conidienbildung bei *Alternaria brassicae*
var. *dauci*. *Arch. Microbiol.* **22** : 307~312,
1955
- 216) Wolf, F. A. : Dissemination of bur-clover
leaf spot. *Phytopathology* **6** : 301, 1916
- 217) 山田峻一 : *Cercospora* 菌によるトマトの新
病害. *日植病報* **15** : 61~66, 1951
- 218) ——— : 柑橘黄斑病に関する研究. 第II報.
病原菌の形態. *東海近畿農試研報 園芸* **3** : 49~
62, 1956
- 219) 山中 達・生井恒雄・三沢正生 : イネいもち
病菌の分生胞子形成に関する研究. I. 分生胞子
形成に及ぼす光の影響. *日菌報* **17** : 483~491,
1976
- 220) 横山 緑・中野香苗 : マツ葉枯病の防除試験.
特に根系と罹病率との関係について. 74回日林講
281~283, 1963
- 221) 吉田政治 : 稲の条葉枯病について. *植物防疫*
7 : 261~264, 1953
- 222) 吉井 啓・曾川重夫 : 松の褐斑性葉枯病菌 2
種について. *日植病報* **20** : 116, 1955
- 223) Yu, T. F. : *Cercospora* leaf spot of
broad bean in China. *Phytopathology* **37** : 174~
179, 1947
- 224) 陳野好之 : スギ赤枯病菌 *Cercospora cryptomeriae*
Shirai 分生胞子の飛散. *日林誌* **43** : 357~361,
1961
- 225) ——— : スギ赤枯病菌 *Cercospora cryptomeriae*
Shirai 分生胞子の飛散に関する研究. *林試研報*
144 : 31~52, 1962
- 226) ——— : スギ赤枯病菌分生胞子の人工形成
に関する研究. 同上 **302** : 1~77, 1979
- 227) (三重県) : 松葉枯病, 主として *Cercospora*
pini-densiflorae Hori et Nambu 森林防疫ニュー
ース No. **24** : 232, 1954
- 228) (日本植物病理学会) : 日本有用植物病名目録
第1巻 (第2版). 254pp., 1975
- 229) (——) : 日本有用植物病名目録 第2巻.
329pp., 1965
- 230) (——) : 日本有用植物病名目録 第3巻.
218pp., 1965

図 版 説 明

図版 I

- A 葉枯病が激発したクロマツまきつけ苗畑, 島
根県簸川郡斐川町, 昭和44年3月。
- B 葉枯病に侵されたクロマツ庭園木, 島根県八
束郡八束町, 昭和50年10月。
- C 葉枯病に侵されたクロマツ1回床替2年生苗,
島根県簸川郡斐川町, 昭和44年3月。

図版 II

接種によるマツ類葉枯病の発病, 1年生苗 (接種
60日後)。

- A ストローブマツ
B ヨーロッパクロマツ
C ハレベンスマツ
D アカマツ
E スラッシュマツ
F バンクスマツ
G ラジアタマツ
H バツラマツ

図版 III

接種によるマツ類葉枯病の発病, 2~5年生苗
(接種60日後)。

- A ストローブマツ, 2年生苗
B ダイオウマツ, 2年生苗
C ジェフレイマツ, 2年生苗
D ハレベンスマツ, 3年生苗
E ラジアタマツ, 2年生苗
F フランスカイガンショウ, 5年生苗
G ラジアタマツ, 4年生苗

図版 IV

- A 各種薬剤のクロマツまきつけ苗に対する葉枯病防除効果。
a: マンネブ剤, b: ベノミル剤, c: ホルド一液, d: 対照。
- B マンネブ剤薬液へのポリビニルアルコール (PVA) 添加による葉枯病防除効果 (クロマツまきつけ苗)。
a: マンネブ剤+PVA, 5 回散布; b: 対照。
- C: マンネブ剤薬液へのポリビニルアルコール (PVA) 添加による葉枯病防除効果 (クロマツ 1 回床替 2 年生苗)。
a: マンネブ剤+PVA, 6 回散布; b: マンネブ剤+湿展性展着剤, 11 回散布; c: 対照。

図版 V

- A マツ類葉枯病菌の分生胞子が形成されたラジアタマツ病葉。
- B 病葉上のマツ類葉枯病菌の菌体。
s: 子座, cp: 分生子柄, c: 分生胞子。
- C マツ類葉枯病菌の分生胞子。
- D・E 水中, 25°C, 8 時間後 (D)・24 時間後 (E) のマツ類葉枯病菌の分生胞子発芽。
gt: 発芽管。

図版 VI

- A 各種寒天培地上でのマツ類葉枯病菌の菌そうの生長, 25°C, 20 日後。
a: ジャガイモせん汁・しょ糖, b: マツ葉せん汁, c: 齋藤氏しょう油, d: 麦芽, e: Waksman, f: Richards, g: Czapek。
- B 各温度でのマツ類葉枯病菌の菌そうの生長, ジャガイモせん汁・しょ糖寒天上, 20 日後。
a: 2°C, b: 10°C, c: 15°C, d: 20°C, e: 25°C, f: 30°C, g: 35°C, h: 40°C。
- C 各 pH でのマツ類葉枯病菌の菌そうの生長, ジャガイモせん汁・しょ糖寒天上, 25°C, 20 日後。
a: pH 3.4, b: 4.0, c: 4.8, d: 6.0, e: 7.4, f: 8.2, g: 9.2。

図版 VII

- A マツ類葉枯病菌の分生胞子形成のための培養法。
ベトリ皿をサランラップで覆い (d), ブラックライトブルー (BL-B) 蛍光灯 (ℓ) を

照射。

- B BL-B 蛍光灯照射下 (a) と暗黒下 (b) でのマツ類葉枯病菌の培養菌そう, 20°C, 5 日後。
- C 各種ガラスフィルター透過光下でのマツ類葉枯病菌の培養菌そう, 20°C, 5 日後。
- D 移植源として用いたマツ類葉枯病菌の菌そう破砕片。
- E 移植源として用いたマツ類葉枯病菌の分生胞子懸濁液。

図版 VIII

- A BL-B 蛍光灯照射下, ジャガイモせん汁・しょ糖寒天培地上でのマツ類葉枯病菌の分生胞子形成。
- B BL-B 蛍光灯照射下, ジャガイモせん汁・しょ糖寒天培地上に形成されたマツ類葉枯病菌の分生胞子。

図版 IX

- A マツ類葉枯病菌の分生胞子形成経過 (1)
a: BL-B 蛍光灯連続照射, b: 48 時間照射下培養後暗転, c: 連続暗黒。
cp: 分生子柄, c: 分生胞子, h: 菌糸。
数字は経過時間。
- B マツ類葉枯病菌の分生胞子形成経過 (2)
* a: 48 時間暗黒下培養後 BL-B 蛍光灯連続照射, b: 48 時間暗黒下培養後 16 時間照射→暗転, c: 連続暗黒。
cp: 分生子柄, c: 分生胞子, h: 菌糸。
数字は経過時間。

図版 X

- A 病葉上のマツ類葉枯病菌の子実体。
a: 越冬中の子座, b: 分生胞子形成。
- B 病葉からのマツ類葉枯病菌の分離。
- C 病葉上でのマツ類葉枯病菌の分生胞子形成に及ぼす光 (BL-B 蛍光灯照射) の影響。
a: 光照射下, b: 暗黒。
c: 分生胞子, h: 菌糸。
- D 水中でのマツ類葉枯病菌の分生胞子離脱。
c: 分生胞子。
- E 病葉から弾かれた水滴中のマツ類葉枯病菌の分生胞子。
c: 分生胞子。

図版 XI

- A マツ類葉枯病菌の分生孢子初期生長。
 - B マツ類葉枯病菌の分生孢子的順次形成。
数字は形成順位。
 - C マツ類葉枯病菌の分生子柄。
 - D マツ類葉枯病菌の分生孢子再形成。
- cp: 分生子柄, c: 分生孢子。

図版 XII

- A マツ類葉枯病菌分生孢子的採取台(高さ別)。
 - B スライドグラス上に採取されたマツ類葉枯病菌の分生孢子。
 - C クロマツまきつけ苗畑での葉枯病のまん延状態。
- o: 伝染源。

Fundamental Studies on Control of the Needle Blight in Pines Caused by *Cercospora pini-densiflorae* Hori et Nambu

Yasuo SUTO

Summary

Cercospora needle blight in pines has been well known as the most important disease among pine trees of forest nurseries in Japan. Reported in Africa, Asia and South America also, it is now known as a dangerous international forest-tree disease.

Up to the present, few studies have been conducted on the disease, and many fundamental problems on control of the disease remain to be solved.

In this paper studies on the disease are as follows: Distribution of the disease and loss caused by the disease, physiological characters of the causal fungus, sporulation of the fungus on culture media, relative susceptibility of the pine species to the fungus, some ecological characters of the fungus and fungicidal control of the disease in nurseries.

1. Distribution of *Cercospora* needle blight in pines and its loss

In 1917, Nambu reported that *Cercospora pini-densiflorae* Hori et Nambu was the causal fungus of needle blight in pines in Japan. Since then, no information concerning the outbreak of the disease has been available and it was generally believed to be a minor disease of pines which occurred sporadically in limited parts of Kyushu Island.

Since World War II, the fungus has caused a great loss to *Pinus densiflora* and *P. thunbergii* in forest nurseries. The disease has spread not only to the southwestern part of Japan (Kyushu, Shikoku and Ryukyu Islands), but also to Honshu, the main island (Shimane, Okayama, Nara, Mie, Shizuoka and Kanagawa).

As for *P. densiflora* and *P. thunbergii*, usually only 1- and 2-year-old seedlings are affected by the disease. On the other hand, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *P. luchuensis* and *P. radiata* in nurseries and young plantations are attacked by the disease.

In Shimane Prefecture, the disease has spread to coastal areas and Oki Islands and affected seedlings of *P. thunbergii*, becoming a major obstacle to the production of pine seedlings.

In Taiwan (Formosa), the disease on the seedlings of *P. massoniana* and *P. luchuensis* was first reported in 1927, and at present it has spread widely over Africa (Tanzania, Zambia and Rhodesia), Asia (India, Malaysia, Philippines and Vietnam) and South America (Brazil). In Africa and India, young trees of *P. radiata* introduced from the United States were severely infected or killed by the fungus.

2. Physiological characters of *Cercospora pini-densiflorae*

1) Conidial germination

Conidia began to germinate in 4 hours, and almost all of conidia germinated after 8 hours in water drops, at 25°C. Conidia germinated at temperatures ranging from 13°C to 38°C with the optimum 25~35°C, and relative humidity above 97.5% with the optimum 100% r. h. Germination was not influenced by pH values ranging from 4 to 9, but under pH 3 it was suppressed.

2) Mycelial growth

Among seven different kinds of culture media the fungus grew best on Saito's soy agar and mycelial colony grew at temperatures ranging from 10°C to 35°C with the optimum 23~30°C.

The optimum pH value was around pH 5.

3) Effect of nutritive elements on mycelial growth

Among the carbon sources tested, maltose was the best, and D-glucose, D-mannose, D-galactose, D-fructose, D-xylose, lactose and sucrose were favorable to mycelial growth. As for the nitrogen sources tested, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, L-aspartic acid, L-glutamic acid, glycine, DL-alanine, DL-valine and L-tyrosine were favorable. Mycelia grew well when both $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and K_2HPO_4 were added. Its growth was also accelerated by $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Vitamins did not seem to be essential for the growth of the fungus.

3. Sporulation of *Cercospora pini-densiflorae* on culture media

It is well known that *C. pini-densiflorae* does not usually produce conidia on artificial media. Therefore it has been very difficult to obtain conidia of the fungus through the studies on conidial germination tests, artificial inoculations, screening-tests for detecting preventive fungicides and so on. The writer developed a new method of conidial production, i. e. the irradiation of near-ultraviolet light to the fungus on agar media.

As culture medium, potato-sucrose agar (PSA) in Petri-dish was used. The agar plates were inoculated with the suspension of homogenized mycelial fragments. Dish covers were removed, and dishes were covered with saran wrap. Then the dishes were kept under a Black Light fluorescent lamp (National, FL20S BL-B) 15~25cm away from the lamp. After applying the above method, the suspension of the conidia produced on PSA was used as the inoculum for the following culture.

1) Effect of light on sporulation

The best result of sporulation was obtained under the continuous irradiation of light. The culture exposed to light after being placed in the dark, placed in the dark after being exposed to light or exposed to light and placed in the dark alternately, was unfavorable for sporulation. No conidia were produced under diffused light in the laboratory or in a dark environment.

Conidial production occurred 48 hours after conidial suspension of the fungus inoculated. Then sporulation became frequent and peaked between 84 and 120 hours. Conidia were produced terminally on conidiophores that came directly from hyphae growing on the surface of agar media. Conidia produced on media were longer and more septated than the ones produced on the infected needles.

Conidia were most abundantly produced when exposed to high light with an intensity of $100\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Little difference in the number of conidia produced was recognized between light intensity of 14 and $46\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

In order to examine an effective level of wavelength for sporulation induction, the fungus was cultured under various fluorescent lamps. Conidia were produced under lamps emitting near-ultraviolet light, namely white-, BL-B, light-trap and blue-fluorescent lamp. When the fungus was exposed to light transmitted by various Toshiba glass filters, sporulation was favored only light somewhere between 310 and 350nm. Saran wrap used to cover dish sufficiently transmitted ultraviolet light, and abundant conidia were produced. Ultraviolet light was transmitted slightly by glass cover and plastic cover, and these materials were unfavorable for sporulation.

The fungus was exposed to light for various periods during the 5-day inoculation. The conidial production was most responsive to light about 48~96 hours after conidia were inoculated.

The sporulation process of the fungus was divided into two phases: the conidiophore formation and the conidium production. The conidiophore formation depended greatly on light irradiation. Under the continuous darkness, the aerial hyphae were produced. The conidium production proceeded normally under continuous irradiation, but was repressed under darkness. When the mycelial colony, which formed conidiophores under irradiation of light, was transferred to

darkness, the conidium production proceeded slowly and a few conidia were produced.

2) Effect of culturing condition on sporulation

Potato-sucrose agar and potato-glucose agar were the best cultures for sporulation. Conidia were produced at temperatures ranging from 15°C to 30°C, and greatest amount of conidia was produced at 20°C, five days after the inoculation. The optimum pH value for sporulation was around pH 5~6.

3) Effect of nutritive elements on sporulation

The suitable nutritional condition of sporulation differed greatly from that of mycelial growth. Conidia were abundantly produced in the medium containing sucrose ranging from 2 to 80g/l as carbon. The best sporulation occurred on the medium containing KNO₃, NaNO₃, Ca (NO₃)₂ · 4H₂O, (NH₄)₂HPO₄ or C₂O₄ (NH₄)₂ in nitrogen sources. All the amino acids tested were not good sources for sporulation. In addition to inorganic salts and heavy metals, K₂HPO₄ and FeSO₄ · 7H₂O promoted the sporulation of the fungus. As for four vitamins tested on sporulation no effect was observed. The formulae of the synthetic medium suitable for sporulation was as follows: Sucrose 20g, NaNO₃ 2g, K₂HPO₄ 1g, FeSO₄ · 7H₂O 0.1g, agar-agar 20g, distilled water 1l. This synthetic medium, however, did not produce as abundant conidia as PSA.

4) Sporulation of several isolates of the fungus

Conidial production differed considerably in the 26 isolates tested. This difference was not related to the host, locality, source and isolation date of isolates. Among them, 19 isolates produced over 10⁴/cm² conidia on PSA. Accordingly, these isolates will be used for various experiments on the fungus.

4. Pathogenicity of *Cercospora pini-densiflorae*

1) Inoculation method with the fungus

1- and 2-year-old seedlings of *P. thunbergii* and 1-year-old seedlings of *P. elliotii* were infected more severely in higher concentration of conidial suspension than in lower concentration. 1- and 2-year-old seedlings of *P. radiata* were severely infected, while 2-year-old seedlings of *P. elliotii* were slightly infected in any concentration.

By the inoculations in mid-July and -August, 1- and 2-year-old seedlings of *P. thunbergii* and *P. radiata* were severely infected.

The satisfactory results were obtained by the following inoculation procedure: Seedlings were sprayed from July to August with a conidial suspension concentration of 15×10⁴/ml and then kept under moist conditions for two days.

2) Inoculations with the fungus on various pine species in different seedling ages

According to the field observation, the degree of infection was different by pine species and seedling ages. These differences, however, have not been sufficiently proved by artificial inoculation experiments. In artificial inoculations, conidial suspension of the fungus produced on culture media was sprayed on seedlings of 33 pine species.

Among the species of *Pinus* tested, there was a significant difference on the grade of infection. According to the age and species, relative susceptibilities were divided into following three types:

Type I: 1-, 2- and 3~5-year-old seedlings heavily infected.

The species belonging to this type are as follows: *P. aristata*, *P. canariensis*, *P. pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis* and *P. radiata*.

Type II: Both 1- and 2-year-old seedlings heavily or moderately infected, but 3~5-year-old seedlings slightly infected or not infected at all. The species belonging to this type are as

follows: *P. strobus*, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *P. densiflora*, *P. thunbergii*, *P. luchuensis*, *P. insularis*, *P. ponderosa*, *P. jeffrey*, *P. pseudostrobus*, *P. sabiniana*, *P. banksiana*, *P. attenuata*, *P. muricata*, *P. patula* and *P. oocarpa*.

Type III: 1-year-old seedlings moderately or slightly infected, 2-year-old seedlings slightly infected and 3~5-year-old seedlings slightly infected or not infected at all. The species belonging to type are as follows: *P. koraiensis*, *P. pumila*, *P. griffithii*, *P. parviflora*, *P. edulis*, *P. palustris*, *P. taeda*, *P. rigida* and *P. elliotii*.

It has been known that *C. pini-densiflorae* infected only *Pinus* species under natural conditions. By artificial inoculations it was clear seen that the fungus was pathogenic not only to *Pinus* species but also to some species of *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Cedrus* and *Pseudotsuga*. In this experiment, 1-, 2- and 3-year-old seedlings of *Larix leptolepis*, *Cedrus deodara* and *Pseudotsuga menziesii* were slightly infected by the fungus.

When seedlings were inoculated from June to August, the first symptom occurred 13~60 days after inoculations. Incubation periods in more heavily infected species were shorter than those of slightly infected ones.

Cotyledons and primary leaves of 1-year-old seedlings were more heavily infected than needles (secondary leaves). In the cases of 2- and 3-year-old seedlings, the previous year's needles were more heavily infected than the current's needles.

3) Inoculation with various isolates of *C. pini-densiflorae*

Six stems isolated on different localities in Japan were used for the inoculation. Among the isolates of the fungus tested, there was no remarkably difference on the virulence of pathogenicity to seedlings of six pine species and *Larix leptolepis*. Besides, physiological races were not recognized on the fungus.

5. Some ecological characters of *Cercospora pini-densiflorae*

1) Overwintering of the fungus

It has been reported that *C. pini-densiflorae* overwinters commonly as mycelial masses or immature stromata in the tissue of diseased needles, and produces new conidia as early as in mid-April in Kyushu district. In Matsue, Shimane Prefecture, the number of conidia of the fungus on the diseased needles decreased remarkable in November outdoors, and almost all of them disappeared by mid- or late April of the following year.

Conidia attached to conidiophores on needles which were kept dry in the laboratory could survive seven months from the date of collection, whereas they lost the germinating ability within 4~7 days after being released from conidiophores.

By applying Winogradsky's method conidium was not detected from the field soil which had been covered with diseased seedlings and diseased young trees.

As many other species of *Cercospora*, *C. pini-densiflorae* overwintered as mycelia in the tissue of diseased needles. Besides, the fungus was isolated from macroscopically needles in winter. On these needles the first symptom of the disease appeared in spring the following year. These observations have shown that the fungus overwintered not only in the diseased needles but also in macroscopically healthy needles latent as hyphae.

In the seedlings inoculated before late August, the seedlings were severely infected the same year. By the inoculations conducted after late September, however, the fungus was latent in macroscopically healthy needles, and caused blight in the same needles in spring the following year.

Pine seedlings were primarily infected by conidia produced from the overwintered fungus in these diseased needles.

2) Conidial production on the diseased needles

In the fields, conidia of *C. pini-densiflorae* were abundantly reproduced on the diseased needles 1~2 days after rainfall, or in the case of seedlings sprayed with water in the evening, that following morning.

Conidia began to grow on conidiophores within 1~3 hours, and matured in about 12 hours at 25~30°C, 100% relative humidity. Conidia were produced at temperatures ranging from 10°C to 40°C, above 97.5% r. h. with the optimum 25~30°C, 100% r. h.

The conidiophore formation depended greatly on the irradiation of near-ultraviolet light on the diseased needles as well as on the culture media. Conidium production occurred in darkness on needles, and promoting effects of light were not evident.

3) Conidial release from the diseased needles

No conidia were released by alternating circle of exposure to light and darkness, moisture or dry condition, wind and mechanical shock. Conidia were easily released when touched by water. Tapping water and water-particles sprayed with wind upon the sporulation lesions promoted the conidial release. Released conidia were recognized in fine water drops discharged from the diseased needles.

4) Dispersal of conidia

In order to confirm the conidial dispersal process in the fields, conidia of the fungus were collected periodically. Glycerine jelly was used to adhere conidia onto glass slide. Each slide was placed horizontally below seedlings or young trees. The conidia of the fungus dispersed from late May to late October, with the optimum dispersal period from mid- or late June till early July and from August to October. Conidia that had grown on previous year's needles as primary infection source dispersed till early July. Later conidia dispersed as secondary infection source.

Rain seems to be an important factor affecting conidial dispersal, because conidia were collected only in this period. Quantity of the dispersal conidia, however, was not influenced by precipitation. Slight rain occasionally caused abundant dispersal of conidia.

5) Spread of the disease

At the center of the 1-0 seedling nursery (7×5m) of *P. thunbergii*, the potted seedlings infected with the fungus were implanted as infection source. In mid-August, the first symptom of infection was observed around the infection source. Thereafter the disease spread rapidly all over the nursery. In mid-November, the seedlings located between 50 to 75cm from the infection source were killed by the fungus. The degree of infection decreased suddenly outside the source.

6. Chemical control of *Cercospora* needle blight of pine seedlings

1) Screening tests for various fungicides

To control the disease in nurseries, it was known that Bordeaux mixture, Bordeaux mixture combined with organo-mercury compound (MEMC, EMP or PMI) and mercury Bordeaux compound were effective. At present, however, it is difficult to spray these fungicides by the following reasons: (1) It is prohibited by law to use mercury fungicides in Japan. (2) It is troublesome to make Bordeaux mixture. (3) Seedlings of *P. densiflora* are often spoiled by copper fungicides, especially by Bordeaux mixture. At Matsue, Shimane Prefecture, the screening tests of various commercial fungicides were conducted using 1-0 and 1-1 seedlings of *P. thunbergii* and *P. densiflora* in the nurseries.

The experiments have shown that Copper oxychloride, Bordeaux mixture, Maneb, Propineb, Ferbam, Milneb, Thiophanate-metyl and Benomyl were effective in controlling the disease. Among these fungicides Maneb and Benomyl were most effective as well as Bordeaux mixture

commonly used in Japan. Bordeaux mixture and Copper oxychloride, however, caused fungicidal damage to seedlings of *P. densiflora*.

Effect of several fungicides on germination of conidia of *C. pini-densiflorae* were examined on glass slides. The toxicity of these fungicides *in vitro* was not proportionate to their effect on the disease.

2) The extension of spraying interval by addition of stickers

When Maneb or Bordeaux mixture is added with wettable spreader, it should be sprayed at the intervals of two weeks, 9~11 times a year. When Maneb containing polyvinyl alcohol (PVA; Gohsenol, N-300 or C-500) or paraffin sticker (Stecker) was sprayed at a month intervals, it was effective as well as two weeks intervals spraying of Bordeaux mixture, Copper oxychloride or Maneb containing wettable spreader. The optimum concentration of PVA and paraffin sticker to Maneb solution was 0.1~0.2% and 0.5~1%, respectively. Among several kinds of PVA, water-soluble PVA (GH-17) was not effective for the extension of spraying interval. 3,800ppm or 1,900ppm solution of Maneb was effective in controlling the disease, and 1,900ppm solution should be sufficient for use in nurseries.

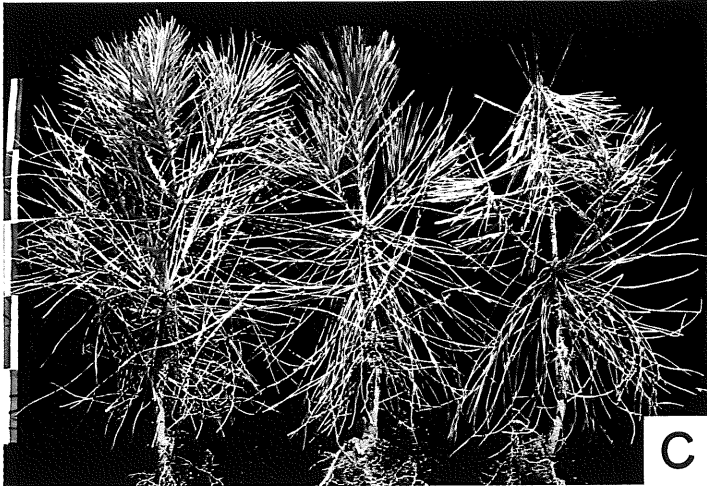
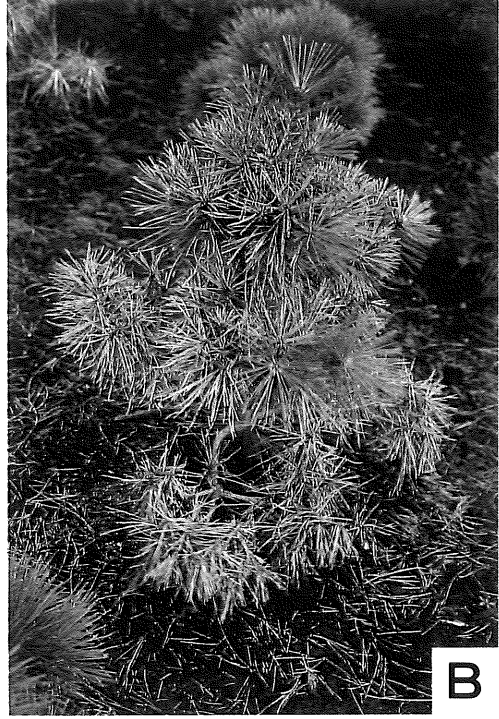
3) The role of stickers in the extension of spraying interval

In order to make check the role of PVA and paraffin sticker in extension of spraying interval, the writer conducted bioassays of *C. pini-densiflorae* and an analysis of Maneb residue on the needles using Keppel's method. With these stickers added to Maneb solution, Maneb was sticking to the pine needles for a long period of time and prevented the conidial germination of the fungus.

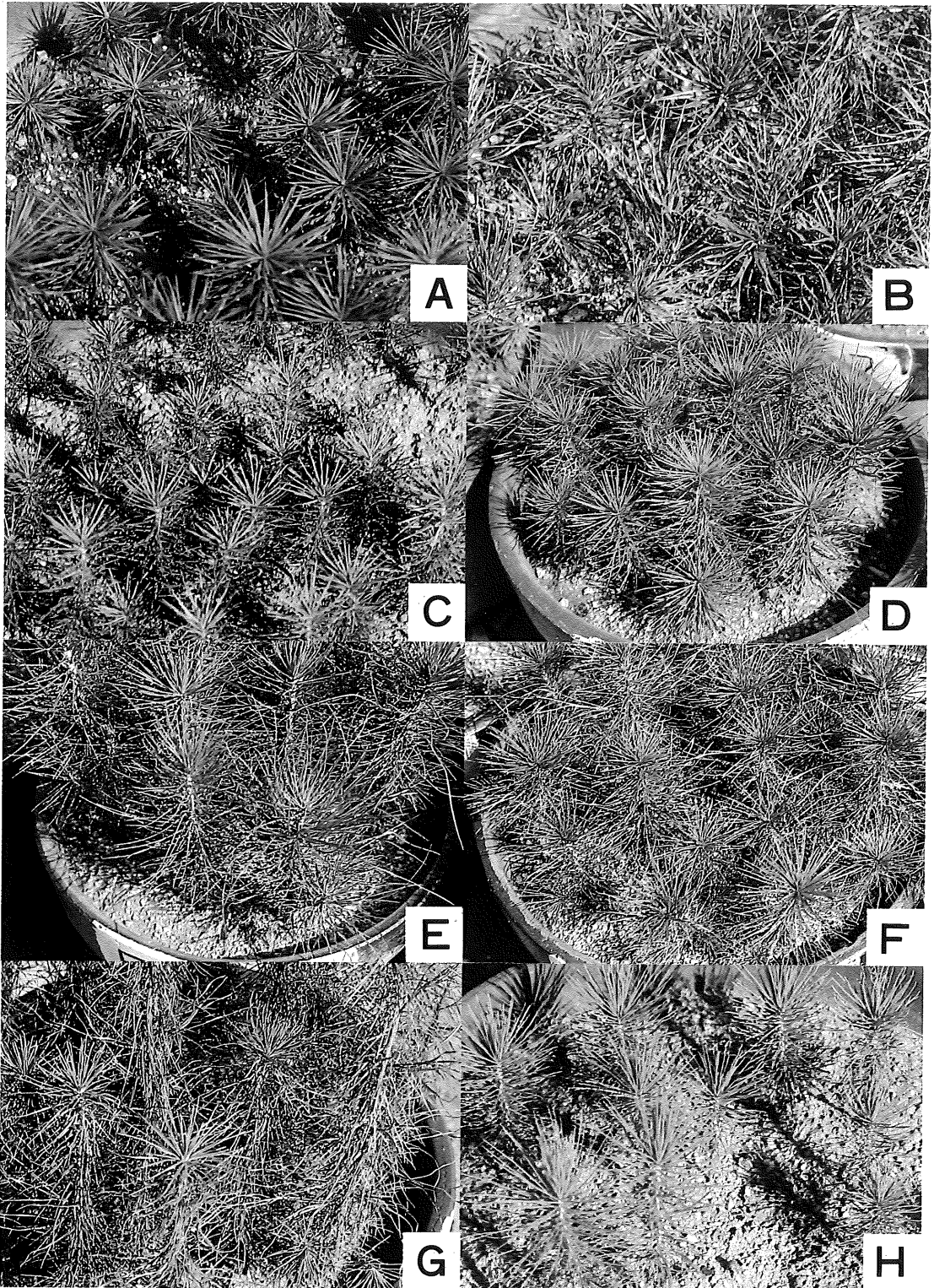
4) Proper period for the spraying of fungicides

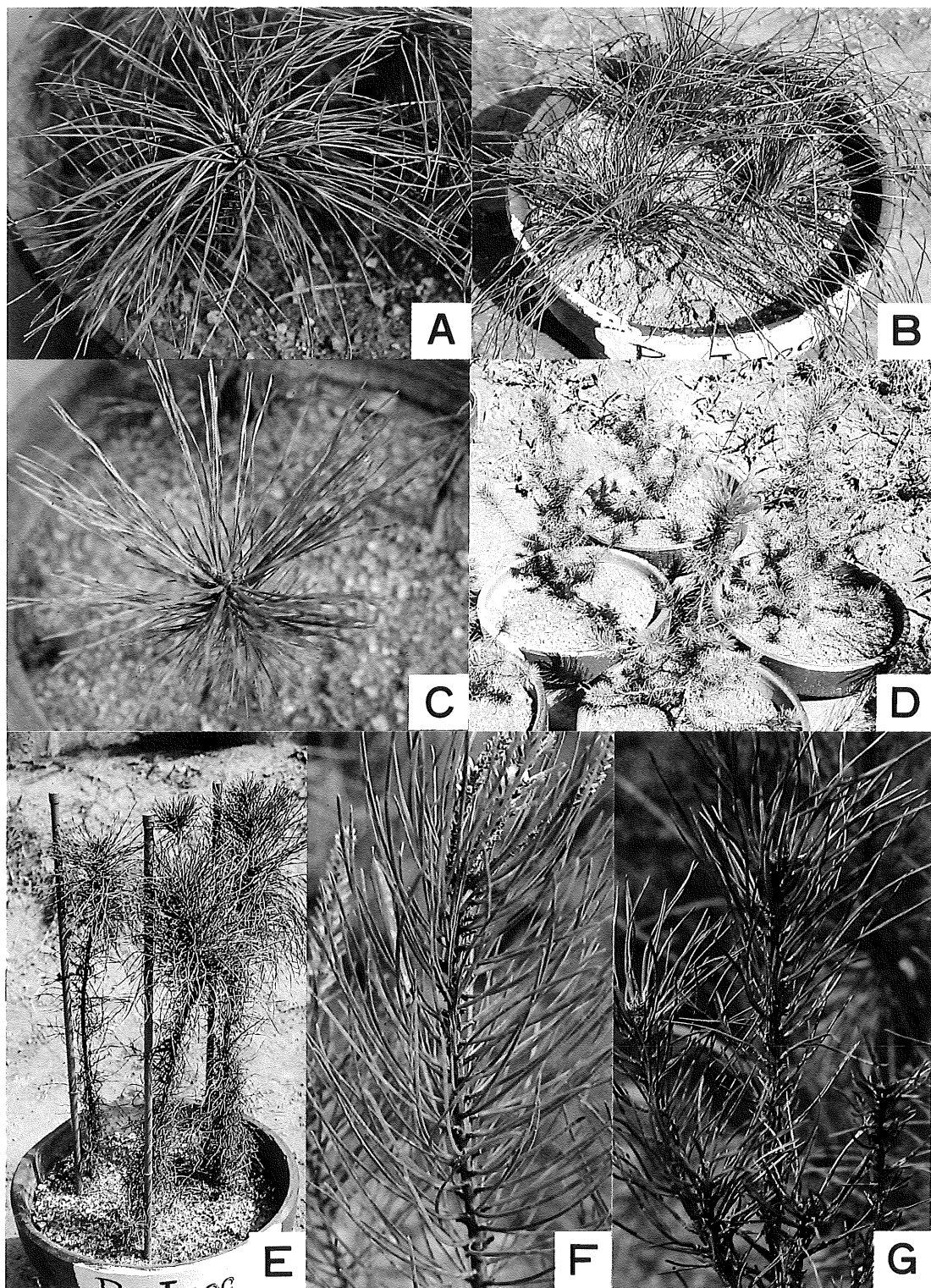
It has been reported that in kyushu district fungicides should be sprayed from early May to mid-October. In case of Maneb solution with PVA or paraffin sticker added, sufficient effect in controlling the disease was shown by the following spraying method: On l-0 seedlings, at intervals of a month from mid-June to early September, three times a year; on l-1 seedlings, at intervals of a month from mid-June to early August, four times a year.

In a brief summary, when Maneb solution with PVA or paraffin sticker added is sprayed at proper intervals, its frequency in use can be reduced at least by half.

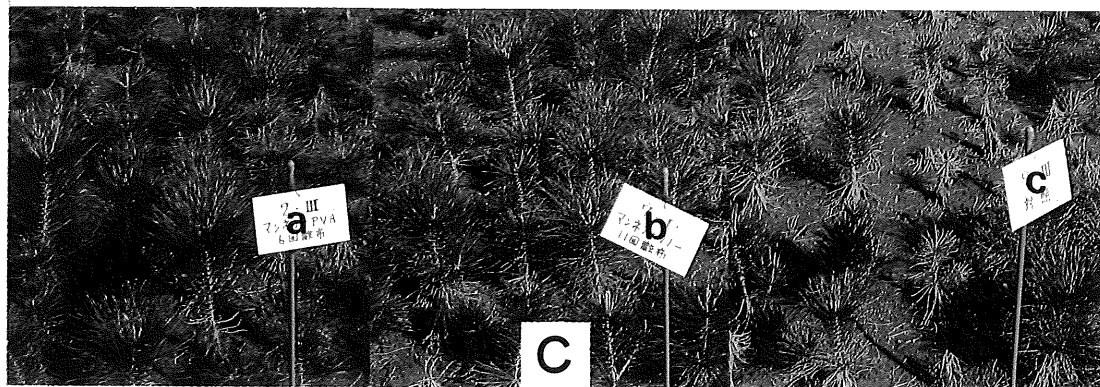
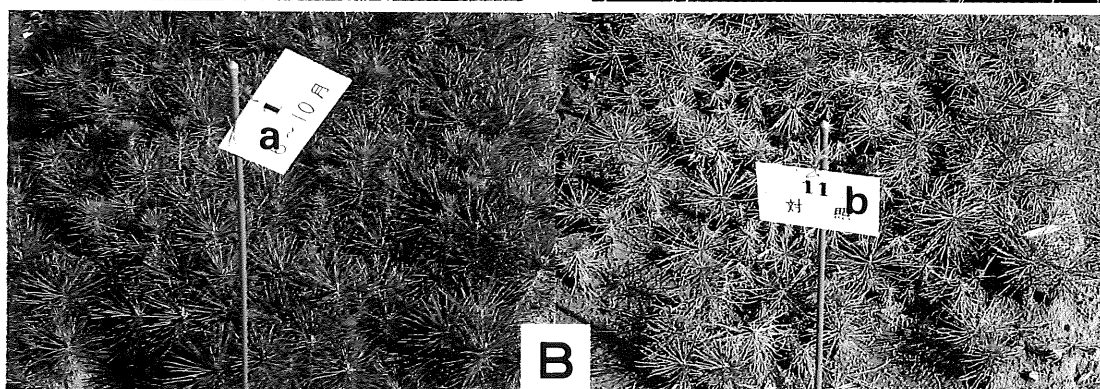
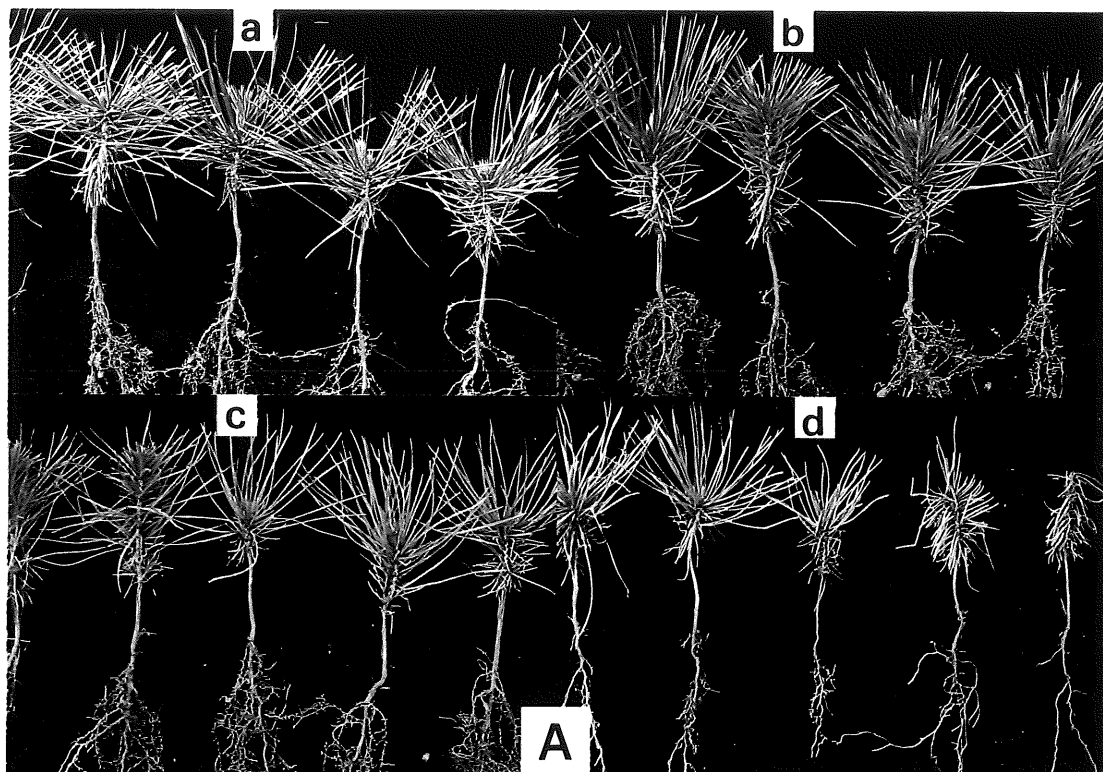


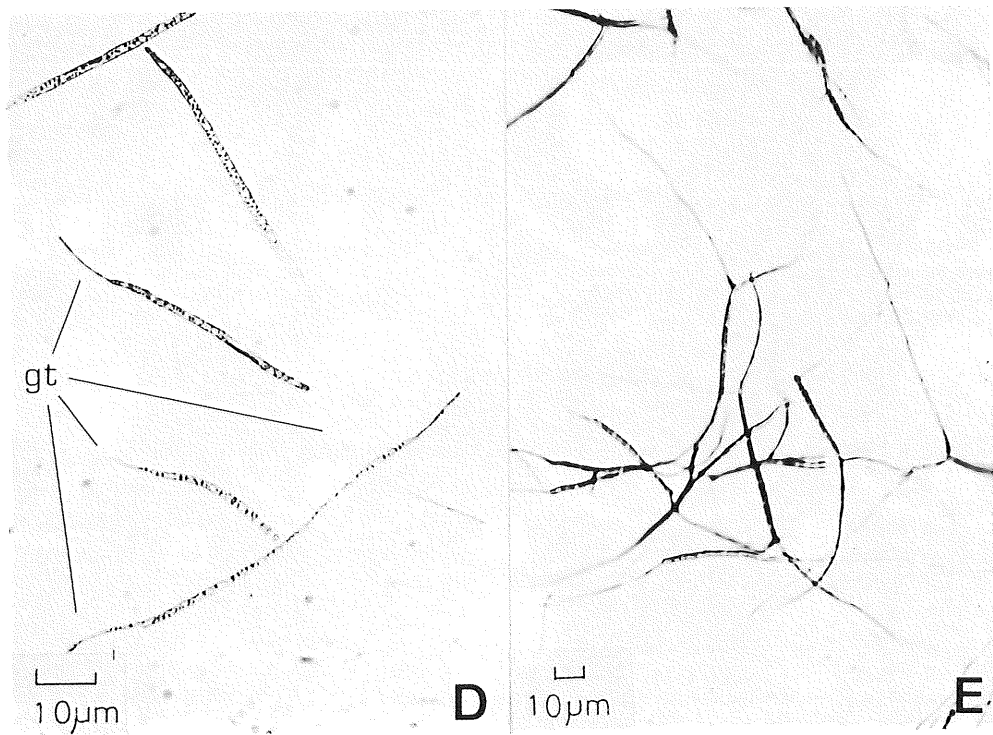
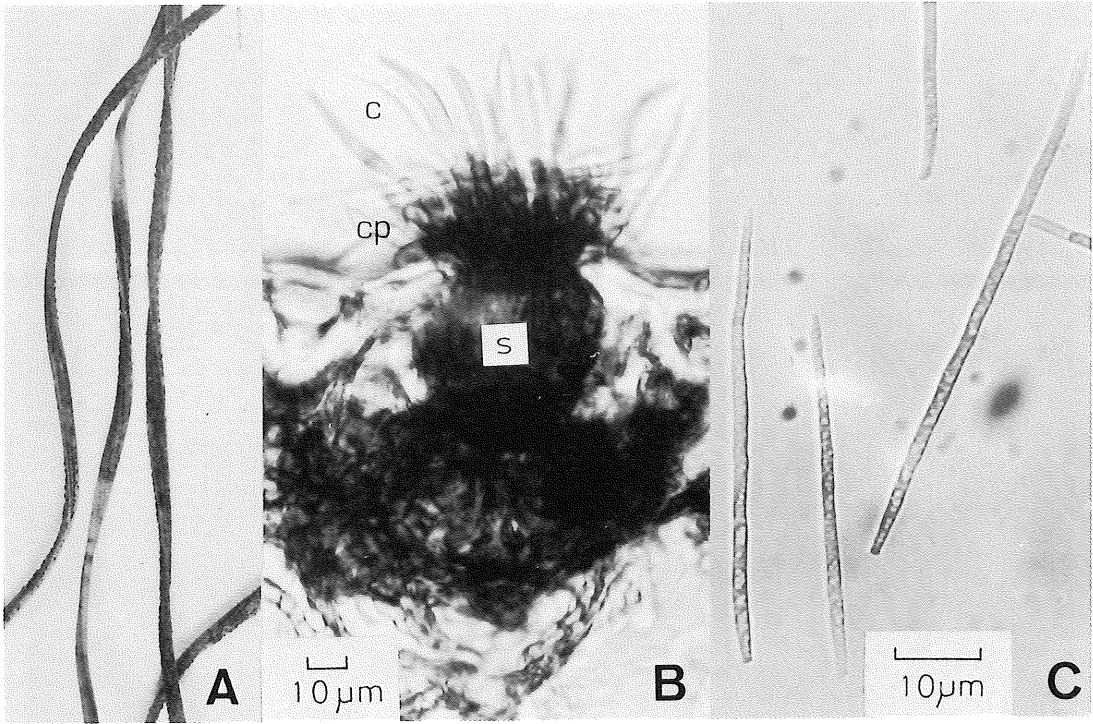
图版 II



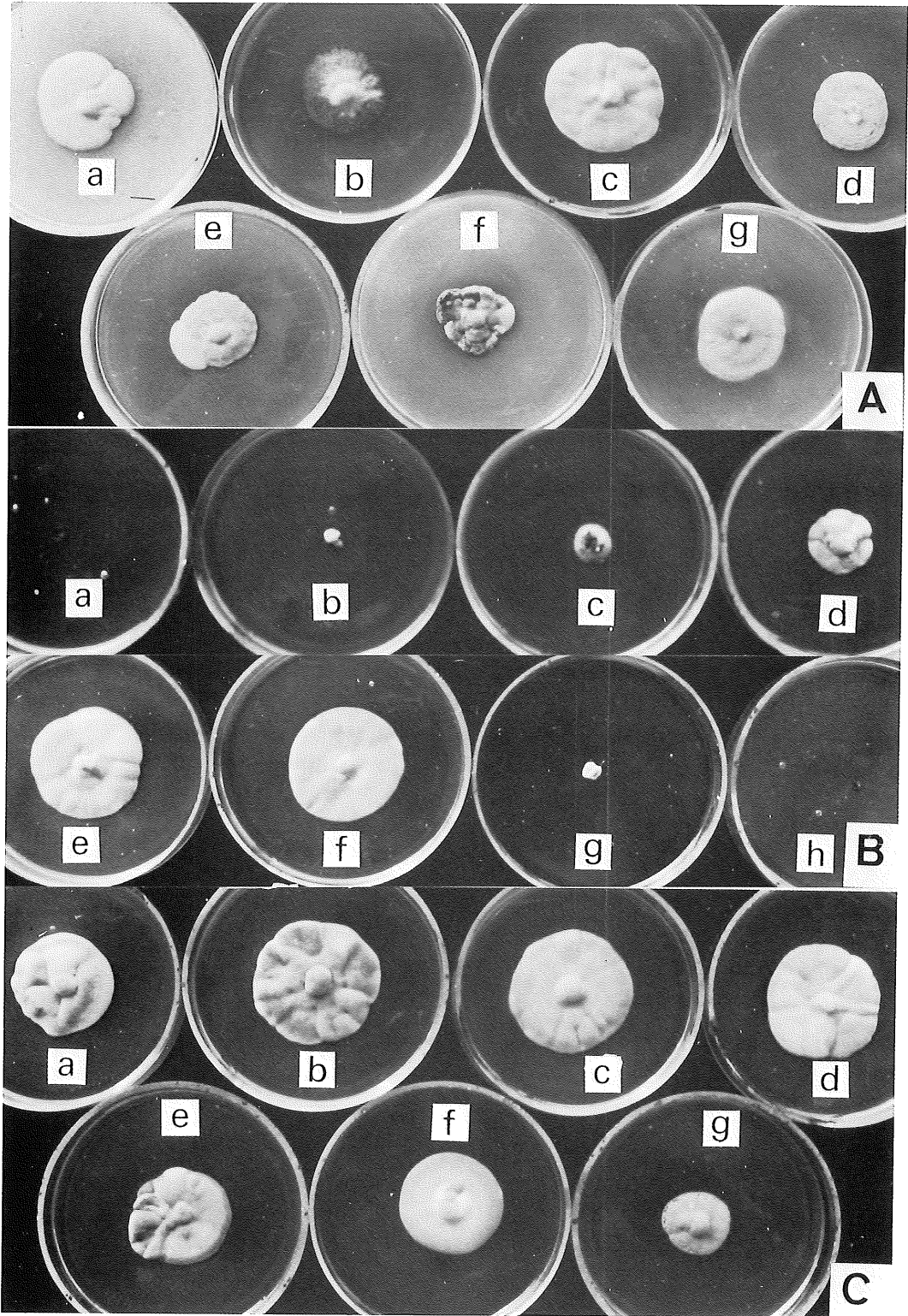


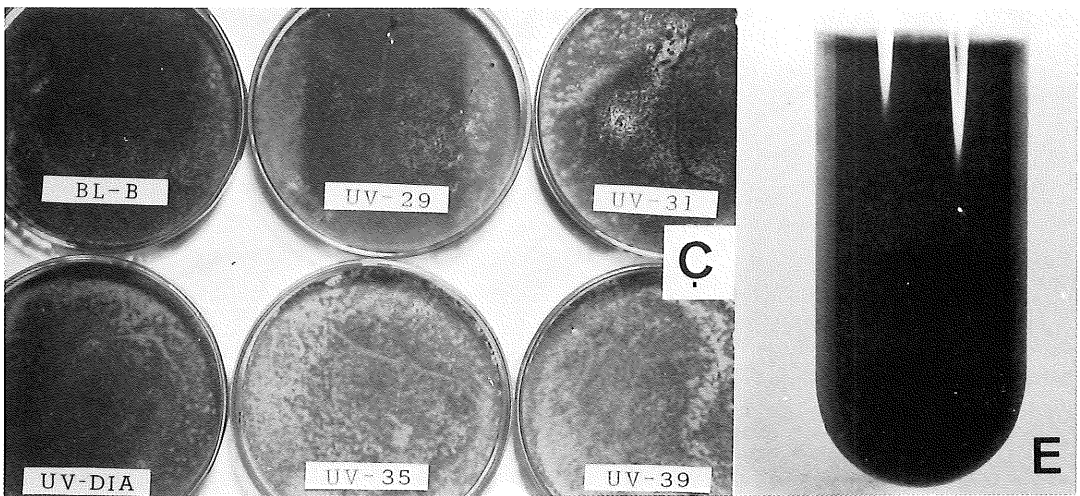
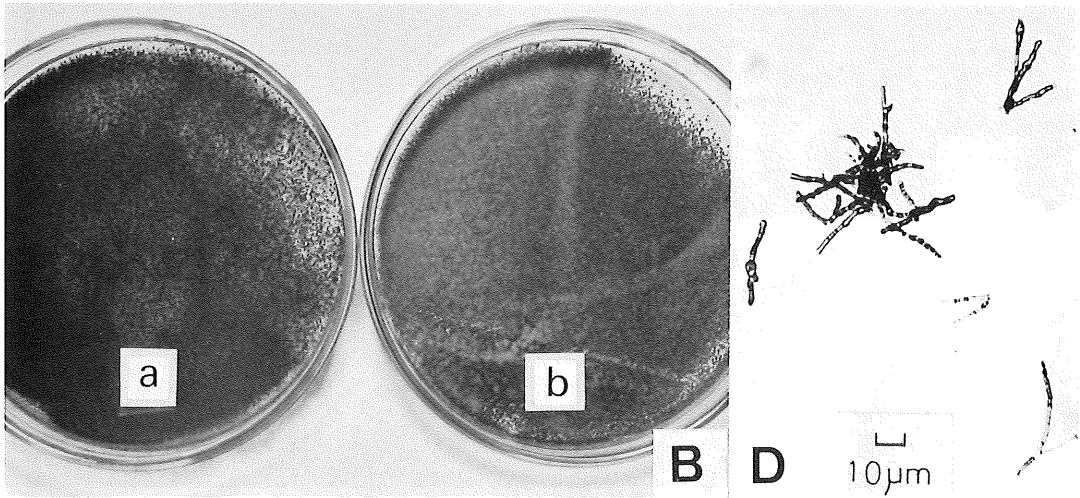
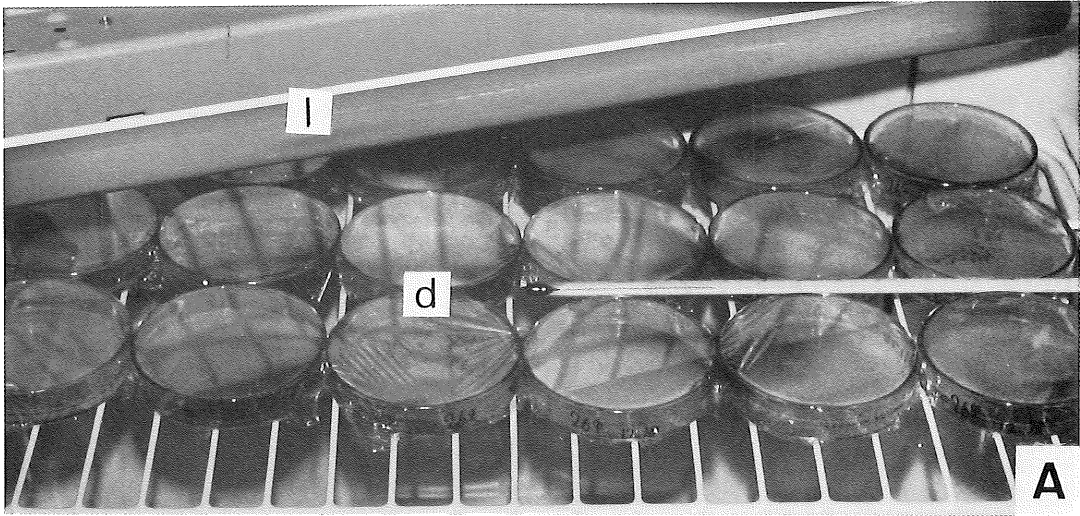
图版 IV



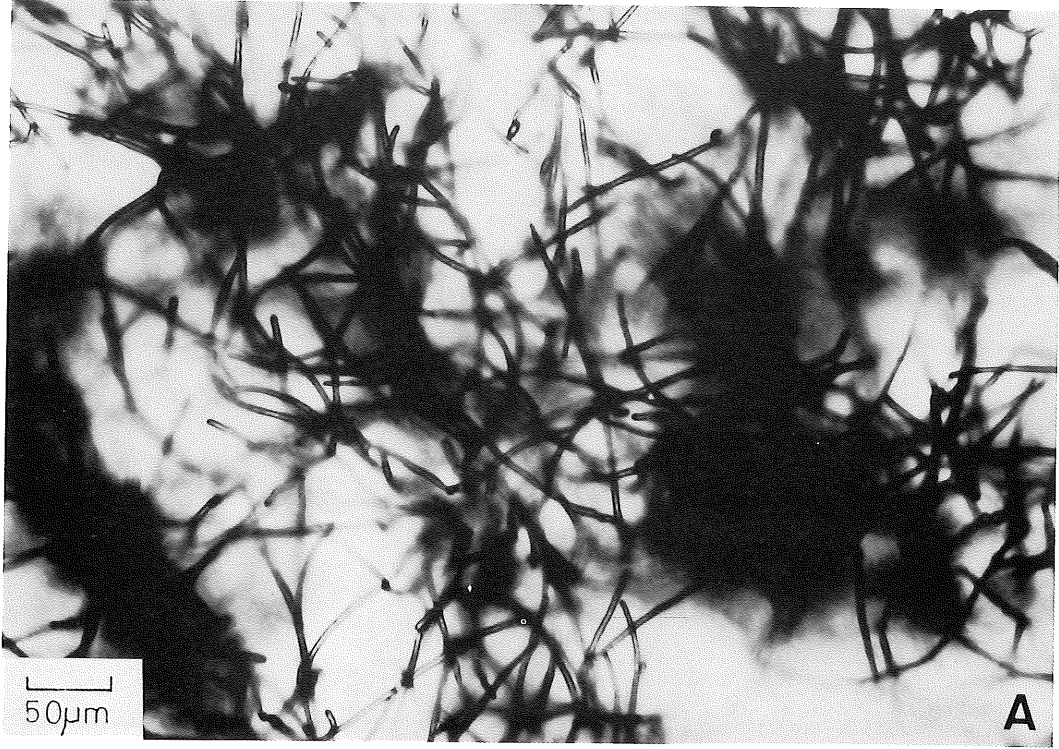


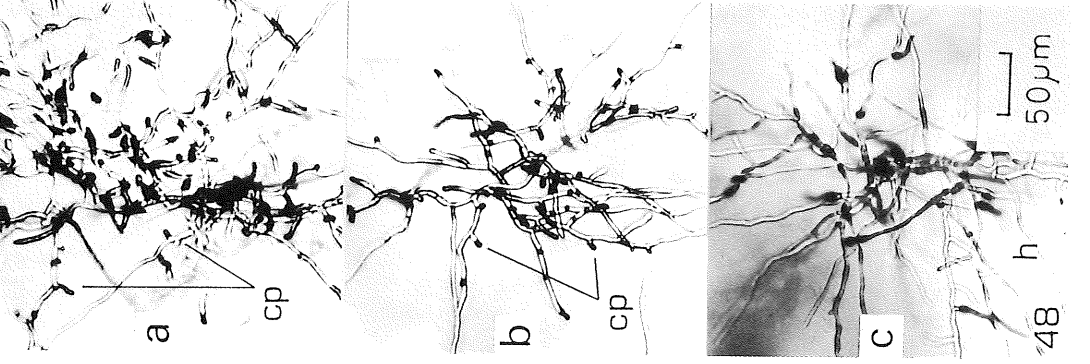
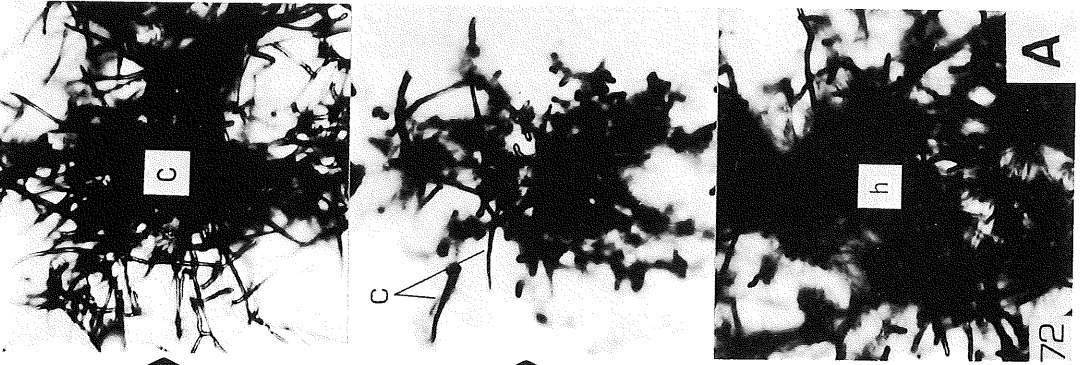
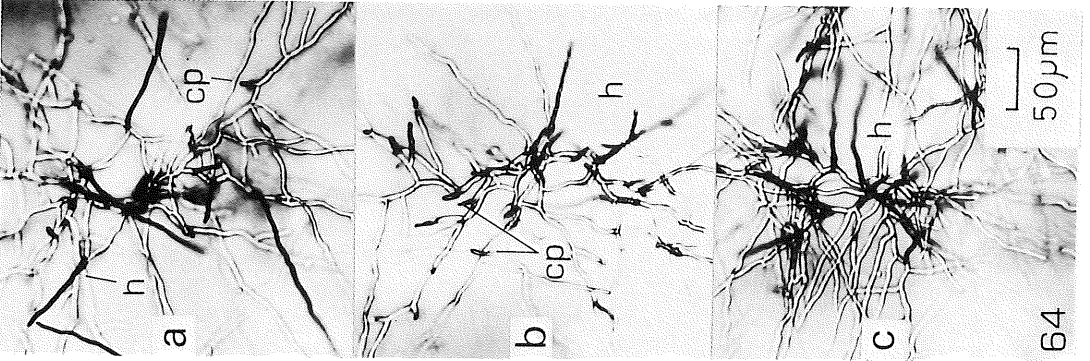
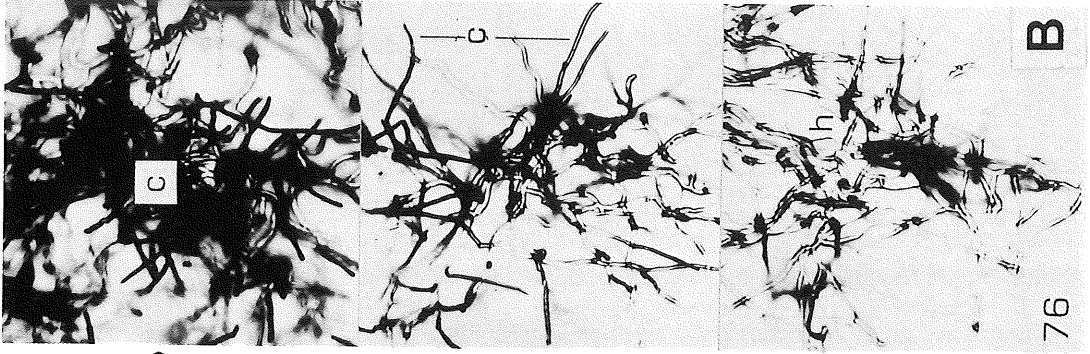
图版 VI



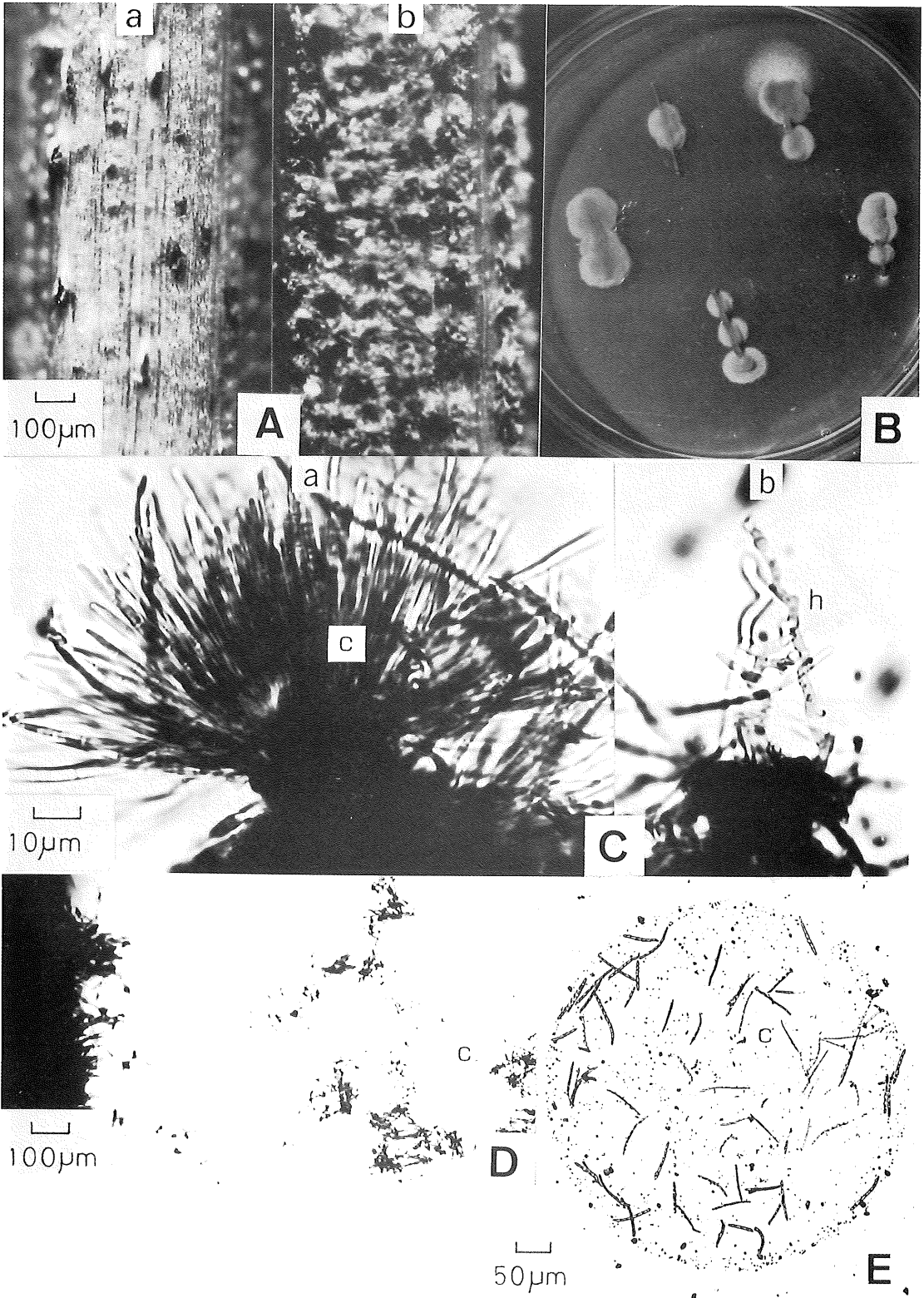


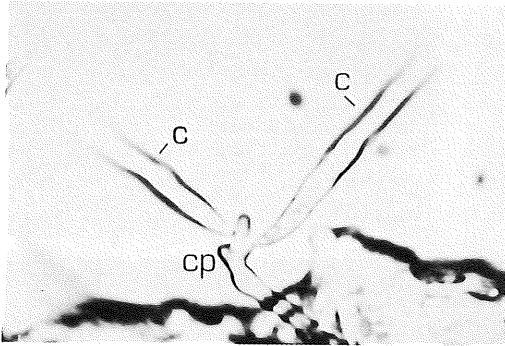
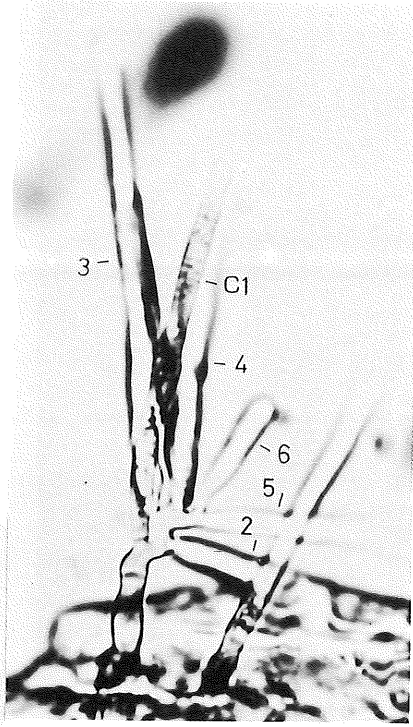
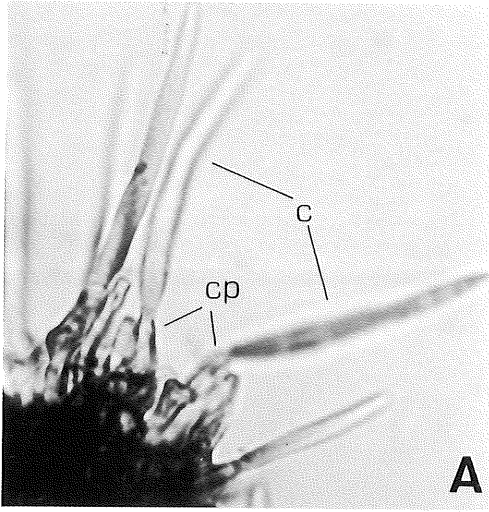
图版 VIII



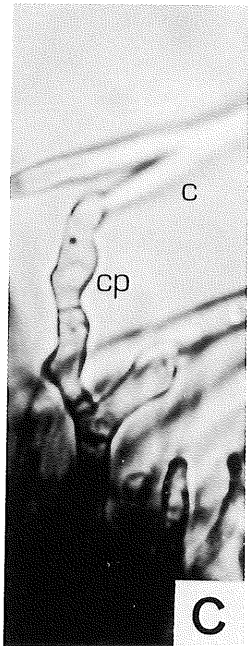


图版 X



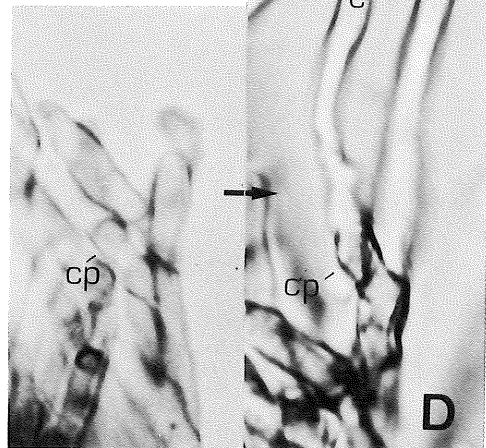


B



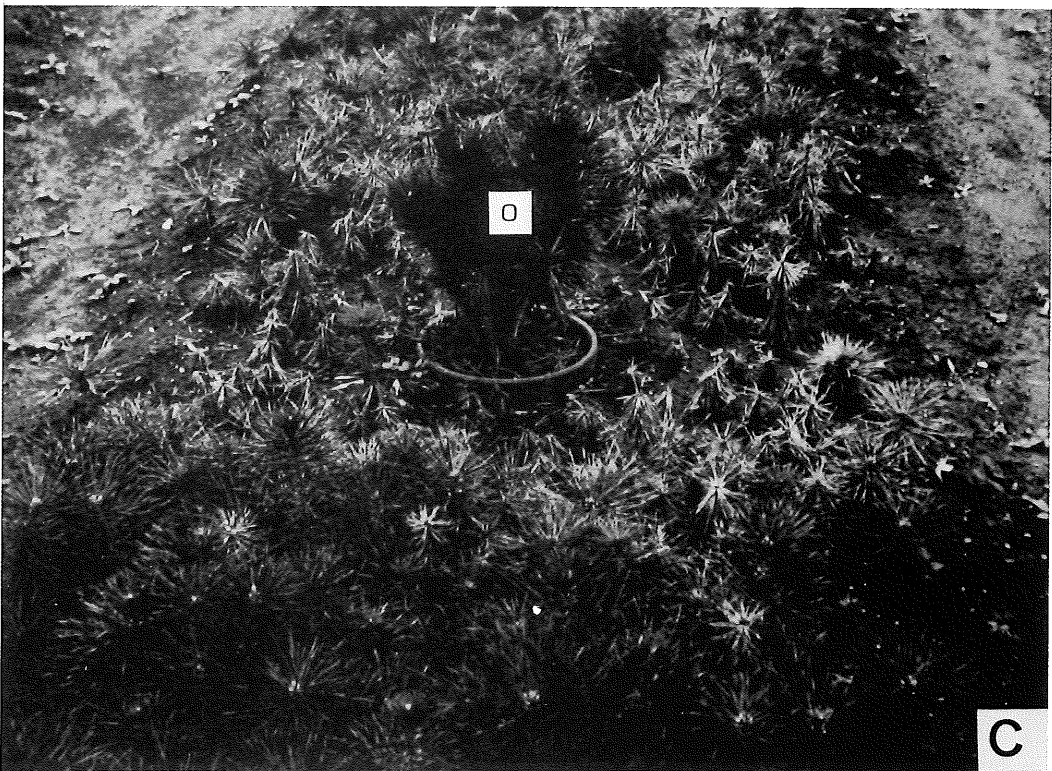
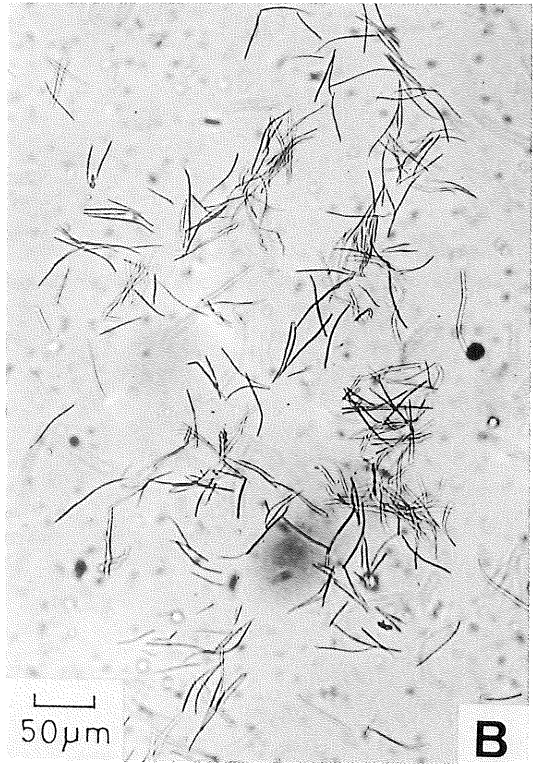
C

10μm



D

图版 XII



島根県林業試験場研究報告第32号

昭和57年3月印刷

昭和57年3月発行

島根県林業試験場

島根県八束郡宍道町大字宍道1586(〒699-04)

電話(宍道局)08526-6-0301

印刷所 (有)高浜印刷所 松江市北堀町8