

キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態(2)

花蕾の発育速度と発病との関係

誌名	日本植物病理學會報 = Annals of the Phytopathological Society of Japan
ISSN	00319473
著者名	三好,孝典 橘,泰宣
発行元	日本植物病理學會
巻/号	62巻5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 523-527
発行年月	1996年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態 2. 花蕾の発育速度と発病との関係*

三好 孝典**・橘 泰宣**

Takanori MIYOSHI** and Yasunobu TACHIBANA**:
Epidemiological Studies on Bacterial Blossom Blight of Kiwifruit
2. Relationship between Occurrence of Bacterial Blossom Blight
and the Rate of Bud Development

Abstract

During the 5 years from 1989 to 1994 (except 1993), calyx splitting and flowering date and occurrence of bacterial blossom blight of kiwifruit were investigated on a total of 89 trees (100 to 200 flower buds per a tree). While the date of calyx splitting negatively correlated with the disease occurrence, a positive correlation was found between disease occurrence and the number of days from calyx splitting to flowering. Although new canes were deliberately infected with *Pseudomonas syringae*, a causal pathogen of bacterial blossom blight of kiwifruit, flowers on the shoot tips were more resistant to the disease than those on the bottom. No difference was observed in the population density of *P. syringae* among the flowers on the new canes. These results lead to the conclusion that decrease of disease incidence on new canes might result from the number of days between calyx splitting and flowering, suggesting that the later rate of bud development, the more disease occurrence increased.

(Received December 25, 1995; Accepted May 7, 1996)

Key words: kiwifruit, bacterial blossom blight, calyx splitting, flowering, rate of bud development.

緒 言

キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態については森田⁶⁾によって報告され、福富ら^{2,3)}によって花器感染経路や伝染環についての報告がなされた。福富ら²⁾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、花蕾がくの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。また、前報⁶⁾で雨よけ栽培内の接種花蕾のがく裂開日および開花日を調査したところ、新梢ではがく裂開はまず新梢基部に着花している花蕾より起こり、順次先端に着花している花蕾で起こっていくこと、また開花は新梢先端に着花した花蕾から開花することが認められた。前報⁶⁾で生育にともなって花蕾の本病に対する感受性が変動することが明らかにされたことから、花蕾のがく裂開日や開花日の違いで発病が異なることが推察された。

そこで、本研究では愛媛県のカウイフルーツ園で5年間にわたり、花蕾のがく裂開日、開花日およびがく裂開日から開花日までの日数と発病の関係を調査し、さらに新梢における着花位置別発病の関係についても検討したのでその

結果を報告する。

材料および方法

がく裂開日、開花日および発病調査 松山市内のキウイフルーツ園(品種:ヘイワード、樹齢:8から15年生)で、1989年には2園地21樹、1990年には3園地21樹、1992年には2園地10樹、1993年には2園地10樹、1994年には7園地24樹の合計89樹を調査した。各樹の結果母枝4ないし7本から発芽した新梢のすべての花蕾について、5月上旬から開花まで2ないし3日間隔でがく裂開日、開花日を調査した。発病調査は開花時に程度別に行った。発病程度別基準は自然発病のため、人工接種の基準⁶⁾とは異なった以下の基準で行った。

無;指数0,健全。少;指数1,花器雄ずいの一部が褐変。中;指数3,花器雄ずいのほとんどが褐変。多;指数6,蕾の状態で落下および花器雄ずいの全体が黒変。

発病度 = $\sum(\text{発病程度別花数} \times \text{指数}) \times 100 / (\text{調査花数} \times 6)$

接種試験による新梢での発病程度差異 キウイフルーツ花腐細菌病菌の208株(愛媛県立果樹試験場保存株、分離源:花蕾がく、分離時期:1986年5月)を前報⁶⁾と同様に

* 本論文の一部は平成元年度日本植物病理学会大会で発表した。

** 愛媛県立果樹試験場 Ehime Fruit Tree Experiment Station, Shimoidai, Matsuyama 791-01, Japan

調整し接種源とした。接種は4花蕾着花している新梢に、1988年は5月6日に12新梢、1990年は5月10日に12新梢、1991年は5月14日に7新梢、1992年は5月7日に10新梢、1994年は5月9日に27新梢、1995年は5月9日に55新梢にガラススプレーを用いて噴霧接種した。接種後ビニール袋を被覆して過湿状態にし翌朝除袋した。発病調査は開花時に前述の基準で程度別に行った。

新梢での着花位置別花蕾からの病原細菌の分離 各時期に4花蕾着花している新梢をランダムに採取した。1994年には花腐細菌病菌の208株を接種した新梢と無接種の新梢から採取した。接種は5月9日に前述と同様に行い、5月13日、17日および20日に3新梢から5新梢を採取した。無接種区では5月17日、20日および24日に2新梢から3新梢を採取した。1995年の無接種区では4月28日、5月9日、16日、23日および27日に10ないし12新梢を採取した。採取した花蕾（発育程度⁶⁾：A～F）は着花位置別にかく、花弁、雄ずいおよび雌ずいに分割し、表面殺菌後、それぞれ本病原細菌の選択培地であるSPS培地⁵⁾に組織を置

床して病原細菌の分離を行い、22°C、7日間培養後にコロニーの出現を確認した。出現したコロニーはキングB培地⁴⁾に移植し、緑色蛍光色素産生の有無を確認するとともに、SPS培地に画線培養して病原細菌を判定した。

また、1994年5月3日および13日に松山市内の4園地を対象に、1園地の1樹ないし2樹より4花蕾着花している新梢を各々3本採取した。5月13日には3園地の各1樹より採取した。採取した新梢の花蕾を着花位置別に生体重を測定後、9倍量の滅菌水に懸濁した。22°C、1時間静置後、その0.1 mlをSPS培地に塗抹し、22°C、7日間培養後に病原細菌のコロニーを計測した。

結 果

がく裂開日、開花日およびがく裂開日から開花日までの日数と発病との関係

各調査樹のがく裂開日、開花日およびがく裂開日から開花日までの日数と発病率の年度ごとの結果をTable 1に示した。1989年から1994年までの間、1989年のみが多発生

Table 1. Annual changes of the disease incidence, flowering and calyx splitting date and the days required from calyx splitting to flowering in the bacterial blossom blight of kiwifruit^{a)}

Year	Number of trees investigated	Disease incidence ^{b)}		Date of		Days required from calyx splitting to flowering
				Flowering ^{c)}	Calyx splitting ^{c)}	
1989	21	Mean	53.6	Jun.1.6	May 20.2	13.7
		Range	9.8-80.8	May 25-Jun.5	May 9-28	5-28
1990	21	Mean	10.3	May 29.8	May 19.9	11.3
		Range	0-34.8	May 25-Jun.4	May 10-28	5-23
1992	10	Mean	7.0	May 30.8	May 20.3	11.6
		Range	0-16.5	May 26-Jun.4	May 7-26	5-25
1993	10	Mean	8.2	May 31.8	May 19.5	13.3
		Range	0-25.2	May 27-Jun.4	May 4-26	6-26
1994	27	Mean	2.7	May 25.1	May 17.8	8.0
		Range	0-10.8	May 23-31	May 6-22	6-22

a) Individual flower buds were observed at intervals of 2 to 3 days from the early of May to early June.

b) Number of flowers diseased/number of flowers investigated×100.

c) Stages of flowering and calyx splitting were defined as reported previously⁶⁾.

Table 2. Correlation between disease incidence and calyx splitting stage, flowering stage and days required from calyx splitting to flowering^{a)}

Year	Calyx splitting stage		Flowering stage		Days required from calyx splitting to flowering	
	r ^{b)}	N ^{c)}	r	N	r	N
1989	-0.38** ^{e)}	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
All ^{d)}	-0.09	327	0.59**	315	0.38**	298

a) Each factor was analyzed respectively to give correlation with the disease incidence of the individual trees.

b) Correlation coefficient.

c) Number of data.

d) Through the five years.

e) Significant at 1% level (**) and 5% level (*).

で他の年は少発生に経過した。少発生年や多発生年でも各樹についての発病は均一でなく、発病の差は大きかった。開花日は多発生年の1989年に最も遅く、発病の少なかった1994年には最も早く開花した。開花の期間も多発生年の1989年が最も長く12日間で、最も短かった1993年および1994年には9日間であった。がくの裂開日は1994年には他の年に比べて極めて早かったが、他の年では5月20日前後が平均裂開日であった。また、がく裂開はすべての年で5月上旬から下旬に順次起こった。がく裂開から開花まで

Table 3. Relationship between occurrence of bacterial blossom blight and location of flowers on new canes of kiwifruit

N ^{a)}	LF ^{b)}	I ^{c)}	S ^{d)}	D ^{e)}	T ^{f)}
1	1 ^{g)}	9.4	4.8	10.8	15
2	1	22.1 a ^{h)}	20.6 a	12.3 a	52
	2	12.7 b	11.9 b	10.8 b	52
3	1	24.0 a	17.6 a	13.2 a	74
	2	19.0 a	14.1 a	10.7 b	74
	3	9.6 b	6.5 b	8.7 c	74
4	1	23.3 a	18.8 a	15.3 a	86
	2	22.0 a	19.0 a	12.2 b	86
	3	14.3 b	11.0 b	9.6 c	86
	4	12.4 b	9.2 b	8.3 d	86
5	1	26.2 a	22.7 a	16.4 a	79
	2	22.4 a	17.7 bc	13.6 b	79
	3	23.5 a	19.1 ab	10.6 c	79
	4	17.5 b	14.0 c	8.6 d	79
	5	10.3 c	6.9 d	7.9 e	79
6	1	27.6 a	23.0 a	17.9 a	61
	2	27.3 a	23.5 a	15.9 b	61
	3	29.3 a	22.8 a	12.6 c	61
	4	29.7 a	24.4 a	10.1 d	61
	5	21.6 b	14.8 b	8.0 e	61
	6	11.2 c	7.8 c	7.8 e	61
7	1	53.0 a	49.4 a	19.8 a	21
	2	48.1 ab	46.0 ab	17.1 b	21
	3	57.1 a	43.9 ab	15.2 b	21
	4	44.3 ab	39.1 ab	11.1 c	21
	5	30.0 bc	25.0 bc	9.5 c	21
	6	41.0 ab	27.1 bc	8.2 d	21
	7	14.3 c	14.3 c	7.4 d	21

a) Number of flower buds on the new cane.

b) Location of flowers.

c) Disease incidence; see Table 1.

d) Disease severity is calculated by the average percentage of the disease severity index from 0 to 6.

$\frac{\sum (\text{disease severity index (dsi)} \times \text{number of the buds at each dsi})}{\text{number of buds investigated} \times 6}$

$\times 100$

e) Days required from calyx splitting to flowering.

f) Number of trees.

g) The numbers indicate various positions relative to tip on new cane by the index from 1 to 7.

h) Different letters represent the significance at 1% level by Duncan's multiple range test.

の日数は少発生年の1994年には非常に短く、平均で8日間であったのに対し、多発生年の1989年には平均13.7日で最も長かった。各樹でのがく裂開から開花までの日数は5日から28日の範囲であった。

発病率との相関をTable 2に示した。がく裂開日と発病率との関係では5年間とも負の相関が認められ、1989年および1994年には危険率1%、1992年および1993年には危険率5%で有意差が認められた。しかし、5年間全体での相関係数は-0.09でほとんど相関は認められなかった。開花日と発病率との関係では5年間とも正の相関が認められ、1989年、1990年、1993年および1994年には危険率1%で有意差が認められた。また、5年間全体での相関係数も0.59(危険率1%)で非常に高い正の相関が認められた。がく裂開日から開花日までの日数と発病率の関係では5年間とも正の相関が認められ、5年間とも危険率1%で有意差が認められた。5年間全体での相関係数も0.38(危険率1%)で高い相関が認められた。

新梢における花蕾の着花位置と発病との関係

各樹の新梢の着花数ごとに、花蕾の着花位置別の発病とがく裂開日から開花日までの日数を求め、着花位置と発病率、発病度およびがく裂開日から開花日までの日数との関係をTable 3に示した。5年間の調査では一つの新梢に1花蕾ないし7花蕾着花しており、1新梢当たり4花蕾着花したものがもっとも多かった。同一花蕾数の新梢において着花位置別に花蕾の発病を検討した結果、新梢先端の花蕾の発病率および発病度はどの着花数でも最も少ない傾向があり、有意差(危険率1%)も認められた。がく裂開は新梢基部の花蕾より起こり、順次先端花蕾で起こった。開花は先端の花蕾より開花するものが多く認められた。同一新梢での着花位置別の花蕾では開花日に比べ、がく裂開日の差が大きいことが認められた。がく裂開から開花までの日数と着花位置および発病では、すべての着花数で先端に着花している花蕾のがく裂開から開花までの日数が最も短く、有意差(危険率1%)も認められた。また、がく裂開から開花までの日数が10日未満になると新梢内の着花位置別発病が少なくなる傾向があった。

Table 4. Relationship between occurrence of bacterial blossom blight and flowers at four different locations within the canes inoculated with *P. syringae* during six years from 1988 to 1995, except 1989 and 1993

Location of flowers ^{a)}	Disease incidence ^{b)}	Disease severity ^{a)}
1	21.8 a ^{a)}	15.4 a
2	12.3 ab	10.7 ab
3	5.6 b	3.5 b
4	6.8 b	6.1 b

a) See Table 3.

b) See Table 1.

Table 5. Percentage of isolation of *P. syringae*, a causal pathogen of bacterial blossom blight of kiwifruit, from various parts of the flowers at four different locations within the canes

Year	Location of flowers ^{a)}	Percentage of <i>P. syringae</i> isolated from			
		Calyx	Petal	Pistil	Stamen
1994	1	77.8	28.9	0	5.6
	2	52.2	31.7	8.9	0
	3	46.1	16.7	3.3	12.2
	4	57.8	28.3	19.4	8.9
1995	1	46.7	14.8	5.3	7.0
	2	38.7	17.3	10.3	14.5
	3	37.0	18.3	3.3	6.7
	4	42.3	16.0	3.7	7.0

a) See Table 3.

病原細菌接種による4花蕾着花している新梢での着花位置別の発病差異

5月上旬から中旬に病原細菌を4花蕾着花している新梢に接種し、着花位置別の発病の差異を6年間検討した (Table 4)。病原細菌の接種による着花位置別の発病は自然発病と同様に先端の花蕾の発病率および発病度が少なくなる傾向があり、有意差 (危険率5%) も認められた。

新梢における着花位置別の病原細菌の分離

4花蕾着花している新梢での着花位置別の病原細菌の分離の結果をTable 5に示した。1994年には無接種区と接種区で3回ずつ病原細菌を分離した。がくからの分離では基部花の分離率が他の着花位置より高い傾向であったが、分散分析では有意差は認められなかった。他の部位からの分離でも特に高い分離率を示す着花位置は認められなかった。1995年には無接種で分離を5回行ったが、どの部位においても、着花位置での分離率の差異は認められず、分散分析による有意差も認められなかった。花蕾での部位別では1994年および1995年とも、またどの着花位置でもがくからの分離率が最も高く、次いで花弁の順であった。雄ずいおよび雌ずいからの分離率は同等で、がくよりかなり低い分離率であった。

また、1994年5月3日および13日に花蕾表面に生存している病原細菌をSPS培地で分離した結果、前述の結果と同様に着花位置によって分離率および菌量ともに差異は認められなかった (Table 6)。

考 察

キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態については森田⁸⁾が長崎県において、本病の発生と収量の関係に高い相関があることを報告し、多発年と少発年が隔年的にみられ、前年の着果数と密接に関係すること、本病の発生とキウイフルーツの落葉期である11月から12月および萌芽期の3月の降雨量の間に関係があることを明らかにした。本報では

Table 6. Population density of *P. syringae* on flowers at four different locations within the canes

Date	Population density ^{a)} of <i>P. syringae</i>	Location of flowers ^{b)}			
		1	2	3	4
May 3 1994	ND ^{c)}	4	5	3	4
	$10^2 < 10^3$	0	0	2	0
	$10^3 < 10^4$	1	0	0	1
	$10^4 < 10^5$	0	0	0	0
May 13	ND	2	1	2	1
	$10^2 < 10^3$	1	0	0	2
	$10^3 < 10^4$	0	1	1	0
	$10^4 < 10^5$	0	1	0	0

a) Colony forming units per g of fresh weight.

b) See Table 3.

c) Not detected; detectable limit is 10^2 cfu/g (fresh weight).

発病とがく裂開日、開花日およびがく裂開日から開花日までの日数との関係や、新梢における発病の差異について検討した。

圃場での発生生態の調査を1989年から1994年 (1991年は未実施) まで5年間行ったところ、1989年のみが多発生で他の調査年は少発生に経過し、長崎県での多発生年と少発生年が交互に起こる現象⁸⁾は確認できなかった。本病の発生が前年の着果数と密接に関係している場合は隔年的に起こることが考えられるが、本研究では少発生年が何年も続く結果となった。森田⁸⁾の調査は1983年から1989年、本調査は1989年から1994年の間である。このため、重複年が1年のみで気象条件の比較は困難であるが、植物体の影響よりも気象条件、特に降雨量および降雨日数の影響が大きい⁷⁾ためと推察される。

開花時期は調査した5年間では10日前後であるが、ニュージーランドでは30日以上を要し徐々に開花する¹⁾。この差は気象条件の違いとともに、栽培方法の違い (日本は棚栽培、ニュージーランドはT-bar栽培) が考えられる。棚栽培では受光面が均一で、花蕾の地面からの位置もほぼ均一であるのに対し、T-bar栽培では受光面が不均一で、花蕾の地面からの位置も不均一であるため、開花が不ぞろいとなり開花期間が長くなるものと推察される。日本とニュージーランドでは開花期間が異なるため、1樹の中での花蕾の生育程度は日本に比べて、ニュージーランドでは非常に異なることが推察される。花蕾の生育程度によって病原細菌に対する感受性の変動することを報告⁶⁾したので、ニュージーランドと日本の発芽から開花までの気象条件と本病の発生との関係は相違することが考えられる。

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くなった。これは1994年のがく裂開がきわめて早いものに関わらず、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。福富ら²⁾の感染はがく裂開後に起こることを考慮すると、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⁹⁾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なく、遅く開花する年は発病が多くなる⁷⁾ことから、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ことが推察される。また、ニュージーランドでは本病が健全花蕾に2次伝染する報告¹⁾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。

が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⁹⁾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⁶⁾でも開花が早くなるほど発病が少なくなる。が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。

新梢の着花位置と発病との関係では、新梢先端部に着花した花蕾の発病が最も少なかった。この原因について病原細菌を花蕾に接種して検討したところ、新梢先端部に着花した花蕾での発病が少なくなった。また、4花蕾着花した新梢から着花位置別に病原細菌の分離を行ったところ、いずれの部位の着花でも病原細菌の分離率と菌量に差異はなかった。したがって、着花位置の違いによる発病程度の相違は、がく裂開から開花までの日数とよく一致しており、花蕾の発育速度が早いものほど発病しにくいものと考えられる。同一新梢の花蕾でのがく裂開日と開花日ではがく裂開日の差のほうが大きかったことより、がく裂開日のほうが開花日よりがく裂開から開花までの日数に影響を及ぼすものと考えられた。

以上のことより、本病の発生は気象要因⁷⁾以外に、花蕾の発育速度が関与しているものと考えられる。

摘 要

1993年を除く1989年から1994年までの5年間、キウイ

フルーツ89樹を供試し、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。がく裂開日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り、負の相関が認められた。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り、正の相関が認められた。がく裂開から開花までの日数と発病との関係では、日数が長くなる花蕾ほど発病が増加し、正の相関が認められた。次に新梢における着花位置と発病との関係では、新梢先端に着花している花蕾の発病が最も少なく、また、がく裂開から開花までの日数も最も少なかった。新梢に対する接種試験でも先端花の発病が少なく、新梢の着花位置別花蕾からの病原細菌の分離率に、差異は認められなかった。新梢先端の花蕾での発病の減少は、がく裂開から開花までの日数の差に起因するものと判断された。以上の結果から、本病の発生は発育速度が遅い花蕾ほど多くなるものと考えられた。

本研究を行うに当たり、調査協力を賜った温泉青果農業協同組合の本多道明氏、および統計処理についてご指導いただいた東京農業大学の新部昭夫博士に厚くお礼申し上げます。

引用文献

1. Everett, K.R. and Henshall, W.R. (1994). Epidemiology and population ecology of kiwifruit blossom blight. *Plant Pathol.* 43: 824-830.
2. 福富雅夫・松代平治・田知本正夫 (1989). キウイフルーツ花腐細菌病に関する研究. (第1報)花および果実の病徴の類別と花器感染経路. *石川農短農資研報* 1: 32-40.
3. 福富雅夫・松川千春・松代平治・田知本正夫 (1989). キウイフルーツ花腐細菌病に関する研究. (第2報)伝染環. *石川農短農資研報* 1: 41-47.
4. King, E.O., Ward, M.K. and Raney, D.E. (1954). Two simple media for demonstration of pyocyanin and fluorescin. *J. Lab. Clin. Med.* 44: 301-307.
5. 三好孝典・橘 泰宣 (1994). キウイフルーツ花腐細菌病の分離用選択培地. *日植病報* 60: 729-734.
6. 三好孝典・橘 泰宣 (1996). キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態 1. 花腐細菌病に対する花蕾の時期別感受性. *日植病報* 62: 517-522.
7. 三好孝典・新部昭夫・橘 泰宣 (1996). キウイフルーツ花腐細菌病の発生生態 4. 花腐細菌病の発病と気象要因の関係. *日植病報* 62: 533-536.
8. 森田 昭 (1995). 長崎県におけるキウイフルーツ花腐細菌病の発生と被害の実態. *日植病報* 61: 57-62.
9. Young, J.M., Cheesmur, G.J., Welham, F.V. and Henshall, W.R. (1988). Bacterial blight of kiwifruit. *Ann. appl. Biol.* 112: 91-105.