

ビワがんしゅ病抵抗性育種における幼苗検定

稗圃直史・佐藤義彦*・福田伸二・寺井理治

Selection at Juvenile Age for Resistance to Loquat Canker in Loquat Breeding

Naofumi HIEHATA, Yoshihiko SATO, Shinji FUKUDA and Osamu TERAI

緒 言

ビワがんしゅ病は *Pseudomonas syringae* pv. *eriobotryae* の感染による病害で、ビワの枝、芽、葉、果実等、あらゆる部位にがんしゅ状病斑を形成し、樹体生育並びに果実生産に多大な悪影響を及ぼす²⁹⁾。長崎県の主要品種である‘茂木’や‘長崎早生’をはじめ、現在の主要品種はいずれも本病害にり病性であるため²¹⁾、本病害はビワ栽培における重要病害の一つとなっている。本病害の防除方法はすでに確立され¹⁸⁾、生産現場では薬剤を主体とした防除が行われている。しかし、難防除病害である上、労力、コストの両面から薬剤防除にも限界があり、依然として防除に苦慮しているのが実状で、本病害に抵抗性を有する品種の育成が望まれている。また、近年は環境保全型農業の観点からも耐病性品種への要望が強くなってきている。

長崎県果樹試験場におけるビワ育種では、がんしゅ病に関する選抜は、圃場定植後に自然感染による発病を観察し、発病が著しい個体を淘汰する方法で行っている。しかし、この方法では圃場抵抗性の評価はできるものの、定植した個体に占める抵抗性個体の比率が低く、抵抗性品種の選抜効率が悪い。一

方、交配実生のがんしゅ病抵抗性をできるだけ早期に検定し、圃場定植前にり病性個体を淘汰、除去することができれば、抵抗性品種を育成する効率が向上すると考えられる。

これまでの本病害に関する研究によると、本病害細菌は培地への色素産生の有無及び葉肉への病原性（ハロー形成）の有無により、A、B 及び C の3系統菌に類別され¹⁷⁾、抵抗性の品種間差異も各系統菌ごとに明らかになっている^{19, 21)}。また、抵抗性品種を育成するために不可欠な抵抗性検定法²⁰⁾や、A 及び B 系統菌に対する抵抗性の遺伝についても報告^{11, 23)}があり、がんしゅ病抵抗性の育種法は確立されつつある。

しかし、実際のビワ育種の中になんしゅ病抵抗性の早期選抜を取り入れるには、まだ不明な点も残されている。モモの線虫抵抗性で見られるように⁹⁾、抵抗性反応が樹齢の影響を受け、幼苗期から結実期の間で変化する可能性がないとは言えない。また、仮に果実諸形質とがんしゅ病抵抗性との間に何らかの遺伝的関係が存在すれば、果実品質の優れたがんしゅ病抵抗性個体の育成が困難になることも予想され、この点についても検討する必要がある。さらに、3系統菌のすべてに対する抵抗性個体を選抜するには、抵抗性検定を複数回行う必要があるが、1年に2

* 現在：独立行政法人農業技術研究機構果樹研究所

回しか検定が行えないことを考慮すると定植前に選抜を完了することは難しく、より簡易な選抜法の開発が望ましい。

本試験は、ビワ育種においてがんしゅ病抵抗性品種を効率的に育成するために、幼苗検定による早期選抜法の可能性を検討したものである。

材料及び方法

1. がんしゅ病抵抗性と樹齢との関係

第1表に示す3家系82個体について、3年生時の幼苗期（1996年3月）及び6年生時の結実期（1999年4月）の2回にわたり A 系統菌を各樹2葉に中肋接種し、抵抗性を検定、比較した。病原菌の培養、接種方法ならびに抵抗性の判定は既報¹¹⁾に従って行った。用いた A 系統菌は1995年4月27日に長崎県果樹試験場圃場内のり病葉の中肋部から分離し、培地への色素産生性及び葉肉への病原性から A 系統菌であることを確認し、パラフィン包埋法で保存している菌株である。なお、3年生時は鉢で苗木育成中であったため降雨などの影響を受けないよう無加温のガラス室内で接種、検定したが、6年生時には圃場に定植していたため露地栽培のままで接種、検定した。

第1表 供試した家系の交配組み合わせと個体数

家系	交配組み合わせ	個体数
241	長崎6号 [*] × 長崎11号 [*]	26
242	長崎6号 × 福原早生	24
243	陽玉 × 長崎6号	32

^{*} 楠×茂木

2. がんしゅ病抵抗性と果実形質との関係

り病性個体と抵抗性個体の両方が分離した家系の、全く選抜を行っていない個体について（第2表）、1996年3月～1999年4月に A、B 及び C の3系統菌それぞれに対する抵抗性の有無を中肋接種により検定した。家系ごとに抵抗性の個体群とり病性の個体群に分け、収穫期、果実重、果肉硬度、糖度及び pH の5形質について、t 検定により群間の差異を検定した。さらに、果皮色が橙黄色と黄白色に分離した家

系209については、C 系統菌抵抗性と果皮色の遺伝の独立性についても検討した。病原菌の培養、接種方法ならびに抵抗性の判定は既報¹¹⁾に従って行った。接種源に用いた A 系統菌は前節と同一の菌株である。一方、B 系統菌は1995年11月27日に長崎県西彼杵郡大瀬戸町内の、また、C 系統菌は1996年8月5日に長崎県果樹試験場圃場内のビワ園のり病葉の中肋部からそれぞれ分離し、いずれも培地への色素産生性及び葉肉への病原性から系統を確認し、パラフィン包埋法で保存している菌株を用いた。

第2表 供試した家系とがんしゅ病系統菌及び果実調査年次

家系	交配組み合わせ	系統菌	年次
199	長崎早生 × 74-1489 [*]	A, B, C	1996
208	白茂木 × 長崎3号 [†]	C	1999
209	白茂木 × 長崎早生	C	1999
211	ゴ-ルト [*] ナゲツ × 白茂木	B	1996
212	ゴ-ルト [*] ナゲツ × 長崎早生	B	1996
228	福原早生 × 涼風	A, B	1996
229	福原早生 × 長崎早生	A, B	1996
231	涼風 × 白玉	A, B	1997
232	長崎3号 × 白玉	B	1997
241	長崎6号 [*] × 長崎11号 [*]	A, B	1999
242	長崎6号 × 福原早生	A, B	1999
243	陽玉 × 長崎6号	A, B	1999

^{*} シャンパンの自殖個体

[†] 長崎早生×大房

^{*} 楠×茂木

3. 中肋接種と葉肉接種における抵抗性判定の時期及び最適葉齢の検討

中肋接種と葉肉接種を比較するため、両接種法が適用可能な B 系統菌を用いた。2000年3月8日に、加温ハウスに植栽されている高接ぎ3年生の‘シャンパン’及び‘長崎6号’（以上抵抗性）、‘長崎早生’及び‘茂木’（以上り病性）の4品種・系統の各1樹の5枝、各3葉について、成葉の約半分の大きさまで展開した幼葉裏面に中肋接種（6あるいは9孔）及び葉肉接種（9孔）を行った。病原菌の培養及び中肋接種法は既報¹¹⁾に、また、葉肉接種法は森田の方法²⁰⁾に従って行った。なお、用いた菌株は前節と同一のものである。接種時と展葉完了時に葉伸

長を計測し、既報²⁰⁾に従って葉齢を求めた。即ち、葉齢IV、V及びVIは、(接種時葉長×100/展葉完了時葉長)がそれぞれ30.1~40.0, 40.1~50.0及び50.1~60.0である。接種後おおむね10日毎に中肋の病斑数、発病程度及び葉肉の発病(ハロー)孔数を調査した。中肋接種においては発病指数を以下の基準に従って算出し、葉肉接種では発病孔率を求めた。

がんしゅ病発病程度基準

発病程度	発病状況
—	無病斑
±	不明瞭な病斑
+	明瞭な病斑
++	拡大された病斑

$$\text{発病指数} = \frac{(\pm) \times 1 + (+) \times 3 + (++) \times 6}{(\text{全調査孔数}) \times 6} \times 100$$

4. 抵抗性個体の簡易選抜法の検討

各系統菌に対する抵抗性が異なる11品種・系統を供試した(第3表)。2000年3月23日に各1樹の2葉について、A及びB系統菌(A+B)、B及びC系統菌(B+C)、A及びC系統菌(A+C)ならびにA、B及びC系統菌(A+B+C)を混合した菌懸濁液を中肋接種した。いずれの混合接種でも各系統菌の濃度が10⁸ cfu/mlになるように調整した。なお、病原菌の菌株、培養法及び接種方法は前述のとおりである。

第3表 がんしゅ病の各系統菌に対する抵抗性と混合接種に供試した品種・系統

抵抗性 ^{a)}	品種・系統
A : B : C	
R : R : R	シャンパン
R : R : S	ゴールドナゲット, 長崎6号 ^{b)}
S : R : S	231-46 ^{c)} , 241-40 ^{d)} , 243-4 ^{e)} , 243-6 ^{f)}
S : S : R	86-338 ^{g)}
S : S : S	長崎早生, 茂木, 86-342 ^{h)}

^{a)} A, B 及び C 系統菌の抵抗性(R:抵抗性, S:り病性)

^{b)} 楠×茂木

^{c)} 涼風×白玉

^{d)} 長崎6号(楠×茂木)×長崎11号(楠×茂木)

^{e)} 陽玉×長崎6号

^{f)} 長崎早生×74-1489(シャンパンの自殖個体)

結 果

1. がんしゅ病抵抗性と樹齢との関係

家系241及び242では樹齢によって抵抗性判定が異なった個体はなかった(第4表)。しかし、家系243では32個体中1個体の判定が樹齢により異なり、その比率は3.1%であった。なお、この個体は幼苗期には2度にわたる接種の結果、抵抗性と判定されたが、結実期の接種ではり病性と判定されたものであった。

第4表 がんしゅ病抵抗性の樹齢による変化

家系	幼苗期/結実期				不一致率 ^{b)} (%)
	R/R ^{a)}	R/S	S/R	S/S	
241	16	0	0	10	0.0
242	15	0	0	9	0.0
243	14	1	0	17	3.1

^{a)} 幼苗期の反応/結実期の反応。R:抵抗性, S:り病性

^{b)} (R/S+S/R) / (R/R+R/S+S/R+S/S) × 100

2. がんしゅ病抵抗性と果実形質との関係

1) A系統菌抵抗性と果実形質

果実重は供試した7家系中3家系において、抵抗性個体群とり病性個体群で異なると判定され、そのうち家系231ではり病性個体群の方が大きかったのに対し、家系241及び242では反対に抵抗性個体群の方が大きかった(第5表)。また、糖度及びpHは、7家系中1家系において、抵抗性個体群の方が有意に高いと判定された。収穫期及び果肉硬度は7家系のいずれにおいても抵抗性とり病性の両群間に差は認められなかった。

2) B系統菌抵抗性と果実形質

果実重は家系242において、また、pHは家系228において抵抗性個体群とり病性個体群とで有意に異なると判定されたが、他の家系では差は認められなかった(第6表)。一方、収穫期、果肉硬度及び糖度はすべての家系で両群間に差は認められなかった。

3) C系統菌抵抗性と果実形質

家系209において抵抗性個体群の果肉硬度がり病性個体群に比べ、果肉硬度が有意に高いと判定されたが、他の2家系では差はなかった(第7表)。また、

第5表 がんしゅ病 (A系統菌) 抵抗性と果実形質の関係

家系	抵抗性	個体数	収穫期 (月.日)	果実重 (g)	果肉硬度	糖度	pH
199	抵抗性	11	6. 8	42	180	12.5	4.38
	り病性	12	6. 5	43	240	12.9	4.40
228	抵抗性	8	6.18	57	220	10.8	4.40
	り病性	9	6.18	59	200	10.2	3.99
229	抵抗性	20	6.18	52	180	10.6	4.25
	り病性	12	6.19	50	230	9.9	4.32
231	抵抗性	12	5.28	38	190	11.5	4.11
	り病性	24	5.30	41	180	11.6	4.20
241	抵抗性	27	6. 4	46	150	13.7	4.20
	り病性	7	6. 6	40	100	12.8	4.31
242	抵抗性	27	6. 4	56	150	13.6	4.14
	り病性	8	6. 5	48	120	13.1	4.13
243	抵抗性	13	6. 3	51	190	12.7	4.17
	り病性	22	6. 4	55	200	11.8	4.18

* N. S., *及び**はそれぞれt検定で有意差なし, 5%及び1%レベルで有意。

第6表 がんしゅ病 (B系統菌) 抵抗性と果実形質の関係

家系	抵抗性	個体数	収穫期 (月.日)	果実重 (g)	果肉硬度	糖度	pH
199	抵抗性	11	6. 7	42	160	12.4	4.31
	り病性	14	6. 5	42	230	13.0	4.41
211	抵抗性	14	6.19	52	200	9.9	3.87
	り病性	7	6.18	46	220	9.1	3.85
212	抵抗性	15	6.13	46	290	11.6	4.39
	り病性	17	6.13	45	290	11.0	4.33
228	抵抗性	8	6.18	57	220	10.8	4.40
	り病性	9	6.18	59	200	10.2	3.99
229	抵抗性	21	6.18	52	190	10.6	4.24
	り病性	11	6.19	50	230	9.8	4.35
231	抵抗性	14	5.28	39	180	11.5	4.10
	り病性	23	5.30	42	190	11.6	4.21
232	抵抗性	10	5.29	42	150	10.9	4.15
	り病性	12	6. 1	38	150	10.5	4.05
241	抵抗性	27	6. 4	46	150	13.6	4.18
	り病性	4	6. 5	44	130	12.5	4.51
242	抵抗性	25	6. 4	56	150	13.6	4.13
	り病性	8	6. 5	48	120	13.1	4.13
243	抵抗性	12	6. 3	51	200	12.7	4.22
	り病性	16	6. 5	57	200	11.9	4.16

* N. S. 及び*はそれぞれt検定で有意差なし及び5%レベルで有意。

第7表 がんしゅ病 (C系統菌) 抵抗性と果実形質の関係

家系	抵抗性	個体数	収穫期 (月.日)	果実重 (g)	果肉硬度	糖度	pH
199	抵抗性	10	6. 8	39	190	12.6	4.39
	り病性	15	6. 5	44	210	12.8	4.35
208	抵抗性	8	6. 2	48	210	12.5	4.11
	り病性	13	6. 2	46	260	12.7	4.22
209	抵抗性	6	6. 2	39	250	12.9	4.46
	り病性	9	5.31	40	170	13.4	4.34

* N. S. 及び**はそれぞれt検定で有意差なし及び1%レベルで有意。

第8表 家系209におけるがんしゅ病 (C系統菌) 抵抗性と果皮色の分離状況

	橙黄色		黄白色		χ^2	P
	R*	S	R	S		
観察値	5	4	3	4	0.50	0.90-0.95
期待値	4	4	4	4		

* R:抵抗性, S:り病性

その他の4形質についてはいずれの家系でも両者の間に有意な差は認められなかった。家系209における果皮色の分離についても抵抗性の違いによる有意な偏りは認められなかった (第8表)。

3. 中肋接種と葉肉接種における抵抗性判定の時期及び最適葉齢の検討

1) 中肋接種における葉齢と判定時期との関係

抵抗性品種の‘シャンパン’及び‘長崎6号’はいずれの葉齢でも全く病斑を形成しなかった (第1図, 左)。一方, り病性品種の‘長崎早生’及び‘茂木’では, いずれの葉齢でも接種20日後から病斑が形成されはじめ, 50~60日後には病斑の形成・拡大はほぼ停止した。病斑形成の速度は葉齢が若いほど速かった。また, 最終的な発病指数は葉齢IVで最も高く, 次いで葉齢Vで高かった。

2) 葉肉接種における葉齢と判定時期との関係

抵抗性品種の‘シャンパン’及び‘長崎6号’は中肋接種と同様いずれの葉齢でも全く病斑を形成しなかった (第1図, 右)。一方, り病性品種の‘長崎早生’及び‘茂木’では, いずれの葉齢でも接種20日後から病斑が形成されはじめた。また, 病斑の

形成はほとんどの品種, 葉齢で40日後にはほぼ停止したが, ‘長崎早生’の葉齢Vでは50日後まで病斑形成が続いた。病斑形成の速度は葉齢V及びVIで速く, 最終的な発病孔率は葉齢Vで最も高く, 葉齢IVで最も低かった。また, 葉齢による差は‘長崎早生’で顕著であった。なお, 発病孔率は葉齢V及びVIで接種葉によるばらつきが大きかった。

4. 抵抗性個体の簡易選抜法の検討

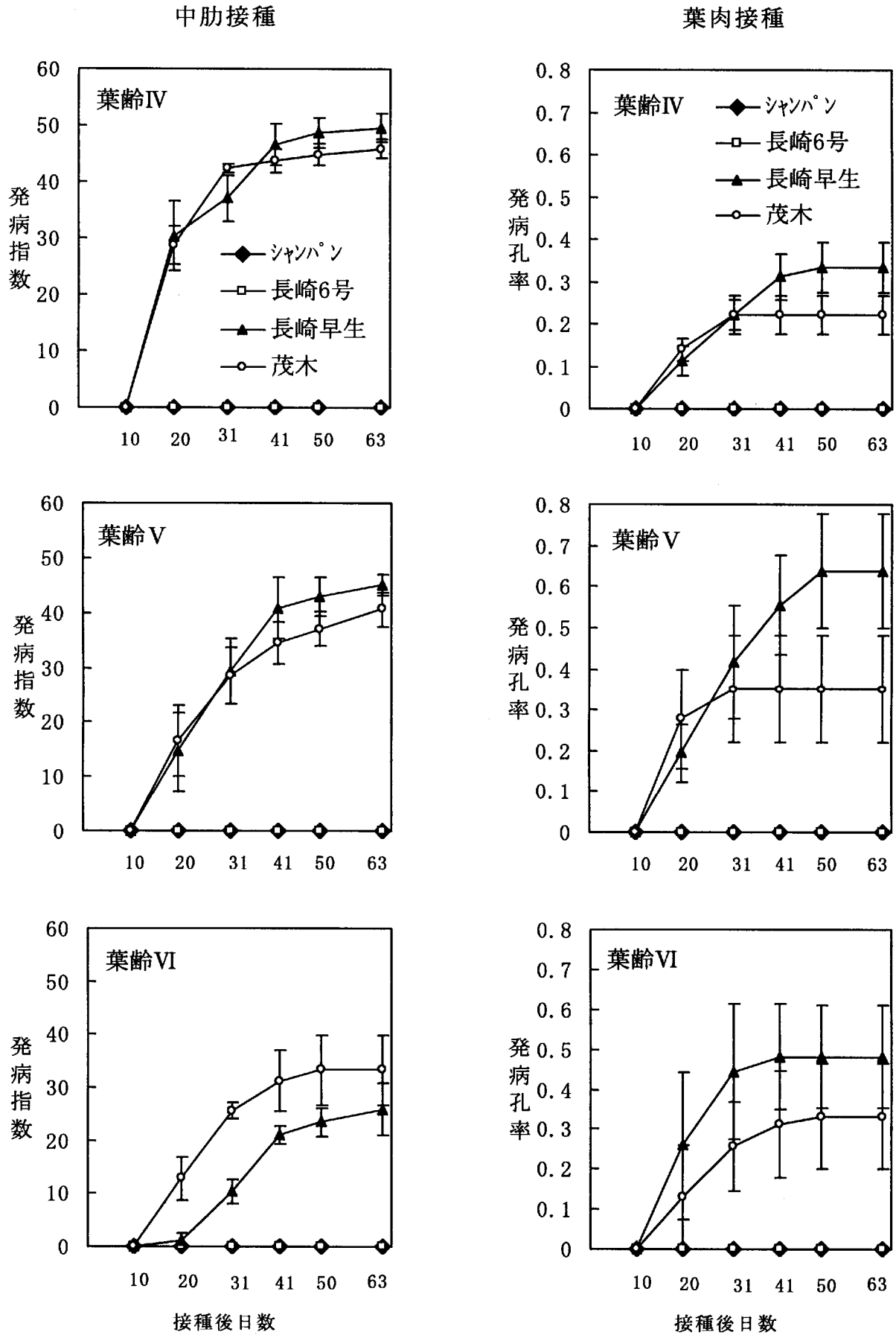
3系統菌すべてに抵抗性である‘シャンパン’はいずれの混合接種でも抵抗性を示した (第9表)。また, 3系統菌のうち A, B 両系統菌に抵抗性であ

第9表 各系統菌を単独接種した場合の抵抗性と混合接種した場合の抵抗性の関係

抵抗性*	品種・系統	混合接種した系統菌			
		A+B	B+C	A+C	A+B+C
A:B:C					
R:R:R	シャンパン	R	R	R	R
R:R:S	ゴートナゲツ	R	S	S	S
	長崎6号	R	S	S	S
S:R:S	231-46	S	S	S	S
	241-40	S	S	S	S
	243-4	S	S	S	S
	243-6	S	S	S	S
S:S:R	86-338	S	S	S?	S
S:S:S	長崎早生	S	S	S	S
	茂木	S	S	S	S
	86-342	S	S	S	S

* A, B 及び C 系統菌の単独接種における抵抗性 (R:抵抗性, S:り病性)

† 不明瞭な病斑のみを形成



第1図 中肋接種及び葉肉接種における発病の経時的変化（上から葉齡IV，葉齡V及び葉齡VI）
縦の線は標準誤差を示す。

る‘ゴールドナゲット’及び‘長崎6号’はA+Bの混合接種では抵抗性を示したが、他の混合接種ではすべて病性を示した。一方、3系統菌のうち1系統菌のみに抵抗性である5系統及び3系統菌のすべてに病性である3品種・系統は、いずれの混合接種でも病性を示した。しかし、C系統菌についてのみ抵抗性である‘86-338’はA+Cの混合接種で不明瞭な病斑を形成した。

考 察

永年生作物である果樹の育種では、開花、結実までの期間が非常に長い上に、個体が大きく圃場も大面積が必要となる。そのため、幼苗期における早期選抜の効果は極めて大きく、耐病性検定を初めとして以前よりその可能性が検討されてきた。果樹の耐病性検定法については、カンキツかいよう病¹⁵⁾、ニホンナシ黒斑病¹⁴⁾及び黒星病⁵⁾、リンゴ斑点落葉病²⁶⁾、モモ根頭がんしゅ病¹³⁾、ニホンスモモ黒斑病¹⁶⁾、ブドウ根頭がんしゅ病¹²⁾など、多くの報告があるが、それらの検定法が実際の育種事業に取り入れられて早期選抜が行われている例は少ない。このことは、耐病性育種は検定法の開発のみでは難しく、病理学的分野ならびに育種学的分野の両面からの研究が不可欠であることを示していると言えよう。

ビワがんしゅ病については、これまでに森田^{17,21)}によって系統菌の類別など病理学的研究が詳細に行われるとともに、付傷接種による抵抗性検定法²⁰⁾や抵抗性の品種間差異^{19,21)}など、抵抗性育種を目指した研究が行われてきた。さらに、AあるいはB系統菌に対する抵抗性の遺伝についても報告^{11,23)}があり、交配計画から接種による選抜に至るまで、抵抗性育種に必要な知見はおおむね得られている。しかし、幼苗期の早期検定を実際の育種に適用するには解明すべき点が二つ残されている。すなわち、抵抗性反応に及ぼす樹齢の影響及び抵抗性と果実諸形質との遺伝的関係の問題である。さらに、多数の個体を取り扱う育種の場合は、接種から判定の迅速化や検定回数を少なくするなど、選抜の効率化が不可欠となる。

1. 抵抗性個体の早期選抜の可能性

抵抗性反応に及ぼす樹齢の影響を3家系について調査したところ、82個体中1個体のみが幼苗期と結実期で異なる反応を示した(第4表)。小崎¹⁴⁾はニホンナシ黒斑病で数百個体について同様の試験を行い、常に95%以上の個体で接種結果が一致したとしている。また、不一致の原因は樹齢による抵抗性の変化ではなく、材料を扱う際の過誤の可能性が高いことを指摘している。一方、Abe・Kotobuki¹¹⁾はニホンナシ黒星病抵抗性において認められた接種結果の不一致は、そのほとんどが1年生時には病性であった個体が4年生時には抵抗性を示したものであることから、抵抗性反応が樹齢により変化したことを示唆している。本試験で幼苗期と結実期で反応が異なった1個体は、幼苗期の最初の検定では不明瞭な病斑しか形成しなかったため、再度検定した結果抵抗性と判断されたが、結実期の接種では不明瞭な病斑を形成し、病性と判定されたものである。接種した幼苗期が3年生時と、比較的生育の進んだ樹齢であったことを考慮すると、本試験における不一致はニホンナシ黒星病の場合とは異なり、抵抗性反応が変化したためではないと考えられる。従って、本来この個体は病性であるが、発病程度が比較的低いため、幼苗期の接種では接種方法に何らかの問題があつて十分に病斑を形成しなかったと考えるのが妥当であろう。従って、がんしゅ病抵抗性は幼苗期から結実期まで変化しないため、幼苗期の接種検定により高い精度で抵抗性個体を選抜できると結論づけられる。

がんしゅ病抵抗性個体を早期選抜しても果実品質の優れた品種を育成する上で支障がないかを確認するため、各系統菌に対する抵抗性と果実諸形質との遺伝的関係について検討した。A系統菌では供試した7家系中3家系において抵抗性個体群とり病性個体群の間で果実重が有意に異なると判定された(第5表)。しかし、家系231では病性個体の方が、一方、家系241及び242では抵抗性個体群の方が大きく、その方向性は一貫したものではなかった。従って、果実重とA系統菌に対する抵抗性との間には遺伝

的關係はないと推察される。なお、B 系統菌では10 家系中9家系において、C 系統菌では3家系すべてにおいて果実重は抵抗性個体群とり病性個体群との間に有意な差は認められなかった。また、他の4形質においても両群間で異なった家系はごくわずかであり、各系統菌に対する抵抗性と各果実形質の間には遺伝的關係は存在せず、両者はおおむね独立して遺伝していると考えられる。ナシ火傷病についても抵抗性と果実形質の間にはほとんど相関がなく、良質性と抵抗性を兼ね備えた個体の獲得は可能であるという報告がある⁷⁾。なお、A 系統菌に対する抵抗性は一對の主働遺伝子に支配されており¹¹⁾、B 系統菌に対する抵抗性²³⁾もポリジーン支配よりもむしろ少数の遺伝子に支配されていると考えるのが妥当である。このことは、これらの抵抗性はポリジーン支配と考えられる果実諸形質とは独立して遺伝するという本試験の結果を支持するものと考えられる。従って、圃場定植前に抵抗性個体のみを早期選抜しても、果実諸形質に関する交配実生集団の遺伝的変異は変化しないと考えられるので、果実品質の優れた品種の育成に支障はない。

ビワの果皮色を橙黄色と黄白色の二つのタイプに大別した場合、果皮色は一對の遺伝子に支配され、橙黄色が優性であることが示唆されている²⁴⁾が、本試験の結果、C 系統菌抵抗性と果皮色は独立して遺伝していると推察される(第8表)。本試験では、A 及び B 系統菌については果皮色が分離した家系がなく検討できなかった。しかし、抵抗性、り病性いずれの品種群でも橙黄色と黄白色の両方の品種が存在する^{11,21)}ことから、両系統菌の抵抗性についても果皮色とは独立して遺伝していると考えられる。

2. 効率的な早期選抜法の検討

付傷接種に最適な葉は成葉の約半分の大きさに展開した幼葉であり²⁰⁾、がんしゅ病菌の生育適温は25、26℃で33℃以上では全く生育しない²¹⁾ことから、接種検定は通常春と秋の年2回しかできず、定植までの接種回数も3回程度に限られる。また、接種、判定後に鉢の植え替えなど他の管理作業が続く場合には、接種後は迅速かつ正確に抵抗性の判定を行い、

り病性個体を淘汰、除去することが望ましい。以上のことから、接種してから抵抗性判定までの期間をできるだけ短くすることや少ない接種回数で各系統菌に対する複合抵抗性個体を選抜することは、抵抗性品種を効率よく育成する上で大変重要である。

接種してから抵抗性を判定するまでの期間は、中肋接種が50~60日であったのに対し、葉肉接種では40~50日であり、若干早く判定できた(第1図)。また、最適葉齢は両接種方法で若干異なったが(第1図)、葉肉接種での結果は森田の結果²⁰⁾と一致した。なお、B 系統菌では中肋接種と葉肉接種の両方が可能であるが、判定までの期間の長さでは葉肉接種が優れているものの、中肋接種は最適葉齢の幅が広く、また、接種葉によるばらつきが少ないため、中肋接種の方がより精度の高い接種法であると考えられる。

複数の系統菌の混合接種により、各系統菌に対する抵抗性個体を選抜できるかを検討したところ、3系統菌すべてに抵抗性である‘シャンパン’は、いずれの混合接種でも抵抗性を示したのに対し、1系統菌でもり病性である品種・系統は、A+B+C の混合接種でいずれもり病性を示したことから、1回の混合接種ですべての系統菌に抵抗性を有する個体を選抜できる可能性が示唆された。しかし、‘86-338’では、り病性を示すと予想される A+C の混合接種で不明瞭な病斑しか形成せず、また、他の品種・系統でも単独接種に比べて発病程度が小さい傾向が観察されており、単独接種と混合接種の発病程度の違いを詳細に検討する必要がある。また、抵抗性の遺伝は A 及び B 系統菌についてはおおむね明らかになっているが、C 系統菌については未だに不明なため、抵抗性個体の出現が予測できない。そのため、現段階では A+B+C の1回接種ですべての系統菌に抵抗性を有する個体を選抜することは実際上困難であり、C 系統菌抵抗性の遺伝様式を早急に解明する必要がある。

近年は病害抵抗性に連鎖した DNA マーカーが果樹類でも報告されている^{6,8,10,24,26)}。現在の付傷接種によるがんしゅ病抵抗性検定法では早くても1年生時にしか選抜、淘汰できず、定植までの接種回数も

限られる。DNA マーカーを利用すれば、播種当年に選抜が可能であり、選抜効率が飛躍的に向上することから、ピワがんしゅ病においてもその開発が大いに期待される。

謝 辞

本試験を行うにあたり、病原菌の分離や接種方法から論文校閲に至るまで、終始ご教示を賜った長崎県総合農林試験場東彼杵茶業支場長森田昭博士に深甚なる感謝の意を表す。また、本試験にご協力頂いた育種科の歴代職員、臨時職員並びに研修生に厚く御礼申し上げる。

摘 要

ピワ育種においてがんしゅ病抵抗性品種を効率的に育成するために、幼苗検定による早期選抜法の可能性について検討した。

1. 幼苗期（3年生）に A 系統菌抵抗性を検定した実生個体について、結実期（6年生）に再度 A 系統菌を接種し、両者を比較したところ、82個体中 81個体で検定結果が一致した。
2. 抵抗性と病性が分離した家系を供試して、果実諸形質について両群間の差異を検定したところ、いずれの系統菌においても抵抗性と各果実形質の間に明確な遺伝的關係は認められず、両者は独立して遺伝していることが示唆された。
3. 接種してから判定するまでの期間は、中肋接種で50～60日、葉肉接種で40～50日であった。接種に最適な葉齢は中肋接種でIV、葉肉接種でVであった。判定までの期間では葉肉接種が、また、検定の精度では中肋接種が優れていた。
4. 各系統菌の混合接種により、1回の接種で複数の系統菌に対する抵抗性個体を選抜できる可能性が示された。しかし、個体によっては発病程度が小さい場合があるので、更なる検討が必要である。

引用文献

1) Abe, K. and K. Kotobuki. 1996. Selection of scab-resistant plants in *Pyrus* seedlings at juvenile stage.

Bull. Fruit Tree Res. Stn. 29:15-25.

- 2) Abe, K. and K. Kotobuki. 1998. Inheritance of high resistance to *Venturia nashicola* Tanaka et Yamamoto in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) and Chinese pear (*P. ussuriensis* Maxim.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67:677-680.
- 3) Abe, K. and K. Kotobuki. 1998. Polygenic inheritance of necrotic reaction to pear scab (*Venturia nashicola* Tanaka et Yamamoto) in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) and Chinese pear (*P. ussuriensis* Maxim.). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 67:839-842.
- 4) Abe, K., K. Kotobuki, T. Saito and O. Terai. 2000. Inheritance of resistance to pear scab from European pears to Asian pears. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 69:1-8.
- 5) 阿部和幸・栗原昭夫. 1992. ニホンナシ黒星病抵抗性の検定方法. 果樹試報. 23 : 155-168.
- 6) Banno, K., H. Ishikawa, Y. Hamauzu and H. Tabira. 1999. Identification of a RAPD marker linked to the susceptible gene of black spot disease in Japanese pear. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68:476-481.
- 7) Bell, R. L., J. Janick, R. H. Zimmerman and T. van der Zwet. 1976. Relationship between fire blight resistance and fruit quality in pear. HortScience. 11:500-502.
- 8) Dalbó, M. A., G. N. Ye, N. F. Weeden, W. F. Wilcox and B. I. Reisch. 2001. Marker-assisted selection for powdery mildew resistance in Grapes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126:83-89.
- 9) Fernández, C., J. Pinochet, D. Esmenjaud, M. J. Gravato-Nobre and A. Felipe. 1995. Age of plant material influences resistance of some *Prunus* rootstocks to *Meloidogyne incognita*. HortScience. 30:582-585.
- 10) 深沢（赤田）朝子・工藤 剛・白鳥孝子・今智之・初山慶道. 2000. リンゴ品種における斑点落葉病感受性の遺伝と連鎖するマーカーの分布. 育種学研究2(別1):301.
- 11) 稗圃直史・佐藤義彦・福田伸二・寺井理治. 2002. ピワがんしゅ病（A 系統菌）に対する抵抗性の遺伝. 園学雑. 71 : 255-261.
- 12) 家城洋之・澤田宏之. 1992. ブドウの根頭がん

- しゅ病に対する抵抗性判定法と品種抵抗性. 日植病報. 58 : 195-199.
- 13) 石澤ゆり・京谷英壽・西村幸一・山口正己. 1992. モモ根頭がんしゅ病抵抗性の検定法と品種間差異. 果樹試報. 23 : 37-46.
- 14) 小崎 格. 1974. ナシ黒斑病抵抗性に関する育種学的研究. II. 抵抗性の早期検定法. 果樹試報 A. 1 : 13-24.
- 15) 松本亮司・奥代直己. 1988. 付傷接種によるカンキツかいよう病抵抗性の幼苗検定法について. 果樹試報 D. 10 : 11-23.
- 16) 三宅正則・八重垣英明・土師 岳・山口正己. 1999. 新梢への付傷接種によるニホンスモモ品種および数種核果類の黒斑病抵抗性の検定. 果樹試報. 33:77-96.
- 17) 森田 昭. 1978. ビワがんしゅ病に関する研究. 第2報. ビワがんしゅ病菌の色素産生性と病原性による系統類別. 日植病報. 44 : 6-13.
- 18) 森田 昭. 1979. ビワがんしゅ病とその防除について. 第16回長崎県試験研究・普及実績発表会(要旨). 64-75.
- 19) 森田 昭. 1980. ビワがんしゅ病抵抗性の品種間差異. 九農研. 42 : 53.
- 20) 森田 昭. 1984. ビワがんしゅ病抵抗性の病理学的ならびに育種学的研究. 長崎県果樹試験場30周年記念誌. 197-221.
- 21) 森田 昭. 1988. ビワがんしゅ病病原細菌の類別とビワ品種の抵抗性に関する研究. 長崎県果樹試験場特別報告. 1-58.
- 22) 森田 昭. 1991. ビワ植え付け時のがんしゅ病菌接種がその後の樹体生育ならびに果実生産性に及ぼす影響. 日植病報. 57 : 629-633.
- 23) 森田 昭・一瀬 至・浅田謙介. 1985. ビワがんしゅ病抵抗性の遺伝解析 (I). 九農研. 47 : 101.
- 24) Tartarini, S. 1996. RAPD markers linked to the Vf gene for scab resistance in apple. Theor. Appl. Genet. 92:803-810.
- 25) 土屋七郎・吉田義雄・羽生田忠敬. 1967. リンゴの耐病性に関する研究. 第1報. リンゴ交配実生の斑点落葉病抵抗性について. 園試報 C. 5 : 9-19.
- 26) Yang, H. Y., S. S. Korban, J. Krüger and H. Schmidt. 1997. A randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) maker tightly linked to the scab-resistance gene *Vf* in apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122:47-52.
- 27) 吉田俊雄・橋本基之・中尾 敬. 1988. ビワの交雑個体群における果皮色の分離状況. 園学要旨. 昭63春 : 110-111.

Bull. Nagasaki Fruit Tree Exp. Stn. 9:27-37. 2002.

Selection at Juvenile Age for Resistance to Loquat Canker in Loquat Breeding

Naofumi HIEHATA, Yoshihiko SATO, Shinji FUKUDA and Osamu TERAJ

Section of Breeding, Nagasaki Fruit Tree Experiment Station, 1370 Onibashi-cho, Omura, Nagasaki, 856-0021

Summary

Efficient screening method of resistant seedlings to loquat canker at juvenile age was examined to incorporate the selection of canker-resistant plants into loquat breeding program.

Evaluations of canker resistance at two different ages (three or six years old) were consistent in 81 seedlings out of 82 seedlings. Any resistances to three groups of loquat canker seemed not to associate with fruit quality and it suggested that inheritance of these resistances was independent on that of fruit quality. The period from inoculation to evaluation in inoculation at midrib and mesophyll was 40-50 and 50-60 days, respectively. Compared with the inoculation at midrib, mesophyll inoculation was superior for soon evaluation but seemed to be less accurate. There was the possibility of selection of seedlings with multiple resistance to three groups of loquat canker at single inoculation with mixed suspension of all three groups.