

キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態と防除

愛媛県立果樹試験場 ^み三 ^{よし}好 ^{たか}孝 ^{のり}典

はじめに

キウイフルーツは木本つる性の果樹で、当初高収益性により、ミカン栽培地帯を中心に急速に集団化が進み、1991年には全国の栽培面積が5,250 ha (果樹統計)に達した。しかし、近年は高収益性が失われ、栽培面積が減少している。導入当初の病害発生はほとんど問題にならなかったが、栽培面積の増加に伴って、直接減収に結びつく花腐細菌病が発生し問題となってきた (橘, 1988)。

本稿では、本病の発生生態と防除法について、現在明らかになっている試験成績を紹介し、参考に供したい。

I 分離用選択培地

本病の被害部からは *Pseudomonas syringae*, *P. viridiflava* および *P. marginalis* (北ら, 1989; 三好ら, 1989; 西山ら, 1988; スランら, 1985) が分離されているが、*P. syringae* が主因と考えられている。主因である *P. syringae* の分離を行うと、他の *Pseudomonas* 属菌や多くの腐生菌が共に分離され、*P. syringae* と同定するためには細菌学的性質の調査や接種試験が必要である。しかし、多数の菌株の細菌学的性質調査には、多大の時間を要する。そのため、本細菌に対する有効な選択培地の開発が望まれていた。

筆者は、瀧川・露無 (1990) が指摘した腐敗性 *P. syringae* の特徴であるアドニトールの利用能に注目し、キウイフルーツから分離した *P. syringae* のアドニトール利用能を調査した結果、それらの95%に利用能が認められたので、選択培地の炭素源とすることにした。微量要素については対馬ら (1986) の考案した培地を参考にし、組成が単純で比較的容易に調整できる *P. syringae* の分離用選択培地を作成し、SPS培地と名付けた (表-1)。

SPS培地上で *P. syringae* 32菌株中31菌株は22°Cで培養7日後に中心部が紫色で、周囲が乳白色のコロニーを形成したが、1菌株のみは乳白色のコロニーであった。病原性の明らかとなった32菌株の中で96.9%が本培地で検出が可能であり、アドニトールを利用しない菌株を考慮しても全体の90%以上が本培地で検出可能で

表-1 SPS培地の組成

試薬	量	試薬	量
基本培地		抗菌試薬	
NH ₄ H ₂ PO ₄	1.0 g	フェノールレッド	20 mg
KCl	0.2 g	メチルバイオレット	1 mg
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0.2 g	フェネチシリンカリウム	50 mg
アドニトール	2.0 g	セトリマイド	10 mg
寒天	15.0 g		
水	1,000 ml		

基本培地をpH 6.8に調整し、110°C、10分滅菌後、抗菌試薬を加える。

あった。キウイフルーツから分離した *Pseudomonas* 属菌 (4種21菌株)のうち、SPS培地上で *P. syringae* と *P. marginalis* が生育したが、ほとんどの *P. marginalis* は生育が著しく抑制され、良好な生育を示した1菌株も *P. syringae* とは明らかにコロニーの色が異なった。他の植物病原細菌 (5属8種21菌株) ではSPS培地上で多くの細菌は生育せず、生育してもコロニーの色により容易に区別することが可能であった (表-2)。SPS培地の平板効率はキングB培地、NA培地およびYP培地と比較して若干悪い程度であった。

SPS培地を用いて実際にキウイフルーツ樹の各部位から分離される菌株は、ほとんどが *P. syringae* と類似したコロニーであった。これらの類似したコロニー100菌株の細菌学的性質は *P. syringae* と一致し、病原性も認められた。

以上から、SPS培地は実際の圃場でのキウイフルーツ樹から *P. syringae* を選択分離することが可能であり、本病の生態研究に有用であると考えられた。

II 花蕾の時期別感受性

本病の薬剤防除適期を推定するため、時期別に本病の病原細菌である *P. syringae* を花蕾に噴霧接種し、花蕾の感受性変化を3か年間検討した。その結果、5月下旬に開花する樹では花蕾の感受性は5月上旬から中旬が高く、開花直前の下旬には低くなることが明らかとなった (表-3)。

開花日から接種日までの日数と発病率との関係では、最も高い発病を示した時期は開花前の10日から19日で、発病率20.4%であり、他の時期との間に有意差 (危険率5%) が認められた。それ以前の接種では接種

Epidemiology of Kiwifruit Bacterial Blossom Blight and its Control. By Takanori MIYOSHI

(キーワード: キウイフルーツ, 花腐細菌病, 選択培地, 環状剥皮)

表-2 SPS培地上で生育する各種病原細菌の形状

病原菌	菌株数	コロニーの大きさ	コロニーの形状
<i>P. syringae</i>	31	1~2 mm	全縁, 中高, 平滑, 色は中心部紫, 周囲薄紫
”	1	0.3 mm	全縁, 中高, 平滑, 色は乳白色
<i>A. tumefaciens</i> biovar 1	1	0.3 mm	全縁, 扁平, 平滑, 色は乳白色
<i>P. marginalis</i>	2	0.1 mm	斑点状
”	1	2 mm	全縁, 中高, 平滑, 色は濃い紫
<i>P. avanae</i>	1	0.1 mm	斑点状
<i>X. c. citri</i>	1	0.1 mm	斑点状

けて高まり、開花前10日から19日にかけて最も高くなり、開花10日前から開花までは低くなるものと判断された。薬剤防除は花蕾の感受性の高まる前の4月下旬(開花30日から40日前)と、最も花蕾の感受性が高まる5月中旬(開花20日から10日前)の防除が重要と考えられた。

表-3 キウイフルーツ花蕾への花腐細菌病菌の時期別接種^{a)}による発病率^{b)}の変化

菌株	年	時期別接種による発病率							
		4/17	4/25	5/1	5/8	5/16	5/19	5/23	5/26
208	1990	7.4	2.1	4.7	26.7	33.3	38.5	4.4	0
	1991		4/24	5/1	5/8	5/14	5/20		5/27
208 R3	1991		17.1	6.5	26.0	4.7	6.5		0
	1992		12.0	20.0	19.2	10.2	16.7		8.1
208 R3	1992	4/14	4/20	4/27	5/1	5/7	5/15	5/21	5/25
	1992	6.3	5.4	5.0	6.7	16.3	17.4	5.5	3.3
	1992	9.1	8.8	11.4	9.7	18.4	16.9	5.5	3.7

^{a)}: 各時期10新梢に花腐細菌病菌を接種した。各年の接種花蕾の平均開花日は、1990年5月26日、1991年5月28日、1992年5月27日であった。

^{b)}: 発病数/接種花蕾数×100。

III 花蕾の発育速度と発病との関係

福富ら(1989)は、花蕾への病原細菌の最初の感染はがくが裂開した傷口より起こると報告した。このことから、花蕾がく裂開時期の早晩により、発病が変化することが推察されたので、キウイフルーツ89樹(5年間合計)を供試し、1樹当たり100から200花蕾について、がく裂開日、開花日および花腐細菌病の発生との関係を調査した(表-5)。

がく裂開時期と発病との関係では、がくが早く裂開する花蕾ほど発病が多くなる傾向であったが、5年間全体ではほとんど相関が認められなかった。これは1994年のがく裂開がきわめて早いにもかかわらず、発病が少なかったためと考えられる。がく裂開時期の早晩は、同一気象条件下では早く裂開する花蕾ほど発病が多くなる傾向があった。

表-4 開花日から接種日までの日数およびがく裂開日から接種日までの日数と発病との関係

開花日から接種日までの日数	花蕾数	発病率 ^{a)}	がく裂開日から接種日までの日数	花蕾数	発病率 ^{a)}
0~9	505	7.5 b ^{b)}	10~19	60	2.6 c ^{b)}
-10~-19	386	20.4 a	0~9	470	9.2 bc
-20~-29	341	11.6 b	-1~-10	376	18.3 a
-30~-39	289	8.0 b	-11~-20	308	12.0 ab
-40~-49	68	4.3 b	-21~-30	276	7.6 c
			-31~-40	99	2.3 c

^{a)}: 表-3参照。 ^{b)}: ダンカンの多重検定結果(5%)、同一文字には有意差なし。

時期が早くなるほど発病が減少した。また、開花日に近い接種、すなわち開花0日から9日前の接種でも発病は軽症であった(表-4)。一方、がく裂開日から接種日までの日数と発病の関係では、発病はがく裂開前の10日間で最も高く、次いでがく裂開前の11日から20日の間で高かった(表-4)。このことはがく裂開以前、特にがく裂開の10日前に病原細菌ががくに定着することが発病に大きく影響するものと推察される。

以上のことから、花腐細菌病菌に対する花蕾の感受性は開花前30日までは低く、開花前20日から29日にか

きに、感染はがく裂開後に起こるということを考慮すると、がくが早く裂開するほど発病が多くなるのは、病原細菌の侵入の機会が多くなるためと考えられる。しかし、花蕾自体の感受性はがく未裂開期より高まることを考慮すると、がく裂開の早晩は病原細菌の侵入機会の増減よりも、花蕾の発育速度に影響を与える要因とも考えられる。

開花時期と発病との関係では、開花が遅い花蕾ほど発病が多くなる傾向があった。早く開花する年は発病が少

表-5 かく裂開時期, 開花時期およびかく裂開から開花までの日数と発病率との相関^{a)}

調査年	かく裂開時期		開花時期		かく裂開から開花までの日数	
	相関係数	データ数	相関係数	データ数	相関係数	データ数
1989	-0.38** ^{b)}	82	0.50**	87	0.46**	79
1990	-0.22	72	0.33**	67	0.55**	65
1992	-0.37*	34	0.25	38	0.55**	28
1993	-0.40*	39	0.59**	28	0.41**	40
1994	-0.28**	100	0.35**	95	0.35**	86
5年間での解析	-0.09	327	0.59**	315	0.38**	298

^{a)}: 各樹の発病率と各要因を解析した。^{b)}: **:1%, *:5%で有意。

表-6 9年間のキウイフルーツ花腐細菌病の発病状況と平均開花日

調査年	園地数	樹数	発病率 ^{a)}	平均開花日
1987	1	5	50.7 a ^{b)}	6/1.6
1988	3	12	35.4 b	6/2.5
1989	8	61	48.6 a	6/1.1
1990	3	25	10.7 cd	5/30.0
1991	2	15	20.8 c	5/31.5
1992	3	15	12.7 cd	5/30.4
1993	8	30	14.4 cd	6/1.1
1994	8	27	2.7 d	5/25.1
1995	6	19	33.4 b	6/4.7

^{a)}: 発病花数/調査花数×100。^{b)}: ダンカンの多重検定(5%)同一文字に有意差なし。

なく、遅く開花する年は発病が多くなる(三好ら, 1996c)のは、開花が遅いため、その間に病原細菌が増殖して発病が増加すると考えられる。また、ニュージーランドでは本病が健全花蕾に二次伝染する報告(EVERETT and HENSHALL 1994)があるので、開花が遅いと感染の機会が増加し、発病が増加することが推察される。

かく裂開から開花までの日数と発病との関係では、その日数が長くなるほど発病が多くなる傾向があった。YOUNGら(1988)は、外観健全花蕾や葉から分離した病原細菌が花蕾に対して病原性を有することを確認している。このことより、病原細菌が潜伏感染することが考えられる。また、開花を早めるため、接種後の温度を変化させて発病の程度を調査した試験(三好・橘, 1996a)でも、開花が早くなるほど発病が少なくなった。かく裂開から開花までの日数すなわち花蕾の発育速度が遅いと、病原細菌の感染の機会が増加するのみならず、潜伏感染している花蕾も発病するようになり、発病が増加するものと考えられる。

IV 気象要因と発病との関係

本病の発生と気象との関係を明らかにするため、1987年から95年までの9年間、209樹での本病の発生と開花日を調査し、開花日からさかのぼって60日前までを

10日ごとにステージ1から6に類別し、各ステージでの発病率と10種気象要因(平均気温、最高気温、最低気温、気温較差(最高-最低気温)、湿度、最低湿度、日照時間、日射量、降水量および降雨日数)との関係について検討した。

9年間の調査で、年次別の発病率は多発生、中発生、少発生および極少発生の4グループに分別され(表-6)、森田(1995)の多発生年と少発生年が隔年的に起こる傾向とは異なっていた。隔年になる原因は結果母枝中の貯蔵養分の多少に起因すると報告(森田, 1995)されているが、本実験では植物体の要因よりも気象要因のほうが本病の発生に大きく影響するものと推察された。開花日と発病率との関係では、開花が早い年ほど発病が少なくなる傾向があった。この傾向は1樹における開花日と発病との関係と類似し、開花までの日数が短くなると、発病が少なくなるもの(三好・橘, 1996a)と考えられる。

調査年におけるキウイフルーツの生育の概略はステージ6で発芽し、その後逐次新梢が伸長した。ステージ3からステージ2にかけて花蕾がかく裂開し、ステージ1で開花した。平均気温と発病率との関係では、ステージ2および3で負の相関を示し、ステージ5および6で正の相関を示した。これはステージ5および6で平均気温が高いと新梢の発芽および伸長が早くなるとともに、花蕾の生育も早くなり、ステージ2および3で平均気温が低いと開花までの日数が長くなることが推察される。開花するまでの日数が長くなること、すなわち花蕾の発育速度が遅くなると、発病が激しくなるもの(三好・橘, 1996b)と考えられる。降雨量と発病率との相関でステージ2および3は正の相関が認められ、特にステージ2では高い正の相関が認められた。降雨日数との相関も降雨量と同様の傾向を示した。ステージ2は花蕾の感受性ももっとも高くなる時期であり、この時期の降雨によって、花蕾がかくに頻りに病原細菌が定着および感染するため、本病の発生に重要な時期と考えられる(表-7)。

本病の発病率と他の気象要因についても同様にステージ2および3で相関係数が高くなる要因が多く、この時期が本病の発生に大きく関与している時期と考えられる。

表-7 各気象要因と発病率との関係

ステージ ^{a)}	T ^{b)} (°C)	T _{max} ^{c)} (°C)	T _{min} ^{d)} (°C)	DT ^{e)} (°C)	RH ^{f)} (%)	RH _{min} ^{g)} (%)	HS ^{h)} (hr)	AI ⁱ⁾ (MJ/m ²)	P ^{j)} (mm)	DR ^{k)} (days)
1	0.24** ¹⁾	0.25**	0.15*	0.06	0.07	0.13	0.26**	-0.06	0.03	-0.04
2	-0.53**	-0.51**	-0.03	-0.42**	0.52**	0.47**	-0.29**	-0.42**	0.59**	0.53**
3	-0.11	-0.39**	0.33**	-0.67**	0.53**	0.62**	0.42**	-0.64**	0.25**	0.47**
4	-0.42**	-0.36**	-0.51**	0.17*	-0.20**	-0.24**	0.32**	0.07	-0.22**	-0.46**
5	0.60**	0.58**	0.43**	0.04	0.34**	0.19**	-0.18*	-0.20**	-0.23**	-0.03
6	0.24**	0.26**	0.18*	0.22**	-0.06	-0.04	0.13	-0.04	-0.13	-0.39**

^{a)}:各ステージは以下の開花前日数, 1:0~9日, 2:10~19日, 3:20~29日, 4:30~39日, 5:40~49日, 6:50~59日, ^{b)}:平均気温, ^{c)}:最高気温, ^{d)}:最低気温, ^{e)}:気温較差(最高気温-最低気温), ^{f)}:湿度, ^{g)}:最低湿度, ^{h)}:日照時間, ⁱ⁾:日射時間, ^{j)}:降雨量, ^{k)}:降雨日数. ¹⁾:*5%で,**1%で有意を示す.

表-8 環状剥皮処理が花蕾の朝露形成に及ぼす影響

調査年	処理日	新梢長	朝露形成率(%) ^{b)}		発病率	発病度
			5/14	5/17		
1994	環状剥皮	29.9 a	21.0 a	25.2 a	2.9 a	2.6 a
	無処理	54.6 b	32.6 a	42.8 b	5.8 b	5.1 a

1995	環状剥皮	25.4 a	2.4 a	16.3 a	13.6 a	11.7 a
	無処理	49.2 b	8.6 b	48.1 b	40.9 b	33.5 b

^{a)}:1994年5月3日および1995年5月4日に環状剥皮処理を行った. ^{b)}:朝露形成花蕾数/調査花蕾数×100.

^{c)}:ダンカンの多重検定結果(5%),同一文字に有意差なし.

V 環状剥皮による本病の発病抑制

キウイフルーツ花腐細菌病は薬剤の効果は上がりにくく,多発年には薬剤散布の効果はほとんど認められない.有効な防除法として雨除け被覆(赤山ら,1990)や環状剥皮処理がある.

環状剥皮の時期および剥皮の幅について検討したところ,剥皮時期は満開約25日前までに行う必要があり,剥皮の幅は5~7mmでないと発病抑制効果が不安定になり,これらの結果は梶谷の報告(1993)と一致した.

環状剥皮による発病抑制効果の原因として,花蕾への病原細菌の定着や感染の減少が考えられたので,5年間環状剥皮を行った樹に病原細菌を接種して検討したところ,病原細菌を接種しても環状剥皮による発病抑制効果は顕著に認められた.次に,病原細菌が増殖するうえで重要な要因の一つと考えられる水分(含水率)について検討したところ,葉および新梢では含水率が若干減少する変化が認められたが,発病部位である花蕾ではまったく含水率の変化は認められなかった.このため,環状剥皮による発病抑制は水分の減少による病原細菌の増殖抑制とは考えられなかった.

本病の発生は谷間や過繁茂,土壌水分の高い園等の高湿度園で多い傾向がある(橘,1988).また,同一園地内でも過繁茂の部位では発生が多い傾向がある.そのた

め,環状剥皮によって新梢の伸長が減少し,過繁茂が抑制され,発病が抑制される可能性が考えられたので,環状剥皮樹の新梢長および花蕾の結露付着率を調査した(表-8).環状剥皮により新梢の伸長が抑制されるとともに,花蕾では明らかに結露付着率の減少がみられた.これは新梢の伸長が減少したことに起因するものと考えられた.この結露は指で触れると粘着性を持っているものが多く,花蕾内の成分が溶出しているものと推察される.また,結露中に病原細菌が存在しており,花蕾内の成分を栄養源として増殖している可能性があるため,結露の高い付着率が本病発生に助長的に作用するものと推察され,結露付着率の減少が病原細菌の増殖を抑制する結果,発病が抑制されるものと考えられる.

おわりに

キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態と防除法について約10年間試験研究を行ったが,まだまだ不明なところが多い.特に,気象要因以外の要因として,園地条件,病原細菌密度および結果母枝中の貯蔵養分や花蕾内成分等のキウイフルーツ病害抵抗性の要因が考えられ,今後気象要因とこれらの要因を含めた解析が必要である.

引用文献

- 1) EVERETT, K. R. and W. R. HENSHALL (1994): Plant Pathology. 43: 824~830.
- 2) 福富雅夫ら (1989): 石川農短農資研報 1: 32~40.
- 3) 梶谷裕二 (1993): 植物防疫 47: 177~179.
- 4) 北 宜裕ら (1989): 日植病報 55: 123 (講要).
- 5) 三好孝典ら (1989): 四国植防 24: 51~58.
- 6) ———・橘 泰宣(1996 a): 日植病報 62: 517~522.
- 7) ——— (1996 b): 同上 62: 523~527.
- 8) ———ら (1996 c): 同上 62: 533~536.
- 9) 森田 昭 (1995): 同上 61: 57~62.
- 10) 西山幸司ら (1988): 同上 54: 119 (講要).
- 11) 赤山喜一郎ら (1990): 同上 56: 394 (講要).
- 12) スラン カンジャンラトら (1985): 九州病虫研報 31: 229 (講要).
- 13) 橘 泰宣 (1988): 植物防疫 42: 182~186.
- 14) 龍川雄一・露無慎二 (1990): 日植病報 56: 152 (講要).
- 15) 対馬誠也ら (1986): 同上 52: 253~259.
- 16) YOUNG, J. M. et al. (1988): Ann. appl. Biol. 112: 91~105.