

短報

トマト葉かび病菌新レース4.9.11に対するトマト市販品種の抵抗性

國友映理子・小塚玲子・牛尾進吾

キーワード： トマト， ミニトマト， 葉かび病菌， レース， 抵抗性品種

I 緒言

トマト葉かび病は施設栽培の重要病害であり、葉の表面に不鮮明な淡黄色の小斑点を生じ、裏面に灰黄色～緑褐色のピロード状のかびを密生する（日本植物病害大事典）。多発すると葉が枯死して大幅な収量減をもたらす。病原菌は *Passalora fulva* (Cooke) U.Braun & Crous であり、レース分化が知られている。葉かび病菌のレースを決定するのは非病原性遺伝子 (*avirulence gene*: 以下 AVR 遺伝子と略す) である。病原菌から分泌される AVR 遺伝子産物を宿主植物は対応する葉かび病抵抗性遺伝子 (*Cf* 遺伝子) 産物によって認識し、病原菌の侵入を感知して抵抗性反応を誘導する。一方、葉かび病菌は AVR 遺伝子を変異または欠失することでレースを分化させ、宿主の *Cf* 遺伝子産物による認識機構を回避することによって感染を成立させている（飯田ら、2011）。葉かび病菌のレースは、接種試験により異なる葉かび病抵抗性遺伝子を持つトマト品種への反応で決定している。例えば、葉かび病菌のレース2は *Cf2* 遺伝子を持つトマト品種を侵すことが出来る。今回、新たに発生したレース4.9.11は *Cf4* を持つ品種、*Cf9* を持つ品種、*Cf4* と *Cf11* を持つ品種を侵すことが出来る。このようにそのレースに対して感受性の品種の *Cf* 遺伝子番号をピリオドで区切って並べたものをレース名としている（飯田、2010）。

今までの調査により、県内ではレース0のほか、少なくともレース2.4.11、4.9.11の発生が確認されている。生産現場では、抵抗性品種を導入し防除を行っているが、特にレース4.9.11は2007年に北東部のミニトマトで発生が確認された新たなレースであり、最新の葉かび病抵抗性遺伝子 *Cf9* を持つ品種を侵すため問題となっている（Enya et al., 2009）。県内で栽培されている *Cf9* を持つ主な品種の新たなレース4.9.11に対する抵抗性の程度は不明なところもあり、また市販品種の中には、種苗会社により抵抗性遺伝子が公表されておらず、葉かび病に対する抵抗性が不明なものもある。そこで、

レース4.9.11に対するトマト及びミニトマトの市販品種の抵抗性を明らかにすることを目的として本試験を実施した。ここでは、その概要を報告する。

本試験の実施にあたり、トマト葉かび病菌のレース検定を実施していただいた（独）野菜茶業研究所 飯田祐一郎博士に深く感謝の意を表す。

II 材料及び方法

1. 供試品種

トマト品種は、県内のトマト産地で導入されている品種を中心に試験を行った。葉かび病抵抗性遺伝子を持たない品種「ハウス桃太郎」、葉かび病抵抗性遺伝子が種苗メーカーにより明らかにされていない「りんか409」、「麗容」、「ごほうび」の4品種を供試した。「麗容」、「ごほうび」は葉かび病抵抗性遺伝子が明らかとなっていないが、葉かび病に強いという生産現場からの意見があるため供試した。

ミニトマト品種もトマト品種と同様に県内産地で導入されている品種を中心に試験を行った。葉かび病抵抗性遺伝子を持たない品種「千果」、葉かび病抵抗性遺伝子 *Cf9* を持つ品種「サンチェリーピュア」、「ラブリー藍」、「*Cf* 小鈴」、「CF 千果」、「レッドルビー」、葉かび病抵抗性遺伝子が種苗メーカーにより明らかにされていない「キャロル10」、「アイコ」、「ちびっこ」の9品種を供試した。「ちびっこ」は鉢栽培用のわい性品種であり、産地に導入されている品種ではないが、ミニトマトの葉かび抵抗性試験においてレース0、レース2、レース2.4及びレース2.4.11に抵抗性であった（佐藤ら、2005）ことから供試した。

2. 供試菌株と接種方法

供試菌株は、千葉県旭市のトマト生産圃場の罹病葉から分離したもので、（独）野菜茶業研究所の検定によりレースが明らかとなっている3A2株（レース4.9.11）及び対照菌株として葉かび病菌4HM2株（レース4.11）を用いた。

各供試菌をそれぞれ、PSA培地（ショ糖加用ジャガイモ煎汁寒天培地）上で、25℃、2週間程度培養した後、分生子を滅菌水に懸濁して血球計算盤を使用し、10⁵個/mLに調整した分生子懸濁液を作成した。

直径12cmの黒色ポリポットで21～30日間育苗した5～6

受理日 2013年8月5日

本報告の概要は、第60回関東東山病害虫研究会研究発表会（2013年3月、千葉市開催）において発表した。

葉期のトマト苗の葉裏に、分生子懸濁液をハンドスプレーで1株当たり3mL噴霧接種し、23°C、飽和湿度条件下に48時間静置した後、ガラスハウスに移した。発病を促すため、試験期間中は寒冷紗のトンネル被覆を行った。試験には3A2株（レース4.9.11）と4HM2株（レース4.11）に対し、各品種それぞれ10株を供試した。

トマト「ハウス桃太郎」、「麗容」、「ごほうび」については2回試験を行った。1回目は2012年5月22日、2回目は10月10日に葉かび病菌を接種した。一方、ミニトマトでは各品種とも1回試験を行い、2012年7月17日または平成25年1月23日に葉かび病菌を接種した。

3. 発病調査

接種後14日後と21日後に上～中位位の接種葉8枚程度について発病程度を指数化して調査し、発病株率（%）及び発病度を求めた。発病指数はトマト葉かび病の薬剤試験方法（社団法人日本植物防疫協会，2004）に準じ、発病指数を以下の5段階とし、次式により発病株率、発病度を求めた。発病は、灰白色～茶褐色の濃密な病斑の有無で判断した。

発病株率 = (発病株数/各試験区の総株数) × 100

発病度 = Σ (発病指数 × 各発病指数の葉数) / (4 × 全調査葉数) × 100

発病指数 0: いずれの小葉にも病斑を認めない

- 1: 調査小葉の1/3未満に病斑が認められる
- 2: 調査小葉の1/3以上、
2/3未満に病斑が認められる
- 3: 調査小葉の2/3以上に病斑が認められる
- 4: 全小葉に病斑が認められる

III 結果及び考察

1. トマト品種の葉かび病抵抗性

4HM2株（レース4.11）接種試験では、トマト「りんか409」、「麗容」及び「ごほうび」は接種21日後まで発病しなかった。一方、「ハウス桃太郎」は接種14日後までに灰白色の病斑を形成し、発病した（第1表）。

3A2株（レース4.9.11）接種試験では、「りんか409」は、接種14日後までに灰白色の病斑を形成し、発病した。トマト「麗容」、「ごほうび」は、接種21日後まで発病せず、葉裏にネクロシス（壊死斑）が確認された。抵抗性反応は、*Cf*遺伝子型により異なり、*Cf-2*がもっとも強く、以下*Cf-5*、*Cf-9*、*Cf-4*、*Cf-11*の順である（山田，2009）。*Cf*遺伝子は不完全優性であり、ヘテロ接合体はホモ接合体よりも抵抗性が弱く（Hammond-kosack and Jones, 1994）、それぞれに小型～大型のネクロシスや薄い病斑（菌そうの厚みが薄く、病斑が小さい）を形成することが

ある（山田，2009）。従って、「麗容」及び「ごほうび」の葉裏に発生したネクロシスは抵抗性反応と考えられた。接種時期を変えて2回試験を実施したが、いずれも3A2株（レース4.9.11）で発病した。

このことから、「麗容」及び「ごほうび」は、レース4.9.11に抵抗性を持っていることがわかった。

2. ミニトマト品種の葉かび病抵抗性

4HM2株（レース4.11）の接種試験で、ミニトマト「ラプリー藍」、「CF千果」及び「アイコ」は接種14日後までに発病しなかった（第2表）。「サンチェリ-ピュア」、「Cf小鈴」は、接種14日後までに薄い病斑を形成した株があったが、発病度、発病株率ともに低く推移し、発病が拡大しなかった。「千果」では、14日後までに灰白色の病斑を形成し、発病した。「ラプリー藍」、「CF千果」、「レッドルビー」及び「アイコ」の中には、接種21日後までに、薄い病斑を形成した株も認められたが、発病度、発病株率ともに低く推移し、発病が拡大しなかった。4HM2株（レース4.11）接種試験において、本来であれば*Cf-9*遺伝子を持つこれらの品種は発病しないはずであるが、今回の試験では薄い病斑を形成した。その原因としては、葉かび病菌に対する抵抗性反応が薄い病斑として現れた、もしくは同じハウスで管理していた3A2株（レース4.9.11）接種区の胞子が飛散し感染したことが考えられた。しかし、接種28日後まで観察を継続したが、病斑は拡大せず上位葉に展開しなかった。このことから、葉かび病に対する抵抗性反応が薄い病斑として現れたのではないかと考えられた。

「キャロル10」、「ちびっこ」は、接種21日後までに発病しなかった。「千果」以外の品種は、葉裏にネクロシスが確認された。

3A2株（レース4.9.11）接種試験において、ミニトマト「ちびっこ」は、接種21日後まで発病せず、前述の抵抗性反応とみられるネクロシスが葉裏に確認された。それ以外の品種は、接種14日後までに、灰白色の病斑を形成し、発病した。

このことから、「ちびっこ」は、葉かび病菌レース4.9.11に抵抗性を持っていることがわかった。

IV まとめ

本試験で、トマト「麗容」、「ごほうび」は、レース4.9.11に抵抗性を持つことがわかった。これらの結果は、現地導入品種の選定や*Cf-9*抵抗性遺伝子を打破できるトマト葉かび病菌に対する抵抗性品種の育種の素材として活用できるものと考えられる。

第1表 トマト品種の葉かび病菌各レースに対する接種14日後及び21日後の発病株率及び発病度

品種名	抵抗性 遺伝子	4HM2株 (レース4.11)				3A2株 (レース4.9.11)			
		発病株率 (%)		発病度		発病株率 (%)		発病度	
		14日後	21日後	14日後	21日後	14日後	21日後	14日後	21日後
ハウス桃太郎	なし	100	100	32.2	59.4	100	100	30.6	48.4
りんか409	不明	0	0	0	0	90	100	8.9	56.1
麗容	不明	0	0	0	0	0	0	0	0
ごほうび	不明	0	0	0	0	0	0	0	0

注1) 抵抗性遺伝子については種苗メーカーカタログによる.

2) 表中の数値は各区10株の平均値である.

3) 発病株率 = (発病株数/各試験区の総株数) × 100

4) 発病度 = Σ (発病指数 × 各発病指数の葉数) / (4 × 全調査葉数) × 100

発病指数 0: いずれの小葉にも病斑を認めない

1: 調査小葉の1/3未満に病斑が認められる

2: 調査小葉の1/3以上, 2/3未満に病斑が認められる

3: 調査小葉の2/3以上に病斑が認められる

4: 全小葉に病斑が認められる

第2表 ミニトマト品種の葉かび病菌各レースに対する接種14日後及び21日後の発病株率及び発病度

品種名	抵抗性 遺伝子	4HM2株 (レース4.11)				3A2株 (レース4.9.11)			
		発病株率 (%)		発病度		発病株率 (%)		発病度	
		14日後	21日後	14日後	21日後	14日後	21日後	14日後	21日後
千果	なし	100	100	38.1	51.5	100	100	30.8	41.9
サンチェリー ピュア	<i>Cf-9</i>	10	20	0.3	0.6	100	100	33.9	34.0
ラブリー藍	<i>Cf-9</i>	0	10	0	0.3	100	100	40.6	40.7
Cf小鈴	<i>Cf-9</i>	10	30	0.6	1.4	100	100	40.6	42.0
CF千果	<i>Cf-9</i>	0	30	0	1.1	100	100	39.2	40.8
レッドルビー	<i>Cf-9</i>	0	10	0	0.3	100	100	25.3	46.3
キャロル10	不明	0	0	0	0	100	100	23.1	43.6
アイコ	不明	0	10	0	0.6	100	100	42.2	46.8
ちびっこ	不明	0	0	0	0	0	0	0	0

注1) 抵抗性遺伝子については種苗メーカーカタログによる.

2) 表中の数値は各区10株の平均値である.

3) 発病株率、発病度は第1表に同じ.

一方、現地で栽培されている葉かび病抵抗性を持つミニトマトの主要品種がレース4.9.11に対して抵抗性がないことが明らかとなった。このため、現地でミニトマトを栽培する時は薬剤防除を含め、総合的に防除を行う必要がある。

葉かび病菌の AVR 遺伝子は容易に変異するため、抵抗性品種のみに頼る防除法では限界がある。現在、葉かび病菌のレース判別法は、接種による生物検定がもっとも精度がよい。しかし、判別品種が手に入りにくく、検定結果が出るまでに2か月程度時間を要することから、葉かび病菌の4つの AVR 遺伝子の塩基配列を比較し、国内で市販されている抵抗性品種との親和性の推定を行うレース判別法（飯田ら、2011）の試みがなされている。今後これらの技術が確立すれば、現地の生産ほ場で発生している葉かび病菌のレース判別を迅速に行うことができ、抵抗性品種の導入や薬剤防除などの効率的な葉かび病防除対策に役立てられると考える。

V 摘 要

2007年に新たに発生したレース4.9.11に対するトマト及びミニトマトの市販品種の抵抗性を明らかにした。

1. 3A2株（レース4.9.11）の接種試験において、トマト「麗容」、 「ごほうび」は、接種21日後まで発病せず、レース4.9.11に抵抗性を持っていた。
2. 3A2株（レース4.9.11）の接種試験において、ミニトマト「ちびっこ」は、接種21日後まで発病せず、レース4.9.11に抵抗性を持っていた。

3. 現地で栽培されているミニトマト品種はレース4.9.11に対して抵抗性がなかった。現地のレース4.9.11発生圃場では、薬剤防除を含め、総合的に防除を行う必要がある。

VI 引用文献

- Enya, J., K. Ikeda, T. Takeuchi, N. Horikoshi, T. Higashi, T. Sakai, Y. Iida, K. Nishi, M. Kubota (2009) The first occurrence of leaf mold of tomato caused by races 4.9 and 4.9.11 of *Passalora fulva* (syn. *Fulvia fulva*) in Japan. *Journal of General Plant Pathology* 75 : 76-79.
- Hammond-kosack, K.E. and J.D.G. Jones (1994) . Incomplete dominance of tomato *Cf* genes for resistance to *Cladosporium fulvum*. *MPMI* 7 : 58 - 70.
- 飯田祐一郎 (2010) . 微生物遺伝資源探索収集調査報告書23 : 1-8. 独立行政法人農業生物資源研究所.
- 飯田祐一郎, 窪田昌春, 雨川公洋 (2011) . 植物防疫 : 48-51. 日本植物防疫協会
- 社団法人日本植物防疫協会 (2004) . 野菜等殺菌剤圃場試験法.
- 佐藤衛・西和文・窪田昌春 (2005) . 関西病害虫研究会報 47 : 47-48.
- 山田憲吾 (2009) トマト葉かび病菌 *Passalora fulva*. 微生物遺伝資源利用マニュアル28 : 1-9. 独立行政法人農業生物資源研究所.
- 全国農村教育協会 (1998) . 日本植物病害大事典

Resistance of Tomato Cultivars to Race 4.9.11 of *Passalora fulva*

Eriko KUNITOMO, Reiko KOZUKA and Shingo USHIO

Key words: cherry tomato, *Passalora fulva*, race, resistance of tomato cultivars, tomato

Summary

We examined the resistance of tomato cultivars to race 4.9.11 of *Passalora fulva*.

1. In an inoculation test using strain 3A2 (race 4.9.11 of *Passalora fulva*), the tomato cultivars 'Reiyou' and 'Gohoubi' showed no disease until 21 days after inoculation. They thus had resistance to race 4.9.11.
2. In inoculation test using the same strain, the cherry tomato cultivar 'Chibikko' showed no disease until 21 days after inoculation. It was thus also resistant.
3. The above-mentioned resistant tomato cultivars are commonly grown in Chiba. However, the cherry tomato cultivars commonly grown in this prefecture are not resistant to race 4.9.11 of *Passalora fulva*. Therefore, in field outbreaks, integrated control, including chemical control, will be needed.