

トウガラシ類葉枯細菌病の発病に及ぼす温度の影響と 品種間における感受性差異

甲把(安達)理恵*・森田泰彰
(高知県農業技術センター・*(現在)高知県病害虫防除所)

Effect of temperature on the development of bacterial leaf blight of sweet pepper caused by *Pseudomonas cichorii* and susceptibility difference of sweet pepper cultivars

Rie GAPP-ADACHI* and Yasuaki MORITA (Kochi Agricultural Research Center, Hataeda, Nankoku, Kochi 783-0023, Japan, *Kochi Prefecture Crop Pest Control Center, Hataeda, Nankoku, Kochi 783-0023, Japan)

Bacterial leaf blight of sweet pepper caused by *Pseudomonas cichorii* were observed in Kochi Prefecture. The optimum temperature for bacterial growth was ~30 °C *in vitro*. Optimum temperatures for progress of the symptoms on the plants were ~25-29 °C at first, but ~15-19 °C later, suggesting that the optimum temperature for the pathogen growth *in vitro* is different from that for the progress of symptoms on sweet pepper leaves. Inoculation tests revealed that disease severity was not obviously different among cultivars of sweet pepper but cv. Sarara exhibited the lowest disease severity.

緒 言

トウガラシ類葉枯細菌病(病原菌: *Pseudomonas cichorii* (Swingle 1925) Stapp 1928)は、2003年5月に高知県高岡郡の中山間地域で露地栽培されているシシトウガラシ(*Capsicum annuum* L.)で初めて発生が確認され、トウガラシ類の葉身に黒褐色の不整円型の斑点を形成し、茎には黒褐色条斑状の病斑、生長点では枯死や枝枯れを引き起こす病害である(森田ら、2004; Gappa-Adachi *et al.*, 2014)。本病害は平地農業地域よりも中山間地域で発生が多く見られ、梅雨時期に多発する。また、露地栽培トウガラシ類のみで発生が確認されており、梅雨時期であっても施設栽培での発生は確認されていない。さらに、梅雨明け以降の高温期での発生はほとんど見られない。このように、気象条件により発病程度が異なる事象が見られ、中山間地域では本病害が5割以上の株に発生していた圃場も見られるなど、深刻な問題となっていた。

そこで、本研究では葉枯細菌病の発病に及ぼす温度の影響および高知県で栽培されているトウガラシ類主要品種の葉枯細菌病に対する感受性差異を調査することにより、本病害の防除対策を確立するための基礎データを得ることを目的として、以下の試験を行った。

材料および方法

1. 供試菌株および接種源の調製

2003年6月に、高知県幡多郡大正町と十和村で採取したシシトウガラシ‘土佐じしビューティー’の罹病葉から単コロニー分離して得られた葉枯細菌病菌 KH-5 (MAFF212044) 株および KH-32 (MAFF212053) 株を供試菌株とし、YPD (yeast extract 10.0g, peptone 20.0g, dextrose 20.0g, agar 15.0g, distilled water 1,000 mL, pH 6.5) 斜面培地を用いて暗黒条件下で25°C, 24時間培養後、滅菌水に懸濁した。接種試験には 1.0×10^8 cfu/mL に調製した懸濁液を供した。

2. 葉枯細菌病菌の増殖と温度の関係

直径18mmの試験管に8mLずつ分注したYPDB (yeast extract 10.0g, peptone 20.0g, dextrose 20.0g, distilled water 1,000mL, pH 6.5) 液体培地へKH-5菌株の懸濁液を5 μ L加え、直ちに5~40 $^{\circ}$ Cに設定した恒温器内へ、各温度につき1本の試験管を静置した。暗黒条件下で24時間培養後、希釈平板法に従い、培養液を段階希釈してYPGA 平板培地で24時間培養後、出現した菌数を計測した。なお、平板培地は3枚用い、3反復とした。試験は2回行った。

3. 葉枯細菌病菌の発病と温度の関係

トウガラシ類‘京ゆたか’および‘土佐じしビューティー’の2品種を試験に供した。両品種ともに直径7.5cmのポリエチレンポットで育苗し、‘京ゆたか’は、播種27日後の苗3株、‘土佐じしビューティー’は播種69日後の苗4株を用いた。

接種にはKH-5菌株を供試し、懸濁液約20 μ Lを各供試株の完全に展開した本葉の葉身へ滴下し、この上から虫針で1ヶ所に刺傷をつけた。1株につき2葉に接種した。対照区は等量の滅菌水を滴下し、同様の処理を行った。接種後はポリエチレン袋で株全体を被覆して多湿条件とし、15~30 $^{\circ}$ Cに設定した照明付恒温器 (SANYO MLR350 Plant Growth Chamber, Sanyo Electric Co., Ltd., Japan) 内で12時間明期-12時間暗期条件で管理した。なお、温度・湿度データロガー (TR-71UI, T&D CORPORATION) を用いて恒温器内部の温度とポリエチレン袋内の接種葉付近の温度を記録した。各温度につき2ヶ所ずつ記録し、平均温度を求めた。

発病の調査は接種1~13日後に行い、形成された病斑の直径を測定した。ただし、病斑が楕円形となった場合は、短径と長径を測定して平均値を算出した。

4. 葉枯細菌病菌のトウガラシ類品種に対する病原性

供試品種は、トウガラシ類18品種 (ピーマン13品種; ‘京ゆたか’, ‘ベルマサリ’, ‘ベルホマレ’, ‘トサヒメ’, ‘さらら’, ‘オリジナル’, ‘アメジ

スト’, ‘新さきがけ2号’, ‘土佐ひかりD’, ‘土佐ひかりD Super’, ‘みはた1号’, ‘みはた2号’, ‘みおぎ’, シシトウガラシ5品種; ‘土佐じし’, ‘土佐じしビューティー’, ‘つばきグリーン’, ‘南海じし’, ‘葵ししとう’) で、いずれも直径7.5cmのポリエチレンポットで37日間育苗した苗を用いた。

接種にはKH-5菌株およびKH-32菌株を供試し、3. 葉枯細菌病菌の発病と温度の関係の調査と同様に接種を行った。各品種とも菌株ごとに4株ずつ供試し、接種後はガラス室内で、ビニル被覆して多湿条件とした育苗棚に静置して管理した。

調査は接種5日後に行い、発病程度を次に示した指数に従って調査し、発病度を算出した。

[指数] 0: 無病徴 (付傷部のみ変色), 1: 付傷部から2mm未満の範囲が変色, 2: 2mm~5mm未満の範囲が変色, 3: 5mm以上変色, 4: 落葉

発病度 = Σ (程度別発病葉数 \times 指数) / (調査葉数 \times 4) \times 100

結 果

1. 葉枯細菌病菌の増殖と温度の関係

葉枯細菌病菌の増殖と温度の関係を第1表に示した。病原細菌は30 $^{\circ}$ Cで最も増殖し、40 $^{\circ}$ Cでは菌が死滅した (第1表)。

2. 発病と温度の関係

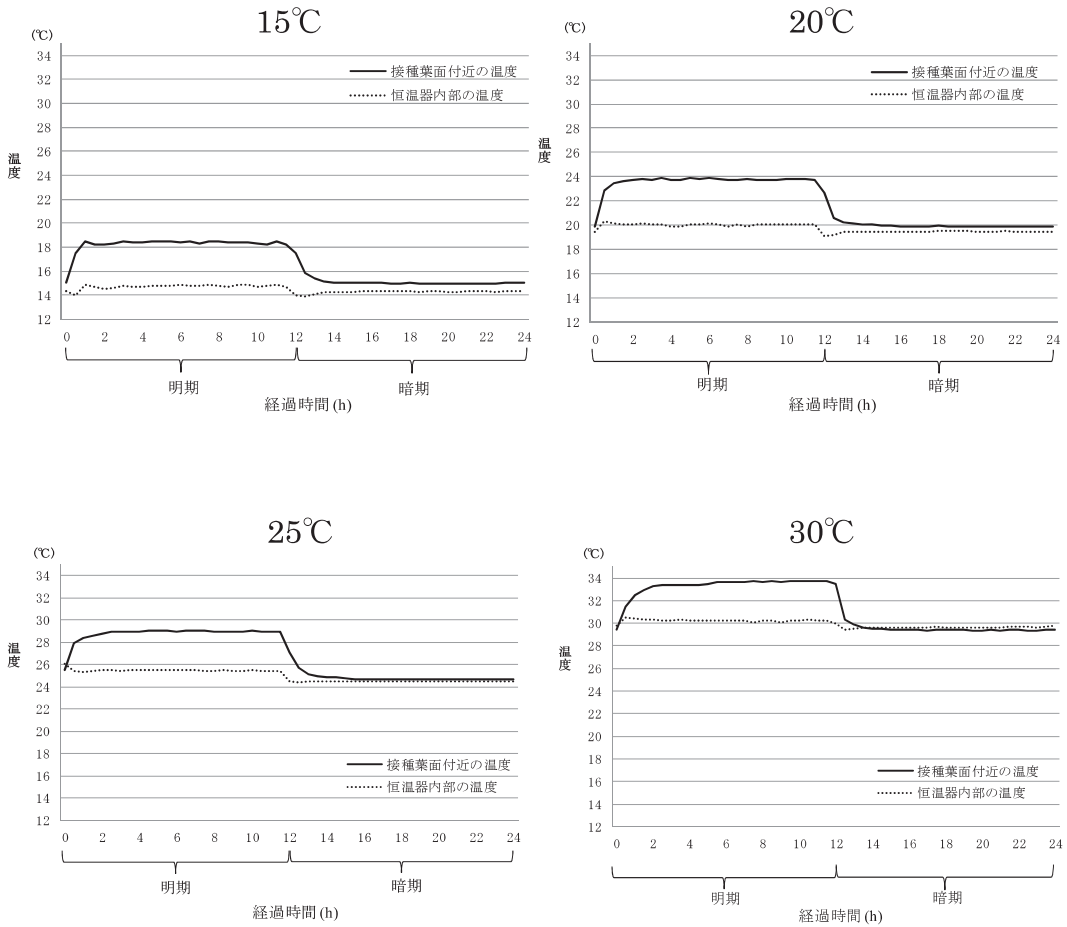
12時間明期-12時間暗期に設定した照明付恒温器内と、ポリエチレン袋で被覆された株の接種葉表面付近の24時間の温度変化を第1図に示した。各所定温度に設定した恒温器内の温度は、ほぼ設定温度を維持した。一方、暗期中のポリエチレン袋内の接種葉付近の温度は恒温器の設定温度とほぼ同じ温度であったが、照明点灯中の接種葉付近の温度は、恒温器の設定温度よりも約4 $^{\circ}$ C高かった (第1図)。

接種葉での発病は、‘京ゆたか’および‘土佐じしビューティー’の両品種ともに25 $^{\circ}$ C設定区 (25-29 $^{\circ}$ C) で接種1~2日後までは最も病斑が大きかったが、30 $^{\circ}$ C設定区 (30-34 $^{\circ}$ C) では、接種6日後以降の病斑の拡大は見られなかった。一

第1表 トウガラシ類葉枯細菌病菌の各温度条件下での増殖

反復	培養前菌数 (cfu/mL)	菌数 (cfu/mL) ^{a)}							
		5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
1	4.1×10 ⁴ a	7.0×10 ⁴ a ^{b)}	4.3×10 ⁵ a	1.6×10 ⁶ a	3.4×10 ⁷ b	6.2×10 ⁷ c	6.7×10 ⁷ c	1.1×10 ⁷ a	0
2	6.2×10 ⁴ a	— ^{c)}	8.2×10 ⁵ a	1.9×10 ⁷ a	2.7×10 ⁷ a	6.3×10 ⁷ b	1.6×10 ⁸ c	1.1×10 ⁷ a	—

- a) KH-5菌株を YPDB へ移植し，暗黒条件下で24時間静置培養した。数字は培養後の菌数を示す (cfu/mL)。
 b) Tukey-Kramer の検定法により，異なるアルファベット順に5%水準で有意差がある。(n = 3)
 c) —：試験を行わなかったことを示す。



第1図 各設定温度の恒温器内部とトウガラシ類の接種葉面付近の温度推移
(12時間明期-12時間暗期設定)

注) 恒温器内にポリエチレン袋で覆ったトウガラシ類を入れた後，ポリエチレン袋の外側および内側の植物葉面付近の温度を測定した。

第2表 トウガラシ類葉枯細菌病の発病と温度

供試品種	設定温度 ℃ () は温度変動	病斑直径 (mm) ^{a)}					
		1 day ^{b)}	2 day	4 day	6 day	8 day	13day
京ゆたか	15 (15-19)	1.2a ^{c)}	2.5a	4.3ab	4.7a	5.7b	7.2c
	20 (20-24)	2.2b	3.8ab	4.5b	4.7a	4.7ab	4.7ab
	25 (25-29)	4.2c	4.8b	4.8b	4.8a	4.8ab	4.8b
	30 (30-34)	2.2b	2.5a	2.5a	2.8a	2.8a	2.8a
土佐じしビューティー	15 (15-19)	1.3a	1.8a	4.9b	7.1b	9.1c	10.1c
	20 (20-24)	1.3a	3.3bc	5.3b	6.3b	7.6bc	8.6bc
	25 (25-29)	2.2b	3.8c	4.6b	5.1b	5.6b	6.1b
	30 (30-34)	2.1b	2.2ab	2.2a	2.2a	2.2a	2.2a

- a) KH-5菌株を接種に供した。‘京ゆたか’は3株、‘土佐じしビューティー’は4株を供試し、1株につき2葉に有傷接種を行った。接種後は株ごとポリエチレン袋で被覆し、15~30℃に設定した恒温器内(12時間明期-12時間暗期)に静置した。
 b) 接種後の経過日数を示す。
 c) 数字は形成された病斑直径の平均を示す (mm)。Tukey-Kramerの検定法により、異なるアルファベット順に5%水準で有意差がある。‘京ゆたか’ n = 6, ‘土佐じしビューティー’ n = 8

方、15℃設定区(15-19℃)では病斑は拡大し続け、接種8日後以降は各調査温度の中で最大の病斑を形成した(第2表)。

3. 葉枯細菌病菌のトウガラシ類数品種に対する病原性

KH-5, KH-32菌株接種区ともに全てのトウガラシ類品種で病斑が形成され、接種葉の萎凋落葉や、葉柄、茎への病勢の進展も認められた。品種によっては菌株ごとの発病度が異なる場合が見られ、品種間の感受性の強弱については判然としないものが多かったが、ピーマン品種の‘さらら’は、両菌株接種区ともに最も発病度が低かった。一方、シントウガラシ品種は発病度が高い傾向であった(第2図)。

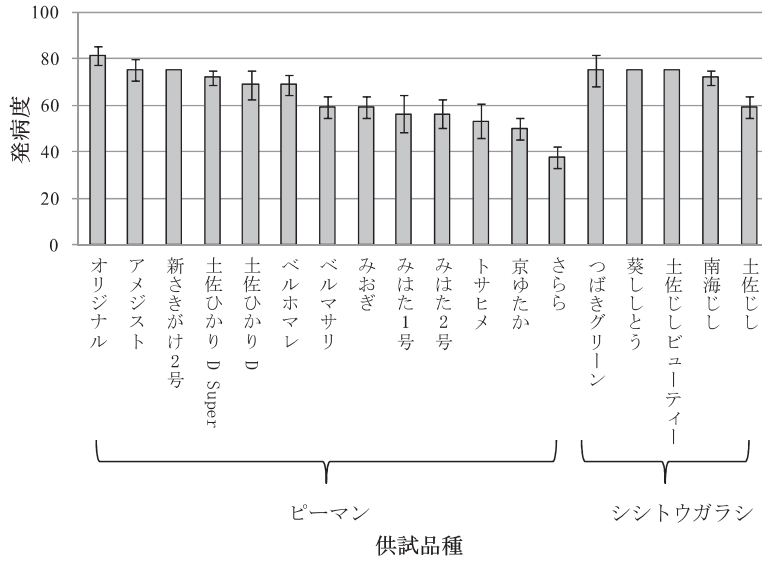
考 察

本試験の結果から、葉枯細菌病菌の最適増殖温度は30℃付近であり、発病においては初期には25~29℃で病勢の進展が早い、後期は15~19℃でより早く進むことが明らかとなった。以上の結果は本病原菌の生育適温と病勢の進展最適温度は異なることを示唆している。山口(2002)は、ナスすすかび病菌の菌糸伸長適温は25℃、発病は18℃で旺盛であり、病原菌の生育適温よりも発病適温

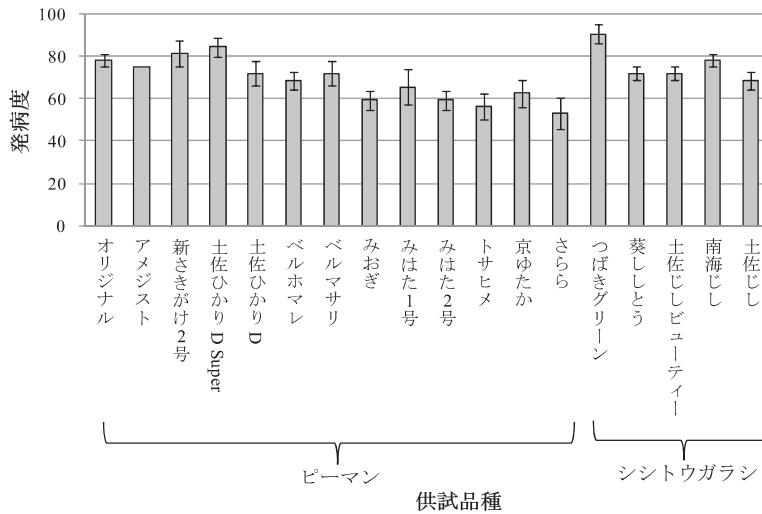
の方が低かったと報告している。山口(2002)はさらに、ナスは高温性の作物であり、生育適温は22~30℃前後で、17℃以下では生育が鈍るため、すすかび病はナスの体質が弱まる低温域で発病し、その後進展しやすいものと考察している。このように、宿主と病原菌は異なるが、トウガラシ類と葉枯細菌病菌の間にも、類似した現象が生じたと考えられる。トウガラシ類はナス科作物に属し、ナス科の中でも特に高温を要求する植物であることから(加除式農業技術大系野菜編5)、15℃設定区(15-19℃)の温度条件では宿主が衰弱した状態であり、葉枯細菌病に対する抵抗力も弱まったために、より病斑が拡大したと考えられ、温度は葉枯細菌病菌の増殖だけでなく、トウガラシ類の葉枯細菌病菌に対する抵抗力などに影響したのではないかと推察した。

高知県での本病害の発生は中山間地域の露地圃場で多く、梅雨時期に被害が拡大する。高知県の中山間地域は、平地農業地域よりも昼夜の寒暖差が大きい(高知県の中山間地域にあるアメダス観測地点の江川崎(高知県四万十市西土佐)の過去30年(1981~2010年)の5~6月の最高気温と最低気温の年平均値の差は平均10.7℃、一方、平地農業地域にあるアメダス観測地点の高知(高知県高知市)では平均8.5℃)。また本病害の発生が多く見られる産地内にあるアメダス観測地点の江川崎

KH-5 菌株接種区



KH-32 菌株接種区



第2図 トウガラシ類葉枯細菌病菌の数品種に対する病原性

各品種につき4株を供試し、1株につき2葉に有傷接種を行った。接種5日後に発病程度を次に示した指数に従って調査し、発病度を算出した。

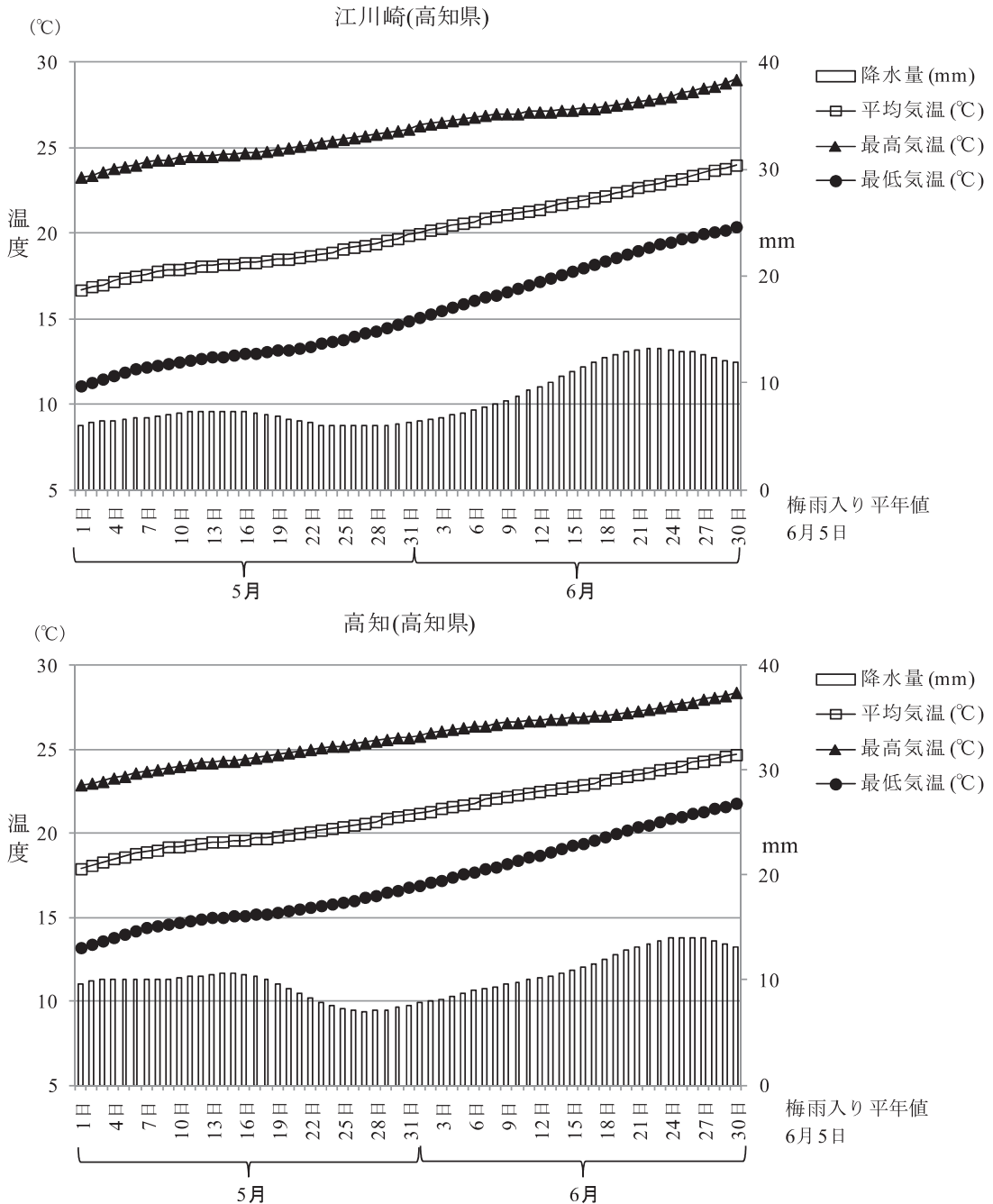
縦線は標準誤差 (n=8)。

[指数] 0：無病徴(付傷部のみ変色)，1：付傷部から2 mm 未満の範囲が変色，2：2 mm～5 mm 未満の範囲が変色，3：5 mm 以上変色，4：落葉

発病度 = Σ (程度別発病葉数 × 指数) / (調査葉数 × 4) × 100

において、過去30年（1981～2010年）の最低気温の日ごとの平年値を見てみると、5月は最低気温が15℃を上回る日はなく、6月27日までは20℃以下である。一方、平地農業地域にあるアメダス観

測地点の高知では5月13日以降は最低気温が15℃を上回る（第3図）。江川崎の5～6月の平均気温の平年値は20.1℃、高知では21.2℃と平均気温は約1℃しか変わらないにもかかわらず、中山間



第3図 1981～2010年までの高知県江川崎および高知における気温、降水量の日ごとの平年値 (国土交通省気象庁 2013)

地域で葉枯細菌病が多発することは、平均温度よりも、最低温度が発病に大きく影響していると推察された。したがって、高知県の中山間地域の露地圃場では、5月以降、特に梅雨入り後は葉枯細菌病の発生に好適な温湿度条件となっている可能性が考えられる。

一方、本病害は30℃以上の温度条件下で発病後期の病勢の進展が最も遅かった。高知県内の施設栽培トウガラシ類の栽培圃場では、冬期はビニルハウスを三重張りし、夜温20℃以上の設定で加温している圃場が多く、日中は厳寒期でもハウス内気温が30℃近くになることから、本県の施設栽培トウガラシ類で葉枯細菌病の発生が確認されないのは、このような高温環境下で病勢の進展が抑止され、実際には罹っているものの発生が目立たないために発見されていないと推察した。また、平地農業地域の露地圃場で葉枯細菌病の発生が少ないことは、中山間地域よりも気温が高いために病勢の進展が抑止されている可能性が考えられる。

本研究で得られた知見は、葉枯細菌病の発生が多い中山間地域で、なぜ梅雨時期に最も多発するのかという疑問を解明する一つの手掛かりになるのではないかと考えている。しかし、この考察については今後研究を重ねた後に改めて結論を得たい。

トウガラシ類葉枯細菌病に対する品種間の感受性差異について調査したところ、試験に供した18品種全てで発病が見られたが、その程度は接種菌により差が見られ、感受性の品種間差は判然としなかった。しかし、‘さらら’は最も発病程度が低く、一方、シシトウガラシ各品種は高い傾向であった。

中山間地域のうち、本病害の発生が多い産地では‘土佐じしビューティー’を栽培している圃場が多く見られる。本試験の結果、‘土佐じしビューティー’は葉枯細菌病に対する感受性が比較的高いと考えられたため、本病害が多発する原因の一つに、栽培品種が関係している可能性が示唆された。

トウガラシ類葉枯細菌病の防除に対しては、銅水和剤および銅を含む混合剤が効果的であり、病原菌感染の前後いずれの散布でも効果があることが明らかとなっている(甲把(安達)・森田, 2013)。銅水和剤および銅を含む混合剤の散布による防除

対策を行ったにもかかわらず、なお葉枯細菌病が激発する圃場では、感受性が高い品種の栽培は避け、‘さらら’のような比較的発病の少ない品種を選定していくなどの取組みは、防除手段の一つとして有効と考えられた。

摘 要

葉枯細菌病菌の最適増殖温度は30℃付近であり、発病においては発病初期には25～29℃で病勢の進展が最も早い、その後の病勢は15～19℃でより早く進展したことから、本病原菌の生育適温と病勢の進展適温は異なる可能性が示唆された。

トウガラシ類葉枯細菌病に対する品種間の感受性差異について調査したところ、試験に供した18品種全てで発病がみられ、感受性の品種間差は判然としなかったが、‘さらら’は最も発病程度が低かった。

引用文献

- 甲把(安達) 理恵・森田泰彰(2013): トウガラシ類葉枯細菌病に対する殺菌剤の防除効果. 四国植防, 47: 17～20.
- Gappa-Adachi, R., Y. Morita, Y. Shimomoto and S. Takeuchi (2014): Bacterial leaf blight of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) caused by *Pseudomonas cichorii* in Japan. J. Gen. Plant Pathol., 80: (in press).
- 加除式農業技術大系 野菜編5. 農山漁村文化協会, 東京: ピーマン 基6の2, 基37(第5表), 基39; トウガラシ類 基13.
- 国土交通省気象庁(2013): 気象統計情報, 平年値(年・月ごとの値).
- 森田泰彰・竹内繁治・川田洋一(2004): *Pseudomonas cichorii*によるトウガラシ類葉枯細菌病(新称)の発生. 日植病報, 70: 76(講要).
- 山口純一郎(2002): ナスすすかび病の発生生態と防除に関する研究. 佐賀農技セ研報, 32: p14～16, 43.