

移住派遣農業専門家報告書

—ブラジルにおけるコシヨウの
胴枯病及び根腐病の防除指針—

昭和59年7月

国際協力事業団

海外

J R

84-13

業務資料 No.725

移住派遣農業専門家報告書

—ブラジルにおけるコショウの
胴枯病及び根腐病の防除指針—

JICA LIBRARY



1025630[3]

昭和59年7月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84.12.20	703
登録No. 10963	84.2
	ESE

は じ め に

ブラジル北部における日系移住者の重要作物である胡椒は胴枯病及び根腐病等により著しい生産性の低下に陥っている。

そのため、当事業団はアマゾン熱帯農業総合試験場（INATAM）において胡椒病害防除技術体系確立のための試験研究を実施するとともに、本邦から専門家を派遣し、主因の究明、防除法の解明等に努めてきた。

その結果、3次にわたって派遣した福富^x雅夫^x専門家（前京都大学農学部助手、現石川県農業短期大学助教授）より、胡椒病害の主因は *Fusarium solani* f. sp. *piperis* F.C. Albuquerque である旨の報告がなされた。

今般、同専門家より「ブラジルにおけるコンヨウの胴枯病及び根腐病の防除指針」と題する報告書が提出されたので、ここに印刷することとした。

※福富専門家の派遣期間

1. 昭和55年 7月 5日～昭和56年10月 4日
2. " 57年10月27日～ " 57年12月10日
3. " 58年 5月14日～ " 58年 8月23日

昭和 59年 7月

移 住 事 業 部 長

目 次

1. まえがき	1
2. 胴枯病および根腐病発生の経過と現状	3
3. 病徴の分類	11
4. 主因究明の方法論	14
5. 病原菌（主因）の形態と同定	17
6. 寄主範囲	21
7. 伝播経路	22
8. 感染機作	27
(1) 無傷接種による感染	27
(2) 寄主体侵入門戸	29
(3) 感染部位と壊死病斑の進展	38
(4) 道管潜在感染	38
(5) コショウ樹枯死機構	42
9. 有効農薬および防除試験	44
(1) 感染防止効果のスクリーニングテスト	44
(2) 有効農薬の乗害試験	44
(3) 実際に試みられた防除対策	52
10. 総合防除体系	57
11. あとがき 特産地形成への道	61
12. 引用文献	65

ブラジルにおけるコショウの胴枯病 および根腐病の防除指針*

福 富 雅 夫**

1 ま え が き

ブラジルのコショウは1933年にシンガポールから苗で運ばれたが、実際に栽培され始めたのは1942年頃からのようである。戦後、トメアスー地域におけるコショウ栽培は、需要に対する生産量の世界的不足から、著しく隆盛を極め、コショウ黄金時代を迎えるに至って、日本人移住者に巨万の富をもたらし、アマゾン流域およびブラジル各地へと拡って行った。しかし、一方では黄金時代の訪れを機に、根腐病および胴枯病が激発し始めた。そして、現在も尚コショウ栽培はこれら病害により壊滅の危機に瀕している。

コショウ根腐病の主因については、国によって、また、同一国でも研究者によって異なる説が提唱されてきた(第1表)。

根腐病の主因には菌類では鞭毛菌類、子のう菌類および担子菌類などにまたがり、線虫、栄養欠乏、旱害、水害などの生理障害とする説など、実に17種類におよんでいる。^{1-4, 21-34)} 1病害に対してこのように多数の主因が提唱されたことは、植物病理学史上他に例を見ない。

それぞれの主因の主張にはそれなりに理由や証明が試みられているが、それにもかかわらず、永く定説を得るに至らなかったのは現地における本病発生状況の中に不思議な現象があつて、これらについての疑問を解消するような実験的証明がなされなかったこと、そして、なにもまして十分な効果を認めるにたる防除対策が確立されなかったこともあつて、1980年に至っても、学者および農業者に納得される定説を得るに至らなかったのである。

移住事業団の試験農場が昭和41年に第2トメアスに出来、昭和49年に国際協力事業団アマゾン熱帯農業総合試験場が本病防除対策の確立を目的に設立された。1980年にはブラジル国

* 本研究は京都大学農学部植物病理学研究室在職中に行った。

**現在の勤務先:

石川県農業短期大学付属農業資源研究所農業微生物学研究室(石川県石川郡野々市町末松1丁目308番地)
present address . Masao Fukutomi --- Laboratory of Agricultural Microbiology,
Research Institute of Agricultural Resources, Ishikawa Agricultural College.
(1-308, Suematsu, Nonouchi-machi, Ishikawa-gun, Ishikawa Prefecture, 921,
JAPAN)

第1表 過去に提唱されてきたコショウ根腐病の主因に関する諸説

A 生物的要因による説	g. <i>Sclerotium</i> sp. ... India.
1 Mastigomycotina (鞭毛菌類)	h. <i>Rhizoctonia</i> sp. ... Brasil (Para, Amazonia).
a. <i>Phytoththora parvifora</i> (Butler)	i. <i>Fomes lignosus</i> ... Indo-china (Vietum, Cambodia).
Butler · Indonesia (Banka, Jawa, Borneo), Puerto Rico, Brasil (Bahia)	4 Nematode (線虫)
<i>P. sp.</i> · India, Indochina (Vietnum, Cambodia), Brasil (Bahia).	j. <i>Meloidogyne incognita</i> ... Brasil (Para, Amazonia).
b. <i>Pythium</i> spp. ... Thailand.	sp. ... Indonesia, Indo-china (Vietnum, Cambodia).
2 Ascomycotina (子嚢菌類)	k. <i>Rodopholus similis</i> ... Indonesia (Banka, Jawa, Borneo).
c. <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>piperis</i>	B 生理障害による説 ... Brasil (Para, Amazonia).
Albuquerque ... Brasil (Para, Amazonia)	a. 栄養欠乏症
<i>F. oxysporum</i> ... India.	b. 旱害
d. <i>Colletotrichum</i> sp. ... Brasil (Para, Amazonia).	c. 水害、湿害
e. <i>Cylindrocladium</i> sp. · Brasil (Para, Amazonia).	
3 Basidiomycotina (担子菌類)	
f. <i>Corticium salmonicolor</i> Berkley et Broome ... Indio-china (Vietnum, Cambodia).	

よりの JAMIC、JEMIS 撤退を1年以内に行わなければならないという問題を生じ、本試験場の存続があやぶまれる状況に立ち至った。

このような状況の中で、筆者は国際協力事業団の要請により、文部省及び京都大学当局の許しを得て、1980年7月5日～1981年10月4日(1年3カ月間)の間派遣農業専門家として、ブラジル国パラ州トメアスーにあるアマゾン熱帯農業総合試験場へ出張し、コショウ胴枯病及び根腐病の主因究明に始まる本病の防除体系確立への基礎的研究に着手したのである。その後、昭和57年10月27日～12月10日(第2回)及び昭和58年5月14～8月23日(第3回)にも出張し、総合防除体系の確立への一連の基礎的研究を終え、農業者への防除技術の普及段階まで進めることが出来た。この間の一連の研究成果は昭和56、57年度の試験研究実績として報告されており、最終年の研究成果は58年度試験研究実績として報告される予定である。

これらの研究はアマゾン熱帯農業総合試験場平形広氏および浜田正博氏等の熱心な協力を得て行われた。記して深謝の意を表する。

本著はこれらの一連の研究成果のうち、本病防除上必要な事項の概要を取りまとめたものである。

2 胴枯病および根腐病発生の経過と現状 7, 13, 14, 17-19, 30-34)

アマゾン河流域では古くより原住民によって在来のコショウがつくられていた。この在来種は現在ごくまれにブラジル人の庭先に1~2本植えられているのを見ることができる。しかし、これが多量に栽培されたという記録はないようであるが、古くはポルトガル人もこのコショウを料理に用いたものと思われる。現在、トメアスー地域の日系コロニアをはじめブラジル各地で栽培されているのは、*Piper nigrum* L. *singapura*で、日本人が昭和8年にシンガポールより持ち込んだ苗による母樹の枝を挿木繁殖して増やしたものである。特に昭和17年頃より盛んに挿木によって増殖され、現在では日系コロニアのみならず、ブラジル人によっても広く栽培されるようになってきている。

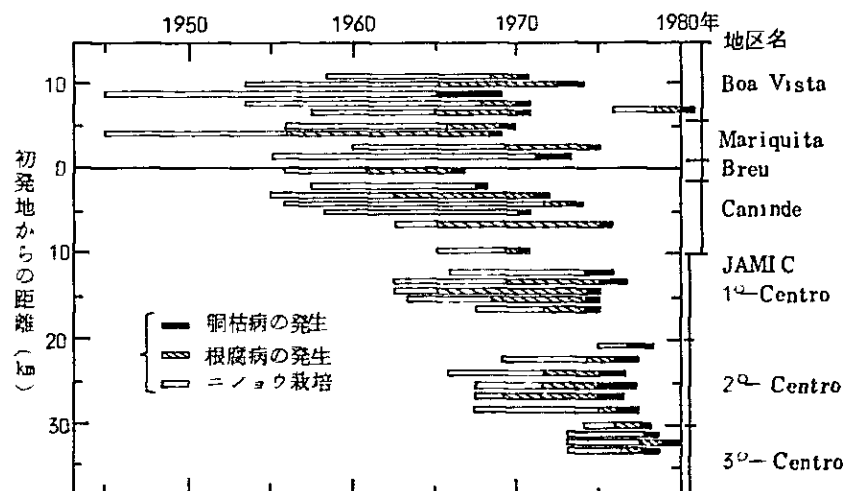


第1図 ブラジル国におけるコショウ病害調査地の位置の略図

古老農家の話を総合すると、根腐病はコショウ栽培の当初より点発的に発生していたようである。しかし、それが現在の根腐病と同一のものであるかどうかは明らかでない。胴枯病は1962年にブレウ (Breu) で初発生が見られたが、その後3年たつて、1965年にボアビスタ (Boavista) に蔓延し、1967年にはマリキータ (Mariquita) 地区に蔓延している。マリキータに

おける発生は極めて激甚であったので、本病が注目されるようになった。当時トメアス産業組合の技師であった鶴崎宗雄氏はこの激発地の地名をとってマリキータ病および根腐病と区別して扱った。その後、国際協力事業団職員寺神戸曠氏は病徴を示す病名を用いる方が解り易いという理由から、胴枯病の病名を用いている。渡辺龍雄博士（1977）はその著書の中でマリキータ病を採用されているが、先名権を優先するなら本病に対してもまた、根腐病を採用すべきであろう。筆者は同一病原菌に基因する病気ではあるが、感染の部位が相違し、病徴を異にし、研究推進上も両者を区別して述べる必要性から、根の腐れる根腐病（root rot disease）との対比名として最初茎から枯れてくるという病状をとって胴枯病（stem rot disease）を採用するのが適当と考える。

胴枯病および根腐病の初発生および激発年を地区別に見ると過去の第1トメアス—地域ではコンヨウ栽培開始後約20年を経て胴枯病の初発生を見ているのに対して、新耕地の第2トメアス—では栽培開始後7～8年で初発生を見、マルバウバでは1978年に3～5年樹に発生しており、定植後の発生が早まっている。これは激発の中心である第1センター地域で栽培した場合における発生状態と類似している（第2図）。

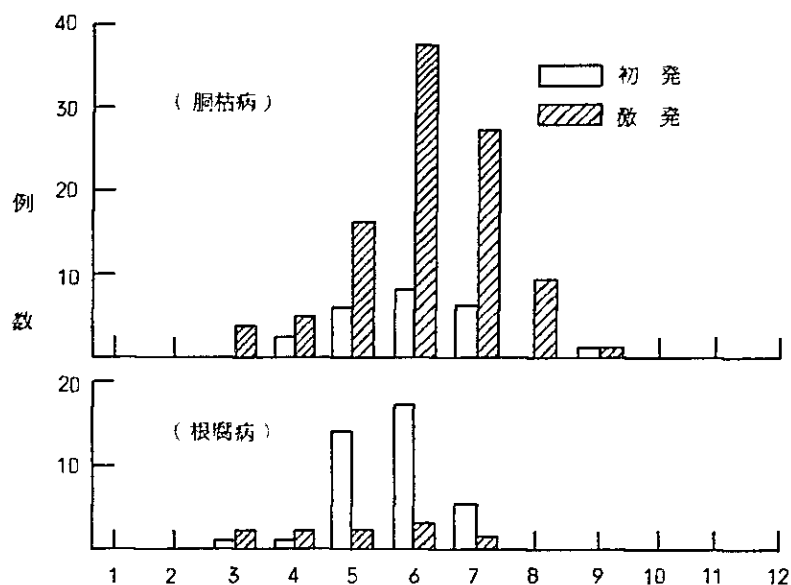


第2図 コンヨウ胴枯病および根腐病のトメアス—における初発生の地域的推移

本病は遠隔地へは苗によって運ばれたものと思われる。第3センターにおける発生が早まっていることは、この地域全体における本病菌の密度が栽培開始時すでに高まっていたと解釈される。第2図における1945～1980年間の気象条件は1974年に異常な降雨により水害があったことの外は、毎年著しい変化は見られていない。

本病発生の季節的消長

農家が気付いた毎年の初発生および激発の時期は第3図に示すように、ここ10数年間を通じて変化なく、3月頃より発生が見られており、両病ともに5～7月における初発ならびに激発例が極めて多かつた。胴枯病の発病時期はやや広い範囲にわたり、4月～8月であった。9月～12月の間、本病の新しい発生は見られていない(第3図)。



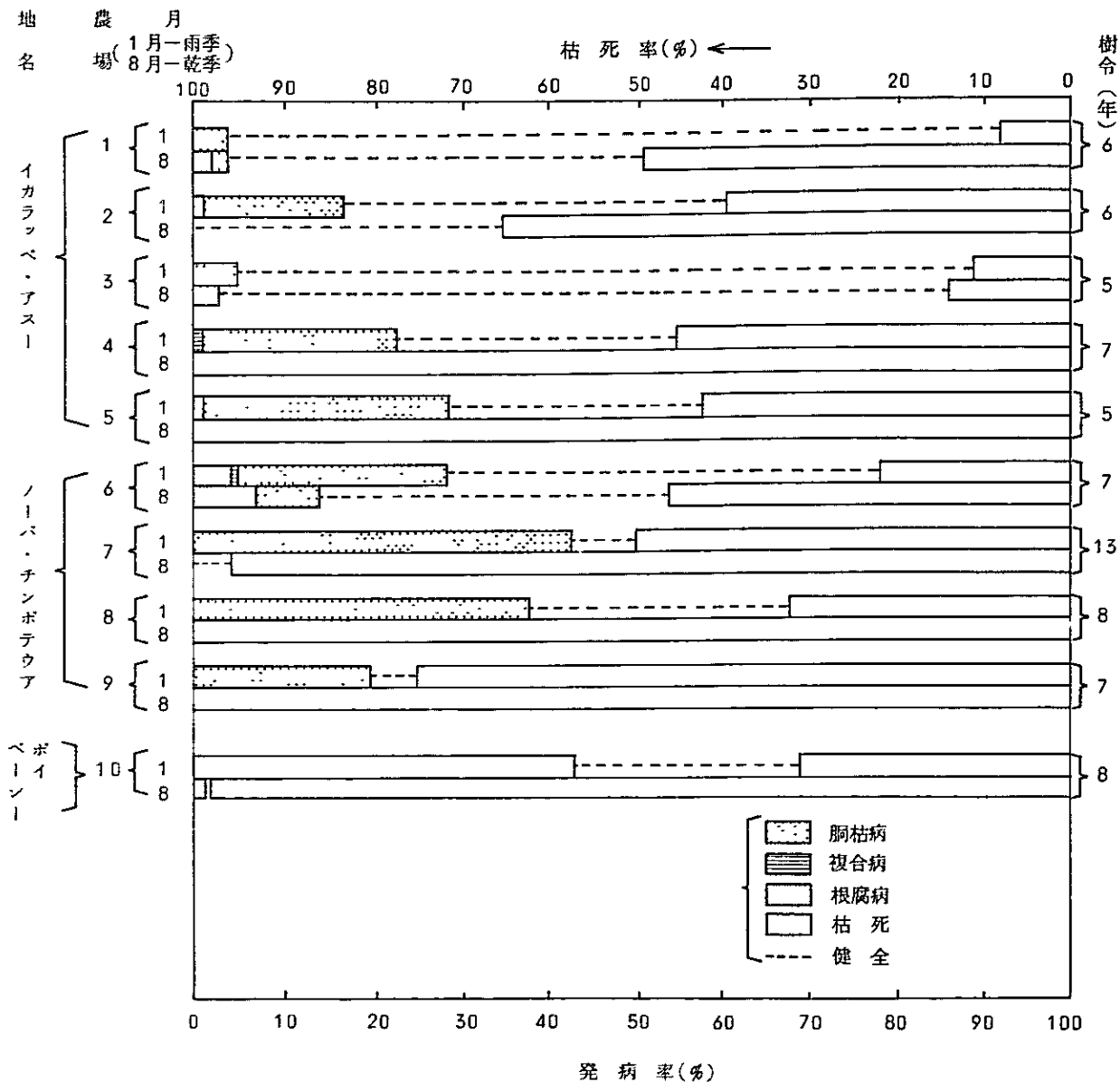
第3図 コンヨウ胴枯病および根腐病発生の季節的消長
(例数は農家の例数を示す)

本病の潜伏期間、初期病徴発現後個体枯死までに至る期間を考慮すると、実際の初期感染は雨季に入った1～2月頃に起っているものと考えられる。激発が3～8月に集中していることは、主に乾季の始めに乾燥により一斉に症状が明瞭に現われることによるものと考えられる。7～12月の乾季においては新しい感染がほとんどないようである。

ベレン近郊及びブラカンチナおよびトメアスー地域における本病発生の現状

本病原菌によるコンヨウ胴枯病および根腐病激発の現状を把握する目的でトメアスー(Tomé-Açu)ベレン(Belém)近郊およびマナウス(Manaus)近郊における本病の発生状況を調査した。本調査は後述する本病の病徴に関する研究結果に基づく病徴の分類に従って行った。また、同時に調査試料を多数採集し、病原菌の分離、同定を行い、これらが後述するよう*F. solani* f. sp. *piperis* に基因する病害であることを確認した。

上記地域の10農家について調査した結果、発病進行中のコンヨウ畑における欠株ならびに枯死株率は8～75%で、平均35.5%であった。これらの畑における各病徴型別の発病を見ると第4図に示す通り、胴枯病は40%を越える発病が見られる農家もあり、この地域に激発してい



第4図 パラ州ベレン近郊およびブラガナ地方におけるコンショウ胴枯病および根腐病の発生状況 (1981年)

調査農場主氏名

- | | |
|----------|----------|
| 瓜 1 永野安幸 | 瓜 6 木村久敏 |
| 2 海谷隆 | 7 諸富正史 |
| 3 押切正美 | 8 佐藤 |
| 4 上杉嘉幸 | 9 大川達馬 |
| 5 土山岩吉 | 10 諸富正史 |

1981年の雨季(1月27~29日)および乾季(8月13~14日)に調査した結果である。本調査の時点では殆どの農場は本病の激発により廃園化していて、他果樹への転作が進められていた。上図の調査農場は比較的良い経営がなされていて、コンショウ園として残っていた篤農家の農場であったが、それでもこのような悲惨な状況であった。

るのは枝より侵入、感染が行われるところの胴枯病であり、根腐病の発生率が多い所でも7%で平均0.6%という極めて低い発生率であった(第4図)。従って、本調査における欠株及び枯死株などのほとんどが胴枯病によるものと考えてよからう。従って、これら地域において、コンショウ栽培を不能にしつつある病害は胴枯病であって、根腐病は問題になる発生を全く示していないと言える。

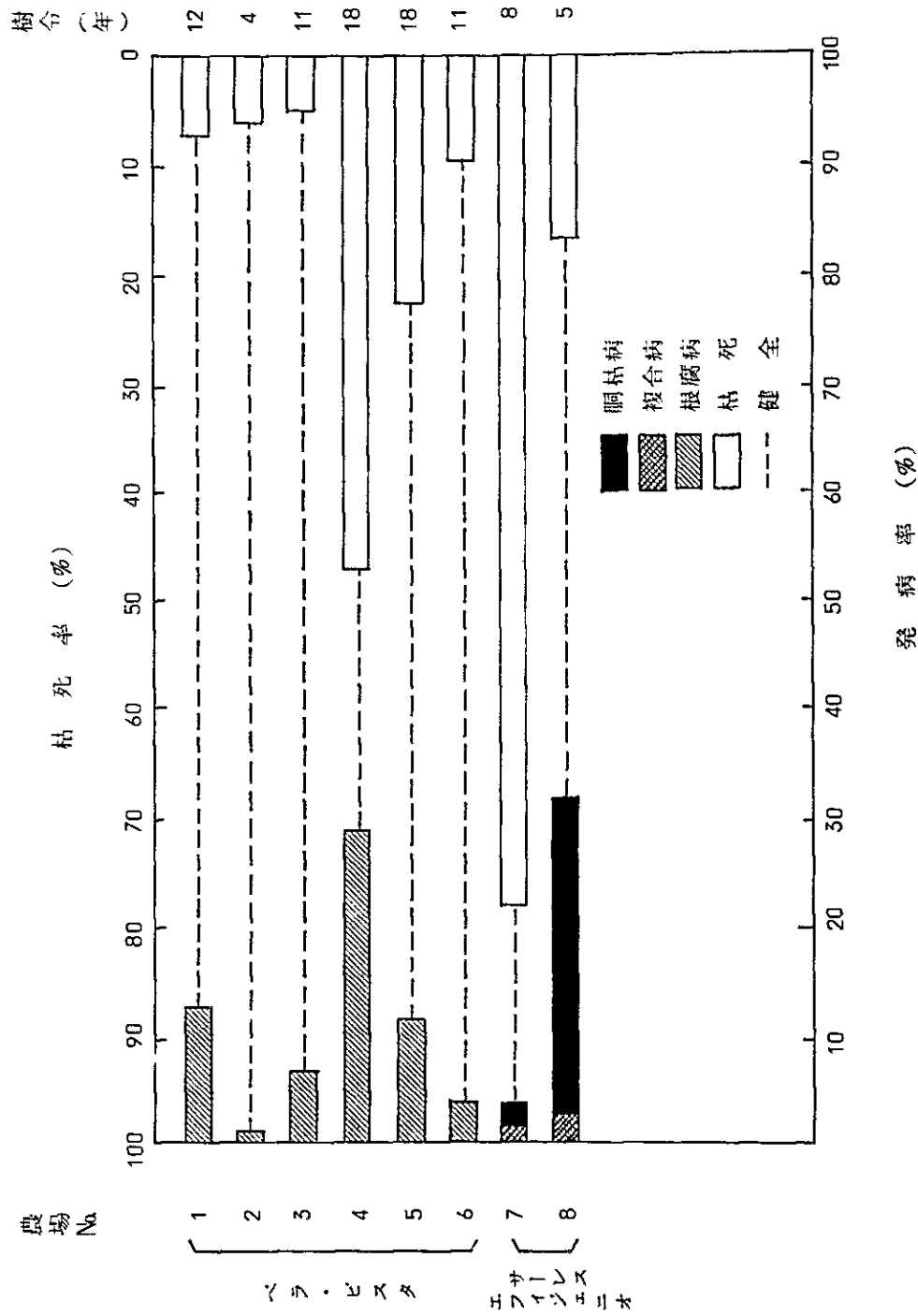
また、前年より本年までの約1年間における枯死株の増加率は平均2.13倍で、調査時発病中の個体は乾季に至って一斉に枯死するもので、これを入れると約4倍以上の枯死率になる。このことから本病害激発の激しさがうかがわれる。

トメアスーやベレン近郊でのコンショウ栽培が、壊滅的なだけきを受け、一部の農家はこの土地をすてて、イガラノベアスー、ノボチンボテウアやベイシーボイなどのコンショウ栽培の行われていない地域へ移り、森林を切り開いて耕地として、コンショウ栽培を始め、10年~10数年の長寿コンショウ園を経営する農家もあった。しかし、1980年にはこのような長寿園も上期の如く胴枯病の激発により廃園化への道をたどるに至った。

マナウス近郊及びヘラヒスタ地域における現状

このようなブラジルのコンショウ栽培地の中に1980年にも至っても尚18年樹という長寿園の残っている地域があった。その理由は明らかでなかった。

マナウス市郊外のエフィニエオサーレス(Efigenio Sales)地域のコンショウ園はほとんどが廃園化しており、わずかに残るコンショウ園について調査した結果は第6図の7、8の農家での発病状態に見られるようにトメアスー及びベレン近郊と同様に胴枯病の激発が示された。5年樹で枯死及び発病株を合わせると50%を越える発病状態でその主体は胴枯病の激発によるものであった。しかし、ネグロ河(Rio Negro)を渡った向うのベラビスタ(Bela Vista)には11~18年樹というコンショウ園が残っていて、11~12年樹園でも枯死及び根腐病株合わせて20%以下の発病状態であった。第5図に見られるように、ここでは胴枯病による発病が観察されなかった。胴枯病が全くないのではなく、枝の1部に発病を見る例も若干観察されたが、病状は停止して、全身枯死へと発展する例は見られなかった。一方根腐病の発生は長年樹にしては少ないが明らかに発病が見られた。しかし、これも急激に枯死することはなく、病状の進行は極めてかんまんで、枯死までに数年を要する場合が多かった。この枝を持ち帰り、付傷接種により、感受性のトメアスーの枝と比較したところ、トメアスーの枝は100%感染し、その進行速度も日に1.5~3mmという早い速度であるのに対して、ベラビスターの枝は発病しないものを多数生じ、また発病しても進行が遅く、強い抵抗性を示すことが明らかになった。トメアスーのコンショウが化学肥料を多用しているのに対して、ベラビスターでは鶏糞を多用し、化学肥料は殆んど施用していない状態であった。鶏糞中には多量のカルシウムを含んでいる。その他にはリンが多く、窒素もかなり含まれている。この鶏糞単用栽培がこの地域の特徴であった。大堂氏の分析結

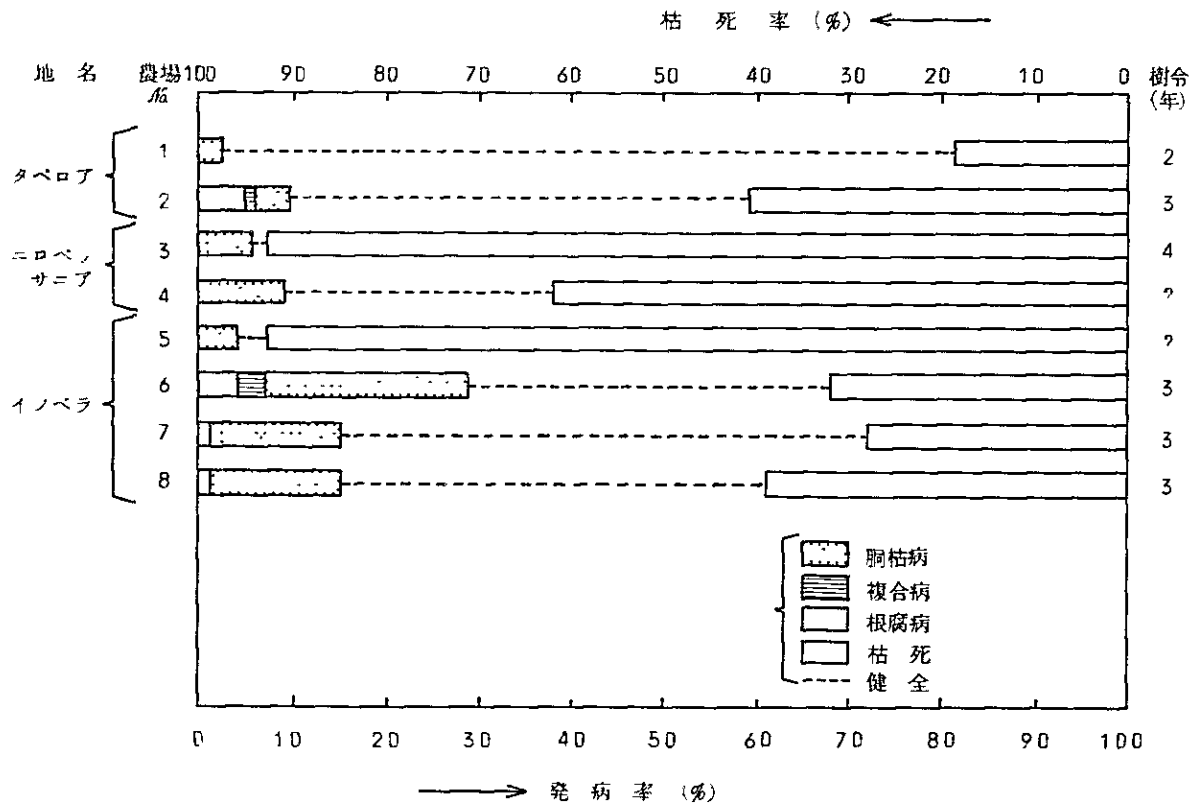


第5図 マナウス近郊およびペラピスタ地方におけるコシウ胴枯病および根腐病の発生状態(1981年
 3月10~12日調査) 農場Noおよび農場主氏名: 1. 辻正義、2. 辻福重、3. 金子けい司、
 4. 藤田猛、5. 矢野健一、6. 矢野幸助、
 7. 野沢、8. サカイ。

果によれば、この地域のコンショウの葉中にはトメアスのそれに比してカルシウムが非常に多いことが明らかになった。この地域の根腐病発病根や地下茎部及び停止胴枯枝中にはトメアス同様の *F. solani* に属する病原菌が存在しており、その病原性に相違は見られなかった。

バイヤーにおける現状

バイヤー州におけるコンショウ栽培地では東南アジアと同様の *Phytophthora* sp. による根腐病が激発しているという報告がなされ、パラ州の *Fusarium* 病とは病原が異なっていると考えられていた。筆者らは1981年9月にバイヤー州各地のコンショウ栽培地域へ出張し、病原菌の分離、同定をはじめとする詳細な調査を行った。その結果、この地域の各地で激発中の病害もまたトメアス地方のものと全く同じく、*Fusarium* 菌による胴枯病の激発によるものであった(第6図)。気候がやや冷涼であるため、病状がやや黄色っぽい傾向を示す外は全く相違は見られなかった。



第6図 バイヤー州のコンショウ栽培地における胴枯病および根腐病の発生状況

(1981年9月4~6日調査結果)

この地方の雨季は4月~9月(毎日1回夜または朝降雨、殆んど小雨で、時に夜通し降ることもある。一般に曇の日が多い)、乾季は10月~3月、乾季でも2週間に1回~5週間に1回位小雨が降る。収穫は1年樹で3kg/本位ある。

調査農場 No. 1 2. 後藤周世、3. 稲田清治、4. Jose Gomis Daoha、5. 宮川頼周、

6. 矢野 亨、7. 後藤陽一、8. 矢野 亨(B)

ブラジルのコショウ栽培地において、激発している病害は胴枯病であるということが結論されるが、この事実は本病の防除対策を考える上で重要な意味を持っている。従来、ブラジルのコショウは根腐病の激発が強調され、そのために土壌消毒を含む土壌病としての根腐対策のみに重点が置かれた。そのために、年間発病数%の根腐病が防除されても30%前後の胴枯病の激発の陰で防除効果が現れないのは当然のことであろう。したがって、胴枯病対策を主軸において病害防除体系を確立しないかぎり、ブラジルコショウ栽培における安定生産の道は開けないといえるであろう。

3 病徴の分類^{8,9,15)}

胴枯病および根腐病に感染したコショウ樹の地上部の外観上の病徴と本病感染に伴う病変組織の分布状態との関係を調べた結果、以下の4型に分類された(第7図)。

A. 根腐病型 (Root rot type) (I および II 型)

I. 黄化萎凋型……地上部は一見して葉は黄色っぽく、萎凋症状を呈して葉が下垂する。地上部の茎には萎凋の原因になるような感染部は見られないが、掘り取って根部を調べると側根および太根の先端部分に黒変した根腐部が見られる。

II. 黄化萎凋、落葉、落枝型 ……葉の黄化萎凋が進行して明瞭になり、乾季、土壌が乾燥する所では落葉、落枝が顕著に起る。このような症状が進むと葉、茎共に黒変して枯死する。黄化、萎凋、落葉、落枝などの症状が現われた樹を掘り取って地下部を調べると、主茎の地下部が1部または広範囲に黒褐色に変色枯死していて、根部と地上部に繋がる健全組織が全く残っていない状態に黒褐色の壊死組織でしめられている場合が多い。主茎部の尻部よりの感染と、側根が感染してやや長い期間を経て主茎へと黒変部が進行したものとがある。主茎における病変組織の進展は若枝などに比べてやや緩慢なため、個体全体枯死までには数カ月～1年かかることもある。しかし、普通は乾季の訪れと共に枯死する。A-II型はI型の病状の進行型である。

B. 胴枯病型 (Stem rot type) 型 (III 型)

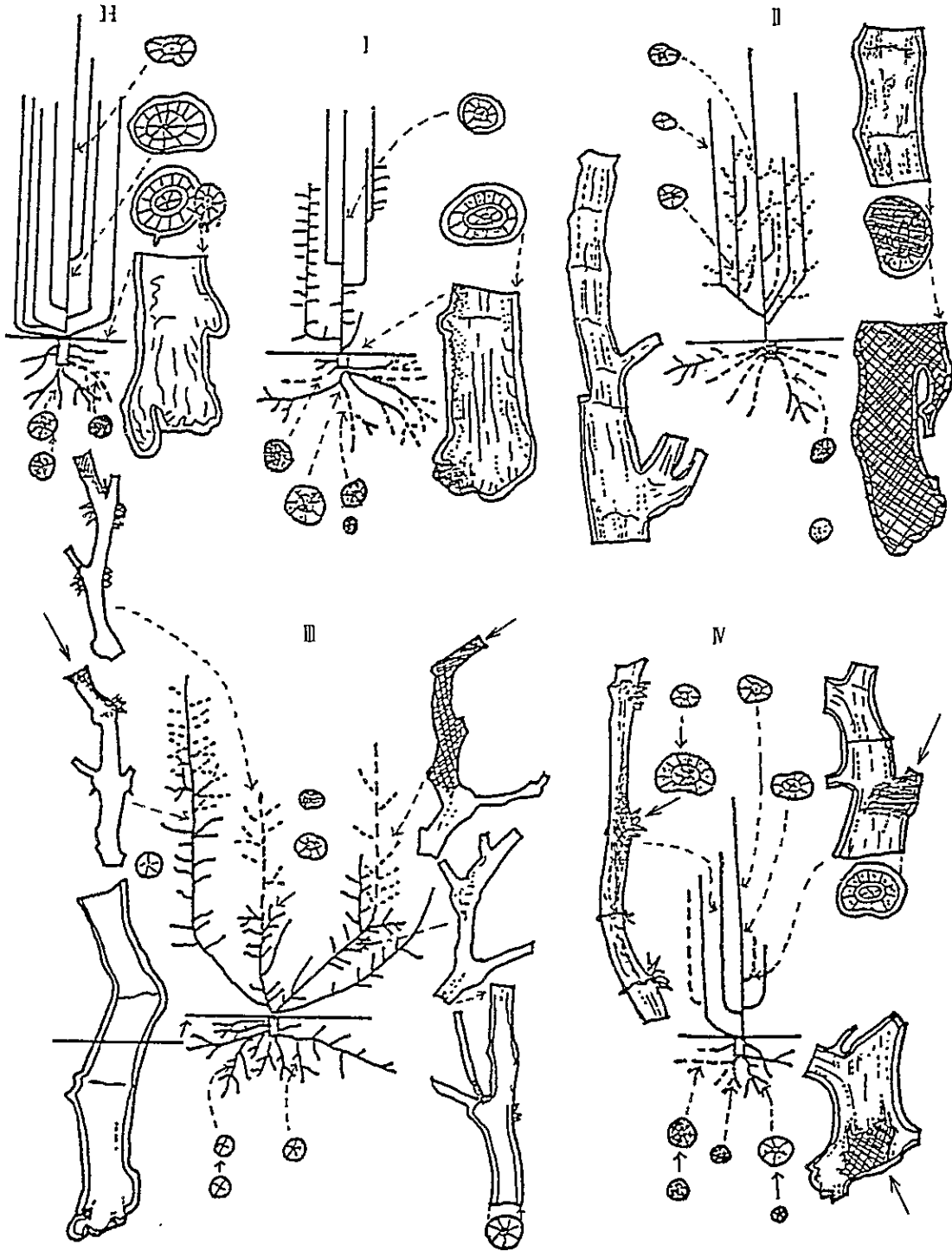
徒長枝の節部などより感染して、その枝の中途の組織を完全に黒褐色に枯死させるために、それより上部は一斉に青枯れ萎凋し、枯死する。この黒褐色壊死部は下部に向っても速い速度で下降し、主茎内へと進行し、遂には主茎の一部を10数cmにおよんで黒褐色に枯死させる。病変部の道管は完全に閉塞されるため下部よりの養水分の供給が断たれて、上部全体を一斉に萎凋枯死させるものである。普通この症状の進行は比較的急速に起るために青枯萎凋症を呈し、遂に黒褐色に枯死する。しかし、この進行が緩慢な場合は胴枯病でも黄化症状を呈して枯死するものもある。特にバイヤー州のように雨季の気温がやや低い地域では一般に胴枯病でも黄化症状を呈するので、外観上根腐病と混同され易いが、茎の黒褐色枯死部の存在を注意して観察すると、胴枯病であることが簡単に識別できる。胴枯病の初期段階のものを掘り上げて根部を調べると根は白く、健全で、根腐病は見られない。

C. 複合型 (Complex type)

前記、根腐病(A)および胴枯病(B)型の両症状を示す場合で、地上部では黄化萎凋、茎の胴枯により一部の茎が黄褐色に枯死し、主茎に進行してこれを胴枯症状に一部組織を黒褐色に枯死さ

せ、それより上部を一斉に萎 枯死させる。根部においても、主根、支根、地下茎部などの黒変腐敗が起っている。しかし、地下部の病変組織と地上部の胴枯、枝枯部との間には健全部が存在しており、上部と地下部がそれぞれ別途に感染したものであると考えられ、AおよびB両型を併発したものと考えられる。

これら各種の病徴の分類に従って、各病変組織中に存在する病原菌の分離、同定を行ったが、後述するように形態的にも、また病原性においても同種に属する病原菌が分離、同定された。従って、これら各種病徴を示す疾病の病原菌は同一種のものであり、*Fusarium solani* f. sp. *piperis* に起因するものであることが確認された。



第7図 コシユウの胴枯病および根腐病の病徴型と病変組織の分布との関係の模式図

H…… 外観健全

I・ 根腐病型-I・黄化萎凋型

II・ 根腐病型-II・黄化萎凋、落葉、落枝型

III…… 胴枯病型-根部は健全

IV…… 複合型-地上部に胴枯、地下茎の尻腐、側根の根腐が見られる

根および茎の点線は黒褐色変色部、組織断面中の点および斜線は赤褐色または黒褐色変色部を示す。

個体全体図の点線部は茎、根の黒変した部分を示す。実線矢印は壊死の進行方向を示す。

4 主因究明の方法論

前述のように、ブラジルにおけるコショウの根腐病の主因については、学者によって異なる説が多数提唱され（第1表）、永く定説を得るに至らなかった。しかしながら、本病の主因の徹底的究明はその防除体系確立上不可欠の問題であることは云うまでもない。

第1表の主因に関する諸説の中には、現地における本病発生の現状から、研究による証明を待つまでもなく、論理的に否定できるものも多い。そこで、過去に提唱された諸説否定の論拠について述べ、主因究明の研究の問題点について述べてみたい。

まず、根腐病が生理的障害によって起るとする説について述べてみよう。

旱害説否定の論拠——パラ州地域は6月頃より乾季に入り、12月中旬頃まで乾季が続く。この乾季初期の6月～8月に一斉に多数のコショウ樹が枯死することから、コショウ樹枯死の原因は熱帯の強い光による生理的な日焼病である（岸、1982²⁸⁾とし、旱害説が唱えられた。しかし、この旱害説はパラ州地域における本病発生の現状から、以下に述べる論拠に基づき、論理的に否定できるものと考えられる。

- ① 本病の激発時期は第3図に見られるように、5月～8月に多く、9月～12月には新しい発病が見られていないという事実である。すなわち、耕地の乾燥の最も激しい9月～11月に本病の新しい発生をほとんど見ないことは、むしろ旱害説を否定するものである。
- ② 本病が旱害であるならば、湿潤な耕地や、密林に近いやや湿気の多い場所での発病は、乾燥する耕地や、1枚の耕地でもよく日のあたる乾燥する部分で、乾季の少しでも早い時期に発病する傾向が見られて良い筈であるが、そのような傾向は全くみられず、同一時期に、同様の病状を示して枯れる。
- ③ 耕地の乾燥によってコショウ樹が枯死するのであれば、先ず毛根や細根が乾燥して枯れ、その後地上部の症状が現われる筈であるが、前述の如く、ほとんどの発病が胴枯病であるので、症状がかなり進んだ段階でも、根部は白く、健全状態であり、旱害の症状と矛盾する。
- ④ 旱害でコショウ樹が枯れる場合、まず、茎の先端の軟弱な部分が萎凋しはじめ、下部に向かって枯死して行くが、30%前後の激発を示す胴枯病発生圃場で普通に見られるように、中部の茎の節の部分より黒褐色の枯死部を生じ、その後、上部茎が一斉に萎凋枯死する。乾燥によって、このような枯れ方を起さすことはできない。
- ⑤ 1～2年樹で発病がほとんど見られない理由を、旱害説で説明できない。

他の実験的証明を待つまでもなく、以上述べたことのみでも旱害説否定の論拠として十分であろう。

水害、湿害説否定の論拠——トメアスー地域では、1974年に異常な降雨により水害があった。長い所では3～7日にわたって水浸したという。このようなコショウ畑では実際に水害によってほとんどが枯死したという。この異常降雨のあった後コショウ病害もまた激発しはじめたと

いわれている。また、一般に水はけの悪い所では根腐病の発生も多い傾向がある。さらに本病は雨季に入って発生しはじめ、雨季の末期から乾季の始めに発生が多い。このようなことから、コンヨウ畑における病害激発の主因は水害および湿害であるという説が一部の人によって主張された(1980年)。しかし、この説もまた、旱害説同様、コンヨウ病害激発の現状から、次のような論拠により否定される。

- ① 雨季は普通遅くとも1月～5月間は続く。従って、水害、湿害が直接の原因であるなら、2月～4月に激発しても良い筈であるが、実際には5月以降で枯死個体は激増している。
- ② 地下水水位の高い、湿潤な耕地では高く畦立てしたり、排水溝をもうけて排水をよくすると、一般に根腐病の発生は少なくなる傾向が見られるが、胴枯病は激発しているし、同じ地域の水はけの良い耕地でも病害は激発している。
- ③ 水害、湿害が原因であるなら、湿潤な水はけの悪い耕地では雨季の早い時期より病害が発生し、旱害が心配されるような乾燥地域や場所では病気の発生が遅れてもよい筈であるが、全く変化なく、同様な時期に同様の症状で病害が激発している。日陰と日当りの良い場所との間にも全く変化が見られない。
- ④ 水害、湿害が主因であるなら、根部の特に毛根、細根の腐敗が常に先行して起る筈であるが、胴枯病の例でみられるように、症状がかなり進行するまで根は白く、健全であることや、莖の一部の節より、部分的に壊死部を生じ、その後上部が枯死する。このような枯れ方は水害によっては起り難いことである。
- ⑤ 1～2年樹でほとんど発病が見られない理由を水害説では説明できない。

栄養欠乏症説否定の論拠——ブラジル人の経営している耕地の中にはあまり肥料を施肥せず、ほとんど無肥料状態または極めて少肥で栽培している例をしばしば見かける。ひどい時は樹の先端部で白化や黄化葉を生じている場合もある。また、これ程極端でなくても、日本人農家の中にも、極少肥栽培を行っている者もあったが、これらの耕地はむしろ病害の発生は少なく、長寿になる傾向にあった。堆肥を施用し、配合肥料を多用して増収をはかる栽培法をとっている農家は等しく、病害の激発によって短命になる傾向にあった。アマゾン熱帯における長年にわたる施肥試験の結果でも、特定栄養素の欠乏が主因であると立証できる結果は全く得られていない。

生物的要因立証の方法論——生物的要因であることを立証するためにはその主因となる病原生物を単離し、培養して、その接種によって病害を自由に発生させ得ることを実験的に証明しなければならない。

単独主因か多数主因かの問題、単独主因によって病害が激発しているのであれば、その病害の発生する場、または感染部に常に同一主因が存在することが実証されなければならない。多数主因によって病害が激発しているのであれば場所の相違、感染組織の相違、季節などによって異なる主因が存在することを明らかにしなければならない。その多数の異なる主因によって実際

に激発地で発生していることを実験的に実証しなければならない。

病原が生物的要因である場合、根や主茎、枝などに黒褐色の壊死組織を生じこの部分の拡大蔓延によって個体全体の枯死が起っているという、前記病徴の観察結果から、主因が生物であるなら、生きた組織を殺して栄養を得て生活する殺生栄養法を行う生物である筈である。このような病原生物はコショウの健全組織と壊死組織との境界部付近に常に存在する筈であり、この病原生物の存在を確認し、これを単離培養し、これを人為的に接種することによって自然発病のものと同じの病状の病害が発生することを実証し、更にその人為的に発病させた病患部組織より同一の病原生物が分離されることを実証しなければならない。これらの証明がなされたとき、その病原生物を本病の病原体と断定することが出来るのである。このような病原体が数種類存在する場合は各種類について各々同様の実験的証明がなされなければならない。また、2種以上の複合感染によってはじめて病害が起る場合は、1種類の接種では発病せず2種（数種の場合もある）の生物の接種によってのみ発病することを実験的に証明しなければならない。以上のような実験的証明によってはじめて主因が何であるかを断定することができるのである。

5 病原菌（主因）の形態と同定^{1-4,6,8,11,18,22,31,32,34}

激発農場のコンヨウ樹についての病徴の観察結果は前述の如く、胴枯病と根腐病の2種類があることが明らかにされた。これらが生理的障害であると考えことは実際農場における発生の実態、発病初期の感染患部の分布状態などから、前述の如く否定せざるを得ない。そこで、主因が生物的要因であることを色々な角度から立証することによって、生理障害説の否定と、主因になる病原体の究明を試みた。その結果、以下のことが明らかにされた。

- (1) 健全と病患部組織との境界部付近における病原体の存在の電顕観察 根および茎の病変組織および健全組織との境界部組織中には多数の菌糸が蔓延していた（第20.21図）。この菌糸はとくに道管内によく蔓延していた。罹病組織中には太さの異なる菌糸がしばしば共存していたが、健全部付近では細い菌糸のみであった。また、この菌糸の隔壁（Septum）は単孔構造で、Woronin 体を有していた。従ってこの菌糸は子のう菌類（Ascomycotina）に所属する菌といえる。後述する分離実験の結果で、細い菌糸は *Fusarium solani* に属する本病原菌であることが判明された。太い菌糸は *Lasiodiplodia* (*Botryodiplodia*) 属の菌糸であった。
- (2) 5種の選択分離培地を用いて、胴枯病および根腐病の症状進行中の病患部（黒褐色壊死部）および健病両境界部組織中に存在する各種の微生物の分離と病原性 健病境界部組織からほとんど常に PDA 培地上で赤褐色の発色を示す *Fusarium* 菌が分離された。この傾向は根腐の根、胴枯の茎およびトメアスー、ベレン近郊、マナウス、サルバドールなどの各地の材料において全て共通していた。トメアスー地方の壊死部組織からは *Lasiodiplodia* に属する菌も *Fusarium* 菌と共にしばしば分離されたが、ベレン近郊ではその傾向は少なかった。健全部付近では *Lasiodiplodia* に属する菌も *Fusarium* 菌と共にしばしば分離されたが、ベレン近郊ではその傾向は少なかった。健全部付近では *Lasiodiplodia* 菌の分離される例は少なかった。 *Phytophthora* spp. の分離は極めてまれであった。その他、 *Colletotrichum* spp.、 *Corticium* spp.、 *Rhizoctonia* spp.、数種の Bacteria などが分離された。 *Phytophthora* spp. 菌は雨季苗床で苗腐などを起こし、激甚な被害を示す場合もあったが、胴枯の茎から分離されることは全くなく、根腐部から分離される例も極めてまれであった。その他の菌はコンヨウに対する病原性は極めて弱く、ブラジルのコンヨウ菌で激発中の病害の主因とは考えられなかった。
- (3) コンヨウの病患部よりほとんど常に分離される、そして、コンヨウに対して極めて強い病原性を有する *Fusarium* 菌は *Fusarium solani* f. sp. *piperis* と類似の菌であった。
- (4) この *F. solani* 菌はコンヨウの、根に付傷接種すると3日で黒褐色の壊死を起し、その後1日1~3mmの速度で病変部は拡大して行く。農場に生育中の樹に本菌の大型、小型の分生孢子懸濁液を雨季夜間に傷接種したところ約70~100%の個体が感染、発病した。多数分

生孢子を形成している病枝の束を樹の支柱にしばりつけておくと100%感染、発病した。

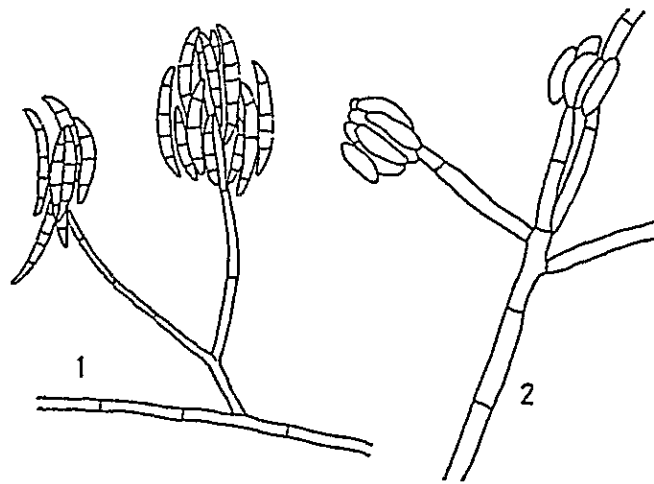
(5) 以上の接種試験における発病患部の内部組織より、接種菌と同一の菌が分離された。

(6) 各地域より分離された菌糸は形態、培地上の性質、病原性共にほとんど相違することなく、
+-の異株間では相互に交配出来ることから、同一種の菌であると考えられる。

以上のことから、後述する如く本菌は *F. solani* f. sp. *piperis* に属する菌で、これが本病の主因であると断定して良いと考える。

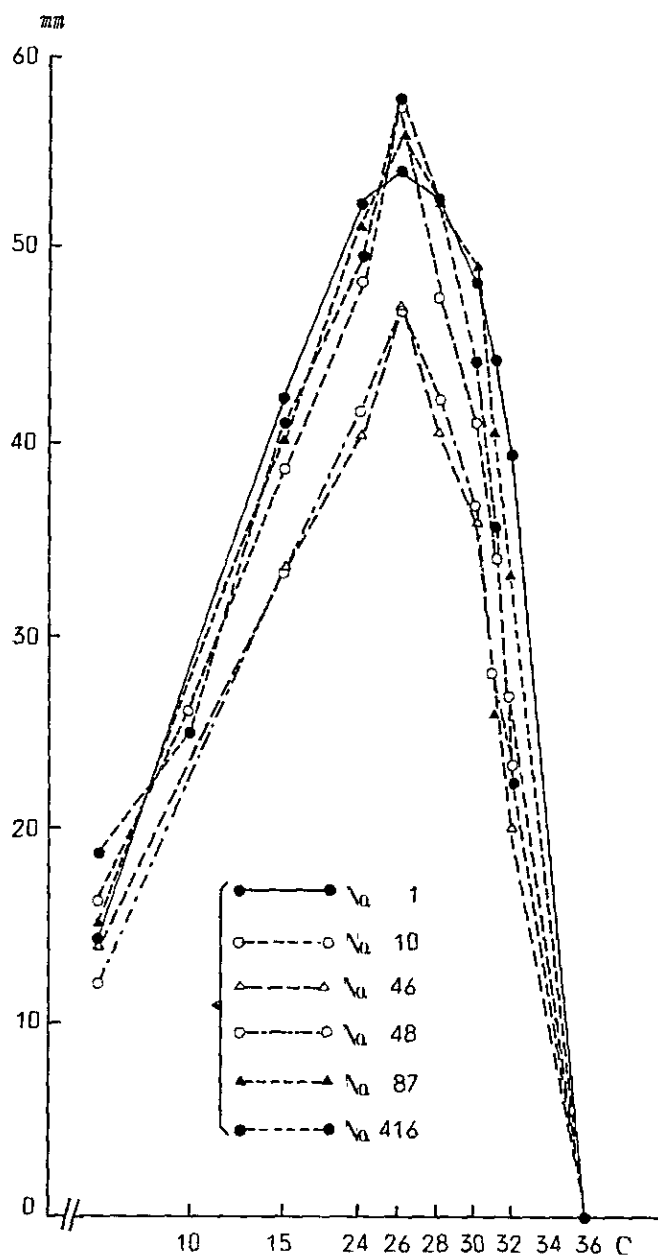
形態と固定

ブラジル各地のコショウの胴枯病感染の茎および根腐病に感染した根および地下茎部より分離したコショウに対して強い病原性を有する *Fusarium* 菌28菌系について観察した。これら28菌系とも馬鈴薯・ブドウ糖寒天培地(PDA培地)を最初鮮明に赤変せしめ、古くなると赤褐色に着色せしめる。菌糸体は灰白色～淡い灰褐色、綿毛状、大型、小型の分生子を *phialide* より生ずる。小型分生子は無隔膜、無色、だ円形または長だ円形で、普通分枝した長い有隔分生子柄の先端の *phialide* から擬頭状に形成される(第8図)。大型分生子(第19図-9)は1~4隔膜で、3隔膜が最も多く、大きさは平均 $358 \times 50 \mu\text{m}$ であった。厚膜胞子は円形またはだ円形、無色、黄色または淡褐色、膜は厚く、表面は滑らか、または小突起を有し、頂生または間生単一またはじゅず状、一般に菌糸上に豊富に形成される。直径 $6 \sim 12 \mu\text{m}$ 大型分生胞子上にも形成される。



第8図 コショウ胴枯病菌および根腐病の病原菌 *Fusarium solani* f. sp. *piperis* の大型(1)及び小型分生胞子(2)の分生子柄上における形成状態

大型分生胞子上にも形成される。以上の形態的特徴に基づいて本菌を同定すると、*Fusarium solani* であることは明らかで、 β -type と考えられる。F.C. Albuquerque 氏保存菌との間に交配ができることから、同一菌と考えるがよろう。従って、本菌を以下の如く同定する。



第9図 コシヨウの胴枯病および根腐病病患部より分離された
Fusarium solani f. sp. *piperis* 菌の菌糸発育と温度
との関係

- 分離系統 No.1 根腐病罹病根、第2トメアソー、平水農場、1980年9月19日分離。
 No.10 胴枯病罹病枝中心部、第2トメアソー、平水農場、1980年11月23日分離。
 No.46 胴枯病罹病枝の健病境界部、ノーバチンボテウア、大川農場、1981年1月分離。
 No.48 根腐病罹病主茎地下部変色中間部、ノーバチンボテウア、木村農場、1981年1月29日分離。
 No.87 胴枯病罹病枝健病境界部、アハイア(トメアソー)、石川農場、1980年11月23日分離。
 No.416 根腐病罹病主茎地下部、ベラビスタ(マナウス)、辻農場、1981年3月11日分離。

Fusarium solani f. sp. *piperis* F.C. de Albuquerque^{1,4)}

本菌の完全時代は Albuquerque (1976)⁴⁾ によつて *Nectoria haematococca* f. sp. *piperis* と命名されている。

なお、本病菌菌糸の発育適温は 26°C であつた (第9図)。

各種 *Fusarium* 属菌の type culture について、コンヨウ茎への付傷接種により病原性の有無を調べた結果 f. sp. *piperis* 以外にコンヨウに対して病原性を有する菌は認められなかつた。供試菌は以下のようなものであつた。

F. moniliforme, *F. rigiduscula*, *F. oxysporum*, *F. splendens*,

F. tricinatum, *F. lateritium*, *F. roseum* Avenaceum,

F. roseum culmorum, *F. roseum* Semitectum, *F. roseum* Equiseti,

F. roseum Graminearum, *F. nivale*, *F. solani* eumarti, *F. solani* phaseoli,

F. solani radiclecola, *F. solani* batata, *F. solani* mori,

F. solani Xanthoxyli, *F. solani* robini, *F. solani* Cucurbitae,

F. solani piei.

6 寄主範囲

本病菌はコショウに対しては極めて強い病原性を有するが、コショウ以外の植物に対しては有傷・無傷共にコショウ科の雑草1種を除いて、供試植物全てに対して病原性を認めなかった。

寄主植物：コショウ (*Piper nigrum* L.)

ウスバスナゴショウ

(*Peperomia pellucida* HB. et K.)
ポ語 Erva de Jabuti

非寄主：菜豆、綿、ササゲ(40日)、大根、5月ササゲ、白菜、ピーマン、オクラ、西瓜、
トマト(強力五光トマト)、マリーゴールド、マモナ(ヒマ)、カカオ(枝)、
パイヤ(枝)、コーヒー(枝)、キャッサバ(枝)、グラビオラ(枝)。

以上のものは、有傷・無傷接種共に病原性を認めなかった。

7 伝 播 経 路

コショウの胴枯病および根腐病が共に *Fusarium solani* f. sp. *piperis* によって起こる病気であることは疑問の予知もなく明らかになったが、総合防除体系を確立する上に、本病原菌がどのような伝播経路で蔓延しているのかを明らかにする必要がある、各種の調査を行った。

まず自然発生の農場をとりまく環境条件下で、本病原菌が伝播するために考えられる方法として、土壌伝播、発病枯死株による伝播、空気伝播、水による伝播、挿穂および苗による伝播、ならびに昆虫および動物などの媒介者による伝播、などが想定される。これらについて、その可能性を調査した結果、以下のことが明らかになった。

(1) 土壌伝播

まず、根腐発病樹および胴枯病発病樹の樹冠内およびそれから離れた位置の土壌中における本病原菌の存在を選択分離培地を用いて平板稀釈法によって四季を通じて調査された。樹冠内の土壌中よりは本病原菌が分離されたが、それより10 cm離れた所でも本病原菌は分離されなかった。同様にして行った本病の廃園状態の土壌中からも、病原菌はほとんど分離されることはなかった。このことは前述のごとく特殊な場合を除いて一般に根腐病の発生が極めて少ないという事実からも、土壌伝染の可能性はあるが、本病伝播の主体とは考え難い。

(2) 発病枯死株による伝播

ブラジルの本病激発地域には本病によって枯死したコショウ樹が放置されたまま、コショウ栽培が行われている。これらの枯死株の本病の伝播源としての役割について調べてみた。選択分離培地による本病原菌の分離はコショウの茎、根をとわず健全組織と発病壊死（黒褐色に病変し、死んだ組織）との境界部付近では極めて高率に本病原菌が分離されるが、枯死した組織では著しく分離率が低下し、枯死して時間を経た組織からは本病原菌は分離されなかった。完全に枯死した株の組織からも本病原菌を分離することは出来なかった。そこで、本病原菌を接種し感染発病させたコショウの枝を圃場の表面、土壌中5～10 cm、25～30、45～50、65～70 cmに埋めた場合、支柱中間部にぶら下げた場合、地表堆肥下、地表敷草下などに発病枝を置いて、1カ月後より枯死病枝における本病原菌の生存を選択分離培地による分離法によって調べた結果、1カ月後の調査で、すでに上記いずれの区においても、本病原菌の生存は確認されなかった。すなわち、本病発病枝は畑の表面、空中、土中、堆肥下、敷草下のいずれの場所においても1カ月以内に死滅するようである。このような枯死枝の組織中を観察してみたところ、菌体は溶解され、分解死滅していた。その原因としては本病原菌に対する数種の拮抗菌（細菌、糸状菌）が存在することも一因と考えられる。

以上のことから、本病原菌はコショウ樹枯死後永く枯死組織中で生存することは出来ず、間

もなく死滅するものと考えてよいのではなからうか。厚膜胞子による生存も可能性としては考えられることであるが、その事実は確認されていない。

従って発病株が伝播源としての役割を演ずるのは、発病進行中の樹が主体をなしていると云える。

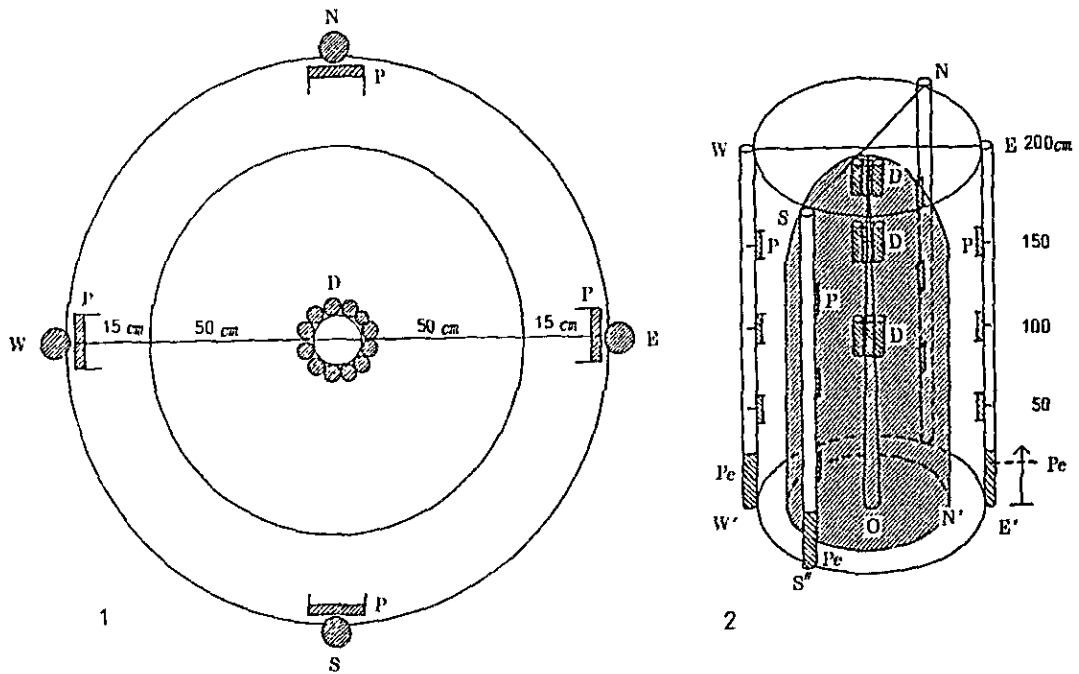
(3) 空気伝播

本病原菌の分生胞子が空気伝播するという考えは古くからあったが、それを実証する試験結果は全く得られないままであった。*Fusarium* 属の分生胞子が多数飛散していることはゼラチンを塗布したスライドによる飛散胞子採集法で明らかであったが、本病原菌の胞子が飛んでいるという証明はなされなかった。確かに本病原菌の生きている胞子が飛んでいることを証明するために、選択分離培地を分注したペトリ皿を本病の激発圃場に置いて、この培地上に飛散胞子を直接採集し、培養によって発育したコロニーについて胞子形成状態を観察すると共に、健全茎に接種して病原性を確認する外に方法はなく、調査を開始した。しかし、*F. oxysporum* や *F. solani* に属する菌はかなり分離されたが、コンヨウ病原性のある本病原菌は殆んど分離されることはなかった。*F. solani* 菌の分生胞子が飛散する筈がないと主張する学者もいた。*F. solani* や *F. oxysporum* 菌は大型、小型分生胞子共に胞子表面に粘質物を有していて、分生子梗上に次々に形成される分生胞子は互に付着し合って団子状になり、疑頭状を呈する。従って、かかる胞子が飛散し難いことは容易に考えられることである。しかしながら、実際に野外の飛散調査において、これらの菌の飛散が多数認められるという事実は、同じ状態の胞子形成を行うのに本病原菌のみが飛散しないと考えられない。従って、筆者は或る状態または条件下でのみ飛散が起るのであると考え、それを証明する実験を試みた。

人工風による分生胞子の飛散　まず、野外で普通に吹く5 m/秒程度の人工風で試験した結果、PDA培地上に形成した分生胞子はけっして飛散しないことがわかった。しかし、付傷接種によって発病させたコンヨウ枝の病斑上に形成した分生胞子は夥しい形成数から考えると数は少ないが、とにかく水平方向へ飛散する胞子のあることが実験的に確認された。

病枝接種樹からの分生胞子の飛散(圃場試験)　次に、同様の接種発病枝を多数野外の日陰にしたコンヨウ樹冠内の支柱に縛り付け、毎日降雨のない日は散水して胞子を形成させ、昼夜選択分離培地を分注したペトリ皿を四方、上、中、下12枚を置いて、胞子の飛散を調べた(第10図)。その結果、本病原菌の分生胞子は夜間に飛散し、昼間は飛散しないことという結果が得られ、本病原菌の分生胞子は少数のものが水平方向に気流に乗って飛散することが確認された。これら一連の実験結果を解析した結果、激発状態の自然発病樹1個体より飛散する胞子数は1日2個前後と推定され、120枚位ペトリ皿を用いて胞子採集を行ってはじめて2個前後の胞子を捕えることが出来る数値であることがわかった。従って、従来行った数枚のペトリ皿の実験ではとりにくい確認出来ないものであると云える。数が少ないとは云え毎日の問題であ

り、30～50%の微発菌が放置されている現状では全体としてかなりな数になると考えられるし、雨季の好適条件下を考慮すると、分生胞子の空中飛散による伝播もまた、防除体系上考慮すべきものと考えられる。



第10図 コンヨウ胴枯病菌接種罹病基上に形成した分生胞子の空中飛散の調査方法の模式図
 E—東、S—南、W—西、N—北、D—分生胞子を多数形成している罹病基の東、P—フザリウム菌選
 択分離培地を分注したペトリ皿、Pe—アリの歩行防止のためのベースト塗付部位
 1 横断面 2 立体図 ; 中心はコンヨウ樹主茎部

(4) 水による伝播

夥しい数の形成胞子はそのごく一部のもののみ夜間空中を飛散するが、降雨があった場合、多数の団子状に形成された胞子は容易に水中に懸濁分散されて流れ落ち、周囲に運ばれる。実際に散水した際に落ちてくる水滴を樹冠下で選択分離培地にとって調べたところ、極めて多数の胞子が流れ落ちていることが確認された。

(5) 挿穂枝および苗による伝播

本病の最も重要な伝播経路として、挿穂および保菌苗による伝播が上げられる。後述する如く、根部感染の場合でも地上部まで導管内を本病菌の菌糸が蔓延しており、枝の1部が感染した場合でも病徴を全く示していない下部まで、導管内を蔓延している。この導管潜在感染は激

第2表 コシヨウ胴枯病菌分生孢子の空中飛散(昭和58年)

区別	方向	高さ m	7/30	7/31	8/1	8/1	8/2	8/2	8/2	合計
			20:30~ 7/31 8:00	18:00~ 8/1 9:00	9:30 ? 17:00	17:00~ 8/2 8:00	8:00 ? 13:00	13:30 ? 16:50	17:00~ 8/3 8:00	
I	E	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0	0	0	0	1	0	0	0	1
		1.5	0	0	0	②	0	0	0	②
	S	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0	0	0	0	①	0	0	0	①
		1.5	0	0	0	0	0	0	2	2
	W	0.5	0	0	0	0	0	0	1	1
		1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.5	0	0	0	0	0	0	1	1
	N	0.5	0	0	0	0	0	0	1	1
		1.0	1	1	0	3	0	0	2 ③	5 ④
		1.5	0	0	0	①	0	0	0	①
II	E	0.5	0	0	0	1	0	0	0	1
		1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.5	0	0	0	2	0	0	0	2
	S	0.5	0	0	0	1	0	0	2	3
		1.0	0	0	0	2	0	0	0	2
		1.5	0	0	0	1	0	0	0	1
	W	0.5	0	0	0	①	0	0	0	①
		1.0	0	0	0	5	0	0	0	5
		1.5	0	0	0	1	0	0	0	1
	N	0.5	①	0	0	0	0	1	0	1 ①
		1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
III	E	0.5	0	0	0	2 ③	0	0	0	2 ③
		1.0	0	0	0	5	0	0	0	5
		1.5	0	0	0	①	0	0	0	①
	S	0.5	0	0	0	0	0	0	1	1
		1.0	0	1	0	0	0	1	0	2
		1.5	0	1	0	0	0	0	0	1
	W	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		1.0	0	0	0	0	0	0	2	2
		1.5	①	0	0	①	0	0	2	2 ②
合計		③	2	0	24 ⑩	0	2	14 ⑤	42 ⑬	

備考 1 数字は *Fusarium solani* 菌のコロニー数を示す。

2 〇印は病原性が確認された本病菌 (*F. solani* *piperis*)、その他は非病原菌のコロニー数

3 E-東、S-南、W-西、N-北側の採集点を示す。第10図参照。

発畑より挿穂を採集する場合は特にかなりな数が苗床に持ち込まれるものと考えてよからう。また、遠隔の地でも本病が激発しているのも苗によって運搬されたものと考えてよからう。挿穂の消毒を徹底して行い、苗床の管理、定植苗の選別を厳重に行っている農家では本病の発生が極めて少ない傾向が見られるが、これは挿穂や苗による伝播の重要性を示すものと云えよう。

実際農家の定植苗が、初年度で約20%近くが欠株となるのが普通のもので、これには乾害による活着不良も含まれていると思われるが、本病菌の潜在感染苗が定植時に発病枯死するものも多数含まれるものと考えられる。

本病によって感染されたINATAMの母樹園よりの挿穂による苗の定植直後の圃場(1983年)についての調査結果は次表に示す通りで、健全と認められるものは54.5%程度で、その他は全て異常症状を示していた。

第3表 定植苗の活着率及び活着苗の発病状況
(1984年5月31日、INATAM農場)

調査区別	調査個体数	健全個体率%	枯死率%	萎凋率%	黄化率%	生育不良率%
I	142	75.4	14.1	2.1	1.4	7.0
II	165	61.2	13.9	19.4	2.4	3.0
III	168	26.8	14.3	26.8	12.5	19.6
合計	475	163.4	42.3	48.3	16.7	29.6
平均	158.3	54.5	14.1	16.1	5.6	9.9

(6) 昆虫および動物などの媒介者による伝播

昼間は殆んど姿を見ないが、夜圃場を観察したところ、病患部に多足動物のヤスデ(2種類)、ヤゴキブリ(2種)、蟻(数種)およびその他ゾーリムン、などが集まり病患部をかじっているのが観察された。特にヤスデとゴキブリはほとんど常に姿を現わしていた。ヤスデについて詳細に観察したところ、その足に本病菌の胞子を付着しているのが観察された。これらの動物によって運ばれた分生胞子で実際に発病するという確認の試験はしていないが、病患部に好んで集まるこれらの動物によってもまた、本病菌が運ばれていると考えてよからう。

8 感 染 機 作^{10,16,21)}

前述の如く、本病の主因について多くの説が提唱され、*Fusarium*主因説に疑義が持たれた理由の一つは、普通農場における年間30%前後の激発にもかかわらず、分生胞子の無傷接種による高率の発病に成功しなかつたことにある。そのため、自然感染における本病菌の寄主体侵入門戸が明らかにされなかつた。それは、根腐病に気をとられ胴枯病の感染機作の研究があまりなされなかつたことにも原因があると思われる。

普通3年樹より病害が激発し始めることは、殆んどの農業者の衆知するところであつたが、その理由は解明されなかつた。筆者等は昭和55年、胴枯病の激発を指摘した時点で、3、4年樹では本病に感染し易い状態が出来るものと考え、それはおそらく、本病原菌の侵入門戸が出来ることが主な理由であろうと考えた。そこで、胴枯病感染機作解明のために色々の角度からの研究を試みたが、ここでは、その決め手になつた実験結果を中心に述べてみよう。

(1) 無傷接種による感染

一般農家の圃場における胴枯病発生の季節的消長についての調査の結果から明らかなように新しい感染の殆んどが雨季の間に起るものと考えられる。年間30%前後の発病は雨季全期間の感染の結果であるので、1回の分生胞子の散布による接種試験で高率の発病を起させるためには雨季の1月～5月(約150日)間に樹体上に到達する全孢子数以上の濃度の分生胞子を1回に接種する必要がある。まして、100%近い発病を起さすためには極めて多数の分生胞子の接種が必要であると考えられた。実際の圃場における発病状態の観察から1本の3年生樹体全体でも侵入門戸はそんなに多くはないと考えざるを得ない。また、雨季は病原菌の密度が高まるのみでなく、コンショウ樹体自身に侵入門戸を生ずるか、感受性が高くなることも考えられるので、雨季に実験するか、雨季に近い状態を人為的につくる必要があると考えた。以上のよなことを基礎において、無傷接種試験の方法を考えた。

実験材料および方法供試菌・本病原菌、*Fusarium solani piperis*, INATAM保存IF 1をベトリ皿中のPDA培地上で10日～14日間培養によつて形成した比較的若い分生胞子を殺菌水中に懸濁せしめ、遠心分離によつて2回殺菌蒸留水で洗つた後、殺菌水中に懸濁せしめた分生胞子懸濁液を接種に用いた。

供試コンショウ樹・本病の発生していないINATAM圃場の4年樹(施肥をひかえて栽培されているので、普通農家の3年樹程度の生育をしているもの)および5年樹に、あらかじめ、実験約2週間前に配合肥料を施肥して、時々散水し、雨季入り当初の生育状態をつくるようにした。また、接種試験に先立ち、畦全体に丸木で屋根を組み、屋根上にデンヂャンの葉を置いて日照を制限して、曇天状態をつくるようにし、また、降水のない日はグラスタックを用いて散水した。本試験は1983年6月～8月に行なわれたが、この年は例年と異なり、雨季に入るの

が非常に遅れ、試験期間中雨季状態が続いていて、8月始めより乾季に入った。従って、主に降雨のない日には散水を行い、降雨量をおぎなう程度で、ほぼ典型的な雨季の状態をつくる事が出来た。

分生孢子による接種試験に用いた個体数は、4年樹は1区接種5個体、無接種3個体、3区制(3反復)、合計24個体を使用した。5年樹では1区接種3個体、無接種2個体、3区制(3反復)、合計15個体使用、で試験した。また、病茎による接種試験は1区接種3個体、無接種3個体、3区制(同時試験)、合計18個体使用で試験した。なお、病茎接種試験区は日覆いなしの自然状態で試験された。

第4表 コショウの3年生樹に対する無傷接種試験結果(昭和58年)

本病原菌分生孢子懸濁液散布接種

区 別	I	II	III	合 計	平均	
分生孢子散布接種	供試個体数(本)	7	7	7	21	7
	個体発病率(%)	100	100	71	271	90
無接種(殺菌水散布)	供試個体数(本)	3	3	3	9	3
	個体発病率(%)	0	0	0	0	0

備考 1) 第I回接種 1983年6月9日 午後7:30~8:00
 " II " " 6月10日 " "
 " III " " 6月14日 " 8:00~8:30
 2) 発病率調査 接種45日後

第5表 コショウの5年生樹に対する無傷接種試験結果(昭和58年)

病原菌分生孢子懸濁液散布接種

区 別	I	II	III	合 計	平均	
分生孢子散布接種	供試個体数(本)	3	3	3	9	3
	個体発病率(%)	0	33	33	66	22
無接種(殺菌水散布)	供試個体数(本)	2	2	2	6	2
	個体発病率(%)	0	0	0	0	0

備考 上表に同じ

第6表 コショウの4年生樹に対する無傷接種試験
発病枝による接種

(昭和58年)

		I	II	III	合計	平均
病 枝 接 種	供試個体数(本)	3	3	3	9	3
	個体発病率(%)	100	100	100	300	100
無 接 種	供試個体数(本)	3	3	3	9	3
	個体発病率(%)	0	0	0	0	0

- 備考 1) 1983年6月16日 午後5:00~6:00 接種開始
 2) 接種開始3日間は毎日2~3回全面に散水を行なった。
 3) 接種後12日目に最初の発病を認めた。
 4) 接種45日後に発病率を調査。

試験結果 個体発病率——無傷接種試験の結果は第4~6表に示した。分生胞子の散布接種および病枝を主茎部にしばり付けた場合でも、4年生樹では90~100%の個体で感染、発病が見られた。5年生樹に対する分生胞子の散布接種では供試個体数が少ないこともあって、発病率は低かったが、供試9個体中2個体で発病が見られた。供試個体数が少なく、樹令と無傷感染率との関係を考察するのは適當でないが、4年生樹が著しく感受性が高い傾向は見られる。

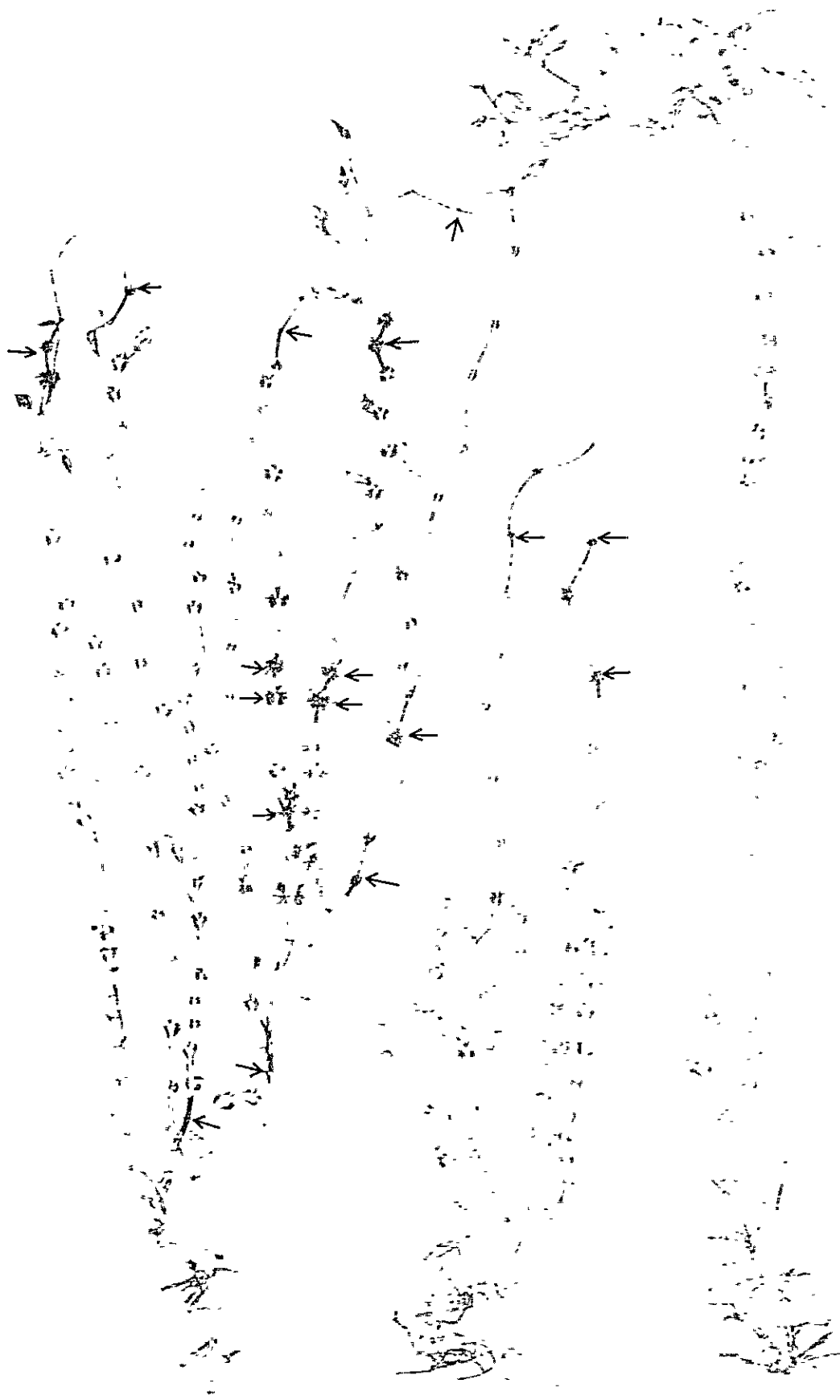
感染発病部位を示す模式図——4年生コショウ樹の全面に分生胞子懸濁液を無傷接種した場合の感染発病部位を記録するために個体全体の模式図を作製した。その一部の例を挙げてみよう(第11~13図)。

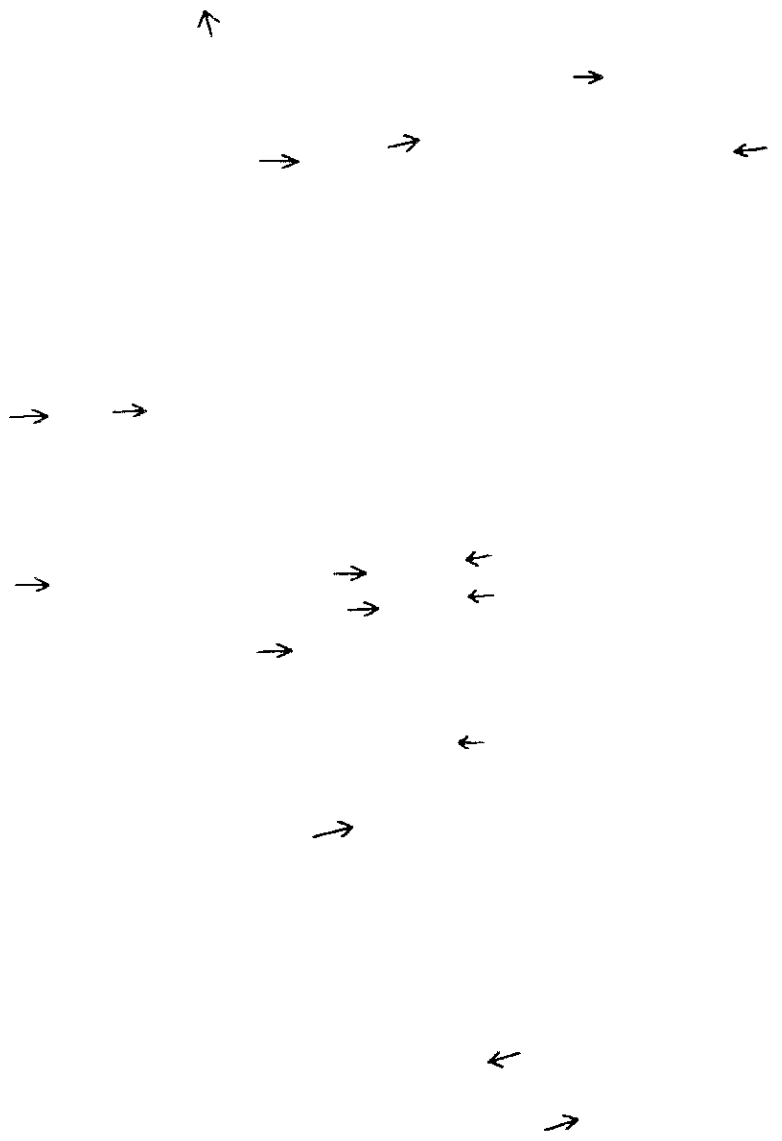
(2) 寄主体侵入門戸

一般に感染は病原菌が寄主体内に侵入して、寄主細胞との間に栄養授受の関係の成立をもって定義されている。

コショウ胴枯病および根腐病において感染の問題を考える時、大切なのはコショウ樹の個体全体の枯死に進展する寄主体侵入、感染の門戸はどこかということである。これは単に寄主体侵入や感染が起つても、個体全体の枯死に発展しないような侵入門戸とは区別して論じられなければならない。

前述の如く、無傷接種試験において、4年樹に対するI、II区の両区では100%の個体発病に成功したので、この発病個体について、感染発病部の分布状態を詳細に模式的に図示し、記録したので、これらの図について、感染、発病に発達するところの侵入、感染の門戸を究明した。

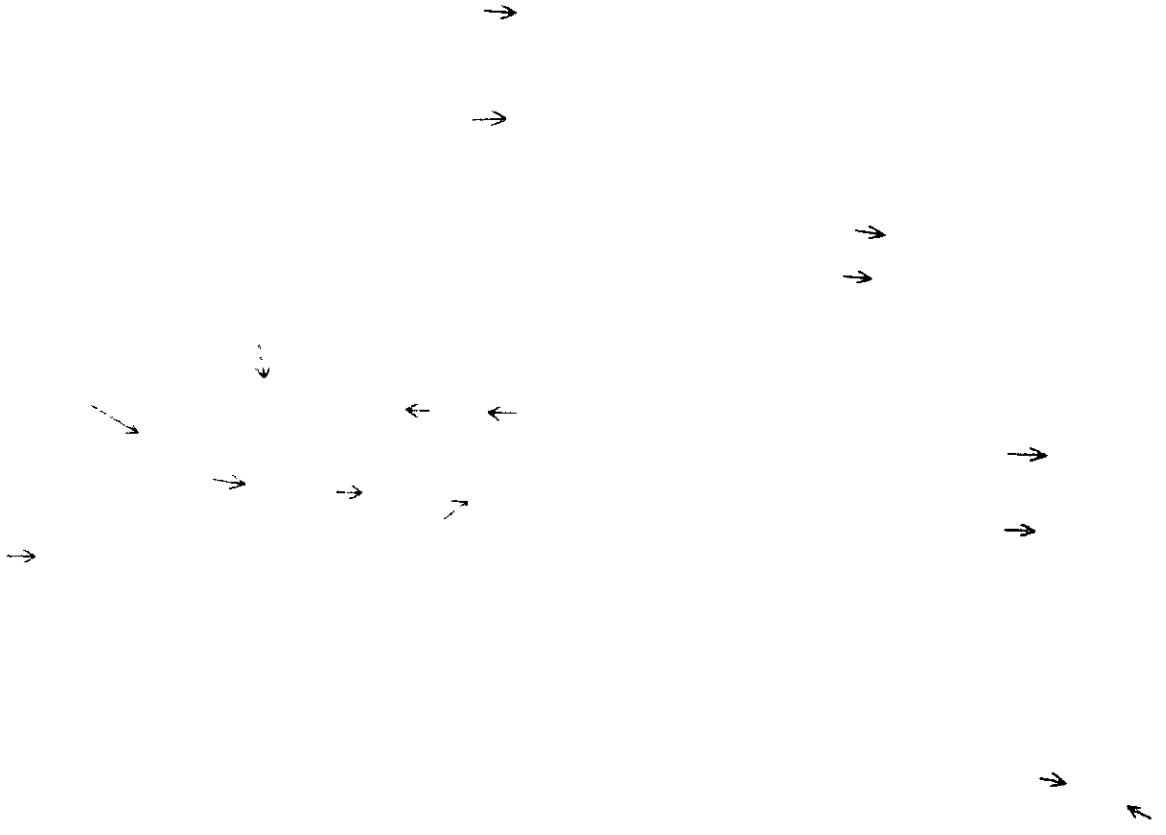


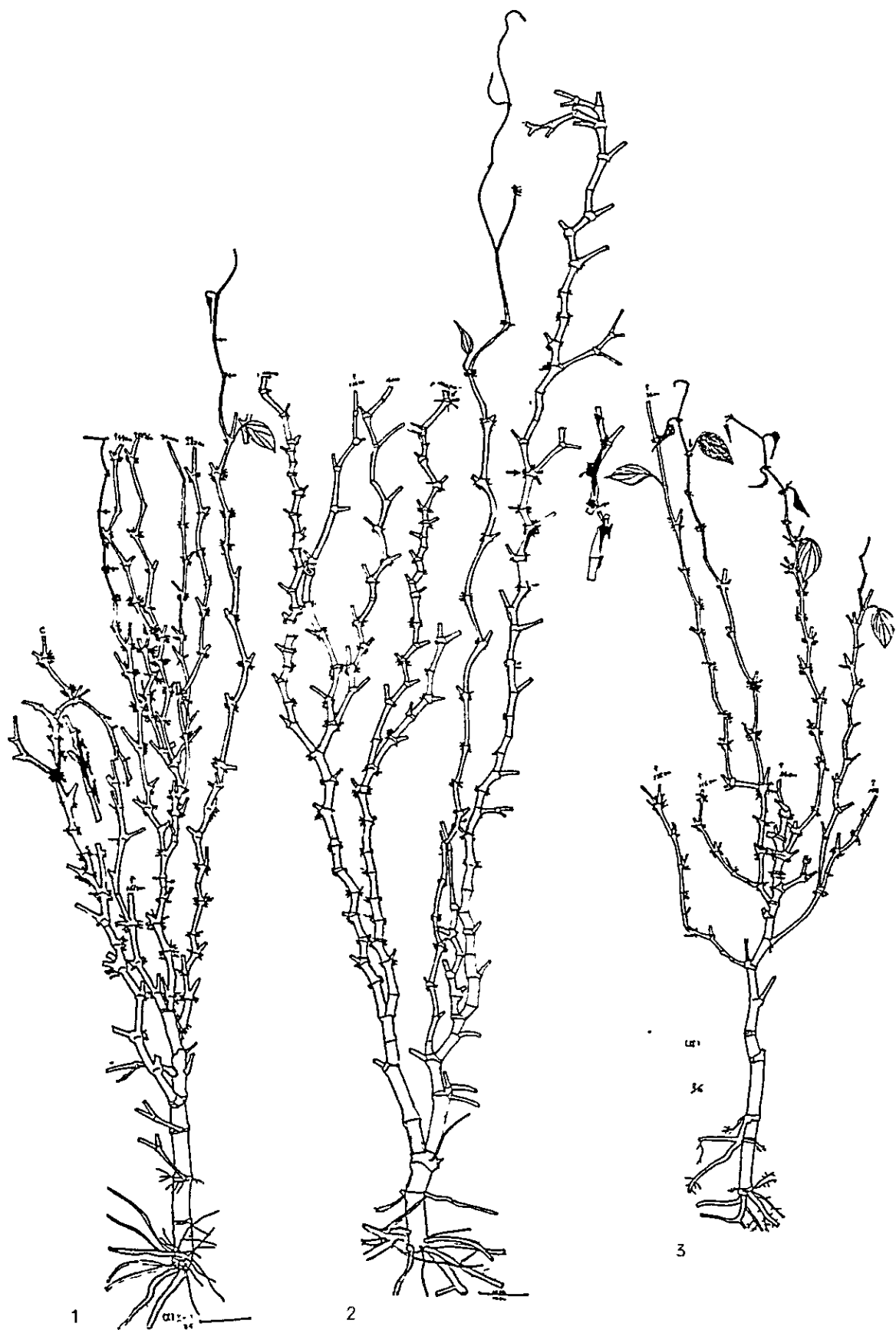


(第 11 图)





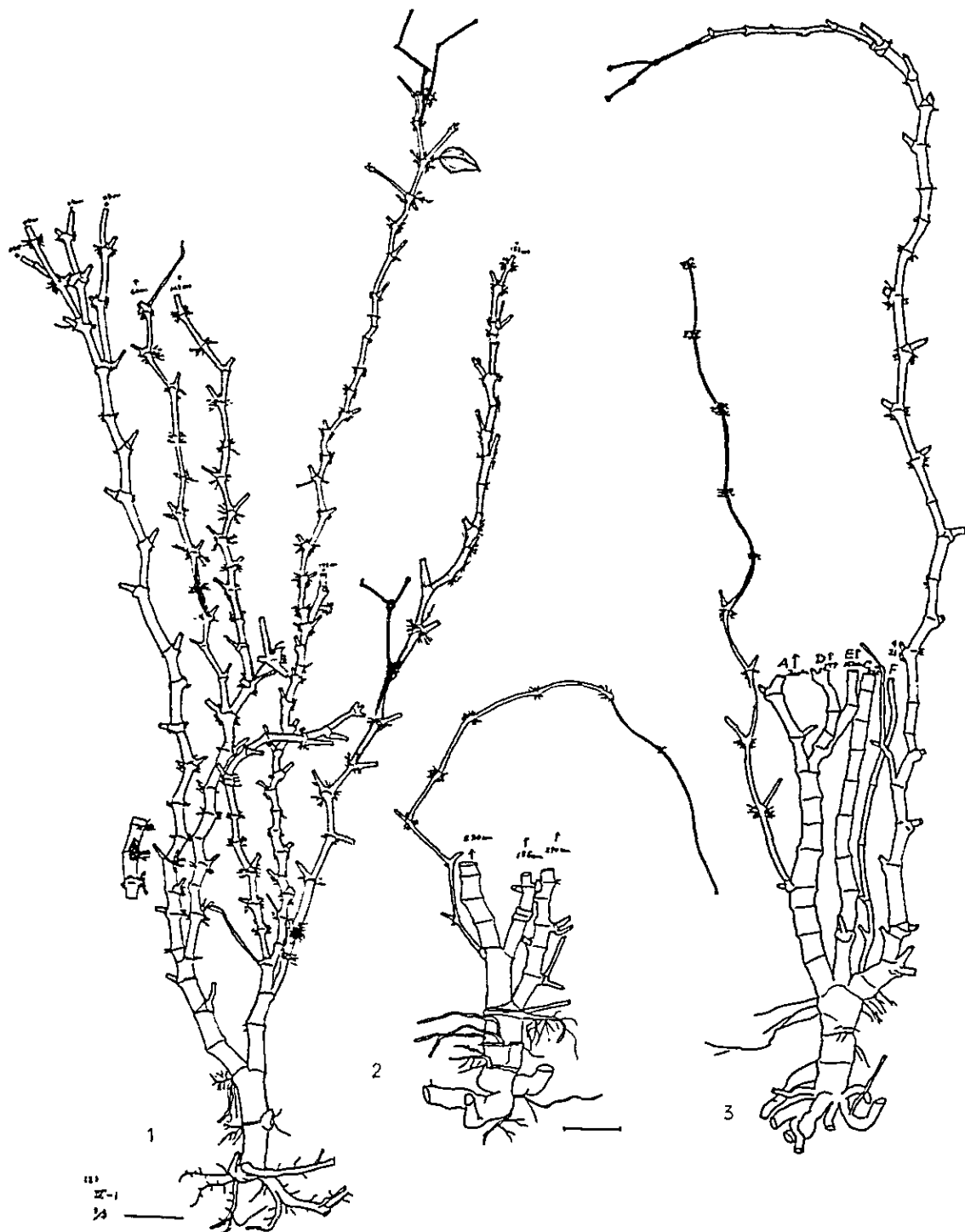








(第13図)



第10～13図：コシヨウ胴枯病菌、*Fusarium solani* f. sp. *piperis* の分生孢子懸濁液の個体全面散布による無傷接種における発病部位の分布状態の模式図。

(矢印は寄主体侵入部を示す。)

11-3は無接種(健全樹)

11-1, 2, 12-1-3, 13-1...4年樹における発病状態

13-2-3...5年樹における発病状態

発病部を示すために、発病に関係のなかった結果枝、葉、枝の上部などは調査時に適当に切除し、図示した。

図は分生孢子接種後54日～56日後の発病状態を示す。病徴の進行は枝の先端部付近で感染した場合は急速で、

16～21日位で 枯死した。

侵入門戸別の感染数を調査した結果を示すと第7～10表の通りであった。

第7表 コンヨウ胴枯病菌分生胞子の無傷接種による
侵入門戸別のコンヨウ樹個体当りの感染数

区 別	調 査 個体数	主 茎 及 枝 数	上部3～5節感染			中部付着根		その他感 染数(傷 口その他)
			結果枝 基 部	付着根	合 計	総節数	感染数	
I	6	(本) (3~10)	(個) (0~2)	(個) (0~5)	(個) (0~7)	(個) (48~106)	(個) (1~7)	(個) (0~1)
		7.5	0.7	1.8	2.5	78.3	3.5	0.3
II	10	(4~12)	(0~2)	(0~4)	(0~4)	(47~176)	(0~7)	(0~2)
		6.9	0.6	1.7	2.3	91.7	3.2	0.9
範 囲	(6~10)	(3~12)	(0~2)	(0~5)	(0~7)	(47~176)	(0~7)	(0~2)
平 均	8	7.2	0.7	1.8	2.4	85.0	3.4	0.6

備考 1) I 区 1983年6月 9日 19:30~20:00接種 } 発病調査8月2日~4日
II 区 …… " " 10日 " " " } (接種後54~56日目)
I, II区共個体発病率は100%であった。
2) ()内の数字は範囲を示す。その他の数字は個体当りの平均値

第8表 コンヨウ胴枯病菌分生胞子の無傷接種による
侵入門戸別の枝当り感染率

区 別	上部3～5節感染部			中 部	
	結 果 枝 基 部	付 着 根	合 計	付着根侵入 感 染 率	その他侵入 感 染 率
I	(%) (0~250)	(%) (0~500)	(%) (0~700)	(%) (143~100.0)	(%) (0~333)
	7.5	19.9	27.4	51.1	7.9
II	(0~250)	(0~445)	(0~556)	(0~1167)	(0~500)
	7.8	22.7	30.5	50.3	13.4
範 囲	(0~250)	(0~500)	(0~700)	(0~1167)	(0~500)
平 均	7.7	21.3	29.0	50.7	10.7

備考 1) 2)は第7表に同じ

第9表 コショウ胴枯病菌分生胞子の無傷接種による
侵入門戸別の枝節数当り感染率

区 別	上部3～5節感染率			中部感染率	
	結 果 枝 部 結 基	付 着 根	合 計	付着根侵入 感 染 率	その他侵入 感 染 率
I	(%) (0~125) 38	(%) (0~250) 100	(%) (0~350) 137	(%) (14~11.1) 48	(%) (0~2.1) 0.6
II	(%) (0~125) 39	(%) (0~222) 11.4	(%) (0~278) 153	(%) (0~79) 36	(%) (0~43) 1.1
範 囲	(0~125)	(0~250)	(0~350)	(0~11.1)	(0~43)
平 均	39	107	145	42	0.9

備考 1) 2) 第7表に同じ

第10表 コショウ胴枯病菌分生胞子の無傷接種による
総感染数に対する侵入門戸別感染率

区 別	上部3～5節感染率			中部感染率	
	結 果 枝 部 結 基	付 着 根	合 計	付 着 根	そ の 他
I	(%) (0~333) 7.9	(%) (0~357) 227	(%) (0~833) 306	(%) (333~833) 569	(%) (0~500) 125
II	(%) (0~182) 7.5	(%) (0~667) 278	(%) (0~800) 353	(%) (0~1000) 51.9	(%) (0~333) 128
範 囲	(0~333)	(0~667)	(0~830)	(0~1000)	(0~500)
平 均	7.7	253	330	54.4	127

備考 1) 2) 第7表に同じ

3) 感染率(%) = (侵入門戸別感染数 / 総感染数) × 100

上部3～5節部感染：この感染の状態は第14図に接種16～17日目の発病初期の状態を示した。黒点状に病徴を最初に認めるのは12日目頃で、その後4～5日経過すると図のようになり明瞭になった。この部分の病徴がさらに進むと、最初それより上部に青枯れ萎凋症状を現わし、後に黒褐色に枯死してしまう。接種45～46日後の状態は第11～13図に見られる通りである。この初期の発病状態をよく観察すると、先端部より3節～5節でしばしば発病している例が観察された。これをさらに詳細に観察すると2カ所の異なる侵入部位があるようで、それは一つは1節～2節程度伸びた結果枝の基部の出芽時の亀裂部よりの侵入感染によるものと(第19図)、付着根の着生部または付着根直接の感染による発病とが見られる。3～5節の感染は1個体平均枝数8本中結果枝基部感染が0.7本に対して付着根部感染は1.8とより高い感染が見られた(第8表)。枝当りおよび節数当りの感染率共に約3倍付着根よりの感染が多く見られた(第8～9表)。

中部付着根部感染：最も高い頻度の感染が見られたのは中部の付着根部よりの感染であった(第7～10表)(第14図)。

枝当りのこの部分よりの感染率は50.7%で枝約2本に1本は感染していることになる。この付着根侵入が多いのは、付着根の数が多いこと、すなわち、侵入門戸としての数が多いことによるもので、節数当りの感染率は先端より3～5節では10.7%であるのに対して、中部の節当りでは4.2%と低い感染率であった。個体当りのこの部分よりの感染は平均3.4個所感染が見られている。

全体的に見て、この付着根部よりの侵入、感染の例は全体の約80%近くに達しており、主たる本病菌の地上部における侵入、感染の門戸は付着根部であると云える。

根部感染：根に対する無傷接種では、細い根では直接侵入が簡単に起っているため、菌が存在すれば若根は容易に感染が起るものつようである。

中部茎におけるその他感染：付着根のない節部よりの感染もあり、何らかの傷が主な原因と思われるが、一般に無傷接種ではその他に属する感染率は極めて低い。

その他：結果枝の節部より感染が起こる場合もしばしばあるが、普通は落枝が起り主茎へ蔓延することは少ない。しかし比較的冷涼な地域や時期での感染ではしばしば結果枝の節部より感染し、枝落しないうち主茎に蔓延している。このような例はバイヤー州の発病地で雨季に多く見かけた。

葉に菌を接種すると気孔より発芽管で直接容易に侵入し、葉脈がすじ状に黒褐色に変色するが、間もなく葉が落葉して、茎へ蔓延することはほとんどないようである。生長点近くで感染した場合もその下部の節部で離層組織が発達して病患部は落下してしまうので、下部へ蔓延することはないようである。

以上において、付着根部侵入、感染が極めて多いことを指摘したが、どのような付着根部からでも侵入するかと云えば、そうではなく、付着根が新しく生ずる場合に感染が起るようであ

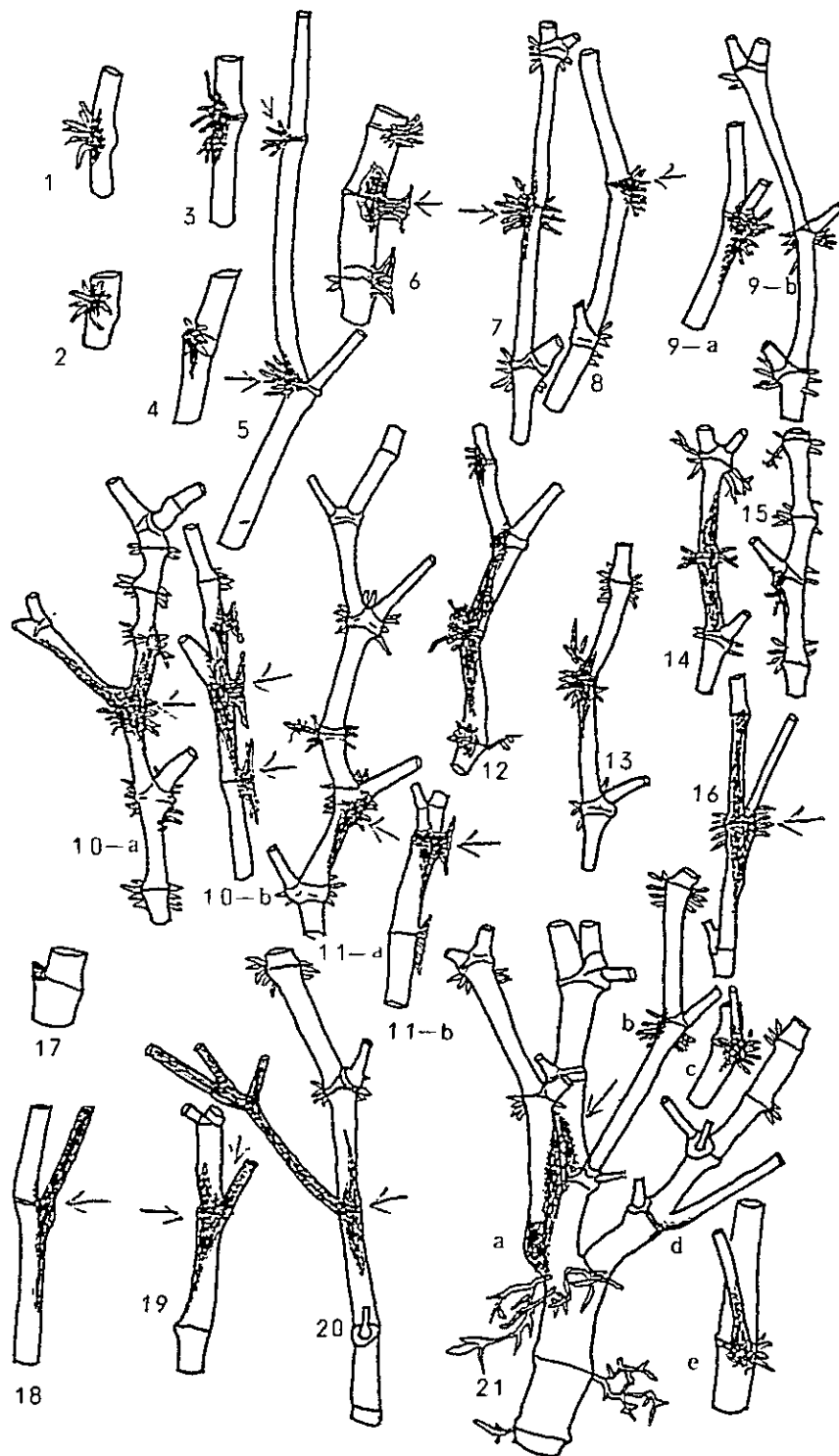


第14図 コシウ胸枯病原菌分生孢子懸濁液散布による無傷接種試験（圃場試験）における寄主体侵入門戸(1)。上部第3～4節結果枝基部侵入例の模式図（接種後16～17日目の状態）。n—節（先端よりの節数）

2. 3—6月9日接種、調査 6月26日（接種後17日目）

1, 4, 5—6月10日接種、調査 6月26日（接種後16日目）

初期病徴発現時には第3～4節の結果枝基部より黒褐色の病変が現われたが、この時点では付着根は白色健全状態を示し、異常は認められない。病状の進行は極めて早い。



第15図 コショウ胴枯病菌分生孢子懸濁液散布による無傷接種における寄主体侵入門戸(2)、付着根侵入およびその他の侵入。

1～4：室内温室中での無傷接種付着根基部より寄主体侵入が起り、茎組織および付着根基部が最初黒褐色に病変を来した。

5～21：圃場における無傷接種。

5—徒長枝の先端4節および5節目の付着根基部より侵入、発病（接種後16日目の状態）。

6～16—付着根侵入。接種後54～56日後の状態。枝先端3～5節での感染に比べると、病状の進展はやゝ緩慢である。

17—出芽する芽の感染。

18～20, 21a—その他侵入の例。付着根の生じていない節部で感染が起っている例。

る。侵入部は付着根着生部の亀裂部（第19図-3）よりの侵入及び付着根への直接侵入などにより感染が起るようである。

傷口感染：前述の無傷接種試験ではあまり傷のない状態のもので接種であるので、傷口感染と思われる例は極めて少なかったが、付傷接種をした場合は100%感染するのが普通で、傷が何らかの方法で付けられた場合は容易に傷口感染が起る（第17,18図,20図-3,4）。

(3) 感染部位と病変組織の進展

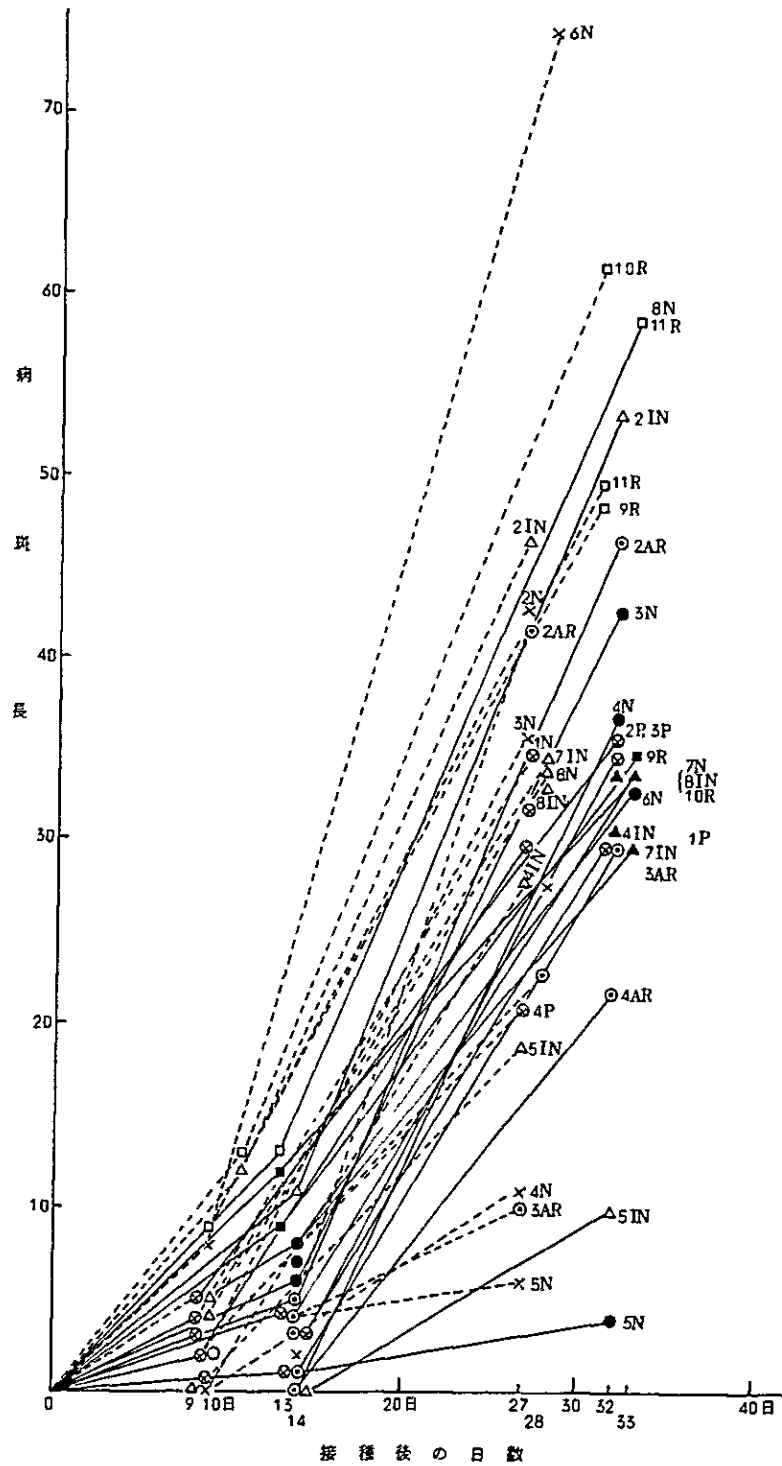
無傷個体における寄主体侵入、感染の門戸については前項で述べたが、傷がある場合はどのような組織からでも極めて容易に侵入、感染が起る。普通、節間部よりの感染はほとんど認められないが、この部分に傷が付いた場合は極めて容易に感染が起る。そこで、樹体の各部位別に針による穿孔付傷法により、本病菌の培養菌叢を用いて傷口接種し、感染による病変組織の進展が、樹体上の部位によってどのように変化するかを調べた。この観察の初期の目的は感染部位による樹体枯死経過の相違を明らかにすることにあつた。

付傷接種後の黒褐色病変組織進展部の長さの測定結果の平均値を第16図に示した。付傷接種約2週間頃までの平均進展速度は速いもので1日平均1mm程度で一般に0.5mm前後であつた。2週間後の進展速度は著しく速まり、速いものでは1日2~3mm、遅いものでは1mm位の速さであつた。部位による相違は根及結果枝は一般に病徴の進展速度は速かつた。茎では上部の若い部分ほど速かつた。特に、緑色茎、コルク化初期の緑色茎では速く、全面コルク化した茎は一般に著しく病徴進展速度は低下した。

約1カ月前後の壊死病変部の進展状態を図示すると第17図のようなものであつた。各図によって接種後の日数は一致していないので、進展速度は第16図を参照されたい。第17図は大体の病徴進展状態と道管部変色の進展状態を示すものである。道管変色は壊死病徴部より50~60cm前後先まで先行して起つていて、かかる部位は外観上何ら病変を示していない。

(4) 道管潜在感染 (Vascular latent infection)²¹⁾

壊死病徴部より先行して道管の変色が見られることはコショウ栽培農家がよく知っていることからあつた。しかし、これが如何なる意味を有するものであるかについての科学的解明は全く試みられなかつた。一部枝のみの感染樹で、発病枝を摘除することによって発病樹を助けようとする試みも、結極は枯死してしまふと云われていた。筆者らも、1~2本の枝のみが感染したものは外科手術の原理で、病患部を摘除すれば助けられる筈であり、これを防除法の一部に助け入れるために若干の試験を試みた。その際、この道管変色が、かなり先まで先行して、多くの場合基部まで到達して、これらすべてを摘除しようとするればほとんど基部より切り倒す結果になる場合が多かつた。従つて、完全に道管変色部全部を摘除しない場合も多かつた。このような外科手法を行なつて防除効果を確かめたが、一時的には止まつた感じであ

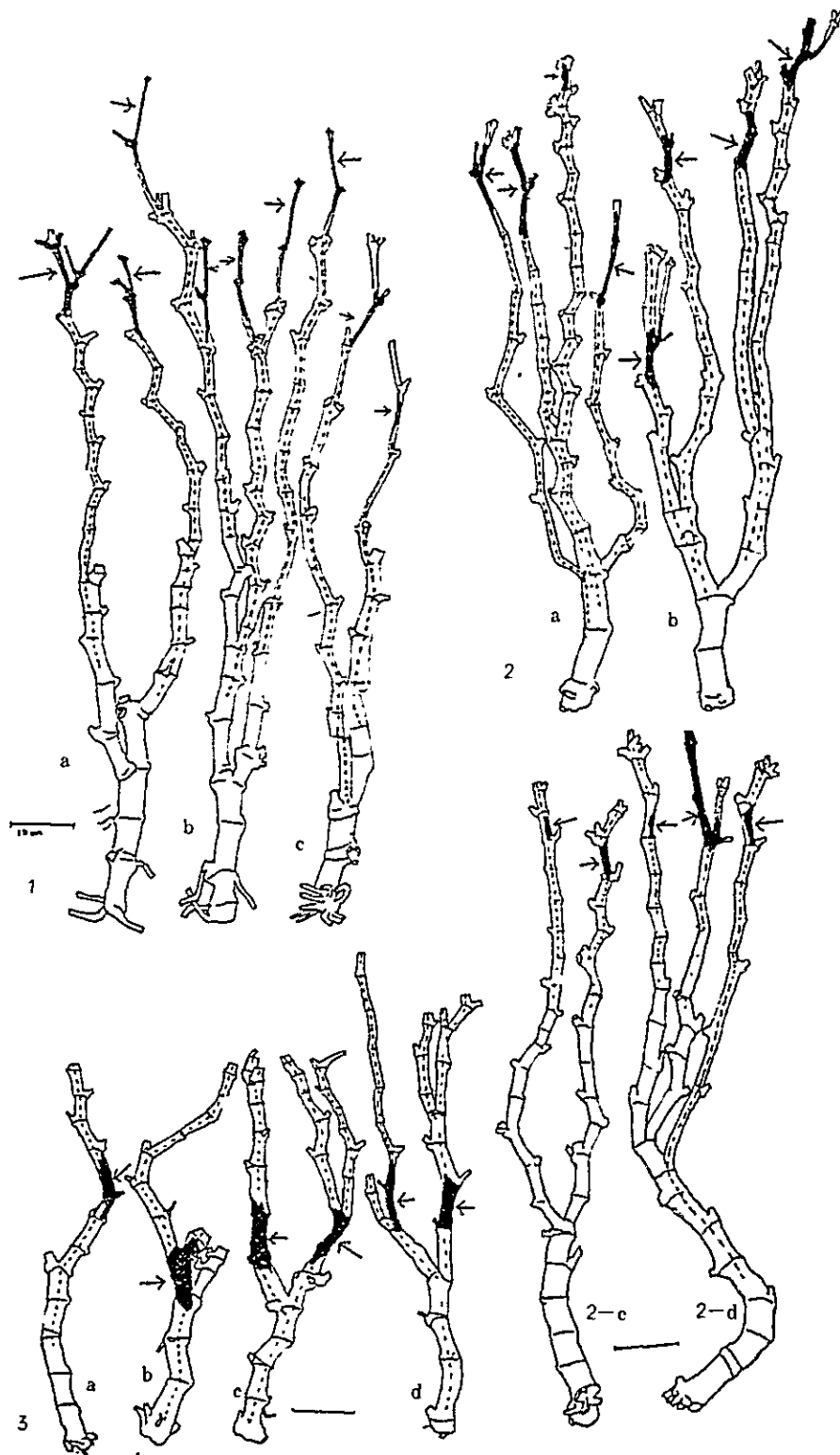


第16図 コンヨウ胴枯病および根腐病菌のコンヨウ樹各部位に対する付傷接種と壊死病斑の進展速度

N-節部、IN-節間部、AR-付着根基部、B-分枝部基部

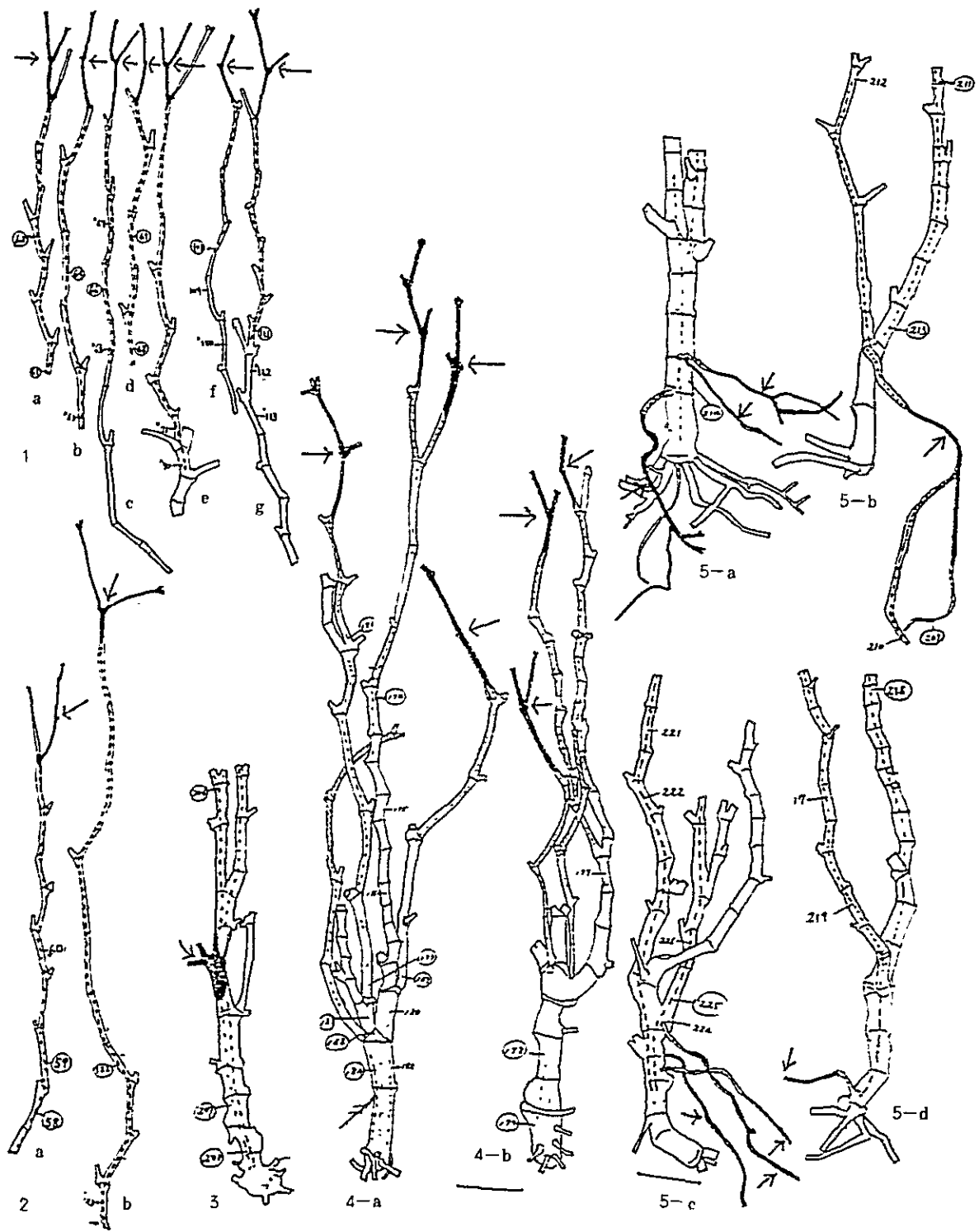
1 生長点付近(早急に落下して測定できなかった) 2 上部緑色茎、3 コルク化初期茎、4 全面コルク化茎、5 主茎基部、6 上部の結果枝、7 中部の結果枝、8 下部の結果枝、9 太根(2 cm以上の太さ)、10 御根(太さ1 cm前後)、11 細根(太さ2~3 mm)。

不要な枝、葉は図示時に切除し、主要な茎を中心に模式図を作製した。従って、接種点に3本の針で2回突き刺した以外は全く無傷状態の樹で試験されたものである。



第17図 コンヨウ胴枯病菌の付傷接種約1カ月後における壊死病斑の進展と道管変色部の分布状態（不要の葉および結果枝は図示に際して摘除した）。

- 1 上部綠色茎節間部接種
- 2 上部全面コルク化茎
 - a、b—普通に病斑部及び道管変色部が進展している。
 - c、d—1部病斑はやゝ拡大が遅れ、道管褐変も進行がやゝ遅れていた。
- 3 主茎基部の節間部に接種した場合、道管変色は上下両方向に進展している。



第18図 コンヨウ胴枯病菌および根腐病菌の付傷接種約1カ月後における壊死病斑および道管変色の進展状態と変色道管よりの病原菌の再分離。

茎上の数字は分離実験の脈を示し、○印は病原菌が再分離されたカ所を示す。その他は再分離されなかったものである。

1. 上部緑色茎節部接種
2. 上部緑色茎節部出芽基部接種
3. 主茎基部(全面コルク化)節部接種
4. 上部コルク化初期茎節部接種

ったが、まもなく、大部分のものは枯死していった。しかし、ごく一部の個体で、完全に治癒するものもあった。外科手術の失敗例は、二つの場合が考えられた。それは外科手術後に新しい傷口よりの再感染が起った場合と、病原菌の存在する組織が完全に摘除されていない場合である。

このように、病原菌が病体でどのような分布をしているのかの問題は、外科手術法の応用の可能性の問題もあるが、それにもまして、本病激発畑よりの挿穂の採集上極めて重要な問題である。そこで、この道管変色部をたどって、どこまで病原菌が分離出来るかを選択分離培地を用いての病原菌の分離により、生きた病原菌の存在確認の調査を行なった(第17、18図)。その結果実に驚くべきことが明らかになったのである。それは枝上部で、接種1カ月位で10cm程度病徴の進展した枝で道管変色は下部へ50cm～60cm以上におよんでおり、かかる道管変色部からかなりの頻度で本病原菌が分離されることが確認されたことである。PDA培地上での本病菌菌糸の発育速度は1日当り約2mmであるので、30日で60cmはPDA培地上の発育速度と同等の速さになる。従って、本病菌の菌糸は一度コショウの茎の内部に侵入すると道管内をPDA培地上の発育速度と同じか、それ以上速い速度で上下に蔓延するということになるのである。根に接種した場合も病変部より60cm以上上部まで道管変色が見られ、本病原菌の分離もまた行なわれている。このように、本病における道管潜在感染の問題は本病の伝播経路として重要であるのみでなく、これが、育苗における無病挿穂の選別上も極めて重要なことと云える。また、このように本病菌の樹体全体にわたる蔓延にもかかわらず、コショウ樹は個体枯死までに数カ月を要する場合が多いという事実からも、また、激発圃場からの挿穂採集でもかなりな出芽、出根によって苗が育っていることを考えると、軽度の潜在感染枝は十分に出芽、発根して、苗として育つものと考えて良からう。このような苗によって、病原菌は新耕地へと運ばれ、その蔓延の地域を拡げて行くことに大きな役割を演じたと考えてよいのではなかろうか。

この道管潜在感染が解明されていなかったことが、防除を困難にし、しばしば理由不明の試験結果をもたらしていたものと考えられる。

(5) コショウ樹枯死機構^{10,12,16)}

コショウ樹個体の枯死に発展する寄主体侵入門戸は胴枯病では上部3～5節部の付着根部または結果枝幼芽基部、中部付着根ならびに傷口などよりの侵入により茎の導管内に菌糸が侵入蔓延し、その後は速い速度で導管内を下降して主茎導管内へ移行蔓延する(第20図、第21図-2)。そして、主茎の一部組織を完全に褐変枯死させる。その過程で寄主の導管内は菌の侵入による傷害の癒傷反応として寄主によって生成されたゼラチン状の物質が充填された(第21図-3)、これは病状の進行と共に異変する。これによって養、水分の上部への供給が断たれて、萎凋、枯死する。

根では、比較的細根へは容易に直接侵入する。侵入した菌糸は茎部同様、道管内へ侵入し（第21図-1）、この道管内を上部へと蔓延して行き、支根から太根に、ついには主茎基部組織へと侵入蔓延し、遂に主茎基部組織の道管内を前記同様黒褐色のゼラチン状物質で閉塞され（第21図-4、5）、地上部全体を萎凋枯死させる。幼根は本病に対して極めて感受性であるが、太根や地下主茎基部組織は極めて抵抗性で、道管内の菌の上部への蔓延は容易に行なわれるが、横方向への蔓延は遅く、茎部全体枯死にはかなり長い期間を要する場合が多く、従って、栄養の欠乏症を現して地上部の葉の黄化、萎凋症状をまず現わして、その後しだいに萎凋枯死して行くものである。黒褐色のゼラチン状物質に取りまかれた菌糸は寄主細胞の枯死後まもなく死滅してしまふようである。

本病菌は毒素を産生するようであるが、その毒性は弱いと考えられ、菌糸が潜在感染の状態でも道管内を蔓延しているにもかかわらず、全体枯死には数カ月を要する。根腐れの場合でも一部の根の根腐では地上部がやや黄色っぽくなる程度で、主茎基部組織の全体枯死までには更に何カ月もかかり、時には2～3年かかって枯死する場合もあるようである。

地下茎部の腐敗枯死の進行にもかかわらず雨期には仲々全体枯死に至らず、乾期に入つて一斉に枯死するのが目立つ理由は、根部よりの水分供給がかなり制限される状態でも、付着根を通して雨期の水分が供給されることによるものと思われ、乾燥期に入つてこの地上部の付着根よりの水分供給がなくなつて一斉に全体枯死が進行すると思われる。

9 有効農薬および防除試験^{5,20)}

(1) 感染防止効果のスクリーニングテスト

日本の各農薬商社より提供された各種農薬およびブラジルで実際に販売されている農薬などについて、本病に対する防除効果を試験した。供試農薬の中には殺線虫剤も含まれているなど *Fusarium* 菌に対する殺菌効果は試験するまでもなく期待出来ないものが多数含まれているが、実際にこれらが農家によって使用されている場合があったので、主因不明のまま用意した全農薬について、感染防止効果のスクリーニングテストを行い、有効農薬の選出を行なった。

[試験方法]

コンヨウの枝を23~25 cmの長さに切り、切り枝に3カ所、ほぼ等間隔にカミノリの刃を用いて、V字型に長さ約5 mm×深さ3 mmに付傷した。この傷口および枝上全面に各種の農薬を各濃度別に散布し、風乾後、本病菌 IFB №1 菌の PDA 培地上の菌叢片 (5×5×3 mm) を接種した。これを、ビニールシートを敷いて温室にした木枠内に置いて、病徴の進展状態を観察した。10日後に付傷接種部の黒褐色の変色によって発病を判定した。

[試験結果]

36種の農薬について本病原菌に対する感染阻止効果を試験した結果、第11、12表に示されるように8種の農薬について効果が認められた。これら農薬の有効成分を検討したところ、1,000倍以上の稀釈溶液で感染阻止効果が認められたのは Benomyl (Benlate)、Thiophanate methyl (Topsin M) および Thiabendazole の3種類のいずれかの成分、(第13図)を含む農薬であった。その他、500倍液までの高濃度で効果が若干認められたのは TPN (Daconyl) 及び 3-hydroxy-5-methyl-1-isoxazole (Tachigaren) を含むものであった。これら成分はスクリーニングテストでは感染阻止ならびに病徴拡大抑制に対しても効果があった。

とくに、前者3成分の農薬でブラジル国内で市販されているのは、Benomyl (Benlate)、Thiophanate methyl (Cycosin)、Thiabendazole (Tecto) などであった。

KUF-5205 水和剤、TPN (Daconyl) および Hymexazole (Tachigaren) は本実験においてはわずかに感染阻害作用を認める程度であった。

(2) 有効農薬の薬害試験

本病に対する有効農薬ベノミル (Benlate)、チアベンダゾール (Tecto)、およびチオファネート・メチル (Cycosin)、ならびに苗床で炭疽病、疫病および白絹病などの防除の目的で使用をすすめられるダイフォルタンなどについて最も薬害の生じやすい挿穂消毒における薬害の発生を試験した。処理中の液温は25~28℃であった。本試験において薬害がなければ苗床や圃場における散布においてもまた、十分問題がないと云える。

第 1 1 表 コショウ胴枯病に対する各種農薬の感染阻止効果試験結果

試験 薬劑 No	農 薬 商 品 名	薬 劑 濃 度 (倍)				
		1 0 0	5 0 0	1,000	1,500	2,000
1	キノンドー(水和剤)	1000	1000	1000	1000	1000
2	スパントサイト(水和剤)	1000	1000	1000	1000	1000
3	バリダシン液剤	1000	1000	1000	1000	1000
4	NNF-6 25%WP	1000	1000	1000	1000	1000
5	ダコニール(1)	1000	1000	1000	1000	1000
6	ペンレート	0	0	110	443	273
7	ダコレート	220	720	880	1000	1000
8	オリゼメート粒剤	1000	1000	1000	1000	1000
9	アグレプト水和剤	1000	1000	1000	1000	1000
10	PCNB	1000	1000	1000	1000	1000
11	三共オキソホルトウ	1000	1000	1000	1000	1000
12	武田コブ粉剤20	660	776	940	776	833
13	武田ダコソイル	1000	776	1000	886	776
14	フルーノトウ	1000	1000	1000	1000	1000
15	ヤシマメロクテランK水和剤	1000	1000	1000	1000	1000
16	タコニール(2)	720	570	1000	1000	1000
17	タチガレン液剤	880	776	776	776	776
18	パンタノク水和剤	880	773	1000	833	1000
19	KUF-5204水和剤	1000	1000	1000	1000	1000
20	KUF-5205水和剤	0	553	580	1000	1000
21	トップジンヘースト	1000	1000	1000	1000	1000
22	パンソイル乳剤	1000	880	1000	1000	1000
23	CERCOBIN	163	53	880	1000	1000
24	Cycosin	0	0	36	720	496
25	Tecto	53	0	146	276	776
26	Coperavite Azul	1000	1000	1000	1000	776
27	Lesan	940	1000	1000	1000	1000
28	Orthe Ditoratan	320	1000	1000	1000	1000
29	Orthocide 50PM	1000	1000	1000	1000	1000
30	Plantvax	1000	1000	1000	1000	1000
31	Kasumin	1000	1000	1000	943	1000
32	Bayleton	1000	1000	1000	1000	1000
33	Fuji One 12G	1000	1000	1000	1000	1000
34	Fuji One 40WP	1000	1000	1000	1000	1000
35	Fuji One 40EC	1000	1000	1000	1000	1000
36	OFTANOL EL500	1000	1000	1000	1000	1000
37	DOWCO417	1000	1000	1000	1000	1000
38	対 照	1000	1000	1000	1000	1000

※ 感染率% = (発病数 / 付傷接種数) × 100

第12表 コシウ胴枯病徴拡大に対する各種薬剤の抑制効果

農薬 名	有 効 成 分	薬剤濃度 (倍)	
		500	1,000
6	Benomyl 50%	0.6 *	0.9 *
7	TPN 50% Benomyl 50%	0.8	2.3
16	TPN 75%	2.8	3.3
17	3-hydroxy-5-methyl-isoxazole 30%	2.2	3.2
20	Mepronil 60% Benomyl 15%	4.1	2.7
23	Thiophanate methyl 70%	0.5	0.8
24	Thiophanate methyl 70%	0.8	1.7
25	Thiabendazole 10%	0.5	0.6
38	対 照 (蒸留水散布)	4.4	4.4

1) *病斑拡大指数：接種部位の病斑の拡大の程度を次の6段階に分けて調査した。

指数(0~5)の平均値 0 病斑拡大が見られない 1 - 1mm以下

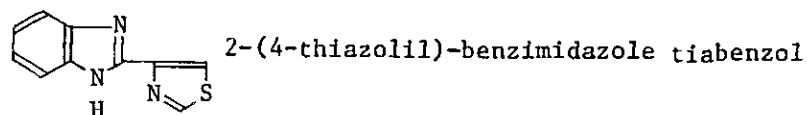
2 1~2mm 3 - 2~3mm 4 - 3~4mm 5 - 4mm以上

2) 農薬名は第11表に同じ。

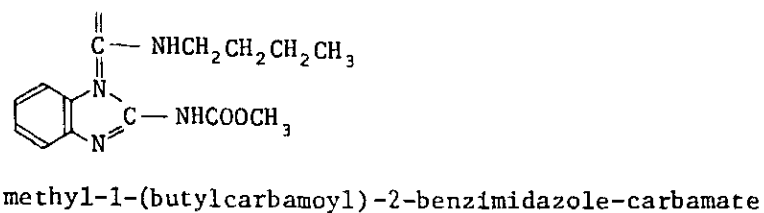
3) この抑制効果は感染阻害効果も含まれたものである。

第13表 有効成分の化学構造

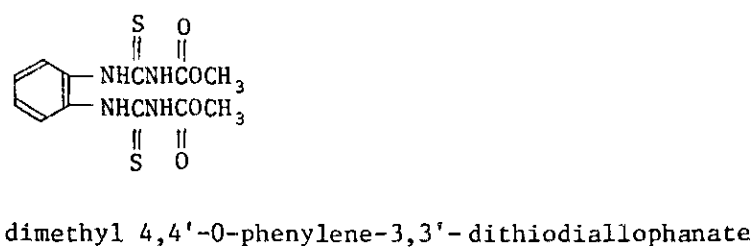
1. Thiabendazole (Tecto)



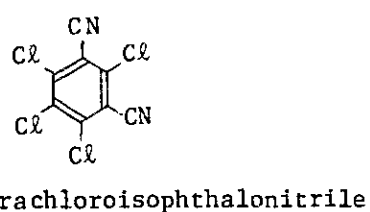
2. Benomyl (Benlate)



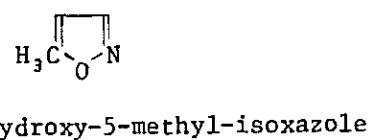
3. Thiophanate methyl (Topsin M, Cycosin)

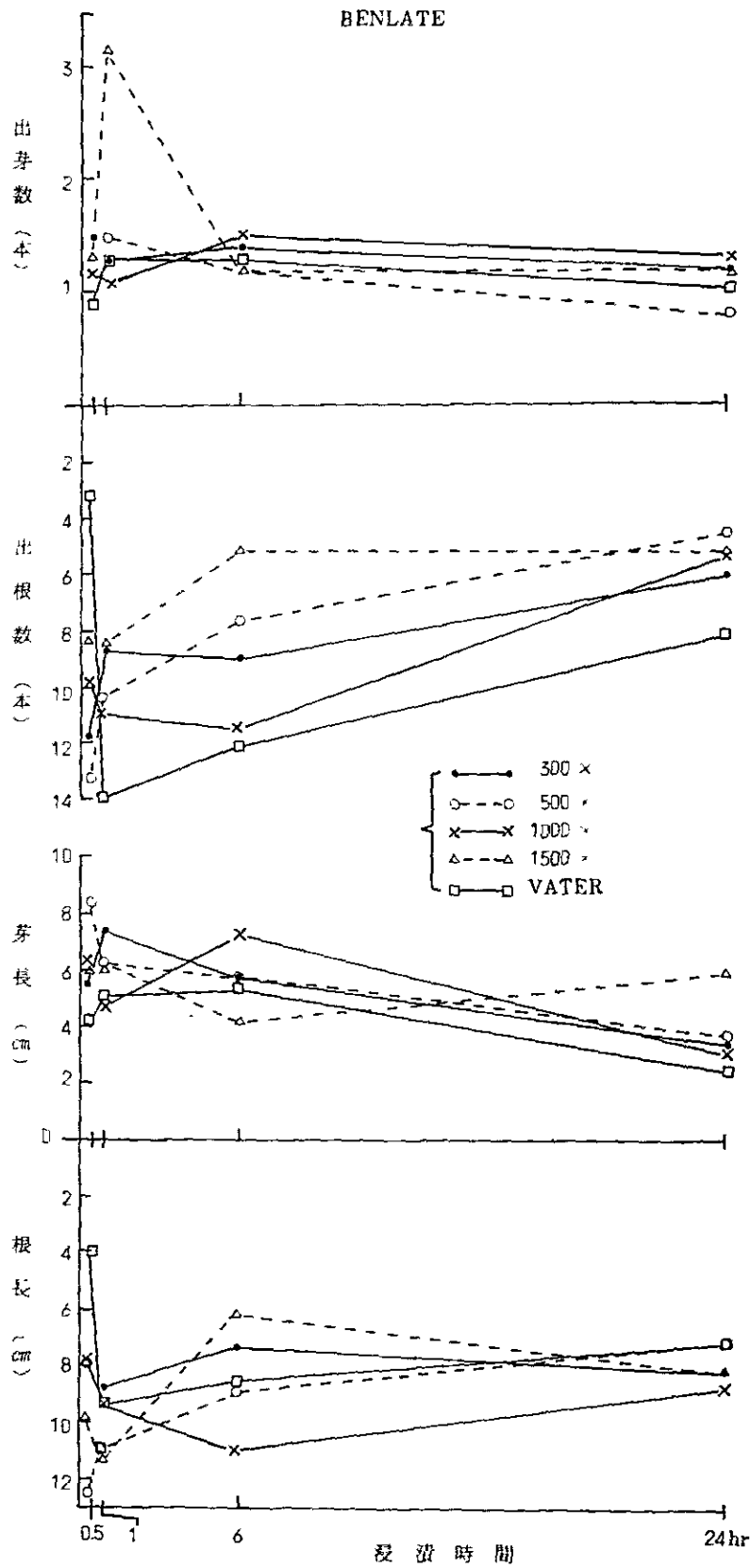


4. TPN (Daconil)

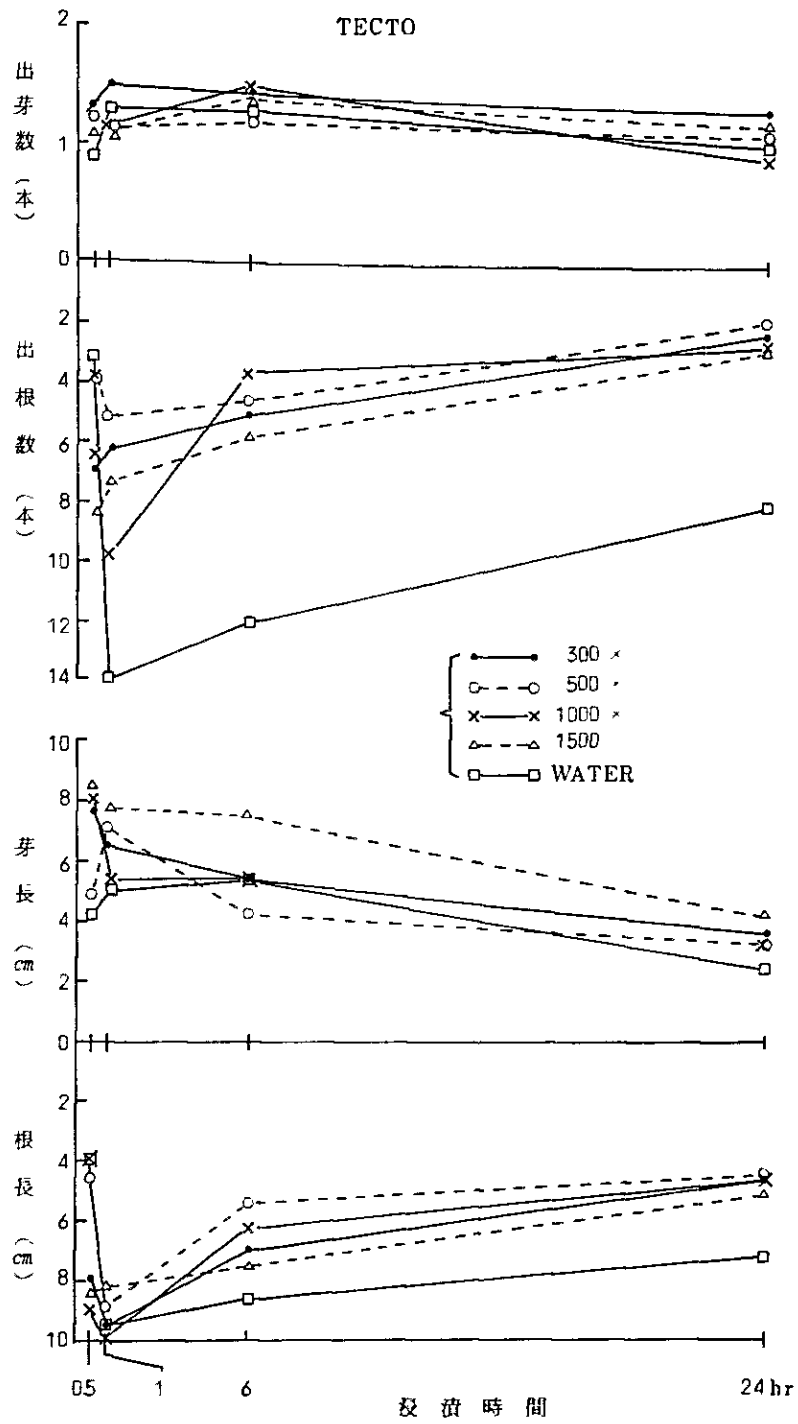


5. Hymexazole (Tachigaren)

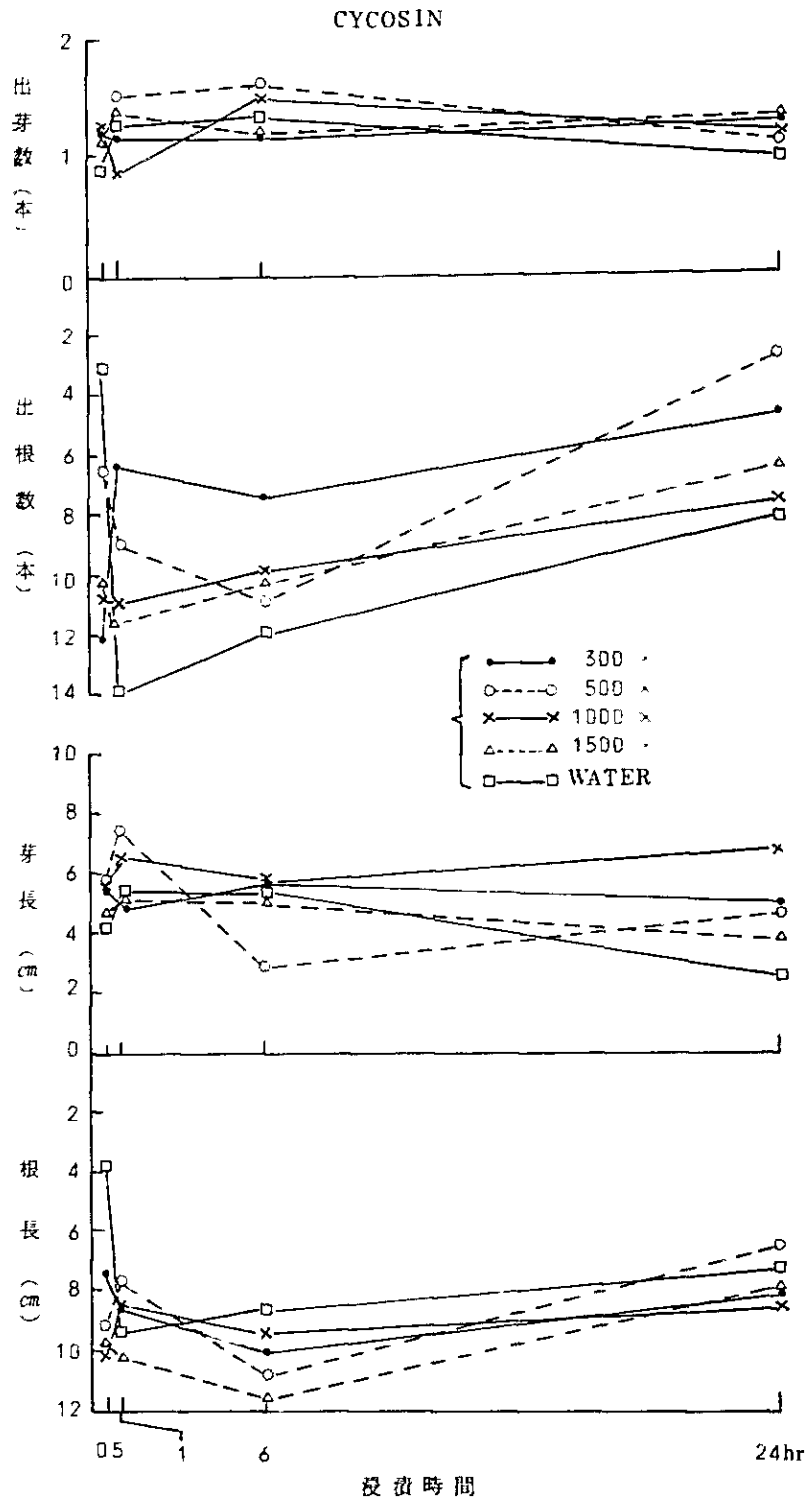




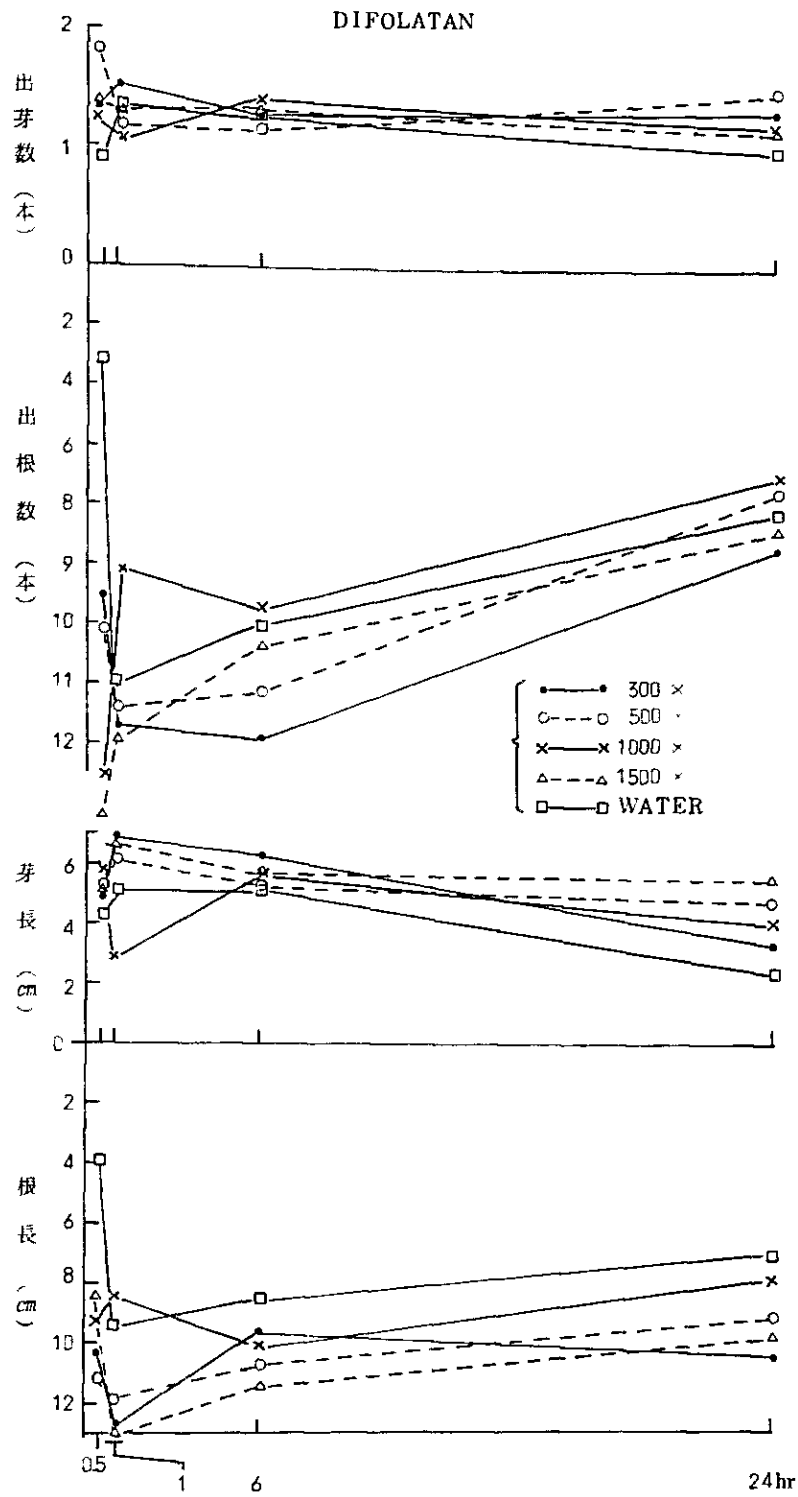
第 2.2 図 コシユウ挿穂の出芽、発根に対するベンレートの影響
(薬害試験結果)



第23図 コシユウ挿穂の出芽、発根に対するテクトの影響
(薬害試験結果)



第24図 コシユ挿穂の出芽、発根に対するノコシンの影響
(桑害試験結果)



第 2 5 図 コシユウ挿穂の出芽、発根に対するダイホルタンの影響
(薬害試験結果)

〔試験材料および方法〕

上述の4種農薬について各々、300、500、1,000、1,500倍液を調製し、各液中に30分、1、6、24時間浸漬した。なお、薬液中には展着剤 Novopal (Amino Alcohol) を0.3%添加した。対照区としては水道水を用いた。コンショウ枝は4年樹の緑色枝およびコルク化初期の枝を3節切り、上下の端は節にかかるように切った。このような3節の挿穂枝を試験に供試した。試験は各種各濃度5本、3反復(3区制、計15本)を用いた。各薬液処理後直ちに、コンクリートわく中の苗床に、土中に2節埋め、地上に1節出して挿木して、毎日適度の灌水を行って、発根、出芽まで管理した。

〔試験結果〕

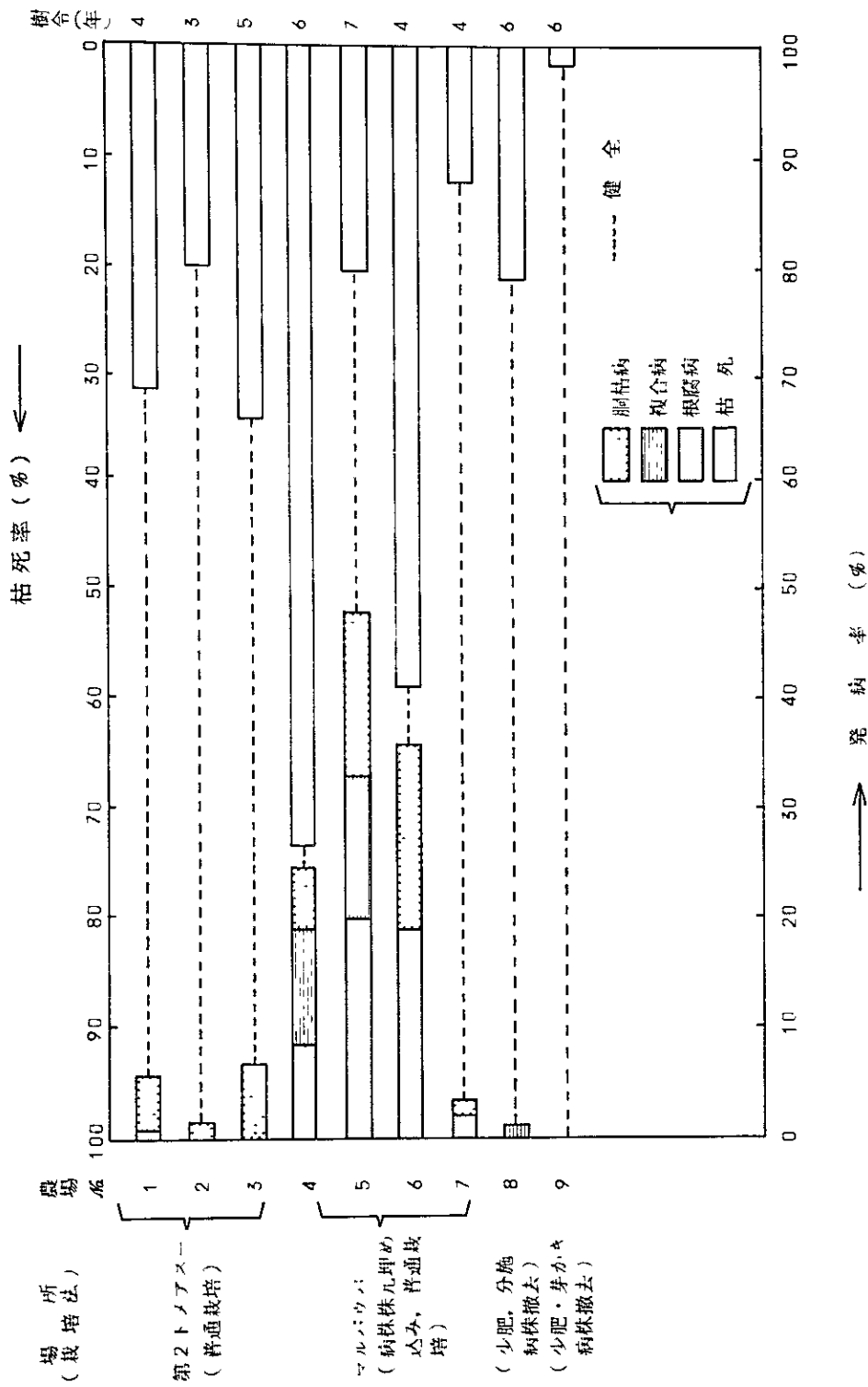
第22～25図に見られるように、一般に、水道水に挿穂を1時間浸漬することにより、出根数はかなり多くなる傾向が見られた。しかし、根長はほとんど変化が見られない。出芽数および芽の生長には水浸自身はあまり影響しなかったが、24時間になると出根数が減った。

次に各種薬剤の作用について見ると、各薬剤、各濃度共本実験の範囲内では特に薬害は認められなかったが、24時間の薬液浸漬は薬害としての問題ではなく、水道水中の浸漬と同様に発根数を減ずる傾向にあった。供試したいずれの農薬とも、実験の範囲内では特に薬害は認められなかった(第22～25図)。

(3) 実際に試みられた防除対策

先に、胴枯病および根腐病発生の経過と現状について述べたように、定植後3年目頃よりこれら病害が発生し始め、その後1～2年で50%を越える発病、枯死によって廃園化するのが普通農家の現状であった。昭和55～58年はその惨状最も激しい時で、コンショウ栽培を続けている農家は特に熱心な農家のみで、ほとんどの農家の畑はすでに廃園と化して、健全樹を見ることの出来ない状態であった。このような病害激発地域の中であって、あまり病害を出さないで栽培を続けている農家があった。このような農家のコンショウ園における病害の発生状況を調査した結果について述べてみよう。

第26図はトメアス郡で、ほとんどの農家のコンショウ園は廃園化し、他作物に転作される状況の中で尚残っていた農場についての調査結果である。農場No1～3、3～5年樹で、すでに20～34%が枯死していて、胴枯病は更に激発するきざしを示していた。マルバウバの農場No4～6の農家は病株を切り倒してコンショウ畑の土中に埋め込んで栽培していた。その他は特に変わったことはなく普通の栽培法をとっていた。図で見られるように6～4年樹で21～73%の枯死率に達しており、胴枯、根腐、複合病などを共に激発しており、健全樹はほとんどない状態であった。この農場での特徴は一般農家ではあまり見られない根腐病の発病が多いことであり、これは病株を土中に埋めたことにより、土中の病原菌の密度が高まったことに起因す



第26図 コロウ栽培における耕種法の相違による胴枯病および根腐病の発生の変化(1981年)

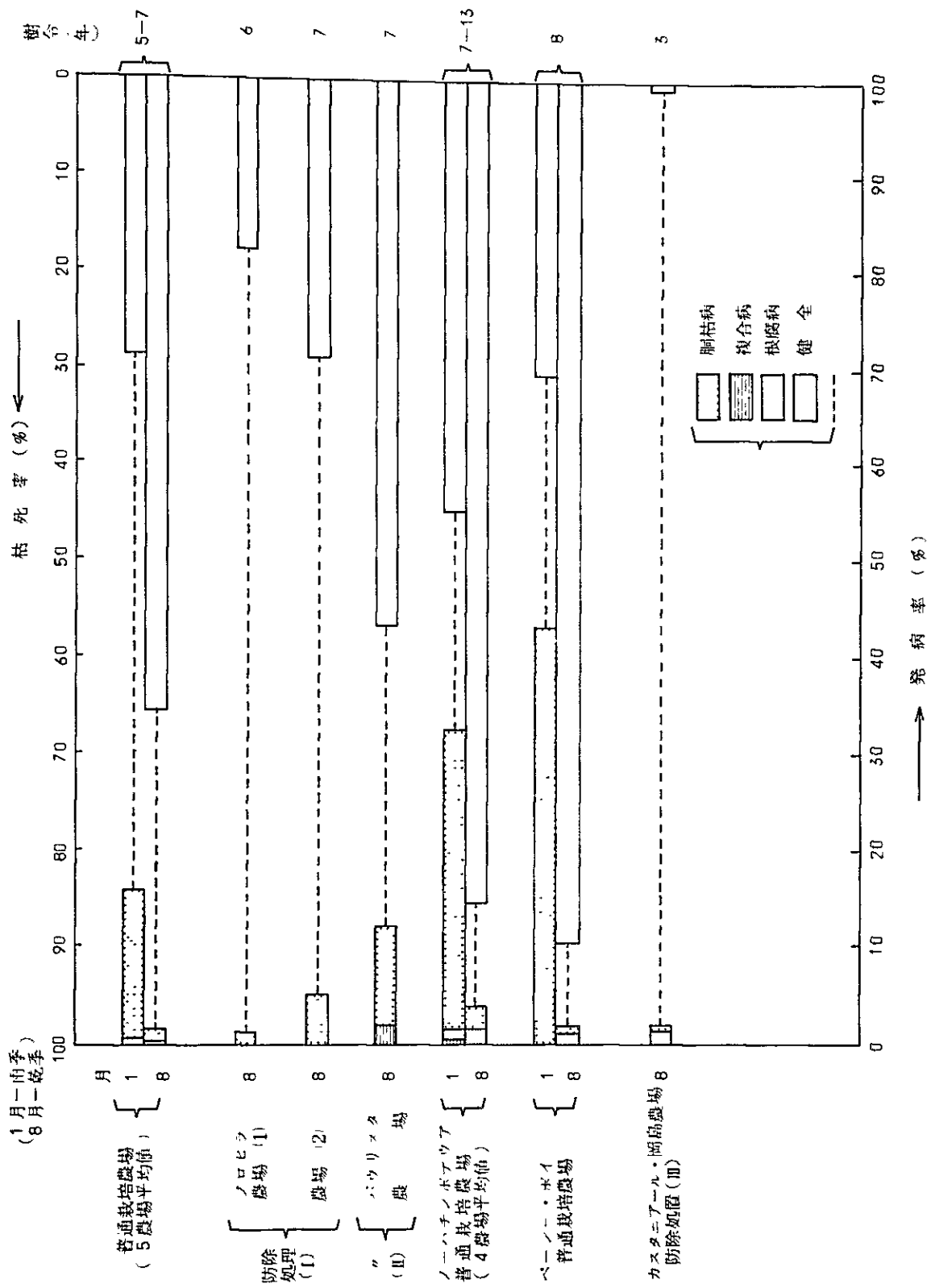
ものと考えられる。№4は同じ農家の新耕地で、まだ発病は少なかった。

第1トメナスおよびアハイヤのほとんどの農家のコンショウ園は廃園化している中に№8および9の2農家は極めて低い発病率の栽培を行っていた。第26図に見られるように、№8で約22%、№9で約2%の枯死率であった。発病個体は撤去されており、ほとんど発病中の樹を見る事が出来ない位かたづけられていた。№8の農家は施肥法が一般農家と異なっていた。一般農家のほとんどが雨季の初期に1年分の配合肥料の全部または2回位に分けて施肥するのが普通であるが、この農家は肥料をコンショウ樹の色合いを見ながら年6~7回に分けて少量づつを分施していた。また、発病株は見付次第撤去していた。№9の農家は肥料はほとんどやらず、何とか緑色を保つ程度の極少量を施肥程度で、除草を徹底して行っていることおよび病株はすべて直ちに撤去して、発病株のない状態の栽培管理を行っていた。また、収穫時(乾季)に1個体1~2本生する脇芽をとる芽かきを毎年励行していた。収量は少なく1株1~0.5kg程度であった。

ベレン近郊でも前述の如くコンショウの胴枯病の激発のためほとんどの農家のコンショウ園は廃園化してしまい、多くの農家では他作物に切り変えている状態であった。そのような地域でまだコンショウ栽培を続けていた普通栽培の5農場における胴枯病および根腐病発病率を調査した第27図について見ると雨季初め(1月)で29%の枯死率が乾季、8月には65%の枯死率を示した。これは胴枯病の激発によるもので、これは、ノーバチンボテウア、ペーンボーイなどの普通栽培農家の農場においても胴枯病の激発が明らかに示された。このような地域にあって、防除処置(I)を実施しているプロビラ農場(1)および(2)は胴枯病の発病を抑えて、6~7年樹で30%以下の枯死率を保っていた。防除処置(I)は毎月1~2回Tectisを散布しており、雨季は2回、乾季は1回、1年間を通して実施し、毎年これを実施していた。また、その他には病株の撤去もかなり丁寧に行なっていた。

プロビラ(I)農場の前の道路向いに防除処置(II)を行なっていたパウリスタ農場があった。この7年樹の農場も一般の廃園化して何も残っていない日本人の農場に比べて、かなり良い栽培状態であったが、それでも乾季には約56%の枯死率に達していた(第27図)。この農場は向いのプロビラ農場の農薬散布をまねて数回農薬を散布していた。しかし、毎月散布してはなかった。また、発病株や枯死株は放置したままであった。

防除処置(III)を実施しているカスターニアールの岡島農場のコンショウ園はみごとなものであった。第27図に示されるように、数%の根腐および胴枯病の発病は見られるが、3年樹とは云え、枯死が1%という状態で、ほとんどが健全樹であった。この防除処置(III)はかなり徹底したことを行っていた。先ず育苗に大変力を入れ、無病枝を選び、これをベンレート500倍液に浸漬して消毒し、この枝を苗床に挿木した。育苗は雨季に入る1カ月前頃より実施し、灌水をして育苗した。病苗は直ちに撤去し、土を取り、ベンレートを灌注して土壌消毒を行い、苗床での病害発生を防いでいた。健全苗を選別して雨季入りに定植した。枯死株は直ちに撤去し、



第27図 コノヨウ栽培農家における病害防除対策と胸枯病および根腐病の発生(1981年)

そのあとにベンレート500倍液を1ℓばかり灌注して消毒し、その後健全苗を補植した。発病株を生じた際は同様にして、撤去、消毒、補植を行った。圃場での農薬散布はたまに行うことがあるが、ほとんど行っていなかった。

施肥は肥料の配合割合を一般農家とは変えて、NPK比を⑩：⑳：㉑としてNをおさえる施肥を行っていた。この農場はその後2年後（5年樹）においても、欠株は補植されていて、数%の欠株が見られる程度の立派な健全樹の大コンヨウ園として栽培管理されていた。

10 総合防除体系

ブラジル各地のコショウ栽培地で激発しているコショウの病害は *Fusarium solani* f. sp. *pipertis* に起因する胴枯病および根腐病であることは以上述べた研究結果から疑問の余地もなく明らかになった。そして、その感染機作、伝播経路の研究から従来不明であった多くの問題が明らかになった。それと共に、本病防除が簡単な防除対策の実施では効果が少なく、本病の伝播経路や感染機作を頭に置いて、コショウ栽培の全期間を通して、総合的に防除処置を構ることが、本病の防除上必要不可欠なことである。従来、部分的に有効と思われる防除処置が多くの農家や研究者によって試みられたが、本病の徹底的防除に至らなかったのは実にこの点にあったと云える。それは、本病の伝播経路や感染機作が不明のままであったことに起因している。

1980年以来筆者らが行って来た一連の本病に関する研究に基づいて、コショウ胴枯病および根腐病の総合防除体系を確立し、1983年8月12日ブラジル国トメアス文化協会において講演した際の農業講演会資料に若干の補足説明を加えて、以下にその概要を述べてみよう。

本病はこの総合防除体系の徹底実施によって防除することが可能で、ブラジルにおけるコショウの安定生産の道を確認できるものと確信する。

(I) 無病母樹園の設定と管理

感染機構の項で道管潜在感染について述べたように、胴枯病および根腐病共に、感染後約30～40日で寄主体侵入部より約60cm前後上部および下部方向に菌糸が道管内を蔓延していることが明らかになった。感染が起った母樹で、病徴を現わさない道管潜在感染の茎を識別、除却して挿穂を採集することは極めて困難で、このような潜在感染枝の混入は苗床および新圃場への病原菌搬入の原因となる。従って、無病母樹園を設定、管理することは本病防除への先決的事項といえる。無病苗なしに無病母樹園の育成、管理は困難で、無病母樹なくて無病苗の育成は不可能である。両者はいたちごっこの関係にあるが、無病母樹園の早期育成のためには、まず、第1段階として、現在ある1～2年樹、または病害発生が少ない3年樹園などについて、以下のような病害防除対策を徹底実施し、母樹園無病化に努力し、その無病挿穂による無病苗の育成により、第2段階として将来の無病母樹園の設定、育成をはかるのが得策であろう。無病母樹園の設定、管理の方法として次のような方法が考えられる。

- (1) 母樹園の設定——毎年3,000本の新植を行う農家で健全母樹300本が確保できるよう挿穂採集用の母樹園を特別に設定し、病害防除対策を徹底実施し、無病母樹園を育成、管理する。
- (2) 母樹園の無病化——病害発生が少ない1～2年樹より、以下に述べる病害防除対策を実施し、少なくとも1年以上を経過して、胴枯病および根腐病の発生の終息を待つ。将来的には無病苗の新植によって無病母樹園を育成する。

- (3) 発病樹の撤去、焼却——病原菌の伝播源となるので、少しでも異常を示す個体は抜き取って集めて、焼却する。後の土壌にベンレート、テクトなどの有効農薬の500～700倍液を散布、灌注して消毒する。約1カ月以降に無病苗を補植する。
- (4) 支柱にからんだ雑草、雑木は乾季に撤去する。雨季は根本で切断するのみで放置し、コンヨウ樹を傷付けることを極力避ける。
- (5) 農薬の散布——Tecto、Benlate、Cycosin (Topsin M) などの700～1,000倍液を1本当たり0.5～1ℓ(成木は1ℓ以上)付着根および茎に散布する。散布は雨季前より開始し、雨季は毎月1～2回、乾季は1回、発病がとまれば乾季の散布は省略してよいが、収穫後には早目に1回散布することが好ましい。
- (6) 挿穂の採集期と採穂後の農薬散布——後述するように採穂期および育苗は雨季に入る1カ月前の乾季中に開始し、灌水して育苗する。病原菌胞子の伝播が多くなる雨季に入って母樹の剪定、採穂を行うことは傷口感染による母樹の感染を助長するため、母樹の悪染により、無病母樹園の存続維持を困難にする。従って雨季に入ってから採穂、育苗開始の習慣は直ちに改めること。
- (7) 収穫後の農薬散布——一般に、3年樹以上の成樹では収穫があるが、収穫作業による傷口よりの感染を防止するため、収穫後は早期に農薬散布を行うことが好ましい。

(II) 無病苗の育成

- (1) 育苗時期——育苗は雨季に入る約1カ月前より開始し、灌水して苗を育成すること。病原菌の密度が高まり、感染に好適な湿度条件になる雨季に入ってから育苗開始は、採穂期母樹の傷口感染を助長するのみならず、挿穂自身の傷口感染も多くなると考えられ、病原菌の活動が低調な乾季に毎日灌水を行って育苗することは苗床での感染を最少限にする効果がある。これは育苗に要する労働力を増す点で農家の負担を多くする問題であるが、広い農場に定植した後における、病害の激発による損害や、防除処置に要する手間などを考える時、狭い苗床に要する手間ははるかに少ないものと云える。雨季に入ってから採穂期、育苗開始の習慣は直ちに改めるべきである。
- (2) 苗床と施肥——一般に行われている心土盛土の苗床に5節苗を地下に3節埋め、地上に2節出して挿木する方法でよい。苗床は無肥料状態がよく、特に堆肥の施用は根腐病の発生を助長する。無肥料状態で挿木し、活着後、配合肥料を水に溶かして灌水の際に数回施用する。
- (3) 無病挿穂の選別——挿穂は無病母樹園の元気のよい健全樹より採穂し、道管の変色した枝は捨てて無病枝を選別する。樹勢の悪い母樹は黄化などの症状が地上部に現われていない場合でも細根の感染が起っている危険性が高く、道管潜在感染の危険性があるので避ける方が無難である。
- (4) 挿穂の消毒——挿穂はTecto、Benlate、Cycosin (Topsin M) などの500～700

倍液に3～6時間、冷涼な場所で挿穂全体を浸漬して消毒する。

- (5) 発病苗の撤去、焼却、農薬灌注——発病苗は早期に抜き取り、焼却する。発病部の土壌へ上記有効薬剤液（500～700倍液）を灌注して消毒する。
- (6) 苗床への農薬散布——胴枯病および根腐病の防除の目的でTecto、Benlate、Cycosin（Topsin M）などの500～1,000倍液を2～3回散布する。また、疫病、炭疽病、白絹病、*Lasiodiplodia*（*Botryodiplodia*）病などの防除のためにはDifolatanの700～1,000倍液を1～2回散布するとよい。
- (7) 苗床の排水と管理——排水は良好なようにうねを高くして、灌水によって乾燥を防ぐ。上部は屋根を丸太で組んでヤンの葉で適度に日陰をつくるようにし、過度の乾燥を避ける。
- (8) 育苗数——育苗数には十分に余裕を持たせ、（激発地では2倍以上）、発病苗、元気の悪い苗の処置を徹底実施出来るようにする。

（Ⅲ）コショウ栽培園における病害防除対策の徹底

上述のように、無病母樹の育成により、無病苗の育成をはかり、無病苗を選んで圃場に定植するなど、圃場に本病の主因である病原菌を持ち込まないようにあらゆる努力を構えることによって、それが完全であればほとんど完全に防除出来る筈である。しかし、近くの激発コショウ園などからの病原菌の飛来による新たな感染も考慮する必要がある。それにもまして、一部悪染苗による病原菌の搬入などにより圃場で本病が発生した場合には、更に次のような防除対策を徹底実施して、コショウ栽培地域全体における病原菌の絶滅に向って努力する必要がある。圃場における防除対策の主なものを挙げると次のようなものである。

- (1) 無病苗の定植——発病していないことは勿論であるが、元気の良い苗を選んで定植する。元気の悪い苗は病徴は明瞭でなくても潜在感染などのおそれがあるので除く方が賢明である。
- (2) 発病定植苗の撤去、焼却、土壌消毒および補植——定植苗が活着しないで枯死した場合は、病害、乾燥害の如何を問わず、抜き取って焼却し、有効薬剤500～700倍液（0.5～1ℓ）を灌注して土壌消毒を行ない、再び健全苗を補植して、圃場全体に欠株のないように補う。
- (3) 圃場における薬剤散布——Tecto、Cycosin（Topsin M）およびBenlateの1,000倍液を1個体当たり0.5～1ℓ（若木では0.5ℓで十分であるが成木では1ℓ以上を要する）を散布する。

（注意事項）

- ① 薬剤散布にはピストル式ノズを用い、茎の節部、特に付着根に丁寧に散布する。
- ② 病害が激発する前の、1～2年樹より実施すると効果は大きい。遅くとも樹冠形成以前より実施することが大切である。
- ③ ○雨季に入る直前1回散布。

○雨季中は発病状況によって毎月1～2回散布する。乾期は隔月1回または発病がなければ省略する。

○収穫後は薬剤散布を行ない、収穫の際の傷を保護する。

- (4) 発病樹の抜き取り撤去、焼却、土壌消毒、補植——根腐病の場合は特に土壌消毒(Tecto、Benlateなどの700倍液を1株約1ℓを灌注)する。その後、約1～2週間して健全苗を補植する。発病樹の抜き取りは発病初期の段階のものを早期に思いきって抜き取り焼却することが大切で、この時期が主も強力な病原菌の伝播源となっているからである。
- (5) 病害防除対策としての栽培管理——病害の直接的な防除処置以上に、病害が発生しないように、病害発生誘因を出来るだけなくするような栽培管理を行うことは従来あまり重視されなかったようであるが、本病の総合防除体系の上で極めて重要な事項である。以下に述べること以外についても、今後試験し、工夫、検討して、良い方法を見つけるよう努力していただきたい。
- ① エスタノカーにしばりつけるヒモは樹の生長に伴って切れるものを使用すること。針金などの使用は厳禁で、茎の生長肥大と共に茎に食い込むため上方への生長を止めて、早期より病気に弱く、収穫に役立たないところの徒長枝の発生を多くし、特に胴枯病の発生を助長するからである。
 - ② 農場は定植前に畦立てして、水はけが良くなるようにする。
 - ③ カルシウム(Ca)肥料の施用はコンヨウ樹の本病害に対する抵抗性を高めるので、出来るだけ施用に努める。
 - ④ 特に3年樹以降はN肥料を出来るだけおさえる。例えばコンヨウに対してはN:P:K(10:20:20)などの配合肥料を用い、徒長生長を抑えるようにする。
 - ⑤ 肥料はコンヨウの生育状態を見ながら少量ずつ分施(5～6回)する方が好ましい。1度に多量の施用は無闇に栄養成長を盛にし、徒長枝の発生をうながし、樹体を軟弱にして、本病に対する感受性を高めて、本病の激発をうながす原因となるからである。
 - ⑥ 乾季に下部約30cm以下に生じた側枝はすそ刈し、毎年乾期に芽つみして、不要な徒長枝をなくする。
 - ⑦ エスタノカーにからみついている雑草、雑木類は乾季に撤去する。雨季は剪定鋏で基部で切って枯らすのみにして、雨季の病原菌の伝播時期にコンヨウ樹に傷を付けることを避ける。
 - ⑧ 敷草、堆肥を表面に施用する場合は株元より約40cm以上離れた所に行い、多用は避ける。
 - ⑨ 除草は適当に行う。特に、補植苗の周囲は早目に丁寧に行う。

11 あとがき

— 特産地形成への道 —

1942年頃から始められたブラジルにおけるコショウ栽培は、第2次世界大戦後東南アジア地域におけるコショウ生産の激減から、需要に対する生産量の世界的不足の影響を受けて、著しく隆盛を極め、コショウ黄金時代を迎えるに至って、コショウ特産地としての地歩を固めたかに見えた。日系移住者に巨万の富をもたらしてアマゾン流域およびブラジル各地へと拡がって行ったコショウ栽培も、この黄金時代の訪れを機に、1962年頃より胴枯病および根腐病が目立った発生を示し始め、1965年頃より一部地域に胴枯病が激発し、以後、栽培地全域へと蔓延して行った。栽培を始めた当初は、病害の発生を恐れて、丁寧に処置していた農業者も、黄金時代の到来と共に栽培規模が急速に拡大し、労働者まかせの栽培になりがちで枯死による減収分をあらかじめ見越して、その分だけ多く栽植しておくことによって目的の収量を確保する方法がとられるようになって、ただ収益を上げることをのみ考える傾向の農耕法がとられるようになった。そして病害は病原菌のなすがままに放置され、遂に、コショウ栽培を不能にする今日の激発をまねくに至ったのである。これはまさに、一般に特産地が等しくたどる公式的な道を忠実に走ったと云えよう。

コショウ栽培の将来を脅かすような病害の激発を見るに至って、病害についての調査研究が開始された。Dr. F. C. Albuquerque、渡辺龍雄博士や鶴崎宗雄技師らによって、*Fusarium* 属菌による病害であることが指摘され、F. C. Albuquerque (1976)によって、病原菌は *Fusarium solani* f. sp. *piperis* と命名された。^{1,4)}

しかしながら、東南アジアのコショウの根腐病の病原菌は *Phytophthora* sp. であることが定説になっており、ブラジルのコショウの根腐病のみが *Fusarium* 属菌であることが単純に疑問視された。さらに、防除の成果があがらなかったこともあって、線虫主因説および生理障害説も含めて多くの異説が提唱されるに至って、再び混沌とした主因不明の状態に陥り、農業者のみならず技術指導者さえ病害なのか生理障害なのかの判断さえ見失ってしまったのである。基礎的研究の裏付けに乏しい農業技術の脆さを示す良い例といえよう。

ブラジル国よりの JAMIC、JEMIS の撤退問題はアマゾニア熱帯農業総合試験場における試験研究の存続にも波及する状況になり、1980年、風雲急を上げる中で、原点に帰って、本病の主因究明に始まる防除体系確立への基礎的研究を強力に推進することを、国際協力事業団ならびに外務省が計画されたことはまさに卓見というべきで、敬意に価することといえる。

1980年7月、アマゾニア熱帯農業総合試験場挙げての協力体制の中で本研究は開始されたのである。筆者らはまず、コショウ病害発生の経過の聞き取り調査にはじまり、病害発生の現状調査、病徴の分類に着手し、数種の選択分離培地を用いての病原菌の分離、病徴との関連性、病変組織中における菌の分布などについて、詳細にわたる調査研究を行なった。そして、胴枯病およ

び根腐病共に、1976年、ブラジルの学者F. C. Albuquerque氏によって同定された、*Fusarium solani* f. sp. *piperis* に基因する病害であることを再確認すると共に、これが主因であることの科学的証明を行なった。無傷接種による病原菌の侵入門戸の究明、寄主体内における病原菌の蔓延、コショウ樹枯死機構などの寄主体感染機作の解明、伝播経路に関する生態的研究、寄主範囲に関する試験、有効農薬のスクリーニングテスト、薬害試験、防除効果試験など総合防除体系確立に至る一連の研究を行なった結果をここに取り纏めた。

特に、感染機作については走査型および透過型の電子顕微鏡による組織ならびに細胞学的に詳細な研究を行なったが、これは一重に主因追究の徹底を期し、本病原菌の性状を知る上に重要で、これら一連の研究成果によって、もはや、本病の主因は疑問の予知もなく明らかにされたものと結論できよう。

しかしながら、特産地形成に向けてのより良い病害防除技術追究の研究には終りはなく、本研究はその端緒を見出したにすぎないと思う。科学的な正しい視点に立つて、今後、より効果的な、また、省力化出来るものは省力化した、より良い、現実に即した防除技術の確立へのためまない研究が続けられることを熱望するものである。

連作農業における病害激発の歴史が等しく示しているように、当初は点発的な発生を示すに過ぎない病害が、病害対策を無視した、増収中心の栽培技術により、病原体の密度を高めて激発するに至って、はじめて病害問題が重視される例は極めて多い。気付いた時は、すでに遅く、手の付けられない状態になっていることに加えて、その病害に関する基礎的な研究がほとんどをされていないために、なす術もなく、遂には栽培不能になって特産地が移った例は枚挙にいとまがない。

特に、大規模な農業経営では、必然的に粗放的な農業になりがちで、大面積に渡って同一作物を栽培する場合は病害による被害は年々増加の一途をたどるのが常である。

1868年、スリランカにおけるコーヒー栽培はさび病の激発により絶滅の危機に落ち込んだことはあまりにも有名である。ブラジルにおいても、1970年にコーヒー園にはじめてさび病 (*Hemileia vastatrix*) が発生し、これが大面積に渡って蔓延し、激甚な被害をもたらすに至って、特産地は病害の発生のない地域へと移って行った。³⁴⁾

19世紀、中南米のバナナは大被害を受けたが、このバナナ栽培はバナナ病(萎凋病) (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) や斑葉病(シカトカ病) (*Mycosphaerella musae*, *M. minima*, *M. musicola* の3種による) などの激発により甚大な被害を与えられた。³⁴⁾

一般に、特産地は移動するといわれるのは、このような病害の激発に起因する場合がほとんどといってよい。日本で有名な二十世紀梨は鳥取名産として市場をほしいままにしているが、この品種が他県では特産地としての栽培を困難にしているのは、この品種が黒斑病 (*Alternaria kikuchiana*) に非常に弱く、この病害を出さないで栽培を続けることが非常に困難なことに原因がある。二十世紀梨樹の誕生以来約100年、その栽培の歴史は黒斑病との闘争であったとい

われている。遺伝的に黒斑病に弱いという性質を持つ、この味の良い二十世紀梨の栽培を、鳥取県は県をあげての黒斑病防除対策の徹底により、病気の無い二十世紀梨の栽培を可能にしているのである。これはまさに全県的協同防除努力の賜であり、他県の追従を許さず、鳥取名産の名にふさわしい特産地の形成とその維持に成功しているのである。

一般に特産地における集団栽培は必然的帰結として病原菌の密度を高めるものである。従って果樹の特産地形成とその永年にわたる維持には、その地域農民の一致協力による協同防除体制の確立とその実施なしには困難である。

本著において述べた総合防除対策の実施も、日系人、ブラジル人を問わず、コショウ栽培地域の全農民による協同実施なしには、胴枯病および根腐病激発の現状を終息させ、安定生産の道を確立して、コショウ特産地としての地歩を維持存続することは困難である。これはコショウ栽培だけの問題ではなく、すべての永年果樹栽培において考えなければならない問題と云える。

ブラジルアマゾンの地が、真に緑の楽園として繁栄するためには、単に自己の今日的利益のみに終始することなく、将来を見据えた、子子孫孫まで授益をもたらす農業を営むことが大切である。他人に依存するのみの協同であってはならない。協同、協調の精神において、自ら為すべきを為すことこそ肝要である。何ごとにも、自信を持つことは大切であるが、単なる信仰ではなく、科学的根拠に立脚した自信でなければならない。

本著に述べた総合防除体系が、ブラジルのコショウ栽培における安定生産の道の開発に役立ち、特産地としての地歩を固めるための一助ともなれば幸いである。

謝 辞

本研究を行うに当たり、非常に多くの方々より御助言、御協力をいただいた。京都大学農学部植物病理学研究室 山本昌木教授、彌山慈孝助教授、石田紀郎および古沢敬両博士、同農薬研究施設 上山昭則教授および津田盛也博士、武田薬品工業株式会社農薬研究所 松浦一穂博士、前宇都宮大学 渡辺龍雄教授、信州大学繊維学部 松尾卓見教授、国立博物館 土居祥兌博士、農林水産省岸岡平、梶尾敏宏、駒田且、小林紀彦、一戸稔、工藤和一ならびに根本正康博士、日本専売公社たばこ試験場 魚住哲郎前場長、茨城農業試験場 松田明博士、日本電子株式会社ブラジル支所 大橋伸一前所長、日本およびブラジル国の農薬会社の方々、国際協力事業団前移住海外事業部 宮広千代蔵部長、同 栄田剛前農牧課長、移住事業部 北村孝部長、同海外事業課 宮川清忠前課長、鈴木昭雄課長、湯川修介および有賀秀夫氏、筑波国際農業研修センター 寺神戸曠所長、ブラジル国滞在中、ブラジル日本大使館の方々、ベレン総領事館 辻羊三前総領事、南坊進策総領事、JAMIC-ベレン支部 仁科雅夫前支部長、鍋木功前課長、松田潤治郎前課長、山中正二前職員、野田豊記前課長、奥田隆男支部長、宮島晃一課長、飯塚二三夫課長、池田厚職員および職員各位、アマゾン熱帯農業総合試験場 阿相繁前場長、遊佐健輔前研究室長、栄田剛場長、山県正安課長、大堂志郎、永井和夫、橋本明博職員等、同前専門家 岸光夫博士、実際

の研究を共に行った平形広および浜田正博職員、トメアスー事業所 高橋順治郎前所長はじめ職員の方々、トメアス在住の平賀練吉博士、鶴崎宗雄氏、トメアス文化協会 大沼春雄会長はじめ職員各位、トメアス産業組合 山田元理事長はじめ職員各位、マンジョカ協会の各位、トメアス自治会 権会長、トメアスはじめブラジル在住の多くの農家の方々、JAMIC-リオデジャネイロ支部、同ブラジリア出張所、サンパウロ支部はじめ各地のJAMIC支部の方々、リオデジャネイロ大学 R. D. Machado 教授および W. de Souza 助教授、北伯農牧研究所 (IPEAN) Dr. F. C. Albuquerque および Dr. M. L. R. Duarte、ブラジル国立農務省パラ州支局植物防疫局長、Dr. H. Ikeda、ブラジリア大学 E. W. Kitajima 教授等の方々に対し、深甚なる謝意を表す。

12 引 用 文 献

1. Albuquerque, F. C. (1961) Podridão das raízes e do pé da pimenta do reino. Circ. Inst. Agrop. Norte. No. 5: 1-45.
2. _____ (1966) Podridão do pé da pimenta do reino (*Piper nigrum* L.), causada por *Phytophthora palmivora*. Atas Inst. Micol. Recife. 5(3): 468-491.
3. _____ (1968) Nota prévia sobre a enxertia da pimenta do reino (*Piper nigrum* L.). Cerc. Inst. Pesq. Exp. Agrop. Norte (IPEAN). No. 14: 1-25.
4. _____ (1976) Características morfológicas e fisiológicas de *Nectria haematococca* f. sp. *piperis* e sua patogenicidade a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). Tese apresentada a Universidade Federal de Vicosa, Brasil.
5. Duarte, M. L. R. & F. C., Albuquerque (1980) Eficiência de diferentes fungicidas no tratamento de estacas de pimentado-reino (*Piper nigrum* L.) infectadas por *Nectria haematococca* (*Fusarium solani* f. sp. *piperis*). Fitopatologia Brasileira 5: 169-175.
6. _____ . _____ (1975) The influence of nutrient media on the development and sporulation of *Fusarium solani* f. sp. *piperi* cultures. Pesqui. Agrop. Bras. Agron. 10(11): 1-5.
7. Fukutomi, M., K. Hirakata & M. Hamada (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers: (1) The actual occurrence in the Amazon. XIV Cong. Brasil. de Fitopatol., Porto Alegre (1981), Programa e Resumos. P. No. 130.
8. _____ . _____ . _____ (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers: (2) Isolation of the pathogenic fungus with five selective isolation media and pathogenicity of isolates to stems and roots. Ibid. P. No. 148.
9. _____ . _____ . _____ (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers: (3) The relationship among four types of symptoms and distribution of degenerated tissues by infection. Ibid. P. No. 138.
10. _____ . _____ . _____ (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers: (4) Anatomical observations on the distribution of the hyphae of the pathogenic fungus in invading tissues and the blockade of vessel cells. Ibid. P. No. 139.

11. _____ . _____ . _____ (1981) Studies on the stem rot and root rot diseases of black-peppers: (5) Taxonomy of the pathogenic fungus. Ibid. P. No. 140.
12. _____ . _____ . _____ (1981) Electron microscope studies on the infection of stem and root rot diseases caused by *Fusarium solani* in black-peppers. VIII Coloquio da Sociedade Brasileira de Microscopia Fletronica, Rio de Janeiro (1981), Resumos. P. 46.
- 13 福富雅夫・平形 広 浜田正博 (1982) 胡椒の胴枯病及び根腐病の過去における発生の実態に関する聞き取り調査結果。国際協力事業団・業務資料 № 640 : 221-230。
14. _____ . _____ . _____ (1982) アマゾン流域における胡椒胴枯病及び根腐病発生の現状。同上資料 № 640 : 231-235。
- 15 _____ . _____ (1982) 胡椒胴枯病、根腐病発病樹の病徴と根、茎組織の感染、病変との関係。同上資料 № 640 : 236 - 。
- 16 _____ . _____ (1982) 胡椒の胴枯病および根腐病の感染菌の組織内蔓延、導管閉塞などに関する解剖学的観察。同上資料 № 640 : ~
- 17 _____ . _____ . _____ (1982) アマゾン流域におけるコンヨウ胴枯病および根腐病の過去における発生の実態。関西病虫研報。24 : 20~27
- 18 _____ . _____ . _____ (1982) ブラジルのコンヨウ栽培地域における胴枯病の激発とその主因について。日植病報 48(3) : 355。
- 19 _____ (1982) ブラジル農業における連作障害と病害。微生物資源利用研究会 第5回微生物研究開発セミナー講演集 p. 33~36。
20. _____ . 平形 広・浜田正博 (1982) コンヨウ胴枯病および根腐病菌に対する薬剤効果試験。国際協力事業団・昭和56年度試験研究実績。
21. _____ . _____ . _____ (1984) コンヨウ胴枯病および根腐病における道管内潜在感染。日植病報 50(1) : 122。
- 22 _____ . 津田盛也・平形 広・浜田正博 (1983) 各種 *Fusarium* 属菌のコンヨウに対する非病原性について。日植病報 49(3) : 393。
- 24 一戸 稔 (1978) コンヨウ根腐病防除のために。国際協力事業団・業務資料 № 464 : 1~55。
- 25 _____ (1979) ビメンタとの語らいの日々 一専門家のアマゾニア熱試の記録 国際協力 1979-7 : 45~50。
26. _____ (1980) コンヨウ病害とネコブセンチュウ ブラジル国アマゾン3年の記録 北日本病害虫研報 № 31 : 1~8。

23. Holliday, P. & W. P. Mowat (1963) Foot rot of *Piper nigrum* L. (*Phytophthora palmivora*). Commonwealth Mycol. Inst., Kew Surrey. Phytopathological paper No. 5: 1-69.
29. Kobayashi, N. et al. (1978) Studies on the soil borne diseases of economic plants in Thailand, with special reference to *Phytophthora* diseases. Tropical Agr. Res. Center, Japan, Special Report. p. 1-124.
27. 岸 国平 (1983) マレーシア サバ・サラワク両州における農業技術。熱帯農業 27: 93~94。
28. 岸 光夫 (1982) コショウ栽培のコノ 樹齡延長と生産安定 。国際協力事業団・業務資料 657: 1~25。
30. 寺神戸 巖 (1974) 香辛料類、胡椒 - 病害。南米農業要覧 (海外移住事業団編・監修) pp. 710~725。(全国農業改良普及協会発行)。
31. 渡辺龍雄 (1961) 胡椒の病害。熱帯農業 4(4): 183~186。
32. _____ (1963) 胡椒 (ビメンタ) の根ぐされ病とその防ぎ方。日本海外協会連合会: 農業移住者教材 p. 1~31。
33. _____ (1963) アマゾン地域における胡椒の根ぐされ病について。熱帯農業 7(1): 17~21。
34. _____ (1977) 熱帯の果樹と作物の病害。(養賢堂、東京)

写 真 説 明

記号：AR—付着根、BV—閉塞道管、C—大型分生孢子、E—表皮細胞、FB—結果枝、FI—幼結果枝内部組織、G—発芽管、Ge—ゼラチン状物質、H—菌糸、IH—組織内蔓延菌糸、L—葉柄基部、P—柔組織の縦断面、PH—侵入菌糸、SE—茎表皮の表面、St—茎、V—道管。

病原菌：*Fusarium solani* f. sp. *piperis*

第19図 コショウ茎における結果枝出芽部および付着根基部の形態、胴枯病菌の寄主体侵入ならびに分生孢子形成状態の走査電子顕微鏡写真。

- 1、2—茎先端第3節(1)および第4節(2)における幼結果枝基部の形態。
- 3—付着根出現部の形態。
- 4、5—結果基部の亀裂部よりの病原菌の侵入。
- 6—幼結果枝表皮上における分生孢子の発芽。
- 7—幼結果枝基部組織における病原菌発芽管による表皮細胞縫合部よりの侵入。矢印は発芽管による細胞縫合部よりの直接侵入点を示す。
- 8—幼結果枝表皮細胞縫合部より直接寄主体侵入を行っている。
- 9—病原菌を接種して発病した胴枯病罹病茎上における大型分生孢子の形成。

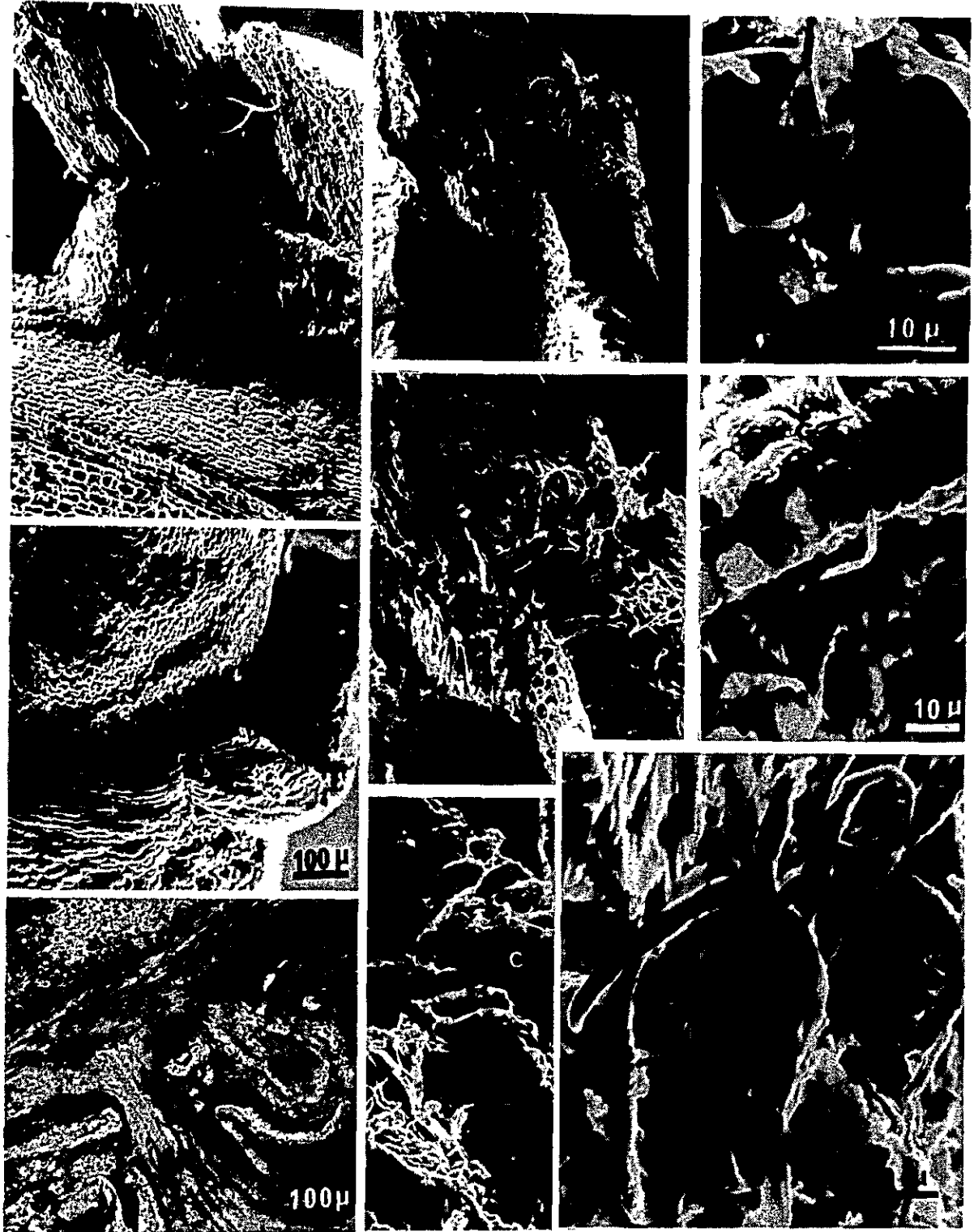
第20図 コショウ健全茎における病原菌菌糸による傷口侵入および感染組織横断面の走査電子顕微鏡写真。

- 1—健全茎道管の横断面。
- 2—同縦断面。
- 3、4—病原菌菌糸による茎の傷口侵入。道管内へ多数の菌糸が侵入している状態。
- 5—胴枯病感染茎の病斑近くの健全部との境界部の横断面。道管内に菌糸が蔓延している。

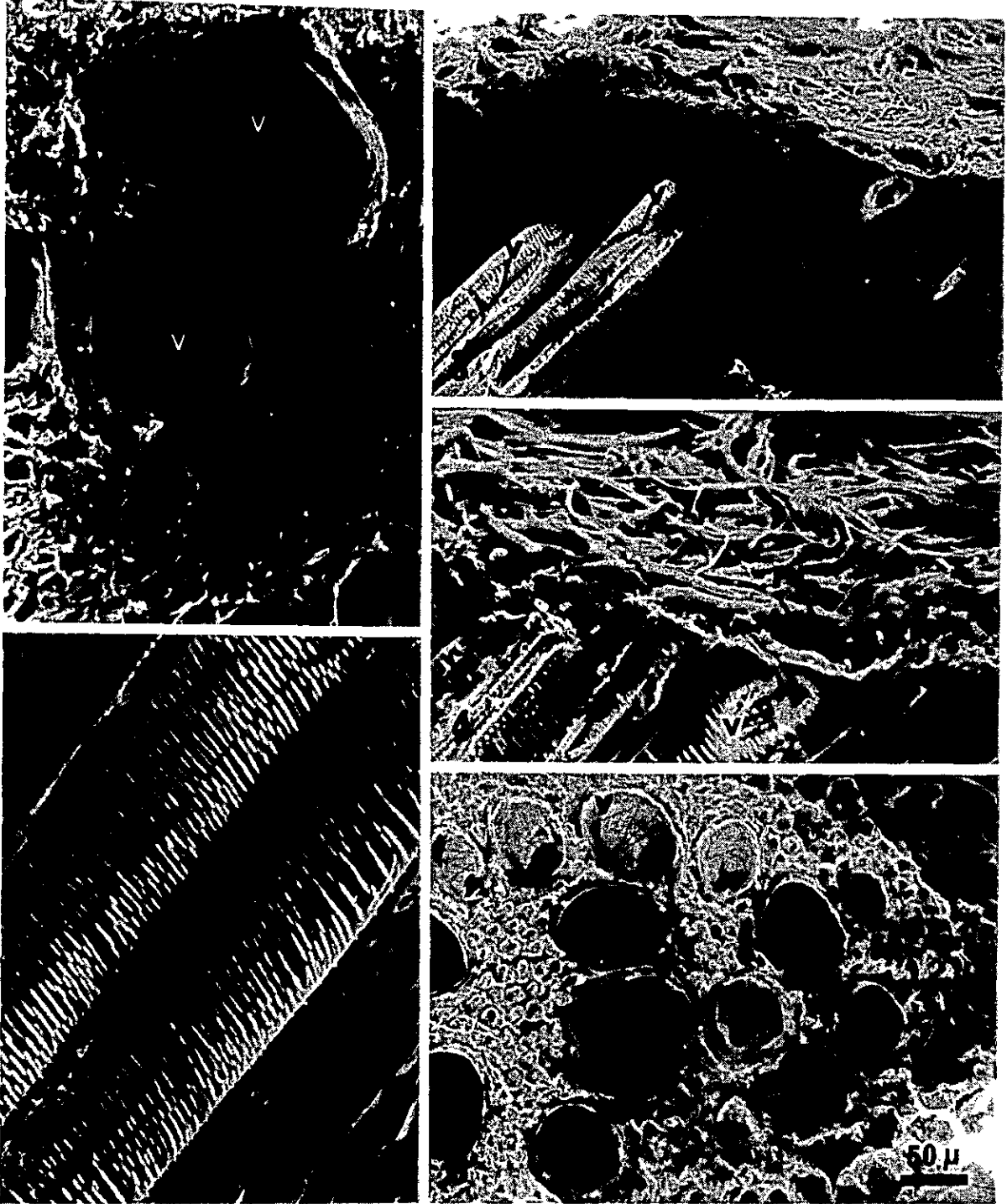
第21図 コショウ胴枯病および根腐病感染組織の道管内における病原菌の蔓延と道管閉塞の走査電子顕微鏡写真。

- 1—根腐病感染根の病斑境界部近くの外観健全部の潜在感染。道管中における菌糸の蔓延状態(縦断面)。
- 2—胴枯病感染茎の病斑境界部近くの道管内における病原菌菌糸の蔓延状態(縦断面)。
- 3—胴枯病病斑と健全組織の境界部近くの道管中の病原菌菌糸とゼラチン状物質生成初期の状態(横断面)。
- 4、5—根腐病罹病根の壊死組織における道管のゼラチン状物質による閉塞の状態。閉塞されていない道管はまれにしかなく、ほとんどの道管が閉塞されていた。

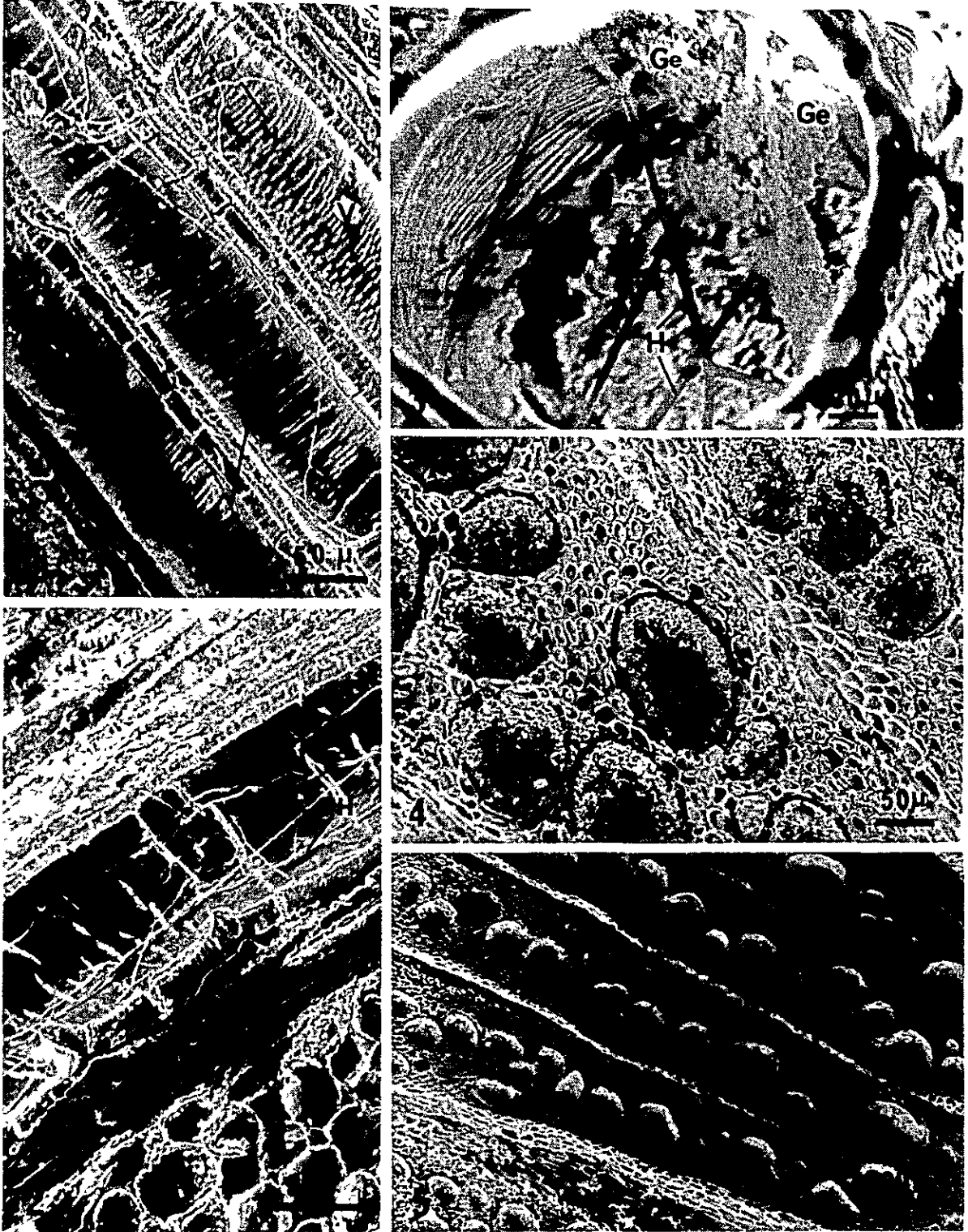
第 19 图



第 20 图



第 21 圖



JICA