

琉球大学学術リポジトリ

沖縄に分布する Phytophthora 属菌と植物疫病とくにパインアップルしんぐされ病 に関する研究(農学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田盛, 正雄, Tamori, Masao メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4363

沖縄に分布する *Phytophthora* 属菌と植物疫病 とくにパイナップルしんぐされ病に関する研究

田 盛 正 雄*

Masao TAMORI: Studies on the genus *Phytophthora* and pineapple heart rot disease found in Okinawa

目 次

はじめに.....	2
I. <i>Phytophthora</i> の種類と疫病.....	3
II. 菌糸和合性による類別.....	11
1. 対峙培養による卵胞子の形成数.....	13
2. 対峙培養菌の卵胞子の大きさ.....	13
3. 対峙培養菌の卵胞子の発芽.....	13
4. 考 察.....	17
III. 宿主範囲と病原性.....	18
1. 幼植物に対する病原性.....	19
2. 果菜類に対する病原性.....	23
3. パイナップル葉に対する病原性.....	25
4. 考 察.....	27
IV. パイナップルしんぐされ病の病理学的研究.....	27
1. 外国における研究.....	27
2. 沖縄における発生状況.....	28
3. 病原菌.....	32
4. 遊走子のうと遊走子の形成と発芽.....	32
5. 病原菌の宿主への侵入と発病経過.....	37
6. 防 除.....	41
7. 考 察.....	44
V. 摘 要.....	44
VI. 参考文献.....	46
Plates の説明.....	54
Plates.....	57
Summary.....	70
謝 辞.....	72

* 琉球大学農学部農学科
琉球大学農学部学術報告 21: 1~72 (1974)

は じ め に

この論文は、沖縄に分布する *Phytophthora* 属菌について、その形態的、生理的特徴、病原性を調べ Sexually compatible mating group を究明し、本菌の種類と、それに起因する疫病類について記録した。また、最も多くの植物から分離された菌は *P. nicotianae* var. *parasitica* であり、それは、沖縄における疫病類の中でも被害の多いパインアップルしんぐされ病の病原であることから、最後に、沖縄における本病の分布、病原菌とその性質、発病の特徴、防除法などに関する研究をまとめたものである。

ここでいう沖縄とは、九州と台湾の間に点在する琉球列島中の南西部、北緯 24°~27°、東経 123°~132° の範囲内にある約 60 の島々からなる群島のことである。総面積は約 2,245 km² で、年平均気温は、沖縄本島で 22°C、年間降雨量 2,000 mm 以上で、湿度も高い亜熱帯性気候である。多くの *Phytophthora* 属菌の生育適温は 20~28°C の範囲にあり、水湿はとくに密接な関係があるので、年間を通して本菌の生育に適した時期が長いこの地域での本菌の発生は、非常に目立つ。このようなことから、その研究は意義深いものと考え、著者は、1964 年から、その時までは皆無に等しかった本菌の研究を試み、ここにまとめた。

Phytophthora 属菌は、一般に、その宿主植物に対して、強い病原性を示し、本菌による有用植物の疫病は、農家、園芸家などから恐れられ、植物病理学者、菌学者らからも注目され、多数の報告がある。

本菌の分類に関しては、多くの研究者によっていろいろな角度から試みられた。例えば、Tucker (125) は、アメリカにおいて、本菌の形態、生理、病原性などに基ついて分類し、Leonian (71, 73) も形態、生理の面から分類を試みた。Waterhouse と Blackwell (131) は、イギリスにおける本菌を、おもに形態的、生理的な面から検討し、Waterhouse は更に、全世界の原著を収録し、(132)、それに基づいて 1963 年に "Key to the species of *Phytophthora* de Bary" を発表した (134)。日本においては、伊藤が、1935 年までに発表された本菌について詳細に記録した (55)。また、桂 (62, 63) は、Waterhouse の分類方式を採用して 1970 年までの記録を整理した。

本論文 I では、沖縄産 *Phytophthora* 属菌を Waterhouse の分類方式に従って分類記録し、とくに栽培植物の疫病の病原菌がどの種類であるかを明らかにするためにまとめた。

Phytophthora 属菌には、単一培養では有性時代を形成しないものがあり、他の系統あるいは種類との対峙培養によって形成することがわかってから、Smoot ら (108) が 1958 年に 2 つの Sexually compatible mating group があることを発表し、以来、その方面の研究が盛んになった。Savage ら (99) は、*Phytophthora* を、(i) Homothallic with predominantly paragenous antheridia, (ii) Homothallic with predominantly amphigynous antheridia, (iii) Heterothallic with compatibility type A¹ and A² and amphigynous antheridia の 3 つのグループに分けられるとした。卵胞子は、一般に発芽率が非常に低いことが知られている。

沖縄産菌株の多くが、ほとんど単一培養では卵胞子を形成しないので、対峙培養によって有性時代を形成させ、mating group or compatibility type A¹ と A² の存在を明らかにし、発芽の現象をも究明するために本論文 II においてまとめた。

Phytophthora 属菌の宿主範囲は、Hickman (47) によると、大きく分けて 1) 1 科あるいは 1 属、1 種に限られるものと、2) 多数の科、属におよぶものの 2 つに分けられる。また、本菌の病原性についても多くの報告がある。例えば、抵抗性の品種を通過した菌は、その侵害力が漸進的に増加

する (81, 90)。本菌の病原性は、最後に通過した宿主によって決定される (19, 137)。ほとんどの菌株は、分離された宿主と同じ種類の植物に接種するとき最も激しく発病する (40) などである。

本論文Ⅲでは、沖縄における本属菌の宿主範囲や病原性を調べることによって、沖縄産 *Phytophthora* あるいは疫病の実態を知る目的でまとめた。

多くの採集品を検討した結果、沖縄において栽培植物に寄生する *Phytophthora* 属菌の大部分は、*P. nicotianae* var. *parasitica* であることがわかった。この菌は、パイナップルしんぐされ病の病原として異常発生することから、最後に、Ⅳにおいて本病の病理学的研究としてまとめた。

I. *Phytophthora* の種類と疫病

本菌の分類に関しては、Waterhouse (135) も指摘しているように、いまなおいくつかの問題が残されている。例えば、いくつかの種類は、いろいろ変遷をたどり、いまだに種の同定が困難である。その原因として、分類のかぎである有性時代の卵胞子を形成しない菌株があることや、無性時代の各種胞子の大きさの範囲が広くて、種類間の区別が判然としないことや、その他の性質も種類間差が少なく、これといったかぎがみつからないことなどによる。

自然分類法に必要な条件の一つである無性時代の各種胞子の大きさは、前記のとおり変異が大きく、本論文の各種類の記載 (Waterhouse (134) の記載を参照した) と表1の大きさには必ずしも一致しないものもある。表1は、沖縄産菌株と、京都府立大学菌株 (既知種) を V-8 juice agar 培地上に培養して、そこに形成された無性時代の各種胞子の大きさを測定した結果である。表2は、表1の結果から、既知種を基準にして、沖縄産菌株がいずれの種類に属するかを決定する試みとして比較したものである。その結果も種の同定の参考にした。

本論文にまとめた種の同定には、菌の有性時代、無性時代の形態的特徴、生理的特徴、宿主範囲などをとくに、Waterhouse (134) の "Key to the species of *Phytophthora* de Bary" に従って決定した。それによると、沖縄に分布する *Phytophthora* 属菌は、6種と1不明種である。

大部分は、春と秋に発生が多いが、発生期間の長いものと短いものの区別がはっきりしている。発生時期の長い種類には、*P. colocasiae* と、*P. nicotianae* var. *parasitica* があり、*P. colocasiae* は春から秋にかけてよく発生し、*P. nicotianae* var. *parasitica* は、冬の一時期を除いて、ほとんど年中発生する。発生時期の短い種類には2種類あり、*P. cyperi* は高温時に発生し、*P. infestans* f. *infestans* は、冬期にごく短期間に限られて発生する。

ナスとシュンギクから分離した菌は、種の同定が出来なかったので、*P. sp.* とした。ことに、シュンギク (*Chrysanthemum coronarium* L.) は、*Phytophthora* 属菌の宿主としては、はじめてのものと思われる。その他に、*P. nicotianae* var. *parasitica* の宿主として、ニガウリ (*Momordica charantia* var. *pavel*) が、はじめての種類であり、キュウリ (*Cucumis sativus* var. *tuberculatus*) もめずらしい宿主として追加された。

以下は、沖縄に分布する本属菌と、それに起因する疫病について、菌の種類、菌の形態と生理、疫病の種類、病徴と沖縄における発生などについて記録した。

Table 1. Size of zoosporangium and zoospore of *Phytophthora* isolates found in Okinawa

Isolates	Zoosporangium				Papilla		Exit pore		Zoospore		note	
	Mean L*	W	Range L	W	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range		
P - 4	48	37	13-80	10-52	1.30	3.6	10-7.5	55	28-78	89	63-125	<i>P. palmivora</i>
P - 11	47	33	16-68	10-47	1.42	4.6	1.3-8.6	4.5	25-67	100	7.5-12.5	<i>P. n. parasitica</i>
P - 10 (4)	45	35	16-68	13-49	1.31	5.8	2.3-13.0	4.8	25-7.7	90	60-12.7	"
P - 6	45	32	10-73	10-49	1.43	4.4	1.3-9.1	5.0	23-7.5	100	7.3-13.0	"
P - 11 (3)	45	35	18-62	22-51	1.31	4.7	2.3-7.5	6.3	30-8.8	100	7.3-15.6	"
P - 11 (2)	44	34	19-61	15-46	1.29	4.3	2.1-7.5	6.2	30-8.8	112	7.5-16.1	"
P - 12	42	31	16-65	10-49	1.41	4.1	1.3-10.1	4.7	23-7.5	98	5.7-13.0	"
P - 2	42	32	13-73	10-43	1.35	5.2	1.3-9.9	4.4	25-7.5	100	4.7-10.9	"
P - 10 (5)	42	31	21-66	16-44	1.35	5.4	2.6-10.4	4.8	22-7.7	96	7.5-13.0	"
P - 3	41	30	24-58	16-39	1.39	3.3	1.3-5.5	4.3	25-5.0	102	7.8-13.7	"
P - 10 (3)	41	27	16-60	13-43	1.50	4.4	2.1-8.6	4.4	22-5.8	93	5.2-13.8	"
P - 5	39	31	16-70	13-44	1.31	4.2	1.3-7.8	4.6	25-6.5	102	5.2-12.7	"
P - 10 (2)	39	28	16-62	13-42	1.44	4.9	1.6-8.6	4.0	22-5.8	88	5.2-13.5	"
P - 9	39	30	16-73	13-49	1.31	3.9	1.3-6.5	5.6	3.3-7.8	95	5.2-11.7	"
P - 13	38	29	15-70	10-49	1.31	3.7	1.3-7.8	6.0	3.0-9.3	90	5.2-13.0	"
P - 10	37	29	10-65	9-49	1.26	3.2	1.3-7.8	5.6	3.5-7.5	99	7.8-12.5	"
P - 7	36	28	13-73	10-49	1.28	3.5	1.3-8.6	4.7	2.5-6.5	92	5.2-13.0	"
P - 8	28	25	13-51	11-49	1.13	3.1	1.0-6.5	3.9	2.0-5.8	106	5.5-15.6	"
P - 1	26	21	13-54	10-34	1.26	2.8	1.0-5.2	4.0	2.5-6.5	96	5.2-11.7	"
P - 10 (6)	57	36	30-83	22-55	1.61	-	-	14.2	6.9-19.3	16.3	13.8-19.3	<i>P. cinnamomi</i>
P - 14	40	24	18-62	13-33	1.68	3.2	2.1-7.5	-	-	-	-	<i>P. collocastae</i>
Isolates 002 of Kyoto 018 pref. Univ.	57	37	38-90	28-46	1.53	4.6	3.4-6.0	6.4	4.4-8.0	11.2	10.0-13.6	<i>P. capsici</i>
	44	30	28-52	18-40	1.46	5.2	3.6-6.0	4.5	2.6-6.0	98	8.0-12.0	<i>P. n. parasitica</i>
	48	39	32-58	28-52	1.22	5.1	3.0-5.0	5.2	4.6-6.0	9.4	8.0-12.0	<i>P. palmivora</i>

* L = Length W = Width

Table 2. Comparison of spore size of *Phytophthora* isolates found in Okinawa to the known species

Isolates	<i>P. capsici</i> 1)					<i>P. palmivora</i> 1)					<i>P. parasitica</i> 1)				
	L	W	P	A	Z	L	W	P	A	Z	L	W	P	A	Z
P - 1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	+	**	**	**	+	+
P - 2	**	*	+	**	*	+	**	+	*	+	+	+	+	+	+
P - 3	**	**	**	**	+	*	**	**	**	+	+	+	**	+	+
P - 4	**	+	*	**	**	+	+	**	+	+	+	**	**	**	+
P - 5	**	**	+	**	**	**	**	*	+	+	+	+	*	+	+
P - 6	**	*	+	**	*	+	**	+	+	+	+	+	+	+	+
P - 7	**	**	*	**	**	**	**	**	+	+	*	+	**	+	+
P - 8	**	**	**	**	+	**	**	**	**	*	**	**	**	+	+
P - 9	**	**	+	*	**	**	**	**	+	+	+	+	**	**	+
P - 10	**	**	**	*	**	**	**	**	+	+	*	+	**	**	+
P - 11	**	+	+	**	*	+	**	+	*	+	+	+	+	+	+
P - 12	**	**	+	**	**	+	**	*	+	+	+	+	*	+	+
P - 13	**	**	*	+	**	**	**	**	+	+	*	+	**	**	+
P - 10 (2)	**	**	+	**	**	**	**	+	**	+	+	+	+	+	*
P - 10 (3)	**	**	+	**	**	*	**	+	**	+	+	+	+	+	+
P - 10 (4)	**	+	**	**	**	+	*	+	+	+	+	*	+	+	+
P - 10 (5)	**	**	+	**	**	*	**	+	+	+	+	+	+	+	+
P - 11 (2)	**	+	+	+	+	+	*	*	**	**	+	+	*	**	**
P - 11 (3)	**	+	+	+	*	+	**	+	**	+	+	+	+	**	+
<i>P. capsici</i> 1)						**	+	+	**	**	**	**	+	**	**
<i>P. palmivora</i> 1)	**	+	+	**	**						+	**	+	*	+
<i>P. parasitica</i> 1)	**	**	+	**	**	+	**	+	*	+					

+: Belong to the same population

*, **: Belong to the different population (* : P = 0.05 ~ 0.01,

** : P < 0.01)

L : Length of zoosporangium

W : Width of zoosporangium

P : Height of papilla of zoosporangium

A : Width of apex of zoosporangium

Z : Diameter of zoospore (Cystospore)

1) : Isolates of Kyoto pref. Univ.

1. *Phytophthora cinnamomi* Rands

宿主および採集地

Ananas comosus Merr. パインアップル (1970. 11. 5. 石垣市宮良で採集 no. P-10(6))。

菌の形態と生理

菌糸には、径 $42\ \mu$ ぐらいの膨みを多数生ずる。遊走子のうは、広楕円形あるいは卵形で、大きさは $38\sim 84\times 27\sim 39\ \mu$ 、平均 $57\times 33\ \mu$ 。乳頭突起はほとんど形成されない。遊走子のうの $l:b$ (長さ/幅) は 1.61。蔵卵器は平均 $40\ \mu$ 、最大 $58\ \mu$ 、表面平滑、次第に黄色になる。卵胞子はほとんど蔵卵器内を充たし、膜の厚さは $2\ \mu$ 。蔵精器は $21\sim 23\times 17\ \mu$ 。生育最適温度 $24\sim 28^\circ\text{C}$ 、最低 5°C 、最高 $32\sim 34^\circ\text{C}$ 。遊走子のうは、土壤浸出液中に培養菌を移すことによってよく形成される。沖縄産菌株は、単一培養では有性時代を形成しない。

病徴と沖縄における発生

1) パインアップルしんぐされ病 (78)

病徴は、*P. nicotianae* var. *parasitica* と一致する。沖縄における本菌によるパインアップルしんぐされ病は、極めてまれで、これまでの調査結果では、石垣島の宮良で採集されただけである。

2. *Phytophthora colocasiae* Racib.

宿主および採集地

Colocasia esculentum Schott サトイモ (1965. 9. 20. 沖縄島石川; 1970. 11. 24. 首里 no. P-14; 1966. 5. 25. 名護; 1967. 6. 2. 糸満)。

菌の形態と生理

担子柄は、気孔から1~数本生じ、無色で細い、幅は $2\sim 4\ \mu$ 、遊走子のうは、楕円形あるいは長楕円形、高い乳頭突起を有し、無色、単胞、大きさは $38\sim 60\times 18\sim 26\ \mu$ で、 $45\sim 60\times 23$ が最も多い。底に $3.5\sim 10\ \mu$ の小柄がついて、担子柄から落ちやすい。 $l:b$ ratio は 1.68。厚膜胞子は $26\sim 30\ \mu$ (まれに $39\ \mu$)、膜は黄色で、 $3\ \mu$ に達する。蔵卵器は、直径平均 $29\ \mu$ (まれに $35\ \mu$)。卵胞子は膜の厚さが平均 $2.5\ \mu$ で、蔵卵器内壁から遊離している。蔵精器は底着で、大きさは $11\sim 13\times 11\ \mu$ 。これまでに調べた沖縄産菌株は、有性時代を形成しない。菌糸体は $12\sim 31^\circ\text{C}$ で生育し、 28°C でもっとも伸長する。遊走子のう形成温度の範囲は狭く、 $16\sim 28^\circ\text{C}$ 、最適温度は 24°C である。この菌の胞子のうの発芽は、本属菌の他の種類に比べて高温でおこり、最適温度は 24°C 、最低 5°C 、最高 34°C 附近にある (116, 117)。

病徴と沖縄における発生

1) サトイモ疫病 (100)

本病は、おもに葉身に発病するが、病状がはげしい場合は、葉柄、塊茎も侵される。葉身では、はじめ、葉縁の露など水滴が永く残る部分に多く発病し、内側にも及ぶ、病斑が結びついて形がくずれ、葉片は下垂するようになり、乾いた病斑部は、くずれて葉脈がかるうじて残って破れ傘状になるものもある。病斑は、はじめ水浸状の小さな斑点であるが、それを中心に広がり、色は褐色になり、表面にほぼ同心円状に、胞子柄と胞子のうが無数に形成されて白く見える。葉身の病状が激しくなると、葉柄、塊茎にも移行する。葉柄では、発病部分が細くなって軟腐し、その部分から上部が下垂する。塊茎も、発病すると軟腐する。沖縄では、サトイモ、ハスイモなどに、春から秋にかけてよく発生する。

3. *Phytophthora cyperii* (Ideta) S. Ito

宿主および採集地

Cyperus malaccensis var. *brevifolius* Boeckl. シチトウイ (1967. 5. 12. 沖縄島具志川市照間; 1969. 6. 26. 糸満)。

菌の形態

担子柄は、仮軸分枝を生じ、幅 4~10 μ 。遊走子のうは、卵形、洋梨形、あるいは長楕円形、大きさは平均 52 \times 30 μ (大きいものは 130 \times 44 μ)。乳頭突起は低い。遊走子のうの底には 4 μ ぐらいの小柄がついて、担子柄から落ちやすい。蔵卵器は、直径平均 42 μ (大きいものは 48 μ)。蔵精器は 20 \times 12 μ 、卵胞子は、蔵卵器の中にはほぼ一杯満ち、膜の厚さは 3 μ 。

病徴と沖縄における発生

1) シチトウイべつ甲病 (64)

茎、葉に発病し、はじめ表面に黄色の小斑を生ずるが、次第に拡大して不正形になり、褐色または暗褐色で、病斑部が乾枯して折れ上部が枯死する。夏に発生が目立ち、ことに多湿の日には、病斑上に白色のかび (遊走子のうと担子柄) が生ずる。

4. *Phytophthora infestans* (de Bary) f. sp. *infestans* Waterhouse

宿主および採集地

Solanum tuberosum L. ジャガイモ (1966. 2. 11. 沖縄島名護市宇茂佐; 1971. 2. 5. 宜野湾市我如古 no. P-15)。

Lycopersicon esculentum Mill. トマト (1965. 3. 19, 1969. 4. 4. 沖縄島首里; 1967. 2. 26. 浦添市城間)

菌の形態と生理

担子柄は、菌糸とはっきり区別され、遊走子のうを形成するときは先端に小さな膨みを形成する。厚膜胞子は形成しない。遊走子のうは、楕円形、卵形、担子柄から離れやすく、底部に細くなり、小柄は 3 μ 以下である。大きさは 29 \times 19 μ (大きいものは 59 \times 31 μ)。乳頭突起はあまり高くなく、普通 3~3.5 μ 、有性時代はあまり形成せず、異系統間の対峙培養によって形成される。蔵卵器は、直径 38 μ (大きいものは 50 μ)、球形から倒卵形、赤褐色。蔵精器を欠く場合もあるが、形成されるものはすべて amphigynous である。大きさは 17 (大は 22) \times 16 μ 。卵胞子は直径 30 μ 、膜は無色で厚さ 3~4 μ 。培養基中の菌の生育はおそい (適温で 1 日約 4 mm)。培養表面はふさふさしている。生育適温は 20 $^{\circ}\text{C}$ 、最低 4 $^{\circ}\text{C}$ 、最高 26 $^{\circ}\text{C}$ である。遊走子のうの発芽適温は 12~13 $^{\circ}\text{C}$ 、最低 2 $^{\circ}\text{C}$ 、最高 25 $^{\circ}\text{C}$ である。高温に弱く、30 $^{\circ}\text{C}$ で 65 時間位で死滅する。

病徴と沖縄における発生

1) ジャガイモ疫病 (53)

葉では、暗緑色水浸状の大きな円形病斑を、はじめ主に葉縁に生じ、間もなく葉表の病斑は淡緑色になり、その表面には一面に白色のかび (遊走子のうと担子柄) を生ずる。晴天になると、病斑は暗褐色に乾枯し、容易にくずれる。茎も発病すると軟腐する。塊茎が侵されると、暗色水浸状に軟腐する。病原菌が好低温性なので、本病の沖縄における発生時期は、おもに 2 月から 4 月のはじめ頃で、その期間も、他の疫病に比べて短い。年によって、その発生の激しい年と、ほとんど発生しない年がある。

2) トマト疫病 (113)

葉、茎、果実に発病する。葉、茎の病徴は、ほぼジャガイモ疫病に似ている。果実では、暗褐色からチョコレート色の不正形病斑を生じ、しばしば病斑部がくぼむ。早期落花を生ずるが、果実全体がチョコ

コレート色に腐敗するか軟腐はないようである。沖縄における発生時期は、ジャガイモ疫病に準ずる。

5. *Phytophthora nicotianae* (van Breda) var. *parasitica* (Dastur) Waterhouse

宿主および採集地

Abelmoschus esculentus Moench オクラ (1966. 6. 6. 沖縄島首里 no. P-12)

Allium fistulosum L. ネギ (1964. 11. 2. 沖縄島那覇市国場 no. P-7; 1965. 10. 26. 国場)。

Ananas comosus Merr. パインアップル (1964. 11. 17. 石垣島伊原間 no. P-10; 1970. 11. 5. 太田 no. P-10(2); 1970. 11. 5. 大野 no. P-10(3); 1964. 11. 19. 富野 no. P-10(4); 1964. 11. 20. バンナ no. P-10(5); 1964. 9. 2. 沖縄島呉我山 (果実); 1964. 9. 2. 伊豆味; 1964. 10. 5. 今帰仁村湧川)。

Carica papaya L. パパヤ (1969. 7. 15. 沖縄島首里 no. P-11 (果実); 1970. 11. 24. 首里 no. P-11(2) (茎), P-11(3) (根)。

Cucumis sativus L. var. *tuberculatus* Gabajev. キュウリ (1964. 11. 6. 沖縄島大里村 no. P-5)。

Epiphyllum hybridum Hort. クジャクサボテン (1967. 5. 28. 沖縄島首里 no. P-13)。

Lycopersicon esculentum Mill. トマト (1964. 11. 6. 沖縄島首里 no. P-2 (果実); 1965. 10. 22. 首里 (果実)。

Momordica charantia L. var. *pavel* Crantz ニガウリ (1967. 6. 10. 沖縄島首里 no. P-6)。

Nicotiana tabacum L. タバコ (1969. 7. 15. 沖縄島米須 no. P-3)

Catharanthus roseus G. Don ニチニチソウ (1966. 5. 3. 沖縄島糸満 no. P-9)。

菌の形態と生理

菌糸はじょうぶで、幅は不規則、広い部分で9 μ にも及ぶ、担子柄は、菌糸よりも細く、不規則に仮軸分枝する。遊走子のうは、幅の広い卵形か、楕円形、あるいは球形、先端部は急に細くならない。平均38 \times 30 μ (大は50 \times 40 μ)。 $l:b$ ratioは14あるいはそれ以下。遊走子のうは、菌糸の途中で形成されることもある。非常に短い小柄をつけて担子柄から離れる。乳頭突起は半球形、厚膜胞子は60 μ に達し、膜の厚さ3~4 μ 、頂生あるいは菌糸の途中で形成される。古くなると黄褐色になる。蔵卵器は、普通形成されるが、あるものは非常に少ないか、ほとんど形成されないものもある。異系統間の対峙培養によってよく形成する。*P. palmivora*のある系統との対峙によってもまばらに形成される。大きさは、平均24~26 μ (大は31 μ)。膜は、古くなると厚く、色も褐色になる。蔵精器は、球形あるいは卵形で10 \times 12 (~16) μ 。卵胞子は小さく、膜は2 μ 、扁平培養基上では、一定ではないが、一般に同心円に近いが不規則な波状の模様が見られる。生育適温は30~32 $^{\circ}$ C、最低10 $^{\circ}$ C、最高37 $^{\circ}$ Cあるいはそれ以上、病植物あるいは培地上では、普通は遊走子のうの形成が不良であるが、新鮮な水を加えることによって多数形成される。遊走子のうの発芽も、新しい水と換えることによってよく発芽する。

病徴と沖縄における発生

1) オクラ疫病 (122)

おもに幼苗に発生する。子葉あるいは本葉に暗色水浸状の円形あるいは不整形の病斑を形成し、病状が進行すると茎にも移行して苗が枯死する。本葉が数枚以上の植物に発病すると、株の上部だけ残って下部の病葉が落葉してしまうのがよくみられる。成株では、茎はなかなか侵されない。沖縄では、春から秋に発生する。

2) ネギ疫病 (101)

葉に暗緑色水浸状の斑点を生じ、そのあと病斑部から折れて葉は下垂する。多湿のときは、表面に白色のかびが生ずる。病状が進行して激しくなると株全体が枯死する。沖縄では、春と秋に多く発生する。

3) パインアップルしんぐされ病 (78)

発病した株は、全体、正常の緑色から黄緑色に変わると同時に、葉の先が褐色になる。その頃の葉は、下方に垂れ下って株の上方が開いた状態になる。また、しんの若い葉は、基部が腐敗して、束になって難なく引き抜くことができる。その基部は、黄白色に腐敗して悪臭がある。それは、2次発生の細菌が原因であるといわれている。腐敗は、次第に茎の若い部分に移行し、発病した茎はチーズのように柔らかくなる。若い果実に発病すると、全果実が腐敗し、萎縮して枯れる。成熟果実に発病すると、侵入部を中心に、限られた範囲だけ腐敗する。この病気は、発病時のパインアップルの生育時期によって、1) 幼苗期の発病と、2) 古株の結実期の発病の2つに分けられるが、大部分は、幼苗期の植え付け後4か月以内に発病する。古い株では、第1回あるいは第2回収穫後に出た吸芽で、結実前後に発病するのが多い。この病気は、冠芽、えい芽、吸芽、いずれの種類にも発病する。なかでも、えい芽に発病が多い。その理由は、沖縄で使用されている苗の大部分はえい芽であり、また、その苗の丈は低く、しん部が土壌表面に近く、水に浸る機会が多いからであると考えられる。冠芽の方がえい芽に比較して苗の丈が低くて発病も多いものと考えられるが、この苗は、ほとんど使用されないので、実際上は全く問題にならない。苗の丈が最も高い吸芽は、えい芽に次いでよく使用されている苗で、ある地域では発病のやや多いところもあるが、えい芽ほどではない。沖縄における本病発生の時期は、11月から翌年の4月頃で、とくに2月、3月に雨が多くと発生がいちじるしい。(その他詳細についてはIV-2参照)。

4) パパイヤ疫病 (86)

茎、葉、果実、根に発病し、茎では、若い茎の上部に多く、はじめ暗緑色水浸状の病斑があらわれ、茎の上部はしおれて結局枯死する。古い株では少ないが、発病すると幹が弱くなって風によって倒れることが多い。途中から折れたあと、乾燥状態の気候が続くことによって、幹の下部が健全ならば、そこから新しい幹が伸びてくることができる。葉では、輪郭の不明な暗色水浸状の大型病斑があらわれ、激しくなると全体枯死する。乾燥すると病葉はくずれやすくなる。果実は、熟、未熟果を問わず幹に着いたままでも発病する。水浸状の円形病斑があらわれ、それは暗褐色に変わり、のち、表面に白色のかびが生じ、進行すると全果がしなびて腐敗する。いくつかの発病果はミイラ化し、色は黒褐色になり、重さは非常に軽く、組織は石のように固くなる。それらが幹に残って次の伝染源として大きな役目を果たしている。発病適温は高温(30℃附近)にあり、最低15℃、最高34℃附近にある。沖縄では、春から夏にかけて高温多湿が続くとよく発生する。

5) キュウリ疫病

おもに葉、茎に発生し、葉では、はじめ暗緑色水浸状の円形または不正形の病斑を生じ、多湿のときはその病斑は急速に広がって軟腐する。乾燥すると淡褐色になって乾枯してくずれやすくなる。茎の病斑は、水浸状暗緑色で、腐敗したあとは病斑部から上部が下垂して枯れる。沖縄では、春と秋によく発生する。ことに幼苗の発生が激しい。

6) クジャクサボテン疫病 (115)

おもに茎に発病し、暗緑褐色水浸状の大型病斑を生じ、軟腐する。一般に内部組織がくずれて表皮が剥離する。病状が激しいと、中肋の維管束だけ棒状に残って全体くずれてしまうことがある。沖縄では、5~6月の梅雨期に多く発生する。

7) トマト褐色腐敗病 (102, 114)

本病は、おもに熟果に発生する。多くは、はじめ果実の先端部に円形で暗褐色水浸状の病斑を生じ、そのあと、そこを中心に、ほぼ同心円状の褐色輪紋を生ずることが特徴であるが、しばしばそれを欠くことがある。果実は軟腐するが、長い間果梗に残っている。多湿のときは、果実表面にかびを生ずる。沖縄では、10~11月頃に多く発生する。

8) ニガウリ疫病

幼苗期の茎葉に発病が多く、病徴はキュウリ疫病に似ている。結実期に果実が土壤に接すると、よく発病して軟腐する。春から夏にかけて多く発生する。

9) タバコ疫病 (101)

苗床でも発生するが、多くは、移植直後と、心止期頃から、地際部の茎や葉に発生する。苗では、はじめ茎あるいは葉に暗緑色の病斑を生じ、それは急速に広がって苗全体を枯死させることが多い。葉では、はじめ下葉の先端附近の葉縁に多く発病する。病斑は、半円形(葉縁部)から円形の大型病斑で、濃淡の波状模様をつくることが多い。茎では、地際部か葉の着生部から発病し、暗緑色長楕円形の病斑をつくり、そのあとしわを生じて縮み、下葉から枯れはじめて遂に株全体が枯れるに到る。沖縄では、春から夏にかけて発生する。

10) ニチニチソウ疫病 (76)

おもに茎、葉に発生し、花梗、果実にも発生する。茎では、新梢部に多く、葉の着生部附近に灰黒色のやや凹んだ病斑を生じ、それは、葉や、花梗、果実にまでおよぶ。病状が進行すると、ついに新梢部が下垂枯死する。多湿のときは、病斑部に白色のかびが生ずる。果実が発病すると、しばしば全体黒色または灰黒色になる。葉では、はじめ暗緑色不正形の小さな病斑を生ずる。病斑は、周囲が淡緑色で、中央が灰褐色になる。晴天時には、乾枯してしわを生じてくずれやすくなる。沖縄では3~4月頃に多く発生する。

6. *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler

宿主および採集地

Capsicum annuum L. var. *angulosum* Mill. ピーマン (1964. 11. 7. 沖縄島豊見城村仲地 no. P-4)。

菌の形態と生理

菌糸の幅はほとんど一様で、5 μ 以上のものは少ない。担子柄は細い(1 μ)。遊走子のうの形は種々あるが、多くは長楕円形か長卵形である。大きさは50~60 \times 31~35 μ (大は93 \times 43 μ)。 $l:b$ ratioは14以上、底部に細くなり、落ちやすい。小柄は2~10 μ 。厚膜胞子の多くは30~50 μ で、大は55 μ に達する。膜は薄い(1~2 μ)、頂生あるいは間生。藏卵器は単一培養ではほとんど形成しない。異系統(ことに*P. nicotianae* var. *nicotianae*あるいはvar. *parasitica*のある系統)との対峙培養によって形成される。平均30 μ (大は42 μ)、膜は、はじめ無色だが、しだいに厚くなって黄色に変わる。藏精器は15 \times 14 μ 、球形あるいは卵形、卵胞子は、藏卵器の中にはほとんどつまっていて、膜は2 μ 。培養菌は一様かあるいはやや放射状の模様をつくる。発育適温は28~32 $^{\circ}$ C、最低11 $^{\circ}$ C、最高35 $^{\circ}$ C。

病徴と沖縄における発生

1) ピーマン疫病 (20)

幼苗と果実に多く発病する。幼苗に発病すると、多くは立枯状態で枯死する。果実では、はじめ、暗緑色水浸状の病斑が現われ、激しいときは、急速に広がり、表面に白色のかびを生ずる。成木の茎に発

病すると、病斑部はかいよう状になってあまり広がらないが、激しいときは、病斑部から折れて上部が下垂して枯れる。沖縄では、春と秋に多く、とくに収穫期の果実に大発生して、市場において大量に廃棄処分されることがよくある。

7. *Phytophthora* sp.

宿主および採集地

Chrysanthemum coronarium L. シュンギク (1964. 11. 8. 沖縄島那覇市国場 no. P-8; 1965. 11. 24. 国場)。

Solanum melongena L. ナス (1964. 11. 2. 沖縄島那覇市国場 no. P-1 (果実); 1965. 10. 26. 国場 (果実))。

菌の形態

菌糸は、両菌株ともに気中菌糸が多く、ことにシュンギク菌では著しい。菌糸の幅は一様で、5~7 μ 、担子柄は菌糸に似ているが細い。遊走子のうは球形あるいは広卵形、大きさは非常に小さく、シュンギクからの分離菌は13~51 \times 11~49 μ (平均28 \times 25 μ)。ナスからの分離菌は13~54 \times 10~34 μ (平均26 \times 21) で、前者の方が幅が広い ($l:b$ ratio: シュンギクからの菌1.13, ナスからの菌1.26)。乳頭突起の高さ (平均シュンギクからの菌3.1 μ , ナスからの菌2.8 μ) と、発芽孔 (平均シュンギクからの菌3.9 μ , ナスからの菌4.0 μ) は殆んど差がない。遊走子のうは担子柄から離れ難い。遊走子 (被のう後) の大きさには少し差がある。すなわち、シュンギクからの菌5.5~15.6 μ (平均10.6 μ)、ナスからの菌5.2~11.7 μ (平均9.6 μ)、厚膜胞子は、シュンギクからの菌は形成しない。ナスからの菌はわずかに形成する。大きさは11~39 μ (平均26 μ)。蔵卵器は、シュンギクからの菌は形成しない菌株で、ナスからの菌株も普通はなかなか形成しないが、まれに、わずかに形成する。大きさは、直径22 μ 、卵胞子は20 μ 。

病徴と沖縄における発生

1) シュンギク疫病

幼苗期に発病する。葉に暗緑色水浸状の不整形病斑が現われ、病状が激しい場合は全身枯れるが、軽い場合は、病葉だけ枯れて下垂し、茎は健全なまま頂芽が伸びていくか、頂芽が侵されると側芽が生長していく。沖縄では10月から11月にかけて発生が多い。

2) ナス疫病

おもに幼苗と果実に発病する。幼苗では、はじめ茎の地際部あるいは葉に暗色水浸状病斑が現われ、病状が進行すると立枯する。果実では、はじめ水浸状の病斑が現われ、これは広がって円形になり、病斑部は凹んで褐色になる。病状が激しいと全果におよぶ。多湿のときは、病斑表面に綿状のかびが生ずる。沖縄では、秋と春に発生する。

II. 菌糸和合性による類別

Phytophthora の有性時代の研究は、Clinton (22, 23) が1908年と1910年に発表して以来多数の報告がある。卵胞子を形成しない種類あるいは菌株があることが知られてから、培地にある種の物質を加えたり、細菌を加えたり、光を与えたり、その他の方法で卵胞子形成の促進が試みられた(26, 35, 43, 44, 45, 60, 74, 82, 83, 他)。しかし、このような方法は限られた種類あるいは菌株だけに有効で、形成数も少ないなどの限界がある。

対峙培養による卵胞子形成について、Tucker (125), Leonian (72) は、1931年までの報告をまとめて Heterothallism をとなえ、Erwin ら (27) は、彼らの Review 'Variation in

the genus *Phytophthora* " の中で、1963年までの文献を整理して検討を加えた。Smoot ら (108) が1958年に *P. infestans* で2つの Sexually compatible mating group があることを発見して以来、その方面の研究が盛んになった。Savage ら (99) は、30種類 350 菌株を検討した結果、*Phytophthora* はつぎの3つのグループに分けられると報告した。すなわち、(i) Homothallic with predominantly paragynous antheridia, (ii) Homothallic with predominantly amphigynous antheridia, (iii) Heterothallic with compatibility type A¹ and A² and amphigynous antheridia である。(iii) に属するものには、例えば、*P. infestans*, *P. capsici*, *P. cinnamomi*, *P. colocasiae*, *P. palmivora*, *P. nicotianae*, var. *nicotianae*, *P. nicotianae* var. *parasitica* などがある。*P. infestans* で最初に発見された A¹ と A² はすべて Heterothallic species にあり、卵胞子は種類間あるいは種類内で A¹ × A² において形成され、A¹ × A¹ あるいは A² × A² 間では形成されないとし、なお、すべての種類は Potentially Homothallic で、(iii) のグループだけは機能的に Heterothallic であろうと述べている。

卵胞子の発芽についても多くの報告があるが、Erwin ら (27) や Zentmyer ら (140) が、これらの報告を整理している。*Phytophthora* の卵胞子は、一般に発芽率が非常に低いので、発芽促進についていろいろ試みられたが、あまり良い結果が現われていない。しかし、光による刺激 (14. 91) は、やや良い結果を得ている。また全体として、Homothallic グループは、Heterothallic のものよりも発芽が早く (休眠期間が短いこと)、発芽率も高いと Zentmyer ら (140) は記している。発芽のしかたにはおもに2つある。すなわち、1) 発芽後間もなく発芽管の先端に遊走子のうを形成するものと、2) 発芽後発芽管が直ちに菌糸に変わるものである。大部分の報告によると、ことに *P. infestans* は、ほとんど前者の方法で発芽するようである。

この論文では、沖縄で採集分離された *Phytophthora* の菌株の多くが、単一菌株培養では卵胞子を形成しないので、対峙培養によって卵胞子を形成させて mating group or compatibility type A¹ と A² の存在を明らかにし、また、形成された卵胞子の形成数と大きさを比較し、発芽の現象をも究明するために行なった実験結果をまとめた。

実験材料および方法

供試菌として、下表の菌株を使用した。培養は、10 ml の V-8 juice agar (V-8 juice 100 ml, CaCO₃ 2 g, agar 15 g, water 900 ml) を直径 9 cm のシャーレーに流し込み、その上に約 3 cm の間隔で、異なった 2 菌株を移植した。卵胞子数の実験では、20°C, 24°C, 28°C の温度でそれぞれ 10 日間培養後に、両菌そうの接触した部分に 18 mm のカバーグラスを置き、そのうち 4 隅と中央の 5 か所について、150 倍の視野内にある卵胞子数を数えた。なお、京都府立大学から譲り受けた菌株との間にも、卵胞子形成の有無を知るために対峙培養を試みた (考察参照)。

大きさの測定は、上記の方法で 24°C に 10 日間培養して卵胞子を形成したものをそれぞれ 100 個ずつについて行なった。発芽の実験は、P-5 × P-10 を上記の方法で 20°C に 10 日間培養した菌を、培地とともに約 5 mm 角に切って蒸留水で洗ったのち、5 ml の蒸留水の入った小型シャーレーに入れて行なった。温度と発芽の関係は、5, 10, 15, 20, 25, 30°C にそれぞれ 10 時間、また、時間と発芽の関係は、24°C で 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 時間後の発芽を調べた。

本実験に使用した菌株

菌株番号	分離植物
P-1	ナス (果実)
P-2	トマト (果実)
P-3	タバコ

P-4	ピーマン
P-5	キュウリ
P-6	ニガウリ
P-7	ネギ
P-8	シュンギク
P-9	ニチニチソウ
P-10	パインアップル
P-11	パパヤ
P-12	オクラ
P-13	クジャクサボテン

実験結果

1. 対峙培養による卵胞子の形成数

13菌株を用い、相互に対峙培養したときの卵胞子形成数は、表3のとおりである。それによると、P-1あるいはP-5と対峙したときP-1×P-1, P-1×P-3, P-1×P-5, P-5×P-3, P-5×P-5を除いた他の10菌株との間でそれぞれ卵胞子を形成したが（この表には現われていないが、P-1×P-3あるいはP-5×P-3ではごくまれに卵胞子の形成が観察された）、他の組合わせ対峙培養ではほとんど形成しなかった。

上記の結果において、菌株のちがい、あるいは温度のちがいによって卵胞子形成数に差があるかどうかを分散分析によって検討した。それによると、1) 基準菌株（ここでは、P-1とP-5を基準菌株とした）の間では、 $P: 0.01 \sim 0.001$ で、あきらかに差があり、P-5との対峙の方が卵胞子を多く形成する。2) 温度のちがいによる卵胞子形成数は、 20°C と 24°C 、 20°C と 28°C 、 24°C と 28°C 、いずれの間においても $P: < 0.001$ で大きな差が認められ、 20°C において最も多く卵胞子を形成し、菌株によって差はあるが、一般に 24°C では 20°C の $1/2$ 強、 28°C では 20°C の $1/3$ 弱の卵胞子数しか観察されなかった。3) P-1とP-5以外の菌株についても、菌株のちがいが卵胞子形成数に影響を与えることが認められた（ $P: 0.05 \sim 0.01$ ）。

2. 対峙培養菌の卵胞子の大きさ

対峙培養によって形成された卵胞子と蔵卵器の大きさは、表4のとおりである。卵胞子の大きさについて、分散分析によってP-1とP-5の間、あるいはその他の菌株間の差を検定したところ、後者の間には $P: > 0.2$ で差がなく、P-1とP-5の間には $P: < 0.001$ であきらかに差が認められ、P-5と他の菌株との対峙培養の方が、P-1とのそれよりも卵胞子は平均約 2.2μ 大きいことがわかった。

3. 対峙培養菌の卵胞子の発芽

対峙培養によって得た卵胞子の発芽について実験した結果は、表5、表6、図1～2とplates VII～VIIIのとおりである。卵胞子は、1～数本の発芽管を出して発芽し、発芽管は発芽直後から多数分岐する。卵胞子のどの部分からでも発芽するが、とくに底のあたりから発芽するのが多い。発芽時の卵胞子は、内容が膨れて形がくずれ、膜もしわが多く、蔵卵器内一杯になるまで肥大するのが多く観察された。

発芽は、水中に入れて3時間目頃から増えはじめ、8時間後には、ほぼ最高発芽に達する（表6と図2）。温度が発芽におよぼす影響は、表5と図1にみられるように、今回行なった実験の温度の範囲内、 $5 \sim 30^{\circ}\text{C}$ で発芽し、適温は 20°C 付近にある。

Table 3. Number of oospores produced in cross cultures of the *Phytophthora* isolates

Isotates	Temp.														
P-5	20°C	0													
	24	0													
	28	0													
P-1	20	0	0												
	24	0	0												
	28	0	0												
P-3	20	0	0	0											
	24	0	0	0											
	28	0	0	0											
P-8	20	108*	63	0	0										
	24	56	60	0	0										
	28	13	4	0	0										
P-10	20	86	117	0	0	0									
	24	81	72	0	0	0									
	28	6	21	0	0	0									
P-2	20	437	16	0	0	0	0								
	24	211	36	0	0	0	0								
	28	29	124	0	0	0	0								
P-6	20	243	337	0	0	0	0	0							
	24	240	80	0	0	0	0	0							
	28	123	40	0	0	0	0	0							
P-4	20	293	245	0	0	0	0	0	0						
	24	88	290	0	0	0	0	0	0						
	28	118	47	0	0	0	0	0	0						
P-13	20	552	151	0	0	0	0	0	0	0					
	24	207	99	0	0	0	0	0	0	0					
	28	131	11	0	0	0	0	0	0	0					
P-9	20	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	24	142	125	0	0	0	0	0	0	0	0				
	28	218	136	0	0	0	0	0	0	0	0				
P-7	20	520	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	24	218	304	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	28	269	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
P-11	20	554	649	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	24	186	178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	28	84	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P-12	20	649	362	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	326	316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	28	151	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crossed isolates		P-5	P-1	P-3	P-8	P-10	P-2	P-6	P-4	P-13	P-9	P-7	P-11	P-14	

*: Total oospores in five area of x150 field under microscope

Table 4. Size of oospores produced in cross cultures of the *Phytophthora* isolates

Crossed isolates	Range of oospore	Ave. (μ)	Range of oogonium	Ave. (μ)
P-1 × P-2	16-24	20.8	18-29	23.8
" P-4	18-23	20.4	19-26	22.6
" P-6	16-23	20.8	19-27	22.9
" P-7	15-23	20.5	18-28	23.5
" P-8	15-26	21.5	18-28	24.2
" P-9	18-24	21.2	18-28	24.3
" P-10	14-24	18.7	18-26	21.7
" P-11	18-27	20.8	19-29	23.2
" P-12	18-24	21.6	20-28	23.7
" P-13	17-24	20.1	19-28	23.6
P-5 × P-2	18-27	23.2	22-31	25.9
" P-4	15-23	20.0	17-26	22.3
" P-6	19-29	23.4	22-34	26.1
" P-7	19-26	22.9	22-29	25.9
" P-8	17-27	22.2	21-31	25.2
" P-9	18-29	24.2	20-31	27.2
" P-10	16-26	21.2	18-31	23.8
" P-11	16-27	24.3	18-31	27.2
" P-12	19-26	23.2	23-31	26.4
" P-13	18-29	23.4	21-32	26.7

Table 5. Effect of temperature to the germination of oospores produced in the cross cultures

Temperature (°C)	5	10	15	20	25	30
Ratio of the germination (%)	15	26	43	67	46	25

Table 6. Effect of time to the germination of oospores produced in the cross cultures

Time (hrs.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ratio of the germination (%)	1	1	4	6	14	25	31	51	53	53

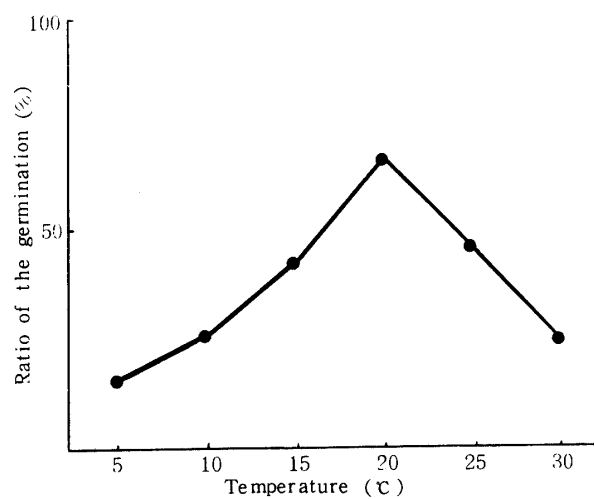


Fig. 1. Effect of temperature to the germination of oospores produced in the cross cultures

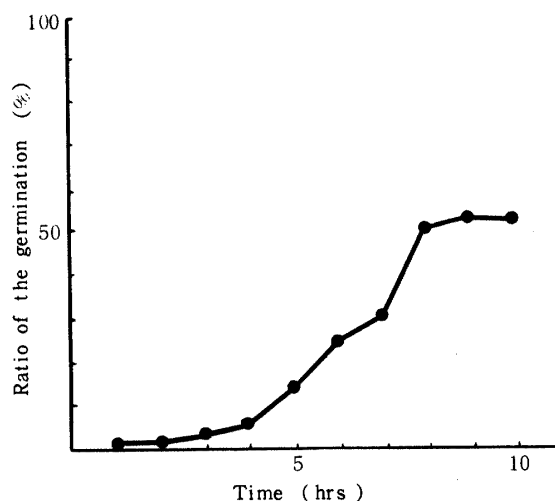


Fig. 2. Effect of time to the germination of oospores produced in the cross cultures

4. 考 察

Phytophthora の Sexually compatible mating group (A^1 と A^2) については, Savage ら (99) が詳細に報告しているが, 沖縄産の菌株も 2 つに分けられ, 第 1 のグループには P-2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10(2), 10(3), 10(4), 10(5), 11(2), 11(3), などが属し, P-1, 5, 10(6), だけは第 2 のグループに属し, A^1 と A^2 が存在することがわかった。(なお, 京都府立大学から譲り受けた菌株は, *P. palmivora* だけ第 1 のグループに属し, *P. capsici*, *P. infestans* f. sp. *infestans*, *P. nicotianae* var. *parasitica* は第 2 のグループに属する。)

A^1 か A^2 かの判定は, Type isolate あるいは standard isolate がないので断定はむずかしいが, 仮りに第 1 のグループを A^1 , 第 2 のグループを A^2 とすると, A^2 の P-1 との対峙培養か, P-5 との対峙培養かによって, 形成された卵胞子の数および大きさには, あきらかに差がある。一方, A^1 内における比較は, 卵胞子形成数には差が現われるものもあるが, 卵胞子の大きさはほとんど差がない。次上のことから, Heterothallic 菌の対峙培養によって形成される卵胞子の性質 (少なくとも形成数と大きさ) は, いずれか一方の性 (ここでは A^2 の P-1 と P-5) によって決定されるものと考えられる。

Brasier (17) は, *P. palmivora* を使用して, 25°C が生育適温であるのに, 卵胞子形成は 20°C が適温であることを述べている。著者の *P. nicotianae* var. *parasitica* における結果でも, 卵胞子は, 高温 (24°C, 28°C) よりも低温 (20°C) において良く形成されることがわかった。

卵胞子の発芽について, 大部分の報告では, ことに *P. infestans* において, 発芽後間もなく長短の発芽管の先端に terminal germ sporangium を形成するとし (91, 他), Satour ら (95) は, *P. capsici* において観察し, 卵胞子は発芽管, germ sporangium あるいは sessile sporangium を形成して発芽すると記録した。著者の *P. nicotianae* var. *parasitica* における観察によると, 卵胞子は, 一部では細い発芽管を出して発芽するが, ほとんどのものは, 発芽直後から発

芽管が急速に膨んで菌糸に移行し、しかも多数分岐し、germ sporangiumが認められないことから、*P. nicotianae* var. *parasitica*においては、germ sporangiumによる発芽は非常にまれか、あるいはほとんど形成しないのではないかと考える。

*Phytophthora*の卵胞子には、ある期間の休眠期間があると信じられてきた。また、発芽率も極めて低い(数%程度)と言われてきたが、最近では、例えば*P. drechsleri*のA¹ × A²に光をあてて60% (138)、また、*P. megasperma* var. *soja*では1例だけに78%の発芽率もみられている(20)が、他の例では依然として低く、しかも少なくとも20日あるいは1か月以後にしか発芽していない。Zentmyerらは、*P. cinnamomi*, *P. parasitica*, *P. palmivora*, *P. drechsleri*のA¹ × A²の対峙培養によって形成された卵胞子の発芽試験を行なった結果、*P. drechsleri*のA¹ × A²のみ発芽したと報告した(27)。Romeroら(93, 94)は、卵胞子のgenetic pronensisも発芽率に重要な要素であることを述べている。彼らは、*P. infestans*の対峙培養によって形成された卵胞子の発芽が、あるものではわずかに6%であるのに対し、他のものは48%もあったと報告した。

著者の実験で、V-8 juice agarの上に10日間対峙培養後の菌体を蒸留水で洗ったのち、蒸留水を加えておくだけで67%も発芽したことは、2, 3例を除いたこれまでの数々の報告よりもはるかに高い発芽率である。実験法が特別変わっているとは考えられないことと、Zentmyerらが行なった*P. parasitica*の対峙培養菌が発芽しなかったことや、Romeroらの報告などから、Oosporeのgenetic pronensisが発芽率に重要な要素であると考えられる。

最高発芽に要する最短時間は8時間、発芽最適温度は20°C付近にあることが今回の実験でわかった。

Ⅲ. 宿主範囲と病原性

Hickman (47)によると、*phytophthora*の宿主範囲は大きく分けて、1) 宿主範囲が1科あるいは1属、1種に限られるものと、2) 宿主範囲が多数の科、属におよぶものの2つに分けられる。沖縄に分布する7種類について引用すると、1) に属するものは、*P. colocasiae* (*Colocasia*属)、*P. cyperi* (*Cyperus*属)、*P. infestans* f. sp. *infestans* (*Solanaceae*科)、2) に属するものは：*P. cinnamomi*、多数の林木や果樹を侵し、普通にみられるものとして、クリ、ブナ、カシ、クルミノキ、松柏類、アボカド、キナ、パインアップル、パパヤ、ツバキ、ヒース、ジャクナゲなど、*P. palmivora* - 29科51属におよび、普通にみられる宿主は、ココア、ゴム、ヤシ、ワタ、ミカン類、パパヤ、パインアップル、トウガラシ、パンノキ、マンゴ、バンジロウ、キナ、多くのラン科植物など；*P. nicotianae* var. *parasitica* - 42科72属におよび、普通にみられる宿主は、トマト、ナス、ワタ、ミカン類、パインアップル、ウリ類、トウゴマ、ダイオウ、キナ、その他多くの観賞用植物などである。以上のように、1種類の*phytophthora*が多数の宿主に寄生する反面、1種類の宿主に2種類以上の*phytophthora*が寄生するものも多い。沖縄における各種類の宿主範囲は、本論文のIに掲げたとおりである。

*phytophthora*の病原性についても多くの報告がある。Reddickら(90)、Millsら(81)は、*P. infestans*を用いて、抵抗性のジャガイモ品種を通過した後の菌は、その侵襲力が漸進的に増加することを報告した。De Bruyn (19)、山本ら(137)は、トマトあるいはジャガイモを使用して実験し、疫病菌の病原性は、最後に通過した宿主によって決定されると報告した。高桑(111, 112)は、*P. infestans*の病原系統とジャガイモの遺伝子型の関係を調べ、菌の病原系統の発生分布には、栽培されている宿主の遺伝子型が強く支配的であると報告した。Grimmら(39)は、Citrusの幹、根、あるいは土壌から分離した*P. parasitica*の34菌株を使用して病原性を調べたが、菌株と病原性の間には何ら関連がなかったと報告した。Haasis (40)は、*P. parasitica*を使用して実験した

結果、一部の例外を除いて、ほとんどの菌株が、分離された宿主と同じ種類の植物に接種するとき最も激しく発病すると報告した。Siradhana (107) は、温室内の数種の宿主から分離した *P. nicotianae* var. *parasitica* を温室内に生えている植物に接種したところ、各菌株は、それぞれ1種類以上の植物に強い病原性を示したと報告した。著者は、沖縄産 *phytophthora* とくに *P. nicotianae* var. *parasitica* と各宿主を使用して接種試験を行ない、それぞれの病原性の比較を試みた。

1. 幼植物に対する病原性

実験材料および方法

供試作物は、パインアップルとサボテンを除き、使用した菌株を分離した宿主の種類をすべて使用した。すなわち、*Solanum melongena* ナス (久留米長)、*Lycopersicon esculentum* トマト (大型福寿)、*Nicotiana tabacum* タバコ (ブライトエロー)、*Capsicum annum* ピーマン (傘玉2号)、*Cucumis sativus* var. *tuberculatus* キュウリ (青長)、*Momordica charantia* var. *pavel* ニガウリ、*Allium fistulosum* ネギ、*Chrysanthemum coronarium* シュンギク (大葉)、*Catharanthus roseus* ニチニチソウ、*Carica papaya* パパヤ、*Abelmoschus esculentus* オクラ (クリムソンプレイ) などの鉢植えにした幼植物 (本葉2~7枚) を使用した。使用した鉢は、1%の次亜塩素酸ソーダで消毒し、その中に消毒した土壌を入れて使用した。実験は3~5回行ない、各プロット毎に対照区を設けた。

供試菌は、下記の菌株を、V-8 juice agar の20ml入ったシャーレーで10日間培養した。それに殺菌水を加えて7日間遊走子のうを形成させたのち、殺菌水を入れ換えて10℃で15分間処理し、遊走子を成熟させた。次いで、20℃に30~50分間保ち、遊走子のうの間接発芽によって遊出した遊走子の浮遊液をつくり、顕微鏡150倍の1視野中に約50~100密度にしてふん霧接種した。

本実験に使用した菌株

菌株番号	分離植物	菌株番号	分離植物
P-1	ナス (果実)	P-8	シュンギク
P-2	トマト (果実)	P-9	ニチニチソウ
P-3	タバコ	P-10	パインアップル
P-4	ピーマン	P-11	パパヤ
P-5	キュウリ	P-12	オクラ
P-6	ニガウリ	P-13	クジャクサボテン
P-7	ネギ		

接種結果は、おもに病気の進展状態の観察と、発病株率、発病葉率、病斑面積率、枯死率の調査を、接種の翌日、3日後、5日後、10日後、15日後、20日後、に行なった。実験の結果の表はいずれも接種20日目に行なった調査をまとめたものである。発病率は、それぞれ下記の式を用いた。

$$\text{発病株率} = \frac{\text{発病株数}}{\text{接種株数}} \times 100$$

$$\text{発病葉率} = \frac{\text{発病葉数}}{\text{全葉数}} \times 100$$

$$\text{枯死株率} = \frac{\text{枯死株数}}{\text{接種株数}} \times 100$$

$$\text{病斑面積率} 1) = \frac{5a + 30b + 50c + 80d + 100e^*}{\text{全葉数}}$$

*: 被害程度を0, 5% (1~15%), 30% (16~40), 50% (41~65), 80% (66~

90), 100% (91%以上)の6段階に分け, a, b, c, d, e, は各被害程度別の葉数を示す。

1) : 河合一郎, 鈴木春夫, 1956, 西瓜炭疽病の生態並びに防除に関する研究, 静岡県立農業試験場

実験結果

接種24時間後には, ほとんどの供試作物に水浸状の病斑が認められ, それは急速あるいはややゆるやかに広がり, 被害が大きくて早いものでは, 2, 3日で枯死する。ピーマン, ニチニチソウ, ナス, トマトなどのように病気の進展の早いものや, オクラ, パパヤ, キュウリ, タバコなどのように比較的遅いものがあり, 前者はだいたい10日目頃, また, 後者は20日目頃以降はあまり病気の進展がみられない。ネギとタバコは, ほとんど枯死が認められず, パパヤは, 発病株率, 発病葉率, 病斑面積率ともに高いが, 茎は強く, 生長点がわりあい侵されないので, 約7割は生き残る。トマトやキュウリも, 枯死率は低い(表7)。

表7から, 各菌株間の差を作物毎に比較した結果はつぎのとおりである。

1) ナスの発病率

ナスにおける各菌株の発病率は, P-9が最も高く, 次第に8, 1, 5, 3, 6, 7, 2, 10, 4, 12, 11, 13, と低くなり, P-13は, P-9の半分以下の発病率がみられるにすぎない。

2) トマトの発病率

トマトでは, トマトから分離したP-2が最も高く, P-8がそれに次いで高く, やや離れて, P-1, 13, 11, 9, 10, 6, 7, 12, 4, 5, 3とわずかずつ低くなっている

3) タバコの発病率

タバコの発病率は, タバコから分離したP-3が他の菌株のおおよそ2あるいは3倍も高く, その差がはっきりしている。病状もP-3以外の菌株は, 葉の端にわずかに病斑があらわれ, しかもそれはなかなか拡大せず, 病斑面積率はほとんど5%以下である。また, P-3以外はすべて枯死が認められない。

4) ピーマンの発病率

ピーマンの発病率は一般に高く, なかでもP-6が他の菌株に比べて高く, 1, 3がそれに次ぎ, また, 2, 5, 7, 9, 10, 12がつづき, 11, 13, 8は低い。ピーマンから分離したP-4の発病率が低いのが注目される。

5) キュウリの発病率

キュウリの発病率は, P-11が最も高く, 12, 3がそれにつづき, 4, 6が中間に位し, 9, 10, 13, 2, 5, 8, 12, 1は低い発病率を示す。P-2, 3, 4を除き, 他は枯死率が0かあるいはきわめて低いのが目立ち, また, 病斑面積率も一部を除いて一般的に低い。キュウリから分離したP-5の発病率が極端に低いのは意外である。

6) ニガウリの発病率

ニガウリの発病率は, P-1と11を除いて一般的に高く, ことにP-13と2は, 他に比べて最も高い。ニガウリから分離したP-6も, 7, 8とならんで高い発病率を示している。

7) ネギの発病率

ネギの発病率は, P-8, 7, 2, 5によってわずかに現われているだけで, 他はすべて発病していない。しかも発病したもののでもほとんど枯死がみられなかった。

Table 7. Pathogenicity of the various isolates of *Phytophthora* to the young plants

Isolates Infection Tested plants	P - 1			P - 2			P - 3			P - 4			P - 5			P - 6		
	D	S	L A	D	S	L A	D	S	L A	D	S	L A	D	S	L A	D	S	L A
1. <i>Solanum melongena</i>	56	67	74 53	35	54	61 60	47	60	72 78	33	67	42 35	48	61	65 60	53	53	60 60
2. <i>Lycopersicon esculentum</i>	22	89	45 38	75	75	75 75	0	88	24 19	11	78	33 24	13	63	36 28	14	79	36 30
3. <i>Nicotiana tabacum</i>	0	75	46 3	0	100	29 2	33	100	63 31	0	75	26 1	0	75	17 4	0	75	35 5
4. <i>Capsicum annuum</i>	60	93	69 64	50	93	60 56	53	88	74 68	33	78	43 33	54	77	64 63	80	100	82 82
5. <i>Cucumis sativus</i> var. <i>tuberculatus</i>	2	47	20 3	0	65	25 4	60	80	20 65	40	60	45 40	0	55	24 5	0	100	45 31
6. <i>Momordica charantia</i> var. <i>papel</i>	0	67	50 38	75	100	85 70	20	100	56 43	33	100	70 35	0	100	77 43	50	100	79 58
7. <i>Allium fistulosum</i>	0	0	0 0	0	21	13 4	0	0	0 0	0	0	0 0	0	10	3 02	0	0	0 0
8. <i>Chrysanthemum coronarium</i>	2	8	9 6	13	27	22 15	14	50	21 15	15	25	20 16	42	58	51 43	46	54	49 21
9. <i>Catharanthus roseus</i>	0	60	15 10	29	100	58 63	0	29	17 14	0	67	33 28	0	80	27 11	80	80	86 79
10. <i>Carica papaya</i>	20	90	60 50	0	100	87 77	0	100	22 17	80	100	95 91	64	100	71 59	30	70	49 45
11. <i>Abelmoschus esculentus</i>	0	78	47 16	33	58	47 39	40	80	55 52	60	100	80 80	18	60	37 28	12	77	39 25

(contd.)

Isolates Infection Tested plants	P - 7			P - 8			P - 9			P - 10			P - 11			P - 12			P - 13					
	D	S	L	D	S	L	D	S	L	D	S	L	D	S	L	D	S	L	D	S	L	D	S	L
1.	44	52	60	57	88	67	71	71	77	48	48	55	27	60	32	39	46	42	27	47	30	33	33	33
2.	0	92	33	57	72	63	34	58	45	8	82	46	15	85	41	0	100	44	25	75	44	41	41	41
3.	0	75	17	0	100	32	0	75	38	0	75	29	0	75	25	0	50	24	0	50	19	7	7	7
4.	54	77	63	28	72	29	50	94	56	35	94	58	29	79	32	33	92	48	31	69	31	27	27	27
5.	3	50	21	7	43	23	9	73	33	22	44	31	60	100	80	40	100	65	20	40	25	27	27	27
6.	67	67	75	50	100	79	33	100	60	67	67	58	33	33	27	33	100	50	67	100	92	84	84	84
7.	0	25	13	0	27	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.	10	13	11	40	54	40	17	27	23	44	44	40	35	45	43	22	30	27	100	100	100	100	100	100
9.	100	100	100	0	67	17	92	100	96	25	100	72	67	67	67	50	100	75	0	0	0	0	0	0
10.	33	100	77	89	100	95	64	73	72	0	100	83	0	100	79	0	100	75	0	25	44	41	41	41
11.	40	100	65	60	100	80	23	92	46	20	80	30	20	80	40	80	100	95	20	100	90	62	62	62

D: Rate of death S: Rate of infected stand
 L: Rate of infected leaf A: Rate of diseased area on the leaf

8) シュンギクの発病率

シュンギクの発病率は、P-13の極端に高いのと、P-7と1の低いのが注目される。P-5, 8, 6, 10, 11, は、13のつぎに高いグループに属し、つづいて12, 3, 9, 2, 4が認められる。

9) ニチニチソウの発病率

ニチニチソウの発病率は、ニチニチソウから分離したP-9が、P-7とならんで高いが目立ち、つぎに高いグループとして6, 12, 11, 10, 2があり、4, 5, 8, 1, 3は低い発病率を示し、13はまったく発病しなかった。

10) パパヤの発病率

パパヤの発病率は、P-8と4が他に比べて高いのと、3と13のやや低いが目立ち、他は、わりあい高い発病率を示している。また、枯死株率が極端に高いもの (P-4, 5, 8, 9など) と、全然枯死しないもの (P-2, 3, 10, 11, 12, 13) とにはっきり分れることが注目される。

11) オクラの発病率

オクラの発病率は、オクラから分離したP-12が他に比べて最も高く、4, 8がこれに次いで高く、13, 7も高い。P-3, 9, 11, 2, 10, 6, 5, 1と次第に低くなっているが、一般的にわりあい高い発病率を示しているのは、発病株率が高いためである。また、枯死率でP-12が他に比べてきわめて高いのが注目される。

2. 果菜類に対する病原性

実験材料および方法

供試果実は、トマト果実 (品種は福寿トマト2号, 7~8割熟), ナス果実 (久留米長), ピーマン果実 (傘玉2号), キュウリ果実 (青長) を、それぞれ1% Cloroxで3分間表面殺菌して殺菌水で水洗し、自然乾燥後使用した。供試菌は下記の各菌株をV-8 juice agarに7日間24°Cで扁平培養し、殺菌水を入れて7日間遊走子のうを形成させたのち、殺菌水を入れ換えて10°Cで15分間処理し、遊走子を成熟させた。次いで、24°Cで30分間保ち、遊走子のうの間接発芽によって遊出した遊走子の浮遊液を得た。接種は、遊走子浮遊液をスポイトで1滴ずつ (遊走子数約2000~3000) 各果実3~4か所に滴下し、温室にした大型シャーレーまたはプラスチック容器内に入れて24°C~28°Cの室温におき、7日間後に測定した。

本実験に使用した菌株

菌株番号	分離植物	菌株番号	分離植物
P-1	ナス (果実)	P-8	シュンギク
P-2	トマト (果実)	P-9	ニチニチソウ
P-3	タバコ	P-10	パイナップル
P-4	ピーマン	P-11	パパヤ
P-5	キュウリ	P-12	オクラ
P-6	ニガウリ	P-13	クジャクサボテン
P-7	ネギ		

実験結果

1) ナス果実の発病率

各菌株のナス果実に対する発病率は、表8にみられるとおりである。P-1, 2, 8, 9, 11, 12, 13は100%で、P-6の90%, P-4の80%, P-7の70%がつづいて高く、P-10と3はそれぞれ50%の発病率を示し、P-5はまったく発病しなかった。

Table 8. Pathogenicity of the various isolates of *Phytophthora* to fruits

Fruits Tests Isolates	Fruit of eggplant			Fruit of tomato			Fruit of pepper			Fruit of cucumber										
	1	2	3	T	R	1	2	3	T	R	1	2	3	T	R					
P - 2	3/3*	3/3	4/4	10/10	100	3/3	3/3	8/8	14/14	100	0/3	4/8	0/2	4/13	31	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 9	3/3	3/3	4/4	10/10	100	3/3	2/3	8/8	13/14	93	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 11	3/3	3/3	4/4	10/10	100	2/3	3/3	8/8	13/14	93	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 6	3/3	3/3	3/4	9/10	90	3/3	3/3	8/8	14/14	100	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 13	3/3	3/3	4/4	10/10	100	1/3	3/3	8/8	12/14	86	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 1	3/3	3/3	4/4	10/10	100	0/3	3/3	8/8	11/14	79	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 8	3/3	3/3	4/4	10/10	100	3/3	1/3	7/8	11/14	79	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 7	2/3	2/3	3/4	7/10	70	3/3	3/3	8/8	14/14	100	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 12	3/3	3/3	4/4	10/10	100	2/3	1/3	4/8	7/14	50	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 4	3/3	2/3	3/4	8/10	80	1/3	0/3	3/8	4/14	29	0/3	4/8	0/2	4/13	31	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 10	1/3	2/3	2/4	5/10	50	0/3	3/3	6/8	9/14	64	0/3	2/8	0/2	2/13	15	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 3	2/3	1/3	2/4	5/10	50	1/3	2/3	4/8	7/14	50	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0
P - 5	0/3	0/3	0/4	0/10	0	0/3	0/3	0/8	0/14	0	0/3	0/8	0/2	0/13	0	0/8	0/5	0/3	0/16	0

* : Infected fruits / Inoculated fruits

T : Total number of three tests

R : Rate of infection

2) トマト果実の発病率

トマト果実に対しては、P-2, 6, 7の3菌株のみが100%発病したが、P-9と11も93%の発病率を示し、つづいてP-13 (86%), P-1 (79%), P-8 (79%) がやや高く、P-10 (64%), P-3 (50%), P-12 (50%), P-4 (29%) と発病率が低くなり、P-5は発病しなかった。

3) ピーマン果実の発病率

ピーマン果実に対してはP-2 (31%), P-4 (31%), P-10 (15%)の3菌株だけが発病し、他はすべて発病しなかった。

4) キュウリ果実に対しては、今回の実験においてはまったく発病が認められなかった。

上記各供試果実に対する発病率について、各菌株間の比較をするとつぎのことが言える。

(1) 菌株P-1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13はそれぞれ、これらの果実に対してほとんど同じような病原性がある。

(2) P-2と3は、前者にはほ近いが、やや異なった病原性がある。

(3) P-5は、他のすべての菌株とはまったく異なった病原性をもち、供試果すべてに対して病原性がない。

3. バйнаアップル葉に対する病原性

実験材料および方法

供試葉はバйнаアップル (品種, スムースカイエン) のえい芽の葉を頂葉から数えて2~11葉までを基部から切り取り、1%Cloroxで3分間表面殺菌した。殺菌水で水洗後放置し、表面が乾いたのち使用した。供試菌は、下記の菌株を、V-8 juice agarに7日間24°Cで扁平培養した。それに殺菌水を加えて7日間遊走子のうを形成させたのち、殺菌水を入れ換えて10°Cで15分間処理し、遊走子を成熟させた。ついで、24°Cに30分間おき遊走子のうの間接発芽によって遊出した遊走子の浮遊液を得た。遊走子浮遊液をスポイトで1滴ずつ (遊走子数約2000~3000) 供試葉の基部から1cmの点に滴下して接種した。接種葉は、湿室にした大型シャーレー内に入れて24°Cに保ち、7日後に発病率と病斑の長さおよび面積を測定した。

本実験に使用した菌株

菌株番号	分離植物	菌株番号	分離植物
P-1	ナス (果実)	P-8	シュンギク
P-2	トマト (果実)	P-9	ニチニチソウ
P-3	タバコ	P-10	バйнаアップル
P-4	ピーマン	P-11	パパヤ
P-5	キュウリ	P-12	オクラ
P-6	ニガウリ	P-13	クジャクサボテン
P-7	ネギ		

実験結果

各菌株の接種源をバйнаアップル葉に接種して約2時間後には水浸状の病斑が認められ、菌株によって差はあるが、だいたい3日目までは病斑は急速に広がる。5日頃になるとゆるやかにになり、7日頃からはわずかに進展するものもあるが、大部分はほとんど進展しない。表9は、接種後7日目に測定した結果をまとめたものである。

Table 9. Pathogenicity of the various isolates of *Phytophthora to pineapple leaf*

Infection Tests Isolates	% of infected leaves		Length of lesion (mm)		Area of lesion (mm ²)	
	1	2	1	2	1	2
P - 10	100	100	699	593	11640	10372
P - 3	100	100	535	482	9450	9945
P - 4	100	100	598	428	10797	8554
P - 7	100	100	562	456	9691	6690
P - 8	100	100	443	418	8724	6925
P - 1	100	100	465	347	8802	6509
P - 5	60	90	146	316	1251	5551
P - 9	100	70	315	112	5640	909
P - 12	100	90	239	102	3054	1198
P - 11	60	100	138	157	1604	1979
P - 6	70	60	216	71	3045	621
P - 2	60	70	86	79	693	730
P - 13	30	90	30	124	170	1313
C K	0	0	0	0	0	0
	Ave.		Total	Total	Total	Total
	100	100	1292*	646 (100)**	22012*	11006 (100)**
	100	100	1017	509 (79)	19395	9698 (88)
	100	100	1026	513 (79)	19351	9676 (88)
	100	100	1018	509 (79)	16381	8191 (74)
	100	100	861	431 (67)	15649	7825 (71)
	100	100	812	406 (63)	15311	7656 (70)
	75	462	231 (36)	3401 (31)	6802	3401 (31)
	85	427	214 (33)	6549	3275 (30)	3275 (30)
	95	341	171 (27)	4252	2126 (19)	2126 (19)
	80	295	148 (23)	3583	1792 (16)	1792 (16)
	65	287	144 (22)	3666	1833 (17)	1833 (17)
	65	165	83 (13)	1423	712 (7)	712 (7)
	60	154	7.7 (12)	1483	742 (7)	742 (7)

*: Result of total of twenty leaves

**: The figure in () is compared to P-10 (as 100)

実験結果から、各菌株のピンアップル葉に対する病原性は、1) 病原性が著しく強いもの、2) 病原性がやや強いもの、3) 病原性がやや弱いもの、4) 病原性が著しく弱いもの、の4グループに分けられる。

1) 病原性が著しく強いもの

菌株P-10 (ピンアップルから分離) は、他のすべての菌株に比べて最も病原性が強い、100%の発病率を示し、病斑の大きさも最も大きく、葉の白色部は勿論のこと、緑色部にも病斑が広がる。病斑の進展速度も速い。

2) 病原性がやや強いもの

菌株P-3, 4, 7, 8, 1, はすべて100%発病し、接種後病斑の拡大も速く、葉の白色部から淡緑色、緑色部まで病斑が広がり、やや強い病原性が認められる。

3) 病原性がやや弱いもの

菌株P-12, 9, 11, 5, 6, は、前2者よりは発病率が低い(65~75%)うに、病斑の拡大も少なく、ほとんど葉の白色部あるいは淡黄褐色部にとどまる。

4) 病原性が著しく弱いもの

菌株P-2と13は、発病率は他の菌株よりも低く(60~65%)、頂葉から2~3枚までは病斑はやや広がるが、それ以下の葉では、接種点の色が黒かっ色に変わり、その斑点もわずかに広がる程度であり、発病したと断定し難いものさえある。

4. 考 察

沖縄における *Phytophthora* 属菌の各種類の採集あるいは調査による宿主範囲は、本論文Iに掲げたとおりであるが、今回行なった接種試験の結果が自然にもあり得ると仮定すると、宿主としてつぎのものが追加される。すなわち、*P. nicotianae* var. *parasitica* は、トマト、タバコ、キュウリ、ニガウリ、ネギ、ニチニチソウ、ピンアップル、パパヤ、オクラ、クジャクサポテンから分離されたが、その他にナス、シュンギクが追加される。*P. palmivora* は、ピーマンから分離されたが、他にナス、トマト、タバコ、キュウリ、ニガウリ、シュンギク、ニチニチソウ、パパヤ、オクラが追加される。*P. sp.* は、ナス、シュンギクから分離されたが、他に、トマト、タバコ、ネギ、キュウリ、ニガウリ、ニチニチソウ、パパヤ、オクラが追加される。

今回の実験結果は、Siradhanaら(107)が報告したとおり、ある宿主から分離した菌株は、それぞれ1種類以上の植物に強い病原性を示した。また、Haasis(40)が報告した“*P. parasitica* は、一部を除いて、ほとんどの菌株が、分離された宿主と同じ種類の植物に接種すると最も激しく発病する”こととはほぼ一致した。

ピンアップル葉に対する病原性の差異は、注目すべきであると考え。すなわち、ピンアップルの葉に対しては、病原性が、1) 著しく強いもの、P-10; 2) やや強いもの、P-3, 4, 7, 8, 1; 3) やや弱いもの、P-12, 9, 11, 5, 6; 4) 著しく弱いもの、P-2と13; の4グループに分けられるので、病原性 *Phytophthora* の種類あるいは系統の分類に適用するならば、ピンアップルの葉に対する病原性の差は、考慮に値するものの一つであると考え。

IV. パインアップルしんぐされ病の病理学的研究

1. 外国における研究

ピンアップルしんぐされ病は、1905年にHenricksen(46)がPuerto Ricoで発表して以来、Hawaii(68), Jamaica(67), Costa Rica(57), Australia(106), Cuba(18), New South Wales(11), Philippines(87), Haiti(80), Taiwanなどのピンアップル栽培地域から数多く報告された。

Henricksen(46)が発表してから、Larsen(68)は、Hawaiiで本病について発表し、Ashby

(4)は, Jamaica で本病にかかったパイナップルから *Phytophthora parasitica* を得た。Simmonds (106) は, 本病の病徴と防除法について簡単に解説し, *Phytophthora* sp. を分離したと書いた。Sideris ら (104) は, 本病の畑における分布は散発的であると述べ, 初期感染は 1) 茎の生長点, 2) 葉の基部, 3) 茎の基部, 4) 主根, のいずれかからおこるであろうと述べ, さらに, Hawaii における本病の病原は, *Phytophthora meadii*, *P. melongenae*, *Pseudopythium phytophthoron* の 3 種類であると述べた。Mehrlich (77~80) は, 本病について一連の研究をなしとげた。その中で彼は, 1) 発生は, 植え付け直後に発病するものと, 2) 生育後期に発病するものの 2 つのクラスに分けられるとし, 年間降雨量の多い年に多発し, また, 土壌の物理的性質の悪いときや, 排水不良, 洪水のときに被害が大きいと説き, 農業による本病防除は可能であるととなえ, ボルドウ液の 1-0.7-3 (結晶硫酸銅 1 ポンド, 水酸化石灰 1 ポンド, 水 3 ガロン) に苗を浸漬したのち植えるともっとも経済的であると結論した。また, Hawaii における分布を調査し, その宿主, 菌の生育, 形態などについて検討し, 病原は *Phytophthora cinnamomi*, *P. palmivora*, *P. parasitica* の 3 種類であると示した。Quebral ら (87) は, Philippines における本病について, 病原, 宿主, 防除法について述べた。その中で, Philippines における本病の病原は, *Phytophthora parasitica* であることを示した。Hine ら (48) は, 本病と土壌温度の関係を報告した。

2. 沖縄における発生状況

本病の沖縄における発生は最近のことである。島袋と田盛 (103) は, 1965 年に, 沖縄における本病発生を記録し, その分布と発生状況を報告した。田盛 (118~121) は, さらに宿主範囲, 病原菌の侵入と発病, 防除法の概略について報告した。荒木 (3), 渡辺ら (128, 129) は, 琉球政府の依頼によって沖縄の土壌病害とパイナップル萎ちょう病の調査を行なったが, パイナップルから *Phytophthora* sp. を分離したことを報告した。

本病は, おもに植え付け後間もない幼苗期に発病する。発生時期は, 11月から翌年の 4 月頃で, とくに雨が多い年に発生がいちじるしい。ハワイでの研究によると, 発病に適当な土壌温度は 19~30℃で, 多湿土壌によく発生するとされている (48)。著者が苗に接種試験した結果では, 発病温度の範囲は 16~32℃で, 上記の結果に近い。発病適温は 24~28℃の範囲にある (120)。また, 沖縄とともに石垣島で観察したところによると, 石灰質のほこりのかかった道ばたの畑にはとくに多く発生する。これは, ほこりがかかることによって, しん部がややアルカリ性になるためか, あるいは, この部分が水湿を長く保つことによって菌の侵入が促進されて発病しやすくなるのではないかと考えられる。傾斜地の下方の排水不良な土地や, やせ地の土壌に育ったパイナップルにもよく発生することが認められた。

本病の沖縄における発生と分布については, 1965 年に報告したが (103), 今回は, その後の調査結果も加えてまとめた。調査方法は, 1) パイナップル栽培地をいくつかの地区に分け, 2) 発病の有無をしらべ, 3) 発病地区のうち任意の 4 か所の畑について, それぞれ約 10 アールずつを調査の対象とした。4) 調査圃場 10 アールを, 畦に平行にはば 4 等分し, それぞれから連続的に抽出した 50 本ずつについて発病株を調べ, 10 アール単位の発病株率を出した。調査結果は, 表 10 と図 3 のとおりである。図においては, 発病株率 1% 以下の地区を発病なし, 1~9.9% を発病少, 10~50% を発病中であらわした。

図 3-1 に示すように, パイナップルが栽培されている島では, 発生の程度は別として, ほとんどの島にその発生がみられる。表 10 と図 3-2 によると, 沖縄本島におけるパイナップルしんぐされ病は限られた地域にわずかに発生するに過ぎない。沖縄本島では, パイナップルは北部から中部にかけて栽培されているが, 便宜上市町村あるいは地区別に北部から中部にかけて 11 の区に分け, それぞれの地区についての発生状況を述べる。

Table 10. Distribution of heart rot disease of pineapple in the Okinawa Islands

I Okinawa Island		III Ishigaki Island	
Region	Rate of diseased plant (%)	Region	Rate of diseased plant (%)
A. Kunigami	0	A. Banna	195
B. Ogimi	0	B. Nagura	244
C. Higashi	3.4	C. Sakieda	204
D. Motobu	68	D. Tomino	9.6
E. Nago	5.0	E. Kaneshiro	158
F. Kushi	0	F. Moriyama	34.7
G. Onna	0	G. Inoda	168
H. Ginoza	3.4	H. Ibaruma	9.6
I. Kin	0	IV Iriomote Island	
J. Ishikawa	3.6	Urauchi	199
K. Gushikawa	3.5	Komi	6.6
II Kumejima Island	2.1	Otomi	13.9

11地区のうち、国頭、大宜味、久志、恩納、金武の5地区には発生が認められず、東、宜野座、石川、具志川の4地区ではわずかに発生している。本部半島の本部（今帰仁を含む）、名護では、他の地区よりも発生がやや多い。久米島でもわずかに発生する。

石垣島における本病の発生は、表10と図3-3のとおりで、ほとんどのパイナップル栽培地域にみられ、その発病株率も、沖縄本島、久米島に比べてはるかに高い。この島は、8つの地区に分けて調査したので、その結果を述べる。伊原間、富野地区の9.6%を除き、すべての地区で10%以上、いわゆる中程度の発病株率が認められる。ことに盛山地区の34.7%が目立ち、名蔵の24.4%、崎枝の20.4%、バナナの19.5%がつづいて高い。西表島では、表10と図3-4にみられるように、発病株率が高く、石垣島のそれに近い。

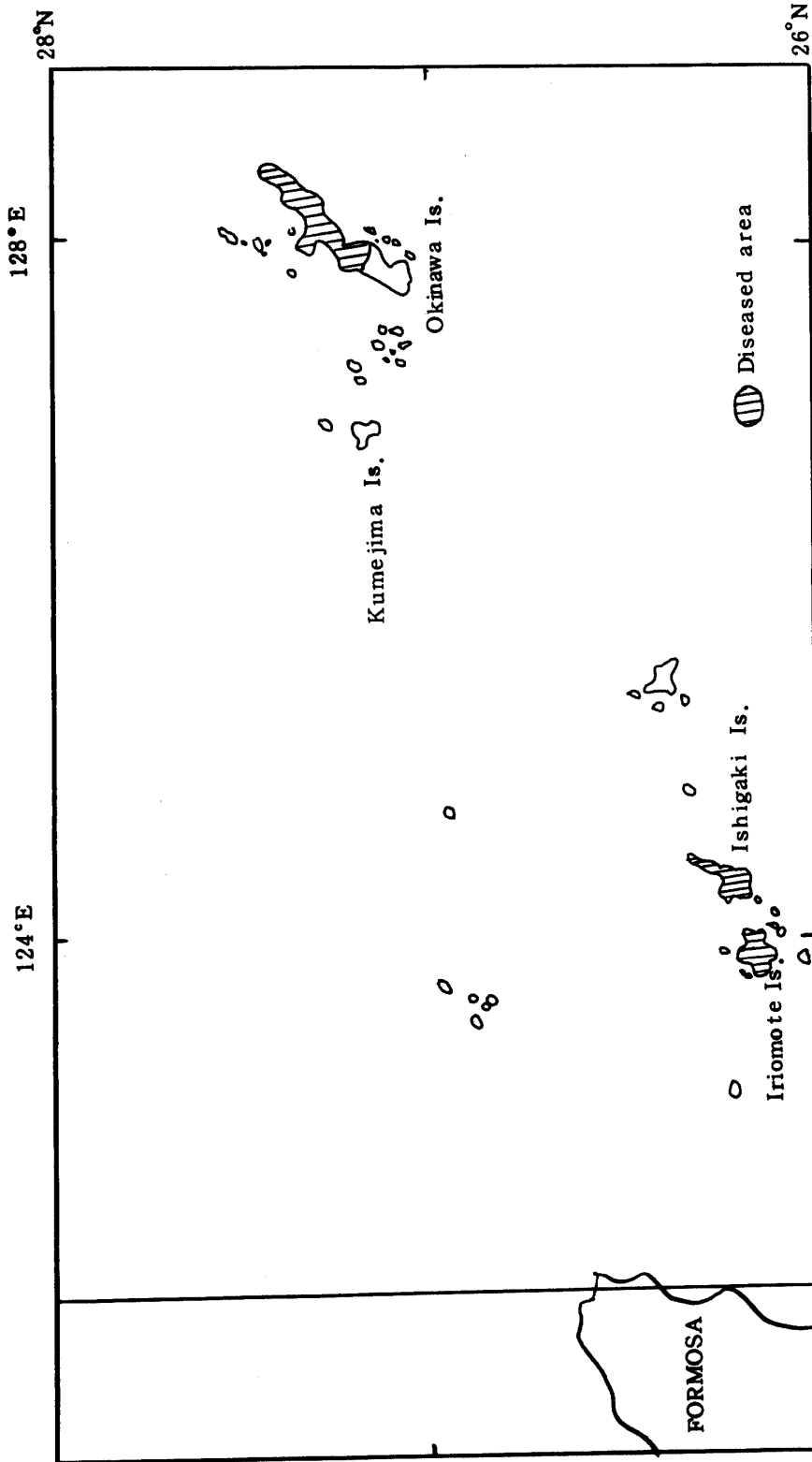


Fig. 3-1. Distribution of heart rot disease of pineapple in the Okinawa Islands

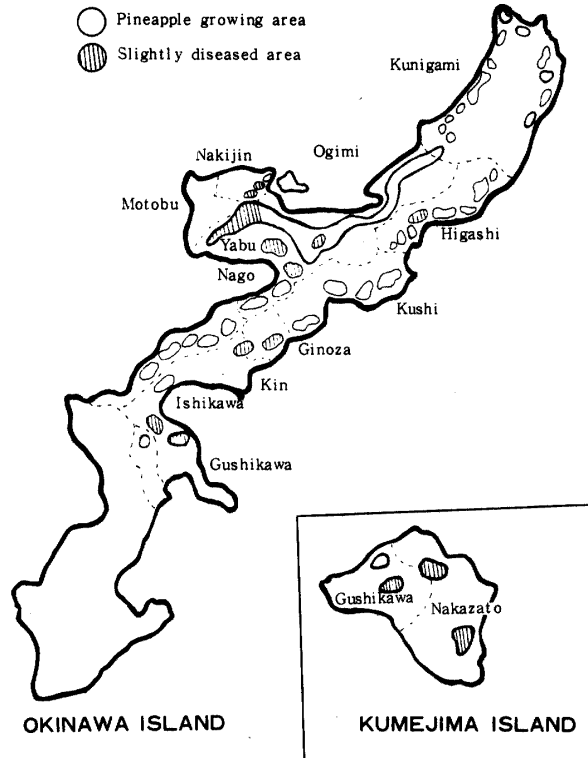


Fig. 3-2. Distribution of heart rot disease of pineapple in Okinawa Island and Kumejima Islands

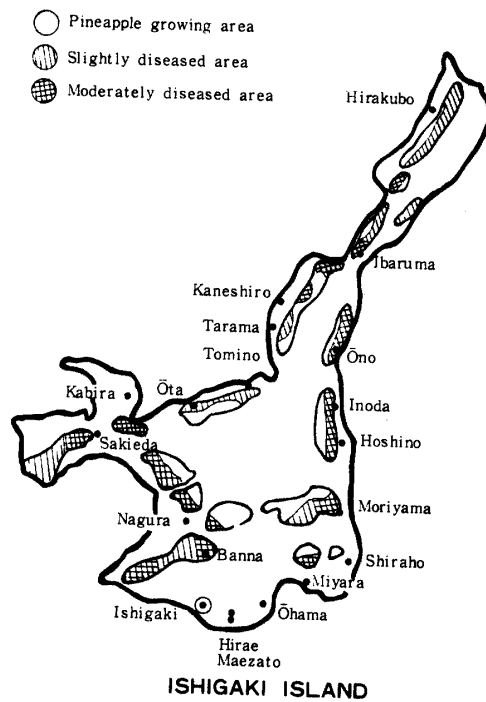


Fig. 3-3. Distribution of heart rot disease of pineapple in Ishigaki Island

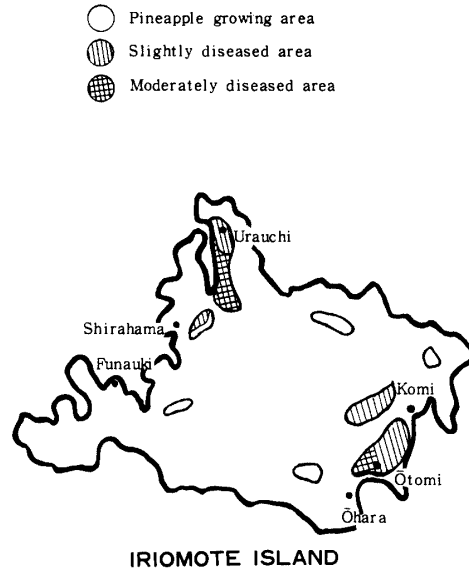


Fig. 3-4. Distribution of heart rot disease of pineapple in Iriomote Island

3. 病原菌

パイナップルしんぐされ病の病原については、Ashby (4)が*Phytophthora parasitica* Dasturを記録して以来、*P. terrestris* Sherb (18)、*P. sp.* (106)、細菌の一種 (57)なども報告されたが、Mehrlich (77~80)は、ハワイにおいて詳細に調査した結果、本病菌は*P. cinnamomi* Rands、*P. palmivora* (Butl.) Butl.、*P. parasitica* Dasturの3種類であると結論した。

沖縄におけるパイナップルしんぐされ病の病原は、本論文Iでも述べたとおり、*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*と*P. cinnamomi*の2種類である。分布の項 (IV-2) で便宜上分けた各地区毎に2~数か所からそれぞれ発病パイナップルを採集し、病原菌を分離同定した結果、1例を除いて、すべて*P. nicotianae* var. *parasitica*であることがわかった。*P. cinnamomi*は、ただ1か所、石垣島宮良の約40アールのパイナップル畑で、23%の発病株率を示した植え付け後3か月位の幼植物から分離されただけである。以上のことから、沖縄におけるパイナップルしんぐされ病は、2種類の病原によって発病しているが、大部分は*P. nicotianae* var. *parasitica*によるものと考えられる。

次項からの諸実験には、*P. nicotianae* var. *parasitica* (菌株番号P-10)を供試菌として使用した。

4. 遊走子のうと遊走子の形成と発芽

1) 遊走子のうの形成と発芽

遊走子のうは、病原菌を接種したパイナップル葉を水中に浸しておくで4日目頃から形成しはじめ、7日目には水面近くの菌糸体上に多数形成する。V-8 juice agar その他の培地上では、移植後7

日以上過ぎても遊走子のうは非常にわずかに形成するか、あるいはほとんど形成しないが、培養菌に水を加えると、3日後から形成しはじめ、7~10日目には多数形成する。遊走子のう形成の適温は20℃から28℃の間にある。上記のように水中で形成された遊走子のうは、その水を換えない限りなかなか発芽しない。発芽適温は24℃であるが、はじめから適温に置いても発芽はおそく、最高発芽に要する最短時間は約3時間であり、発芽率もそれほど高くない(約70%)。しかし、低温処理をしてから適温に移すと短時間に最高発芽率(約90%)に達する。低温処理は、10±2℃で12~15分間が最も良い。低温処理の間はほとんど発芽せず、24℃に移すと5分後から発芽して遊走子が泳ぎはじめ、45~60分後にはほとんど最高発芽に達する。低温処理が10分以内では、発芽率が低いうえに時間がかかり、また15分以上になると、異常発芽がおこる。すなわち、正常な発芽の場合は、遊走子のう内で細胞分裂がおこり、個々の遊走子になって発芽孔から1個ずつ泳ぎ出すが、低温処理が長いと、遊走子のう内で遊走子に分れずに原形質塊が発芽孔からしぼり出され、出た直後に個々の遊走子になって泳ぎ出すものもあるが、原形質塊が発芽孔附近に静止するか、または、2から数個の未成熟遊走子が離れずに塊のまましばらく運動して止まる。

2) 遊走子の形成数

遊走子のうの発芽によって出てくる遊走子数を顕微鏡下で数えることは非常に困難で、満足な結果はなかなか得られない。ここでは、V-8 juice agar培地上で扁平培養して、遊走子のうを形成させた菌体を10℃で15分間処理し、スライドガラス上に移して顕微鏡下で発芽を調べた結果を表11にあげた。その結果、1遊走子のうから最も多く出た遊走子数は70個で、少ないものは4個である。また、1遊走子のうから、平均30個の遊走子が出ている。

表11の測定値をもとに、遊走子のうの大きさと遊走子数の相関関係を検討した。それによると、遊走子のうの長さ×幅と遊走子数、遊走子のうの幅と遊走子数、遊走子のうの長さ×幅と遊走子数の間には、いずれも高い順相関関係が認められる。最も相関関係の高い遊走子のうの長さ×幅と遊走子数の関係を回帰直線であらわすと、図4のとおりであり、遊走子のうの大きさに従って遊走子数は増加し、その関係は、 $X = 30 + 0.032(Y - 1037.6)$ の式であらわされる。

Table 11. Relation between number of zoospore and size of zoosporangium of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*

N	L	W	N	L	W
4	15	13	34	45	28
6	18	15	34	40	28
6	18	18	34	38	28
6	20	18	34	38	30
8	25	18	34	40	28
8	20	18	35	38	25
9	23	20	36	40	28
10	28	20	37	43	30
10	28	20	37	43	30
12	23	20	38	38	30
12	25	20	40	45	30
12	27	23	40	45	33
12	25	18	45	48	35
15	35	20	46	48	33
16	28	25	46	48	35
16	33	23	48	48	35
16	33	25	48	48	33
17	30	23	50	48	33
18	33	25	50	43	30

19	35	25	54	48	35
19	25	25	56	53	30
20	35	25	56	50	35
20	38	23	56	50	38
21	38	25	56	50	38
22	33	25	57	48	38
22	28	28	64	50	38
23	35	23	70	53	40
24	35	25			
24	38	25			
24	33	25			
24	35	25			
25	40	28			
25	38	25			
26	38	25			
29	38	28			
29	40	25			
32	38	28			
32	38	28			
33	38	28			
33	38	28			

Range of number of zoospore
4 - 70

Average number of zoospore per
single zoosporangium
30

N : Number of zoospore L : Length of zoosporangium
W : Width of zoosporangium

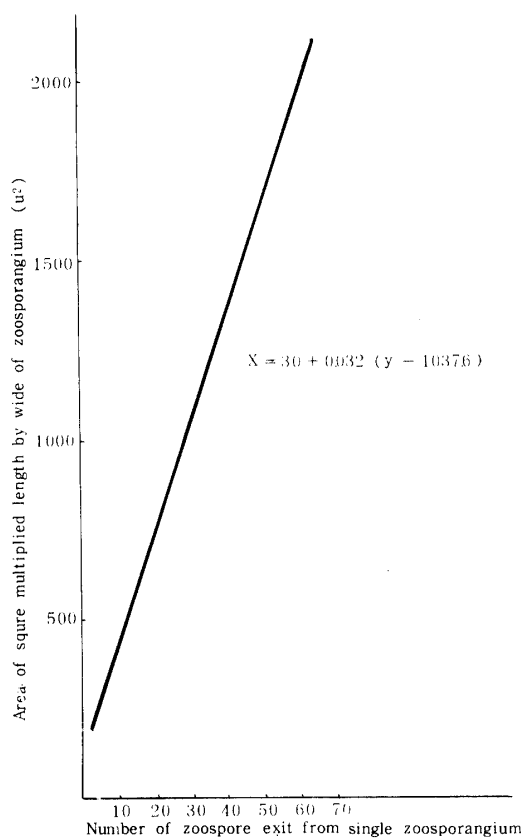


Fig. 4. Regression line of size of zoosporangium and number of zoospore of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*

3) 遊走子のパイナップル葉上における発芽

遊走子のうの間接発芽によって生じた遊走子は、2本のべん毛をもってしばらく水中で運動したあと、静止して被のう孢子となり、続いて発芽する。

パイナップル葉上では、基部の白色部と上部の緑色部で、遊走子の発芽が異なり、ことに発芽管の伸長はいちじるしく異なる。実験は、遊走子浮遊液（顕微鏡150倍で1視野あたり20～50の遊走子数）を、供試葉の白色部（基部から1cmの点）と緑色部（基部から15cmの点）にスポイトで1滴ずつ接種し、24℃で30分間、1時間、2時間、3時間、4時間置いたのち、表皮をはがして0.3%のFuchsin溶液で染色して、それぞれ発芽の状態を観察した。

実験結果は表12と図5のとおりである。30分後にはわずかに発芽し、1時間後には白色部61%、緑色部28%とやや高くなり、2時間後には白色部98%、緑色部85%と、ほとんど大部分が発芽して最高発芽率に近い。発芽は、白色部の方が速やかに始まるが、最終的には、統計的な差はない。

発芽管の伸長にはいちじるしい差がある。すなわち、接種後30分で、白色部においては平均4.4μ、緑色部3.1μ、1時間後には白色部9.2μ、緑色部5.3μで、わずかに差がみられるが、その後、白色部では2時間後平均23.7μ、3時間後36.4μ、4時間後53.2μと生長を続けるのに対し、緑色部では、2時間後9.5μ、3時間後8.9μ、4時間後9.1μと時間が経過しても発芽管はほとんど伸長せず、白色部におけるものとの間にいちじるしい差がある。図5は、パイナップル葉の白色部と緑色部の表皮上における遊走子の発芽管の伸長を回帰直線で表わしたものである。1.5%の素寒天上では、パイナップル葉上におけるよりも発芽率は低く、発芽管の長さは、白色部におけるそれに近い。しかし附着器の形成はみられない。

発芽管の形状にも大きな差がある。白色部においては、発芽管は細長く伸長し、葉組織内へそのまま侵入するものと、侵入前にやや膨らみ、いわゆる附着器を形成して侵入するものとが観察されたのに対し、緑色部においては、発芽管の伸長が止まるとともに発芽直後から膨らむ現象がみられ、ほとんどの発芽管の先には太い附着器の形成が認められる。附着器の形成率は、白色部では1時間後28%、2時間後37%とその形成は少ないが、緑色部では1時間後72%、2時間後90%と非常に高い率で形成される。ちなみに、発芽管の先端の幅を測定した結果は、1時間後白色部において平均28μに対し、緑色部においては3.5μ、2時間後では、白色部2.7μに対し、緑色部で3.9μであった。

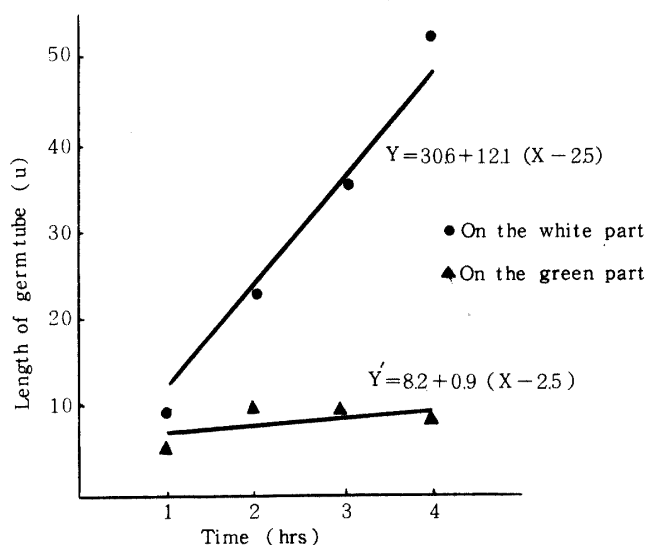


Fig. 5. Regression lines of length of germ tube, produced by the zoospore of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, on the pineapple leaf

Table 12. Germination of zoospore of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* on the pineapple leaf

Period		30 min.	1 hr.	2 hrs.	3 hrs.	4 hrs.
Inoculated part						
Germination						
Rate of germination (%)	W	22	61	98	100	100
	G	3	28	85	92	90
Length of germ tube (μ)	W	4.4 (3-15)	9.2 (3-38)	23.7 (3-80)	36.4 (5-113)	53.2 (18-175)
	G	3.1 (3-4)	5.3 (3-28)	9.5 (3-50)	8.9 (3-38)	9.1 (3-50)
Rate of formation of appressorium (%)	W	0	28	37	-	-
	G	0	72	90	-	-
Width of germ tube tip (μ)	W	20	28 (13-50)	2.7 (1.3-4.8)		
	G	20	3.5 (1.3-6.3)	3.9 (1.5-5.8)		
Control (on 1.5% agar)	Rate of germination	0	4	21	59	71
	Length of germ tube		4.7 (3-8)	19.6 (5-33)	35.9 (8-70)	38.2 (15-100)

*: Average length of germ tube ** : Average width of germ tube

(): Range of length or width of germ tube W : On the white part of the pineapple leaf

G : On the green part of the pineapple leaf

5. 病原菌の宿主への侵入と発病経過

パイナップルしんぐされ病は、おもにパイナップルのしん部の若い葉の基部と茎の若い部分、幼果、幼根などに発病するが、この現象があらわれる原因の一つには、病原菌の宿主への侵入の難易と密接な関係があるのではないかと考えられる。ここでは、病原菌の侵入および発病部位を明らかにするために行った実験結果をまとめた。

1) 葉位と発病の関係

この病気が苗のしん部にも発病することは上に述べたとおりである。葉位による侵入発病のちがいを、茎からはがした葉について接種試験により比較した。

頂葉（ここでいう頂葉とは、しん部の葉で、その先が緑色に変わったものを指す。）から第50葉までを茎の付着部からはがし、1%の Clorox で表面消毒し、最も発病しやすい基部から1cmの点に遊走子浮遊液を1滴ずつ接種して24℃に保ち、7日後に観察した。7日以上置いても発病率は変わらず、病斑の進展もほとんどないので、7日目の観察結果を表13に示した。表中、発病率は発病葉数を全接種葉数で除した100分率である。発病程度は、発病しないものを-、病斑が接種点の周囲、いわゆる白色部の1部にとどまって進行しないものを+、やや進行して淡緑色部あたりまで進行したものを++、白色部、淡緑色部、緑色部まで進行して病勢の激しいものを+++であらわした。実験は各5枚ずつ用いて6回繰返した。

頂葉から第16葉までは100%発病し、発病程度も+++で大きい。次いで第17葉（発病率96%、発病程度+++）、第18葉（92%、+++）、第19葉（80%、+++）が発病率、発病程度ともに高く、第20葉からは病状が軽く、ことに病斑面積が、下葉になるにつれて極端に小さくなる。第26葉以下の下葉では全然発病が認められない。すなわち、この実験の結果、頂葉から第25葉までは発病するが、第26葉以下の下葉では、全然発病しないことがわかった。

Table 13. Relation between phyllotaxis of pineapple and infection of heart rot disease of pineapple

Phyllotaxis	Rate of infection	Degree of infection	Phyllotaxis	Rate of infection	Degree of infection
Top leaf	100 (%)	+++*	26	0	-
2	100	+++	27	0	-
3	100	+++	28	0	-
4	100	+++	29	0	-
5	100	+++	30	0	-
6	100	+++	31	0	-
7	100	+++	32	0	-
8	100	+++	33	0	-
9	100	+++	34	0	-
10	100	+++	35	0	-
11	100	+++	36	0	-
12	100	+++	37	0	-
13	100	+++	38	0	-
14	100	+++	39	0	-

15	100	+++	40	0	-
16	100	+++	41	0	-
17	96	+++	42	0	-
18	92	+++	43	0	-
19	80	+++	44	0	-
20	40	++	45	0	-
21	36	++	46	0	-
22	32	+	47	0	-
23	28	+	48	0	-
24	12	+	49	0	-
25	12	+	50	0	-

* +++ : Severely infected

++ : Moderately infected

+ : Slightly infected

- : No infection

2) 葉における病原菌の侵入および発病部位

感染可能なパインアップル葉のうち、病原菌の侵入可能な部位について実験を行なった。パインアップル苗の葉を、茎の付着部からはがし、頂葉から第29葉までを前の実験と同様に表面殺菌して使用した(表14では26~29葉は発病しなかったので省略した)。葉の基部から10cmまでは1cmおきに、10cmから上部は5cmおきに接種点を決め、それぞれの中央に遊走子浮遊液をスポイトで1滴(約0.03ml, 直径約5mm, 顕微鏡の150倍1視野中に約90の遊走子数)ずつ接種して24℃, 7日間保った。実験には各5葉ずつを用いて6回繰返した。

実験結果は表14のとおりである。葉の基部から1cmの点に接種すると、頂葉から第25葉まではすべて発病し、基部から2cmの点では第18葉まで発病する。これに対し、基部から3cmの点では第8葉から第13葉までわずかに発病した程度である。発病率、発病程度についてみると、基部から1cmの点に接種したとき第16葉までは発病率100%で、病斑面積も広くて発病程度が激しい。第17葉から第19葉までも発病率高く、発病程度も第16葉までとあまり変わらない。第20葉以下第25葉までは、下葉になるにつれて発病率が低くなり、病斑もほとんど広がらない。葉の基部から2cmの点に接種すると、第5葉から第13葉では、発病率、発病程度ともに高く、第4葉、第14葉、第15葉はこれに次ぎ、第3葉から上と第16葉以下は、発病率、発病程度ともに低くなっていく。第19葉以下の葉では、発病が認められない。葉の基部から3cmの点に接種すると、第8葉から第13葉まで、わずかに発病する程度で、第7葉以上と第14葉以下の葉では全然発病しない。

葉における接種点は、基部から1cmの点は第19葉あたりまではほとんど白色であるが、第20葉以下の葉の基部は、やや淡黄色あるいは淡黄褐色に変色している。基部から2cmのところでも、第3葉から上の葉と第14葉以下の葉では、同じように着色が認められた。基部から3cmの点では、ほとんどの葉が淡黄褐色または黄緑色に変わっていた。このような関係から、病原菌の侵入と葉の色との間にはなんらかの関連性があると認められる。この場合の葉の色は、細胞膜の厚さと関係が深いと思われるので、細胞膜の厚さと菌の侵入との関係を検討した。その結果はつぎのとおりである。

パインアップルのえい芽の頂葉から第13枚目の葉、すなわち最も感染のおこりやすい葉位の葉を、基部から1, 2, 3, 4, 6, 9, 14, 20, 24cm (1~2cmは白色, 3~4cmは淡黄色, 6~9cmは黄緑色, 14cm以上は緑色)の点でそれぞれ横断切片をつくり、顕微鏡下で上, 下面の表皮から内側に5層の細胞膜についてそれぞれ最も薄いところの厚さを測定した結果を表15と図6に示した。表15から、葉の上面の表皮から第2層までの細胞膜の厚さの合計と、第13葉における病原菌の侵入発病結果を第14表

から抽出して、両方の相関関係を求めた。その結果パイナップル葉の表面近くの細胞膜の厚さと病原菌の侵入との間には、逆相関関係があることが認められた（相関係数は $r = -0.93$ である）。すなわち、パイナップルの葉の表皮層の、ことに第2層と第3層の細胞膜が厚いと、病原菌の侵入発病が妨げられ、葉の基部の細胞膜の薄い白色部では、病原菌が容易に侵入発病すると結論される。

Table 14. Relation between part of pineapple leaf and infection of heart rot disease of pineapple

Inoculated spot on the leaf Phyllostaxis	1 cm from the base	2 cm	3 cm	4 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Top leaf	100* +++	13 +	0	0			
2	100 +++	13 +	0	0			
3	100 +++	20 ++	0	0			
4	100 +++	67 ++	0	0			
5	100 +++	87 +++	0	0			
6	100 +++	100 +++	0	0			
7	100 +++	90 +++	0	0			
8	100 +++	90 +++	27 ++	0			
9	100 +++	85 +++	33 +++	0	0		
10	100 +++	85 +++	33 +++	0	0		
11	100 +++	100 +++	20 ++	0	0		
12	100 +++	100 +++	27 ++	0	0		
13	100 +++	100 +++	33 ++	0	0		
14	100 +++	27 ++	0	0	0	0	
15	100 +++	53 ++	0	0	0	0	
16	100 +++	20 +	0	0	0	0	
17	96 +++	13 +	0	0	0	0	
18	92 +++	12 +	0	0	0	0	0
19	80 +++	0	0	0	0	0	0
20	40 ++	0	0	0	0	0	0
21	36 ++	0	0	0	0	0	0
22	32 +	0	0	0	0	0	0
23	28 +	0	0	0	0	0	0
24	12 +	0	0	0	0	0	0
25	12 +	0	0	0	0	0	0

* Figure is rate of infection +++: Severely infected
 ++: Moderately infected +: Slightly infected
 +: No infection

Table 15. Thickness of cell wall of pineapple leaf

Distance from the base of leaf (cm)	Cell wall layer				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
1 Up	25 (μ)	15	15	15	15
Un	25	20	20	15	15
2 Up	25	25	25	15	15
Un	25	35	30	20	15
3 Up	25	50	40	15	15
Un	25	65	30	20	15
4 Up	25	65	50	25	15
Un	25	70	30	25	15
6 Up	25	100	65	25	20
Un	25	75	50	50	25
9 Up	25	100	65	30	25
Un	25	75	100	25	15
14 Up	25	100	75	30	25
Un	25	75	75	65	25
20 Up	25	105	75	30	25
Un	25	75	75	45	25
24 Up	25	100	75	30	25
Un	25	75	50	30	25

Up : Upper surface of the leaf

Un : Underneath surface of the leaf

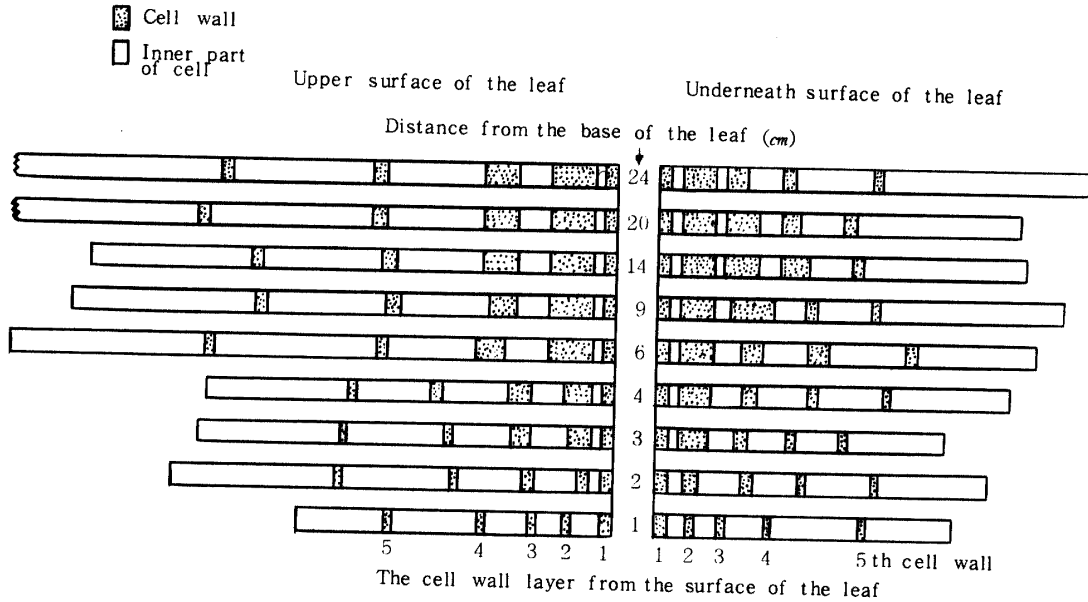


Fig. 6. The thickness of cell wall of the pineapple leaf

6. 防 除

パイナップルしんぐされ病の防除に関する研究として、SiderisとPaxtonは、ハワイにおいて、土壤の排水をよくすることによってこの病害の発生を防ぐことが出来ると報じたが、それは第一部の地域でのみ可能で、大部分の地域では満足な結果は得られないようである(79)。Johnson(57)は、彼の報告の中で、Ashbyがボルドー液と石灰硫黄合剤の効果を認めたと紹介しているが、処理の方法、薬液の濃度、防除効果などの詳しいことは記載されていない。LinfordとPaxtonは、薬剤による防除の予備実験をした結果、最も良い方法は、苗を植える前に薬液に浸漬するか、植えたあとに根元の土壤に薬液をたっぷり注入することであると報告した。その実験に使用した薬剤は、銅剤と水銀剤と硫黄剤で、それらを小面積の畑に処理した結果、ボルドー液、Semesan, Alminum sulphate, Copper carbonateが有望であるとした(79)。Mehrlich(77, 79)が行なった防除に関する実験では、10余種の殺菌剤を使用し、そのうち、ボルドー液1-0.7-3(硫酸銅454g, 消石灰318g, 水11ℓ)が最も経済的であると報告した。ただし、これは発病した株を除去し、そこに新しく植える苗についてのみ前記の薬液浸漬の効果があるとした。Quebralら(87)は、この病害の防除法としてつぎのことをあげている。1) 発病株は直ちに圃場から取り去る、2) かんがい水はきれいな水を使用するように注意する。3) 植える前の耕うんのあと、土壤はしばらく太陽光線にあてる。4) 土壤消毒を行なう、5) 苗をコロイド銅液(コロイド銅33g, 水10ℓ)の中に浸漬して植える。

最近、作物の各種疫病の防除に効果のある薬剤がいくつか出ているが、それらはパイナップルしんぐされ病の防除にも適用出来るものと考えられる。著者は、数種の薬剤を使用して予備実験を行ない。その中から最も効果のあったマンネブ剤(マンネブダイセン-主成分70%)とキャプタン剤(オーソサイド-主成分50%)を選び出して実用化試験を行なったので、その結果を報告する。

実験材料および方法

供試菌は、石垣島伊原間で採集した罹病パインアップルから分離した菌 (P-10) である。パインアップル苗は、スムースカイエン品種のえい芽を鉢植えにして使用した。薬剤は、キャプタン剤 (オースサイドー主成分 50%) とマンネブ剤 (マンネブダイセン-70%) の 400 倍液で、それらの 1/20000 の展着剤 (特製リノー) を加えた。

接種源としての遊走子は、つぎの方法によって得たものを用いた。1) パインアップルの若い葉に接種して形成させた病原菌の遊走子：その調製方法はつぎのとおりである。しんの若い葉を 1 枚 1 枚抜き取り、1% の Clorox で 3 分間殺菌して水洗し、50 ml の殺菌水を入れた 200 ml 容ビーカーに 10 葉ずつ立てた。これに、別に V-8 juice agar 上で 15 日間培養した菌そうの薄片を培地とともにすりつぶして、さきのビーカー中の殺菌水に加え、室内に 10 日間置いて、若い葉の基部に発病させた。その後水を入れ換えて病斑部に出来た遊走子のうを発芽させ、遊走子浮遊液をつくり、接種源とした。それをパインアップルに 1 株あたり約 10 ml ずつしんに注入接種した。2) 寒天培地上に形成させた病原菌の遊走子：V-8 juice agar に 10 日間培養した菌の入ったシャーレーに殺菌水を入れて 7 日間置き、遊走子のうが形成されたとき、殺菌水を入れ換えて発芽させ、遊走子浮遊液をつくらせて、1) で行なった方法でパインアップルの幼植物のしんに注入接種した。接種は、薬剤を処理した日から 7, 15, 30, あるいは 60 日後に行ない、その発病率を調べた。かん水は 3 日おきに行ない、ジョロで葉上から散水する方法と、植物体に直接かからないように土壌だけにかん水する方法を実行した。苗の薬剤浸漬処理の実験は、苗を薬液に 15 分間浸漬してしばらく陰干しにし、鉢に植えたあとに、また、幼植物に対する薬剤散布処理の実験では、植え付け後 3 か月目の鉢植えの若いパインアップルに薬液を散布処理したあとにそれぞれ前記の間隔で接種源を接種した。

実験結果

1) 薬液浸漬による苗の発病予防：苗を薬液に浸漬して植えたあとに病原菌を接種した結果は、表 16 のとおりである。それによると、土壌かん水区では、キャプタン剤区、マンネブ剤区ともに、処理後 7, 15, 30 日目の接種いずれも発病なく、60 日目の接種によってキャプタン剤区 65%、マンネブ剤区 85% の発病があった。これに対し、葉面散水区では、マンネブ剤区が 7 日目の接種で 5%、15 日目 25% 発病し、キャプタン剤区では 15 日目の接種で 20% 発病した。両薬剤区ともに処理後 30 日 60 日目の接種で、無処理接種区に劣らず発病が多かった。

2) 薬液散布による幼植物の発病予防：植え付け後 3 か月目のパインアップルに薬液を散布して接種した結果は、表 17 のとおりである。それによると、土壌かん水区は、キャプタン剤区において、30 日目の接種でわずかに 10% 発病し、マンネブ剤区では 15 日目に 2%、30 日目に 15% 発病した。両薬剤区ともに 60 日目の接種では発病が多かった。葉面散水区では、両薬剤区とも 30 日目の接種によると急に発病が多くなり、それ以前の接種では、キャプタン剤区で 7 日目に 3%、15 日目に 15% 発病し、マンネブ剤区では 15 日目に 20% も発病した。

上記の結果を統計処理によって検討整理するとつぎのとおりである。(1) 無処理接種区と薬剤処理接種区の比較：キャプタン剤区、マンネブ剤区ともに、無処理区に比べて発病が少なく、予防効果が大きい。(t 検定の結果 $P: 0.01 \sim 0.001$)。(2) 薬剤間の比較：キャプタン剤とマンネブ剤の間には、苗浸漬処理、散布処理いずれにおいても有意差は認められず、いずれの薬剤を使っても効果は似ていると言える。(3) 苗の薬液浸漬処理と植え付け 3 か月目の薬液散布処理間の比較：両処理の間には、ほとんど有意差がなく (キャプタン剤区 $P: 0.5 \sim 0.4$, マンネブ剤区 $P: 0.9 \sim 0.8$)、いずれでもよいと言える。(4) かん水法のちがいによる比較：葉面散水と土壌かん水の間には明らかに差が認められ ($P: 0.01 \sim 0.001$)、しんに水のかからない土壌かん水か雨の少ないときは、薬剤散布の間隔を延ばすことができる。

Table 16. Ratio of infection of pineapple seedlings, treated fungicide before planting, to the heart rot disease

Treatment	Method of watering	Inoculation period after the fungicide treatment			
		7	15	30	60
Captan	S*	0	20	75	85
	P	0	0	0	65
Maneb	S	5	25	80	90
	P	0	0	0	85
Inoculated without treatment	S	85	95	90	90
	P	80	90	85	95
CK	S	0	0	0	0
	P	0	0	0	0

* S: The water was sprayed over the plant

P: The water was pour directly to the soil

Table 17. Ratio of infection of three month old pineapple stand, treated fungicide before the inoculation, to the heart rot disease

Treatment	Method of watering	Inoculation period after the fungicide treatment			
		7	15	30	60
Captan	S*	3	15	70	85
	P	0	0	10	75
Maneb	S	0	20	80	85
	P	0	2	15	80
Inoculated without treatment	S	95	85	90	90
	P	80	75	85	75
CK	S	0	0	0	0
	P	0	0	0	0

* S: The water was sprayed over the plant

P: The water was pour directly to the soil

7. 考 察

沖縄におけるパインアップルしんぐされ病の発生は、沖縄本島の中、北部、久米島、石垣島、西表島など、ほとんどのパインアップル栽培地にみられるが、ことに石垣島では他の島に比べて発生が顕著である。発生の時期は11月から翌年4月頃である。これは、発病適温の時期と降雨の多い時期が一致し、そのうえ排水不良など土壌の性質が発病を促進するものと考えられる。

病原菌 *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* の遊走子のうの形成とその間接発芽（遊走子を生じて発芽する方法）には、必ず新鮮な水が必要である。その発芽率を高めるには、発芽適温（24℃）におく前に低温処理（10±2℃）が必要である。1遊走子のうの発芽によって生じる遊走子数は、おおよそ4～70個の範囲にあり、平均は30個である。

パインアップルの葉は、基部から上へ白色、淡黄色、黄緑色、緑色と色が変わっている。これは、葉緑素などの有無との関係の他に、表皮層近くの細胞膜の厚さとも関係があるようである。細胞膜の厚さと病原菌の侵入発病の間には逆相関関係があることが明らかになった。すなわち、パインアップルの葉の表面近くの細胞膜が厚い緑色部では、病原菌の遊走子の発芽後に発芽管が伸長せず、発芽管の先端付近が異常に膨らみ、侵入発病がみられない。これに対し、葉の基部の細胞膜の薄い白色部では、病原菌の遊走子の発芽が正常に行なわれ、容易に侵入発病するものと考えられる。

沖縄におけるパインアップルしんぐされ病は、パインアップル栽培地に広く分布し、11月頃から翌年4月頃にかけて、ことに降雨が多いと大発生することがあり、排水不良、やせ地では、その発生が著しいので、本病を防除するには、このような発病時期と発病条件、それに病原の侵入部位などを考慮する必要がある。防除法には、耕種的方法として、排水や土壌の性質をよくし、発病株を除去して伝染源を絶つなどの方法が考えられる。薬剤による防除としては、発病株を除去したあとの土壌を消毒して苗を植え換えるか、植え付け前に苗を薬液中に浸漬して植え付け、そのあと発病時期における薬剤散布による防除法が考えられる。苗を浸漬する薬液として、Mehrlich (77, 79) は、1-0.7-3 ボルドー液（硫酸銅 454 g, 消石灰 318 g, 水 11 l）が最も経済的であるし、Quebralら (87) は、コロイド銅液（コロイド銅 33 g, 水 10 l）をすすめている。

著者の実験結果から、キャプタン剤（オーソサイド）あるいはマンネブ剤（マンネブダイセン）の効果が大きいことを認めたのでそれらの使用をすすめたい。すなわち、両薬剤のいずれかの400倍液に苗を浸漬して植えたあと、降雨のないときは30日おきに、降雨の多いときは15日あるいは7日おきにその薬剤を散布するとよい。沖縄では、11月から翌年の4月までを薬剤散布時期と決め、上記の方法を適用する。畑全体に散布すると経費の面で採算がとれないと思われるので、各圃場で、低地とか、やせ地とか、よくほこりのかぶる道路わきなど、発病する部分があれば、そこだけに上記薬剤を散布するにとどめるとよいと考察される。

V. 摘 要

この論文は、1) 沖縄に分布する *Phytophthora* 属菌の種類と宿主範囲を明らかにし、各宿主から分離した菌株間の形態、卵孢子形成、病原性などについて比較を行ない、2) パインアップルしんぐされ病について、沖縄における分布を調べ、病原菌と宿主の関係を究明し、防除法について論じた。

沖縄で発生する *Phytophthora* の種類は、*P. cinnamomi* (宿主はパインアップル)、*P. colto-casiae* (サトイモ)、*P. cyperi* (シチトウイ)、*P. infestans* f. *sp. infestans* (ジャガイモ、トマト)、*P. nicotianae* var. *parasitica* (オクラ、ネギ、パインアップル、パパイヤ、キュウリ、クジャクサボテン、トマト、ニガウリ、タバコ、ニチニチソウ)、*P. palmivora* (ピーマン)、*P. sp.* (ナス、シュンギク) の7種類である。宿主としてニガウリとシュンギクは新しい記録である。

P. nicotianae var. *parasitica* は、宿主範囲が広く、その被害も大きい。また、宿主のちがいで、その形態、病原性に变化がある。例えば、遊走子のうの大きさ、ことに長さにおいて、平均値の最も小さい $36\ \mu$ (宿主はネギ) から、最も大きい $47\ \mu$ (パパヤ) まで、ほぼ連続的に変異がある。

沖縄産 *Phytophthora* の中には、Smoot らが発見したと同様に、卵胞子を形成するための2つの菌糸和合性グループ (Sexually compatible mating groups, A^1 and A^2) がある。 A^1 に属する菌株は、P-2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10(2), 10(3), 10(4), 10(5), 11(2), 11(3), があり、 A^2 に属する菌株には、P-1, 5, 10(6), があることがわかった。

A^1 と A^2 の対峙培養によって形成される卵胞子の数と大きさには差がある。 A^2 の P-5 と A^1 の対峙においては、同じく A^2 の P-1 と A^1 のそれよりも卵胞子形成数が多く、卵胞子の大きさも前者がはるかに大きい。なお、 A^1 の菌株間の比較では、一部形成数の差が認められたが、卵胞子の大きさはほとんど差がなかった。以上のことから、Heterothallic 菌の対峙培養によって形成される卵胞子の性質 (少なくとも形成数と大きさ) は、いずれか一方の性 (ここでは A^2 の P-1, P-5 など) によって決定されるものと考えられる。

対峙培養によって得られた卵胞子の発芽率は、比較的高く、67%もあり、発芽適温は 20°C 付近で、最高発芽に要する最短時間は約8時間である。発芽はほとんど発芽管を出して発芽するが、発芽直後に遊走子のうを形成せず、大部分は発芽直後から発芽管あるいは菌糸が肥大変形し、分岐が多いことが特徴である。

沖縄産 *Phytophthora* の P-1 から P-13 までの菌株を使用して、パインアップルの葉、各種の幼植物、果実に対する接種試験の結果、幼植物に対して、 A^2 の P-1 が他の菌株に比べて弱い病原性であること、同じく A^2 の P-5 が供試果実すべてに対して病原性がないことが注目される。パインアップル葉に対しては、病原性の差が明らかに現われ、ほぼつぎの4グループに分けられる。すなわち、1) 最も病原性の強い菌株、P-10; 2) やや強い菌株、P-3, 4, 7, 8, 1; 3) 弱い菌株、P-5, 9, 12, 6, 11; 4) 最も弱い菌株、P-2, 13 である。

沖縄におけるパインアップルしんぐされ病は、パインアップル栽培全地域にわたって発生しているが、ことに、石垣島では、他の島に比べて著しく多い。発生時期は、秋から翌年の初夏にかけてみられ、苗の植え付け後2~3か月目の発生が著しい。病原菌は2種類あるが、*Phytophthora cinnamomi* は1地区に認められただけで、他のすべての発生地での病原菌は *P. nicotianae* var. *parasitica* である。

パインアップル葉の白色部と緑色部に遊走子を接種すると、発芽率の差は認められないが、発芽管は、緑色部よりも白色部において著しく伸長し、附着器形成率は、白色部よりも緑色部においてはるかに高い。

病原菌を葉の白色部に接種すると、頂葉から25葉あたりまでは発病するが、第26葉以下の下葉ではまったく発病が認められない。また、よく発病する1枚の葉についてみると、葉の基部から2~3cmまでは、接種すると発病するが、基部から4cm以上離れた点に接種してもまったく発病しない。このような現象は、パインアップルの細胞膜の厚さと関係が深いと考えられる。すなわち、葉の表面近くの細胞膜の厚い緑色部では、遊走子の発芽後に発芽管の伸長が抑制され、その先端が異常に膨らみ、また、侵入が妨げられるが、葉の基部の細胞膜の薄い白色部では、遊走子の発芽が正常に行なわれ、容易に侵入発病するものと考えられる。

本病を防除するには、キャプタン剤 (オーソサイド) あるいはマンネブ剤 (マンネブダイセン) の400倍液に苗を浸漬して植えたあと、降雨のないときは30日毎に薬剤散布を行ない、降雨の多いときは15日あるいは7日おきに薬剤散布をする必要がある。また、11月から翌年の4月までを薬剤散布の時期と決めて、上記の方法を適用すると本病の防除は可能である。

VI. 参 考 文 献

1. Anderson, E. J. 1951 The *Phytophthora cinnamomi* problem in pineapple field of Hawaii, *Phytopathology* 41: 1-2.
2. _____ 1951 A simple method for detecting the presence of *Phytophthora cinnamomi* Rands in soil,, *Phytopathology* 41: 187-189.
3. 荒木隆男 1968 沖縄における土壤病害概観, *土と微生物* 10: 30-33.
4. Ashby, S. B. 1920 Notes on two diseases of the coco-nut palm in Jamaica caused by fungi of the genus *Phytophthora*, *West Indian Bul.* 68: 61-76.
5. _____ 1922. Oospores in cultures of *Phytophthora faberi*, *Ker Bul. Misc. Inform.* 257-262.
6. _____ 1928 The Oospores of *Phytophthora nicotianae* Br. De Haan, with notes on the taxonomy of *P. parasitica* Dastur, *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 13: 86-95.
7. _____ 1929 Strains and taxonomy of *Phytophthora palmivora* Butler (*P. faberi* Maubl.), *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 14: 18-38.
8. _____ 1929 Further note on the production of sexual organs in paired cultures of species and strains of *Phytophthora*, *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 14: 254-260.
9. _____ 1929 The production of sexual organs in pure cultures of *Phytophthora cinnamomi* Rands and *Blepharospora cambi-vora* Petri, *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 14: 260-263.
10. Apple, J. L. 1959 Sexuality of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, *Phytopathology* 49: 37-43.
11. Barnett, G. B. 1931. The pineapple. *Agric. Gazett of New South Wales*, *Misc. pub.* 2817: 147-152.
12. Barrett, J. T. 1948 Induced oospore production in the genus *Phytophthora*, *Abstr. Phytopathology* 38: 2.
13. _____ 1948 Some conditions contributing to the development and germination of oospores in the genus *Phytophthora*, *Abst. Phytopathology* 38: 913.
14. Berg, L. A. & M. E. Gallegly 1966. Effect of light on oospore germination in species of *Phytophthora*, *Abstr. Phytopathology* 56: 583.
15. Blackwell, E. 1943 On germinating the oospores of *Phytophthora cactorum*, *Presidential address. Trans. Brit. Mycol. Soc.*

- 26 : 93 - 103.
16. _____ 1949 Terminology in *Phytophthora*, Commonwealth Brit. Mycol. Inst. Mycol. Paper No. 30.
 17. Brasier, C. M. 1969 The effect of light and temperature on reproduction in vitro in two tropical species of *Phytophthora*, Trans. Brit. Mycol. Soc. 52 : 105 - 113.
 18. Bruner, S. C. 1923 La pudricion de la corona de la pina (*Ananas sativus* Schult.), Rev. Agr. Com. y Trab. Cuba 5 : 32 - 36.
 19. De Bruyn, H. L. G. 1952 Phytopath. Zeitschr. 18 : 339 - 359.
 20. Butler, E. J. 1919. Sci. Rep. Agric. Res. Inst. Pusa, 1918-19, P. 82.
 21. Cabaccang, F. R., L. L. Ilag & M. O. San Juan 1965 Sporulation and infectivity of several eggplant isolates of *Phytophthora parasitica* Dastur, The Philippine Agric. 49(3): 222 - 234.
 22. Clinton, G. P. 1908 Artificial cultures of *Phytophthora* with special reference to oospores, Conn. Agric. Expt. Sta. Ann. Rpt. 1907-1908, 891 - 907.
 23. _____ 1910 Oospores of potato blight, Conn. Agric. Expt. Sta. Ann. Rpt. 753-774.
 24. Cohen, M. 1950 Direct observation of sexual bodies by combination of two *Phytophthora* isolates, Abstr. Phytopathology 40 : 5 - 6.
 25. Collins, J. L. 1960 The pineapple, Interscience Publishers Inc, New York pp. 294..
 26. Desai, M. K. 1950 Relation of food to oospore production in *Phytophthora*, Indian Phytopathology 3 : 98 - 102.
 27. Erwin, D. C., G. A. Zentmyer, J. Galindo, & J. S. Niederhauser 1963 Variation in the genus *Phytophthora*, Ann. Rev. Phytopathology 1 : 375 - 396.
 28. _____, J. E. Partridge, & W. H. McCormick 1968 Mycelial growth and production of oospores as affected by *B*-sitosterol, and the germination of oospores of *Phytophthora megasperma* var. *sojae*, Abstr. Phytopathology 58 : 1049.
 29. Galindo, A. J. & M. E. Gallegly 1960 The nature of sexuality in *Phytophthora infestans*, Phytopathology 50 : 123 - 128.
 30. _____, & G. A. Zentmyer 1964 Mating types in *Phytophthora cinnamomi*, Phytopathology 54 : 238 - 239 and 499 (Abstr.).
 31. _____ 1964 Genetical and cytological studies of *Phytophthora capsici*, Abstr. Phytopathology 54 : 498.
 32. _____, & G. A. Zentmyer 1967 Genetical and cytological stud-

- ies of *Phytophthora* strains pathogenic to pepper plants, *Phytopathology* 57 : 1300-1304.
33. Gallegly, M. E. & A. J. Galindo 1958 Mating types and oospores of *Phytophthora infestans* in nature in Mexico, *Phytopathology* 48 : 274-277
 34. _____ 1970 Genetics of *Phytophthora*, *Phytopathology* 60 : 1135-1141.
 35. Galloway, L. D. 1936 Report of the Imperial Mycologist, Sci. Rept. Agric. Res. Inst. Pusa, 1934-5 : 120-130.
 36. Gooding, G. V. & G. B. Lucas 1959 Factors influencing sporangial formation and zoospore activity in *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, *Phytopathology* 49 : 277-281.
 37. Graham, K. M., & F. Wright 1961 An occurrence of oospores in Canadian cultures of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Can. J. Botany* 39 : 995-996.
 38. Grente, J. 1961 La maladie de l'encre du Chataignier, II. Les agents pathogenes: *Phytophthora cambivora* et *P. cinnamomi*, *Epiphyt.* 12 : 25-59.
 39. Grimm, G. R. & R. Whidden 1963 Variations in pathogenicity of *Phytophthora parasitica* from citrus, *Abstr. Phytopathology* 53 : 876
 40. Haasis, F. A. 1962 Qualitative and quantitative genetic variation among isolates of *Phytophthora parasitica*, *Abstr. Phytopathology* 52 : 12.
 41. _____, & R. R. Nelson 1963 Studies on the biological relationship of species of *Phytophthora* as measured by oospore formation in inter- and inter-specific crosses, *Plant Disease Repr.* 47 : 705-709.
 42. _____, _____ & D. H. Marx 1964 Morphological and physiological characteristics of mating types of *Phytophthora cinnamomi*, *Phytopathology* 54 : 1146-1151.
 43. Harnish, W. N. & H. L. Barnett 1962 The effect of light on sexual and asexual sporulation of species of *Phytophthora*, *Abstr. Phytopathology* 52 : 1218-1219.
 44. _____, & W. G. Merz. 1964 The effect of beta-sitosterol on oospore production by species of *Phytophthora*, *Abstr. Phytopathology* 54 : 747.
 45. _____, L. A. Berg, & V. G. Lilly 1964 Factors in lima bean and hemp seed required for oospore formation by species of *Phytophthora*, *Abstr. Phytopathology* 54 : 895.
 46. Henricksen, H. C. 1905 Puerto Rico Expt. Sta. Rpt. p. 31.
 47. Hickman, C. J. 1958 *Phytophthora* - plant destroyer. *Trans. Brit.*

- Mycol. Soc. 41: 1-13.
48. Hine, R. B., C. Alaban, & H. Klemmer 1965 Influence of soil temperature on root and heart rot of pineapple caused by *Phytophthora cinnamomi* and *Phytophthora parasitica*, Abstr. Phytopathology 55 (2): 125.
 49. 堀正侃・吉田三千子 1959 馬鈴薯疫病菌株の卵胞子形成の差異, Abstr. 日植病報 24: 21-22.
 50. _____, _____ 1959 罹病植物, 各種培地上に於ける馬鈴薯疫病菌の卵胞子様器官について, Abstr. 日植病報 24: 38.
 51. _____, _____ 1959 馬鈴薯疫病菌の卵胞子形成について, 日植病報 24: 87-92.
 52. _____ 1964 農業検査所特別報告 P. 1-69.
 53. 堀正太郎, 1910, 植物病害講話 I 215-218
 54. 伊藤誠哉・徳永芳雄 1935 札幌博物学会報 14: 13
 55. _____ 1936 大日本菌類誌 1, PP, 340
 56. Johnson, E. M., & W. D. Valleau 1954 Heterothallism in *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, Phytopathology 44: 312-313.
 57. Johnson, J. R. 1931 Enfermedades y plagas de la pina en la America tropical. Rev. Agric. Puerto Rico 26 (7): 4-11.
 58. Johnson, M. O. 1935 The pineapple, Paradise of the Pacific Press. Hawaii pp. 306.
 59. 桂琦一・高日幸義 1959 *Phytophthora capsici* Leonian 菌の sexuality に関する研究 (第1報), Abstr. 日植病報 24: 26.
 60. _____, 上林新二 1964 *Phytophthora capsici* Leonian 菌の卵胞子形成に関する2, 3の知見, 関西病虫害研究会報 6: 48-54.
 61. _____ 山本弘平 1969 イチジクを侵す疫病菌2種の比較, 京都府立大学学術報告, 農学, 21: 24-31.
 62. _____ 1971 植物疫病菌に関する研究, 学会賞受賞者講演, 日植病報, 37: 151-153.
 63. _____ 1971 植物の疫病~理論と実際~ pp. 128.
 64. 川上滝弥 1903 植物学雑誌, 17, 202: 306-307.
 65. Klisiewicz, J. M. 1970 Factors affecting production and germination of oospores of *Phytophthora drechsleri*, Phytopathology 60: 1738-1742.
 66. Kouyeas, V. 1953 On the sexuality of *Phytophthora parasitica* Dastur, Ann. Inst. Phytopathol. Benaki. 7: 40-53.
 67. Kreutzer, W. A., E. W. Bodine & L. W. Durrell 1940 A sexual phenomenon exhibited by certain isolates of *Phytophthora capsici*, Phytopathology 30: 951-957.
 68. Larsen, L. D. 1910 Diseases of the pineapple, Hawaii Sugar Planters Association Expt. Sta. Path. Series Bul. 10.
 69. Laviola, C. & M. E. Gallegly 1967 Heterothallism in *Phytophthora*

- citrophthora*, Abstr. Phytopathology 57: 646.
70. Leal, J. A. & B. Gomez-Miranda 1965 The effect of light and darkness on the germination of the oospores of certain species of *Phytophthora* on some synthetic media, Trans. Brit. Mycol. Soc. 48: 491-494.
 71. Leonian, L. H. 1925 Physiological studies on the genus *Phytophthora*, Amer. J. Bot. 12: 444-498.
 72. _____ 1931 Heterothallism in *Phytophthora*, Phytopathology 21: 941-955.
 73. _____ 1934 Identification of *Phytophthora* species, Agric. Expt. Sta. Coll. Agric. West Virginia Univ. Bul. No. 262: 2-36.
 74. Lilly, V. G. 1966 The effects of sterols and light on the production and germination of *Phytophthora* spores. In the fungus spore, 259-271. Editor, Madelin, M. F. Colston Papers No. 18. London: Butterworths.
 75. Maruderajan, D. 1941 Observations on the production of sexual organism in paired cultures of *Phytophthora* species of the *palmivora* group, proc. Indian Acad. Sci. 14: Sect. B. 384-389.
 76. 松浦勇・川村喜美雄 1927 ニチニチ草の疫病に就きて, 病虫雑誌 14: 164-168.
 77. Mehrlich, F. P. 1931 Fungicidal control studies on *Phytophthora* heart rot of the pineapple, Pineapple Quarterly 1: 171-185.
 78. _____ 1932 *Pseudopythium phytophthoron* a synonym of *Phytophthora cinnamomi*, Mycologia 24: 453-454.
 79. _____ 1934 Control of *Phytophthora* heart rot of pineapple plants, Phytopathology 24: 173-196.
 80. _____ 1936 Pathogenicity and variation in *Phytophthora* species causing heart rot of pineapple plants, Phytopathology 26: 23-43.
 81. Mills, W. R. & C. L. C. Peterson 1949 Amer. Potato Journ. 26: 98.
 82. Mitchell, D. J. & G. A. Zentmyer 1971 Effects of Oxygen and Carbon Dioxide tensions on sporangium and oospore formation by *Phytophthora* spp., Phytopathology 61: 807-811.
 83. Mukerjee, N. & A. B. Roy 1962 Microbial influence on the formation of oospores in culture by *Phytophthora parasitica* var. *sabdariffae*, Phytopathology 52: 583-584.
 84. Narasimhan, M. J. 1930 Studies in the genus *Phytophthora* in Mysore, I. Heterothallic strains of *Phytophthora*, Phytopathology 20: 201-214.
 85. Ocfemia, G. O. 1925 The *Phytophthora* disease of eggplant in the Philippine Islands, The Philippine Agric. 14: 317-328.
 86. Parris, G. K. 1942 *Phytophthora parasitica* on papaya (*Carica papaya*) in Hawaii. Phytopathology 32: 314-320.

87. Quebral, F. C., A. N. Pordesimo, T. T. Reyes, & B. P. Tamayo 1962 Heart rot of pineapple in the Philippines, *The Philippine Agric.* **46** (6): 432 - 450.
88. Raciborski, M. 1900 *Parasitische Algen und pilze, Javas.* 1. Bâtavia p. 9.
89. Rands 1922 *Meded. Inst. Plziekt., Buitenz.* **54**: 41.
90. Reddick, D. & W. R. Mills 1938 *Amer. Potato Journ.* **15**: 29 - 34.
91. Romero, S. & M. E. Gallegly 1963 Oogonium germination in *Phytophthora infestans*, *Phytopathology* **53**: 899 - 903.
92. _____ 1964 Sporulation and compatibility types of *Phytophthora palmivora* isolated from cocoa in Mexico, *Abstr. Phytopathology* **54**: 500.
93. _____, & D. C. Erwin. 1967 Genetic recombination in germinated oospores of *Phytophthora infestans*, *Nature* **215**: 1393-1394.
94. _____, _____ 1969 Variation in Pathogenicity among single oospore cultures of *Phytophthora infestans*, *Phytopathology* **59**: 1310 - 1317.
95. Satour, M. M. & E. E. Butler 1967 Germination of oospores of *Phytophthora capsici*, *Abstr. Phytopathology* **57**: 101.
96. _____, _____ 1968 Comparative morphological and Physiological studies of the progenies from intraspecific matings of *Phytophthora capsici*, *Phytopathology* **58**: 183 - 192.
97. Savage, E. J., C. W. Clinton, & M. E. Gallegly 1960 Production of oospores by inter- and intra- specific pairings within the genus *Phytophthora*, *Abstr. Phytopathology* **50**: 653.
98. _____ 1966 Effect of light quality on the production of oospores from inter- and intra- specific pairings of *Phytophthora* isolates, *Abstr. Phytopathology* **56**: 898.
99. _____, C. W. Clinton, J. H. Hunter, J. A. Brenneman, C. Laviola, & M. E. Gallegly 1968 Homothallism, heterothallism and interspecific hybridization in the genus *Phytophthora*, *Phytopathology* **58**: 1004 - 1021.
100. 沢田兼吉 1911 On blight of Taro, *台湾農試特報* **2**: 7
101. _____ 1927 *台湾菌類調報* **I**: 60 - 83, **III**: 35 - 40.
102. Sherbakoff, C. D. 1917 *Phytopathology* **7**: 119 - 129.
103. 島袋俊一・田盛正雄 1965 沖縄のパインアップルしんぐされ病の分布と発病条件, *熱帯農業* **8** (4): 228 - 232.
104. Sideris, C. P. & G. E. Paxton 1930 Heart rot of pineapple plants, *Phytopathology* **20**: 951 - 958.
105. _____, _____ 1931 Pathological, histological, and symptomatological studies on pineapple root rots, *Amer. Jour. Botany* **18**: 465 - 498.

106. Simmonds, J. H. 1929 Diseases of pineapples, Queensland Agric. Jour. **32** : 403 - 404.
107. Siradhana, B. S., C. W. Ellett, & A. F. Schmithenner 1968 Pathogenic and cultural variation in *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* from greenhouse plants, *Phytopathology* **58** : 718-719.
108. Smoot, J. J., F. J. Gough, H. A. Lamey, J. J. Eichenmuller, & M. E. Gallegly 1958 Production and germination of oospores of *Phytophthora infestans*, *Phytopathology* **48** : 165 - 171.
109. Spence, J. A. 1961. Black-pod disease of cocoa, I. A comparison of isolates of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl., *Ann. appl. Biol.* **49** : 717 - 722.
110. Stamps, D. J. 1953 Oospore production in paired cultures of *Phytophthora* species, *Trans. Brit. Mycol. Soc.* **36** : 255 - 259.
111. 高桑亮 1959 馬鈴薯疫病菌系統の発生及び分布を支配する要因としての種間雑種の意義, *日植病報* **24** : 64.
112. _____ 1960 馬鈴薯疫病菌病原系統の発生と分布に関する一考察, *Abstr. 日植病報* **25** : 21.
113. 滝元清透 1914 *日本農業雑誌* **10** : 68.
114. _____ 1931 *病虫雑* **18** : 280.
115. _____ 1935 *実際園芸* **18** : 148 - 149
116. Tamori, M. 1964 The influence of temperature on the sporangial germination of *Phytophthora colocasiae*, *Sci. Bull. Coll. Agr. Univ. Ryukyus* **11** : 1 - 12.
117. _____ 1964 The influence of light and temperature on the sporulation, germination and infection of *Phytophthora colocasiae* Rac. *Journal of Okinawa Agriculture* **3** (2) : 43 - 49.
118. 田盛正雄 1965 パインアップルしんぐされ病の防除薬剤の選定試験, *沖縄農業* **4** (1) : 21 - 23.
119. _____ 1966 パインアップルしんぐされ病の防除法, *沖縄農業* **5** (1) : 31 - 35.
120. _____ 1969 パインアップルしんぐされ病菌の侵入と発病に関する研究. *沖縄農業* **8** (1) : 45 - 49.
121. _____ 1970 沖縄におけるパインアップルしんぐされ病菌の宿主範囲に関する研究, *熱帯農業* **14** (1) : 5 - 7.
122. 田杉平司・池田義夫 1939. 黄蜀葵の疫病, *日植病報* **9** : 69 - 84.
123. Thomas, K. M., T. S. Ramakrishnan, C. K. Soumini, & M. S. Blakrishnan 1947 Studies in the genus *Phytophthora*, I. Oospore formation and taxonomy of *Phytophthora palmivora* Butler, *Proc. Indian Acad. Sci. Sec. B* **26** : 147 - 163.
124. 津曲彦寿 1960 タバコ疫病に関する研究
IX 寄主上における対峙培養と卵胞子形成, *Abstr. 日植病報* **25** : 11.
125. Tucker, C. M. 1931 Taxonomy of the genus *Phytophthora* de Bary, Mi-

- ssouri Univ. Agric. Expt. Sta. Res. Bul. 153, pp. 208.
126. Turner, P. D. 1961 Complementary isolates of *Phytophthora palmivora* from cacao and rubber, and their taxonomy, *Phytopathology* 51 : 161 - 164.
127. _____ 1961 Strains of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. from *Theobroma cacao* L. II. Isolates from non-African countries, *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 44 : 409 - 416.
128. Watanabe, T. & K. Tsudome 1970 Fungi isolated from wilted pineapple plants in Okinawa, *Trans. Mycol. Soc. Japan* 11 : 64 - 71.
129. _____ 1971 Fungi isolated from the rhizosphere soils of wilted pineapple plants in Okinawa, *Trans. Mycol. Soc. Japan* 12 : 35 - 47.
130. Waterhouse, G. M 1950 Identification of *Phytophthora* species by means of oospores produced in dual cultures, *Proc. Seventh Intern. Botan. Congress. Stockholm.* 413 - 414.
131. _____, & E. M. Blackwell 1954 Key to the species of *Phytophthora* recorded in the British Islands, *Commonwealth Mycol. Inst. Mycol. Papers* 57, pp. 9.
132. _____ 1956 The genus *Phytophthora*, Diagnoses (or descriptions) and figures from the original papers, *Kew Misc. Publ. Commonwealth Mycol. Inst.* 12, pp. 120.
133. _____ 1958 The invalidity of *Phytophthora* II, *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 41 : 196 - 202.
134. _____ 1963 Key to the species of *Phytophthora* de Bary, *Commonwealth Mycol. Papers* 92, pp. 22.
135. _____ 1970 Taxonomy in *Phytophthora*, *Phytopathology* 60 : 1141 - 1143.
136. Wills, W. H. 1954 Sporangium formation by *Phytophthora parasitica* Dastur, var. *nicotianae* (Breda de Haan) Tucker, J. *Elisha Mitchell Sci. Soc.* 70 : 235 - 243.
137. 山本昌木・尾添正雄 1956 抵抗性の異なる馬鈴薯品種を通過した疫病菌の病原性の変化に就いて, *日植病報* 21 : 63 - 67.
138. Zentmyer, G. A., W. C. Snyder, & H. N. Hansen 1950 Use of natural media for inducing sporulation in fungi, *Abstr. Phytopathology* 40 : 971.
139. _____ 1952 A substance stimulating sexual reproduction in *Phytophthora cinnamomi* *Abstr. Phytopathology* 42 : 24.
140. _____, & D. C. Erwin 1970 Development and reproduction of *Phytophthora*, *Phytopathology* 60 : 1120 - 1127.
141. _____, & D. J. Mitchell 1970 Distribution of mating types of *Phytophthora palmivora*, *Abstr. Phytopathology* 60 : 1543.

Plates の説明

Plate I

1. サトイモ疫病の病斑
2. サトイモ疫病菌, *Phytophthora colocasiae* : 病斑上の遊走子のうを顕微鏡下で, 100倍で写した。
3. トマト疫病: *P. infestans* f. sp. *infestans*
4. ピーマン疫病: *P. palmivora*
5. ピーマン疫病: *P. palmivora*
6. トマト疫病: *P. nicotianae* var. *parasitica*
7. パパヤ疫病: *P. nicotianae* var. *parasitica*
8. ニガウリ疫病: *P. nicotianae* var. *parasitica*

Plate II

9. ナス疫病: *P.* sp.
10. キュウリ疫病: *P. nicotianae* var. *parasitica*
11. オクラ疫病: *P. nicotianae* var. *parasitica*
12. ネギ疫病: *P. nicotianae* var. *parasitica*
13. *P. cinnamomi* (P-10(6)) : 菌糸の膨らみ, ×100
14. *P. cinnamomi* (P-10(6)) : 菌糸の膨らみとそれらの発芽によって形成された遊走子のう, ×100
15. *P. cinnamomi* (P-10(6)) : 菌糸の膨らみ, ×600
16. *P. cinnamomi* (P-10(6)) : 遊走子のう, ×600

Plate III

17. *P. palmivora* (P-4) : 遊走子のう, ×600 (以下同じ)
18. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-11)
19. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10(4))
20. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-6)
21. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-11(3))
22. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-12)
23. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-2)
24. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10(5))

Plate IV

25. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-3)
26. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10(3))
27. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-5)
28. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10(2))
29. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-9)
30. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-13)
31. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10)
32. *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-7)

Plate V

33. *P. sp.* (P-8)
34. *P. sp.* (P-1)
35. 各菌株のピンアップル葉に対する病原性の比較, 接種後7日目

Plate VI

36. 卵孢子: P-1 × P-14によって形成された, 形成初期, ×600 (以下同じ)
37. 卵孢子: P-1 × P-14
38. 卵孢子: P-5 × P-10 (4)
39. 卵孢子: P-5 × P-12
40. 卵孢子: P-10 (6) × P-11
41. 卵孢子: *P. porri* (京都府立大菌株) × P-3, 精子器は側着が多い。
42. 卵孢子: *P. nicotianae* var. *parasitica* (京都府立大菌株) × P-12
43. 卵孢子: *P. nicotianae* var. *parasitica* (") × P-3

Plate VII

- 対峙培養によって形成された卵孢子の発芽のいろいろ, P-5 × P-10,
24時間後, 25°C;
- a — 発芽してない卵孢子
 - b, c — 側面からの発芽
 - d, e — 底部からの発芽
 - f — 側面と底部からの発芽

Plate VIII

- 44~47. 対峙培養によって形成された卵孢子の発芽, P-5 × P-10

Plate IX

- 48~51. パインアップルしんぐされ病
48. 畑における被害状況
 49. 罹病苗の茎の下部の方から出芽したもの (畑においてはなかなかみられない)。
 50. 苗における病斑
 51. 開花期における病斑

Plate X

- 52~55. パインアップルしんぐされ病と病原菌
52. 幼果における発病 (左) と健全幼果 (右)
 53. 成果における病斑 (左2つ) と未熟果における病斑 (右)
 54. 病原菌 *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10) の菌糸 ×600
 55. 病原菌の遊走子のう ×600

Plate XI

- 56~59. パインアップルしんぐされ病菌, *P. nicotianae* var. *parasitica* (P-10)
56. 遊走子のうの間接発芽によって遊走子が遊出している状態 ×600

57. 遊走子：それぞれに2本のべん毛がみられる × 600
58. 遊走子（被のう後）の発芽：素寒天上，4時間，24℃
59. 遊走子の発芽：パインアップル葉の白色部（基部から1cmの点）の表面，2時間目，24℃

Plate XII

60～62. パインアップルしんぐされ病菌，*P. nicotianae* var. *parasitica*

(P-10)

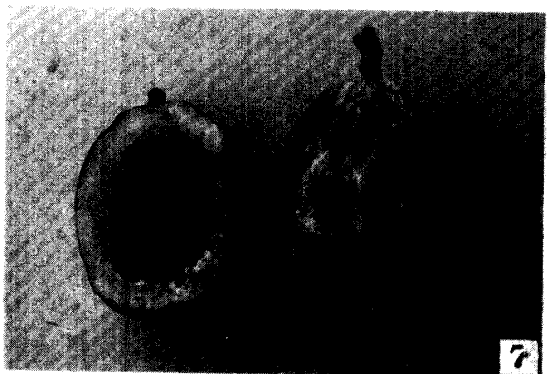
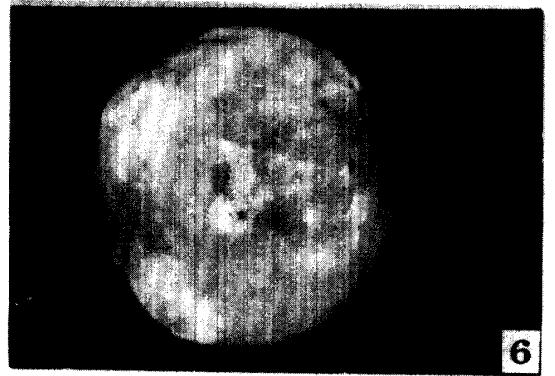
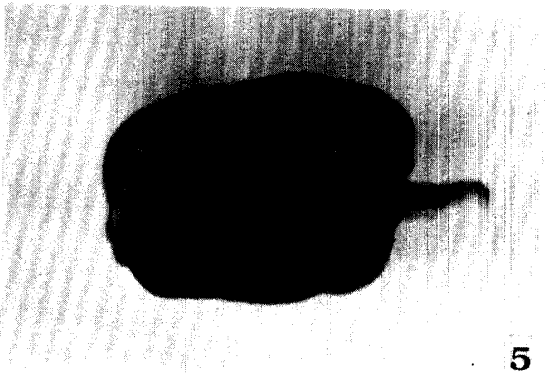
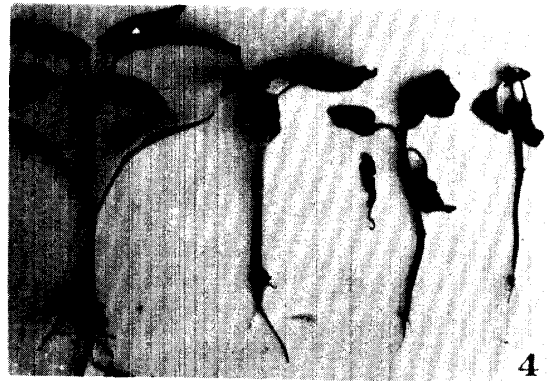
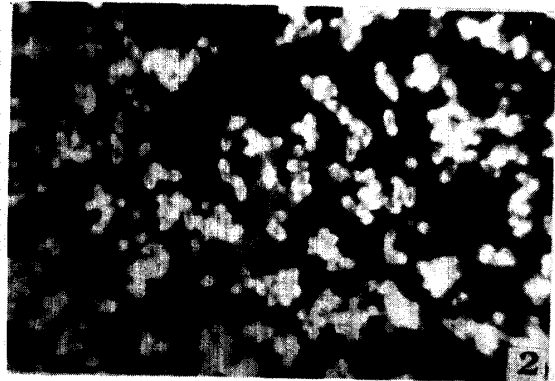
60. 遊走子の発芽：パインアップル葉の白色部の表面，3時間目，24℃
61. 遊走子の発芽：パインアップル葉の緑色部（基部から15cmの点）表面，2時間目，24℃
62. 遊走子の発芽：パインアップル葉の緑色部の表面，3時間目，24℃

Plate XIII

63～64. パインアップル葉の表皮附近の細胞膜の厚さ

63. 白色部（基部から1cmの点）の横断面
64. 緑色部（基部から15cmの点）の横断面

PLAET I



PLAET II

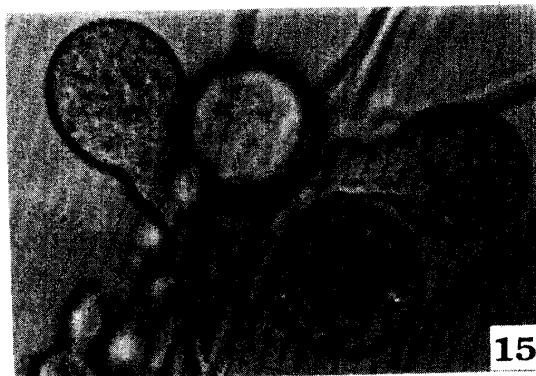
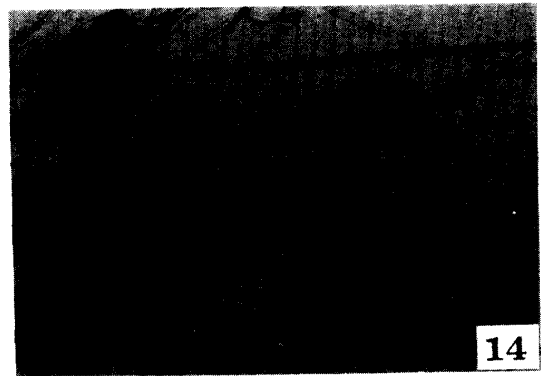
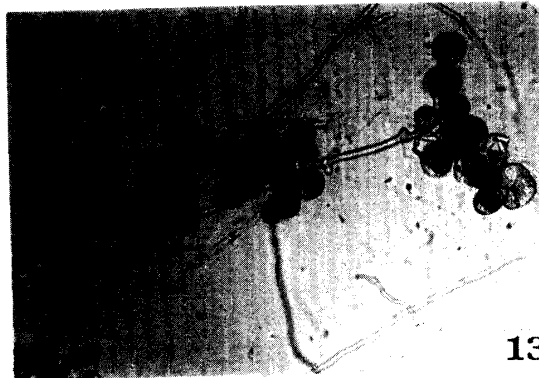
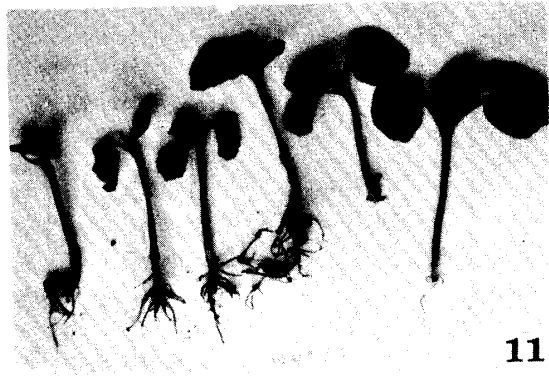
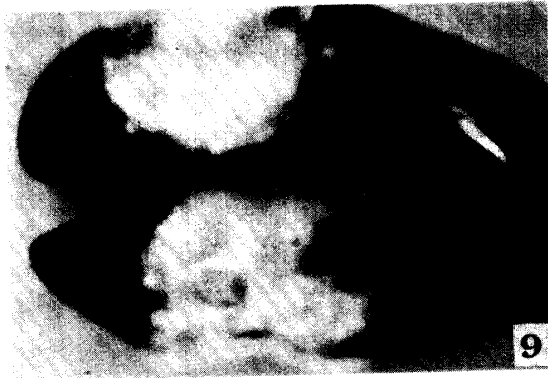


PLATE III

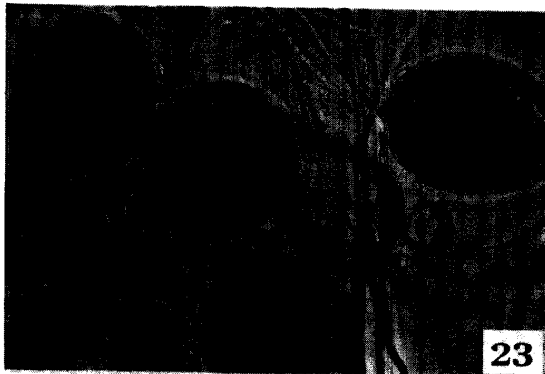
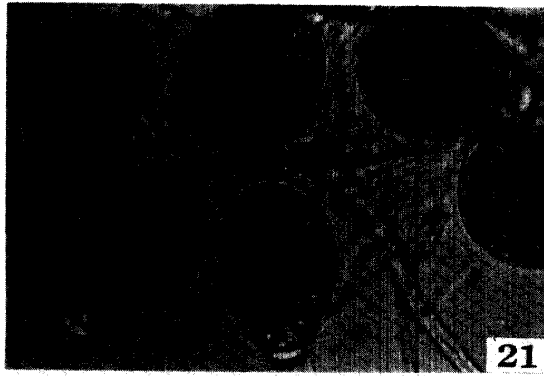
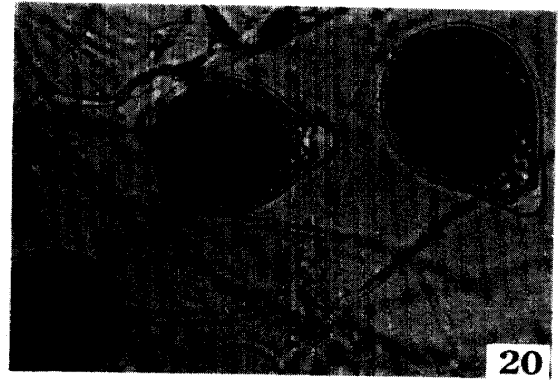
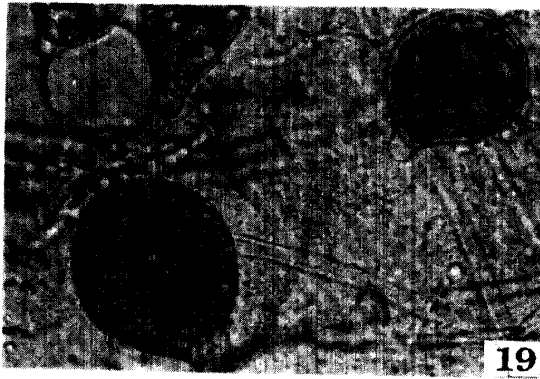
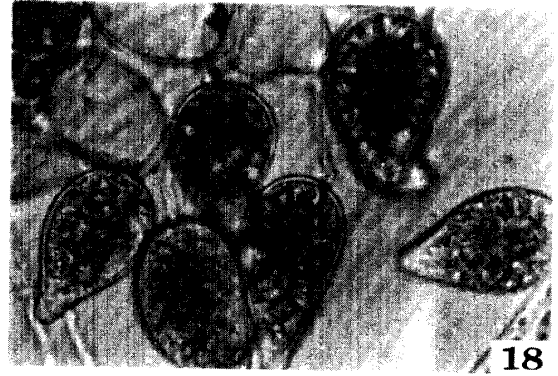


PLATE IV

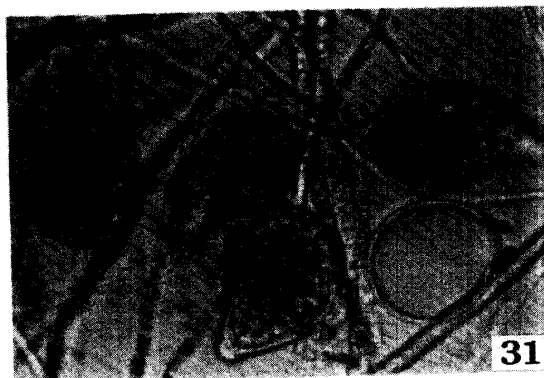
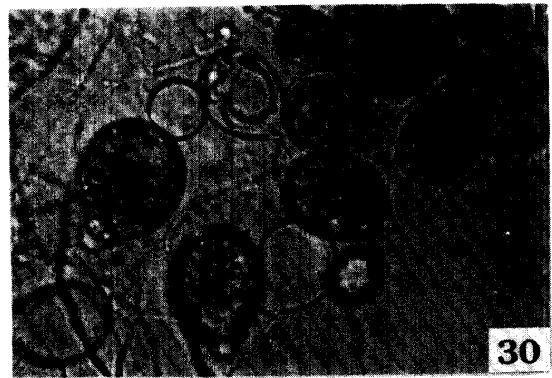
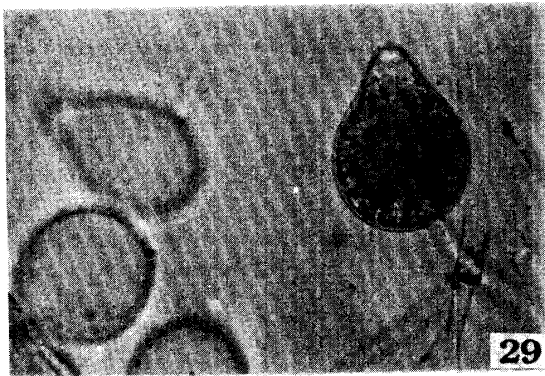
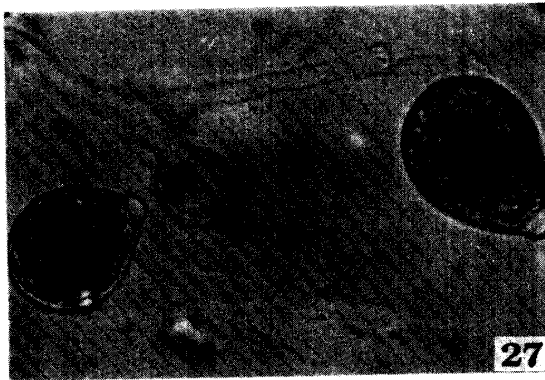


PLATE V

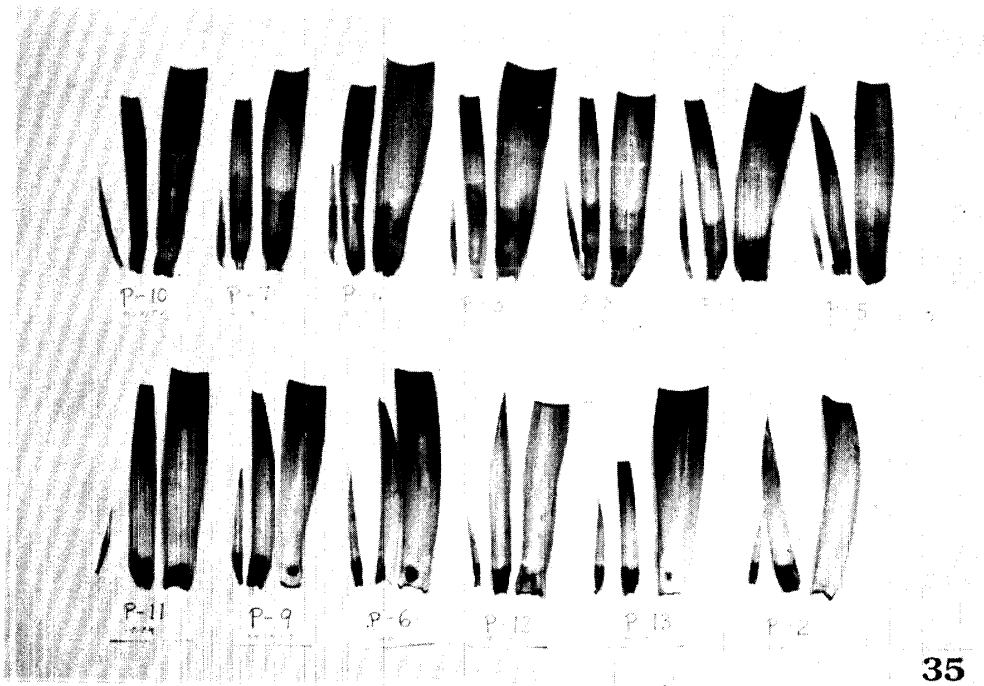
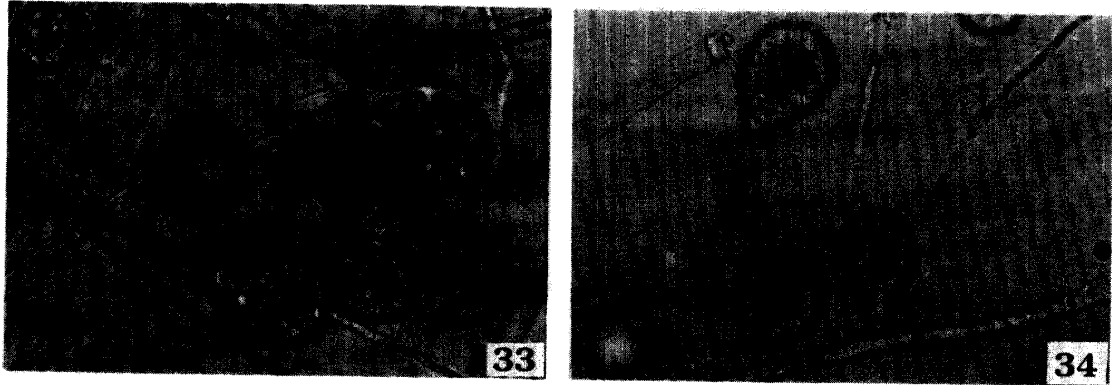


PLATE VI

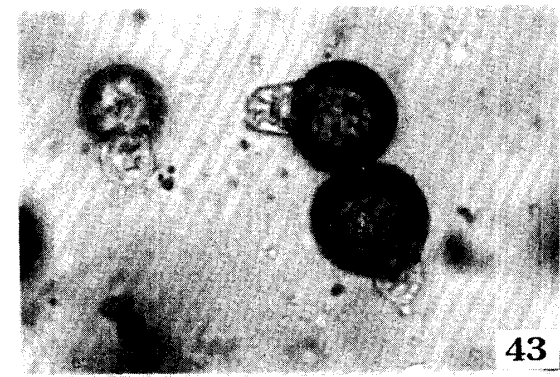
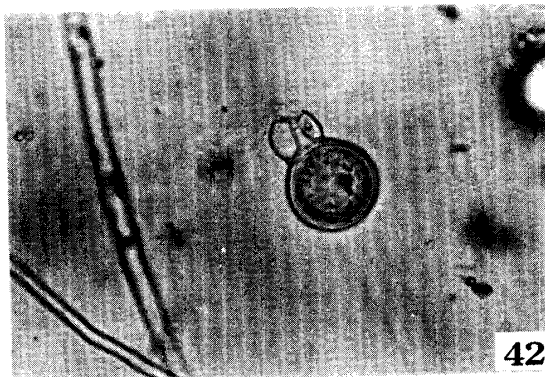
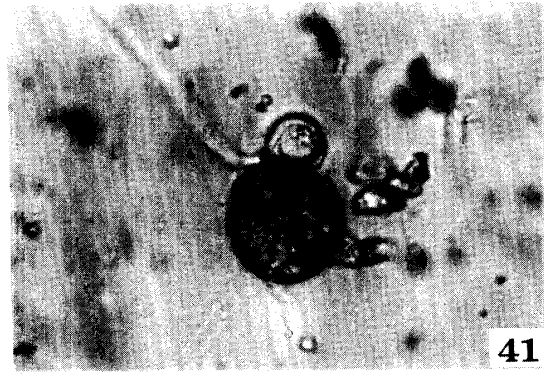
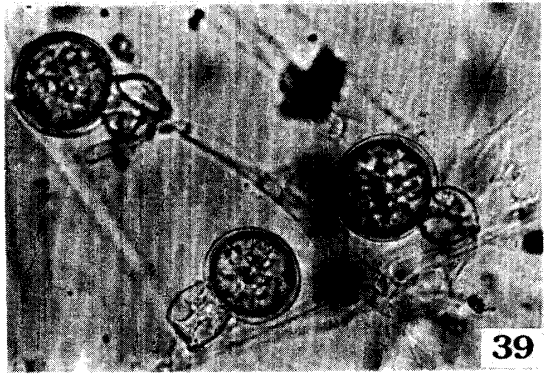
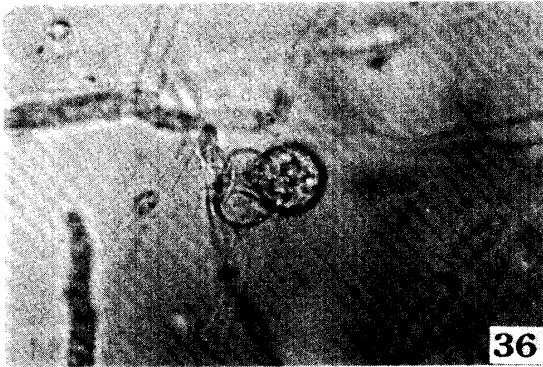


PLATE VII

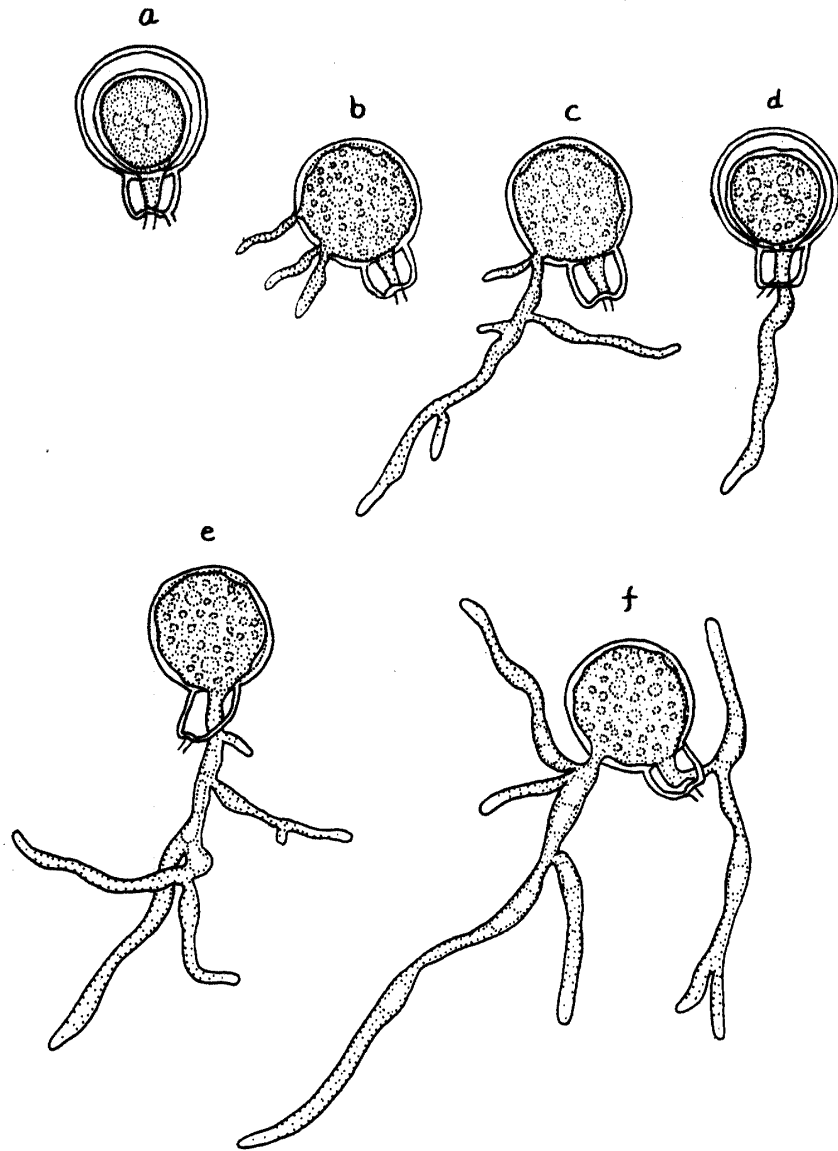


PLATE VII

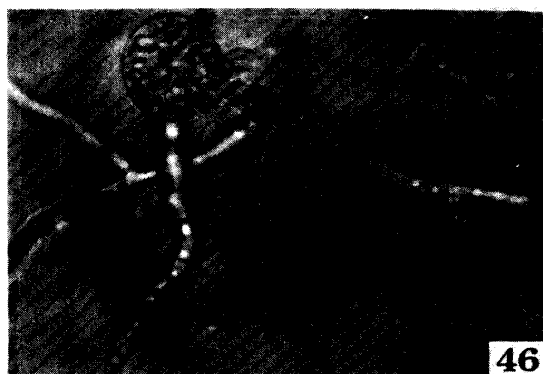


PLATE IX

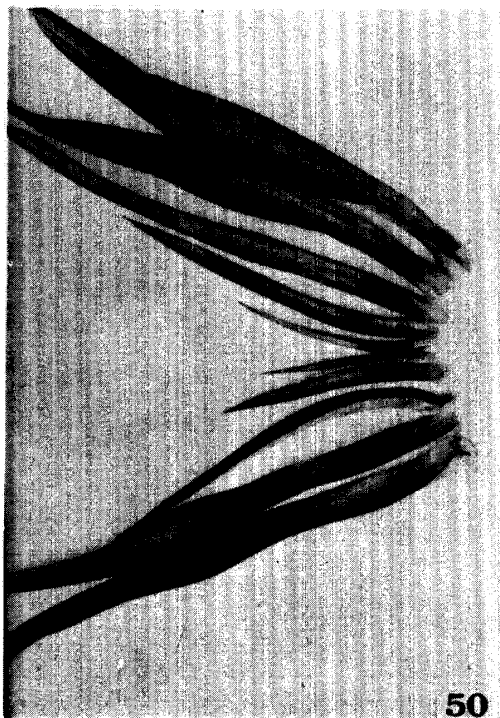
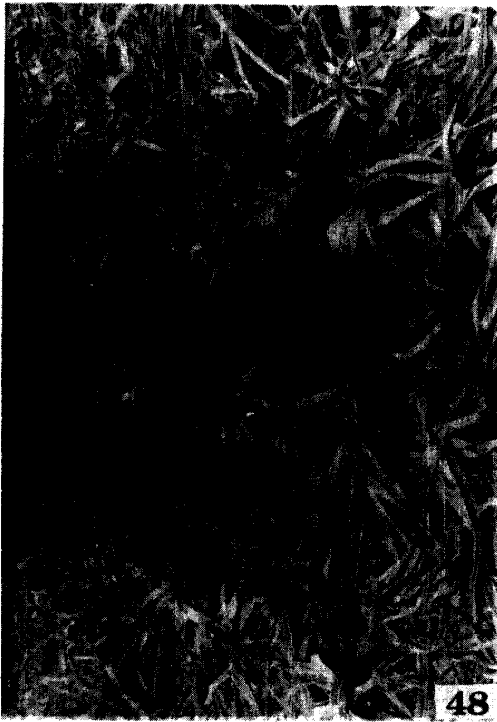


PLATE X

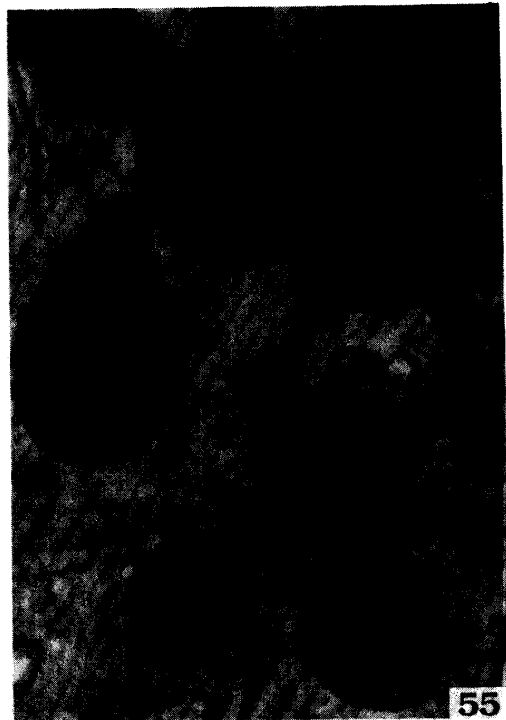
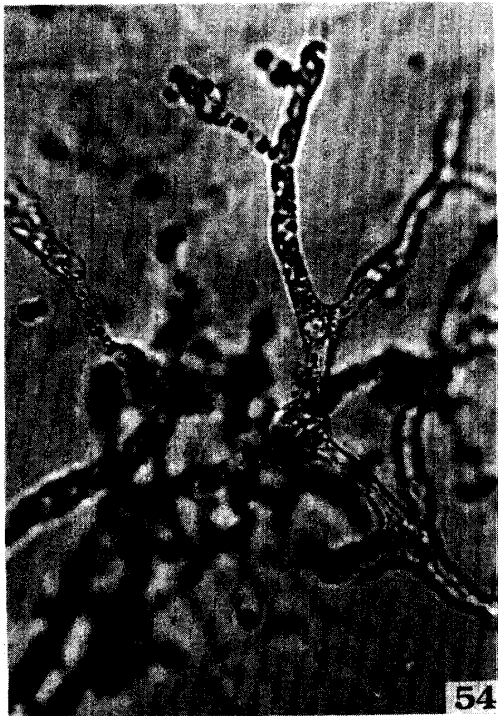


PLATE XI

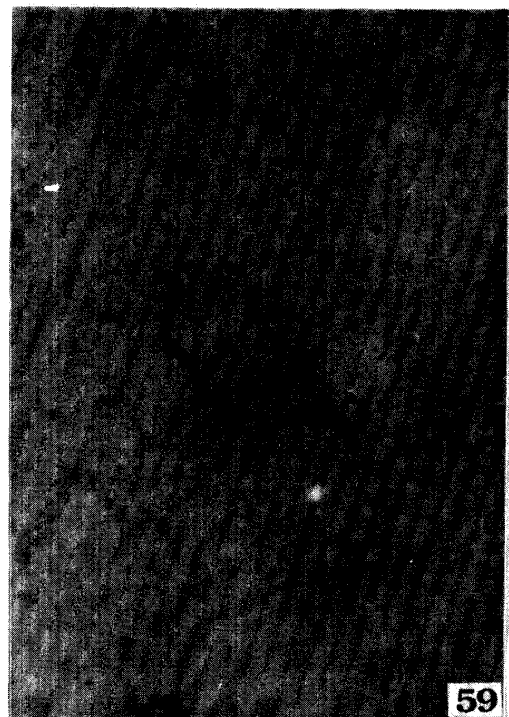
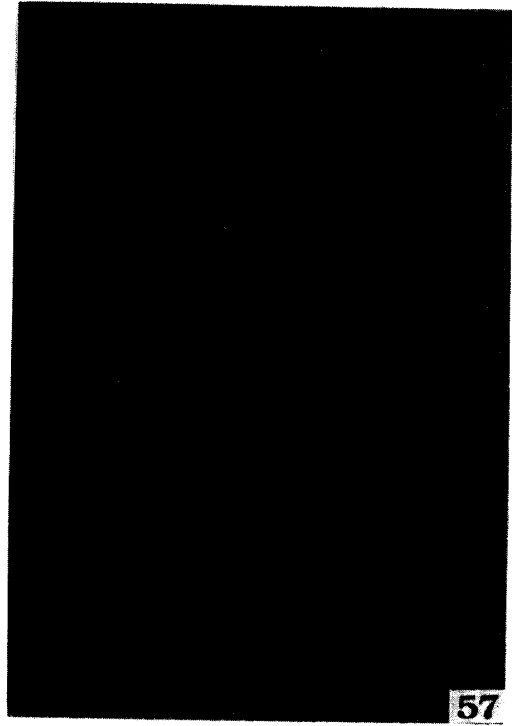
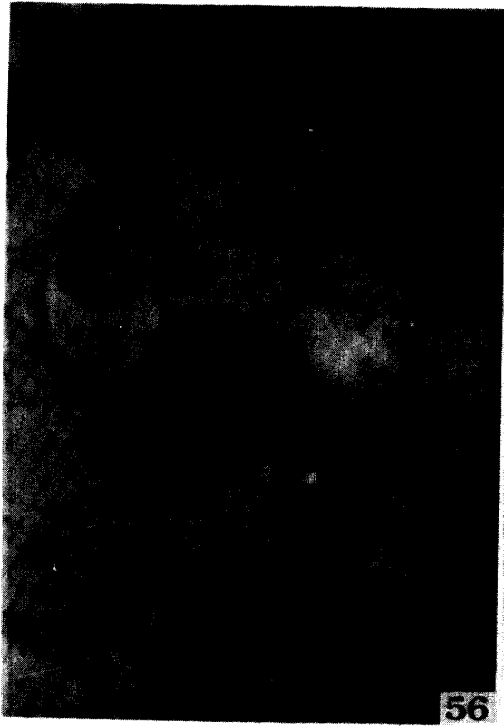


PLATE XII

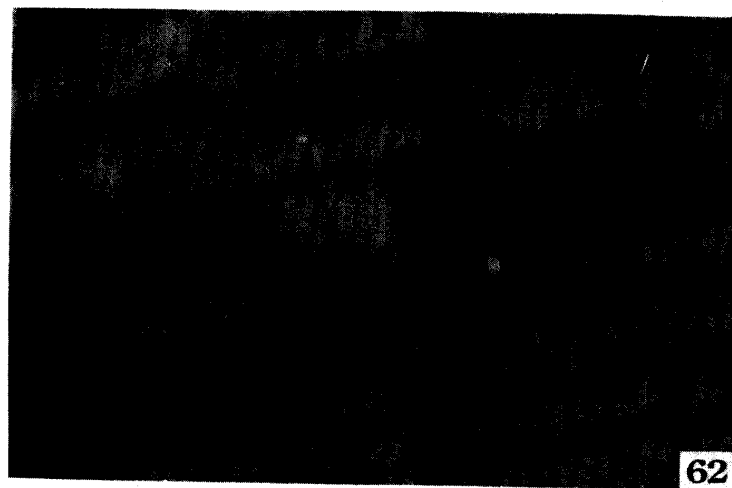
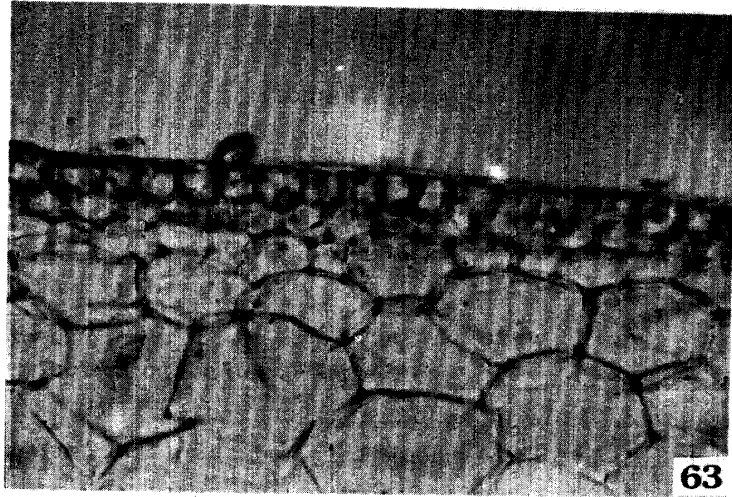


PLATE XIII



Studies on the Genus *Phytophthora* and Pineapple Heart Rot Disease Found in Okinawa

By
Masao Tamori

Summary

In this report presented were the results of 1) an investigation on the characteristics of the host range of *Phytophthora* spp., found in Okinawa, and the comparison of their morphological characteristics, the productivity of oospores, and pathogenicity among the isolates from each host plant, and 2) an investigation on the distribution of heart rot disease of pineapple in the Okinawa Islands, and discussed were the relationships between pathogen and host plant and possible chemical control measures.

The species of *Phytophthora*, identified in the present investigation to be found in Okinawa were six known species and one unknown species; *P. cinnamomi* (host is *Ananas comosus*), *P. colocasiae* (*Colocasia esculenta*), *P. cyperi* (*Cyperus malaccensis* var. *brevifolius*), *P. infestans* f. sp. *infestans* (*Solanum tuberosum*, *Lycopersicon esculentum*), *P. nicotianae* var. *parasitica* (*Abelmoschus esculentus*, *Allium fistulosum*, *Ananas comosus*, *Carica papaya*, *Cucumis sativus* var. *tuberculatus*, *Epiphyllum, hybridum*, *Lycopersicon esculentum*, *Momordica charantia* var. *pavel*, *Nicotiana tabaccum*, *Catharanthus roseus*), *P. palmivora* (*Capsicum annuum* var. *angulosum*), and *P. sp.* (*Solanum melongena*, *Chrysanthemum coronarium*). *Momordica charantia* var. *pavel* and *Chrysanthemum coronarium* are the host plantes added newly this time.

P. nicotianae var. *parasitica* showed wide ranges in its morphological characteristics and pathogenicity depending on its host plants, which covered a wider range of plant species and received more intensive damages from the pathogen than others. For example, the size, expressed in length, of zoosporangium varied continuously from the smallest of an average value of 36μ in the case of *Allium fistulosum*, a host plant, to the largest of an average value of 47μ in the case of *Carica papaya* (Table 1 and Plates III~V).

Phytophthora, found in Okinawa, had two sexually compatible mating groups A¹ and A² for the production of oospore as discovered by Smoot and others. The isolates belonging to A¹ were P-2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10(2), 10(3), 10(4), 10(5), 11(2), and 11(3) and those belonging to A² were P-1, 5, and 10(6).

The oospores formed by the cross culture between A¹ and A² varied in their number and sizes. In cross culture of P-5 of A² and A¹ generated the oospore whose number was greater than the oospore of P-1 or A² and that of A¹ and whose size was far greater than those of P-1 of A² and A¹ (Tables 3 and 4). Also, among the isolates belonging to A¹ the number of the oospore formed varied slightly in some group but their size did not show any variation. From the above points, the characteristics, at least the number and size, of the oospore formed by the cross culture of heterothallic fungi were considered to be determined by either one of sexes (P-1 and P-5 of A² in this case).

The ratio of the germination of the oospore obtained by cross culture was relatively high, reaching to 67%. An optimum temperature for the germination had a broad range near 20°C, at which the shortest time required for the highest germination was about 8 hours (Tables 5 and 6, and Figs. 1 and 2). In all cases the germination could be detected by the distinct formation of germ tubes. In no case the formation of zoosporangium was observed. The characteristic of the germination was that the germ tubes or hypha increased their sizes and changed their shapes to form multiple branchings immediately after the germination (Plates VII and VIII).

Using the isolates of P-1 through P-13 of *Phytophthora*, found in Okinawa, inoculation tests for the leaves of pineapple, various young plants, and fruits gave the result that P-1 of A², comparing to other isolates, showed a weaker pathogenicity for young plants while P-5 of the same A² presented no pathogenicity for the all fruits tested in this work. For the leaves of pineapple, the variation of the pathogenicity was distinct and could be classified into the following four groups: 1) the isolate with the highest pathogenicity, P-10; 2) the isolates with higher pathogenicity, P-3, 4, 7, 8, 1; 3) the isolates with low pathogenicity, P-5, 9, 12, 6, 11; and 4) the isolates with the lowest pathogenicity, P-2, 13, (Tables 7, 8, and 9).

Although heart rot disease in Okinawa could be found in all region of the pineapple fields, it showed the heaviest infection rate in Ishigaki Island among the islands surveyed (Table 10, and Figs. 3-1~4). The infection period started in Fall and extended through the early Summer of the following year. A higher infection rate was observed 2~3 months after the planting of buds (Plate IX no. 48). Pathogenic fungi included two species: The first one was *Phytophthora cinnamomi*, found only in one district, and the second one was *P. nicotianae* var. *parasitica*, observed to be pathogen in all other infected districts.

The experiments on the inoculation of zoospore on the white part and green part of the leaves of pineapple gave the results that there was no significant difference in the ratio of germination, that the elongation of germ tubes was remarkably high on the white part than on the green part, and that the ratio of the formation of appressorium was much higher on the

white part than on the green part (Table 12 and Fig. 5).

Upon the inoculation of the pathogen on the white part of the leaves, the infection was observed on the younger leaves up to the 25th leaf from the top leaf and almost no infection was observed on older leaves below the 26th leaf. Also, on the single leaf, the inoculation on the point 4 cm apart from the base of the leaf resulted in an infection while that on the point more than 4 cm apart from the base of the leaf gave almost no infection. Such a phenomenon may be considered to be strongly related to the thickness of the cell wall of the leaves of pineapple. That is, on the green part, whose cell wall near the surface of the leaf is thick, the elongation of a germ tube following the germination of zoospore may be inhibited, leading to an abnormal swelling at the tip of the germ tube and the inhibition of the infection, while on the white part at the base of the leaf, whose cell wall is thin, the germination of zoospore may be carried out normally, leading to the relatively easy infection of the disease.

For the chemical control of the disease, after planting the buds dipped in an aqueous solution of 400 time dilution of Captan (Orthocide, 50%) or Maneb (Maneb-Dithane, 70%) in addition to a 1/20000 spreading agent (special grade Rino), it was required to spray either one of the above fungicidal solutions in every 30 days in a rainless season or in every 15 days in a rainy season. Furthermore, the disease could be controlled well by applying the above methods, after taking the period covering November through April of the next year as a season for spraying the fungicides.

謝 辞

この研究をまとめるにあたって、直接御指導下さった元東京教育大学教授徳永芳雄氏と北海道大学教授宇井格生氏、標本、文献など資料を提供していただいた京都府立大学名誉教授桂琦一氏、同教授正子朔氏、講師宮田善雄氏、研究の便宜をはかっているいろいろと助言いただいた北海道大学名誉教授村山大記氏、東京教育大学名誉教授平塚直秀氏、同助教授佐藤昭二氏らに心から感謝申し上げます。なお、調査、標本採集、実験などに御協力いただいた沖縄県農業試験場上原勝江、山内昌治、那覇植物防疫事務所今村毅、琉球殖産株式会社島田隆久の各氏に対し御礼申し上げます。

この研究は、琉球大学の研究助成費（昭和40～45年）と、文部省の昭和48年度科学研究費により行なわれたものである。