

*Valsa ceratosperma* によるリンゴ腐らん病、  
特に果台を発病部位とする枝腐らんの感染生態に関する研究

雪田金助

(青森県りんご試験場)

Mechanism of Infection of Valsa Canker caused by *Valsa ceratosperma*, with Special  
Reference to Twig Canker from a Cluster Base

Kinsuke Yukita

Aomori Apple Experiment Station  
Kuroishi, Aomori, 036-0332 Japan

キーワード：リンゴ腐らん病，枝腐らん，感染部位，摘果後の果柄，  
「つる折れ」果柄，採果痕，*Valsa ceratosperma*

## 目 次

緒 言 .....	3
<b>第Ⅰ章 枝腐らんの発生実態と多発要因 .....</b>	<b>4</b>
1. 発病部位別にみた枝腐らんの発生実態 .....	4
2. 気象条件と枝腐らん発生との関係 .....	7
3. 品種間差異 .....	9
4. 考 察 .....	11
<b>第Ⅱ章 摘果期における感染生態 .....</b>	<b>13</b>
1. 摘果後の果柄と感染・発病との関係 .....	13
2. 自然感染における胞子飛散と発病様相 .....	14
3. 摘果後の果柄から果台への病原菌侵入 .....	16
4. 摘果後の果柄脱落と感染・発病との関係 .....	18
(1) 品種および摘果時期との関係 .....	18
(2) 側果と中心果との関係 .....	19
5. 摘果後の果柄の感受性期間 .....	20
6. 摘果後の果柄脱落と感染・発病の品種間差異 .....	21
7. 考 察 .....	24
<b>第Ⅲ章 収穫期における感染生態 .....</b>	<b>27</b>
1. 「つる折れ」果柄の感染・発病との関係 .....	27
2. 「つる折れ」果柄から果台への病原菌侵入 .....	30
3. 「つる折れ」果柄の脱落推移と感染・発病との関係 .....	31
4. 採果痕および「つる折れ」果柄の感受性期間 .....	32
5. 採果痕および「つる折れ」果柄における感染・発病の品種間差異 .....	33
6. 考 察 .....	36
<b>第Ⅳ章 総合考察 .....</b>	<b>38</b>
引用文献 .....	40
図 版 .....	43
摘 要 .....	44
Summary .....	47

## 緒

*Valsa ceratosperma* (TODE ex FRIES) MAIRE によるリンゴ腐らん病は、古くから日本や中国、韓国など東アジアの国々で特異的に多発している胴枯性の病害である（7, 23, 46, 51）。本病はリンゴのほかにセイヨウナシや二ホンナシ、マルメロなどの果樹類（22, 39, 43）、さらにはポプラ、ナガバヤナギ、ヨシノザクラ、ハンノキ、ナラなど多くの広葉樹に発生し（24, 61）、ブラジル・サンパウロ州ではユーカリ（*Eucalyptus grandis*）での被害も報告されている（5）。中でも、リンゴでの被害は大きく、主幹や主枝のような大枝でも発病してから1～2年後には病斑が枝幹を一周し、その上部全体が枯れ上がるほど激しく病勢が進展する。

胴枯性の病害は一般的に、栽培管理の違いや肥培管理の良否などの人為的な要因に凍害や雪害などの気象災害が複雑に絡み合って多発する（6, 31, 38, 64, 68）。本病の場合も同様であり、強剪定や夏季剪定、断根処理、環状剥皮、高接ぎによる品種更新、廃園や老木の増加、粗皮削りの不徹底などの栽培管理（9, 11, 34, 63）、土壤の酸性化や水分ストレスなどの土壤管理（21, 65）、有機質肥料の多用や秋施肥などの肥培管理（19）のほかに凍害や雪害、雹害、台風などの気象災害が多発要因とされている（9, 63, 65）。中でも北海道において1952～1953年冬の異常寒波が本病多発のきっかけになったように（56），凍害や雪害など冬期間の気象災害とは深い関係にある。しかし、これら気象的なものを含めて、本病の多発に関与する要因の多くは被害の実態調査や小規模なモデル試験から導き出されたもので、実際の発生量とのかかわり合いを実験的に実証したものは少ない。

本病の場合、4～5年生以下の小枝に発生した病斑を枝腐らんと称し、主幹や主枝、亜主枝などの大枝に発生した病斑（以下、胴腐らん）と区別している。佐々木（48）および原田（12）は本病の発生初期には枝腐らんが多くみられ、発生年数を積み重ねるにつれて胴腐らんも多くなると述べている。このことは枝腐らんの多少が胴腐らんを含めた本病全体の発生量に強い影響を及ぼすことを示している。

枝腐らんの多くは剪定痕や枝の先枯れ、果台に感染した病原菌によって引き起こされ、それぞれの発生比率は

## 言

1980年代前半の実態調査により、栽培管理の違いや凍害などの影響で園地間差異や年次変動が比較的大きいとされている（9）。ところが、1980年代後半ころから青森県を始め、全国的に果台を発病部位とする枝腐らんの発生が特異的に目立つようになるなど、枝腐らんの発生様相に大きな変化がみられるようになってきた。しかし、本枝腐らんの感染生態に関する報告は少なく、感染時期や感染部位などもほとんど解明されていない。

本研究では果台を発病部位とする枝腐らんの感染生態を明らかにするために、その発生実態を調査するとともに、多発要因を解析した。さらに、本枝腐らんの感染時期を5月下旬～6月下旬ころの摘果期と9～11月の収穫期の2つに区分し、それぞれにおける病原菌の感染経路や発病時期、感受性期間、品種間差異などを検討した。これらの試験は1989～1996年に青森県りんご試験場のプロジェクト研究、「リンゴ腐らん病における樹体抵抗性の強化と総合防除法の確立」の中で行ったものであり、主要な研究成果については既に報告した（70, 71, 72, 73, 74, 76）。本論文はそれらの成果も含めてとりまとめたものである。

本研究を行うにあたり、青森県りんご試験場病虫肥料部長関田徳雄博士（現青森県農業試験場病害防除室長）より、多くの御指導と御助言をいただいた。また本論文の御校閲など数々のご援助をいただき厚くお礼申し上げる。弘前大学農学生命科学部名誉教授澤村健三博士並びに同教授原田幸雄博士には、有益な御指導と御校閲を賜り厚く感謝申し上げる。ニュージーランドのIPM Research Ltd, David Steven 博士には英文サマリーの御校閲をいただき、深く感謝申し上げる。農林水産省果樹試験場保護部長工藤晟博士、同リンゴ支場病害研究室長吉田幸二博士並びに秋田県果樹試験場場長水野昇氏には有益なご助言をいただいた。青森県りんご試験場腐らん病対策プロジェクトチーム長の加藤正氏（現同試験場次長）には叱咤激励とともに、多くの御指導と御助言をいただいた。また、同プロジェクトチームと病虫肥料部病理班職員の各位並びにアルバイトの斎藤京子氏、大川いみ子氏には各種実験を行うに当たり多くのご援助をいただいた。心から感謝申し上げる。

## 第1章 枝腐らんの発生実態と多発要因

青森県津軽地方のリンゴ園で枝腐らんの発生状況を調査し、その多発要因を解析した。

### 1. 発病部位別にみた枝腐らんの発生実態

同一園の同一樹について、枝腐らんの発生推移を継続的に調査し、1樹当たり発生数や発病部位別の年次変動および園地間差異の有無を検討した。

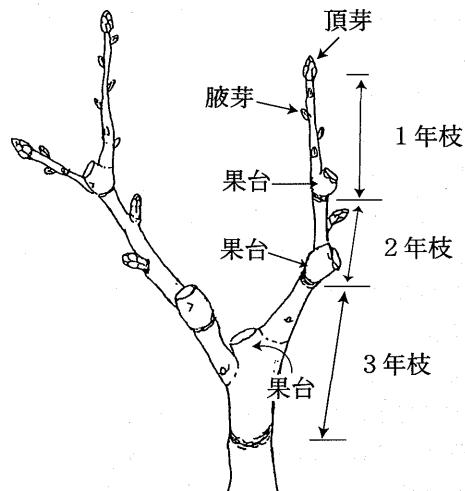
#### 材料および方法

**調査1**：1990～1996年までの7年間、弘前市下湯口（以下、A園）および藤崎町水沼（以下、B園）のリンゴ園で枝腐らんの発生数を発病部位別に調査した。発病部位は剪定痕、枝の先枯れ、果台およびその他の4種類に区分した。調査回数は各年次とも7～8月を除いて概ね1か月間隔で8～10回とした。調査樹数はA園では樹齢30～40年の‘ふじ’33本と‘王林’7本の合計40本、B園では樹齢20～30年の‘スタークリングデリシャス’22本、‘ふじ’18本および‘つがる’10本の合計50本とした。樹形はA園、B園ともマルバカイドウを台木とする開心形～変則主幹形仕立てであった。

本調査では樹に登るなどの工夫をして病斑の見落としがないように努めるとともに、2～3月には剪定によって切り落とされた枝も調査対象とした。各調査において枝腐らんが見つかった場合には、基部方向の病斑境界部から4～5cm先の健全部を含めて被害部を切り取り、園外に運び出して処分した。また、胴腐らんが見つかった場合にはカラーペンキでマーキングし、治療などの処置を速やかに行うよう園主に依頼した。

**調査2**：1992～1996年の5年間、黒石市牡丹平の青森県りんご試験場・B5号園（以下、C園）と黒石市出石田（以下、D園）のリンゴ園で、調査1と同様に枝腐らんの発生数を調査した。調査回数は各年次とも4月下旬～5月中・下旬の年1回とした。調査樹数はC園では樹齢20～30年の‘ふじ’と‘北斗’各9本の合計18本、D園では樹齢約30年の‘ふじ’40本とした。樹形はC園、D園ともマルバカイドウを台木とする開心形仕立てであった。なお、C園では1995年12月に調査樹の大多数が伐採されることになったため、この年で調査を打ち切った。

C園、D園の各調査において、枝腐らんの発病部位が果台に区分された場合には、第1図の基準に従ってその枝齢を決定した。すなわち、1年枝の頂芽から基部方向に向かって枝の齢を数え、1年枝上の果台を枝齢1年、2年枝上の果台を枝齢2年、3年枝上の果台を枝齢3年とした。枝齢の異なるいくつかの果台に病斑が連続的に形成されて、その枝齢を特定できないものは不明にした。



第1図 果台の枝齢（発芽前）

### 結果

**調査1**：剪定や薬剤散布、胴腐らんの処置など一般的な栽培管理はA園、B園とも良好で、特に問題がなかった。土性はA園では火山灰土壤、B園では沖積土壤であった。B園は岩木川流域に位置し、冬期間における西よりの季節風がより強い条件下にあった。

A園では1990～1996年の7年間に合計385個、1樹当たり平均9.6個、最大59個、最小0個の枝腐らんが発生した。B園では合計421個、1樹当たり平均8.4個、最大47個、最小0個の枝腐らんが発生した。1樹当たりの発生数は両園地とも、未治療の胴腐らんあるいは治療痕のみられる調査樹で特に多い傾向にあった。

A、B園で発生した枝腐らんを調査年次および発病部位別に区分し、第1表に示した。調査年次別ではA園、B園とも調査開始当年の1990年に最も多く発生し、1樹当たり発生数はそれぞれ、4.8個、2.3個であった。これ以降の発生は全般的に少なく、A園では0.4～1.1個、B園では0.3～1.7個で推移した。このように枝腐らんの発生数が急激に減少した理由として、調査の際に枝腐らんを切り取って処分したこと、本調査を契機に園主が積極的に胴腐らんを治療あるいは処分したことによる菌密度の低下が考えられた。

発病部位別にみると、A園では7年間に発生した全枝腐らんの95.1%、B園では同じく99.0%を剪定痕、枝の先枯れおよび果台の3種類に区分することができた。中でも、果台を発病部位とする枝腐らんの発生数が最も多く、A園では全体の72.5%、B園では同じく81.9%を占めた。年次別にみても、B園における1995年の1例を除いて、ほぼ同じ結果であった。

品種別ではA園、B園とも‘ふじ’で最も多く、それぞ

れ7年間合計で1樹当たり平均11.3個（最大59個、最小1個）、15.8個（最大47個、最小3個）の枝腐らんが発生した。B園では‘スターキングデリシャス’でもやや多く、1樹当たり平均6.0個（最大16個、最小1個）の枝腐らんが発生した。A園の‘王林’、B園の‘つがる’では枝腐らんの発生がきわめて少なかった。

枝腐らんの発生が最も多かった‘ふじ’および‘スターキングデリシャス’では、中でも果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多かった。これらの品種では前年の摘果作業又は前々年の収穫作業などで切断、折損したと推定される果柄が付着した状態で発病している事例が数多く認められた。数量的には、‘ふじ’では前年の摘果作業、

‘スターキングデリシャス’では前々年の収穫作業に由来すると推定されるものが多かった。

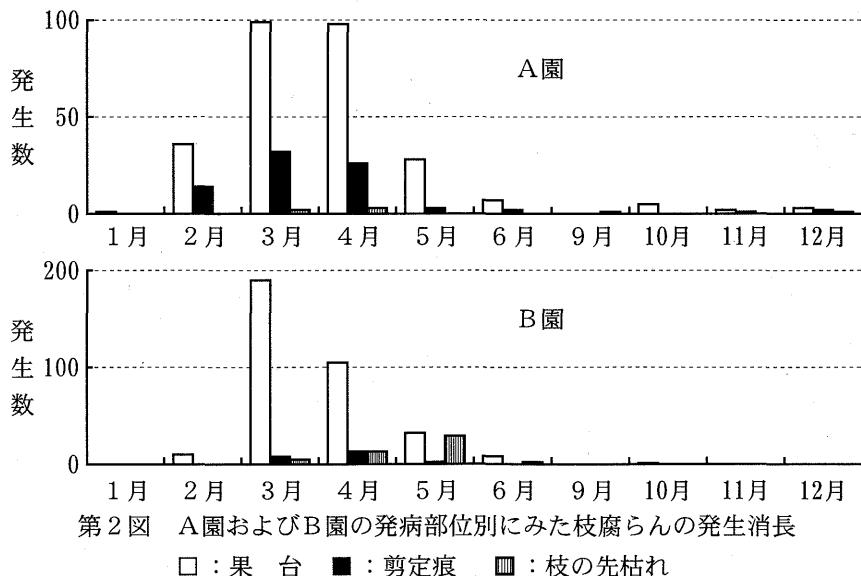
発病部位別にみた枝腐らんの発生消長を第2図に示した。果台を発病部位とする枝腐らんはA園、B園とも概ね2月ころから発生し始め、3～4月には最盛期となり、6月ころに終息した。この場合、3～4月の発生数は全体の70～80%以上を占めた。A園では10～12月にも果台を発病部位とする枝腐らんの発生が認められたが、その割合は全体の3.9%と少なかった。剪定痕および枝の先枯れの場合は全体的に発生数が少ないものの、それぞれ3～4月、4～5月ころが発生の最盛期とみなされた。

第1表 A園およびB園における枝腐らんの発生推移

調査 園地	調査 年次	発病部位別の発生数				合 計	1樹当たり 発生数
		剪定痕	枝の先折れ	果 台	その他		
A園	1990	51	2	132	6	191	4.8
	1991	11	0	30	3	44	1.1
	1992	4	0	24	2	30	0.8
	1993	3	0	31	1	35	0.9
	1994	0	1	14	1	16	0.4
	1995	9	3	26	5	43	1.1
	1996	2	1	22	1	26	0.7
7年間の合計(個)		80	7	279	19	385	9.6
比率(%)		20.8	1.8	72.5	4.9	100.0	—
B園	1990	10	4	98	1	113	2.3
	1991	3	1	80	1	85	1.7
	1992	4	2	49	1	56	1.4
	1993	1	0	16	0	17	0.3
	1994	2	3	43	1	49	1.0
	1995	1	38	32	0	71	1.4
	1996	2	1	27	0	30	0.6
7年間の合計(個)		23	49	345	4	421	8.4
比率(%)		5.5	11.6	81.9	1.0	100.0	—

注1) A園は弘前市下湯口、B園は藤崎町水沼。

注2) 調査樹数は各年次ともA園では40本、B園では50本とした。



第2図 A園およびB園の発病部位別にみた枝腐らんの発生消長

□：果 台 ■：剪定痕 ▨：枝の先枯れ

**調査2** : C園では1992年の5~8月に限り、隣接する一画に胴腐らんに侵されて伐採・処分された枝幹が多数、野積みにされていた。この年に限り摘果時期も7月下旬と極めて遅かった。これ以外の年は栽培管理で特に問題となることがなかった。一方、D園では開花後の5~6月ころの遅い時期の剪定、7月中・下旬の遅い時期の摘果、伝染源となる胴腐らんの放置など栽培管理の面で多くの問題点が認められた。よって、D園は調査1のA、B園を含めて、栽培管理が悪く、かつ菌密度の最も高い園地とみなされた。土性はC、D園地とも火山灰土壌であった。また、D園は南西向きの傾斜地に位置し、冬期間の季節風がC園よりも強い条件下にあった。

C園では1992~1995年の4年間に合計548個、1樹当たり平均30.4個、最大166個、最小8個の枝腐らんが発生した。調査年次別では1993年が最も多く、1樹当たり平均23.3個（最大152個、最小3個）の枝腐らんが発生した（第2表）。1992年、1994年および1995年の3年間は全般的に少なく、1樹当たり2~4個の発生数であった。

品種別に比較すると、1992年、1994年および1995年は‘ふじ’でより多かったのに対し、1993年は‘北斗’でより多かった。1993年の1樹当たり発生数は‘ふじ’が11.7個（最大24個、最小3個）、「北斗’が38.2個（最大152個、最小19個）であった。このように調査年次によって枝腐らんの発生様相が大きく異なった原因として、1992年の5月から8月にかけて‘北斗’の近くに伝染源となる胴腐らんが多数野積みにされていたこと、‘北斗’の摘果作業が通常よりも大幅に遅い7月下旬に実施されたことなど、

特異的な事情が影響したと考えられた。

発病部位別にみると、4年間に発生した全枝腐らん数の99.3%が発病部位として、剪定痕、枝の先枯れおよび果台に区分することができた。中でも果台を発病部位とする枝腐らんが最も多く、全体の97.6%を占めた。

D園では1992~1996年の5年間に合計2,635個、1樹当たり平均87.8個（最大328個、最小11個）の枝腐らんが発生した。中でも未治療の胴腐らんや治療痕のみられる調査樹での発生が多く、単年度で50個以上の枝腐らんが発生した調査樹もあった。

このような激発園でもA~C園と同様、全枝腐らん数の95.5%が発病部位として、剪定痕、枝の先枯れおよび果台の3種類に区分することができた。中でも果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多く、全体の79.1%を占めた。1995年には枝の先枯れを発病部位とする枝腐らんの発生も目立った。

果台を発病部位とする枝腐らんは枝齢が1年と2年に大別され、それぞれの比率はC園では68.8~94.0%，5.0~24.0%，D園では54.6~77.0%，17.1~34.5%であった（第3表）。これら果台にはA園、B園と同様に、前年の摘果作業又は前々年の収穫作業等で切断、折損したと推定される果柄が付着している事例が数多く認められた。その割合は枝齢1年の発病果台では前年の摘果作業由來のものが多く（C園：37.1%，D園：52.0%）、枝齢2年の果台では前々年の収穫作業由來のものが多く（C園：12.8%，D園：7.6%）。

第2表 C園およびD園における枝腐らんの発生推移

調査園地	調査年次	発病部位別の発生数				1樹当たりの発生数	
		剪定痕	枝の先枯れ	果台	その他		
C園	1992	4	2	32	0	38	2.1
	1993	0	0	419	1	420	23.3
	1994	1	0	59	3	63	3.7
	1995	1	1	25	0	27	1.8
	4年間の合計(個)	6	3	535	4	548	30.4
B園	比率(%)	1.1	0.5	97.6	0.7	100.0	
	1992	57	47	743	71	918	30.6
	1993	19	17	665	17	718	23.9
	1994	9	21	217	19	266	8.9
	1995	31	210	291	8	540	18.0
	1996	8	14	168	3	193	6.4
	5年間の合計(個)	124	309	2084	118	2635	87.8
	比率(%)	4.7	11.7	79.1	4.5	100.0	

注1) C園は黒石市牡丹平（青森りんご試）、D園は黒石市出石田。

注2) 調査樹数は各年次ともC園では18本、D園では30本とした。

第3表 C園およびD園で発生した果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢構成

園地	年次	果台数	枝齢別の比率(%)			
			1年	2年	3年	不明
C園	1992	32	68.8	21.9	3.1	6.3
	1993	419	94.0	5.0	0	1.0
	1994	59	74.5	16.9	1.7	6.8
	1995	25	72.0	24.0	0	4.0
D園	1992	743	60.6	18.4	0.3	20.7
	1993	665	77.0	17.1	0	5.9
	1994	217	60.3	31.8	0	7.8
	1995	291	54.6	31.6	0.6	13.1
	1996	168	63.1	34.5	0	2.4

## 2. 気象条件と枝腐らん発生との関係

枝腐らんは冬期間の気象条件と密接に関係し、凍害や雪害が多発した冬の年から数えて、1年後の初冬～春に多くなる(9)。そこで、第I章-1の実態調査に関する年次の冬期間における気象条件と枝腐らん発生との関係を検討した。

### 材料および方法

第I章-1のA園およびB園を対象に実態調査を開始した前年の1989年から最終年次前年の1995年までの7年間を調査対象とした。調査項目は各年次の12～3月における半旬別の最低気温および最高気温の平年値からの偏差、-5℃と-10℃以下の最低気温出現日数および最高積雪深とした。これらの気象データは青森りんご試の観測値を用いて集計した。平年値は1961～1990年までの30年間で算出した。

### 結果

1989～1995年の12～3月の冬期間における半旬別の最低気温および最高気温の平年値からの偏差を第3図に示した。また、各調査年次における-5℃以下および-10℃以下の最低気温出現日数並びに最高積雪深を第4表に示した。各調査年次における気象概況は以下の通りであった。なお、12月の気象データは各調査年次の前年の観測値を使用したため、前年～当該年として記述した。

1988～1989年：12月下旬は最低気温、最高気温とも平年よりやや低かったが、そのほかの時期は全般的に平年よりも高く推移した。特に1～3月は長期間にわたって暖かい日が続き、最低気温、最高気温とも平年よりも0.3～3.8℃高かった。-5℃以下および-10℃以下の最低気温出現日数はそれぞれ27日、0日であった。最高積雪深は平年(94cm)よりも少ない55cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

1989～1990年：1月下旬は平年よりも最低気温で4.3℃、最高気温で3.4℃低かったが、これ以外の時期は平年並み～平年よりも高い気温で推移した。特に2月中

旬～3月中旬は暖かい日が続き、平年よりも最低気温で3～6℃、最高気温で約3℃高かった。-5℃以下および-10℃以下の最低気温出現日数はそれぞれ29日、4日であった。最も低い最低気温は1月24日と1月27日の-14.2℃であった。最高積雪深は平年よりもやや少ない88cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

1990～1991年：12～3月の全期間を通して最低気温、最高気温とも、平年並み～やや高い状態で推移した。-5℃以下、-10℃以下の最低気温出現日数はそれぞれ28日、3日であった。最も低い最低気温は2月18日と2月20日の-12.5℃であった。最高積雪深は平年よりもやや多い105cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

1991～1992年：12～3月の全期間を通して最低気温、最高気温とも、平年よりもやや高い～高い状態で推移した。-5℃以下および-10℃以下の最低気温出現日数はそれぞれ27日、0日であった。最高積雪深は平年よりもやや少ない83cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

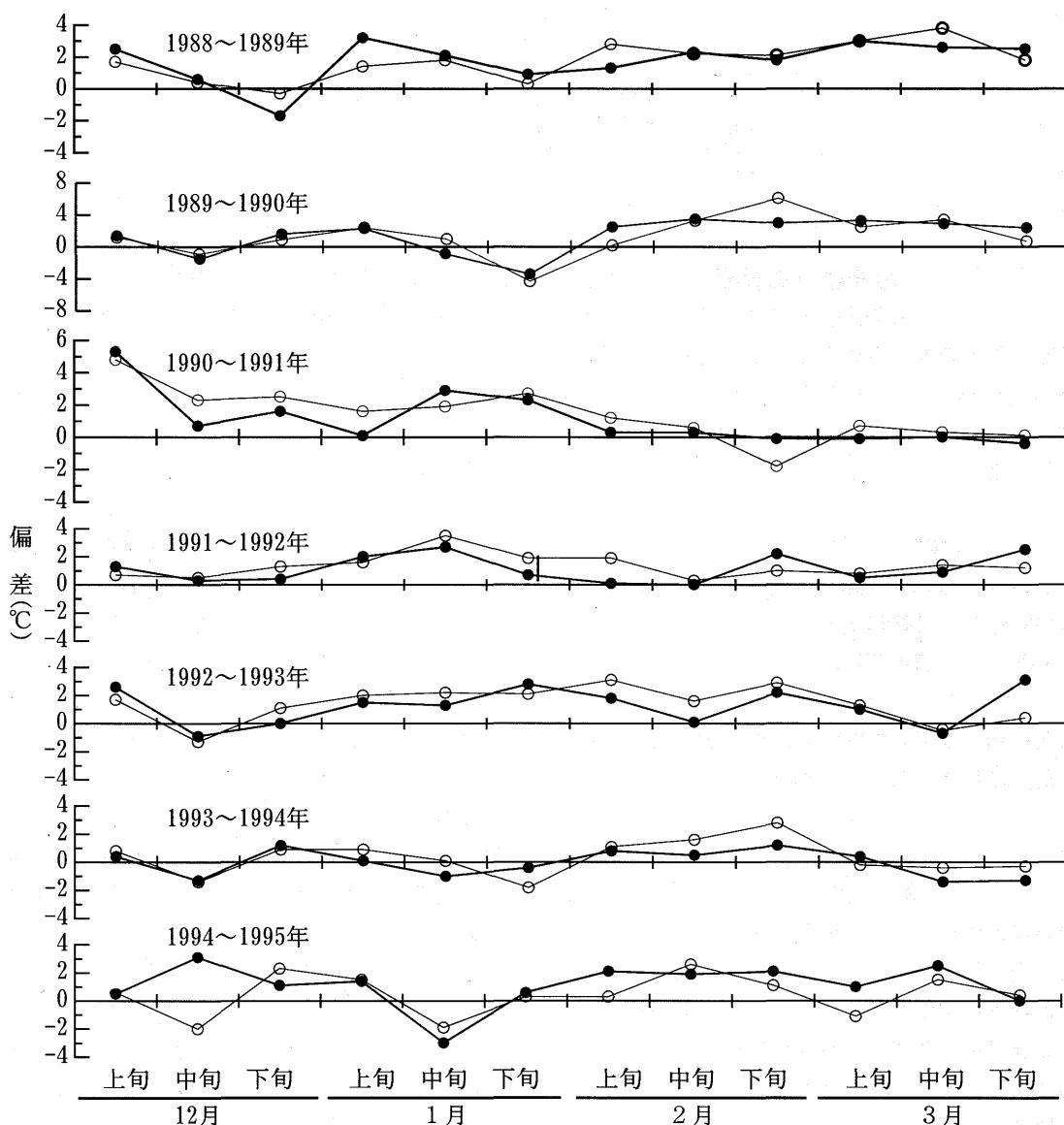
1992～1993年：12月中旬と2月中旬は最低気温、最高気温とも平年よりも1℃前後低かったが、これ以外の時期は平年よりも2～3℃高かった。-5℃以下および-10℃以下の最低気温出現日数はそれぞれ20日、0日であった。最高積雪深は平年よりも少ない54cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

1993～1994年：12月～1月は最低気温、最高気温ともほぼ平年並みに推移したが、2月は平年よりも1～3℃高かった。3月は平年よりもやや低かった。-5℃以下および-10℃以下の最低気温出現日数はそれぞれ41日、1日であった。最も低い最低気温は1月19日の-10.1℃であった。最高積雪深は平年よりも少ない60cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

1994～1995年：12～1月は寒暖の差がやや大きく、気温の低い日も多かった。2～3月は平年を上回る気温で

推移した。 $-5^{\circ}\text{C}$ 以下および $-10^{\circ}\text{C}$ 以下の最低気温出現日数はそれぞれ42日、3日であった。最も低い最低気温は2月3日の $-10.5^{\circ}\text{C}$ であった。最高積雪深はほぼ平年並の100cmであった。凍害や雪害などの気象災害はみられなかった。

以上から、各調査年次とも平年を上回る気温で推移していることが明らかになった。また、凍害や雪害などの気象災害もみられず、枝腐らんの発生を助長したと考えられる気象要因はみいだされなかつた。



第3図 12～3月の冬期間における最高気温(●)および最低気温(○)の平年値からの偏差

第4表 12～3月の冬期間における $-5^{\circ}\text{C}$ および $-10^{\circ}\text{C}$ 以下の最低気温出現日数  
と最高積雪深

調査項目	調査年次						
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
$-5^{\circ}\text{C}$ 以下の出現日数	27	29	28	27	20	41	42
$-10^{\circ}\text{C}$ 以下の出現日数	0	4	3	0	0	1	3
最高積雪深(cm)	55	88	105	83	54	60	100

注) 気象データは青森県りんご試験場の観測値を用いた。

### 3. 品種間差異

枝腐らん発生の品種間差異を発病部位別に検討した。

#### 材料および方法

**調査1：**1991年の5月上～中に青森りんご試（黒石市福民）のA 5-1, B 4-4, B 5-2号圃などで栽培している‘国光’17本, ‘ふじ’36本, ‘陸奥’18本, ‘北斗’9本および‘スターキングデリシャス’17本の5品種、合計97本を対象に枝腐らんの発生状況を調査した。発病部位は剪定痕、枝の先枯れ、果台およびその他に区分し、果台については第1図の基準に従って、その枝齢もあわせて調査した。各調査樹ともマルバカイドウ又はミツバカイドウを台木とする開心形仕立てであり、樹冠容積はほぼ同じであった。

**調査2：**1993年の4月下旬に青森りんご試のA 5-1, A 6-1, A 7-1号圃などで栽培している‘国光’や‘ふじ’, ‘陸奥’, ‘ジョナゴールド’, ‘スターキングデリシャス’など12品種、合計598本を対象に試験1と同様に枝腐らんの発生状況を調査した。これら調査樹は圃場によって台木が異なり、わい性のM. 26, M. 9, 半わい性のMM. 102, MM. 106, 喬木性のマルバカイドウ, ミツバカイドウなど様々であった。仕立て様式も開心形、変則主幹形、スレンダースピンドル、コルドン、パルメント、ピラーなど様々で、樹冠容積も大きく異なった。し

かし、品種構成は各圃場とも、‘ふじ’とそれ以外の数品種を組み合わせたものであり、しかも仕立て様式がほぼ同じため樹冠容積には大きな差がなかった。そこで、複数の圃場にある同一品種の比較において、1樹当たりの発生数が大きく異なる場合は、同一圃場内にある‘ふじ’と対比しながら品種間差異を判定した。

#### 結果

**調査1：**‘国光’, ‘ふじ’, ‘陸奥’, ‘北斗’および‘スターキングデリシャス’の5品種合計で267個の枝腐らんが発生した。1樹当たりの発生数は平均2.8個（最大12個、最低0個）であった。品種別にみると、‘ふじ’, ‘国光’の順に多く、それぞれ5.6個、3.1個の発生数であった（第5表）。これに対し、‘北斗’, ‘陸奥’および‘スターキングデリシャス’では0.2～0.5個と明らかに少なかった。発病部位別では果台が最も多く、5品種合計で92.9%を占めた。次いで剪定痕の4.1%であった。

果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢構成を第6表に示した。発病果台の枝齢は1年と2年に大別され、それぞれの比率は5品種合計で53.6%, 30.2%であった。品種別にみると、‘国光’では枝齢1年が90.0%を占めた。‘ふじ’では枝齢1年が50.5%, 枝齢2年が28.7%, 枝齢不明が20.7%であった。‘陸奥’, ‘北斗’および‘スターキングデリシャス’では発生数が少なく、枝齢との関係が明らかでなかった。

第5表 品種別にみた枝腐らんの発生状況（1991年）

品種名	調査 樹数	発病部位別の発生数				合計	1樹当たり の発生数
		剪定痕	先枯れ	果台	その他		
ふじ	36	6	0	180	8	202	5.6
国光	17	3	0	50	0	53	3.1
陸奥	18	0	0	5	0	5	0.3
北斗	9	1	0	3	0	4	0.4
スターキングデリシャス	17	1	0	2	0	3	0.2
合計	97	11	0	248	8	267	2.8
比率(%)		4.1	0	92.9	3.0	100.0	

第6表 品種別にみた果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢構成（1991年）

品種名	果台数	枝齢別の比率(%)			
		1年	2年	3年	不明
ふじ	188	50.5	28.7	0	20.7
国光	50	90.0	8.0	0	2.0
陸奥	5	20.0	80.0	0	0
北斗	3	66.7	33.3	0	0
スターキングデリシャス	2	0	100	0	0
合計	248	53.6	30.2	0	16.1
計(%)					

**調査2**：‘スターキングデリシャス’、‘北斗’、‘ふじ’および‘国光’など12品種合計で864個の枝腐らんが発生した。1樹当たり発生数は平均1.5個（最大152個、最低0個）であった。品種別では‘北斗’が10.0個と最も多く、次いで‘ふじ’1.7個、‘国光’0.7個の順であった（第7表）。

‘ジョナゴールド’、‘スターキングデリシャス’、‘メロー’、‘ビスタベラ’および‘陸奥’では0.1～0.3個と少なかった。

‘つがる’、‘千秋’、‘王林’および‘陽光’では枝腐らんの発生が全く認められなかった。

各品種とも、圃場間でのばらつきは小さく、ほぼ一定の傾向を示した。しかし、‘北斗’では圃場間で大きく異なり、最も多い園地では1樹当たり34.9個の枝腐らんが発生した。これは第I章-1の調査2で述べたB5-2号圃であった。これ以外の調査圃場では1樹当たり発生数が0.2～0.7個とばらつきが小さく、いずれも‘ふじ’よりも少ない発生であった。

発病部位別では果台が最も多く、12品種全体で99.2%

を占めた。次いで、その他の0.5%、剪定痕の0.2%、枝の先枯れの0.1%であった。

果台を発病とする枝腐らんの枝齢は各品種とも、1年と2年に大別された（第8表）。しかし、その比率は品種によって大きく異なり、‘ふじ’、‘北斗’および‘国光’は、枝齢1年が80～90%以上を占めたのに対し、‘ジョナゴールド’および‘スターキングデリシャス’は、これらとは逆に枝齢2年が90%以上を占めた。

調査1、2の調査結果により、枝腐らん発生の品種間差異として、‘ふじ’および‘国光’は多い、‘陸奥’、‘つがる’、‘千秋’、‘王林’および‘陽光’は少ない、‘北斗’、‘スターキングデリシャス’、‘ジョナゴールド’、‘メロー’および‘ビスタベラ’はその中間として区分した。このようなグループ分けは、果台を発病部位とする枝腐らんの多少によって決定された。一方、剪定痕および枝の先枯れを発病部位とする枝腐らんについては発生数が少なく、品種間差異が明らかでなかった。

第7表 品種別にみた枝腐らんの発生状況（1993年）

品種名	調査 樹数	発病部位別の発生数				合計	1樹当たり の発生数
		剪定痕	枝の先枯れ	果台	その他		
北斗	36	0	0	359	3	362	10.0
ふじ	250	1	1	433	0	435	1.7
国光	15	0	0	11	0	11	0.7
ジョナゴールド	49	0	0	16	1	16	0.3
スターキングデリシャス	125	0	0	33	0	33	0.3
メロード	20	0	0	4	0	4	0.2
ビスタベラ	16	1	0	1	0	2	0.1
陸奥	28	0	0	1	0	1	0.0
つがる	20	0	0	0	0	0	0
千秋	21	0	0	0	0	0	0
王林	13	0	0	0	0	0	0
陽光	5	0	0	0	0	0	0
合計	598	2	1	857	4	864	1.5
比率(%)		0.2	0.1	99.2	0.5	100	

第8表 品種別にみた果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢構成（1993年）

品種名	果台数	枝齢別の比率(%)			
		1年	2年	3年	不明
ふじ	433	91.2	7.2	0.2	1.4
北斗	359	95.8	3.1	0	1.1
スターキングデリシャス	33	3.0	90.9	3.0	3.0
ジョナゴールド	16	6.3	81.3	12.5	0
国光	11	81.8	18.1	0	0
合計	852	88.1	10.1	0.5	1.3

## 4. 考察

### (1) 発病部位

本病は傷い感染性の病害であり、整枝・剪定や徒長枝の剪去、雪害、凍害、風害、日焼けなどによる傷口のほか、枝幹部の粗皮や大枝の分岐部など種々な部位に病原菌が感染して発病する（9, 14, 44, 55, 63）。しかし、枝腐らんでは発病部位が剪定痕、枝の先枯れおよび果台の3種類にほぼ限られると報告されている（9, 32, 55）。本調査結果もこれらの報告と一致し、1990～1996年の7年間に発生した枝腐らんの95%以上が上記の3種類に該当した。

藤田ら（9）は青森県における1976～1980年の実態調査で、長い切り残しを伴う夏季剪定を実施している園地では剪定痕、冬期間の風当たりが強く凍害を生じやすい園地では枝の先枯れを発病部位とする枝腐らんの発生が多くなると報告した。しかし、本調査結果では1995年のB園とD園の2例を除いて、果台を発病部位とする枝腐らんの発生が特異的に目立った。同様な現象は岩手県や福島県、長野県などのリンゴ主産地でもみられていることから、果台を発病部位とする枝腐らんは過去に例がないほど広域的に発生し、これが胴腐らんを含めた本病多発の一要因になっているものと考えられる。

### (2) 発生要因

平良木（14）は岩手県における調査で、3～5年枝の枝枯れ症状には明らかに果そう基部から感染・発病したと推定される枝腐らんが多くみられると報告した。これが果台を発病部位とする枝腐らんの最初の報告と思われる。鷲尾ら（65）も1973年の青森県における調査で、果痕（果台）を起点に病斑を生じている枝腐らんの発生が目立つと報告した。果台を発病部位とする枝腐らんの多発要因として、田村（55）は1977年1月下旬から2月上旬にかけて北海道の空知地方を襲った-20～-25℃の異常寒波で被害を受けた果台や新梢に枝腐らんが多発したこと理由に凍害との関係を指摘した。

リンゴの耐凍性は果樹類の中でも強く、-25℃（37）又は-30℃（1）の低温にも耐えられるが、組織的には果台の耐凍性が最も弱く、11月中旬で-5℃、休眠の最も深い厳冬期でも-15℃で低温障害を受ける（54）。しかし、本調査結果に関与した考えられる各年次の冬期間における気象状況をみても、果台が凍害を受けるような異常低温は出現せず、むしろ例年よりも暖かい冬が続いていた。したがって、凍害説だけでは本調査結果を説明できないと考えられる。

本県では枝の枯込み地帯と呼ばれる岩木川流域や南西方向に面した傾斜地の園地で1年枝の先端部分が枯れ込む障害を生じることがある（54）。これは冬期間の西よりの強い季節風によって起こる凍害の一種であり、その1年後の冬～春にかけて枝の先枯れを発病部位とする

枝腐らんの発生が急激に多くなる（9）。B園およびD園はこのような凍害が発生しやすい立地条件下に位置していたことから、1995年に枝の先枯れを発病部位とする枝腐らんが特異的に多発したと考えられる。しかし、これに連動して果台を発病部位とする枝腐らんの発生数が急激に増加することもなかった。

栽培管理の良否や台風など強風被害による断根も、果台を発病部位とする枝腐らんの多発要因となる（18, 44）。しかし、栽培管理の悪いD園と栽培管理の比較的良好なA～C園との比較でも、枝腐らんの発生様相には大きな違いがみられなかった。本県では1991年9月28日の台風19号により、約67万本ものリンゴ樹が倒伏ないし半倒伏の被害を受けたが、これを契機に発生様相が大きく変わることもなかった。

したがって、果台を発病部位とする枝腐らんの多発には、上記以外の未解明な要因が強くかかわっているものと推察される。これの解明が本研究の主要なテーマであり、第Ⅱ章以降で詳しく論議する。

### (3) 感染時期

果台を発病部位とする枝腐らんの感染時期として、5月下旬～6月下旬の摘果期と9～11月の収穫期の2つが考えられる。しかし、摘果期の場合、感受性期間が短く、しかも殺菌剤がほぼ10日間隔で散布される時期であるため、さほど重要視されていない（9, 35）。

一方、9～11月の収穫期の場合は果実を収穫した後の採果痕に病原菌が感染し、その多くは2年後の春に発病するが、3年後の春に発病するものもあると報告されている（45）。したがって、発病時における果台の枝齢は2年ないし3年になる。ところが、本調査のC園およびD園では発病果台の枝齢は1年と2年に大別され、3年のものはきわめて少なかった。しかも、枝齢1年の比率がきわめて高いなど、収穫期のみの感染では説明できない現象が認められた。

佐久間（44）は、枝齢の異なる果台が同一園、同一樹内に混在して発病している事例を認め、地域や品種によっては枝齢1年の果台が100%を占めると報告した。さらに、これらのものを含めて収穫期の感染とすれば、凍害の発生と結び付けたとしても、その発生から3月中旬ころの発病までの期間があまりにも短すぎるとし、感染時期の再検討の必要性を示唆した。

枝齢との関係を品種別にみると、「ふじ」や「北斗」、「国光」では枝齢1年の比率が高く、「スターキングデリシャス」や「ジョナゴールド」、「陸奥」では、これとは逆に枝齢2年の比率が高かった。佐久間（44）も品種によって果台を発病部位とする枝腐らんの発病様相が異なり、「国光」では枝齢1年、「スターキングデリシャス」では枝齢2年の果台でより多くの発病が認められると報告した。これらの事実は品種の違いにかかわらず、果台を発病部

位とする枝腐らんの主要な感染時期が収穫期であると仮定すれば、感染から発病までの潜伏期間が品種によって大きく異なることを示している。しかし、剪定痕などに対する接種試験をみても、品種によって潜伏期間が異なるという報告もないことから、枝齢1年の発病果台は摘果期の感染に起因すると考えるのが最も妥当なように思える。

#### (4) 感染部位

リンゴの場合、5月下旬～6月下旬の摘果期において、不要な果実を果柄の途中から切り落とすか、こうあ部からもぎ取るため、樹上には数多くの傷ついた果柄が残される。また、9～11月の収穫期には果柄が途中で折損したり、こうあ部から抜けたりして樹上に残されることがある。このような残存果柄からは比較的高い割合で病原菌が分離されると報告されている(2, 35)。本調査においても、残存果柄が付いたままの状態で果台を発病部位とする枝腐らんの発生している事例が数多く認められたことから、そのような果柄が病原菌の感染部位として重要な役割を果たしているものと推察される。

#### (5) 発生消長

佐久間ら(47)は秋田県での調査により、胴腐らんを含めた総病斑数の60～80%が3月末から4月中旬までの短期間に発生するとした。枝腐らんのみの発生消長を検討した本調査結果もこれとほぼ一致した。中でも果台を発病部位とする枝腐らんの発生は、3～4月に集中することが明らかになった。

田村(55)は凍害が発生した年には7～12月にも果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多くなると報告した。また、剪定痕、枝の先枯れおよび果台などすべての枝腐

らんを対象にした調査報告では、年によっては12月にも発生数が多くなる二峰型を示している(9)。本調査結果においても、10～12月に果台を発病部位とする枝腐らんの発生がやや目立ったが、二峰型と言えるほどのものではなかった。第3図に示したように、本調査結果に関係したと考えられる冬期間の気温が平年に比べて全体的に高く推移しており、このことが本枝腐らんの発生消長に影響を及ぼした可能性も否定できない。しかし、凍害と密接に関係する枝の先枯れを発病部位とする枝腐らんが多発した場合でも、果台を発病部位とする枝腐らんの発生消長には大きな変化がみられず、その影響は小さかったものと考えられる。

#### (6) 品種間差異

本病の品種間差異については、枝腐らんと胴腐らんを合計した総発生数の多少によって検討されてきたが、それらの評価は必ずしも一致していない(9, 48, 63, 65)。その原因として、本病は樹齢や樹勢、栽培管理などに強く影響され、しかも形成条件の異なる多種多様な傷口に病原菌が感染するにもかかわらず、これらを一括して評価したためと考えられる。

本調査では枝腐らんの発病部位を剪定痕、枝の先枯れおよび果台の3種類に区分し、果台を発病部位とする枝腐らんは‘国光’および‘ふじ’などで多く、‘つがる’や‘千秋’、‘王林’、‘陽光’などでは極めて少ないと明らかにした。今後、このような品種間差異が生じる理由を実験的に解明する必要がある。今回の調査では発生数が少なく検討できなかった剪定痕や枝の先枯れについても、それぞれの発生状況を個別に比較することで品種固有の差異が明らかになるものと考えられる。

## 第Ⅱ章 摘果期における感染生態

果台を発病部位とする枝腐らんの感染時期として、5月下旬～6月下旬の摘果期と9～11月の収穫期の2つが考えられる。このうち、本章では摘果期を取り上げ、実際の摘果作業と関連づけながら、感染部位や発病時期、病原菌の果台侵入、摘果時期との関係、感受性期間、品種間差異などを検討した。

本章の各試験では供試樹の管理や病原菌の接種などで共通する部分が多いので、これらをとりまとめて以下に記載する。

供試樹は特にことわりのない限りすべての側果をあらかじめ除去し、1果そうに中心果だけを残しておいた。中心果はそれぞれの試験の所定日に果台と果柄間の離層形成部から1～2cm離れたところで、摘果ばさみを用いて果柄を切断して取り除いた。切断後、果台に残った果柄（以下、摘果後の果柄）の先端切口に病原菌を接種した。接種には青森りんご試の保存菌株、AVC-36を以下の手順（75）で培養して所定濃度に調整した柄胞子懸濁液を用いた。

供試菌株をPDA平板培地に移植し、25℃で4～5日間前培養した。次いで、200mlのフラスコにPDA培地を25～30ml分注し、さらに4～5cmの長さに切断した1年生のリンゴ切枝を2本添加して高圧殺菌したリンゴ切枝PDA培地に本菌株の含菌寒天を移植した。これを25℃・昼光色蛍光灯の12時間照明下で培養し、1～2か月後にリンゴ切枝上に形成された柄子殻の頸部を鋭利な刃物で切り開いて胞子角を採取して殺菌水に懸濁させた。これに適量の殺菌水を加えて $2 \sim 4 \times 10^7$ 個/mlの濃度に調整し、柄胞子懸濁液とした。接種はクロマト用噴霧器を用いて、接種部位から湿る程度に柄胞子懸濁液を噴霧する方法（以下、噴霧法）、あるいはマイクロペリットを用いて、接種部位に柄胞子懸濁液の0.01～0.02mlを滴下する方法（以下、滴下法）のいずれかで行った。接種後、室内試験では25℃・温室に保持したが、圃場試験では温度や湿度を保持するための特別な処置は施さなかった。本章での試験はすべて青森県りんご試験場内の圃場で行った。

### 1. 摘果後の果柄と感染・発病との関係

一般的に、リンゴの摘果では不要な側果又は中心果を専用のはさみを用いて果柄の途中から切り落とすか、親指と人差し指でこうあ部から果柄を押し切るようにしてもぎ取る。このため、果台には傷ついた果柄が必ず取り残される。ここでは、このような果柄に感染した病原菌によって、果台を発病部位とする枝腐らんが発生するか否かを検討した。

### 材料および方法

1990年6月1日にC1号圃の約10年生‘ふじ’の中心果を次の3つの方法で摘果処理し、試験区とした。

はさみ摘果区：果台と果柄間の離層形成部から1～2cmのところで、果柄を切断して中心果を取り除き、これによって果台に残された果柄の先端切口に病原菌を接種した。

指摘果区：親指と人差し指で果実のこうあ部から果柄を押し切るようにして中心果をもぎ取り、これによって果台に残された果柄の先端切口に病原菌を接種した。

果柄完全除去区：果柄と果台間の離層形成部から果柄の全体を含めて中心果をもぎ取り、その痕の果台に直接病原菌を接種した。

接種ははさみ摘果区と指摘果区では噴霧法、果柄完全除去区では滴下法を行った。供試数は各区3樹、1樹当たり20個の合計60個とした。1990年7月2日から1991年5月30日までの間に合計9回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査し、累積発病率を求めた。本調査では果台に少しでも淡褐色～褐色の病斑が認められたものを発病とみなした。なお、これら発病初期の小型病斑が本病の典型的な枝腐らんへと拡大する過程において、症状の異なる4つの病斑型に分類することができたので、発病を確認した後もさらに調査を継続して、各病斑型の出現推移も合わせて記録した。各病斑型の名称と症状は下記に示したとおりである。

火膨れ型：淡褐色の火膨れ症状を呈した発病初期の

小型病斑で、その形成部位は離層形成部からやや下方の果台に限られているもの（図版IV）。

水浸型：淡褐色～褐色の水浸状を呈した発病初期の小型病斑で、その形成部位は果台に限られているもの（図版V）。

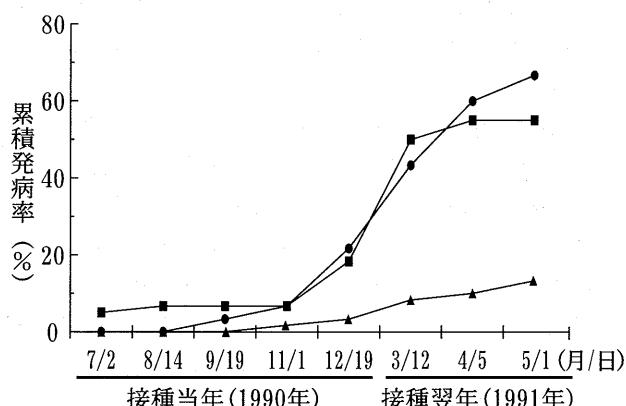
停止型：主に水浸型の病斑が拡大を停止したもので、その境界部には亀裂を生じて全体的にやや陥没したもの（図版VI）。

枝枯れ型：果台に形成された病斑が大きく拡大して基部の枝を一回りし、ほどなく病斑より先の枝全体が枯れ上がるものの（図版VII）。

### 結 果

はさみ摘果区では接種当年7月、指摘果区では同年9月に初発病が認められた。しかし、この時点での発病数は両区とも少なく、それぞれに6.7%、3.3%の発病率であった。接種当年12月になると、両区とも発病数が次第に増加し、接種翌年3～4月にはさらに増加してほぼ発病のピークとなった。接種翌年5月の累積発病率は、はさみ摘果区が66.7%，指摘果区が55.0%であり、区間差は比較的小さかった。一方、果柄完全除去区では初発病

が接種当年11月と最も遅く、以後の発病数も最も少なかつた。本区の接種翌年5月の累積発病率は13.3%であった(第4図)。



第4図 異なる3つの摘果痕に病原菌を接種した時の果台を発病部位とする枝腐らんの発生推移(●:はさみ摘果区, ■:指摘果区, ▲:果柄完全除去区, 接種は1990年6月1日に行った)

本試験では接種翌年5月の最終調査終了後、さらに1年間延長して発病の有無を観察したが、いずれの試験区でも、新たな発病は確認されなかった。

各試験区で発生した枝腐らんの症状には明らかな違いはみられず、いずれも第I章の実態調査で認められた自然発生のものとほぼ同じ症状であった。すなわち、病斑は最初、果台に形成され、その病斑は次第に基部の枝へと拡大し、これに伴って病斑より先の枝全体が枯れ上がって典型的な枝枯れ症状を示すようになった。病斑にはやがて子座が形成され、降雨時には黄色、巻き髪状の胞子角が噴出した。一方、病原菌を接種した摘果後の果柄は、接種10~20日後から次第に黄化し始め、ほどなく子座に類似した黒色の小粒物を生じたが、胞子角の噴出は認められなかった。

発病を確認してから典型的な枝枯れ症状が出現するまでの期間は、短いものでは1~2か月、長いものでは4~7か月であった。この間に出現する病斑は火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯型(図版IV-VII)のいずれかに区分された。各病斑型の出現推移はいずれの試験区でもほぼ同じであったので、主な調査時期ごとにとりまとめて集計して第5図に示した。

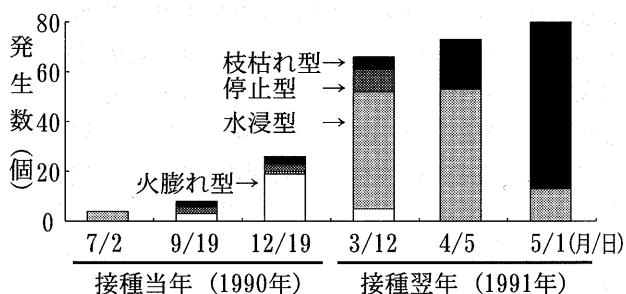
火膨れ型は発病数が増加し始める接種当年の10~12月に出現する発病初期の小型病斑であり、その多くは接種翌年の3~4月ころに水浸型へと移行した。さらに、その1~2か月後には枝枯れ型へと移行した。この場合の枝枯れ型は発病を確認してから4~7か月後に出現した。

水浸型は発病数が最も多くなる接種翌年の3~4月ころに最も多く出現した。なお、水浸型は前述の火膨れ型

から移行するタイプと接種翌年の3~4月に始めて発病する時に出現するタイプに区分できた。量的には後者のタイプがより多かった。両タイプとも1~2か月後には枝枯れ型へと移行した。

枝枯れ型は接種翌年の4月ころから増加し始め、同年の5月始めには急増して全体の80%以上を占めるようになった。停止型は接種当年9~12月と接種翌年3月に出現したが、いずれの場合も全体に占める割合はきわめて低かった。

以上から、果台を発病部位とする枝腐らんは、摘果後の果柄に感染した病原菌によって引き起こされることが明らかであった。



第5図 果台を発病部位とする枝腐らんの病斑型別にみた発生推移(第4図の各区で発生した全ての枝腐らんを主な調査月日ごとにとりまとめ、さらに症状の違いから火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯れ型の4つの病斑型に区分して集計した)

## 2. 自然感染における胞子飛散と発病様相

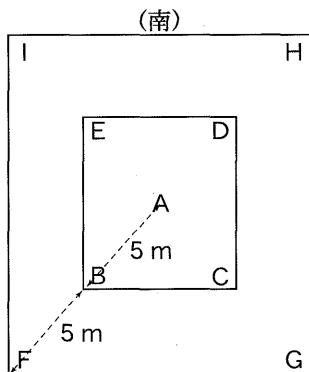
リンゴの樹冠上部に設置した胴腐らんを伝染源とするモデル実験により、胞子飛散と果台を発病部位とする枝腐らんの発病様相との関係を検討した。

### 材料および方法

1992年6月8日に約10年生の‘ふじ’が栽植されているC1号圃を対角線上に約5m間隔で9地点に区分し、中央部をA、中央部から5m離れた4地点をB~E、10m離れた4地点をF~Iとした(第6図)。供試数はA~Iの各地点とも1樹とした。A地点の供試樹には地上から約2mの樹冠上部に成熟した子座を多数形成している3個の胴腐らんを吊り下げ、下記の方法でA~Iの各地点における胞子飛散と果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査した。

胞子飛散はA地点における日飛散胞子数とA~Iの9地点における降雨時飛散胞子数に分けて調査した。すなわち、A地点では回転式胞子採集器(9)に取り付けた3枚のグリセリンゼリー塗抹スライドガラスを毎日交換し、400倍視野の光学顕微鏡下で1スライドガラス当たり10か所の胞子数を数え、これの合計値を日飛散胞子数とした。また、A~Iの9地点では径15cmのガラスロー

トを用いて雨水を採取し、この中に含まれる胞子をトマ型の血球計算盤で数えて降雨時飛散胞子数とした。本調査は5 ml以上の雨水を採取できた日にのみ実施した。



第6図 試験区の概要（Aは伝染源の設置場所、  
A～Iは胞子飛散および発病調査地点）

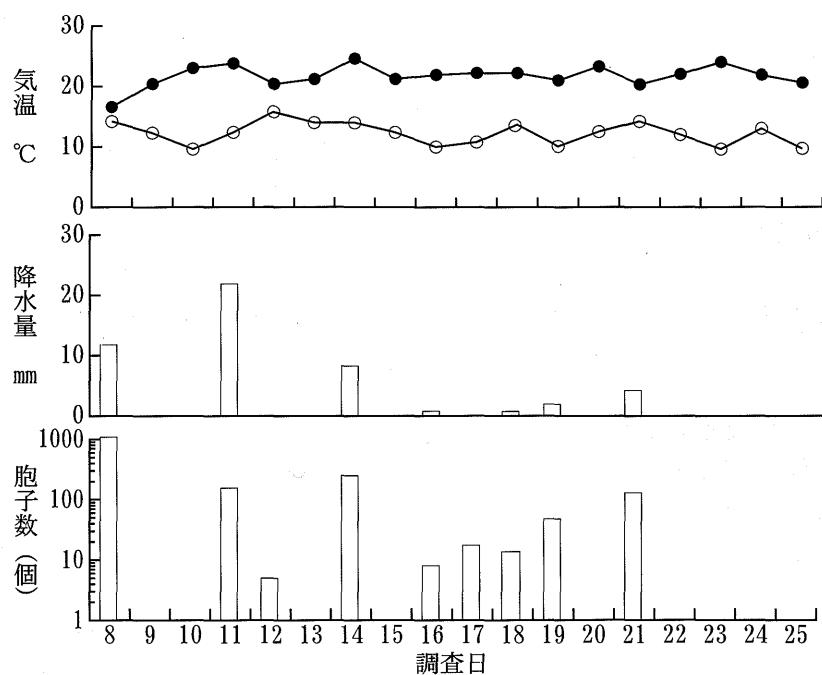
果台を発病部位とする枝腐らんの発生調査は、A～I各地点の供試樹に摘果後の果柄を設け、これを伝染源に一定期間暴露する方法で行った。すなわち、伝染源を設置した6月8日に1樹当たり100個の果そうにラベルしたのち、摘果ばさみで果そう内の中心果と側果のすべて（合計3～6個の果実）を切り落とし、これによる摘果後の果柄を伝染源に17日間暴露させた。暴露終了後の6月25日に胴腐らんを取り外し、さらにチオファネートメチル水和剤の1,500倍液を試験圃場全体に散布して以後の自然感染を防止した。試験開始当年の7月23日から翌々年の4月15日までの間に合計9回、果台を発病部位とす

る枝腐らんの発生数を調査し、A～Iの各地点ごとに累積発病率を求めた。また、本試験では前項と同様、発病を確認してから典型的な枝枯れ症状が出現するまでの過程において、火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯れ型の4つの病斑型に区分することができたので、それらの出現推移も合わせて調査した。

### 結果

伝染源を設置した1992年6月8日から25日までの17日間における最高気温、最低気温およびA地点の日飛散胞子数を第7図に示した。試験期間中は平年よりも気温のやや低い日が続き、最高気温は16.6～24.6°C、平均21.7°C、最低気温は9.6～15.8°C、平均12.2°Cで推移した。雨の日も多く、0.1mm以上の降雨日数は17日間のうちの11日間であった。A地点における胞子飛散は降雨と密接な関係にあり、中でも1mm以上の降雨があった6月8日、11日、14日、19日および21日に多数の胞子が飛散した。

6月8日、11日、14日、19日および21日にA～Iの9地点から採取した雨水に含まれる降雨時飛散胞子数を第9表に示した。降雨時飛散胞子数はいずれの調査日においても、伝染源を設置したA地点で最も多く、1日当たり $1.5 \sim 600.3 \times 10^5$ 個/ml、5日間合計で $1323.2 \times 10^5$ 個/mlの胞子が飛散した。6月19日を除いた4回の調査では伝染源から5m離れたB～Eの4地点から採取した雨水にも胞子が含まれていたが、1日当たり $0.3 \sim 1.0 \times 10^5$ 個/ml、4日間合計で $0.8 \sim 1.3 \times 10^5$ 個/mlと少ない飛散であった。一方、伝染源から10m離れたところでは、6月8日の1回、HとIの2地点でごくわずかな数の胞子が飛散したに過ぎなかった。



第7図 伝染源設置期間中の6月8日～25日における最高気温(●)、最低気温(○)、  
降水量およびA地点での日飛散胞子数の推移

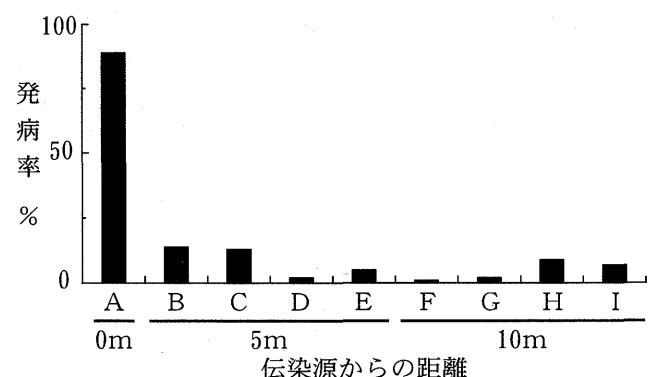
第9表 伝染源からの距離と降雨時飛散胞子数との関係

調査日	降水量 (mm)	調査地点別の飛散胞子数 ( $\times 10^5$ 個/ml)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
6月8日	12.0	600.3	0	0.3	0.8	1.0	0	0	0.5	0.3
	11日	21.9	72.3	0	0	0.3	0	0	0	0
	14日	8.0	544.8	0.5	0	0.3	0	0	0	0
	19日	1.8	1.5	0	0	0	0	0	0	0
	21日	4.2	104.3	0.3	0.5	0	0	0	0	0

注) Aは伝染源の胴腐らんを設置した地点、B～Eは伝染源から5m離れた地点、F～Hは同じく10m離れた地点。

果台を発病部位とする枝腐らんの発生はA～Iの各調査地点で認められたが、それぞれにおける累積発病率は伝染源を設置したA地点で最も高く、89%であった。これに対し、伝染源から5m離れたB～Eおよび10m離れたF～Iの各地点での累積発病率はそれぞれ5～14%，1～9%と著しく低かった(第8図)。

A～Iの各地点における発病推移を比較すると、伝染源からの距離の違いに関係なく、ほぼ同じ時期に発病し始め、やがて同じ時期に終息するパターンを示した。そこで、各地点で発生した枝腐らんの数を調査時期ごとにとりまとめて集計し、第9図に示した。これにより、果台を発病部位とする枝腐らんの発生は感染当年の10～12



第8図 伝染源を設置したA地点からの距離と発病率との関係

### 3. 摘果後の果柄から果台への病原菌侵入

摘果後の果柄は、時間の経過とともに果柄と果台間の離層形成部から自然に脱落する。このことは摘果後の果柄に感染した病原菌によって、果台を発病部位とする枝腐らんが発生するか否かが、1) 摘果後の果柄に感染した病原菌が果台の組織内部に侵入するまでの日数と、2) 摘果後の果柄が果台から脱落するまでの日数の違いによって大きく影響されることを意味している。本試験では1)要する日数を室内および圃場条件下で検討した。

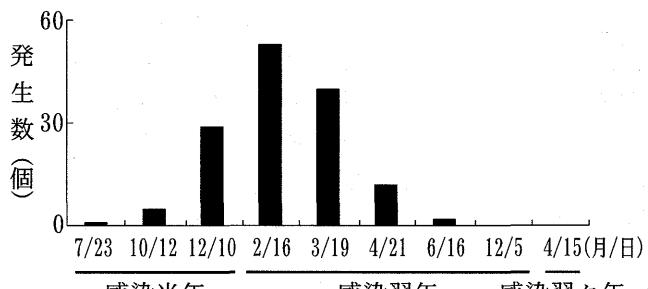
#### 材料および方法

##### (1) 室内試験

月から発生し始め、翌年の2月にはさらに増加して発病のピークとなり、同年の4～6月に終息することが明らかになった。

発病を確認してから典型的な枝枯れ症状が出現するまでの期間は、前項の接種試験と同様、短いものでは1～2か月、長いものでは4～7か月であった。また、火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯れ型の出現時期や出現推移の比較でも、前項の試験結果と良く一致していた。

以上の結果から、果台を発病部位とする枝腐らんは、胴腐らんなどの伝染源により近いところで集中発生する傾向の強いことが明らかになった。



第9図 樹幹上部の胴腐らんを伝染源とする自然条件下で、摘果後の果柄に感染した病原菌によって引き起こされる果台を発病部位とする枝腐らんの発生推移  
(第8図のA～Hの各地点で発生した全ての枝腐らんを調査日ごとに集計した)

試験1：1992年の6月28日と7月8日の2回、中心果をつけた‘ふじ’の枝を採取し、直ちに果台に約2cmの果柄を残して中心果を切り落とした。これによって果台に残された果柄の先端切口に柄胞子懸濁液を滴下接種した。風乾後、蒸留水に浸したろ紙を敷いて内部を湿室にした27.5×18×6.5cmのポリプロピレン容器の中に切枝を保持し、25°Cで培養した。培養5日後、10日後、15日後および20日後のそれぞれの時期に供試した切枝を10本ずつ取り出して一昼夜流水で洗浄し、摘果後の果柄と果台の2つに分割した。次いで、それぞれから2～3×3～5mmの組織片を2～4個ずつ切り取り、70%エタノール、有効塩素1%の次亜塩素酸ナトリウム溶液の順で表面殺

菌し、さらに殺菌水で3回洗浄したのち、100ppmのクロラムフェニコールを加用したPDA培地に置床した。これを25°Cで7~10日間培養し、発育した糸状菌の形態的な特徴から本病原菌を特定した。摘果後の果柄に感染した病原菌が果台の組織内部に侵入するまでの日数は、果柄および果台から病原菌が再分離される割合の経時的な変化で判定した。

**試験2：**1993年6月28日に中心果をつけた‘ふじ’の枝を採取し、試験1と同様に摘果後の果柄に柄胞子懸濁液を滴下接種した。接種後、ポリプロピレン容器の中に切枝を保持し、温度条件を変えて培養した。培養温度は5~30°Cまでの範囲で5°C間隔の6段階に区分した。培養5日後、10日後、15日後、20日後、30日後および40日後に各試験区から供試した切枝を10本ずつ取り出し、摘果後の果柄を取り除いたあとの果台から試験1と同様な方法で病原菌を再分離した。なお、30°Cの試験区では培養の途中で、摘果後の果柄や果台を含めた枝の樹皮に雑菌の繁殖や高温障害によると思われる褐変を生じたので、培養15日後で試験を打ち切った。

## (2) 園場試験

1991年6月17日にC1号圃の約10年生‘ふじ’の中心果を摘果処理し、直ちに柄胞子懸濁液を滴下接種した。接種5日後、10日後、20日後、30日後および60日後の5回、病原菌を接種した摘果後の果柄とそれについている果台を枝ごと採取し、前述の室内試験と同様な方法で病原菌を再分離した。供試数は各区20~30個とした。なお、分離には摘果後の果柄が脱落していない果台を選んで供試

した。

## 結 果

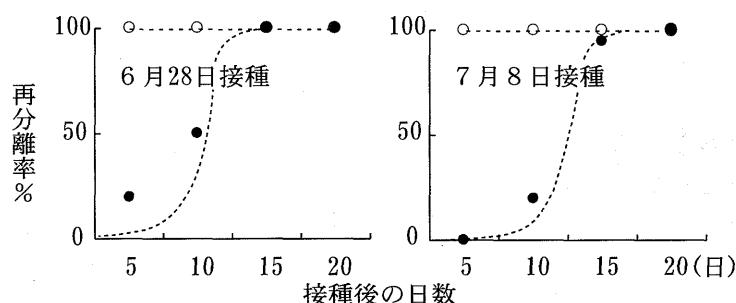
### (1) 室内試験

**試験1：**6月28日、7月8日の両試験とも、摘果後の果柄および果台から病原菌が再分離される割合の経時的な変化はほぼ同じであった(第10図)。すなわち、再分離率は摘果後の果柄では培養日数の違いにかかわらず、ほぼ100%であった。一方、果台では培養日数が多くなるにつれて再分離率が高まった。両者の再分離率がほぼ一致したのは、培養15日後と同20日後であった。

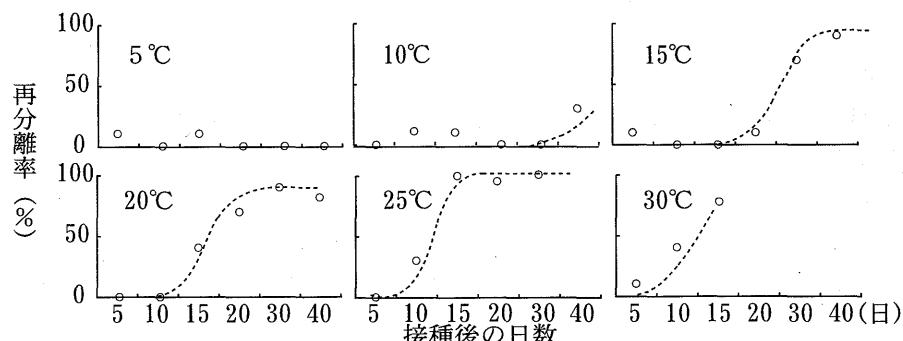
以上の結果から、25°C・温室の室内条件において、摘果後の果柄に感染した病原菌は10~15日後に果台の組織内部に侵入すると判定した。

**試験2：**摘果後の果柄に接種した病原菌が果台から再分離される割合の経時的な変化は、培養温度の違いによって著しく異なった(第11図)。すなわち、病原菌は25°Cおよび30°Cでは培養10日後から再分離され始め、15日後にはほぼ100%の再分離率となった。これに対し、20°Cではこれらよりも遅い培養15日後から高い割合で再分離され始め、30日後にはほぼ100%の再分離率となった。15°Cではさらに遅れて、培養30日後から高い割合で再分離され始め、40日後にはほぼ100%の再分離率となった。一方、10°Cおよび5°Cでは培養40日後が経過しても、ほとんど再分離されなかった。

以上の結果から、摘果後の果柄に感染した病原菌が果台の組織内部に侵入するまでの日数は温度条件によって異なり、25~30°Cでは10~15日間、20°Cでは15~30日間、



第10図 摘果後の果柄に接種した病原菌が25°C・温室の条件下で摘果後の果柄(○)と果台(●)から再分離される割合の経時的な推移



第11図 摘果後の果柄に接種した病原菌が果台から再分離される割合の経時的な変化と温度との関係

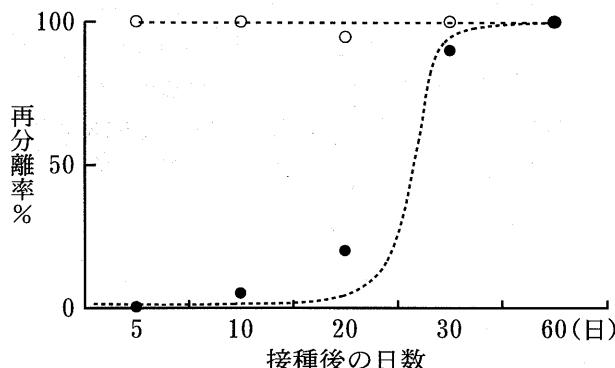
15°Cでは30~40日間、5°Cおよび10°Cでは40日間以上であると判定した。

## (2) 圃場試験

試験期間中の6月17日~8月16日は平年よりも気温が低く、雨の多い日が続いた。気温は最高気温が21.3~30.7°C、平均25.4°C、最低気温が12.3~23.8°C、平均気温が16.9°Cであった。

接種5日後の6月22日から接種60日後の8月16日までの間に5回、病原菌の再分離を行ったところ、摘果後の果柄ではいずれもほぼ100%の再分離率であった。これに対し、果台では接種20日後の7月7日から再分離率が高まり始め、接種30日後の7月17日にはほぼ100%の再分離率となった(第12図)。

以上の結果から、圃場条件下において摘果後の果柄に感染した病原菌が果台の組織内部に侵入するためには必要な日数は20~30日間であると判定した。



第12図 圃場条件下で摘果後の果柄に接種した病原菌が  
摘果後の果柄(○)と果台(●)から再分離される  
割合の経時的な変化

## 4. 摘果後の果柄脱落と感染・発病との関係

### (1) 品種および摘果時期との関係

前項3の試験では、摘果後の果柄に感染した病原菌が

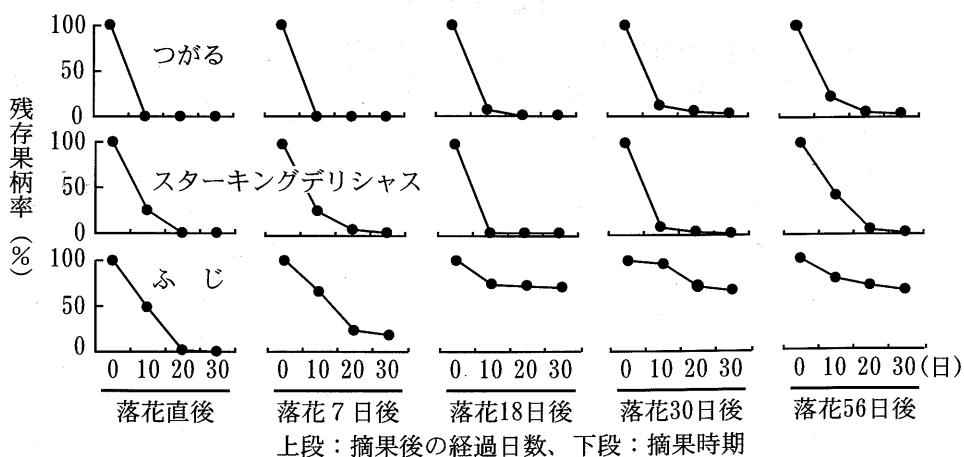
果台の組織内部に侵入するために必要な日数を明らかにした。ここでは果台を発病部位とする枝腐らんの発生にかかるもう一つの要因として、摘果後の果柄の脱落推移を品種および摘果時期を変えて比較検討した。

### 材料および方法

1991年にR3号圃植栽のM.26を台木とする約10年生‘つがる’、B12-3号圃の同じく約20年生‘スターキングデリシャス’および‘ふじ’の中心果を摘果処理し、直ちにそれぞれの摘果後の果柄に病原菌を噴霧接種した。摘果処理は‘ふじ’を基準に、落花直後(5月16日)、7日後(5月23日)、18日後(6月3日)、30日後(6月15日)および56日後(7月11日)に行った。供試数は1区3樹、1樹当たり18~20個、合計56~60個とした。接種10日後、20日後および30日後に枝を軽く揺すって振動を与えたのち、摘果後の果柄が脱落せずに残っている果台を数え、残存果柄率を算出した。この際、図版VIIIに示したように脱落寸前の状態になっているものは脱落とみなした。接種翌年の1992年3月から翌々年の12月までの間に合計5回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

### 結果

‘つがる’および‘スターキングデリシャス’ではいずれの試験区においても、摘果後の果柄のほとんどが摘果処理から10~20日後までの間に果台から自然に脱落した。しかし、‘ふじ’では摘果時期の早晚によって、脱落様相が著しく異なった。すなわち、落花直後および7日後に摘果した試験区では、前述の2品種と同様に10~20日後までに大部分のものが果台から脱落したのに対し、落花18日後、30日後および56日後に摘果した試験区では、30日後になってもほとんどのものが脱落しなかった。‘ふじ’の摘果30日後における残存果柄率は、落花直後および7日後に摘果した試験区では0~10%と低かったのに対し、落花18日後、30日後および56日後に摘果した試



第13図 品種および摘果時期の違いが摘果後の果柄の脱落に及ぼす影響

験区では60~70%と明らかに高かった(第13図)。

‘つがる’、‘スターキングデリシャス’および‘ふじ’の各試験区における発病推移を第10表に示した。果台を発病部位とする枝腐らんは、‘つがる’および‘スターキングデリシャス’の各試験区では接種2年目の5月になつても、ほとんど発生しなかつた。‘ふじ’の場合も落花直後と落花7日後の早い時期に摘果した試験区では同様な結果であった。しかし、落花18日後、30日後および56日

後に摘果した試験区では、接種翌年の3~4月に発病数が急増し、同年6月には46.7~58.3%の高い累積発病率となつた。

以上から、摘果後の果柄の脱落は品種および摘果時期の早晚によって異なり、その脱落時期の早晚が果台を発病部位とする枝腐らんの発生に大きく影響することが明らかになつた。

第10表 品種および摘果時期の違いが果台を発病部位とする枝腐らんの発生に及ぼす影響

品種名	摘果時期	調査月日と累積発病率(%)			
		接種翌年 3/19	4/9	6/4	接種翌々年 5/31
つがる	落花直後	0	0	0	0
	7日後	0	0	0	0
	18日後	0	0	0	0
	30日後	0	1.7	1.7	1.7
	56日後	0	0	0	0
スターキング デリシャス	落花直後	0	0	0	0
	7日後	0	0	0	0
	18日後	0	0	0	0
	30日後	3.3	3.3	3.3	3.3
	56日後	2.5	2.5	5.0	5.0
ふじ	落花直後	0	0	0	0
	7日後	1.7	1.7	3.3	3.3
	18日後	26.7	41.7	58.3	58.3
	30日後	31.7	43.3	46.7	46.7
	56日後	25.0	46.7	51.7	51.7

注) 摘果は‘ふじ’の落花日(5月16日)を基準に行った。接種は摘果後、直ちに行つた。

## (2) 側果と中心果との関係

リンゴの摘果は一般的にすべての側果をもぎ取り、次いで各品種ごとに定められた着果基準に従つて、残された中心果を対象に1樹当たりの着果量を調節するという手順で行われる。このような摘果作業には多大な日数を要し、同一園地の同一品種においても落花後の早い時期に摘果したものと遅い時期に摘果したもののが混在している場合が多い。そこで、摘果の対象となる果実を側果と中心果に分け、それぞれにおける摘果後の果柄の脱落推移と果台を発病部位とする枝腐らん発生との関係を比較検討した。

## 材料および方法

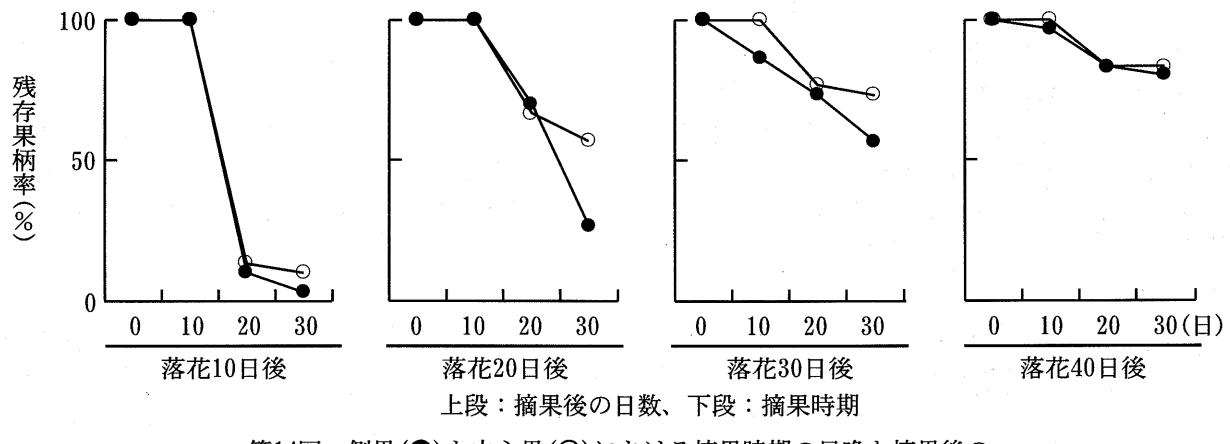
1993年にB12-3号圃植栽のM.26を台木とする約20年生‘ふじ’の果実を側果と中心果に分け、落花10日後(6月2日)、20日後(6月12日)、30日後(6月22日)および40日後(7月2日)に摘果処理し、直ちにそれぞれの摘果後の果柄に病原菌を滴下接種した。供試数は各区3樹、1樹当たり10個の合計30個とした。接種10日後、20日後および30日後に摘果後の果柄が脱落していない果台を数え、残存果柄率を算出した。また、接種当年の12月

から翌年の6月までの間に随時、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

## 結果

‘ふじ’の側果と中心果における摘果後の果柄の脱落推移を第14図に示した。側果の場合、摘果後の果柄は落花10日後に摘果した試験区では、その後の20日間でほとんどのものが脱落した。これに対し、落花20日後、30日後および40日後に摘果した各試験区では、その後の20日間ではほとんど脱落しなかつた。さらに10日間が経過すると、落花20日後に摘果した試験区では脱落するものは多くなったが、落花30日後および40日後に摘果した試験区では、脱落するものは依然として少なかつた。摘果30日後の残存果柄率は落花10日後に摘果した試験区から順に3.3%、26.7%、53.3%、76.7%であった。

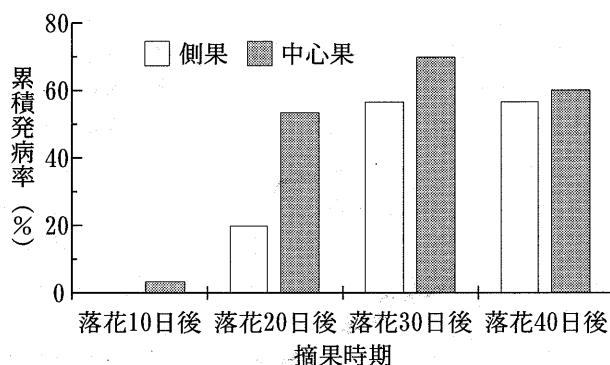
中心果の場合も、摘果後の果柄はほぼ同様な脱落推移を示した。すなわち、落花10日後に摘果した試験区では、その後20日間でほとんどのものが脱落したのに対し、落花20日後、30日後および40日後に摘果した各試験区では、さらに10日間が経過しても、ほとんどのものは脱落しなかつた。摘果30日後の残存果柄率は落花10日後に摘果した試験区から順に6.7%、53.5%、73.3%、80.0%であった。



第14図 側果(●)と中心果(○)における摘果時期の早晚と摘果後の果柄の脱落推移との関係 (品種: ふじ)

側果および中心果の各試験区における発病状況を第15図に示した。側果、中心果とも、落花10日後に摘果した試験区ではほとんど発病しなかった。これに対し、落花20日後、30日後および40日後に摘果した各試験区では、接種当年の12月ころから発病し始め、接種翌年の3～4月にはさらに発病数が増加した。接種翌年6月の累積発病率は側果の場合、落花20日後に摘果した試験区では20.0%とやや低く、落花30日後および40日後に摘果した試験区ではいずれも56.7%と高かった。一方、中心果では落花20日後、30日後および40日後に摘果した各試験区とも、53.3～70.0%と高かった。

以上から、側果、中心果とも落花後の早い時期に摘果すると、それぞれの摘果後の果柄は短期間のうちに果台から脱落するが、側果では概ね落花30日後以降、中心果では落花20日後以降に摘果すると、摘果後の果柄が脱落し難くなるため、果台を発病部位とする枝腐らんが発生しやすくなることが明らかになった。



第15図 側果および中心果における摘果時期の早晚と発病の関係  
(品種: ふじ, 接種翌年6月までの累積発病率)

## 5. 摘果後の果柄の感受性期間

摘果後の果柄の本病原菌の感染に対する感受性期間を検討した。

### 材料および方法

**試験1**：1992年6月19日にC1号圃植栽のマルバカイドウを台木とする約10年生‘ふじ’の中心果を摘果処理し、その摘果後の果柄に時期を変えて病原菌を接種した。接種時期は摘果直後、1日後、3日後、5日後および10日の5つに区分した。さらに自然感染の有無を確認するために無接種区も設けた。接種は摘果直後の区では滴下法、それ以外の区では噴霧法を行った。供試数は1区3樹、1樹当たり10個の合計30個とした。供試樹は試験開始から約2か月間、殺菌剤無散布で管理した。接種当年の1992年12月から翌年の6月までの間に隨時、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

第II章-3の圃場試験で述べたように、摘果後の果柄に感染した病原菌の果台侵入は、本試験のような圃場条件下では20～30日後である。このことは、これ以前に摘果後の果柄が果台から脱落すると、その感受性の有無とは無関係に発病なしと判定されることを意味している。そこで、各試験区の接種30日後に摘果後の果柄が脱落していない果台を数えて残存果柄率を算出し、感受性期間を判定できるか否かを検討した。

**試験2**：1994年6月23日に試験1と同一圃場の‘ふじ’の中心果を摘果処理し、その摘果後の果柄に時期を変えて病原菌を噴霧接種した。接種時期は摘果直後、1日後、3日後、5日後、10日後および20日後の6つに区分し、さらに自然感染の有無を確認するために無接種区も設けた。供試数は1区3樹、1樹当たり10個の合計30個とした。接種30日後に果柄残存率を算出するとともに、接種当年の11月から翌年の5月までの間に随时、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

## 結 果

**試験1：**各試験区における接種30日後の残存果柄率と接種翌年6月の累積発病率を第11表に示した。残存果柄率は無接種区を含めて、いずれも90%以上と高く、区間差もみられなかった。したがって、病原菌の果台侵入前に摘果後の果柄が脱落し、その感受性期間の判定に支障を生じた接種区はないとみなされた。また、無接種区では発病が認められず、自然感染の影響もないとみなされた。よって、摘果後の果柄の本病原菌に対する感受性期間は、各接種区における累積発病率で判断できた。

無接種区を除いた各接種区では接種当年の12月ころから発病し始め、接種翌年の3～4月にはさらに発病数が増加した。接種翌年6月の累積発病率は摘果直後、1日後、3日後および5日後の各接種区とも、80.0～90.0%と高かった。これに対し、摘果10日後の接種区では63.3%とやや低い累積発病率であった。

**試験2：**各試験区における接種30日後の残存果柄率と接種翌年6月の累積発病率を第11表に示した。残存果柄率は各接種区とも63.3～76.7%と高く、区間差もみられなかった。無接種区では発病が認められなかった。よって、試験1と同様、摘果後の果柄の本病原菌に対する感受性期間は、各接種区における累積発病率で判断できた。無接種区を除いた各接種区では接種当年の11月ころから発病し始め、接種翌年の3～4月にはさらに発病数が増加した。接種翌年6月の累積発病率は摘果直後、1日後、3日後および5日後の各接種区とも、46.7～23.7%と比較的高く、区間差も小さかった。これに対し、摘果10日後および摘果20日後の接種区では13.3～16.7%とやや低い累積発病率であった。

試験1と2の結果から、摘果後の果柄の本病原菌に対する感受性は、摘果5日後ころまできわめて高い状態で推移し、摘果10～20日後ころから緩やかに低下し始めることが明らかになった。

第11表 接種30日後の残存果柄率と接種翌年6月の累積発病率

接種時期	試験1		試験2	
	残存果柄率	累積発病率	残存果柄率	累積発病率
摘果直後	93.3%	90.0%	66.7%	36.7%
1日後	96.7	83.3	70.0	46.7
3日後	90.0	83.3	76.7	23.7
5日後	93.3	80.0	66.7	40.0
10日後	93.3	63.3	63.3	16.7
20日後	—	—	73.3	13.3
無接種	90.0	0	63.3	0

注) 試験1では1992年6月19日、試験2では1994年6月23日に摘果した。

## 6. 摘果後の果柄脱落と感染・発病の品種間差異

摘果後の果柄の脱落推移と果台を発病部位とする枝腐らん発生の品種間差異を検討した。

### 材料および方法

**試験1：**1991年にA 6-2号圃の‘国光’、B 6-4号圃の‘北斗’、B 12-3号圃の‘ジョナゴールド’、C 1号圃の‘ビスタベラ’、‘金星’、‘王林’、‘ふじ’、F 4号圃の‘スタークリングデリシャス’、‘陸奥’、F 7号圃の‘紅玉’およびR 3号圃の‘つがる’の中心果を摘果処理し、直ちにそれぞれの摘果後の果柄に病原菌を噴霧接種した。摘果処理は‘ふじ’を基準に、落花7日後（5月23日）と落花30日後（6月17日）に区分して行った。供試数は各品種の各区とも2～3樹、1樹当たり15～30個の合計50～60個とした。このうちの30個を対象に摘果10日後、20日後および30日後に摘果後の果柄が果台から脱落していないものを数え、残存果柄率を算出した。また、全部を対象に接種翌年の3月から6月までの間に合計3回、

果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

**試験2：**1992年にA 9-1号圃の‘夏緑’、‘北の幸’、‘世界一’、‘恵’、‘かおり’、B 6-1号圃の‘千秋’、B 6-2号圃の‘国光’、B 6-3号圃の‘メロー’、B 6-4号圃の‘ゴールデンデリシャス’、‘レッドゴールド’、‘紅玉’、‘印度’、‘北斗’、C 1号圃の‘ふじ’、‘金星’、F 2号圃の‘福錦’、‘向陽光’、‘大国光’およびF 4号圃の‘スタークリングデリシャス’の中心果を摘果処理し、直ちにそれぞれの摘果後の果柄に病原菌を噴霧接種した。摘果処理は‘ふじ’の落花日を基準に落花30日後の6月17日に行った。供試数は各品種とも3～5樹、1樹当たり10～20個の合計50個とした。このうちの30個を対象に摘果10日後、20日後および30日後に摘果後の果柄が果台から脱落していないものを数え、残存果柄率を算出した。また、全部を対象に接種当年の12月から接種翌年の6月までの間に合計5回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。なお、供試品

種のうち、「レッドゴールド」、「紅玉」、「ゴールデンデリシャス」および「印度」の4品種については、接種当年の12月に伐採されることになったので、病原菌を接種した摘果後の果柄が付いていた果台を伐採直前の12月15日に30個ずつ採取し、その果台から病原菌が再分離される割合をそれぞれの品種における累積発病率とした。病原菌の分離は第II章-3で述べた方法で行った。

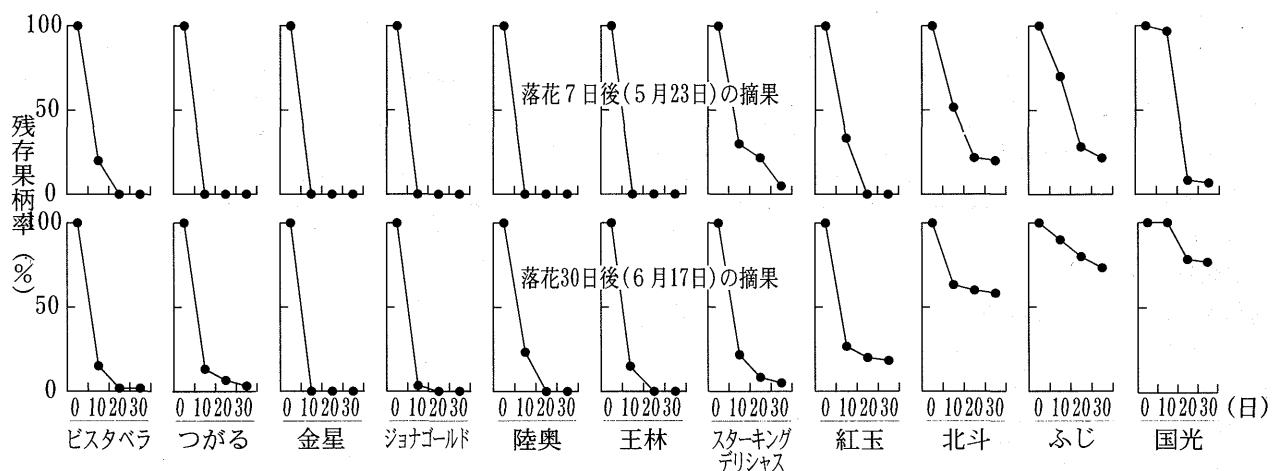
### 結 果

**試験1：**各供試品種における摘果後の果柄の脱落推移を第16図に示した。摘果後の果柄は落花7日後に摘果した試験区では、供試した11品種のすべてにおいて、10～20日間でほとんどものが果台から自然に脱落した。一方、落花30日後に摘果した試験区では、品種によって摘果後の果柄の脱落推移が著しく異なった。すなわち、「ビスタベラ」、「つがる」、「金星」、「ジョナゴールド」、「陸奥」、「王林」、「スターキングデリシャス」、「紅玉」、「北斗」、「ふじ」、「国光」の7品種では、

10～20日間でほとんどのものが脱落したのに対し、「北斗」、「ふじ」および「国光」の3品種では、30日間が経過しても、ほとんどのものが脱落しなかった。摘果30日後の残存果柄率は、「ビスタベラ」や「つがる」などの7品種では0～6.7%と低かったのに対し、「北斗」や「ふじ」などの3品種では56.7～76.7%と明らかに高かった。

各供試品種の落花7日後および30日後に摘果した試験区における発病状況を第12表に示した。落花7日後に摘果した試験区では、「スターキングデリシャス」、「北斗」、「ふじ」および「国光」の4品種でのみ発病が認められた。しかし、接種翌年6月の累積発病率は各品種とも1.8～5.0%と著しく低くかった。

落花30日後に摘果した試験区でも、「ビスタベラ」、「つがる」、「金星」、「スターキングデリシャス」、「ジョナゴールド」、「陸奥」および「王林」の7品種では、ほとんど発病が認められなかった。これに対し、「ふじ」および



上段：摘果後の日数、下段：品種名

第16図 各種品種における摘果の時期と摘果後の果柄の脱落推移との関係（摘果はふじの落花日を基準に行った）

第12表 各種品種における摘果の時期と果台を発病部位とする枝腐らん発生との関係

品種名	落花7日後の摘果			落花30日後の摘果		
	接種翌年 3/19			接種翌年 4/9		
	4/9	6/4	6/4	3/19	4/9	6/4
ビスタベラ	0%	0%	0%	0%	0%	0%
つがる	0	0	0	0	0	0
金星	0	0	0	0	0	0
ジョナゴールド	0	0	0	0	0	0
陸奥	0	0	0	0	0	0
王林	0	0	0	0	0	0
スターキングデリシャス	0	1.8	1.8	5.5	5.5	5.5
紅玉	0	0	0	12.5	17.5	17.5
北斗	5.0	5.0	5.0	15.0	27.5	27.5
ふじ	1.7	1.7	3.3	31.7	50.0	53.3
国光	0	0	0	45.0	60.0	60.0

注) 摘果はふじの落花日を基準に落花7日後の区では5月23日、落花30日後の区では6月17日に行った。

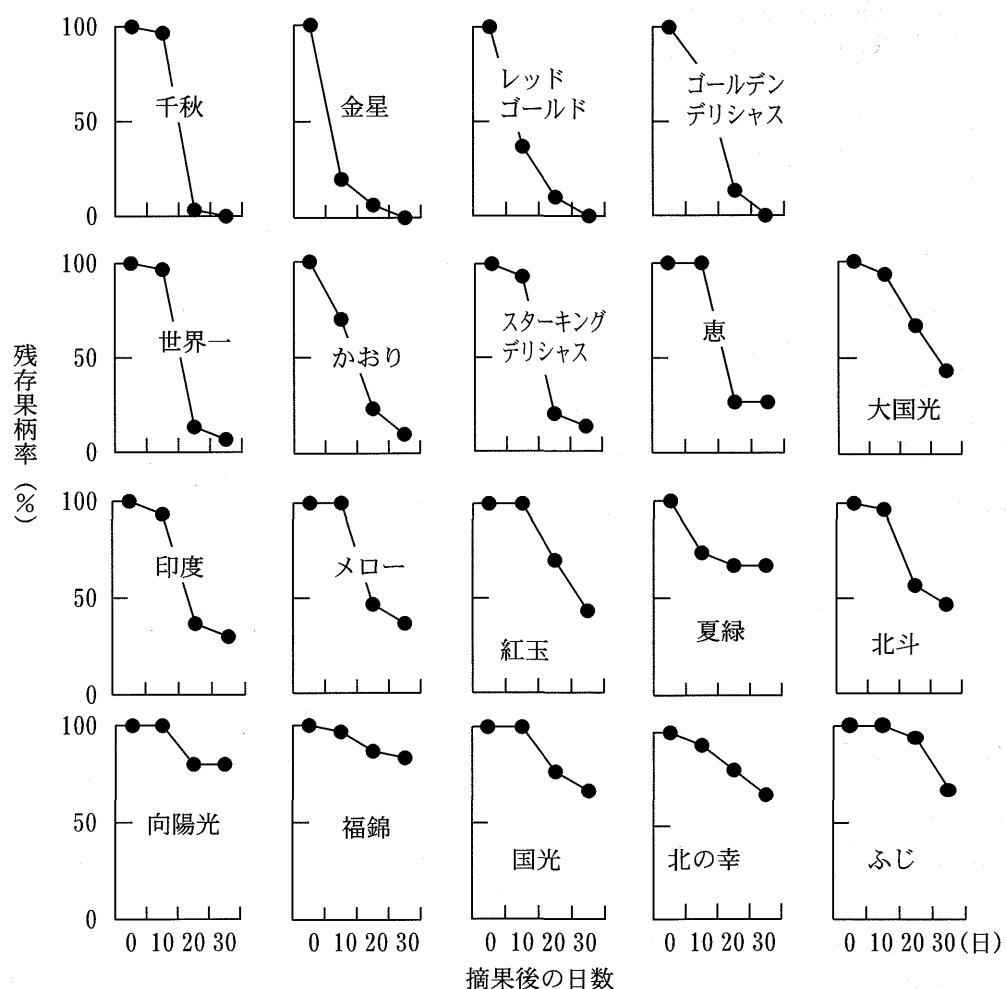
‘国光’では接種翌年の3～4月に発病数が急増し、同年6月には累積発病率が53.3～60.0%となった。‘紅玉’および‘北斗’でも同様に接種翌年の3～4月に発病数が増加し、同年6月には累積発病率が17.5～27.5%となった。

試験2：摘果後の果柄はいずれの品種においても、時間の経過とともに果台から自然に脱落した。しかし、その脱落様相は品種によって著しく異なった。すなわち、‘レッドゴールド’、‘千秋’、‘スターキングデリシャス’、‘世界一’、‘ゴールデンデリシャス’、‘かおり’、および‘金星’の7品種では、10～20日間でほとんどものが脱落したのに対し、‘夏緑’、‘北の幸’、‘ふじ’、‘福錦’、‘向陽光’および‘国光’の6品種では、30日間が経過してもほとんどものが脱落しなかった。摘果30日後の残存果柄率は、‘ビ斯塔ベラ’や‘つがる’など7品種では0～6%と低くかったのに対し、‘夏緑’や‘北の幸’、‘ふじ’など6品種では56.7～76.7%と明らかに高かった(第17図)。

供試した19品種における発病状況を第13表に示した。‘レッドゴールド’、‘千秋’、‘スターキングデリシャス’、‘世界一’、‘ゴールデンデリシャス’、‘かおり’、および‘金星’の7品種ではほとんど発病が認められなかった。

‘夏緑’、‘北の幸’、‘ふじ’、‘福錦’、‘向陽光’および‘国光’の6品種では、接種当年の12月ころから発病し始め、接種翌年の1～3月にはさらに発病数が急増した。これら6品種の接種翌年6月における累積発病率は30～72%であった。‘紅玉’、‘恵’、‘北斗’、‘メロー’、‘印度’および‘大国光’の6品種もほぼ同様な発病推移を示し、接種翌年6月における累積発病率も24～32%と比較的高かった。

試験1と2の結果を総合判断して、摘果後の果柄脱落と果台を発病部位とする枝腐らん発生の品種間差異をグループA～Cの3つに区分した(第18図)。グループAは摘果後の果柄が摘果時期の早晚に関係なく早期に脱落し、果台を発病部位とする枝腐らんの発生がきわめて少ない低い品種であり、これには‘ビ斯塔ベラ’や‘レッドゴールド’、‘つがる’、‘千秋’などが該当した。グループCは落花後の遅い時期に摘果すると、摘果後の果柄が脱落し難くなり、果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多くなる品種であり、これには‘ふじ’や‘国光’、‘北の幸’などが該当した。一方、グループBは摘果後の果柄の脱落程度と果台を発病部位とする枝腐らんの発生程度



第17図 各種品種別における摘柄の脱落推移（摘果はふじの落花30日後に相当する6月17日に行った）

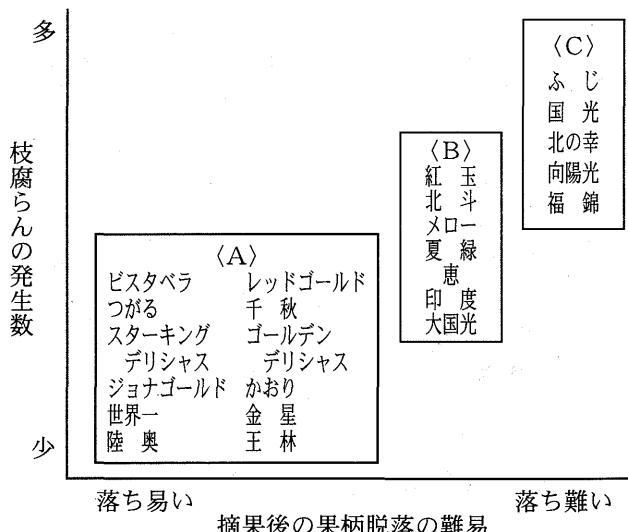
がグループAとグループCの中間に位置し、これには‘紅玉’や‘北斗’、‘メロー’などが該当した。

第13表 各種品種における果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況

品種名	調査月日と累積発病率(%)				
	接種当年 12/10	接種翌年 1/18	3/15	5/14	6/28
千秋	0	0	0	0	0
金星	0	0	0	0	0
レッドゴールド	(0) <sup>a</sup>	-	-	-	-
ゴールデンデリシャス	(0)	-	-	-	-
世界一	0	0	0	0	0
かおり	2	2	2	2	2
スターキングデリシャス	0	2	4	4	4
恵	0	0	8	10	10
大国光	2	8	12	22	24
印度	(25)	-	-	-	-
メロード	0	12	30	30	30
紅夏	(30)	-	-	-	-
北緑	8	12	30	30	30
斗	2	8	18	32	32
向陽	4	16	40	42	44
福錦	6	18	48	48	54
国光	4	34	64	64	66
北の幸	26	36	62	68	68
ふじ	16	30	68	72	72

注1) 各品種とも、ふじの落花30日後に相当する6月17日に摘果処理し、直ちに摘果後の果柄に病原菌を接種した。

注2) 供試樹の伐採直前に果台から病原菌を再分離し、その割合を累積発病率とみなして( )内に示した。



第18図 摘果後の果柄脱落の難易と果台を発病部位とする枝腐らん発生の品種間差異

## 7. 考察

### (1) 感染部位

果台を発病部位とする枝腐らんと摘果後の果柄との関連性については、感受性期間の短さや薬剤散布などを理由に否定的な報告がなされている(9, 35)。しかし、摘果後の果柄への接種および胴腐らんを伝染源とする自然感染における本試験結果から、両者が密接な関係にあることは明らかであった。

これまで、果台を発病部位とする枝腐らんは、熟果を収穫したあとの採果痕を中心に論議されてきた(9, 35, 45)。しかし、摘果後の果柄という新たな感染経路が解明されたことにより、一般圃場において前年の摘果作業に由来する果柄が付いたままの状態で、果台を発病部位とする枝腐らんがしばしば発生している理由を明確に説

明できる。

摘果3か月後の9月中旬に、樹上の果台に残存している摘果後の果柄から高い割合で本病原菌が分離されたとの報告がある（2）。しかし、それによって果台を発病部位とする枝腐らんが引き起こされることを実験的に立証したのは本研究が初めてであり、これを摘果後の果柄感染と呼称することを提案する。

## （2）発病時期

佐久間（45）は摘果期の6月中旬に‘スターキングデリシャス’の幼果を果柄ごと取り除いた痕の果台に本病原菌の柄胞子を接種すると、多くは翌年の春に発病するが、一部は翌々年の春にも発病すると報告した。また、同じ品種の熟果を10月下旬に収穫し、その採果痕に柄胞子を接種すると、大半は翌々年の春に発病するが、3年後の春に発病する例もあるとした。しかし、これら接種時期の違いと発病時における果台の枝齢との関係については言及していない。

リンゴでは開花・結実した果台の枝齢を翌年の春から1年、2年と数える。したがって、上記の報告に従えば発病した果台のうち、枝齢1年のものには前年の摘果期、枝齢2年のものには前年の摘果期と前々年の収穫期のいずれか、また枝齢3年のものには前々年の収穫期のそれにおける感染が関与していることになる。

しかし、摘果後の果柄感染を検討した本研究の一連の試験では、概ね接種当年の10～12月ころから発病し始め、接種翌年の2～4月に発病が急増するパターンを示した。しかも、典型的な枝枯れ症状が出現したのは、接種当年に発病したものも含めて、果台の枝齢が1年となる翌年の春であった。

本病は感染から発病までの潜伏期間が非常に長く、焼傷処理を伴う剪定痕でも接種11か月～1年7か月後に発病するとの報告もみられる（9）。しかし、同じ剪定痕でも試験方法や試験年次、試験地の違いにより、潜伏期間の評価は研究者によって必ずしも一定していない（50）。摘果期の感染においても、感染部位の違いによっては翌々年の春に発病する可能性もあるが、摘果作業が本研究のはさみ摘果区あるいは指摘果区と同様な方法で行われているという事実を考慮すると、きわめて希なことと思われる。したがって、摘果期の感染では典型的な枝枯れ症状の出現時期を基準に、翌年の春に発病すると結論できる。

第I章の実態調査において、果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢を1年と2年に大別できたが、それぞれの感染時期は明らかでなかった。しかし、上記の関係から、枝齢1年のものには前年の摘果期における感染が関与していることは明らかである。一方、枝齢2年のものは不明のままであるが、これには佐久間（45）の指摘した前々年の収穫期における感染が関与している可能性が高いと考えられる。

## （3）胞子飛散と発病様相

本病原菌は柄胞子と子のう胞子を生じ、それらの胞子は降雨時における水滴とともに枝幹部を流れ落ちたり、飛沫となって遠方に飛散する（9, 55）。摘果後の果柄感染に関する胞子飛散もこれらの調査結果とほぼ一致し、その飛散は降雨時にはほぼ限られていた。しかし、その飛散距離は比較的短く、伝染源付近に集中していた。

2階の屋上に伝染源として胴腐らんを設置した試験では、柄胞子は設置場所から15m離れた地点でも捕捉されている（9）。また、子のう胞子は樹皮が水分を十分に含み、かつ表面に水がある場合には水平方向に5～10mm、はじき飛ばされるようにして子のう殻から射出される（55）。平良木（14）は廃園からの距離の異なる個々の調査園地における発生率から、伝染源の影響する範囲を半径500m以上と推定している。これらの調査結果は本病原菌の胞子飛散が広範囲に及ぶことを示しているが、実際の圃場条件下で摘果後の果柄感染に関する胞子飛散を検討した本試験では、伝染源とした胴腐らんから5m離れると胞子の捕捉数が極端に少なく、10m離れるとほとんど捕捉することができなかつた。

小金澤・佐久間（25）は本病の病斑分布が負の二項分布に適合し、その集中度は胴腐らんよりも枝腐らんでより高いとした。その要因として、彼らは伝染源からの胞子飛散の距離が短いことと、胴腐らんの発生とその治療による被害樹の抵抗力低下の2つをあげている。仲谷・安藤（36）はわい化栽培では胴腐らんでも同様な現象を認めている。果台を発病部位とする枝腐らんの発生様相もこれらの報告と良く一致し、伝染源から5m以上離れると方位に関係なく、その発生数は急激に少なくなった。

松野（31）はクワ洞枯病（*Diaporthe nomurai*）における柄胞子の飛散と発病との関係を検討し、十分な量の胞子が飛散するためには風のみでは不十分で、降雨などによる水分の供給も必要とする病害では、感染有効距離は比較的短いと述べている。本病原菌の胞子飛散もこれと同様と考えられ、中でも摘果後の果柄感染に関する胞子飛散ではその傾向がより強いため、第I章の実態調査でみられた集中発生が起こるものと考えられる。

## （4）病原菌の果台侵入

雨水や雪解け水とともに飛散する本病原菌の柄胞子は、剪定痕などの切口に到達するとほぼ瞬間に樹体内部の深さ4cm以上にまで侵入する（10）。このことと、リンゴの主要品種における果柄の長さが2～3cm程度であること（15, 29, 57, 66, 67）から、当初は摘果後の果柄感染でも、病原菌は果柄だけでなく、その付いている果台の組織内部の深いところまで瞬間に侵入すると考えていた。

ところが、圃場条件下での接種試験により、摘果後の果柄に感染した病原菌は20～30日間の長い日数を要して

果台の組織内部に侵入することが明らかになった。しかも、その日数は胞子発芽並びに菌糸発育の適温下ではより短く、低温下ではより長くなつた。よつて、摘果後の果柄感染では病原菌の侵入範囲が果柄の組織内部にほぼ限られ、その後の速やかな胞子発芽と菌糸伸展によつて果台の組織内部に侵入し始めるものと考えられる。

#### (5) 摘果後の果柄脱落と感染・発病

リンゴの幼果期には胚乳や珠心に由来するオーキシンや他の生長調節物質の働きで果柄と果台間における離層の形成が妨げられているため、受精不良や早期落果以外の要因で果実が落下することはない。しかし、摘果等で果実がもぎ取られると、果台に残された果柄はこれらホルモンの供給が絶たれて次第に黄化し、やがて脱落する(41)。ところが、その脱落に要する日数は品種の違いや摘果時期の早晚によって著しく異なり、摘果後10~20日間の比較的短い期間で脱落するものと、摘果後30日間が経過してもほとんど脱落しないものに分かれた。

このことは、先に述べた病原菌の果台侵入との関係から、きわめて重要な意味を持つと考えられる。すなわち、摘果後10~20日間の比較的短い期間で摘果後の果柄が脱落する場合には、病原菌の果台侵入前の脱落となるため、結果的に摘果後の果柄感染が成立し得ないことを示している。一方、摘果後30日間が経過しても摘果後の果柄が脱落しない場合は、病原菌は容易に果台の組織内部に侵入し、やがて発病し始める。よつて、摘果後の果柄感染は、摘果後の果柄に感染した病原菌の果台侵入前に脱落するか、脱落しないかによって決定づけられると結論できる。

リンゴにおける早期摘果は、果実の品質向上や早期落果の防止、花芽の形成促進など主に栽培学的な有利性が強調されてきた(28, 29, 30)。本試験結果により、腐らん病防除という新たな観点からも早期摘果の有利性を指摘できる。なお、このような耕種的な防除効果を得るためにには、少なくとも落花15~20日後ころまでに摘果を終える必要がある。

#### (6) 感受性期間

本病では長い間、樹体に生じた古い傷口から病原菌が侵入・感染すると考えられてきた(60, 63)。しかし、

佐久間(45)は剪定痕を用いた接種試験により、新しい傷口ほど侵入・感染し易いことを明らかにした。藤田ら(9)はこれを確認し、その感受性期間は剪定時期の違いによって大きく異なるとした。水野・熊谷(35)も同様な接種試験を行い、11~3月の剪定痕では感受性期間が50~100日間以上と長く、6~7月の剪定痕では感受性期間が10日間前後ときわめて短いとした。

摘果作業に由来する傷口の感受性期間については、果実を果柄ごともぎ取った痕の果台に直接病原菌の含菌寒天を接種する方法で検討されている(35)。これによると、感受性期間は品種によって多少異なり、「ゴールデンデリシャス」では2週間、「ふじ」では1か月間とされている。藤田ら(9)もほぼ同様な方法で「国光」での感受性期間を検討し、通常の薬剤散布を行つている圃場条件下ではごく短いと報告した。摘果後の果柄を対象とした本試験の結果もこれらとほぼ一致し、その感受性期間は「ふじ」では10~20日間とみなされた。

#### (7) 品種間差異

クラブリンゴの'Stark florence'および'Newton Wonder'は、本病に対して免疫的な抵抗性を示すと報告されている(61)。一方、栽培品種については1970~1980年代に調査園地ごとに発生しているすべての枝腐らんと胴腐らんの数を品種別に集計し、その合計値の比較から品種間差異が検討された(9, 14, 63, 65)。Sakuma(46)はこれらの結果を総括し、特に抵抗性を示す栽培品種はないとした。しかし、摘果後の果柄感染に限ると、品種間差異は明らかであった。すなわち、果台を発病部位とする枝腐らんの発生は、「ふじ」や「国光」などで多く、「つがる」や「スターキングデリシャス」などで少なかった。

果台を発病部位とする枝腐らんの発生が少ない品種の多くは、早期落果が発生しやすく(26, 27)、「ゴールデンデリシャス」の後代品種である(15, 17, 69)。一方、果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多い品種の多くは、「国光」の後代品種である。よつて、摘果後の果柄が早期に果台から脱落するか否かは、遺伝的な形質に支配されている可能性が高く、今後の本病に対する抵抗性品種を育成する上で、重要な手がかりになると考えられる。

### 第III章 収穫期における感染生態

リンゴでは果柄と果台の間の離層形成部から果柄の全体を含めて、果実をもぎ取って収穫するが、果柄が途中で折れたり、果実のこうあ部から抜けたりして、その一部又は全部が果台に取り残されることがある。一般的に前者は「つる折れ」果柄、後者は「つる抜け」果柄と呼ばれている。本章ではこのような果柄も本病原菌の感染部位になると想い、果柄の全体を含めて果実をもぎ取ったあの採果痕と比較しながら、果台を発病部位とする枝腐らん発生との関係を検討した。

#### 1. 「つる折れ」果柄と感染・発病との関係

「つる折れ」果柄や「つる抜け」果柄に感染した病原菌によって、果台を発病部位とする枝腐らんが発生するか否かを検討した。

#### 材料および方法

試験1：1989年10月17日にF4号圃の約30年生‘スターキングデリシャス’および同年11月7日にR3号圃の約10年生‘ふじ’の果実を以下の異なる3つの方法で収穫し、試験区とした。

「つる折れ」果柄接種区；離層形成部から約1cmのところで果柄を切断して果実を収穫し、果台に残した果柄の先端切口に柄胞子懸濁液を噴霧接種した。

「つる抜け」果柄接種区；こうあ部から果柄を抜き取りのようにして果実をもぎ取り、果台に残した果柄の先端切口に柄胞子懸濁液を噴霧接種した。

採果痕接種区；果柄と果台間の離層形成部から果柄の全体を含めて果実をもぎ取り、そのあの採果痕に柄胞子懸濁液を噴霧接種した。

供試数は1区3樹、1樹当たり18~20個の合計58~60個とした。接種翌年の1990年3月23日から翌々年の1991年12月5日までの間に合計12回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生数を調査し、累積発病率を求めた。なお、本調査では第II章-1と同様、果台に少しでも淡褐色~褐色の病斑が認められたものを発病とみなした。また、これら発病初期の小型病斑が典型的な枝腐らんへと拡大する過程において、症状の異なる4つの病斑型（図版IV~VII：火膨れ型、水浸型、停止型、枝枯れ型）に区分することができたので、それぞれの出現推移も合わせて記録した。

試験2：1990年10月17日にF4号圃の約30年生‘スターキングデリシャス’および同年11月14日にB12-3号圃の約20年生‘ふじ’のそれぞれに、試験1と同様に「つる折れ」果柄接種区と採果痕接種区を設け、直ちに病原菌を接種した。接種は前者の区では柄胞子懸濁液を滴下する方法で、後者の区では同じく噴霧する方法で行った。

供試数は1区3樹、1樹当たり15~20個の合計50個とした。接種翌年の1991年4月15日から翌々年の1993年12月21日までの間に合計11回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生数を調査して累積発病率を求めるとともに、試験1と同様に4つの病斑型の出現推移も合わせて記録した。また、「つる折れ」果柄接種区では接種当年の1991年12月15日から接種翌々年の1993年6月25日までの間に合計11回、病原菌を接種した「つる折れ」果柄が脱落していない果台を数えて、各調査時期における残存果柄率を算出した。

#### 結果

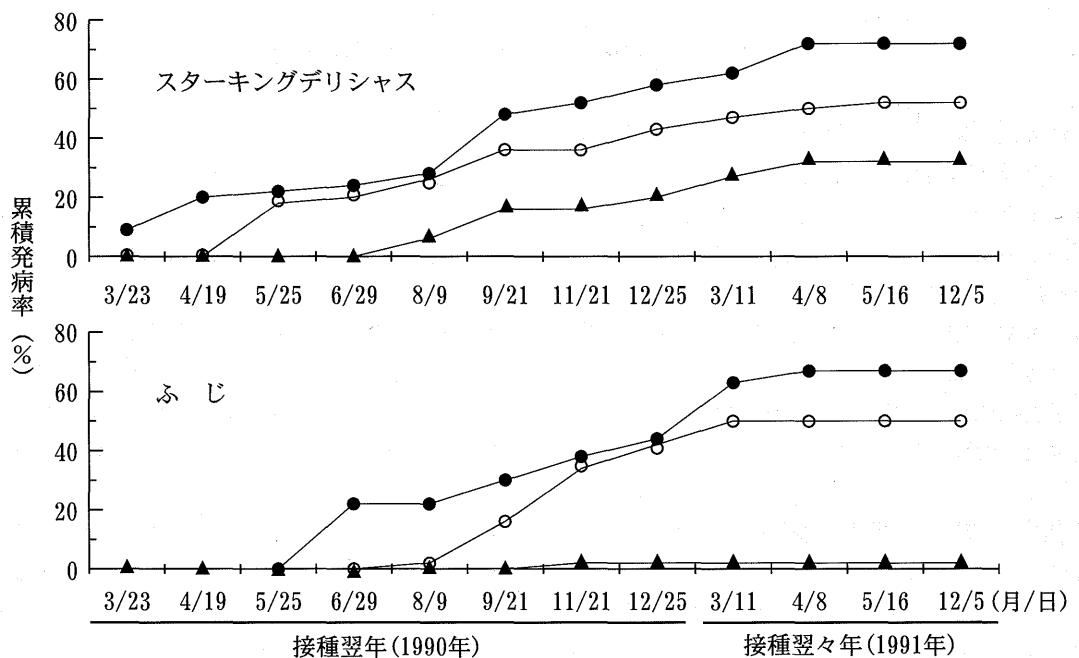
試験1：‘スターキングデリシャス’および‘ふじ’の各試験区における発病推移を第19図に示した。発病数は両品種とも「つる折れ」果柄接種区で最も多く、次いで「つる抜け」果柄接種区で多かった。これらの試験区では接種翌年の3~8月ころから発病し始め、接種翌々年の4月ころまで緩やかに発病数が増加し続けた。初発病の時期は‘ふじ’に比べて、‘スターキングデリシャス’でやや早かった。また、両品種とも‘つる抜け’果柄接種区に比べ、‘つる折れ’果柄接種区でより早い時期から発病し始めたが、以後の発病推移には大きな違いがみられなかった。

接種翌々年4月の累積発病率は、‘スターキングデリシャス’では‘つる折れ’果柄接種区が71.7%、‘つる抜け’果柄接種区が51.7%であった。また、‘ふじ’では‘つる折れ’果柄接種区が66.7%、‘つる抜け’果柄接種区が50.0%であった。

これらに比較して、採果痕接種区では両品種とも、発病時期が遅く、接種翌々年4月の累積発病率も明らかに低かった。中でも、‘ふじ’では3.3%と著しく低い累積発病率であった。

両品種のいずれの試験区においても、接種翌々年の5~6月から同年の12月までの間には、新たな発病は全く認められなかつた。また、接種3年目の3~6月にも発病の有無を調査したが、この場合も同じ結果であった。よって、収穫期における感染では採果痕の場合も含めて、翌々年の4月ころまでの間に発病が完了するとみなされた。

最初の発病を確認してから典型的な枝枯れ症状が出現するまでの期間は、‘スターキングデリシャス’、‘ふじ’とも試験区の違いにかかわらず、短いものでは1~2か月、長いものでは10~12か月であった。この間に出現する病斑型は第II章-1と同様に、火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯れ型（図版IV~VII）のいずれかに区分された。

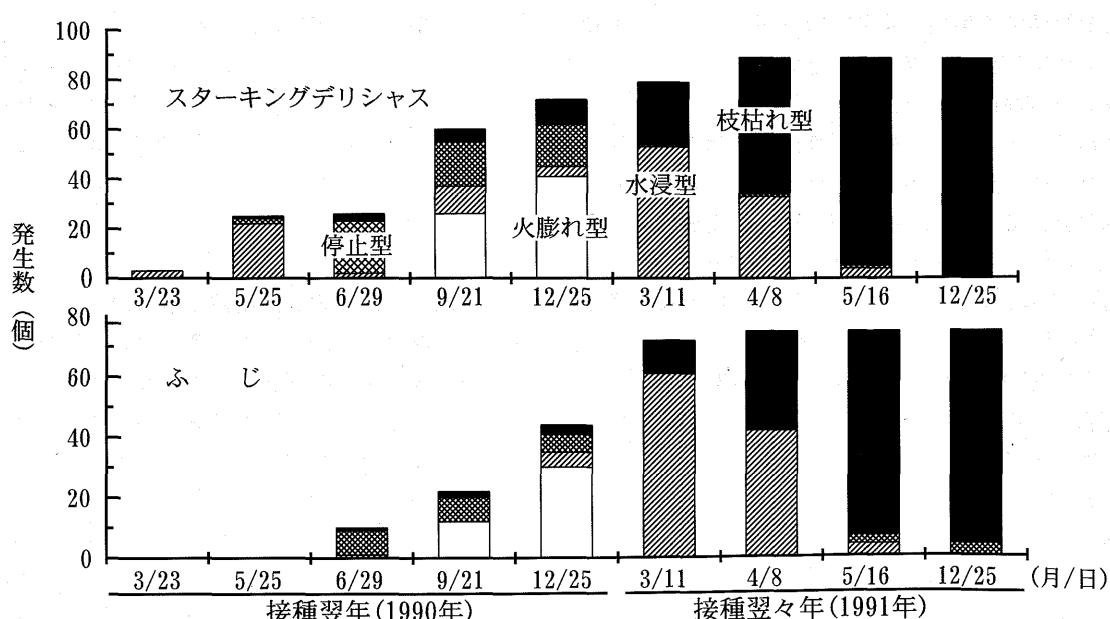


第19図 スターキングデリシャス並びにふじの「つる折れ」果柄(●)、「つる抜け」果柄(○)および採果痕(▲)に病原菌を接種した時の果台を発病部位とする枝腐らんの発生推移  
(接種はスターキングデリシャスでは1989年10月17日、ふじでは同年11月7日に行った)

各病斑型の出現推移を第20図に示した。これにより、火膨れ型は接種翌年の9～12月ころに出現する発病初期の病斑として特徴づけられた。水浸型は接種翌年の3～5月ころと接種翌々年の3～4月ころに出現する発病初期の病斑として位置づけられるタイプと、前述の火膨れ型が越冬後の3～4月に水浸型へと移行拡大するタイプに分けられた。停止型は主に接種翌年の6～12月ころ

に出現し、それらの多くは接種翌年の3～5月ころに出現した水浸型から移行拡大したものであった。枝枯れ型は主に接種翌々年の3～4月ころから出現し始め、同年5月には全体の90%以上を占めた。

病斑型の出現推移をさらに精査した結果、最初の発病を確認してからいくつかの異なる病斑型を経由して、枝枯れ型へと拡大することが明らかになった。そのパター

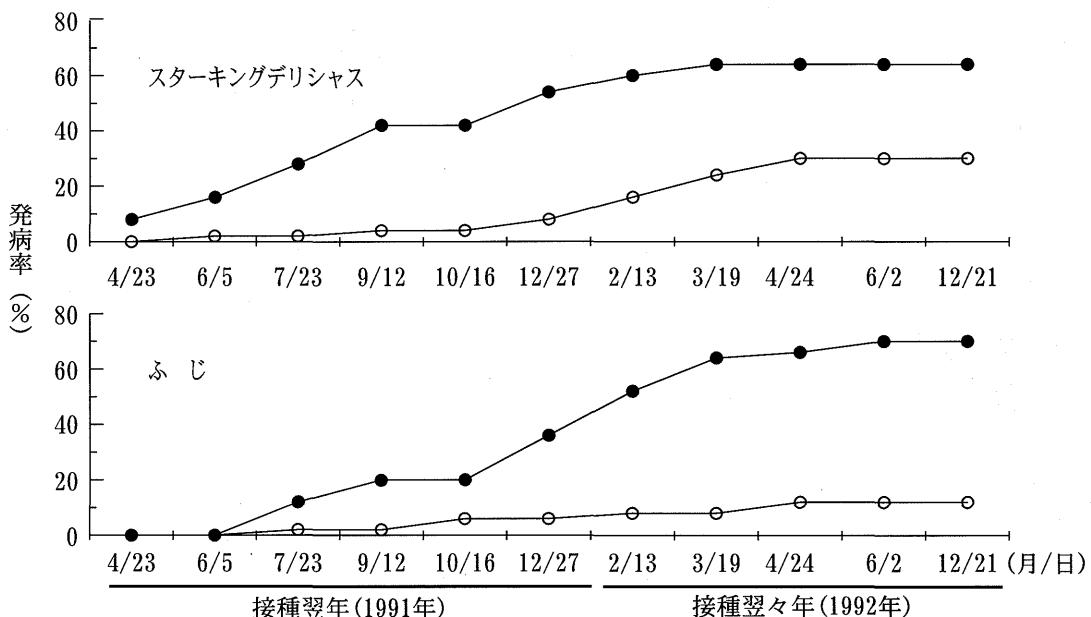


第20図 果台を発病部位とする枝腐らんの病斑型別にみた発生推移(第19図の各区で発生した全ての枝腐らんを主な調査月日ごとにとりまとめ、さらに症状の違いから火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯れ型の4つの病斑型に区分して集計した)

ンとして、A～Cの3つに類別できた。パターンAでは接種翌年の3～5月に水浸型の症状を呈して発病したのち、間もなく停止型に移行して越冬し、接種翌々年の3月ころに再び水浸型となってからほぼ連続的に枝枯れ型へと移行した。パターンBでは接種翌年の9～12月に火膨れ型の症状を呈して発病し、そのままの状態で越冬したのち、パターンAと同様に水浸型を経て枝枯れ型へと移行した。パターンCでは接種翌々年の3月ころに水浸型を呈して発病し、ほぼ連続的に枝枯れ型へと移行した。パターン別の発生数を比較すると、「スターキングデリシャス」では $B > A \geq C$ 、「ふじ」では $B \geq C > A$ の順に多かった。

試験2：「スターキングデリシャス」並びに「ふじ」の「つ

る折れ」果柄接種区および採果痕接種区における発病推移を第21図に示した。両品種とも「つる折れ」果柄接種区では、試験1と同様に接種翌年の4～7月ころから発病し始め、その発病数は接種翌々年の3～4月ころまで増加し続けた。初発病の時期は「ふじ」に比べ、「スターキングデリシャス」でやや早かった。接種翌々年6月の累積発病率は「スターキングデリシャス」が64.0%，「ふじ」が70.0%であった。採果痕接種区では両品種とも、初発病の時期がより遅く、接種翌々年6月の累積発病率も低かった。中でも、「ふじ」では12.0%と著しく低い累積発病率であった。「スターキングデリシャス」、「ふじ」の各試験区とも、接種翌々年の6月から同年の12月までの間には新たな発病が全く認められなかった。



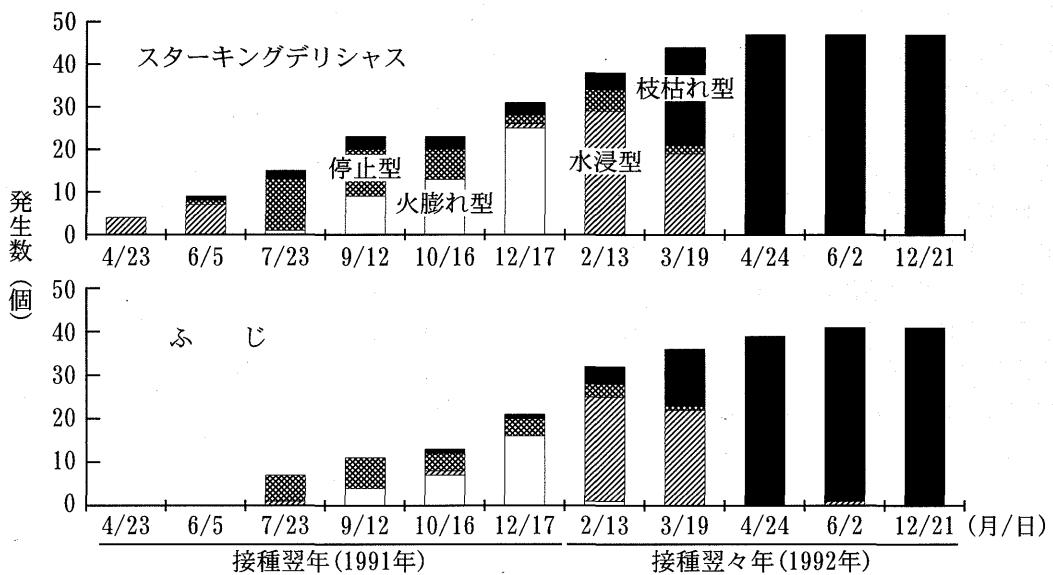
第21図 スターキングデリシャス並びにふじの「つる折れ」果柄 (●)、および採果痕 (○) に病原菌を接種した時の果台を発病部位とする枝腐らん発病推移 (接種はスターキングデリシャスでは1990年10月17日、ふじでは同年11月14日に行った)

病斑型の出現推移を第22図に示した。「スターキングデリシャス」、「ふじ」とともに試験1とほぼ同様な結果であった。すなわち、火膨れ型は接種翌年の9～12月ころ、水浸型は接種翌年の4～6月ころと接種翌々年の2～3月ころに出現し、それらの多くは試験1のパターンA～Cのいずれかによって、接種翌々年の3～4月ころに枝枯れ型へと移行した。パターン別の発生数を比較すると、「スターキングデリシャス」では $C \geq B \geq A$ 、「ふじ」では $B \geq C > A$ の順に多かった。

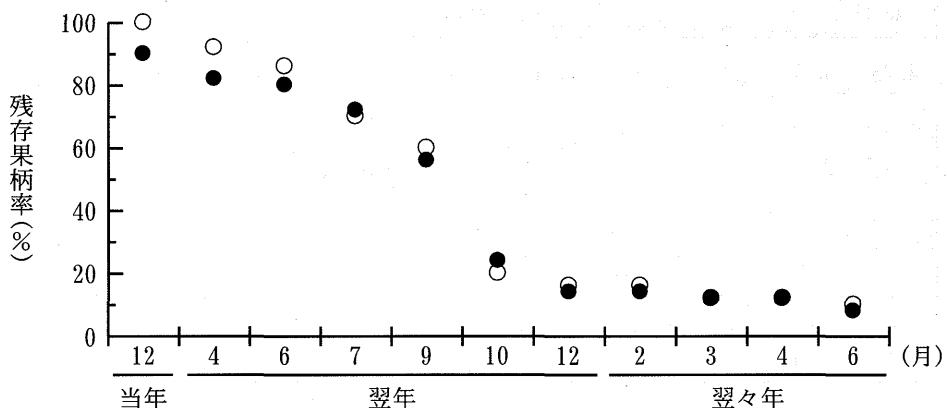
「スターキングデリシャス」および「ふじ」における「つる折れ」果柄の脱落推移を第23図に示した。両品種とも、

「つる折れ」果柄は翌年の6～7月ころまではほとんど脱落しなかった。しかし、同年9月ころから脱落するものが目立つようになり、同年10月にはさらに増加して、残存果柄率は大幅に低下した。

試験1、2の結果から、果台を発病部位とする枝腐らんは採果痕の場合と同様に、「つる折れ」果柄および「つる抜け」果柄からの感染でも引き起こされることが明らかになった。発病時期は採果痕の場合も含めて大きなばらつきがみられたが、本病の典型的な症状である枝枯れ型の出現時期は、いずれの場合も翌々年の4～5月ころであった。



第22図 果台を発病部位とする枝腐らんの病斑型別にみた発生推移（第21図の各区で発生した全ての枝腐らんを主な調査月日ごとにとりまとめ、さらに病斑型を火膨れ型、水浸型、停止型および枝枯れ型に区分して集計した）



第23図 スターキングデリシャス(○)およびふじ(●)における「つる折れ」果柄の脱落推移

## 2. 「つる折れ」果柄から果台への病原菌侵入

「つる折れ」果柄に感染した病原菌が果台の組織内部に侵入するために必要な日数を室内および圃場条件下で検討した。

### 材料および方法

#### (1) 室内試験

1991年10月16日にB12-3号圃の‘スターキングデリシャス’および同年11月4日にC1号圃の‘ふじ’に‘つる折れ’果柄を設け、直ちに柄胞子懸濁液を滴下接種した。接種1~2時間後に‘つる折れ’果柄の付いている果台を枝ごと採取し、蒸留水に浸したろ紙を敷いて内部を湿室にした27.5×18×6.5cmのポリプロピレン容器の中に並べた。これを25°Cで培養し、5日後、10日後、20日後および30日後の5回、それぞれ20個ずつ取り出して水道水で一昼夜洗い流した。次いで、「つる折れ」果柄

と果台の2つに分割し、それぞれから第II章-3と同様な方法で病原菌の再分離を行った。「つる折れ」果柄に接種した病原菌が果台の組織内部に侵入するまでの日数は、「つる折れ」果柄と果台における再分離率の推移で判定した。

#### (2) 圃場試験

1990年10月12日にB12-3号圃の‘スターキングデリシャス’および同年11月13日にC1号圃の‘ふじ’のそれぞれに‘つる折れ’果柄を設け、直ちに柄胞子懸濁液を滴下接種した。接種直後から翌年の7月23日までの間に8~9回、それぞれの品種から‘つる折れ’果柄の付いている果台を17~30個ずつ枝ごと採取し、水道水で一昼夜洗い流した。次いで、「つる折れ’果柄と果台の2つに分割し、それぞれから室内試験の場合と同様に病原菌の再分離を行った。

## 結 果

## (1) 室内試験

‘スターキングデリシャス’および‘ふじ’の‘つる折れ’果柄と果台のそれぞれから病原菌が再分離される割合の経時的な推移はほぼ同じであった(第14表)。すなわち、両品種とも、再分離率は培養日数に関係なく、「つる折れ」

果柄では40~90%と比較的高く推移したのに対し、果台では0~20%と低く推移した。以上から、25°C・温室の室内条件下では‘つる折れ’果柄に感染した病原菌が果台の組織内部に侵入するために必要な日数は30日間以上あると判定された。

第14表 スターキングデリシャスおよびふじの‘つる折れ’果柄に接種した病原菌が再分離される割合の経時的推移(室内試験)

品種名	分離部位	供試数	接種後日数と再分離率(%)				
			5	10	15	20	30日
スターキング デリシャス	‘つる折れ’果柄	20	80	70	60	60	60
	果台	20	0	0	20	0	0
ふ じ	‘つる折れ’果柄	20	90	80	60	60	40
	果台	20	20	10	10	20	0

## (2) 園場試験

‘スターキングデリシャス’の‘つる折れ’果柄に接種した病原菌が‘つる折れ’果柄および果台から再分離される割合の経時的な推移を第15表に示した。再分離率は‘つる折れ’果柄では調査時期の違いにかかわらず、86.7~100%と高く推移した。これに対し、果台では接種翌年の3~4月から徐々に再分離率が高まり始め、同年6月には52.9%となった。7月23日にはさらに高まって、‘つる折れ’果柄とほぼ同じ88.0%の高い再分離率となった。

第15表 スターキングデリシャスの‘つる折れ’果柄に接種した病原菌が再分離される割合の経時的推移(園場試験)

分離月日	供試数	分離部位と再分離率(%)	
		‘つる折れ’果柄	果台
90'10/12	30	100	0
10/22	30	93.3	6.7
11/6	30	90.0	3.3
12/5	30	86.7	16.7
91'1/21	30	90.0	0
3/7	30	100	20.0
4/22	30	93.3	20.0
6/18	17	88.2	52.9
7/23	25	100	88.0

注) 1990年10月12日に柄胞子懸濁液を滴下接種した。

‘ふじ’でもほぼ同様な分離結果であった(第16表)。すなわち、‘つる折れ’果柄では調査時期の違いにかかわらず、70.0~96.7%の高い再分離率で推移した。これに対し、果台では接種翌年の3~5月から再分離率が徐々に高まり始め、7月23日には急激に高まって、‘つる折れ’果柄とほぼ同じ77.7%の高い再分離率となった。

以上の結果から、‘つる折れ’果柄に感染した本病原菌は、翌年の3月ころから徐々に果台の組織内部に侵入し始め、7月ころにはほとんどの果台において侵入を完了することが明らかになった。

第16表 ふじの‘つる折れ’果柄に接種した病原菌が再分離される割合の経時的推移(園場試験)

分離月日	供試数	分離部位と再分離率(%)	
		‘つる折れ’果柄	果台
90'11/13	30	96.7	6.7
11/26	30	96.7	0
12/14	30	96.7	6.7
91'1/11	30	96.7	6.7
3/4	30	93.3	10.0
3/29	30	90.0	13.3
5/7	30	70.0	20.0
7/23	30	83.3	76.7

注) 1990年11月13日に柄胞子懸濁液を滴下接種した。

### 3. ‘つる折れ’果柄の脱落推移と感染・発病との関係

‘つる折れ’果柄が果台から脱落する時期と果台を発病部位とする枝腐らん発生との関係を検討した。

## 材料および方法

1995年11月10日にC1号圃の‘ふじ’に‘つる折れ’果柄を設け、直ちに柄胞子懸濁液を滴下接種した。接種当年の12月15日、接種翌年の3月12日、5月10日、7月30日および9月10日の5回に分けて、病原菌を接種した‘つる折れ’果柄を30~40個ずつ果台から人為的に取り除いた。接種翌年の5月10日から翌々年の6月27日までの間に合計7回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生

状況を調査し、累積発病率を求めた。

### 結 果

病原菌を接種した「つる折れ」果柄を果台から取り除いた時期と発病との関係を第17表に示した。接種当年の12月15日および接種翌年の3月12日に「つる折れ」果柄を取り除いた試験区では発病がほとんど認められなかつた。接種翌年の5月10日に「つる折れ」果柄を取り除いた試験区では、接種翌年12月に初発病が認められ、以後発病数がやや増加したもの、接種翌々年6月の累積発

病率は12.5%と低かった。接種翌年の7月30日および9月10日に「つる折れ」果柄を取り除いた試験区では、接種翌年の10~12月ころから発病し始め、以後急激に発病数が増加して、接種翌々年6月には56.0~62.5%の累積発病率となつた。

以上の結果から、「つる折れ」果柄に病原菌が感染したとしても、その果柄が翌年3月ころまでの間に脱落すると、果台を発病部位とする枝腐らんは発生し難いことが明らかになつた。

第17表 病原菌を接種した「つる折れ」果柄の除去時期と発病の関係

除 去 時 期	調査月日と累積発病率(%)							
	接種翌年(1996年)				接種翌々年(1997年)			
	5/10	7/30	10/22	12/15	3/21	4/22	6/27	
接種当年12月15日	0	0	0	0	0	0	0	
接種翌年3月12日	0	0	0	0	3.3	3.3	3.3	
同 5月10日	-	0	0	5.0	12.5	12.5	12.5	
同 7月30日	-	-	5.0	10.0	35.0	62.5	62.5	
同 9月10日	-	-	0	5.0	45.0	55.0	55.0	

注) 接種は1995年11月10日に行った。

#### 4. 採果痕および「つる折れ」果柄の感受性期間

採果痕および「つる折れ」果柄の本病原菌に対する感受性期間を比較検討した。

##### 材料および方法

試験1: 1989年、R3号圃の‘つがる’および‘ふじ’の果実を、それぞれの収穫適期の9月13日、11月7日にもぎ取り、その採果痕に時期を変えて柄胞子懸濁液を噴霧接種した。接種時期は両品種とも、収穫直後、10日後、20日後、30日後、50日後、100日後および150日後の7つに区分した。供試数は1区3樹、1樹当たり18~20個の合計57~60個とした。接種翌年の1990年3月28日から接種翌々年の1991年12月6日までの間に随時、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

試験2: 1992年10月16日にF4号圃の‘スターキングデリシャス’、同年11月5日にC1号圃の‘ふじ’のそれに採果痕接種区と‘つる折れ’果柄接種区を設け、試験1と同様に時期を変えて柄胞子懸濁液を接種した。接種は採果痕接種区では噴霧法、「つる折れ」果柄接種区では滴下法でそれぞれ行った。供試数は1区2~3樹、1樹当たり10~20個の合計30個とした。接種翌年の1993年3月21日から翌々年の1994年6月4日までの間に合計8回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。

### 結 果

試験1: ‘つがる’および‘ふじ’の採果痕に時期を変えて病原菌を接種した場合の発病推移を第18表に示した。‘つがる’では収穫直後から収穫150日後までの7つの接種区のいずれにおいても全く発病が認められなかつた。‘ふじ’では収穫直後接種の試験区において、翌々年の3月25日に始めての発病が認められた。以後、本試験区では発病数がやや増加したもの、翌々年12月の累積発病率は11.7%と低かった。一方、収穫10~150日後接種の6つの試験区ではほとんど発病しなかつた。

以上の結果から、採果痕の本病原菌に対する感受性は、‘つがる’の場合には収穫直後から低い状態にあり、‘ふじ’の場合には収穫直後においてやや高いものの、収穫10日後までの間に急激に低下することが明らかになつた。

試験2: ‘スターキングデリシャス’並びに‘ふじ’の採果痕および‘つる折れ’果柄の各試験区における接種翌々年6月の累積発病率を第19表に示した。採果痕の場合、接種翌々年6月の累積発病率は‘スターキングデリシャス’では、収穫直後から収穫20日後接種の試験区において16.7~33.3%と比較的高かつた。これに対し、収穫30~150日後接種の試験区では0~6.7%と低かつた。一方、‘つる折れ’果柄の場合は収穫直後~30日後接種の試験区で43.3~26.7%と高い累積発病率を示した。これに対し、収穫50~150日後接種の試験区では6.7~13.3%の比較的低い累積発病率であった。

‘ふじ’の場合、採果痕では収穫直後~150日後接種のすべての試験区で0~6.7%の低い累積発病率であった。

第18表 つがるおよびふじの採果痕に時期を変えて病原菌を接種した時の発病推移

品種	接種時期 (収穫後日数)	調査月日と累積発病率(%)				
		接種翌年		接種翌々年		
		3/28	10/11	3/25	5/13	12/6
つがる	収穫直後	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0
	150	0	0	0	0	0
ふじ	収穫直後	0	0	6.7	11.7	11.7
	10	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0
	150	0	0	0	1.6	1.6

注) つがるは1989年9月13日、ふじは同年11月7日に果実を収穫した。

一方、「つる折れ」果柄では収穫直後～10日後接種の試験区で13.3～40.0%と比較的高く、収穫30～150日後接種の試験区では0～6.7%と低い累積発病率であった。

以上の結果から、採果痕の本病原菌に対する感受性は品種によって異なり、「スターキングデリシャス」では収穫20日後ころまで比較的高い状態にあり、「ふじ」では収穫直後から比較的低い状態にあることが明らかになった。一方、「つる折れ」果柄の場合は、「スターキングデリシャス」では収穫30日後ころまで、「ふじ」では収穫20日後ころまで比較的感受性の高い状態にあるとみなされた。

第19表 スターキングデリシャス並びにふじの採果痕および「つる折れ」果柄に時期を変えて病原菌を接種した時の発病状況

品種	接種時期 (収穫後日数)	累積発病率(%)	
		採果痕	「つる折れ」果柄
スターキング デリシャス	収穫直後	30.0	43.3
	10	33.3	20.0
	20	16.7	30.0
	30	3.3	26.7
	50	0	13.3
	100	6.7	6.7
	150	0	6.7
ふじ	収穫直後	6.7	40.0
	10	3.3	26.7
	20	0	13.3
	30	0	6.7
	50	3.3	0
	100	0	6.7
	150	0	3.3

注1) スターキングデリシャスでは1992年10月16日  
ふじでは同年11月5日に果実を収穫した。

注2) 累積発病率は接種翌々年の1994年6月までに  
発病したものを見積りして求めた。

## 5. 採果痕および「つる折れ」果柄における感染・発病の品種間差異

採果痕と「つる折れ」果柄に病原菌が感染した場合のそれぞれにおける品種間差異の有無を検討した。

### 材料および方法

1992年8～11月にりんご試験場内の各圃場に植栽されている各種品種の収穫適期に、採果痕区と「つる折れ」果柄区を設けて果実を収穫し、直ちに柄胞子懸濁液を接種した。供試品種は「北の幸」、「つがる」、「千秋」、「スターキングデリシャス」、「ジョナゴールド」、「北斗」、「陸奥」、「金星」、「メロー」、「王林」、「ふじ」および「国光」とした。接種は採果痕区では噴霧法、「つる折れ」果柄区では滴下法で行った。供試数は各区1～3樹、1樹当たり10～30個の合計30個とした。供試品種のうち、「北の幸」および「つがる」の2品種では接種当年の10月23日から接種翌々年の6月1日までの間に合計9回、これ以外の10品種では接種当年の12月23日から接種翌々年の6月1日までの間に合計8回、果台を発病部位とする枝腐らんの発生状況を調査して累積発病率を求めた。また、「つる折れ」果柄区では各供試品種の接種1か月後と接種翌年の3月15日、5月17日、6月14日および7月27日に病原菌を接種した「つる折れ」果柄が脱落せずに残存している果台を数え、残存果柄率を算出した。

### 結果

各供試品種の採果痕区における発病推移を第20表に示した。初発病の時期は「ジョナゴールド」が接種翌年の12月、「北の幸」、「千秋」、「スターキングデリシャス」および「国光」が接種翌々年の3月であった。これら5品種のうち、「北の幸」、「スターキングデリシャス」および「ジョ

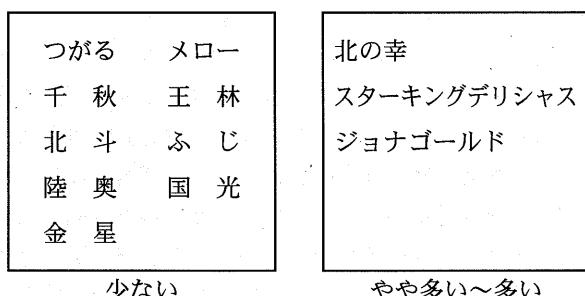
第20表 採果痕に対する病原菌接種による発病推移の品種間差異

品種名	接種月日	累積の発病率(%)								
		接種当年			接種翌年			接種翌々年		
		10/23	12/23	3/15	5/17	7/27	12/9	3/16	4/22	6/1
北の幸	8/31	0	0	0	0	0	0	6.7	20.0	20.0
つがる	9/10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千秋	10/12	-	0	0	0	0	0	3.3	6.7	6.7
スターキングデリシャス	10/16	-	0	0	0	0	0	10.0	33.3	33.3
ジョナゴールド	10/20	-	0	0	0	0	13.3	33.3	36.7	36.7
北斗	10/26	-	0	0	0	0	0	0	0	0
陸奥	10/27	-	0	0	0	0	0	0	0	0
金星	11/2	-	0	0	0	0	0	0	0	0
メロー	11/2	-	0	0	0	0	0	0	0	0
王林	11/2	-	0	0	0	0	0	0	0	0
ふじ	11/5	-	0	0	0	0	0	0	0	0
国光	11/13	-	0	0	0	0	0	6.7	6.7	6.7

注) 接種は各供試品種の収穫適期に行った。

‘ナゴールド’では、以後次第に発病数が増加し、接種翌々年の6月には20.0~36.7%の比較的高い累積発病率となつた。これに対し、‘千秋’および‘国光’では発病数の増加がほとんど認められず、6.7%の低い累積発病率に止まつた。これら以外の7品種では接種翌々年の6月になっても、全く発病しなかつた。

以上の結果から、採果痕に病原菌が感染した場合の品種間差異として、‘北の幸’、‘スターキングデリシャス’および‘ジョナゴールド’の3品種を果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多いグループ、‘つがる’、‘千秋’、‘北斗’、‘陸奥’、‘金星’、‘メロー’、‘王林’、‘ふじ’および‘国光’の9品種を果台を発病部位とする枝腐らんの発生が少ないグループに区分した(第24図)。



第24図 採果痕に病原菌が感染した場合の果台を発病部位とする枝腐らん発生の品種間差異

「つる折れ」果柄の脱落推移は品種によって大きく異なり、1)当年中にそのほとんどが脱落する‘つがる’、2)当年中はほとんど脱落しないが、翌年の5~6月ころにそのほとんどが脱落する‘金星’、‘王林’および‘陸奥’、3)翌年の7月ころになってもほとんどのものが脱落しない‘北の幸’、‘千秋’、‘スターキングデリシャス’、‘ジョナゴールド’、‘北斗’、‘メロー’、‘ふじ’および‘国光’に区分することができた。3)に該当する8品種の翌年7月

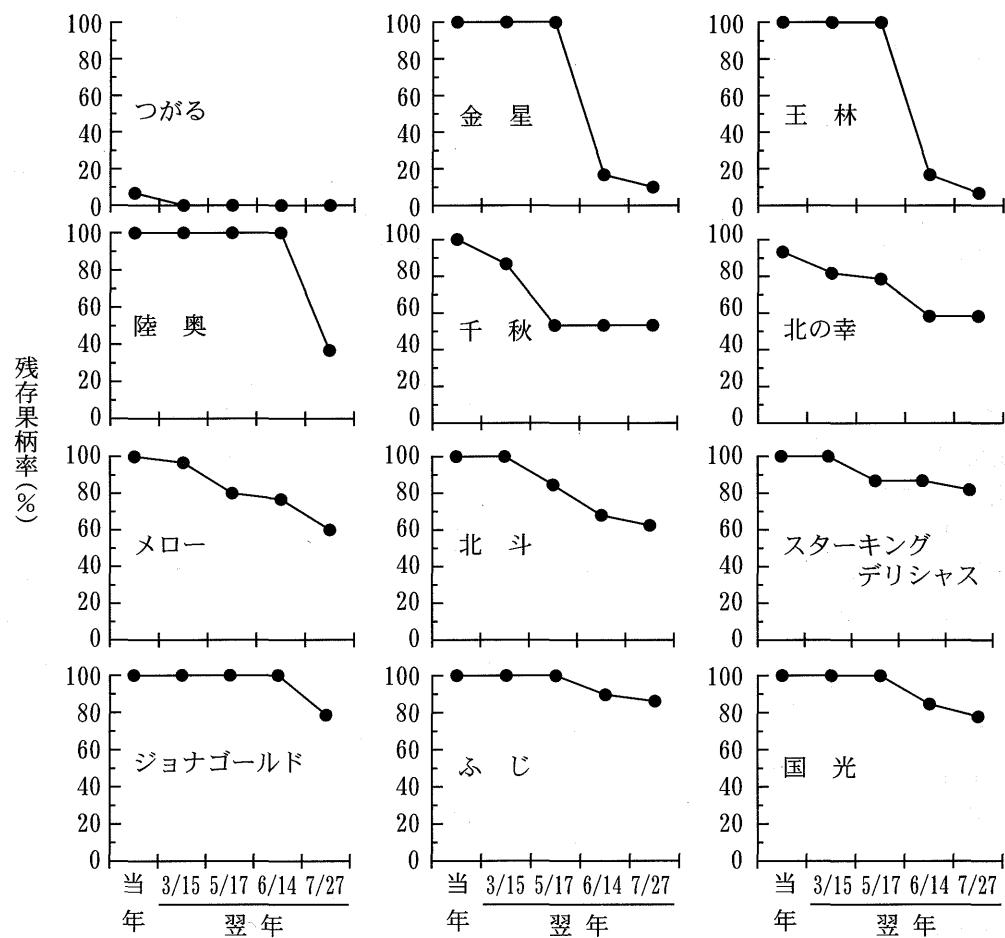
における残存果柄率は58.3~86.2%であった(第25図)。

「つる折れ」果柄区では‘つがる’、‘金星’および‘王林’を除いた9品種で発病が認められた(第21表)。初発病の時期は‘北の幸’が最も早く、接種当年の10月であった。次いで‘千秋’の接種翌年の3月であった。これら2品種では接種翌年の5月にかけて次第に発病数が増加した。‘スターキングデリシャス’、‘ふじ’、‘ジョナゴールド’および‘北斗’では接種翌年の7~12月に初発病が認められ、接種翌々年の3~4月に発病数が急増した。‘メロー’や‘国光’では接種翌々年の3月に初発病が認められた。

接種翌々年6月の累積発病率は、上記の3)に該当する‘北の幸’、‘千秋’、‘スターキングデリシャス’、‘ジョナゴールド’、‘北斗’、‘メロー’、‘ふじ’および‘国光’の8品種では16.7~70.0%と全般的に高かったのに対し、上記の1), 2)に該当する‘つがる’、‘金星’、‘王林’および‘陸奥’の4品種では0~6.7%と低かった。

‘北の幸’および‘千秋’では接種翌年の春、それ以外の品種では接種翌々年の春に、それぞれ典型的な枝枯れ型の病斑が出現した。

以上の結果から、「つる折れ」果柄に病原菌が感染した場合の品種間差異として、‘つがる’、‘陸奥’、‘金星’および‘王林’の4品種を果台を発病部位とする枝腐らんの発生が少ないグループ、‘北の幸’、‘千秋’、‘メロー’、‘スターキングデリシャス’、‘北斗’、‘ジョナゴールド’、‘ふじ’および‘国光’の8品種を果台を発病部位とする枝腐らんの発生がやや多い～多いグループとして区分した(第26図)。



第25図 「つる折れ」 果柄が果台から脱落する時期的な推移の品種間差異  
(当年調査は各品種とも収穫30日後に行った)

第21表 「つる折れ」 果柄に対する病原菌接種による発病推移の品種間差異

品種名	接種月日	累積の発病率(%)									
		新種当年					接種翌々年				
		10/23	12/23	3/15	5/17	7/27	12/9	3/16	4/22	6/1	
北の幸	8/31	10.0	20.0	23.3	36.7	40.0	40.0	43.3	43.3	43.3	
つがる	9/10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千秋	10/12	-	0	30.0	56.7	60.0	60.0	60.0	63.7	63.7	
スターキングデリシャス	10/16	-	0	0	0	13.3	16.7	36.7	53.3	53.3	
ジョナゴールド	10/20	-	0	0	0	0	20.0	66.7	70.0	70.0	
北斗	10/26	-	0	0	0	0	3.3	20.0	20.0	20.0	
陸奥	10/27	-	0	0	0	0	0	6.7	6.7	6.7	
金星	11/2	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
メロー	11/2	-	0	0	0	0	0	10.0	16.7	16.7	
王林	11/2	-	0	0	0	0	0	0	0	0	
ふじ	11/5	-	0	0	0	6.7	13.3	23.3	43.3	43.3	
国光	11/13	-	0	0	0	0	0	20.0	36.7	36.7	

注) 接種は各供試品種の収穫適期に行った。

つがる	北の幸	千秋
陸奥	メロー	スターキングデリシャス
金星	北斗	ジョナゴールド
王林	ふじ	国光
少ない	やや多い～多い	

第26図 「つる折れ」果柄に病原菌が感染した場合の果台を発病部位とする枝腐らん発生の品種間差異

## 6. 考察

### (1) 感染部位

リンゴの収穫作業中に「つる折れ」果柄や「つる抜け」果柄が生じる割合は、作業従事者の経験年数や品種によって異なるが、「ふじ」では前者が10~40個に1個、後者が200~1,200個に1個の割合である（筆者、未発表）。また、34.5万トンの果実が落下した1993年の台風19号では、全落下果実の5~43%に「つる折れ」果柄や「つる抜け」果柄が生じたとの調査事例がある（鎌田長一ら、未発表）。本章ではこのような果柄に感染した病原菌によって、果台を発病部位とする枝腐らんが高い割合で発生し得ることを明らかにした。

収穫期の感染では、これまで果実を収穫したあとの採果痕（以下、採果痕感染）が重要視されてきた。しかし、本試験では採果痕接種区に比べて、「つる折れ」果柄接種区および「つる抜け」果柄接種区でより発病率が高く、中でも「ふじ」ではその差が顕著であった。水野・熊谷（35）も自然感染の試験でほぼ同様な結果を報告しており、「つる折れ」果柄や「つる抜け」果柄が病原菌の感染部位として、より重要な地位を占めていることは明らかであった。

「つる折れ」果柄と「つる抜け」果柄を比較すると、残存果柄の長さや先端切口の形状などにいくつかの相違点がみられるが、果台を発病部位とする枝腐らんの発生推移や累積発病率には大きな差が認められなかった。そこで、本研究ではこれらを総称して「つる折れ」果柄感染と呼称することを提案する。

### (2) 発病時期

佐久間（45）は「スターキングデリシャス」の採果痕に柄胞子を接種すると、多くは2年後の春に発病すると報告した。また、水野・熊谷（35）は果柄の一部を果台に残して「ふじ」の果実を収穫して自然感染させると、2年後の春に高い割合で発病すると報告した。しかし、本試験ではこれらと異なり、早いものは接種翌年の3~8月に発病し始め、9~12月から接種翌々年の3~4月にかけて発病数が増加した。このような違いが生じた原因の一つとして、発病の有無を判定する調査基準の違いが考えられる。すなわち、佐久間（45）は樹皮腐敗が約5mm以上に及んでいるもの、また水野・熊谷（35）は肉眼的

に判断し得る明らかな病斑の出現を発病の判定基準としている。これらを本試験で区分された4つに病斑型に当てはめると、水浸型のより拡大したものあるいは枝枯れ型に近いものに該当する。これに対し、本試験では火膨れ型や水浸型の小型病斑を発病の判定基準に採用したため、より早い時期に発病を確認し得たものと考えられる。

実際の圃場では1個1個の果台を細かく観察して、火膨れ型や水浸型のような小型病斑を発見することは容易でない。特に初冬から早春にかけては雪面から乱反射する太陽光や枝幹に積もった雪に妨げられ、さらに4~11月には繁茂する枝葉で視界が遮られることも多い。事実、第I章の実態調査では調査樹に登るなどして、病斑の見落としがないように配慮したにもかかわらず、火膨れ型や水浸型の小型病斑を発見することは容易でなかった。このことは発病時期を決定する調査基準として、火膨れ型や水浸型のような小型病斑の採用が必ずしも適切でないことを意味している。

藤田ら（9）は剪定痕に対する接種試験で、病斑をB型（発病開始）～E型（病斑が枝の分岐点を越え枝を一周する）の4段階に区分し、最終的にはE型の出現時期を基準に感染時期と発病時期との関係を考察している。本病の発生生態を解明する上で、発病時期を詳細に検討することは重要であるが、その成果を現場に合わせた実用技術として見直すことも大切である。そこで、上記のような圃場条件下でも容易に発見できる枝枯れ型を基準に発病時期を再検討したところ、採果痕と「つる折れ」果柄の両感染において、翌々年の春に枝枯れ型の病斑が集中的に出現することが明らかになった。同様な調査結果は感受性期間や品種間差異などを検討した一連の接種試験でも得られた。よって、収穫期における感染では果台の枝齢が2年となる翌々年の春に発病すると結論できる。なお、本結論は後の品種間差異で述べるように、「北の幸」と「千秋」の2品種には当てはまらなかった。

第I章の実態調査において、果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢は1年と2年に大別された。これらのうち、「ふじ」や「国光」などで多かった枝齢1年のものは、第II章で前年の摘果期の感染に由来することを明らかにした。今回、採果痕および「つる折れ」果柄に病原菌が感染した場合、翌々年の春に発病するという新たな知見が得られたことから、スターキングデリシャスや「ジョナゴールド」などで多かった枝齢2年のものは、前々年の収穫期の感染に起因すると結論できる。このことから、果台を発病部位とする枝腐らんの主要な感染時期は品種によって異なり、「ふじ」や「国光」などでは摘果期、「スターキングデリシャス」や「ジョナゴールド」などでは収穫期がより重要な地位を占めていると考えられる。

### (3) 病原菌の果台侵入

本病原菌の柄胞子は蒸留水や雨水の中ではほとんど発

芽せず、それにグルコースやソルビトールなどの糖類（55）、枝梢中の樹液（9）、剪定痕からの溢出液（45）などを添加すると発芽が促進される。リンゴの果柄にはソルビトールを主体に5%前後の糖類が含まれている（4）。したがって、「つる折れ」果柄は摘果後の果柄と同様、佐久間（45）の定義した感染の場の条件、「連続して病原菌の発芽および菌糸塊形成に必要な物質の供給のある場」に良く適合する。しかし、「つる折れ」果柄に接種した病原菌の果台侵入は8～9か月後の翌年の6～7月ころであり、接種から20～30日後に侵入すると判定された摘果後の果柄とは明らかに異なった。しかも、温度条件を変えて、病原菌の果台侵入には大きな変化がみられなかった。

田村（55）は生育期と休眠期に採取したリンゴ1年枝の切枝を用いた接種試験により、病斑拡大に対する抵抗性は休眠期に比べ生育期に著しく高くなるとした。一方、佐久間（45）および雪田・岩谷（77）は病原菌の侵入・感染にかかる場面では、これと逆に生育期に比べ休眠期に抵抗性が著しく高くなるとした。先に述べたように、摘果後の果柄と「つる折れ」果柄では、病原菌の果台侵入に大きな違いがみられたが、侵入時期としては6～7月ころという点で一致している。この時期は上記の侵入・感染の場面に当てはめると、抵抗性の最も低い時期に相当し、これが病原菌の果台侵入に大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる。

#### （4）「つる折れ」果柄の脱落推移と発病との関係

柄胞子を接種した‘ふじ’の‘つる折れ’果柄を接種当年の12月から翌年の3月までの間に人為的に取り除くと、果台を発病部位とする枝腐らんはほとんど発生しなかった。このことは先に述べた病原菌の果台侵入との関係で説明できる。すなわち、「つる折れ」果柄に接種した病原菌は翌年の6～7月に果台の組織内部に侵入するため、これ以前に‘つる折れ’果柄を取り除くと、病原菌は果台の組織内部に侵入し得ないのである。よって、‘つる折れ’果柄感染は摘果後の果柄感染と同様に、その果柄が果台から脱落するタイミングと密接に関係し、病原菌の果台侵入前に脱落するか、脱落しないかによって決定づけられると結論できる。

#### （5）採果痕および‘つる折れ’果柄の感受性期間

水野・熊谷（35）は含菌寒天を用いた室内での接種試験により、‘スターキングデリシャス’や‘ふじ’など中・晩生種の採果痕は、10～11月の収穫直後から翌年の3～4月までの長期間にわたって感受性の高い状態にあるとした。さらに、同氏らは果台における耐凍性がほかの部位に比べて低いとの報告（3）をもとに、果台を発病部位とする枝腐らんの感染時期としての収穫期の重要性を強調した。しかし、柄胞子を接種源に圃場で検討した本試験では、感受性期間は‘スターキングデリシャス’で

約20日間、「ふじ」で0～10日間と短く、さらに‘つがる’では収穫直後から感染し難い状態にあると判定された。

「つる折れ」果柄の感受性期間についても、含菌寒天を用いた室内での接種試験で検討されている（35）。これによると、「つる折れ」果柄は採果痕に比べて感受性期間がより長く、‘ゴールデンデリシャス’では約65日間、「ふじ」では111日間以上に及んでいる。本試験でも、「つる折れ」果柄の場合、採果痕に比べてより長いと判定されたものの、その期間は‘スターキングデリシャス’で約30日間、「ふじ」で約20日間とさほど長くなかった。

第Ⅱ章-6で述べたように、摘果後の果柄の感受性期間は‘ふじ’の場合、10～20日間である。したがって、収穫期における採果痕および‘つる折れ’果柄の感受性期間は、摘果後の果柄の場合と同程度とみなされ、その長さの違いが収穫期における感染の重要性を説明する要因にはならない。むしろ、‘つがる’のように感染のほとんどみられない品種が存在することは、第Ⅰ章の実態調査で認められた品種間差異を説明する有力な手がかりになると考えられる。

#### （6）品種間差異

採果痕感染、「つる折れ」果柄感染とも品種間差異は明確であった。しかし、それぞれにおいて、果台を発病部位とする枝腐らんの発生がやや多い～多いと判定された品種が同じグループに属するとは限らなかった。本枝腐らんの発生はこれまで、凍害との関係で論議されてきた（9, 32, 55）が、果台における耐凍性の品種間差異が明らかでないため、両者の関係は不明である。

採果痕感染の場合、先の感受性期間の試験で収穫直後から感染し難い状態にあると判定された‘つがる’を含め、多くの品種が果台を発病部位とする枝腐らんの発生が少ないグループに属した。このことから、耐凍性のほかに、感受性の違いも品種間差異を決定する大きな要因になっているものと考えられる。

一方、「つる折れ」果柄感染では供試した12品種中、8品種が果台を発病部位とする枝腐らんの発生がやや多い～多いグループに属した。しかも、これらの品種はいずれも、「つる折れ」果柄の脱落し難い性質を有していた。したがって、本感染における品種間差異は摘果後の果柄感染と同様、病原菌の果台侵入前に‘つる折れ’果柄が脱落するか否かによって決定づけられるものと考えられる。

リンゴの生理的落果には早期落果と収穫前落果がある。このうち、「つる折れ」果柄の脱落に関与すると推察されるのは後者の落果である。しかし、収穫前落果の多い‘つがる’と‘スターキングデリシャス’は、それぞれ全く異なるグループに属した。また、供試品種の掛け合わせをみても、それぞれのグループに共通する品種もみられず、「つる折れ」果柄の脱落にかかる遺伝的な要因を明らかにすることはできなかった。

## 第IV章 総 考 察

果台を発病部位とする枝腐らんは5月下旬～6月下旬の摘果期よりも、9～11月の収穫期の感染に起因し（9, 35），その多くは果台の枝齢が2年になる翌々年の春に発病すると報告されている（35, 45）。ところが，本研究の実態調査では，1) 発病果台の枝齢は1年と2年に大別され，中でも枝齢1年の比率がきわめて高いこと，2) 枝齢1年の果台には前年の摘果作業に由来すると推察される果柄が付いたまま発病している事例が多くみられる事，3) 品種間差異は比較的明瞭であり，‘ふじ’や‘国光’などでは枝齢1年の果台，‘スターキングデリシャス’や‘ジョナゴールド’などでは枝齢2年の果台で発病が目立つなど，従来の収穫期の感染だけでは説明できない事実が多く認められた。

摘果期の感染については，摘果作業で果台に残される果柄とのかかわり合いが示唆されている（2）。にもかかわらず，その果柄は次第に黄化して果台から自然に脱落するだろうという希望的判断から，その脱落痕を想定した接種試験にとどまっている（9, 35, 45）。しかし，本研究では上記の2) の実態を踏まえ，その果柄の先端切口に病原菌を接種し，果台を発病部位とする枝腐らんが高い割合で発生することを明らかにし，これを摘果後の果柄感染と呼称した。この場合，品種を問わず，翌年の春に典型的な枝枯れ症状が出現したので，上記の1) と3) の枝齢1年の発病果台は，前年の摘果期の感染に起因すると結論した。

一方，収穫期の感染については，採果痕（以下，採果痕感染）のほかに「つる折れ」果柄や「つる抜け」果柄も，果台を発病部位とする枝腐らんの感染部位として重要なことを明らかにし，これらを「つる折れ」果柄感染と総称した。このような収穫期の感染では採果痕の場合も含めて，‘北の幸’と‘千秋’を除いた供試品種のすべてにおいて，翌々年の春に典型的な枝枯れ症状が出現したので，1) と3) の枝齢2年の発病果台は，前々年の収穫期の感染に起因すると結論した。

本病の感染生態は主に2～3月の剪定作業に由来する傷口，すなわち剪定痕を中心に検討してきた。これらの報告（9, 35, 45, 50, 55, 63）をみると，感染から発病までの潜伏期間の評価が研究者によって異なる。また，徒長枝の剪去など夏場の栽培管理に由来する剪定痕との関係が未検討であり，さらにはその剪定痕の形成年次を特定するための明確な指標がない。したがって，剪定痕を発病部位とする枝腐らんを調査しても，その感染時期の特定が難しい。ところが，果台を発病部位とする枝腐らんでは，上記の発病時における果台の枝齢と感染時期との関係から，枝齢1年のものは前年の摘果期の感

染，枝齢2年のものは前々年の収穫期の感染と明確に特定できる。このことは個々の園地において果台を発病部位とする枝腐らんの枝齢を調査することにより，主要な感染時期を特定し，その結果に応じて防除対策の見直しや強化対策が図れることを意味している。また，台風などの強風災害で「つる折れ」果柄や「つる抜け」果柄が生じた場合，それに伴う発病時期を予測するという場面でも，上記の関係は活用できる。

*Nectria galligena*によるEuropean apple cankerでは剪定痕や落葉後の葉痕などのほかに（7, 53），採果痕も感染部位の一つに数えられているが（53），果柄にも病原菌が感染するという報告は見あたらない。また，*Phomopsis fukushii*によるニホンナシ胴枯病では果台での発病が報告されているものの（38），果柄との関連性については論究されていない。一方，*N. cinnabarinus*によるApple twig blightは主に果台を起点に病斑が形成される病害として報告されており（20, 40, 58），その感染・発病と果柄との関係が示唆されている。しかし，その詳細については圃場における接種試験が成功していないため，ほとんど解明されていない（13）。リンゴ腐らん病においても，果台を発病部位とする枝腐らんが注目され始めたのは比較的最近のことである。1980年代前半には接種試験も一部で行われていた（9, 35, 45）が，摘果後の果柄や「つる折れ」果柄，「つる抜け」果柄と結びつけた試験例はきわめて少なく，不明な点が数多く残されていた。

本研究では5月下旬～6月下旬の摘果作業に由来する摘果後の果柄と9～11月の収穫作業に由来する「つる折れ」果柄に分けて，それぞれにおける感染・発病のメカニズムを検討した。その結果，両感染ともそれぞれの果柄が果台から脱落するタイミングと密接に関係し，病原菌の果台侵入前に脱落するか，脱落しないかによって決定づけられることを明らかにした。

摘果後の果柄が早期に脱落するか否かは，早期落果の発生しやすい品種，あるいは‘ゴールデンデリシャス’の後代品種との関係から遺伝的な形質である可能性が示唆された。一方，‘つる折れ’果柄については，収穫前落果が多いといわれる‘つがる’と‘スターキングデリシャス’では脱落様相が全く異なった。また，特定の品種との関係も明確でなかった。このため，‘つる折れ’果柄の脱落しやすい‘つがる’と脱落し難い‘ふじ’などをかけ合わせた後代品種での検討など，遺伝的な背景を含めた要因解明が今後の課題として残された。

摘果後の果柄感染，採果痕感染および‘つる折れ’感染の品種間差異を総括すると，‘つがる’や‘王林’などで

はいずれの感染も少ないと、「スターキングデリシャス」や「ジョナゴールド」などでは採果痕感染と「つる折れ」果柄感染が多いこと、「ふじ」や「国光」などでは、摘果後の果柄感染と「つる折れ」果柄感染が多く、中でも「ふじ」では摘果後の果柄感染が多く、これが本病全体の発生量に強く影響していると考えられた。

果台を発病部位とする枝腐らんの発生については、これまで主に収穫期の採果痕感染とのかかわりで論じられてきたが、これに代わって摘果後の果柄感染による被害が増加した理由として、以下の2点をあげることができる。

第1は品種構成の変遷である。すなわち、1962年に農林1号として登録された「ふじ」(42)の青森県での作付け面積は、1970年ころから急増し、1990年ころには全作付け面積の50%前後を占めるに至っている。このことと、1970~80年代に行われた実態調査の報告(9, 14, 65)で果台を発病部位とする枝腐らんの被害が目立ち始めていることを考え合わせると、摘果後の果柄が脱落し難い「ふじ」の作付け面積増大が本枝腐らんの発生動向に大きな影響を及ぼしているものと考えられる。また、当時のもう一つの主力品種であり、収穫時の採果痕感染と「つる折れ」果柄感染の被害が大きい「スターキングデリシャス」の作付け面積が1980年代以降、急激に減少し始めたことも、「ふじ」を中心に摘果後の果柄感染による被害が目立つ要因の一つになったものと思われる。

第2に防除薬剤の変遷があげられる。本病の防除対策として、明治~大正の時代には石灰硫黄合剤やボルドー液などの休眠期散布が奨励された(33)。1980年代になると、ペノミル剤、チオファネートメチル剤、イミノクタジン酢酸塩剤などの休眠期防除剤が新たに実用化された。これらのうち、ペノミル剤、チオファネートメチル剤およびイミノクタジン酢酸塩剤は摘果後の果柄感染に対しても高い防除効果を示す薬剤である(72)。チオファネートメチル剤およびペノミル剤は当初、リンゴ黒星病の防除剤として実用化され、青森県では1975年に5月上旬の開花直前から6月中旬の落花20日後ころまでの間に4回散布する防除体系が普及に移されている。このような防除体系が摘果後の果柄感染に対して、どのような役割を果たしていたかは明らかでないが、北海道における生育期の通年散布で枝腐らんの発生量が大幅に減少したとの報告(55)もあるので、同時防除的な役割を果たしていたものと推察される。ところが、ペノミル耐性を示す黒星病菌(*Venturia inaequalis*)の出現によって(49, 52)、1983年以降は黒星病を対象としたこの時期の散布が行われなくなり、これに変わって登場したキャプタン剤やDMI剤などの黒星病防除剤では、摘果後の果柄感染を同時防除できないこと(72)が、果台を発病部位とする枝腐らんの発生を助長する大きな要因の一つになったと考えられる。

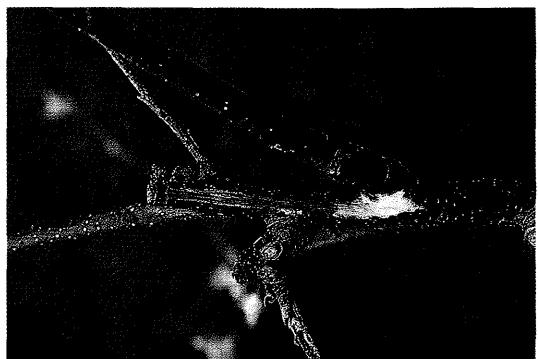
## 引用文献

1. 赤羽紀雄 (1961) りんご及びぶどうの凍害に関する研究. 北海道農試報告 9 : 1-47.
2. 青森県畑作園芸試験場 (1980) リンゴ腐らん病の総合防除法に関する研究 p 140-142. 農林水産省総合助成試験成績 (青森県りんご試験場ほか編).
3. 青森県りんご試験場 (1980) リンゴ腐らん病の総合防除法に関する研究 p 68-70. 農林水産省総合助成試験成績 (青森県りんご試験場ほか編).
4. 荒川 修・三浦瑞明 (1994) リンゴ果柄中の糖組成について. 園学雑63別, '94 102-103.
5. Auer, C. G. and T. L. Krugner (1994) Survey of *Valsa ceratosperm* and *Cryphonectria cubensis* in *Eucalyptus grandis* cankers three sites in São Paulo. Bailetim de Pesquisa Florestal. No.28/29 : 3-10.
6. Biggs, A. R. (1989) Integrated approach to controlling *Leucostoma* canker of peach in Ontario. Plant Dis. 73 : 869-874.
7. Chiu, W. F. and Y. H. Chang (1982) Advances of science of plant protection in the people's Republic of China. Ann. Rev. Phytopathol. 20 : 71-92.
8. Dubin, H. J. and H. English (1975) Epidemiology of European Apple Canker in California. Phytopathology 64 : 1201-1203.
9. 藤田孝二・杉木 隆・松中謙次郎・田中弥平 (1981a) リンゴ腐らん病に関する研究 第1報 生態及び発生要因. 青森りんご試報 19 : 57-84.
10. 藤田孝二・福島千萬男・瀬川一衛・田中弥平 (1981b) リンゴ腐らん病の発病機構 1. 樹体内における柄胞子の動向. 日植病報 47 : 371-372. (講要)
11. 福島千萬男 (1988) リンゴ病害の最近における発生動向 腐らん病の発生動向と発生要因. 昭和63年度東北地域農業研究会資料 : 37-40.
12. 原田幸雄 (1993) キノコとカビの生物学 p 116-120. 中央公論社. 東京.
13. Hickey D. K. (1990) Nectria twig blight Compendium of Apple and Pear Diseases. (Jones, A. L. and H. S. Aldwinckle eds.) p.35. ARS. PRESS.
14. 平良木武 (1972) リンゴ腐らん病に関する研究 (第1報) 発生状況および発生生態に関する 2~3 の知見. 岩手園試報 2 : 29-42.
15. 石山正行 (1994) りんごのすべて (中村伸吾編) p. 1-38. S. S. K. 出版. 弘前
16. 石山正行・鈴木長蔵・石山正行・北山 弘・佐藤 耕 (1989) リンゴ‘世界一’について. 青森りんご試報 25 : 61-72.
17. 石山正行・鈴木長蔵・北山 弘・佐藤 耕・工藤仁郎 (1991) リンゴの新品種‘メロー’について. 青森りんご試報 27 : 99-110.
18. 岩谷 齊 (1994a) 台風で倒伏したリンゴ樹の生育と腐らん病の発病. 東北農業研究 47 : 237-238.
19. 岩谷 齊 (1994b) 肥料の種類並びに施肥時期とリンゴ腐らん病の発生. 北日本病虫研報 45 : 126-128.
20. Jones A. L. (1963) Occurrence of Nectria twig blight of apple in western New York State in 1962. Plant Dis. Rep. 47 : 538-540.
21. 加藤 正 (1992) リンゴ腐らん病の発生に及ぼす水ストレスの影響. 園学雑旨 平4東北支部 : 19-20.
22. 川合康充・小池英彦・飯島章彦 (1997) 長野県におけるセイヨウナシ腐らん病の発生. 日植病報 63 : 201(講要).
23. 北島 博 (1989) 果樹病害各論 p 179-188. 養賢堂. 東京.
24. Kobayashi, T. (1970) Taxonomic studies of Japanese Diaporthaceae with special reference to their life-histories. Bull. Gov. For. Exp. Stn., 226 : 1-242.
25. 小金沢硯城・佐久間勉 (1980) リンゴ腐らん病に関する研究 II 分布型. 果樹試報 C 7 : 109-116.
26. 近藤 悟・浅利正義・熊谷征文 (1987) リンゴの早期落果に関与する気象要因に解析と栽培管理. 園学雑 55:415-421.
  
27. 工藤和典・樋村芳記・龍下文孝 (1992) リンゴの生理的早期落果に関する研究 第2報 葉と果実の光合成、呼吸及び蒸散速度の品種間差異と落果との関係. 果樹試報 23 : 77-92.
28. 久米靖穂・鈴木 宏・田口辰雄 (1977) ふじの品質に及ぼす光の量、摘果時期、着果量について. 東北農業研究

19 : 122-125.

29. 栗生和夫・三浦義平 (1973) 紅玉のジュンドロップと摘果時期に関する研究. 東北農業 14 : 302-306.
30. 黒上泰治 (1962) 果樹園芸各論 中巻 p 131-138 養賢堂. 東京
31. 松野瑞彦 (1988) クワ胴枯病の発病生態に関する研究. 福島蚕試研報 23 : 1-107.
32. 民部田信一・平野 稔・長井利吉・平良木 武・中野武夫・関沢 博 (1977) 二戸地方におけるリンゴ腐らん病の発生推移について. 北日本病虫研報 28 : 69.
33. 三浦道哉 (1915) 苹樹病害二閑スル調査—苹果樹ノ腐爛病. 青森農事試験成績 15 : 117-141.
34. 水野 昇・熊谷征分 (1978) リンゴ腐らん病発生におよぼすわい化処理について. 東北農業研究 21 : 221-222.
35. 水野 昇・熊谷征文 (1982) リンゴ腐らん病に関する研究 第1報 樹体付傷部の感染時期. 秋田果試報 14 : 19-28.
36. 仲谷房治・安藤義一 (1992) リンゴわい化栽培における腐らん病、特に胴腐らんの発生特徴. 日植病報 58 : 121-122. (講要)
37. 西山保直・宮下揆一・村上準市・中島二三一・橘 昌司 (1972) 果樹の種類および品種と耐凍性、ならびに耐凍性に関する諸要因について. 北海道農試彙報 100 : 20-28.
38. 小笠原静彦・秋本稔万 (1984) ニホンナシの枝幹病害に関する研究 (第1報) 幸水における胴枯性病害の発生実態. 広島果試報 10 : 23-29.
39. 尾沢 賢・伊藤昭二 (1976) *Valsa ceratosperma* によるマルメロ腐らん病(新称)について. 日植病報 42 : 111. (講要).
40. Rosenberger, D. A., T. J. Burr and J. D. Gilpatrick (1983) Failure of canker removal and postharvest fungicide sprays to control *Nectria* twig blight on apples. Plant Disease. 67:15-17.
41. Ryugo, K. (1988) Fruit culture : Its Science and Art. p.153-154. John Wiley & Sons, Inc. USA.
42. 定盛昌助・吉田義雄・村上兵衛・石塚昭吾 (1963) リンゴ新品種「ふじ」について. 園試報 C 1 : 1-6.
43. 斎藤 泉・田村 修・高桑 亮 (1972) *Valsa ceratosperma* (*V. mali*) によるナシ類の腐らん病. 日植病報 38 : 258-260.
44. 佐久間 勉 (1978) リンゴ腐らん病の発生部位に関する調査. 果樹試報 C 5 : 29-37.
45. 佐久間 勉 (1983) リンゴ腐らん病に関する研究 IV 病原菌柄胞子の感染の場における動向およびリンゴ樹の本病に対する感受性の季節的変動. 果樹試報 C 10 : 61-79.
46. Sakuma T. (1990) *Valsa* canker. Compendium of Apple and Pear Diseases. (Jones, A. L. and H. S. Aldwinckle eds.). ARS. PRESS. p.39-40.
47. 佐久間 勉・水野 昇・小金沢硯城・宮川久義 (1980) リンゴ腐らん病に関する研究 1. 病斑発現消長及び病斑上における柄子殻形成時期. 果樹試報 C 7 : 101-108.
48. 佐々木幸夫 (1976) リンゴ腐らん病の発生と防除法. 東北農業研究 18 : 31-34.
49. 沢村健三 (1975) チオファネートメチル及びペノミル耐性リンゴ黒星病の発生と対策. 植物防疫 29 : 187-188.
50. 沢村健三・原田幸雄・雪田金助 (1990) リンゴ腐らん病 (*Valsa ceratosperma* (Tode : Fr.) Maire) に関する研究. 弘大農報 53 : 10-32.
51. Sawamura K., Y. Harada, T. Kikuchi and J. M. Ogawa (1993) The apple industry in Japan. A historical sketch and diseases specific to the region. Plant Dis. 77 : 546-552.
- 52.瀬川一衛・中沢憲夫 (1980) 青森県におけるリンゴ黒星病菌の benomyl 耐性発現とその簡易検定. 日植病報 46 : 77. (講要).
53. Swinburne T. R. (1975) European canker of apple (*Nectria galligena*). Rev. of plant patho. 54 : 787-799.
54. 玉田 隆 (1984) りんご栽培技術 (津川力編) p. 365-368. 養賢堂. 東京.
55. 田村 勉 (1984) 北海道におけるリンゴ腐らん病の発生病態と防除に関する研究. 北海道農試報 49 : 1-81.
56. 田中一郎 (1956) 苹果腐爛病の防ぎ方について. 北農 23 : 287-291.
57. 丹野貞男・田口辰雄・丹波 仁・鈴木 宏・今 喜代治 (1980) リンゴ新品種‘千秋’について. 秋田果樹試報 12 : 1-12.
58. Thomas, H. E. and A. B. Burrell. (1929) A twig canker of apple caused by *Nectria cinnabarinina*. Phytopathology. 19 : 1125-1128.
59. Togashi K. (1924) Some studies on a Japanese apple canker and its causal fungus, *Valsa mali* J.

- Coll. Agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo 12 : 265-324.
60. 富樫浩吾 (1924) 萄樹の腐爛病に就いて. 園芸 16:32-38.
  61. 富樫浩吾 (1927) *Valsa* 菌に依る病害の研究. 日本学術協会報告 3 : 393-396.
  62. 富樫浩吾 (1950) 果樹病学 p 21-14. 朝倉書店. 東京.
  63. 宇井格生・齊藤 泉・佐藤 章・沢田英吉・田村 勉・宮下揆一・西山保直・鐵谷大節・大島信行・赤羽紀雄・細貝節夫 (1966) リンゴ腐らん病に関する試験研究. 昭和44年度 北海道科研報 1 -54.
  64. 内田和馬 (1977) クリ胴枯病に関する研究. 茨城園芸試報告 1 : 1 -65.
  65. 鶴尾貞夫・佐々木政司・玉川和長・中川原郁也・高橋正治 (1977) リンゴ腐らん病の発生生態と防除. 青森畑園試報 2 : 1 -43.
  66. 山田三智穂・鈴木長蔵・石山正行 (1980) リンゴ新品種‘つがる’について. 青森りんご試報 18 : 1 -10.
  67. 山田美智穂・鈴木長蔵・石山正行・北山 弘・佐藤 耕 (1987) リンゴ新品種‘夏緑’, ‘北斗’について. 青森りんご試報 24 : 1 -10.
  68. 横沢良憲・庄司次男・柴田忠松 (1980) キリ胴枯性病害に関する研究—キリ腐らん病の発生要因について. 日本林学会東北支部会誌 32 : 217-219.
  69. 吉田義男 (1986) リンゴ品種大観. 922 p. 長野県経済連. 長野.
  70. 雪田金助 (1992a) リンゴ腐らん病における摘果期の果台感染と果柄. 日植病報 58 : 122. (講要)
  71. 雪田金助 (1992b) リンゴ腐らん病の収穫期における果柄からの感染. 北日本病虫研報 43 : 82-84.
  72. 雪田金助 (1993) リンゴ腐らん病における摘果後の果柄感染に対する薬剤防除. 北日本病虫研報 44 : 74-76.
  73. 雪田金助 (1994) リンゴ腐らん病における摘果後の果柄感染による果台発病の品種間差異. 北日本病虫研報 45 : 122-125.
  74. 雪田金助 (1995a) リンゴ腐らん病における採果痕並びに「つる折れ」果柄感染による果台発病の品種間差異. 北日本病虫研報 46 : 101-104.
  75. 雪田金助 (1995b) 作物病原菌研究技法の基礎 (大畠貫一ら編) p. 226-228. 日本植物防疫協会. 東京.
  76. 雪田金助 (2000) リンゴ腐らん病と摘果作業とのかかわり合い. 東北地方における植物病理学のフロントライン (羽柴輝義・高橋英樹編) p. 203-206. 日本植物病理学会東北部会創立35周年記念誌刊行会. 仙台.
  77. 雪田金助・岩谷 齊 (1993) 腐らん病菌 (*Valsa ceratosperma*) に対するリンゴ樹の抵抗性機構 1. 切枝における抵抗性の季節的変動. 日植病報 59 : 758. (講要).



図版I 剪定痕を発病部位とする枝腐らん



図版III 果台を発病部位とする枝腐らん



図版V 水浸型の病斑



図版VI 停止型の病斑



図版II 枝の先枯れを発病部位とする枝腐らん



図版IV 火膨れ型の病斑



図版VII 枝枯れ型の病斑



図版VIII 摘果後の果柄の脱落

## 摘要

*Valsa ceratosperma* によるリンゴ腐らん病では4～5年生以下の小枝に発生する病斑を枝腐らん、主幹や主枝、亜主枝などの大枝に発生する病斑を胴腐らんと呼んでいる。本研究ではこのうちの枝腐らんに限定し、特に果台を発病部位とする枝腐らんの；1) 発生実態と多発要因、2) 摘果期における感染生態、および3) 収穫期における感染生態を検討した。

### 1. 発生実態と多発要因

①青森県弘前市下湯口（A園）および藤崎町水沼（B園）のリンゴ園で1990～1996年の7年間、7～8月を除いて概ね1か月間隔で枝腐らんの発生状況を調査した。その結果、両園地とも、7年間に発生した全枝腐らん数の95%以上が発病部位として剪定痕、枝の先枯れおよび果台のいずれかに区分された。中でも、果台を発病部位とする枝腐らんの発生数が最も多く、全体の70～80%以上を占めた。青森県りんご試験場（黒石市福民）のC園で1992～1995年の4年間、黒石市出石田のD園で1992～1996年の5年間にわたり、4～5月の年1回行った調査からも同様な結果が得られた。

②果台を発病部位とする枝腐らんは2月ころから発生し始め、3～4月には発生の最盛期となって、6月ころにほぼ終息した。3～4月の発生数は年間の70～80%以上を占めた。

③果台を発病部位とする枝腐らんは枝齢が1年と2年のものに大別され、中でも枝齢1年のものが多く、C園、D園の調査ではそれぞれ年間発生数の72.0～94.0%，54.6～77.0%を占めた。

④品種別にみた発生数は‘北斗’、‘ふじ’および‘国光’で最も多く、次いで‘ジョナゴールド’および‘スターキングデリシャス’でやや多く、‘つがる’、‘千秋’、‘王林’、‘陽光’および‘陸奥’ではきわめて少なかった。枝齢との関係では‘北斗’、‘ふじ’および‘国光’では枝齢1年、‘ジョナゴールド’および‘スターキングデリシャス’では枝齢2年のもののが多かった。

⑤12～3月の冬期間における気象要因では果台を発病部位とする枝腐らんの多発を説明することができなかつた。

⑥果台を発病部位とする枝腐らんには時折、摘果作業や収穫作業などに由来する果柄が付いており、これらが本病の感染・発病と何らかのかかわり合いをもつと推察された。

### 2. 摘果期における感染生態

一般的に、リンゴの摘果作業では不要な側果のすべてと中心果の一部を摘果ばさみを用いて果柄の途中から切り落とすか（A法）、親指と人差し指で果実のこうあ部から果柄を押し切るようにもぎ取る（B法）。このため、果台には傷ついた果柄が必ず取り残される。本章ではこれらを摘果後の果柄と称し、果台を発病部位とする枝腐らん発生との関係を検討した。

①A法、B法による摘果後の果柄の先端切口に病原菌を接種したところ、いずれも自然発生のものと同じ症状の果台を発病部位とする枝腐らんが高い割合で発生した。この場合、接種当年の12月ころから発病数が増加し始め、接種翌年の3～4月に発病のピークとなった。発病時期の違いによって初期病斑の症状に違いがみられたが、いずれの場合も翌年の4～5月ころに典型的な枝枯れ症状を示すようになった。

②胴腐らんを伝染源とする自然感染の試験でも、摘果後の果柄に感染した病原菌によって果台を発病部位とする枝腐らんの発生を再現できた。また、本感染に関与する胞子飛散は降雨日に限られ、しかも飛散距離が短いことから、その被害は伝染源付近に集中することも明らかになった。

③本感染では典型的な枝枯れ症状の出現時期を基準に、果台の枝齢が1年になる翌年の春に発病すると結論した。

④摘果後の果柄に接種した病原菌は、25°C・温室の室内条件では接種10～20日後に果台の組織内部に侵入した。一方、最高気温が21.3～30.7°C、最低気温が12.3～23.8°Cで推移した圃場条件ではこれよりもやや長く、接種20～30日後に果台の組織内部に侵入した。

⑤‘つがる’、‘スターキングデリシャス’および‘ふじ’の果実を落花後からの経過日数の異なる5つの時期に摘果処理し、直ちに摘果後の果柄に病原菌を接種した。その結果、‘つがる’および‘スターキングデリシャス’では摘果時期に関係なく、10～20日後までの間にほとんどの果柄が果台から自然に脱落し、果台を発病部位とする枝腐らんもほとんど発生しなかった。‘ふじ’でも落花7日後ころまでの早い時期に摘果した試験区で同様な結果を示した。しかし、落花18～56日後の遅い時期に摘果した試験区では、摘果30日後になども摘果後の果柄はほとんど脱落せず、果台を発病部位とする枝腐らんが高い割合で発生した。

⑥‘ふじ’の場合、側果では概ね落花30日後以降、中心果では概ね20日後以降の遅い時期に摘果すると、それぞれの摘果後の果柄は落ち難くなり、それとともに果台を発病部位とする枝腐らんが高い割合で発生した。

⑦摘果後の果柄の本病原菌に対する感受性は摘果5日後ころまで極めて高い状態で推移し、摘果10～20日後ころから

緩やかに低下し始めた。

⑧‘夏緑’、‘北の幸’、‘ふじ’、‘福錦’、‘向陽光’および‘国光’の6品種は摘果の果柄が脱落し難く、果台を発病部位とする枝腐らんの発生が多いグループに属した。‘ビスタベラ’、‘つがる’、‘レッドゴールド’、‘千秋’、‘スターキングデリシャス’、‘世界一’、‘ゴールデンデリシャス’、‘ジョナゴールド’、‘かおり’、‘金星’、‘陸奥’および‘王林’の12品種は摘果後の果柄が脱落しやすく、果台を発病部位とする枝腐らんの発生が極めて少ないグループに属した。‘恵’、‘紅玉’、‘北斗’、‘メロー’および‘大国光’の5品種は摘果後の果柄の脱落の難易、果台を発病部位とする枝腐らんの発生程度とも、両グループの中間に位置した。典型的な枝枯れ症状の出現時期を基準に、各品種とも感染した翌年の春に発病すると判定した。

### 3. 収穫期における感染生態

果台を発病部位とする枝腐らんはこれまで、果実を収穫した後の採果痕に感染した病原菌によって引き起こされると考えられてきた。ところが、収穫時には時として果柄が途中で折れたり、果実のこうあ部から抜けたりして、その一部又は全部が果台に取り残されることがあり、一般的に前者は「つる折れ」果柄、後者は「つる抜け」果柄と呼ばれている。本章ではこのような果柄も本病原菌の感染部位として重要な役割を果たしていると考え、その感染生態を採果痕の場合と対比させながら検討した。

①‘スターキングデリシャス’並びに‘ふじ’の「つる折れ」果柄および「つる抜け」果柄の先端切口に病原菌を接種したところ、いずれも自然発生のものと同じ症状の果台を発病部位とする枝腐らんが高い割合で発生した。この場合、接種翌年の3～8月ころから発病し始め、接種翌々年の3～4月ころまで緩やかに発病数が増加した。発病時期の違いによって初期病斑の症状に違いがみられたが、いずれの場合も接種翌々年の4～5月ころに典型的な枝枯れ症状を示すようになった。採果痕接種でもほぼ同様な発病推移を示したが、累積発病率は両品種とも、「つる折れ」果柄および「つる抜け」果柄接種に比べて明らかに低かった。

②「つる折れ」果柄と「つる抜け」果柄との比較では、累積発病率や発病推移には大きな違いがみられなかつたので、これらを総称して「つる折れ」果柄感染と呼称した。本感染では典型的な枝枯れ症状の出現時期を基準に、採果痕の場合と同様に果台の枝齢が2年になる翌々年の春に発病すると結論した。

③‘スターキングデリシャス’および‘ふじ’の「つる折れ」果柄は翌年の7月ころまではほとんど脱落しなかつた。

④‘つる折れ’果柄に接種した病原菌は‘スターキングデリシャス’、‘ふじ’とも、25℃・温室の室内条件では接種30日後になつても、果台の組織内部にほとんど侵入しなかつた。一方、10～11月の収穫適期の圃場条件下で‘つる折れ’果柄に接種した病原菌は、両品種とも接種翌年の3月ころから徐々に果台の組織内部に侵入し始め、7月ころにはほとんどの果台において侵入を完了した。

⑤病原菌を接種した‘ふじ’の‘つる折れ’果柄を接種翌年の5月までの間に、人為的に果台から取り除くと、果台を発病部位とする枝腐らんはほとんど発生しなかつた。これに対し、接種翌年の7月以降に‘つる折れ’果柄を取り除いた場合には55.0～62.5%の高い割合で果台を発病部位とする枝腐らんが発生した。

⑥採果痕の本病原菌に対する感受性期間は‘つがる’では0日間、‘スターキングデリシャス’では約20日間、「ふじ」では0～10日間であった。‘つる折れ’果柄の本病原菌に対する感受性期間は‘スターキングデリシャス’では約30日間、「ふじ」では約20日間であった。

⑦‘つる折れ’果柄感染の場合、‘北の幸’、‘千秋’、‘スターキングデリシャス’、‘メロー’、‘ジョナゴールド’、‘北斗’、‘ふじ’および‘国光’の8品種は‘つる折れ’果柄が果台から脱落し難く、果台を発病部位とする枝腐らんの発生がやや多い～多いグループに属した。‘つがる’、‘陸奥’、‘王林’および‘金星’の4品種は‘つる折れ’果柄が果台から脱落しやすく、果台を発病部位とする枝腐らんの発生が少ないグループに属した。発病時期は典型的な枝枯れ症状の出現時期を基準に、‘北の幸’と‘千秋’の2品種では翌年の春、これら以外の品種では翌々年の春と判定された。

⑧採果痕感染の場合、‘北の幸’、‘スターキングデリシャス’および‘ジョナゴールド’の3品種は果台を発病部位とする枝腐らんの発生がやや多い～多いグループに属した。‘つがる’、‘千秋’、‘北斗’、‘メロー’、‘陸奥’、‘金星’、‘王林’、‘ふじ’および‘国光’の9品種が果台を発病部位とする枝腐らんの発生が少ないグループに属した。発病時期はいずれの品種とも翌々年の春と判定された。

### 4. 総括

①果台を発病部位とする枝腐らんの感染経路として、従来から指摘されていた採果痕のほかに、新たに5月下旬～6月下旬の摘果作業に由来する摘果後の果柄と、9～11月の収穫作業に由来する‘つる折れ’果柄や‘つる抜け’果柄の2つを明らかにした。本研究ではそれぞれを摘果後の果柄感染、‘つる折れ’果柄感染と呼称した。

②これら2つの感染は、それぞれの果柄が果台から脱落するタイミングと密接に関係し、それぞれの果柄に感染した

病原菌が果台に侵入する前に脱落するか、脱落しないかによって決定づけられた。

③摘果後の果柄および「つる折れ」果柄の脱落推移には明瞭な品種間差異が認められ、これによって両感染の品種間差異が決定づけられた。

④本病の典型的な枝枯れ症状の出現時期を基準に、摘果後の果柄感染では全品種とも果台の枝齢が 1 年となる翌年の春、採果痕感染および「つる折れ」果柄感染では‘北の幸’と‘千秋’を除いて、果台の枝齢が 2 年となる翌々年の春に発病すると結論した。これにより、近年‘ふじ’を中心に多発している果台を発病部位とする枝腐らんの多くは、摘果後の果柄感染に起因していることが明らかになった。

## Mechanism of Infection of Valsa Canker caused by *Valsa ceratosperma*, with Special Reference to Twig Canker from a Cluster Base

Kinsuke Yukita

Aomori Apple Experiment Station

Key word : Apple canker, Cluster-base canker, Mechanism of infection, Pedicel, Fruit-scar, *Valsa ceratosperma*

### Summary

In apple trees, Valsa cankers caused by *Valsa ceratosperma* (Tode ex Fr.) Maire on a young branch, up to 4-5 years old, are referred to as twig cankers, while those on the main part of a limb or a tree trunk are referred to as trunk cankers. In the present study, orchard surveys were firstly conducted to detect key factors associated with twig cankers. Since the surveys identified the importance of the cluster base as an infection locus, mechanisms of infection at this locus were studied experimentally. In all inoculation tests, pycnospores were used as inoculum at a concentration of  $2-4 \times 10^7$ /ml. The cluster base, or bourse, is the short spur that bears the flowers and subsequently the fruit and a growth shoot.

#### A. Orchard surveys

- 1) Surveys were conducted on four mature apple orchards with various cultivars under conventional cultural management. In two orchards, the surveys were from 1990 to 1996; while the other two orchards were surveyed from 1992 to 1996. In the first two orchards, twig cankers were counted once a month except for the two summer months of July and August; while in the second two orchards cankers were counted once a year in April or May. The number of twig cankers in the entire tree crown was counted for all trees in each orchard. All such cankers found were examined for the invasion loci at which cankers had been initiated. In the second two orchards, if twig canker had begun from a cluster base (here after called a 'cluster-base canker'), the cluster base was checked precisely to determine its age.
- 2) More than 95% of twig cankers recorded had been initiated either at a cluster base, a pruning cut or a dieback shoot. Of these three loci, the cluster base was the most important, accounting for 70-80% of all twig cankers.
- 3) Cluster-base cankers first appeared in February and increased in number during March-April. Numbers had leveled off by June.
- 4) Cankered cluster bases could be classified into two age groups, i.e., one- and two-year-old. A negligible number were 3-years-old or older. This finding strongly suggests that two different pathways exist in inducing cluster-base canker, as is described below. The proportions of the one-year group varied from 72 to 94%, or 55 to 77%, depending on the orchards and years.
- 5) The incidence of cluster-base canker differed markedly among cultivars. It was highest in cultivars Hokuto, Fuji and Ralls Janet, moderate in cultivars Jonagold and Red Delicious, and lowest in cultivars Tsugaru, Senshu, Orin, Yoko and Mutsu.
- 6) Climatic factors had been previously considered important in causing the twig canker, especially that initiated from shoot dieback. On the contrary, the present survey indicated that the incidence of cluster-base canker was little affected by climatic factors, so that other factors such as biological

aspects were much more important.

7) Many cluster-base cankers had "pulled-stems" or "broken-stems". A pulled-stem is a pedicel that has been pulled from the fruit during thinning or harvesting but remains attached to the cluster base, while a broken-stem is a pedicel that has been broken during harvesting with the lower part remaining attached to the cluster base. Their repeated presence indicated that they were related in some way to the formation of cluster-base cankers.

#### B. Experimental evidence - thinning wounds

- 1) In apple cultivation, a large proportion of flowers and fruit are removed through thinning operations in which i) all flowers that develop from lateral buds are thinned out; ii) all fruit on 2/3 to 3/4 of fruit clusters that develop from apical buds are thinned; and iii) of the remaining fruit clusters developing from apical buds, all fruit except those developed from the king flowers are removed. Thinning is conducted by hand or with scissors. Where hand thinning is used, an entire pedicel remains attached to a cluster base, while the lower part of the pedicel remains where scissors are used to cut off flowers or fruit. In this research, the induction of cluster-base cankers through the pedicels was tested experimentally.
- 2) Pedicels were experimentally left attached to the cluster base by thinning fruit either by hand or with scissors. The pedicels were then inoculated. Inoculations yielded cluster-base cankers similar to those produced naturally in the field. Some cankers appeared in December in the year of inoculation, and they became most abundant in March-April the following year. Although the initial symptom differed depending upon the time when the canker first appeared, any canker resulted in dieback by April-May the following year.
- 3) As well as artificial inoculations, an inoculation that mimicked the natural situation was created by placing trunk cankers with abundant stromata above the crown in a tree. This not only produced cluster-base cankers, but also showed that spores dispersed only on a day when rainfall occurred and that the dispersion was concentrated in a small area with in a range of several meters from the source.
- 4) The pathogen required 10 to 20 days to reach the cluster base through a pedicel held at 25°C and over 90% RH. Outdoors, where the daily maximum and minimum temperatures changed from 21.3 to 30.7°C and 12.3 to 23.8°C respectively, this required 20 to 30 days.
- 5) Using three cultivars, Tsugaru, Red Delicious and Fuji, thinning was conducted on five different days after petal fall for each cultivar. Immediately after the thinning, pedicels that were left attached were inoculated. In cultivars Tsugaru and Red Delicious, almost all the pedicels fell naturally with in 10-20 days of thinning, irrespective of the time of thinning. No cluster-base cankers were induced in these cultivars. 'Fuji' also showed the same result when the thinning was conducted with in a week of petal fall. However, when the thinning was conducted 18 or more days after petal fall, a large proportion of the pedicels remained attached to the cluster base, and a large proportion of twigs developed cluster-base cankers.
- 6) Pedicel persistence and the susceptibility to cluster-base canker were compared between pedicels of king and lateral fruit in the cultivar Fuji. When lateral fruit were thinned later than 30 days after petal fall, pedicels persisted longer and hardly fell. These pedicels readily resulted in cluster-base cankers if they were inoculated immediately after thinning. For king flowers, the critical point was the 20th day after petal fall.
- 7) After fruit thinning the pedicel was highly susceptible to canker inoculation until ca. the 5th day later. It gradually became hardened 10-20 days after thinning.
- 8) Pedicel persistence and susceptibility to cluster-base canker were compared experimentally for 23 cultivars. Thinning was conducted 30 days after petal fall for each cultivar and the pedicels were inoculated immediately after thinning. Six cultivars, Natsumidori, Kitanosachi, Fuji, Fukunishiki, Kouyoko and Ralls Janet, had pedicels that remained attached to the cluster base for longer. All these cultivars

were highly susceptible to cluster-base canker. Twelve cultivars, Vista Bella, Tsugaru, Redgold, Senshu, Red Delicious, Sekaiichi, Golden Delicious, Jonagold, Kaori, Kinsei, Mutsu and Orin, had pedicels that fell easily from the cluster base. They were much less susceptible to cluster-base canker, and were considered field resistant. Five cultivars, Megumi, Jonathan, Hokuto and Mellow, were intermediate between the above.

- 9) If dieback was used as the critical symptom of cluster-base canker, the time of its occurrence was spring the year following thinning for all cultivars.

#### C. Experimental evidence - harvesting wounds

- 1) Fruit-scars have been considered to be the main route of postharvest infection for twig canker. Since pulled-stems and broken-stems were repeatedly noted from cankered twigs in the orchard surveys, their roles as an infection route were tested in comparison with fruit-scars.
- 2) Pulled-stems and broken-stems were artificially produced on Red Delicious and Fuji trees. They were then inoculated. These inoculations yielded the cluster-base canker similar to the ones produced naturally in the field. Cankers first appeared in March-August the following year and gradually increased in number until April-May the year after that. Fruit-scar inoculation also yielded a similar trend of infection, but the final level of canker was much higher than for stem inoculations. Almost all of the stems remained attached to the cluster bases until July the following year.
- 3) When artificially prepared broken-stems of the cultivars Red Delicious and Fuji were inoculated and maintained under conditions of 25°C and over 90% RH, no pathogen reached the cluster base even 30 days after inoculation. When they were inoculated outdoors, the first pathogen was detected in the cluster base in March the next year. Almost all cluster bases had been invaded by the pathogen by July.
- 4) Artificially prepared broken-stems of Fuji were inoculated at harvest time, and they were then abscised from their cluster bases at about one-month intervals. None of the cluster bases were cankered when the stems were abscised before May the next year. The percent infection increased to 55.0 - 62.5% when the stems were abscised later than July the next year.
- 5) In cultivars Red Delicious and Fuji, fresh fruit-scars were susceptible to inoculation for ca. 20 and 10 days respectively, while fresh broken-stems were susceptible for ca. 30 and 20 days. In Tsugaru, no cankers were induced through fresh fruit-scars. In this cultivar, no cankers were induced from the broken-stems since they all fell in the year of inoculation.
- 6) The persistence of broken-stems and susceptibility to cluster-base cankers through broken-stems were compared experimentally for 12 cultivars. Broken-stems were left attached to the cluster base at the conventional harvesting time for each cultivar. Immediately after picking, the broken-stems were inoculated. Eight cultivars, Kitanosachi, Senshu, Red Delicious, Mellow, Jonagold, Hokuto, Fuji and Rolls Janet, had broken-stems that persisted longer on the cluster bases. All of these cultivars readily suffered from cluster-base canker induced through the broken-stems. In 4 cultivars, Tsugaru, Mutsu, Orin and Kinsei, the broken-stems readily fell so that little cluster-base canker was induced by this route. The cankers first appeared in spring the next year in Kitanosachi and Senshu, while in the other 10 cultivars it did not appear until the spring after that, almost 18 months after inoculation.
- 7) Susceptibility to cluster-base canker through fruit-scars were compared for the above 12 cultivars. Immediately after picking at the conventional harvesting time for each cultivar, fruit-scars were inoculated. Three cultivars, Kitanosachi, Red Delicious and Jonagold, were very susceptible to infection by this route, while the other 9 cultivars, Tsugaru, Senshu, Hokuto, Mellow, Mutsu, Kinsei, Orin, Fuji and Rolls Janet, were less susceptible. -

#### Concluding Remarks

- 1) The fruit-scar has long been recognized as an infection locus for Valsa canker. The present study

found that wounds on pedicels which were made during thinning and harvesting were very significant other infection loci.

- 2) Whether or not a pathogen entering a pedicel results in a successful infection, was solely determined by the timing of pedicel abscission; the longer a pedicel persisted attached to a cluster base, the greater the chance of infection.
- 3) Apple cultivars differed markedly in their susceptibility to the canker via stem infection. The difference between cultivars is determined solely by the timing of pedicel abscission.
- 4) Since dead or flagging leaves are easy to spot, dieback is a useful symptom to determine twig canker from an applied point of view. When the pathogen entered from thinning wounds, the dieback first appeared in spring the following year on a one-year-old cluster base. In contrast, when the pathogen entered from harvesting wounds, it first appeared on a two-year-old cluster base in spring 18 months after inoculation, with the exception of two cultivars, Kitanosachi and Senshu, in which it first appeared on a one-year-old cluster base the following spring.