

## Studies on the Disease of Root Tumor of Melon(*Cucumis melo* L.)

吉田, 政博

<https://doi.org/10.11501/3106939>

---

出版情報 : 九州大学, 1995, 博士 (農学), 論文博士  
バージョン :  
権利関係 :

## 第 1 1 章 発病と土壌環境

ウリ類を侵す放線菌病は、これまでにスウェーデンにおいてキュウリで 1 例の発生報告<sup>18)</sup>が存在するのみであり、メロンがんしゅ病の発生生態については現在のところほとんど知られていない。

本病は土壌病害であるため、その発生にはそれぞれの土壌環境が直接的な影響を与えるほか、広く土壌病害にみられるように、その発生生態は複雑に絡まっている。そこで、まず、個々の土壌要因（菌濃度、温度、pH、水分、土性、消毒、湛水）と発病との関係について検討し、本病の防除対策を講ずる上での基礎資料を得るために本試験を行った。

### 第 1 節 土壌中の病原菌量と発病との関係

まず、土壌中の異なった接種菌量における発病状況を比較し、発病に至る最小菌密度ならびに土壌中の菌量による発病の変動について検討した。

#### 材料および方法

接種に供試したがんしゅ病菌は罹病メロンから分離した B-9-1 菌株 (Table 9) で、第 4 章第 5 節と同様に接種源の培養・調製を行った。

供試メロン（品種：健脚）の種子は、5% アンチホルミン液で表面殺菌後播種した。メロンの栽培はすべて 25~35℃ のガラス温室内で行い、灌水は栽培土壌の表面が乾いた時に随時実施した。

試験 - I：栽培土壌として、オートクレーブ処理した九州東海大学農学部付属農場内の畑圃場の黒ボク土（pH 6.1）を用いた。接種は、上記の接種源（約  $10^7$  cfu/ml）を栽培土壌に対して 0.05~4.0%（V/V）の菌量

となるように土壌混和して行った。接種土壌は直径15cmの素焼鉢に詰め、2粒のメロンを播種した。播種10日後から5日ごとに立枯率を調べ、立枯株については随時本葉数とこぶ形成状況を調べた。また、播種40日後にはすべての植物についてこぶ形成状況と本葉数を調査し、こぶ形成についての発病株率と発病度 (Fig. 15, Table 50) を算出した。試験は1区5鉢を供試した。

試験 - II : 栽培土壌として市販の床土 (商品名: 宮崎焼土, pH 6.8) を殺菌後使い、試験 - I と同様に接種源を0.02~4.0% (V/V) となるように土壌混和して、発病状況を調査した。試験は1区4鉢を供試した。

試験 - III : 供試土壌は試験 - II と同じとし、接種源を10倍段階で希釈した後、それらの濃度が約 $0.1 (10^{-1}) \sim 10^5 \text{ cfu/ml}$  湿潤土の菌量となるように混和接種して、各接種菌密度の汚染土壌とした。汚染土壌には前試験と同様にメロンを播種し、40日後にがんしゅ病の発病状況とメロンの草丈および本葉数を調査した。試験は1区5鉢を供試した。

## 結 果

試験 - I : 立枯株率の推移をTable 55に、播種後40日目のがんしゅ病の発病とこぶ数およびメロンの本葉数をTable 56に示した。

黒ボク土では、接種菌量の接種源が0.2% (約 $2 \times 10^4 \text{ cfu/ml}$  湿潤土) 以上の濃度区において、播種20日後から10~80%の割合で立枯を示す植物がみられはじめ、それは高濃度接種区ほど激しかった。さらに、播種25日後では、新たに0.1% (約 $1 \times 10^4 \text{ cfu/ml}$  湿潤土) 接種区で50%が、0.05% (約 $5 \times 10^3 \text{ cfu/ml}$  湿潤土) 接種区でも20%の植物で立枯がみられ、その時点では1.0% (約 $1 \times 10^5 \text{ cfu/ml}$  湿潤土) 以上の接種区では、すでに100%の立枯率に達した。また、0.5% (約 $5 \times 10^4 \text{ cfu/ml}$  湿潤土) 以下の菌量の接種区でも播種40日後までに70~90%の立枯率となるまでに増加した。



Table 55. Percentage of seedling damping-off of melon in kuroboku soil infested with different inoculum densities of the pathogenic *Streptomyces* sp.

Inoculum density <sup>a)</sup> (%)	Days after sowing						
	10	15	20	25	30	35	40
0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	0	0	0	20.0	20.0	70.0	80.0
0.1	0	0	0	50.0	50.0	60.0	70.0
0.2	0	0	20.0	90.0	90.0	90.0	90.0
0.5	0	0	10.0	60.0	80.0	90.0	90.0
1.0	0	0	60.0	100	100	100	100
2.0	0	0	80.0	100	100	100	100
3.0	0	0	80.0	100	100	100	100
4.0	0	0	80.0	100	100	100	100

a) Liquid inoculum of approximately  $10^7$  cfu/ml was mixed with soil on a V/V basis.

Table 56. Occurrence of root tumor and number of foliage leaves of melon cultivated in kuroboku soil infested with different inoculum densities of the pathogenic *Streptomyces* sp. at 40 days after sowing

Inoculum density <sup>a)</sup> (%)	Percentage of diseased plant (root tumor)	Disease severity	Number of root tumors per diseased plant	Number of foliage leaves
0	0	0	0	3.9
0.05	100	37.5	19.1	1.3
0.1	100	27.5	8.1	1.1
0.2	100	27.8	10.9	1.1
0.5	100	30.6	15.8	1.0
1.0	100	28.1	12.4	1.0
2.0	100	30.6	14.0	1.1
3.0	100	27.5	13.3	1.1
4.0	00	25.0	7.8	1.2

a) See Table 55.



播種40日後までに枯死した植物を含め、接種土壤に播種したすべての植物の根部にこぶの形成が認められた。しかし、それらの形成こぶは2mm以下の小型のものが主体で数も少なく、発病度も0.05%接種区での37.5から4.0%接種区の25.0の範囲内にあり、接種菌量と発病度には相関はみられなかった。

メロンの生育状況は無接種区の3.9葉の本葉数に対して、接種区では播種後の早い時期から立枯を起こしたように著しく生育が劣り、全接種区で1枚前後の本葉数であった。

試験-II: 結果はTable 57とTable 58にそれぞれ示した。

栽培土壤に市販の床土を用いた結果、発病様相は黒ボク土とは異なった。播種40日後まで全接種区において立枯を起こす植物はみられなかった。しかし、播種45日後には接種菌量が1.0% (約 $1 \times 10^5$  cfu/ml湿潤土)以上の接種区において12.5~37.5%の割合で立枯植物が認められはじめ、その後、播種50日後までに50.0~62.5%の割合に増加したが、接種菌量が0.5% (約 $5 \times 10^4$  cfu/ml湿潤土)以下の接種区では立枯を起こす植物はまったくみられなかった。

一方、播種50日後におけるこぶ形成の状況を調査した結果、接種区のすべての株でこぶの形成が認められた。また、それらの発病度は0.05% (約 $5 \times 10^3$  cfu/ml湿潤土)接種区で96.9を示す最も高い値を示し、それより低濃度の0.02% (約 $2 \times 10^3$  cfu/ml湿潤土)接種区では81.3とやや減少した。一方、0.1% (約 $1 \times 10^4$  cfu/ml湿潤土)以上の接種区では菌量の増加にしたがって発病度は減少する傾向を認め、とくに、接種源を1%以上の割合で接種した区では根部のこぶの形成は比較的少なかった。

メロンの地上部の生育状況は無接種区の本葉数が6.6葉であるのに対し、接種区では生育が劣り、とくに、0.1%以上の接種源量の接種区では4葉以下と著しく抑制された。一方、0.05%以下の接種源量の接種区では5.4葉を示し、他の接種区に比べて生育は比較的良好であった。

Table 57. Percentage of seedling damping-off of melon in bed soil (on the market) infested with different inoculum densities of the pathogenic *Streptomyces* sp.

Inoculum density <sup>a)</sup> (%)	Days after sowing								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0	0	0	0	0	0	0	0	25.0	62.5
2.0	0	0	0	0	0	0	0	12.5	50.0
3.0	0	0	0	0	0	0	0	12.5	50.0
4.0	0	0	0	0	0	0	0	37.5	50.0

a) See Table 55.

Table 58. Occurrence of the root tumor and number of foliage leaves of the melon cultivated in bed soil (on the market) infested with different inoculum densities of the pathogenic *Streptomyces* sp. at 50 days after sowing

Inoculum density <sup>a)</sup> (%)	Percentage of diseased plant (root tumor)	Disease severity	Number of root tumors per diseased plant	Number of foliage leaves
0	0	0	0	6.6
0.02	100	81.3	101.9	5.4
0.05	100	96.9	128.3	5.4
0.1	100	68.8	74.5	3.8
0.2	100	87.5	107.0	3.3
0.5	100	90.6	109.1	2.4
1.0	100	62.5	57.8	3.0
2.0	100	59.4	51.4	2.8
3.0	100	68.8	75.3	2.3
4.0	100	59.4	45.8	2.0

a) See Table 55.



試験 - III : 栽培土壌中の接種菌量と発病程度およびメロンの地上部生育の状況を Table 59 に、こぶの形成と肥大状況を Fig. 24 に、それぞれ示した。

栽培土壌中の接種菌量が 1 ml の湿潤土当り約  $1 (10^0)$  cfu 以下の接種区においては、がんしゅ病の発病がまったく認められなかった。一方、栽培土壌中の接種菌量が約  $10^1$  cfu/ml 湿潤土区からは 80.0% の発病株率と 20.0 の発病度を認め、その後接種菌量が増すにつれて発病度は徐々に増加し、約  $10^3 \sim 10^4$  cfu/ml 湿潤土区では 62.5 ~ 65.0 の高い値となった。しかし、約  $10^5$  cfu/ml 湿潤土区では発病度は 47.5 を示し、発病は減少した。

形成こぶ数は発病度と同様の傾向を示したが、2 mm 以上の大型のこぶの占める割合は、接種菌量の増加にともない約  $10^5$  cfu/ml 湿潤土の接種区まで次第に高くなっていった。すなわち、接種菌量の増加にしたがい大型のこぶが認められやすくなり、約  $10^5$  cfu/ml 湿潤土接種区では 10mm 以上のこぶが形成こぶの約 5% を占めていた。

Table 59. Relationships between incidence of occurrence of root tumor of melon and inoculum density of the pathogenic *Streptomyces* sp.

Inoculum density (x1.69 cfu/ml of moist soil)	Percentage of diseased plants	Disease severity	Growth of melon	
			Plant length (cm)	Number of foliage leaves
0	0	0	42.0	10.9
$10^{-1}$	0	0	39.3	10.3
$10^0$	0	0	41.7	10.7
$10^1$	80.0	20.0	41.6	10.3
$10^2$	100	50.0	36.6	9.9
$10^3$	100	62.5	31.8	9.0
$10^4$	100	65.0	27.7	7.8
$10^5$	100	47.5	13.4	5.3



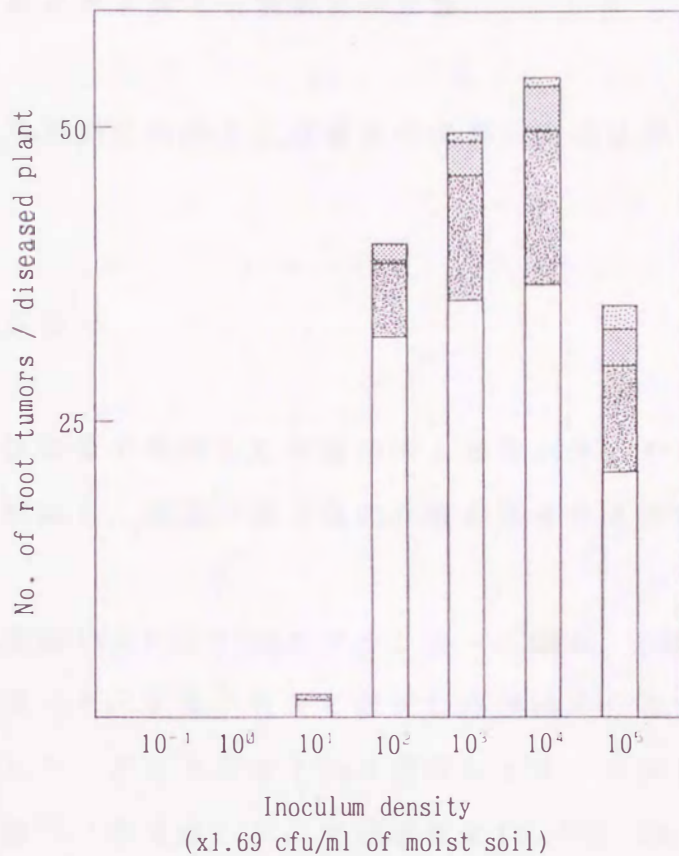


Fig. 24. Sizes of root tumors formed on diseased melon in soils infested with different inoculum densities of the pathogenic *Streptomyces* sp.

Size of root tumor, □: <2, ▨: 2-5, ▩: 5-10, ▪: 10<(mm).

メロンの地上部の生育状況は、約  $10^1$  cfu/ml 湿潤土接種区までは無接種区とほぼ同程度であった。しかし、発病株率が 100% となった約  $10^2$  cfu/ml 湿潤土以上の接種区では、接種菌量の増加にしたがいメロンの生育は抑制された。とくに、約  $10^5$  cfu/ml 湿潤土接種区では、最も激しく発病した約  $10^4$  cfu/ml 湿潤土区で 27.7cm の草丈と 7.8 葉の本葉数であったのに対し、それぞれ 13.4cm と 5.3 葉を示すように、発病度は減少していたにもかかわらず生育の著しい抑制が認められた。

## 第2節 発病におよぼす土壤温度の影響

メロンの栽培期間における土壤温度の差異と発病状況との関係について試験した。

### 材料および方法

栽培土壤には前節で供試した市販の床土を用いた。がんしゅ病菌はB-9-1菌株を供試し、接種汚染土壤の作製方法は第8章第2節と同様である。

接種汚染土壤は36×62×15cmのプランターに詰め、10粒のメロン（品種：健脚）を播種した。子葉が完全に展開した播種9日後からプランター内の底部に敷いたヒーターと深さ7cmに埋設したサーモスタットにより、メロンの生育温度<sup>101)</sup>を考慮して、土壤温度を15、20、25、30、35℃の5段階に設定した。土壤温度設定期間中のガラス温室内の気温は、約15℃を保つように管理した。発病状況は播種82日後に前節と同様に調査した。

### 結果

がんしゅ病の発病株率と発病度をFig. 25に、こぶの形成と肥大状況をFig. 26に示した。

発病株率は15℃区で90%を示した以外は、20～35℃の全試験区のすべての株で発病がみられた。また、発病度においても15℃区で22.5と最も低く、25℃区までは土壤温度の上昇にともない高くなったが、25℃区と30℃区では52.5の同じ発病度であった。さらに、35℃区になると発病度は70.0まで増加し、最も激しく発病した。

一方、形成こぶの肥大状況では、15℃区で2mm以下の小型のこぶが約70



%を占めているのに対し、20℃区からは大型のこぶの形成も比較的多く認められはじめ、全体の約70%が2mm以上のものであった。さらに、こぶの大きさは土壌温度が高くなるとともに全体的に大型化し、2mm以下のこぶ数には大差ないが、それ以上の大きさのこぶでは増加傾向がみられた。とくに、35℃区では形成こぶの約8%が著しく肥大が進んだ10mm以上の大型のこぶであった。

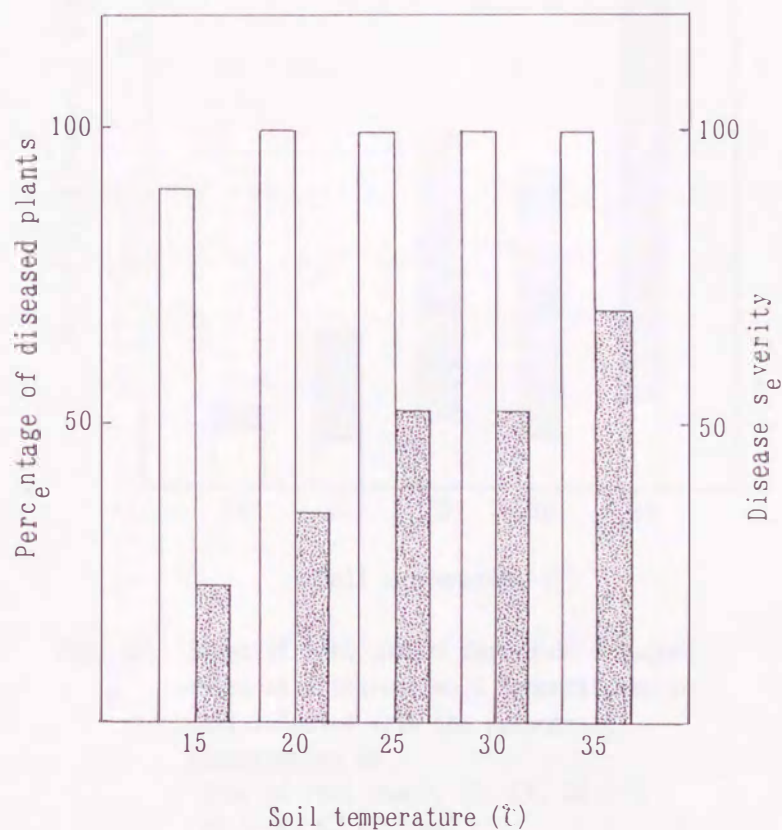


Fig. 25. Effect of soil temperature on occurrence of root tumor of melon in soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.  
□:percentage of diseased plants,  
▨:disease severity.



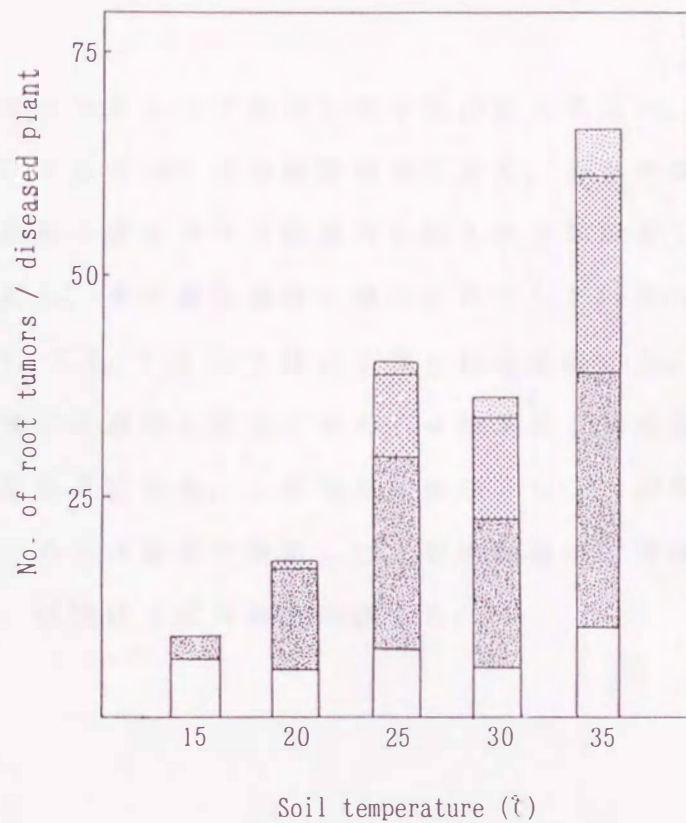


Fig. 26. Sizes of root tumors formed on diseased melon at different soil temperatures in soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.

Size of root tumor, □: <2, ▨: 2-5, ▩: 5-10, ▪: <10(mm).

### 第3節 発病におよぼす土壌pHの影響

メロン栽培土壌のpHと発病状況との関係について試験した。

#### 材料および方法

供試土壌はオートクレーブ処理した市販の床土を用い、常法<sup>14)</sup>にしたがい炭酸カルシウムと180倍の硫酸溶液により、pHを異にする各種土壌を調製した。調製土壌はガラス温室内に約1か月間静置した後、それらの土壌pHを測定し、その値を栽培土壌のpHとした。すなわち、4.6, 5.2, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5の7種の土壌pH区を設けた。

pH調整土壌には前節と同様にかんしゅ病菌を土壌混和で接種し、これを直径15cmの素焼鉢に詰め、1鉢当り2粒のメロン(品種:健脚)を播種後、25~35℃のガラス温室で栽培した。発病調査は、播種50日後に前節と同様に行った。試験は1区5鉢を供試した。

#### 結果

発病株率と発病度をFig. 27に、こぶの形成と肥大状況をFig. 28に示した。

かんしゅ病の発病は土壌pHが5.5以下では認められなかった。一方、pH 6.0では発病株率40%、発病度10.0で軽い発病がみられ、形成こぶ数も少なく、形成こぶの多くは2mm以下の小型のものであった。土壌pHが6.5と7.0区においては全株が発病し、両区ともに発病度も27.5と最も高かった。とくに、pH 6.5区では形成こぶ数が7.0区より多く激しい発病がみられ、形成こぶの約半数が2mm以上でこぶの肥大も著しかった。これに対して、土壌pHが7.5になると発病株率は80%、発病度は20.0に低下し、形成こぶ数もpH 6.0区と同程度まで減少した。

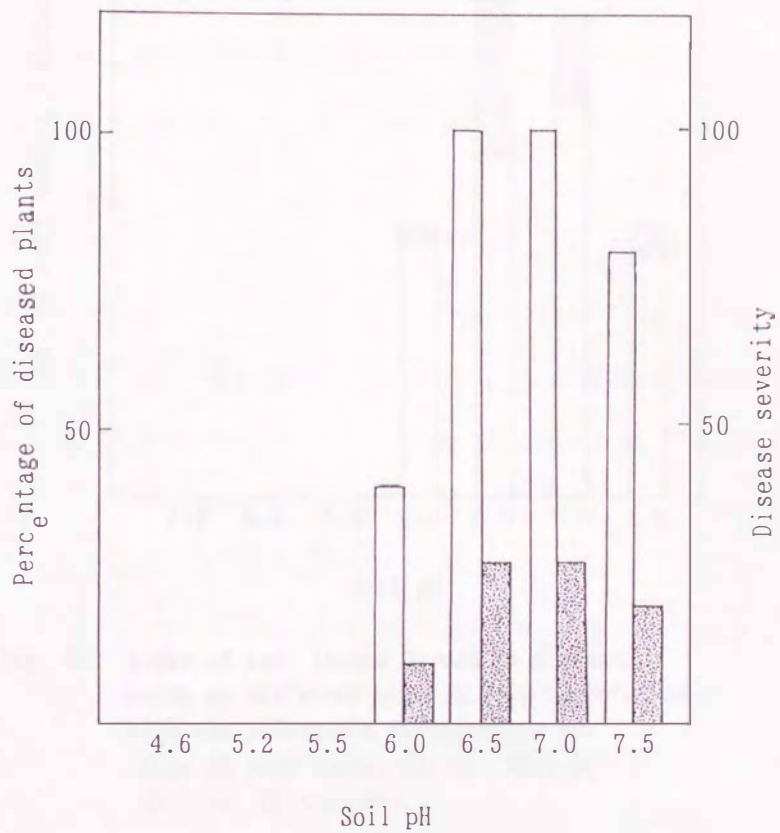


Fig. 27. Effect of soil pH on occurrence of root tumor of melon in soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.

□:percentage of diseased plants,  
 ▨:disease severity.



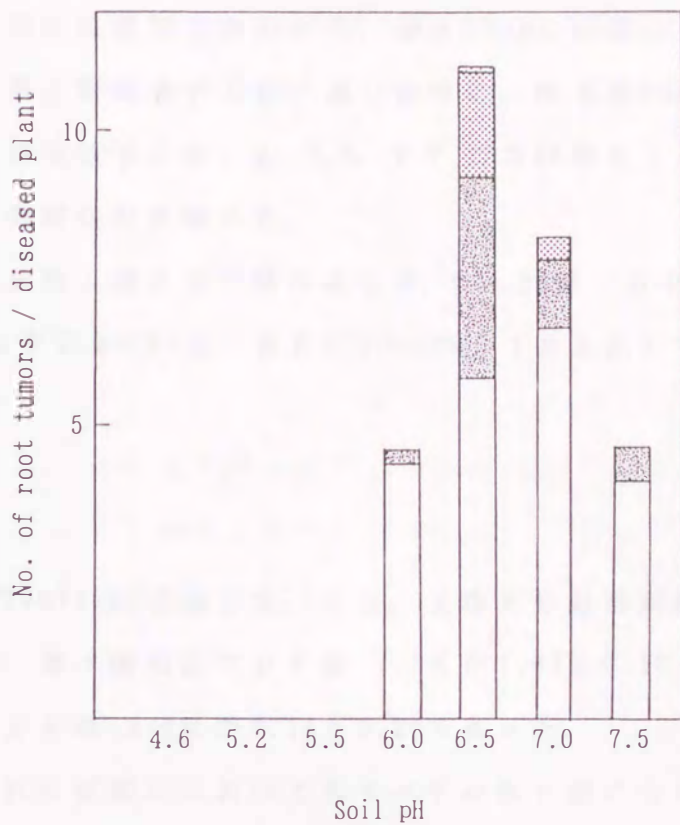


Fig. 28. Sizes of root tumors formed on diseased melon at different soil pH in soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp. Size of root tumor, □: <2, ▨: 2-5, ▩: 5-10, ▪: <10(mm).

#### 第4節 発病におよぼす土壤水分の影響

異なった土壤水分の栽培土壤における発病状況を試験した。

##### 材料および方法

がんしゅ病菌の接種汚染土壤は、すべて第2節と同様に作製した。汚染土壤を59×38×20cmのプランターに詰め、それに表面殺菌した10粒のメロ

ン（品種：健脚）を播種し、25～35℃のガラス温室内で栽培した。播種8日後の子葉が完全に展開した時から、深さ10cmに設置したテンションメーターが所定の灌水開始点pF値に達した時に、降水量10mm相当の灌水を行った。灌水開始点はpF値1.8、2.4、2.7の3段階とした。播種50日後に前節と同様に発病状況を調べた。

なお、供試栽培土壌の水分特性はpF 0 = 89%、pF 1.6 = 73%、pF 2.2 = 69%、pF 2.4 = 64%、pF 2.7 = 42%（含水比）であった。

## 結 果

試験結果はTable 60に示した。また、土壌水分調整期間中の各試験区の平均pF値は、灌水開始点のpF値1.8区が $1.61 \pm 0.12$ 、pF値2.4区が $1.91 \pm 0.25$ 、pF値2.7区が $2.14 \pm 0.29$ であった。

発病はいずれの試験区においてもすべての株で認められた。とくに、灌水開始点がpF 2.4区では発病度が52.5を示す最も激しい発病を認め、次いで多灌水区であるpF 1.8区で激しかった。一方、こぶの形成状況は発病度が最も高かったpF 2.4区において平均36.2個のこぶを認めたが、その約70%は2mm以下の小型のものであった。また、過乾燥区のpF 2.7区

Table 60. Relationship between occurrence of root tumor of melon and different pF values of irrigation point in soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.

pF value of irrigation point	Percentage of diseased plants	Disease severity	No. of root tumors / diseased plant			
			<2	2-5	5-10	11<(mm)
1.8	100	45.0	14.1	13.8	1.2	0
2.4	100	52.5	25.8	9.9	0.5	0
2.7	100	40.0	15.2	4.1	0.5	0.2



でも平均形成こぶ数は19.8個と少ないが、それらは同様に小型のこぶが主体であった。しかし、多灌水区のpF 1.8区では形成された29.1個のこぶのうち約半数以上が2mm以上のもので、とくに、5mm以上の比較的大型のこぶも約4%を占めていた。

## 第5節 土性の相違と発病との関係

第1節の結果から示唆されるように、本病の発病状況は栽培土壌によっても大きく異なることが考えられる。そこで、本節では異なった土性の土壌における発病状況について試験した。

### 材料および方法

試験-I：供試菌株、接種源の調製方法ならびに供試メロンの品種、栽培管理は第3節と同一である。

供試土壌は、シルト質埴壤土（熊本市近見町、旧熊本県農業試験場水田土壌）、埴壤土（熊本県鹿本郡鹿本町、水田土壌、ならびに、熊本県阿蘇郡長陽村河陽、九州東海大学農学部付属農場内畑圃場の黒ボク土）、壤土（熊本県球磨郡錦町、山土、通称：“イモゴ”）、砂壤土（熊本県玉名市大浜町、水田土壌）、および、壤質砂土（熊本県玉名市大浜町、水田土壌）の5種の土性に属する合計6地点から採集した土壌、ならびに、埴壤土に分類される前述の市販の床土（商品名：宮崎焼土、標準的な埴壤土より土壌粒子が粗い）を直径15cmの素焼鉢に詰めて、121℃、1時間オートクレーブで殺菌後供試した。

がんしゅ病菌の調整接種源（約 $10^7$ cfu/ml）を供試土壌に対して0.05%（V/V）の割合で土壌混和し接種汚染土壌とした。汚染土壌には1鉢当たり2粒のメロンを播種し、25～35℃のガラス温室内で栽培した。播種50日後



にこぶ形成の有無と形成こぶ数およびメロンの本葉数と草丈を調査し、前節と同様に発病株率と発病度を算出した。

各土壌について接種区5鉢を供試し、さらに、対照（無接種）区を設けメロンの生育状況を比較した。

試験 - II：供試土壌は試験 - Iと同じである。供試土壌のpHと最大含水量を常法<sup>14, 50)</sup>により測定後、栽培土壌による土壌pHの影響を除くために、それぞれの土壌pHを6.8に補正して試験に用いた。土壌pHの補正は、炭酸カルシウム・通気法<sup>14)</sup>による中和石灰量を算出して行った。pH補正した土壌は約10日間静置後、試験 - Iと同様にかんしゅ病の発病状況の比較試験に供試した。

## 結 果

試験 - I：結果はTable 61に示した。

播種50日後でもいずれの土性の接種区においても立枯を起こすメロンはみられなかったが、壤土（イモゴ）ではすべての個体が萎凋していた。

かんしゅ病の発病状況では、シルト質埴壤土、埴壤土の黒ボク土と市販の床土で100%の発病株率がみられ、とくに、市販の床土では発病度82.5を示す最も激しい発病を認め、次いでシルト質埴壤土であった。一方、埴壤土、壤土、砂壤土、壤質砂土ではすべての株での発病はみられず、中でも砂壤土と壤質砂土では発病度がそれぞれ2.5と7.5を示すように極めて軽微であった。

メロンの生育状況は供試土壌によって著しく異なったが、壤土では対照（無接種）区においても他の土壌に比べてとくに悪く、接種区ではさらに劣った。また、シルト質埴壤土でのメロンの生育は草丈が75.4cmと最も良好であったが、接種区では45.1cmを示すように著しく低下した。同様に埴壤土の黒ボク土、砂壤土、壤質砂土、埴壤土の市販の床土においても、接種区では対照（無接種）区に比べ約60~90%の草丈であった。しかし、埴

Table 61. Occurrence of root tumor of melon by artificial inoculation with the pathogenic Streptomyces sp. and growth of melon plants cultured on different soils at 50 days after sowing

Soil texture (remarks)	Percentage of diseased plants	Disease severity	Growth <sup>a)</sup> of plant in			
			Uninoculated soil		Inoculated soil	
			No. of FL	PL(cm)	No. of FL	PL(cm)
Silty clay loam	100	77.5	13.5 (100)	75.4 (100)	8.5 ( 63.0)	41.5 ( 55.0)
Clay loam (Paddy field soil)	90.0	22.5	9.2 (100)	39.6 (100)	8.6 ( 93.5)	39.8 (100.5)
Clay loam (Kuroboku soil)	100	32.5	6.9 (100)	22.3 (100)	6.0 ( 87.0)	14.0 ( 62.8)
Loam ( <sup>*</sup> Imogo <sup>*</sup> )	50.0	12.5	4.8 (100)	7.4 (100)	4.1 ( 85.4)	5.2 ( 70.3)
Sandy loam	10.0	2.5	9.7 (100)	41.0 (100)	8.3 ( 85.6)	36.2 ( 88.3)
Loamy sand	30.0	7.5	8.8 (100)	32.4 (100)	7.4 ( 84.1)	28.3 ( 87.3)
Clay loam (Bed soil on the market <sup>b)</sup> )	100	82.5	9.8 (100)	53.6 (100)	9.6 ( 98.0)	48.6 ( 90.7)

a) FL:foliage leaf, PL:plant length. Number in parenthesis is percentage to control (in uninoculated soil).

b) Particle of the soil is coarser than standard one by artificial treatment.



壤土でも水田土壌では草丈の抑制はみられなかった。

試験 - II : 供試土壌の pH と最大容水量の測定結果を Table 62 に、土壌 pH 補正後の試験結果を Table 63 に、それぞれ示した。

Table 62. Soil pH and maximum water holding capacity of tested soils with different soil texture

Soil texture (remarks)	pH	Maximum water holding capacity
Silty clay loam	6.2	72.2
Clay loam (Paddy field soil)	5.8	57.7
Clay loam (Kuroboku soil)	6.1	100.0
Loam ( <sup>a</sup> Imogo <sup>a</sup> )	5.7	124.7
Sandy loam	5.2	44.0
Loamy sand	4.7	35.0
Clay loam (Bed soil on the market <sup>a</sup> )	6.8	88.7

a) Particle of the soil is coarser than standard one by artificial treatment.

がんしゅ病の発病は全接種区の全株で認められ、とくに、埴壤土の水田土壌で発病度 67.5 の最も激しい発病を示し、次いでシルト質埴壤土、砂壤土および壤質砂土の順であった。一方、埴壤土の黒ボク土と壤土ではそれぞれ発病度が 27.5 と 32.5 を示し、他の土性の土壌に比べ比較的穏やかな発病であった。

メロンの生育は対照（無接種）区、接種区ともに、壤土（イモゴ）と埴壤土の黒ボク土において他の土壌に較べて著しく劣ったが、接種区においても萎凋する個体はみられなかった。



Table 63. Occurrence of root tumor of melon by artificial inoculation with the pathogenic Streptomyces sp. and growth of melon plants cultured on different soils adjusted to pH 6.8 at 50 days after sowing

Soil texture (remarks)	Percentage of diseased plants	Disease severity	Growth <sup>a</sup> of plant in			
			Uninoculated soil		Inoculated soil	
			No. of FL	PL(cm)	No. of FL	PL(cm)
Silty clay loam	100	60.0	11.6 (100)	38.0 (100)	10.7 ( 92.2)	36.8 ( 96.8)
Clay loam (Paddy field soil)	100	67.5	10.0 (100)	31.5 (100)	10.0 (100 )	27.8 ( 88.3)
Clay loam (Kuroboku soil)	100	27.5	7.2 (100)	13.4 (100)	6.8 ( 94.4)	12.1 ( 90.3)
Loam (" Imogo ")	100	32.5	4.0 (100)	3.1 (100)	3.7 ( 92.5)	3.3 (106.5)
Sandy loam	100	47.5	11.9 (100)	37.7 (100)	10.8 ( 90.8)	31.9 ( 83.6)
Loamy sand	100	47.5	10.7 (100)	34.1 (100)	9.8 ( 91.6)	28.6 ( 83.9)
Clay loam (Bed soil on the market <sup>b</sup> )	100	40.0	12.3 (100)	40.1 (100)	11.0 ( 89.4)	38.9 ( 97.0)

a),b) See Table 61.

## 第6節 発病におよぼす土壌消毒の影響

栽培土壌の消毒による土壌微生物相の単純化と発病状況について試験した。

### 材料および方法

がんしゅ病菌の供試菌株と接種源の調製法、メロンの供試品種と栽培管理、発病調査法は第3節と同様である。

九州東海大学農学部付属農場内の畑圃場より土壌を採取し、そのまま使用する無殺菌土壌区とオートクレーブ処理した殺菌土壌区を設けた。両試験区の土壌は、第1節の結果より1mlの生土当り $10^3 \sim 10^4$  cfuとなるようがんしゅ病菌を混和接種してプランター(36×62×13cm)に詰め、それに10粒のメロンを播種した。播種50日後に発病状況を調査した。

試験には3地点から採取した土壌(I~III)を用い、採取した供試土壌の微生物数を常法<sup>62)</sup>により測定した。

### 結果

供試した土壌の微生物数はTable 64に、それらの土壌の殺菌の有無とがんしゅ病の発病状況をTable 65に示した。

無殺菌土壌の微生物数は、供試土壌IとIIでは大差なかった。しかし、供試土壌IIIでは検出した微生物数は土壌I, IIより著しく少なく、糸状菌が約48%、細菌が約25%、放線菌が約8%の菌量であった。

これらの土壌を殺菌後がんしゅ病菌の汚染土壌としメロンを栽培した場合には、3回の試験とも全株で発病がみられ、とくに、土壌IとIIにおいて発病度が57.5と80.0を示す激しい発病が認められたが、それらの無殺菌土壌ではまったく発病しなかった。一方、土壌IIIにおいては殺菌土壌で発

病度 25.0 の軽い発病を示したのに対し、無殺菌土壌でも発病株率 80%、発病度 20.0 の発病が認められた。

Table 64. Numbers of microorganisms present in soils used in the experiment

Soil	Number of microorganism (cfu/g of dry soil)		
	Fungi	Bacteria	Actinomycetes
I	$4.16 \times 10^4$	$2.07 \times 10^6$	$9.47 \times 10^6$
II	$5.43 \times 10^4$	$2.68 \times 10^6$	$1.38 \times 10^7$
III	$2.30 \times 10^4$	$5.92 \times 10^5$	$9.14 \times 10^5$

Table 65. The occurrence of root tumor on melon in natural and sterilized soils infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.

Soil	Soil sterilization <sup>a)</sup>	Percentage of diseased plants	Disease severity	No. of root tumors per diseased plant
I	+	100	57.5	41.0
	-	0	0	0
II	+	100	80.0	92.2
	-	0	0	0
III	+	100	25.0	4.7
	-	80.0	20.0	2.3

a) +:sterilized with autoclave, -:unsterilized.



## 第7節 発病におよぼす湛水処理の影響

がんしゅ病菌による汚染土壌を湛水処理した場合の発病状況を試験し、その影響を検討した。

### 材料および方法

発病検定試験においてメロンの品種は健脚を供試した。

#### 1. 現地発生圃場からの採集土壌における発病試験

メロンの促成栽培において、がんしゅ病の発生を確認した熊本県球磨郡内の現地圃場のうち、メロンの収穫後に水稻を栽培している免田町黒田、湯前町浅鹿野および深田町一丁田の3地点の水田より、10月中旬の黄熟期の水稻の株間土壌を1圃場当り5点採集し、混合して発病検定のための土壌とした。

採集土壌はガラス温室内で風乾後、殺菌した1/2,000 a ワグネルポットに詰め、それに表面殺菌した5粒のメロンを播種した。最低温度が約25°Cのガラス温室内で栽培し、播種50日後に前節と同様に発病状況を調査した。また、発病した植物からはネコブセンチュウの検出<sup>41)</sup>を試みた。

#### 2. 汚染土壌における湛水処理と発病試験

供試土壌には、九州東海大学農学部付属農場内の畑圃場の黒ボク土を用い、オートクレーブ処理した殺菌土壌区と無殺菌土壌区を設けた。なお、供試土壌は予めメロンを栽培して、根こぶ線虫病とがんしゅ病が発生しないことを確認した。

各土壌には前節と同様に調製したがんしゅ病菌の接種源(約 $10^6$  cfu/ml)を土壌混和接種(0.05%量, V/V)し、1/2,000 a ワグネルポットに詰め、ガラス温室内で7日間静置して汚染土壌とした。汚染土壌はそれぞれ湛水処理区と無湛水(畑状態)区に分け、湛水処理は水深3~5 cmになるように水道水を湛水し、その後連続して湛水状態を維持した。一方、無湛水区

はそのままの状態に静置した。ポットは、当大学農学部の屋外において5月下旬より自然環境条件下で処理した。

各処理区の土壌は、0, 10, 30, 60, 90, 120, 150日間処理後に回収し、がんしゅ病の発病試験に供試した。すなわち、これらの土壌をガラス温室内で風乾し直径15cmの素焼鉢に詰め、これに1鉢2粒のメロンを播種し、1と同様にガラス温室内で栽培した。播種50日後に発病状況を調査した。1区1回の発病試験に5鉢を供試した。

## 結 果

### 1. 現地発生圃場からの採集土壌における発病

発病試験の結果はTable 66に示した。

3地点の圃場のいずれからの採集土壌でも、がんしゅ病の発病が認められた。中でも湯前町浅鹿野の水田から採集した土壌では発病株率100%, 発病度40.0を示す比較的激しい発病程度であった。また、免田町黒田からの採集土壌では80.0%の発病株率ではあったが、発病度では30.0を示すように、とくに、激しく発病した株も認められた。なお、発病植物の形成こぶ組織からネコブセンチュウは検出されなかった。

Table 66. Reappearance of diseased plants in the soils collected from submerged paddy fields in Kuma district, Kumamoto prefecture where the occurrence of root tumor of melon was observed

Source of tested soil		Percentage of diseased plants	Disease severity	No. of root tumors per diseased plant
Locality	Date of collection <sup>a)</sup>			
Asakano, Yunomae	Oct. 14,	100	40.0	17.4
Kuroda, Menda	Oct. 14,	80.0	30.0	18.3
Icyoda, Fukada	Oct. 14,	100	25.0	4.0

a) Date of soil collection was at yellow-ripe stage of rice cropping.



2. 汚染土壌の湛水処理期間と発病

殺菌土壌を接種汚染土壌とした場合の湛水期間と発病状況はFig. 29-1に、無殺菌土壌を用いた場合の結果はFig. 29-2に、それぞれ示した。

殺菌土壌を用いた場合、湛水処理期間が10日から150日まで発病株率は100%を示したが、発病度は湛水期間が30日になると急激に低下した。その後、発病度は処理日数の増加とともに徐々に低下する傾向が認められたが、150日処理でも32.5と比較的高かった。一方、無湛水区では120日処理まで100%の発病株率を示したが、150日処理になると80%の発病株率

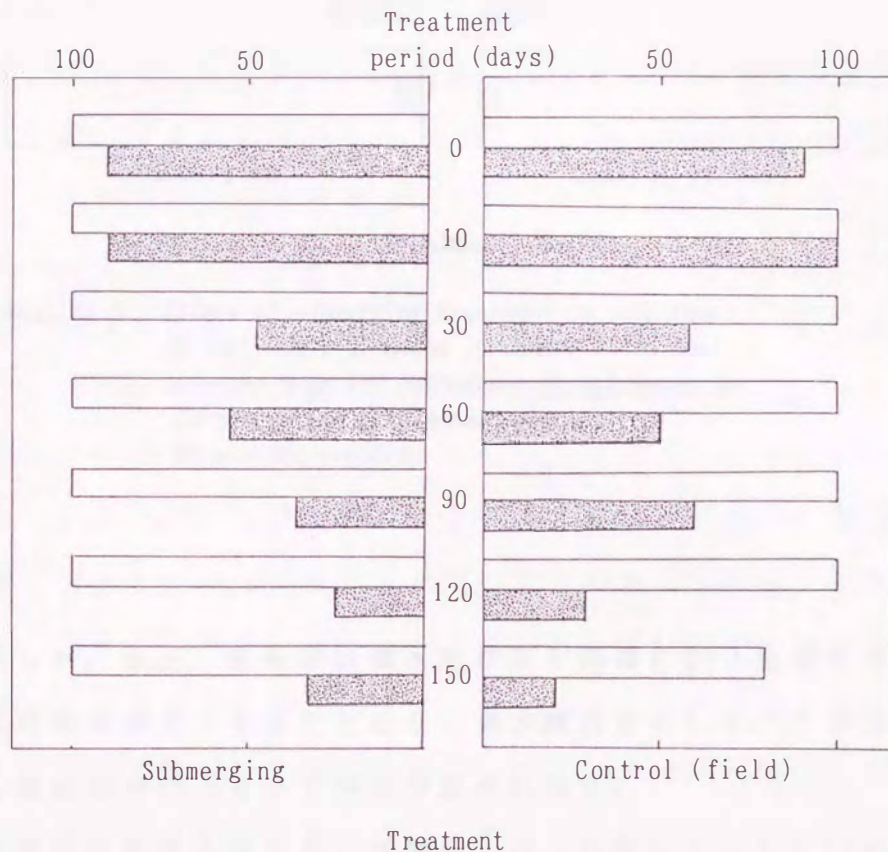


Fig. 29-1. Effect of submerging treatment on occurrence of root tumor of melon in sterilized soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.  
 □:percentage of diseased plants,  
 ■:disease severity.

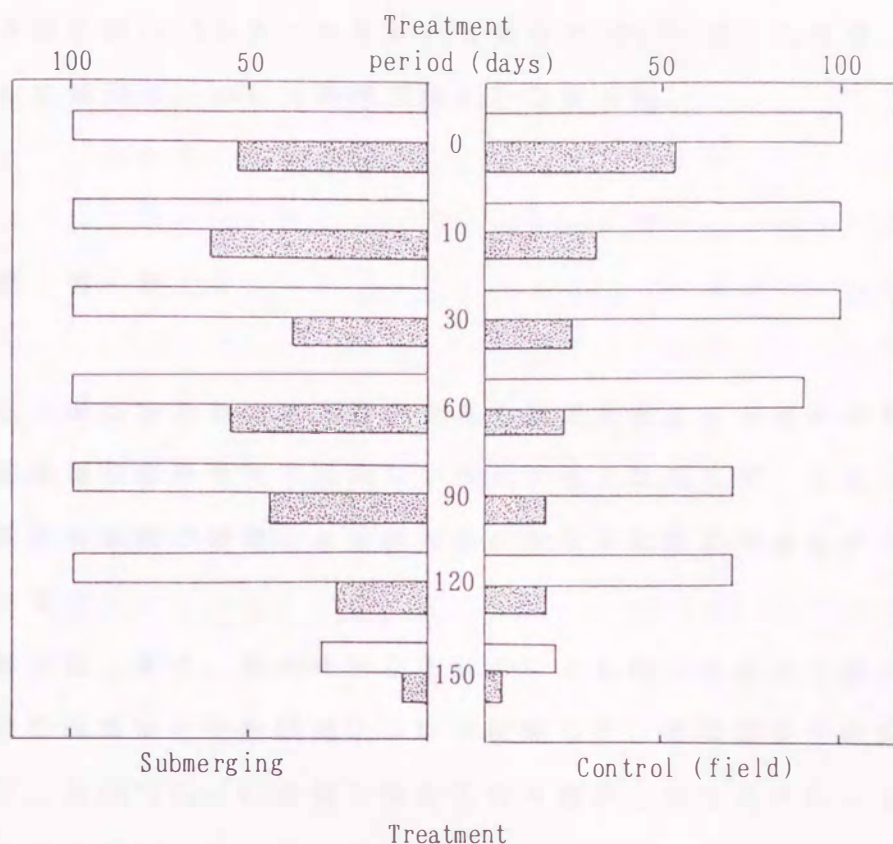


Fig. 29-2. Effect of submerging treatment on occurrence of root tumor of melon in unsterilized soil infested with the pathogenic *Streptomyces* sp.  
 □:percentage of diseased plants,  
 ■:disease severity.

まで減少した。また、発病度は湛水処理区と同様に30日処理で急に低下し、その後処理期間が長くなるにともない減少傾向を示した。しかし、150日処理でも発病度が20.0を示す発病が認められた。

供試土壌に無殺菌土壌を用いた場合、湛水処理区では120日処理まで発病株率は100%であったが、その後150日においては30%と著しく減少した。また、発病度は10日処理で60.0を示した後、処理期間の増加にしたがい低下する傾向がみられ、150日処理では7.5まで減少した。一方、無湛水区での発病株率は30日処理までは発病株率100%であったが、60日処理



からわずかに減少し、150日処理では20%まで低下した。発病度においても、処理前には52.5であった値が10日処理で30.0に低下した後、日数の経過とともに減少し、150日処理では5.0となった。

## 第8節 考 察

一般に土壤病害の発生は土壤中の病原菌の密度に左右されるが、その被害の程度は菌密度の増大と比例して増大するとは限らず、また、発病に至る菌密度は病原菌の種類により絶対数にかなりの差異が存在することも知られている<sup>104)</sup>。

本試験では、まず、黒ボク土と市販の床土を用いて栽培土壤へのがんしゅ病菌の接種菌量と発病状況について試験した。接種菌量と発病との関係を見ると、約 $10^1$  cfu/ml湿潤土接種区から発病したことから、1 mlの栽培土壤当りおよそ10 cfu以下の菌量での発病は非常に困難であると考えられた。また、高濃度接種では播種したメロンの出芽後の早い時期から立枯を起し、その菌量と立枯の発生程度は栽培土壤の種類によりかなりの相違があるものと思われた。すなわち、黒ボク土では約 $10^3$  cfu/ml湿潤土の接種区で最も激しい発生をみたが、それ以上の菌量の接種区では菌密度とがんしゅ病の発病との間に明確な関係は認められなかった。このことは、播種20~25日後頃から激しい立枯症状を呈したために根系の発達が著しく抑制された結果であろうと考えられる。また、市販の床土でも接種菌量が約 $10^3$  cfu/ml湿潤土区で最も激しく発病した。しかし、それより接種菌量が増減すれば発病度は低下傾向を示し、中でも約 $10^5$  cfu/ml湿潤土区以上の接種では発病度は著しく減少した。このことも同様に、高濃度の菌接種はこぶを形成する以上にメロンの生育抑制を招くためであると思われる。本試験に用いた黒ボク土は市販の床土ともに埴壤土に属するが、土壤pHにおいてもやや異なっているように、実際の栽培土壤の諸性質が発病に大き

く関与していると考えられる。

以上のように、メロンがんしゅ病菌を土壌混和によって接種した場合、本病は約 $10^1$  cfu/ml 湿潤土の菌量から発病が可能で、約 $10^3 \sim 10^4$  cfu/ml 湿潤土までは菌密度の増大とともに発病も激しくなり、約 $10^5$  cfu/ml 湿潤土以上の菌量になるとメロン自体の生育抑制による影響の方が強く現れ、その結果こぶの形成は低下するものと考えられる。なお、本試験は接種菌密度を異にした試験のため、土壌中での接種菌の密度がどのように推移していくのか、その動向の検討が必要であり、そのための病原菌定量法の確立が望まれる。

土壌病原菌は適温において耐久型から活性型に移り、土壌中で腐生的に増殖して宿主植物に接近するが、この場合多くの菌の土壌中での腐生的生育適温は病害の発生の適温であるとされている<sup>104)</sup>。メロンがんしゅ病の発生と土壌温度との関係において、本病の発生は土壌温度の上昇とともに発病が激しくなり、とくに、 $35^\circ\text{C}$ の高温下での発病が最も激しく、 $20^\circ\text{C}$ 以下では発病は軽減されることが明らかとなった。また、高温下では形成されるこぶ数も増加する一方、こぶの肥大も速いものと考えられた。しかし、第4章第4節で明らかのように、本病原放線菌は $27 \sim 35^\circ\text{C}$ において生育がよく、生育最適温度は $30^\circ\text{C}$ 前後である。このことから、 $30^\circ\text{C}$ 前後が病害発生の適温となるのが一般的な見解であるが、本試験の結果では $35^\circ\text{C}$ の高温域において発病が激しくなる傾向を示し、病原菌の培地上での生育適温よりやや高いように思われる。このような現象は、ムギ類斑点病において菌の発育は $22^\circ\text{C}$ 付近で良好であるが、病気の発生は土壌温度が $28^\circ\text{C}$ で多くなる事例が知られており、これは土壌温度が菌に直接作用せず、ムギの抵抗性を弱めるためと考えられている<sup>33)</sup>。一方、門田<sup>47)</sup>はメロンの根の生長に最も適する土壌温度は $34^\circ\text{C}$ であるとしている。したがって、 $35^\circ\text{C}$ の土壌温度は病原放線菌の増殖にも比較的適している条件であり、さらに、メロンの根部の生育にはほぼ最適であるため、発病もより激しくなるものと思われる。すなわち、本病原放線菌は宿主内部へ活発に侵入して組織を冒



すのではなく、感染部位より宿主の柔組織の増生を誘引してこぶ組織を形成させると考えられることから、より激しい発病は宿主の抵抗性の低下よりも、むしろ感染組織での細胞分裂が活発に行われていることが必要条件となっているためであると推測する。現地でのメロン栽培は一般にマルチ栽培を行っており、とくに、春作（促成栽培）では地温の上昇を目的として行われている。しかし、定植が遅くなるにしたがい地温の確保も容易となり、30℃以上の土壤温度となることも少なくないものと考えられる。したがって、このような条件下では本病の発生も一層激しくなるものと推察される。このことは、本病の発生が促成栽培の時期に多く認められることから明らかである。

土壤 pH との関係について、本病は土壤 pH が 6.5～7.0 で発病しやすく、とくに、pH 6.5 では著しく、また、5.5 以下の土壤 pH では発病しにくいことが明らかとなった。一方、本病原放線菌の培地上における生育 pH は 4.5～10.0 と広いが、本試験の結果では pH 4.6～5.5 の土壤においては発病しなかった。このように、実際に発病を認めた土壤 pH と菌自身の生育 pH の範囲とは若干異なったが、最も激しい発病を示した土壤 pH は菌の最適生育 pH とほぼ一致する結果であった。すなわち、本病は pH 6.5～7.0 の範囲の土壤 pH で激しく発病するが、その範囲をはずれると発病は比較的容易に低下するように思われる。

ジャガイモそうか病菌は pH 5.0 以下の寒天培地には生育せず<sup>149)</sup>、その病害は一般に pH 5.2 以下の土壤では発生しないとされているが<sup>149)</sup>、一方では、pH 5.0 以下の強酸性土壤でも発生が認められる報告も存在していた<sup>5)</sup>。田代ら<sup>149)</sup>はそうか病罹病塊茎から孢子鎖の形態が異なる 2 菌型のそうか病菌を分離し、両者は生育 pH に対する反応にも違いがみられ、pH 4.6 の栽培土壤で発生するそうか病は生育最適 pH が 5.0 の低い菌型の病原菌によることを報告し、その後、それらの菌型が遺伝的に類縁関係が異なることを証明している<sup>148)</sup>。このように、ジャガイモそうか病でも発生と土壤 pH および病原菌の生育 pH とは密接な関係にあり、むしろ、

病原の生育 pH 範囲外での発病は病原菌の別の菌型の存在を示唆することさえも考えられる。

土壤病害における土壤湿度は、土壤温度とともにその発生に大きく影響をおよぼすといわれている<sup>104)</sup>。土壤湿度との関係では、本病は栽培土壤の灌水開始点の pF 値を 2.4 にした土壤水分条件で最も激しく発病し、それ以下の pF 値 1.8 の多灌水土壌、あるいは、それ以上の pF 値 2.7 の過乾燥の土壤条件では発病程度が減少することが明らかとなった。また、形成されたこぶの大きさは、土壤湿度が高くなれば大型のこぶの占める割合が増加することが示唆された。

ジャガイモそうか病の発生には土壤水分が密接に関与していることが古くから知られており、一般に湿潤状態の土壤では発生は少ないとされている<sup>73, 74, 114)</sup>。さらに、Lewis<sup>80)</sup> は *Streptomyces scabies* がジャガイモ塊茎に感染し得るのは、塊茎の表面の放線菌の密度に対する細菌の比率が少ない期間であり、湿った土壤ではその比率が逆であったことから、発病を抑制するものは湿った土壤中の細菌の拮抗作用であることを示唆し、Adams and Lapwood<sup>2)</sup> も走査電顕によるジャガイモ塊茎表面の観察結果から同様の結果を得ている。しかし、一方では牧野<sup>85)</sup> や矢野ら<sup>101)</sup> は土壤が湿潤な場合にもそうか病が激しく発生することを認め、谷井<sup>144)</sup> は病原となる菌群により湿度耐性が異なり、それらは菌群が生息する土壤の最大含水量と深く関係していることを示している。また、田代ら<sup>147)</sup> は、ジャガイモそうか病の重症塊茎率は灌水開始 pF 値を 2.5 に設定した時に最も高く、pF 1.9 と 2.2 ならびに pF 2.8 では有意に減少し、さらに、灌水によるそうか病の防除効果は pH 5.4 の土壤ではみられたが、pH 6.5 の土壤ではその効果が認められなかったとしている。このように、土壤水分の発病への影響は単に土壤中の水分の影響のみでなく、病原菌の系統、土壤 pH など、また、それらの変化にともなう微生物相の影響が複雑に関与しているものと考えられる。しかし、本試験では殺菌した土壤を供試しているため、土壤微生物の影響は少ないはずである。Williams et al.<sup>157)</sup> は数種



の *Streptomyces* 菌を用いた試験で、殺菌土壌中では土壌 p F 値が 2.0 前後の時に最も良く生育し、それより低くても、高くても生育は減少する傾向にあることを報告している。本試験でがんしゅ病が最も激しく発病した灌水開始 p F 値 2.4 区では、試験期間中の平均土壌 p F 値が  $1.91 \pm 0.25$  であることから、発病状況は主にかんしゅ病菌の土壌水分に対する反応の結果であろうと思われる。

次に、土壌の種類と発病について検討した。まず、土性の異なった 5 種の土壌にかんしゅ病菌を接種し、発病状況を比較した結果からは、発病はシルトや粘土の含量が多い土壌（シルト質埴壌土、埴壌土）で激しく、砂が多い土壌（砂質壤土、壤質砂土）で軽いようにも考えられた。しかし、それらの理化学的性質の詳細は明らかではなく、とくに、しばしば問題とされる土壌 p H でさえ土壌間で大きく異なっていた。そこで、それらの発病状況と供試土壌の p H とを対比させたところ（Fig. 30）、土壌 p H と

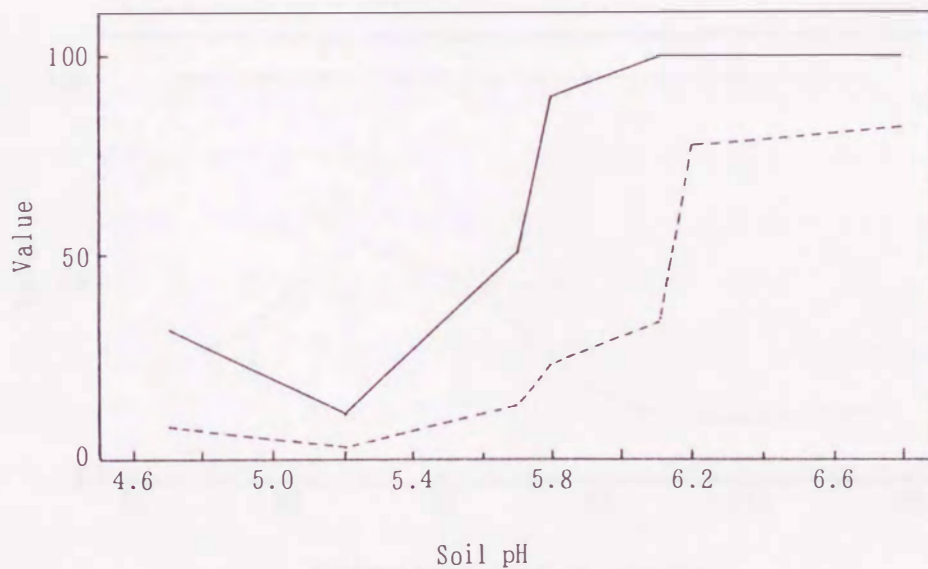


Fig. 30. Relationship between occurrence of root tumor of melon and soil pH in the infested soil with different soil textures.  
 —:percentage of diseased plants,  
 ---:disease severity.

発病の関係と同様の傾向がみられた。なお、土壌 pH と発病度とは相関係数は 0.851 ( $P < 0.05$ ) の正の相関が認められた。このようなことから、本試験ではそれぞれの土壌 pH の影響の方がより顕著に現れていると判断した。このことから、さらに、土壌 pH を同じ値 (6.8) に調整した異なった土性の土壌において発病試験を行った結果、5 種のすべての土壌で発病がみられ、発病は埴壌土の水田土壌とシルト質埴壌土で激しく、埴壌土の中でも黒ボク土では著しく軽い発病であった。このように、同じ土性に属する土壌であっても発病度に著しい違いが認められることから、土性の違いが本病の発病に直接に影響しているのではなく、粘土と砂の構成割合に関係している他の要因が関与しているものと考えられた。そこで、土壌物理性のうち土壌湿度に着目し、供試土壌の最大容水量との関係を検討したところ (Fig. 31)、最大容水量 57.7% の埴壌土 (水田土壌) における発病を最高に、それ以上あるいはそれ以下の最大容水量の値となるにしたが

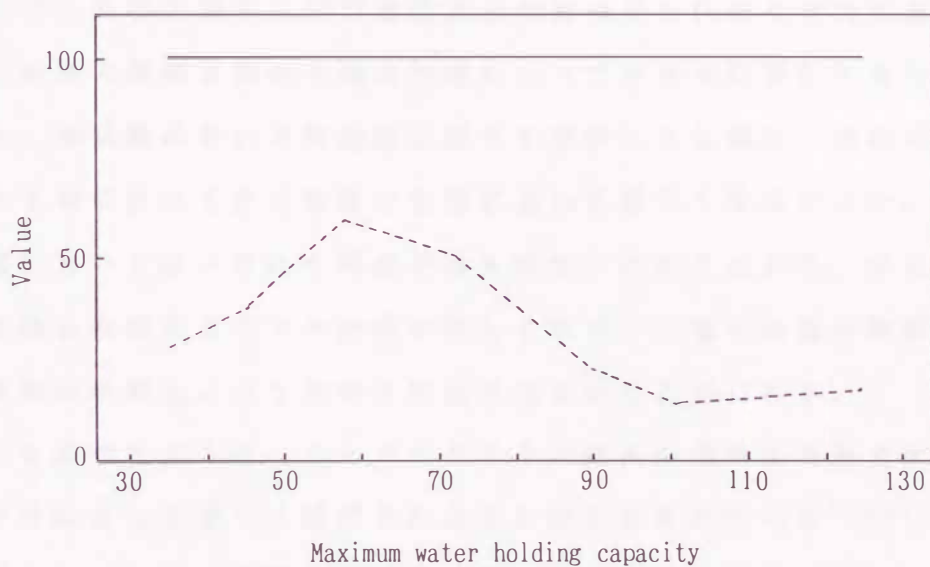


Fig. 31. Relationship between occurrence of root tumor of melon and maximum water holding capacity in the infested soil with different soil textures adjusted to the same pH value.  
 —:percentage of diseased plants,  
 ···:disease severity.



い発病度も低下する傾向が認められた。さらに、それらの低下割合は、最大容水量が高い方へ移動する方がより緩やかなようである。すなわち、最大容水量の低い土壌は比較的乾燥し易く、最大容水量の高い土壌と比べた場合、より発病が抑制される傾向がみられる。これらのことは第4節の結果からも明らかであり、本病の発病が栽培土壌の土壌水の量と関係が深いことを示唆するものと考えられる。

Harrison<sup>28)</sup> は、ジャガイモそうか病 (common scab) では土壌水分が圃場容水量の60%を超えると発生は抑制されるのに対し、ジャガイモ russet scabでは圃場容水量の50~60%以上で激発することを報告している。したがって、メロンがんしゅ病における発生と土壌湿度との関係は、ジャガイモ russet scab での関係に類似しているようである。

以上のように、主要な土壌環境について検討してきたが、これらの試験ではすべて殺菌した土壌を供試しているため、実際の現地圃場の土壌中における微生物相に比べかなり単純化された微生物相下での試験であると思われる。

そこで、栽培土壌の土壌消毒による本病の発生状況を検討したところ、がんしゅ病の発病は他の土壌微生物によってかなり抑制されることが考えられた。本試験において無殺菌土壌でも発病した土壌は、発病がみられなかった土壌に比べて微生物数が全種において著しく少なかった。一方、殺菌土壌においてはいずれも発病がみられた。このことから、がんしゅ病は栽培土壌を殺菌することで発病が激しくなり、土壌中の微生物数の減少と微生物相の単純化により発病は助長されるものと思われる。

先にも述べたように、ジャガイモそうか病菌の感染は塊茎表面の細菌の拮抗作用によって著しく妨げられることが示唆されている<sup>2・80)</sup>。一般に、*Streptomyces* spp. の胞子は自然土壌中では発芽しにくいのが、その土壌を殺菌することで良好に発芽するようになることも知られている<sup>82・88)</sup>。慣行のメロン栽培では多くが栽培土壌の消毒を実施していることから、そのような圃場にかんしゅ病菌が侵入した場合には、比較的低密度の病原菌に

よっても容易に発病することが推察される。また、本試験において無殺菌土壌でがんしゅ病が発病しなかった土壌中には、本病原放線菌に対する有効な拮抗微生物が存在することも考えられるため、今後は土壌微生物相を考慮した防除法の検討も必要であろう。

汚染土壌の湛水処理と発病について検討したところ、現地発生圃場の水田化による湛水処理によっては、一作の稲作では土壌中のがんしゅ病菌は不活化せず、次作の接種源となることが明らかとなった。一方、接種汚染土壌を連続して湛水処理した場合でも、150日間処理でも本病原放線菌の完全な不活化は認められず、湛水処理による発病抑制効果は低いように思われた。なお、接種汚染土壌による試験において、殺菌土壌では湛水区と無湛水区の両処理区間に発病状況とその推移に著しい相違は認められなかった。また、殺菌土壌と無殺菌土壌の両処理区間では発病度の推移において同様の傾向を示したが、いずれも湛水処理区の方が無湛水区に比べ激しい発病であった。さらに、無殺菌土壌での発病度は殺菌土壌に比べ全般的に低く、処理期間の増加にともなう発病の衰退傾向が湛水処理区よりも無湛水区の畑状態で著しいように思われた。このことは、本病原放線菌の不活化が、湛水処理よりも、畑状態で生息する土壌微生物に影響されることを強く示唆するものと考えられる。



## 第 1 2 章 総合考察

メロンがんしゅ病は、1982年に熊本県で初めて発見された土壌伝染性病害である<sup>57,96)</sup>。その後の発生地はこの初発直後から熊本県を中心に急激に広がり、その分布は主に九州地域が多く、他の地域では高知県と神奈川県<sup>32)</sup>の2県で、1993年までに7県30市町村で確認されている。また、現地圃場ではメロンの他、キュウリとカボチャ台キュウリ<sup>132)</sup>にも同病の発生がみられている。

本病についての発生の報告は比較的少なく、詳細な発生面積などは明らかではない。このことは、本病の被害状況が根こぶ線虫病の発生の特徴と極めて類似しているために、本病害に対する十分な認識がすべてのメロン産地で得られているとは思われず、両病害が混同されて取り扱われている可能性も考えられる。さらに、本病の発病は必ずしも植物の枯死に結びつくものではなく、地上部の症状としては徐々に生育が抑制されるのみで、この初期症状を確認するには非常に注意を要する。このことから、収穫後に根部を抜き取って初めて発病に気づくことも少なくない。このような発生の特徴に加え、一般的には「根にこぶを形成する病害＝根こぶ線虫病」といった認識が強く、このことも本病診断の妨げとなっているためであろうと推測される。

本研究は、新病害としてのメロンがんしゅ病の発見と病名の決定、病原としての放線菌の同定、および、その病原放線菌と病害の発生生態についての研究成果を取りまとめたものである。よって、ここに得られた結果はこぶを形成する病害に対する認識を新たにさせるものと思われる。

本病の発生の背景として、メロンの栽培様式の変化が考えられる。たとえば、ハウスメロンとして広範囲に栽培されている‘アムス’の1品種についても各産地で多様な作型があり、1年を通じていずれかの産地で栽培されていることになる<sup>32)</sup>。しかし、その作型と栽培様式が必ずしもメロ

ンあるいはその品種の特性に適合しているとは言えず、そのような栽培ではより適正な栽培管理が必要となる。また、メロン栽培はほとんどが施設栽培のため圃場の移動も困難であり、このようなメロン栽培では栽培環境の悪化が起こりやすく、不定性的な病害の発生も多くなる傾向がある。さらに、本研究における発病状況の試験結果からは、メロンがんしゅ病菌は宿主に急速に侵入して組織を激しく冒すという性質は比較的弱く、条件腐生菌的性質が強いように考えられる。したがって、今後もメロンでは多くの栽培品種が分化し、種々の特徴をもった品種が育成されることが予測されるため、栽培品種の変遷につれてメロン病害の発生様相も変わってくるものと思われる。

メロンがんしゅ病の初発を認めた1982年には‘健脚’への接木栽培メロンで急速に発生が広がった。‘健脚’はハウスメロンの専用台木として育成された品種で、つる割病には完全抵抗性である<sup>9,8)</sup>ために急速に普及していた。その後、栽培様式あるいは栽培品種の変化にともない台木としての‘健脚’の使用が少なくなるにつれて、最初ほどのがんしゅ病の発生地拡大はみられなくなった。しかし、現在でも新しい発生地が毎年確認されており、今後の栽培品種の選定次第では激発することも懸念される。

これまでに知られている植物放線菌病の多くは、植物の地下部にそうか症状を引き起こすものであった。しかし、本病は根部にこぶを形成する特徴的な病徴を呈し、他に例をみない放線菌病である。このことから、既知の各種増生病とその病原機構を比較説明することなど、今後の研究に興味深い点が多い。

本病の病原体究明過程において、病原体が生物性のものであることが明らかになった後、その病原体が特定できるまでに比較的長い期間を要した。このことは、現在では病原体が放線菌であったことで納得できるが、植物病原放線菌の分離が他の微生物との関係上非常に困難であることを伺わせている。一般に病原菌の分離において、分離培地上に高頻度で出現するものが目的とする病原菌であると考えられるが、この病原放線菌の場合は必



ずしもそのように高頻度に分離されるわけではなかった。

分離された病原放線菌の諸性質から、本病原放線菌は *Streptomyces* 属の新種であることが明らかとなり、その学名を *Streptomyces tuberis* としたいと考えている。すなわち、本病原菌は1986年まで *Actinosporangium* と称され、その後 *Streptomyces* に移行された菌群<sup>20, 21)</sup> に分類されたが、両属菌に含まれている種の中には、本菌に該当する種は存在しなかった。

*Streptomyces* 属は 1,300 を超える命名種を有する放線菌最大の属<sup>137)</sup> であるが、このように多数の種が作られたのは産業上の必要性ばかりでなく、元々の分類体系と同定方法自体の問題であるといわれている<sup>92)</sup>。このことから、1964年にはこの属の分類を見直す目的で、International Streptomyces Project (ISP) が発足し、ISPでの研究結果は International Journal of Systematic Bacteriology に順次掲載され<sup>123-127)</sup>、1974年の Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8版(以下 Bergey's Manual 8版と略記する)にも取り入れられている<sup>111)</sup>。さらに、このような中で、1980年の細菌学名承認リスト<sup>131)</sup>では 342種の *Streptomyces* が掲載され、その際、日本でも大きな被害をもたらしているジャガイモそうか病菌は不確定種とされている。その後、1983年に Williams et al.<sup>156)</sup> は数値分類による *Streptomyces* 属菌の分類体系を発表し、その考えは1989年の Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Volume 4<sup>155)</sup> (以下 Bergey's Manual Vol. 4と略記する) に採用されている。しかし、第4章でも述べたように、その分類書では種の同定を行うことは困難で、Journal of Antibioticsでは1989年以降も微生物名は Bergey's Manual 8版の種名によって表すことが指定されているほどである<sup>45)</sup>。現在、日本放線菌学会でもこの分類書に基づく種の同定手法の検討がなされているが、未だ確立されていない。

一方、1989年に Lambert and Loria<sup>71)</sup> は、不確定種とされていたジャガイモそうか病菌を Williams et al.<sup>156)</sup> が数値分類したクラスタ一種と同定を行い、新種として *Streptomyces scabies* を再提案した。また、同様の

同定試験によって、酸性土壌で発病するジャガイモそうか病菌を新種の *S. acidiscabies* と命名している<sup>72)</sup>。さらにその後、1994年には Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9版<sup>36)</sup> が出版された。しかし、このマニュアルには、*Streptomyces*属菌の種として Bergey's Manual Vol. 4<sup>155)</sup> に記載されている major clusterの表だけが掲載されているのみで、種の記載や同定については解説されていない。

そこで、本論文には示していないが、Bergey's Manual Vol. 4の major clusterを特徴づける50項目の性質についてメロンがんしゅ病菌で調べ、Lambert and Loria<sup>71, 72)</sup> に準じ Williams et al.<sup>155)</sup> の分類群(クラスター種)と相似度(単純共有度係数)の算出を試みた。その結果では、本病原放線菌と cluster group 39 (*S. longisporoflavus*)との間に75%の相似度が得られたが、Williams et al.<sup>156)</sup> は単純共有度係数が少なくとも77.5%以上のものを cluster groupとして分類していることから、両者は同一の分類群に属するものではないと判断される。このように、本病原放線菌はこれらのクラスター種においても該当種は存在しないと考えている。

本病原放線菌の形態形成の特徴は、Retinaculum-Apertum型<sup>114)</sup>の孢子鎖と疑似孢子囊の形成である。とくに、培地上での疑似孢子囊形成の特徴は、本病原菌の同定過程において重要で、本病の診断にも大いに役立つものである。一方、本放線菌の土壌中での生息生態は明らかではないが、一般に土壌中での放線菌の生長は遅いといわれている<sup>113)</sup>。本病原放線菌は、適温下の培地上では孢子の発芽から形成までに約5日を要し、その後は疑似孢子囊の形成へと進展することが明らかとなったが、さらに、宿主の有無と本菌の土壌中における生活環との関係を解明することが病原性発現の観点からも重要である。

本病原放線菌は、140倍のフェノール水で10分間処理した分離源を50 ppmのカナマイシンを添加したLochhead and Chaseの根圏微生物用基本培地<sup>84)</sup>上で、28°C、5日間培養することによって、確実に分離できる方法



が確立された。この分離法での釣菌可能な独立のコロニーを形成する分離源中の微生物数は、フェノール水無処理の分離源をカナマイシン無添加培地上で分離した場合の10分の1から1,000分の1の菌量になっていることになるが、処理後の分離平板培地上では出現する単独の放線菌コロニー数のみが著しく増加し、これに反し、混入細菌の出現はきわめて少なくなった。その結果、出現した放線菌コロニーに含まれるがんしゅ病菌の割合が高まったものと思われる。すなわち、本分離方法における化学処理の効果は、それぞれの処理により培地上に出現する混入微生物を抑制し、混入菌のコロニー形成によりがんしゅ病菌の生育を覆ってしまうという物理的および生理的な出現阻害を低下させる効果も大きいものと考えられる。

多くの放線菌は生活環の中で胞子の状態で生息しており、その一部は休眠していることが知られている<sup>11, 39, 48)</sup> ように、本病原放線菌の胞子でも培地上で発芽しないものも認められた。さらに、本病原放線菌では10~20%の胞子が休眠状態にあり、これらの休眠打破には0.025%のドデシル硫酸ナトリウム溶液中での40℃、20分間の熱処理が有効であることが明らかとなった。また、この処理によるとほぼすべての休眠胞子の発芽を誘引できることが証明され、これは本病原放線菌の新しい効率的な分離方法と定量法の確立に有効であるものと思われ、胞子の活性化処理を導入したがんしゅ病菌の検出法についてさらに検討を進めているところである。

土壌中の放線菌の機能と生態の解明を阻害している原因の一つは、土壌中の放線菌密度を把握する手法が存在しないことにあるといわれている<sup>106)</sup>。代表的な植物病原放線菌であるジャガイモそうか病菌においても、選択培地としてTCN培地<sup>89)</sup>が報告されてはいるが、本菌による圃場の汚染程度の予測には使用が困難で<sup>146)</sup>、本培地を用いたそうか病菌の動態に関する知見はほとんど得られていないとされている<sup>54)</sup>。したがって、メロンがんしゅ病菌の土壌菌密度の測定法の開発は早急な課題と考えられる。

本病は新種の放線菌による特有の病徴を示す病害であるために、その病徴の発現様相はまったく不明であった。そこで、これらについて検討した

ところ、本病の潜伏期間は約11～14日で、こぶの形成は根の分岐部を中心に進むことが明らかとなった。また、発病程度にはメロンの生育状況が関与しており、とくに、根系の形成状況が影響しているように考えられる。すなわち、播種40～50日後までのメロンが激しく発病しやすかったことは、この時期のメロンでは根部の発達が著しく、発根が活発に行われるために<sup>10)</sup>、こぶ形成の中心となる分岐部が多く生じる結果であると推察される。さらに、このような根系の形成時期は根部組織の細胞分裂も活発であり、病原菌の感染後は比較的容易に増生組織が形成されるものと思われる。一方、本病原放線菌はメロンの胚軸、茎および葉柄の組織に肥大や亀裂を引き起こすことが明らかとなった。この現象は本菌の病原性の検定とメロンの品種抵抗性の検定に利用できるのではないかと考えている。

罹病メロンにおいて本病原放線菌は根部のいたるところに存在するのではなく、とくに、発根にともなう根の破壊溝を中心に集中していることが明らかとなった。また、それらの菌は組織内部へ深く侵入することなく、根部組織の表面あるいは組織の表層細胞の間隙で増殖して柔組織の増生・肥大を誘引していることが示唆された。一方、こぶ組織は根の内皮、内鞘および皮層の柔組織に由来する増生細胞組織より形成されるとともに、こぶ組織の一部の表層細胞が肥大することが明らかとなった。こぶの形成部位と病原菌の存在部位の観察結果からは、発根による根部の破壊溝<sup>17)</sup>が病原放線菌の最初の増殖部位であり、これがこぶ形成の中心部位となっていると思われる。しかし、病原放線菌がどのような作用によって破壊溝に集中するかについては不明で、侵入感染機構の解明の面からも検討を要するところである。

こぶ組織の形成には、主に分枝根の柔組織が増生・肥大するものと、主として主根の柔組織が増生・肥大する場合の2種のタイプがあるように考える。前者は、発根後に分枝根の内鞘（後に前中心柱を囲む前皮層と前表皮になる）の細胞分裂が異常に活発化され、ある程度分枝根が伸長した後に形成されるこぶで、この組織内部には分枝根を含み、病原菌はこぶ組織



付近の分枝根の表面とこぶ組織の表面に主に認められるようになるものと考ええる。これに対し後者は、ほぼ発根と同時に感染が起こり、主根の柔組織の異常な増生と肥大によってこぶを形成するものと思われ、この場合、正常に発根できなかつた分枝根が増生組織に封じ込められるために、こぶ組織内に不規則な配列の維管束構造物が見いだされるようになるものと考ええる。また、このようなこぶ組織ではわずかに発根した分枝根の表面に生息する微生物もこぶ組織の肥大とともに巻き込まれ、このためしばしばこぶ内の維管束構造物周辺の組織に微生物の存在を示す染色結果が得られるのではないかと想像される。

本病が発生する作物は、前述のようにメロンの他、キュウリとカボチャ台キュウリ<sup>132)</sup>であるが、分離病原放線菌の接種試験では7種のウリ科植物を中心とした5科16種の植物に広く寄生性を有することを明らかにした。ウリ科植物では作物の種類によって、また、メロンでは栽培品種によって寄生性の程度も異なり、これらのことは栽培する作物と栽培品種の選択が本病の発生に大きく関与することを示唆している。さらに、ウリ科植物以外ではトマトとヒマワリで激しく発病し、圃場での自然発生も懸念される。よって、このような本病原菌の病原性と宿主範囲の試験結果を踏まえた上での輪作体系の組立が、土壤中の病原菌量の抑制のためにも重要であり、本病の防除対策としても有効と考えられる。

本病発生の土壌環境の中で、発病に必要な土壌中の病原菌量は比較的少量でもよいが、その菌量は土壌中に一般に生息する微生物によって影響を受け、土壌微生物相の単純化は発病を助長するようである。また、本病は35℃の土壌温度で激しく発病する高温性の病害であり、発病に最適な土壌pHは中性付近であった。さらに、土壌水分も乾燥土壌より適度な水分の存在下で発病が激しく、異なった土性の栽培土壌での試験でも、その発病程度は土壌の有する水分特性と深く関係していることが明らかとなった。すなわち、このような本病の発病に好条件の土壌環境はメロンの生育にも最適な栽培環境<sup>47, 101, 139)</sup>となっているように思われる。また、土壌中

での本病原放線菌は湛水処理では死滅することではなく、むしろ、畑状態の土壤微生物が不活化に関与しているようである。

1891年に病原菌が明らかとなっているジャガイモそうか病は、現在でも難防除病害とされている。その理由として前にも述べたように、土壤中での病原菌の定量法および動態追跡法などの基礎的研究手法が確立されていないことに加えて、連作による生産力低下を補うための有機質、りん酸質、石灰質などの資材の投入と栽培土壤の天地返し、深耕、客土などの土壤物理性の改善、すなわち、連作障害回避対策が逆にジャガイモそうか病の発生を助長する結果となっている<sup>121)</sup>ことが大きな要因であるといわれている<sup>54)</sup>。メロンがんしゅ病の発病も、メロンの生育が旺盛な時期にとくに激しくなる傾向にあるように考えられるが、このような発病環境の特徴を把握することは、本病の防除技術の確立において必要不可欠である。

以上のように、メロンがんしゅ病の発見から病原体の究明、病原菌の諸性質の解明とその同定、病原放線菌の分離方法の確立、ならびに、病徴の発現および本病の発病環境などを解明した。本病は発生の歴史が浅く、今後の研究課題も多いが、本研究結果は新病害としてのメロンがんしゅ病の発生を特徴づけたものと考ええる。

さらに、本病の防除技術の確立が問題となることは農業生産上当然である。本病の防除対策としては、これまでに土壤くん蒸剤処理の効果が高いことが確認されていた<sup>91・93・96)</sup>。また、筆者らは、分離菌株接種土壤における栽培試験の結果、T P N剤の灌注の効果が高いことを示唆している<sup>60・61)</sup>。しかし、土壤くん蒸剤は土壤中の全微生物を死滅させてしまうために、健全な土壤微生物相への回復に時間を要し、その後土壤病原菌が侵入した場合の蔓延と、本試験結果でも明らかのように、不十分な殺菌処理がもたらすがんしゅ病の激発が予測される。一方、耕種的防除法では接木栽培における台木の選定があげられるが、分離菌株による接種試験の結果では、本病原放線菌はウリ類の多くに寄生性を有していた。しかし、作物の種類、品種によってかなり発病程度に差違が認められることから、品質



低下をきたさないような優良品種の選定、台木の組合せなどで被害回避に有効となり得ることが期待される。さらに、連作を避けることは当然必要であるが、栽培施設などの点から現実には極めて困難を伴うのが現状である。また、水田のメロン栽培では田畑輪換が考えられるが、本試験結果に示したように、一作の稲作による湛水処理では発病抑制の効果は期待できないようである。

植物病害に關与する放線菌病の種類は少ないが<sup>17, 18, 27, 43, 135)</sup>、近年の栽培様式の多様化にともなう特定作物の集団栽培化と連作栽培の結果、放線菌による作物の根部異常症の発生が著しく目立ち、これまでの病害との混乱によりその対策に苦慮している<sup>135)</sup>。一方、最近では病原菌に対する拮抗作用の特性の観点から、放線菌の機能と役割が注目されている。このように、放線菌の農業生産におよぼす影響が見直され、その研究の重要性が増加しているにもかかわらず、植物放線菌病の研究報告は数少ない現状にある。

このような状況の中で、新病害としてメロンがんしゅ病の発生が確認された。これからの益々の農業技術の変革により今後も本病のような放線菌病が問題化することも十分に考えられる。したがって、本病の発生と本研究成果が植物放線菌病への関心を高める発端となり、また、メロンがんしゅ病の制御技術の開発に寄与できることを期待する。

## 摘 要

1982年3月熊本県球磨郡錦町において、半促成栽培のアムスメロンとコサックメロンの台木である健脚メロンの根部に、こぶを形成する原因不明の新しい病害の発生が初めて確認された。本研究ではまず、この病害の病原体究明に始まり、病原体が放線菌の一種であることを特定し、病原放線菌の分類学的性質を調べてその所属を明らかにするとともに、病原菌の形態形成の特徴を観察した。また、病原菌の確実な分離方法を確立し、さらに、胞子の発芽状況と休眠状態の胞子の活性化法を検討した。一方、本病の病徴発現の特徴、罹病根での病原菌の存在部位と組織学的変化、および、病原放線菌の病原性と宿主範囲についての試験を実施するとともに、本病の発生におよぼす土壌環境の特徴について検討を加えた。それら一連の研究結果は、以下のように要約される。

### 1. 発生の経緯

1982年の初発確認後1986年までは、熊本県、宮崎県、長崎県、大分県の各メロン産地を中心に発生がみられ、熊本市（1984）と鹿児島市（1986）ではキュウリ栽培でも本病の発生を確認した。その後の発生地は熊本県で年々新しい圃場を確認したほか、1987年からは高知県で、1990年には神奈川県においても発生が確認された。このように、1982年から1993年の間に7県30市町村において本病の発生が認められた。

### 2. 病徴

地上部の病徴は本圃移植後から生育が徐々に劣り、日中萎凋し、とくに、激しい場合は着果初期に枯死する。地下部では、根に白色～淡褐色の表面が粗糙で微細な隆起をともなう直径1～15mm程度のこぶを形成し、また、数個のこぶが融合して典型的ながんしゅ症状を呈する。病状が進むとこぶ組織は褐色～黒褐色になり、コルク状となり、腐敗して崩壊しやすくなる。



こぶは根に側生した状態で形成が進み、とくに、分枝根に形成されたこぶは、肥大とともに主根に付着したように増大することが特徴である。

### 3. 伝染性の確認

本病は発生土壌ならびに被害根のこぶ組織によって容易に伝染可能であった。しかし、その伝染性はオートクレーブ処理で完全に阻害され、また、5%アンチホルミン液の3分間処理により伝染力の低下が認められた。

### 4. 病原体の究明と病名

メロン根部の形成こぶから細菌を分離し、分離菌の1種をメロンへ戻し接種した結果、同じ症状を再現することができた。この分離菌株はグラム陽性で、ジャガイモ半合成寒天培地上で細菌状の堅いコロニーを、アルブミン寒天培地上で糸状菌状のコロニーを形成した。これらの特徴から、本病原菌は放線菌目に分類された。本病はメロンの新しい病害であることが明らかとなり、病名を“メロンがんしゅ病 (Root Tumor of Melon)”と命名した。

### 5. 病原放線菌の分類学的性質とその所属

本放線菌は真正の菌糸を作り、基生菌糸は断裂せず、菌核、分生子殻、孢子嚢は形成しなかった。しかし、疑似孢子嚢を形成し、孢子は気菌系中にRetinaculum-Apertum (RA)型の孢子鎖として形成され、その色調は灰色系で、孢子表面は平滑であった。また、全菌体中にLL型のジアミノピメリン酸を含み、細胞壁型I型に属した。このことから、本菌はStreptomyces属に属することが明らかとなった。がんしゅ病菌の生育は、温度27~35°C, pH 6.5~7.7でとくに良好で、D-グルコースほか13種の炭素化合物を利用したが、D-マンニトールほか3種は利用しなかった。メラニン様色素と硫化水素の産生、キサントンの溶解は認められないが、ゼラチンの液化、ミルクの分解、スターチの加水分解、硝酸塩の還元、リンゴ酸石灰の溶解は陽性であった。また、食塩耐性濃度は4%であった。さらに、既知の近縁菌種にがんしゅ病菌と同一の性質を示すものは認められず、本病原菌はStreptomyces属の新種であると判断された。よって、メロンが

んしゅ病菌を *Streptomyces tuberis* sp. nov. と命名した。

#### 6. 病原放線菌の形態形成

胞子の発芽は、28℃の培養条件において培養3時間後から始まり、24時間後までにはほとんどの胞子が発芽した。胞子は発芽が始まるまでに膨潤し、発芽管は胞子の1～3箇所から生じた。培養24～48時間後には発芽管は菌糸に発達し、分岐・増殖して基生菌糸体を構成した。また、その菌糸先端はやや膨大して気菌糸となり、フック状を呈した。72時間後には気菌糸はさらに太くなり、フック～オープンループ状の形態を示すようになった。培養5日後までには、気菌糸に隔壁の形成が始まって典型的なRA型の胞子鎖が認められるとともに、これらが絡み合っただ擬胞子嚢の形成も始まった。その後は培養時間とともに擬胞子嚢が増加して、胞子鎖が減少していった。10日後頃になると成熟した擬胞子嚢には粘液状の物質で覆われたものもみられ、14～21日後以降では粘液状の物質で覆われた基生菌糸体上に擬胞子嚢、胞子塊およびわずかな胞子鎖が存在する状態となった。

#### 7. 病原放線菌の分離方法

混入細菌を抑制させるための分離源の前処理は、140倍のフェノール水溶液の10分間処理で効果が高く、分離培地への添加抗生物質は、50ppmのカナマイシンが最も有効であった。分離用基本培地は、Lochhead and Chaseの根圏微生物用基本培地(B培地)が最適であり、培養日数は5日が良好であった。これらを併用した分離法を構築し、その分離精度の実証を試みた。その結果、B培地上での無処理区から分離されるがんしゅ病菌は、7サンプル中3サンプル(42.9%)から分離され、出現放線菌の12.5%を占め、1シャーレ当たり0.3菌株であった。これに対し、本分離法では供試した全サンプルよりがんしゅ病菌が分離でき、出現放線菌中の割合を71.2%へ増加させ、さらに、1シャーレ当たり80.6菌株のがんしゅ病菌を分離することができた。

#### 8. 病原放線菌の胞子の発芽とその活性化



28℃, 14日間培養による形成孢子(新生孢子)と28℃, 28日間培養後5℃, 28日間保存した孢子(冷蔵孢子)のいずれも、その発芽は28℃で培養3時間後から確認された。新生孢子では発芽するほとんどの孢子が培養24時間以内に発芽した。しかし、冷蔵孢子では比較的非同調的で、最高発芽率に達するまでに新生孢子より約1~2日の遅延がみられた。孢子の発芽率は新生孢子で84.0~87.0%、冷蔵孢子で81.2~83.3%を示し、約10~20%の未発芽孢子が存在した。一方、40℃, 20分間加熱処理した孢子では、無処理区の110.0~115.1%のコロニー形成率を示し、未発芽孢子の発芽活性化が認められた。さらに、孢子活性化剤との併用処理(40℃, 20分)では、0.00625~0.05%のドデシル硫酸ナトリウム(SDS)、あるいは1~2%の酵母エキスを加えることにより発芽の活性化が認められた。とくに、0.025%のSDSではコロニー形成率を熱処理のみの121.2%まで増加させた。これらのことから、本病原放線菌孢子には休眠状態にある孢子が含まれていることが明らかとなった。また、その休眠打破には0.025% SDS溶液による40℃, 20分間処理が最適で、この処理によってほぼすべての休眠孢子の発芽を活性化できることが示唆された。

#### 9. 病原放線菌接種によるメロンの病徴発現

株元土壤に灌注接種したメロンと汚染土壤に播種することによって接種したメロンでの本病の潜伏期間は約11~14日であった。播種後こぶ組織は主根と一次分枝根の分岐部に最初に形成され、その後、さらに高次の分枝根の分岐部でも認められた。形成こぶ数は、播種42日後頃までは著しく増加したが、49日後頃からは新しいこぶの形成は減少した。また、罹病メロンでは播種49日後までに、草丈で約40%、葉数で約15%の生育抑制を受けた。接種時のメロンの生育ステージと発病との関係では、播種後14~21日齢の接種メロンで最も激しく発病し、それ以上では加齢とともに発病が軽減された。一方、本病原放線菌はメロンの地上部位においても、接種組織の形態異常を起こす病原性を有した。さらに、その形態異常の発現は胚軸で最も激しく、次いで茎、葉柄の順であり、孢子より菌糸懸濁液での接種

の方がより顕著に現れた。

#### 10. 罹病根における病原放線菌の存在部位と組織学的変化

こぶ組織は主に根の分岐部を中心に形成された。自然発生こぶの組織切片の顕微鏡観察では、こぶ組織の表面部分と表皮の細胞間隙、ならびに、根とこぶ組織の境界部分において局部的に微生物の存在を示す染色部が認められた。こぶ組織内では維管束構造物の周辺組織と分枝根の表層に当たる部分で同様の染色部を認めた。病原放線菌接種による罹病根の走査電顕観察では、増殖した病原菌はこぶの表面部分、すなわち、表皮の表面および分枝根の発根により皮層が裂けた破壊溝の内皮の表面で確認された。しかし、こぶの表皮から露出したイボ状の柔組織細胞の表面ではほとんどみられなかった。また、それらの病原放線菌はこぶの表層の1～2層目、すなわち、剥離前の表皮や皮層の表面とそれらの細胞間隙においてのみ存在した。形成こぶの多くは組織内に分枝根あるいは維管束構造物を含んでいた。こぶ組織では、根の内皮と内鞘、および、皮層の内側部分に由来する柔組織あるいは維管束構造物の周囲の柔組織が増生していた。さらに、こぶの表層部分の細胞は肥大していた。それらの肥大細胞はこぶの増大にともないこぶの表皮（根の表皮、内皮あるいは分枝根の前表皮）を破り、こぶの表面は肥大細胞が露出した様相を呈した。

#### 11. 病原放線菌の病原性と宿主範囲

本病原放線菌は、ウリ科ではメロン、キュウリ、スイカ、カボチャ、ユウガオ、シロウリ、ツルレイシに対して寄生性を有した。とくに、キュウリとシロウリに対しては供試した3菌株とも全試験ですべての供試品種に発病を認め、強い病原性を示し、次いでユウガオで激しかった。一方、メロン、カボチャ、スイカでは、試験（接種）方法と菌株、品種によって発病しない場合も認められ、中でもカボチャとスイカに対する病原性は他のウリ科植物より弱いようであった。ナス科ではトマト、ナス、ピーマンに対して寄生性を認めたが、その病原性は比較的弱かった。その他では、ハナヤサイ、ホレンソウ、フダンソウ、ゴボウ、ヒマワリ、チシャに対して



寄生性を示したが、フダンソウとヒマワリ以外の植物に対する病原性は非常に弱かった。このように、本病原放線菌の宿主植物としては5科16種の植物に寄生性を認めた。

## 12. 発病と土壤環境

発病と接種菌量との関係では、約  $5 \times 10^3$  cfu/ml 湿潤土以上の菌量を混和接種した黒ボク土のメロンは、播種後25日目から激しい立枯が認められた。しかし、接種菌量による立枯の程度は栽培土壤の種類によって異なった。発病（こぶ形成）に必要な接種菌量は栽培土壤 1 ml 当り約 10 cfu 以上であり、約  $10^3 \sim 10^4$  cfu/ml で最も激しく発病したが、約  $10^5$  cfu/ml では発病は低下した。15~35°C の土壤温度では、本病の発生は土壤温度の上昇とともに激しくなり、35°C の高温で最も激しく、20°C 以下では軽減された。土壤 pH の影響は、pH 6.5~7.0 でとくに激しく発病し、6.0 と 7.5 ではやや低下し、5.5 以下では発病しなかった。土壤水分との関係は、灌水開始の pF 値が 2.4 区において最も激しく発病し、次いで多灌水土壌での pF 1.8 区、過乾燥土壤の pF 2.7 区の順に発病は激しかった。発病におよぼす土性の影響では、同じ土性の供試土壤間で発病が著しく異なり、土性の相違が直接的に発病に影響しているのではなく、その栽培土壤の有する水分特性が密接に関係していることが示唆された。土壤消毒との関係からは、本病の発生は栽培土壤中の微生物数の減少と微生物相の単純化によって助長されることが明らかとなった。汚染土壤の湛水処理では、現地発生圃場の水田化による1作の稲作では病原放線菌は不活化しなかった。また、接種汚染土壤の湛水処理では、150日間の連続処理でも本病原放線菌は完全に不活化されなかった。これらのことから、本病原放線菌の不活化には畑状態で生息する土壤微生物の影響が重要であることが示唆された。