

LAMP 法による幼苗検定法を利用した黄化葉巻病抵抗性トマト系統の育成

加藤政司*・大藪哲也・福田至朗・穴井尚子・矢部和則

愛知県農業総合試験場 480-1193 愛知県愛知郡長久手町岩作三ヶ峯

Development of Tomato Strains Resistant to Tomato Yellow Leaf Curl Virus by the Seedling Test Using the LAMP Method

Masashi Kato*, Tetsuya Oyabu, Shiro Fukuta, Naoko Anai and Kazunori Yabe

Aichi Agricultural Research Center, Nagakute-cho, Aichi 480-1193

Abstract

To develop tomato strains (*Lycopersicon esculentum* Mill.) with *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) resistance and suitable characteristics for eating raw in Japan, the resistant variety 'Athyla' introduced from Holland and 'Momotaro Fight' were crossed, and progeny strains were selected and fixed. TYLCV resistant strains which were infected with the virus, but show characteristics of resistance such as suppression of viral growth in the plant and prevention of disease symptoms, were obtained by seedling test using the loop-mediated isothermal amplification (LAMP) method. Those strains show the same fruit characteristics as the typical Japanese cultivar such as big fruit size, clear fruit skin color, high fruit concentration of soluble solids and so on. It is considered that the seedling test using the LAMP method is suitable for breeding TYLCV resistant tomato, because high correlation was shown between resistance by this method and field test resistance in the TYLCV epidemic district.

Key Words : breeding, selection method

キーワード : 育種, 選抜法

緒 言

トマト黄化葉巻ウイルス (*Tomato yellow leaf curl virus* ; TYLCV) に起因するトマト黄化葉巻病は、1996年に愛知県、静岡県、長崎県で発見された(加藤, 1999)後、西南日本を中心としたトマト産地に広がり、2005年12月までに23府県で発生が報告されるなど、大きな問題となっている(本多, 2006)。

筆者らは、TYLCV抵抗性のトマト育種素材を得る目的で、海外から栽培品種・系統を導入し、草姿や果実品質、TYLCV愛知株(Uedaら, 2004)に対する抵抗性についての調査を行ったところ、'Athyla'(De Ruiter Seeds, オランダ)が有望であることが明らかになった(加藤ら, 2005)。「Athyla」は、TYLCVに感染しても無病徴で生育する増殖抑制型抵抗性であり、また、施設栽培に適した草姿と果実特性を有しているが、果皮色が黄色であり、糖度が低いな

ど、わが国の一般的な生食用大玉トマトとは異なる特性がある(加藤ら, 2005)。

本研究では、TYLCV接種法(穴井ら, 2005)とloop-mediated isothermal amplification(LAMP)法(Fukutaら, 2003; 福田ら, 2005)を活用したTYLCV抵抗性の幼苗検定により、「Athyla」と国内栽培品種の交雑後代から、TYLCVに抵抗性を有し、果皮色が無色で高糖度となるトマト系統(*Lycopersicon esculentum* Mill.)を育成した。また、この幼苗検定の有効性をTYLCV常発地ほ場での抵抗性と比較することで検証したので報告する。

材料および方法

1. TYLCV抵抗性トマト系統の育成

国内で栽培されているF₁品種「桃太郎ファイト」(タキイ種苗(株))を母親とし、TYLCV抵抗性F₁品種「Athyla」を父親とし、2003年4月に交雑した。以下、この交雑後代系統をMFAT系と称し、各自殖世代での株番号を後に続けて系統名とした。TYLCVに抵抗性を有し、かつ果皮色が無色で果実が重い系統を得るため、1年に2世代ずつ選抜、固定を進め、2006年5月にF₇世代を選抜した。

選抜経過としては、2003年秋、MFAT系F₁世代101株を愛知県農業総合試験場(以下、愛知農総試)のガラス温室

2006年7月19日 受付。2007年1月15日 受理。

本報告の一部は平成18年度園芸学会春季大会で発表した。

本研究は、平成15～17年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「LAMP法と黄化葉巻病常発地を活用した抵抗性トマト選抜法」で行った。

* Corresponding author. E-mail: masashi_2_katou@pref.aichi.lg.jp

内で栽培し、観察により裂果やすじ腐れ果などの不良果が少なく、食味の良好な20株を選抜した。

2004年春、TYLCV抵抗性についての選抜を行うため、MFAT系F₂世代20系統238株と対照として‘ハウス桃太郎’（タキイ種苗（株））を供試して、TYLCVの幼苗検定を行った。2004年1月23日に33cm×48cm×高さ7cmのは種バットには種し、1バット当たり77株となるように間引いた。TYLCVの接種は、穴井ら（2005）の方法に準じて行った。すなわち、25°Cの恒温室内において、愛知農総試で累代飼育しているタバココナジラミ（*Bemisia tabaci* Genn.）の成虫を、同じく愛知農総試が保存しているTYLCV愛知株に感染したトマトを入れた外径15cm×高さ20cmのアクリル管内に24時間以上放飼し、TYLCVを獲得吸汁させた。子葉展開期となる2月3日にこのタバココナジラミを25°C恒温室内の0.4mm目防虫ネットで被覆したチャンパー内に静置したトマト苗に対して、1株当たり10頭の密度で7日間放飼した。その後、タバココナジラミの成虫をミニポンプMP-2N（柴田科学（株））にて吸い取り、さらに、ジノテフラン3,000倍液の散布およびクロチアニジン粒剤1g/株の施用によりトマト苗に寄生した成虫および卵を殺虫、殺卵した。殺虫後は、0.4mmの防虫ネットを展張した愛知農総試の網室にて管理し、30日後、TYLCVの病徴を肉眼で観察した。無病徴の株についてはさらに栽培を行い、果実特性の調査により空洞果などの不良果が少ないものからF₃世代を得た。

2004年秋、MFAT系F₃世代では22系統214株と対照として‘ハウス桃太郎’を供試し、愛知農総試のガラス温室において栽培を行った。‘ハウス桃太郎’と草姿の比較調査を行い、さらに果重が150g以上で、果実の色回りに優れ、すじ腐れ果などの不良果の発生がないものを選抜した。

2005年春、TYLCV抵抗性による選抜を行うため、MFAT系F₄世代11系統108株と対照として‘ハウス桃太郎’を供試して、TYLCV幼苗検定による病徴の発現調査およびLAMP法を用いたトマト幼苗体内のTYLCV増殖程度の測定を行った。TYLCVの接種は、MFAT系F₂世代の選抜時と同様にして行った。植物体内へのTYLCV感染の確認およびTYLCV増殖程度の測定は、LAMP法を用いた福田ら（2003, 2005）の方法により行った。すなわち、TYLCV接種終了後30日目に、成長点付近の小葉を採取して重量を測定し、4倍量の0.5N水酸化ナトリウムを加えて摩砕した。磨砕液10μLを190μLのTris-HCl（pH 8.0）に添加し、全量200μLの中から1μLを採取して鋳型とした。LAMP反応液は、20mM Tris-HCl（pH 8.8）、10mM KCl、10mM (NH₄)₂SO₄、8mM MgSO₄、0.1% Tween 20、0.8M betaine（Sigma-Aldrich）、0.2μM F3プライマー（5'-AACGC-CATTCTCTGCTTGA-3'）およびB3プライマー（5'-GAGC-CACTGTTTCGCAAGT-3'）、1.6μM FIPプライマー（5'-ACTACCTCCACCTCAACTGCAAGGAGCAGTGATGAGT-TCCC-3'）およびBIPプライマー（5'-ATGAGCAGCCA-

CAGTCTAGGTGGTCCAACACAAGATAGCCA-3'）、1.4mM dNTPs、16ユニットの*Bst* DNA polymerase（New England Biolabs）を混合し、25μLとした。この反応液に鋳型を添加し、63°C 1時間培養してLAMP反応を行った。このときの濁度変化をリアルタイム濁度測定装置LA-200（Teramecs）で測定し、白濁したものをTYLCVが感染したものとした。LAMP法により反応液の濁度が0.1に達するまでの時間（以下、LAMP反応時間）を計測することにより、鋳型のDNA量が推定でき、この時間が長いほどDNA量が少ないことを示すため（Moriら, 2004）、TYLCVの増殖程度は、LAMP反応時間の長短で表した。また、接種終了後45日目にトマト黄化葉巻病の病徴発現を肉眼で観察調査した。無病徴で、対照である‘ハウス桃太郎’よりLAMP反応時間の長い株についてはさらに栽培を行い、果皮色の調査により無色のものを選抜した。

MFAT系F₅世代からTYLCV抵抗性株を選抜するため、6系統85株、対照として‘ハウス桃太郎’と‘Athyia’を各7株用い、2005年7月22日に128穴セルトレイには種した。TYLCVの接種は、MFAT系F₂世代およびF₄世代と同様の手順で行い、タバココナジラミの密度を1株当たり11頭となるように放飼した。植物体内のTYLCV増殖程度の測定は、接種終了後10日目に行った。測定方法はMFAT系F₄世代の選抜時と同様にして行った。また、接種終了後30日目にトマト黄化葉巻病の病徴発現を肉眼で観察調査した。無病徴株で、対照である‘ハウス桃太郎’よりLAMP反応時間の長い株を選抜し、F₆世代を得た。

MFAT系F₆世代は5系統34株を供試し、愛知農総試のガラス温室内で、‘ハウス桃太郎’と‘Athyia’を対照として5段階摘心栽培を行った。2005年12月2日には種、2006年1月24日に定植して栽培し、草勢、草丈、果実の大きさ、色回り、糖度および果皮色などについて調査を行い、有望系統を選抜してF₇世代を得た。

2. 幼苗検定法で選抜した系統のTYLCV常発地での抵抗性

試験1のMFAT系F₅世代選抜時のTYLCV増殖程度および病徴発現程度と常発地での抵抗性の程度を同一系統を用いて比較することにより、本試験の選抜法の有効性を検証した。

TYLCV常発地として、愛知県海部郡弥富町（現弥富市）のA農家とB農家のビニルハウス2か所を選定し、MFAT系F₅世代6系統および対照の‘ハウス桃太郎’を各20株供試した。育苗は、愛知県内の種苗会社の育苗施設において行い、A農家分の苗は、2005年8月1日には種し、8月23日に‘がんばる根11号’（愛三種苗（株））に接ぎ木した。B農家分は、8月20日には種し、9月10日に‘がんばる根3号’（愛三種苗（株））に接ぎ木した。A農家では、8月31日に種苗会社育苗施設より農家の育苗用ハウスに搬入、ただちに鉢上げし、9月25日にビニルハウスに定植した。B農家では、9月17日に育苗用ハウスに搬入、鉢上げし、9月26日にビニルハウスに定植した。2農家における

コナジラミ類の防除は、現地での慣行に従った。すなわち、施設開口部およびサイドへ0.4 mm目防虫ネットの設置、施設内での黄色粘着テープの設置、鉢上げ時および定植時に粒剤の植穴処理、1～2回/月の薬剤散布による防除を行った。また、栽培管理は農家の慣行に従った。以上の栽培条件下において、A農家では、鉢上げ時、鉢上げ後20、50(定植後23日)、80(同53日)、110日(同83日)、B農家では、鉢上げ時、鉢上げ後30(定植後24日)、60(同54日)、90(同84日)、130日(同124日)に、トマト黄化葉巻病発現の肉眼観察調査および各株の中位の3葉に寄生しているコナジラミ類成虫の計測を行った。

結果および考察

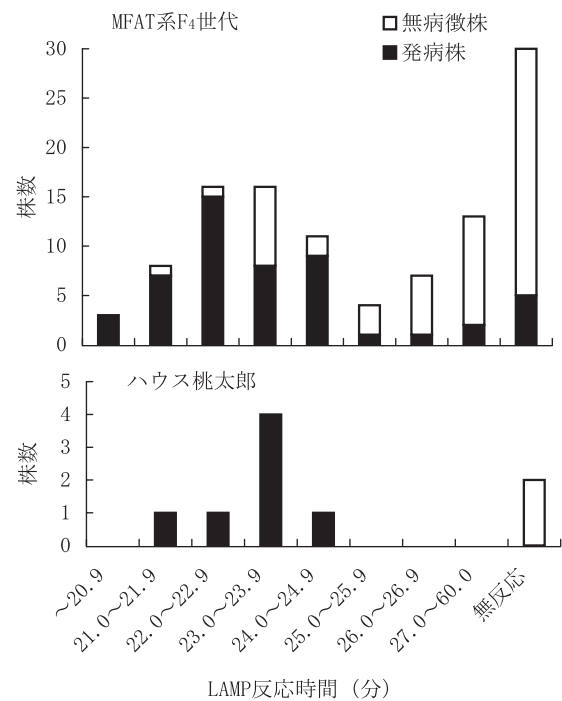
1. TYLCV 抵抗性トマト系統の育成

MFAT系F₂世代におけるTYLCV幼苗検定では、対照である‘ハウス桃太郎’は接種終了後30日までに全株でトマト黄化葉巻病の病徴が現れたのに対し、MFAT系F₂世代では、供試した238株のうち、接種終了後30日までに185株で病徴が認められ、53株が無病徴であった。この無病徴株のうち、果実特性を調査した結果、31株は空洞果などの不良果が著しく多かったので淘汰し、22株を選抜した(データ省略)。

MFAT系F₄世代におけるLAMP法を利用したTYLCV幼苗検定によるLAMP反応時間別の黄化葉巻病の発病状況を第1図に示した。対照である‘ハウス桃太郎’は供試した9株のうち、7株でTYLCVに感染しており、これらはいずれも接種終了後30日までに発病し、感染していない2株は接種終了後45日まで病徴が現れなかった。一方、供試したMFAT系F₄世代108株のうち、78株はTYLCVに感染しており、うち32株は病徴が現れなかった。LAMP法により白濁が見られなかった30株のうち、25株は接種終了後45日まで病徴が現れなかった。本試験の場合、LAMP反応時間が25分より短い株は発病し、これより長い株は無病徴である傾向が認められた。LAMP反応により白濁するまでの時間の長短と、発病の有無とは相関があると推定される。また、LAMP法を活用した幼苗検定法によるTYLCV抵抗性系統の選抜は、親系統である‘Athyla’が増殖抑制型抵抗性であるため(加藤ら, 2005)、LAMP法によりTYLCV

の感染が確認できるもののウイルス増殖が遅く、病徴がない系統を抵抗性のある系統と判定することが可能と考えられる。対照である‘ハウス桃太郎’の結果から、LAMP法により白濁しなかった2株は病徴がなく、TYLCVが接種されていない可能性があると考えられた。そのため、LAMP法により白濁しなかった株を除き、TYLCVに感染したが無病徴であった32株について果実を調査した結果、4株は果皮色が黄色であった。以上の結果からLAMP反応時間が‘ハウス桃太郎’より長く、無病徴である株のうち、果皮色が無色である6株を選抜し、F₅世代を得た。

MFAT系F₅世代におけるLAMP反応時間および病徴による選抜結果を第1表に示した。供試した品種・系統すべてでLAMP法により白濁が認められ、TYLCVに感染していることが確認された。罹病性である‘ハウス桃太郎’は



第1図 MFAT系F₄世代におけるLAMP法を利用したTYLCV幼苗検定法によるLAMP反応時間別トマト黄化葉巻病の発病株数

第1表 MFAT系F₅世代におけるLAMP法を利用したTYLCV幼苗検定法による選抜

品種・系統名	供試株数	TYLCV感染株数	LAMP反応時間(分) ²	発病株数	選抜株数	選抜株のLAMP反応時間(分)
MFAT37-2-1-8	21	21	21.7 ± 0.2	1	1	22.7
MFAT61-3-7-8	7	7	27.5 ± 3.7	0	1	27.4
MFAT61-4-6-6	8	8	27.6 ± 3.6	4 ^y	1	41.8
MFAT86-1-1-6	14	14	22.2 ± 0.3	4 ^y	1	24.6
MFAT86-1-4-10	23	23	21.3 ± 0.2	2 ^y	1	22.8
MFAT93-3-4-6	12	12	20.2 ± 0.2	12	0	—
Athyla	7	7	21.7 ± 0.2	0	—	—
ハウス桃太郎	7	7	20.9 ± 0.3	7	—	—

²LAMP法により反応液の濁度が0.1に達するまでの時間 ± 標準誤差 (n = TYLCV感染株数)

^y黄化せず、葉巻した程度の病徴であった

第2表 MFAT系F₆世代から選抜した株の主要特性

品種・系統名	草勢 ^z	草丈 (cm)	調査果数	果径 (mm)	果高 (mm)	果重 (g)	色回り ^w	糖度 (Brix)	果皮色
MFAT37-2-1-8-13-1	2	178	6	8.2 a ^x	5.2 a	217.2 a	3.7 b	4.6 b	無
MFAT61-3-7-8-1-3	2	180	8	7.9 a	5.4 a	200.0 a	2.5 a	4.5 b	無
MFAT61-4-6-6-5-2	3	170	8	8.1 a	5.9 a	231.5 a	3.0 a	5.0 a	無
MFAT86-1-1-6-11-4	3	172	7	7.5 a	4.9 ab	164.8 a	2.8 a	4.1 b	無
MFAT86-1-4-10-2-2	2	157	8	7.7 a	5.1 a	176.7 a	2.4 a	4.2 b	無
Athyla	3	176 ^y	10	7.9 a	5.6 a	200.8 a	3.0 a	4.2 b	黄
ハウス桃太郎	3	156 ^y	10	7.6 a	5.6 a	186.4 a	3.0 a	5.4 a	無

^z5段階による観察評価；1（弱）～5（強）

^y14株の平均

^x異なる英小文字間に5%水準で有意差あり（Tukey-Kramer法）

^w5段階による観察評価；1（不良）～5（良）



第2図 MFAT系F₆世代で選抜した株の生育、着果特性(MFAT61-4-6-6-5-2)

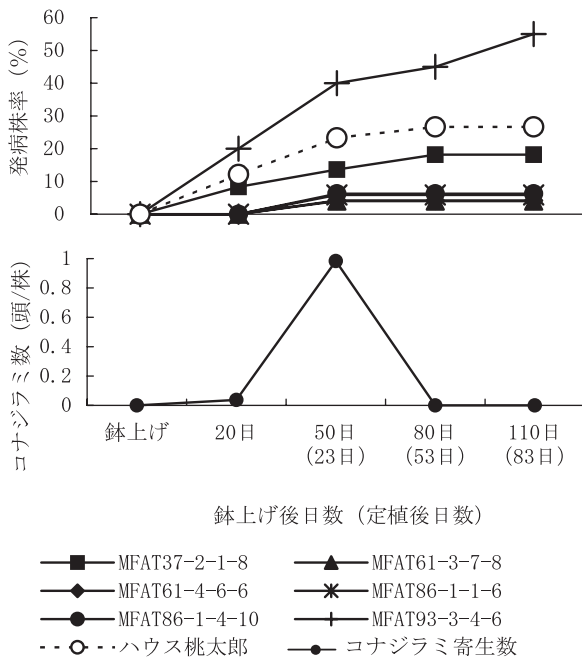
接種終了後30日までに7株すべてで病徴が現れ、LAMP反応時間は平均20.9分であった。抵抗性である‘Athyla’は、TYLCVに感染したにも関わらず、接種終了後30日まで病徴が現れず、LAMP反応時間も平均21.7分と‘ハウス桃太郎’と比較して長かった。一方、供試系統のうち、MFAT93-3-4-6は12株すべてで病徴が現れ、LAMP反応時間は平均20.2分と、‘ハウス桃太郎’と同等であった。他の5系統では、病徴が発現しなかったか、現れた場合でも黄化を伴わず、葉が軽く巻く程度の病徴であったことから、増殖抑制型抵抗性を有すると考えられた。これら系統はLAMP反応時間においても、系統間に差があるものの、平均21.2分から27.6分と、罹病性である‘ハウス桃太郎’より長く、抵抗性である‘Athyla’と同等もしくは長かった。LAMP反応時間が長く、病徴が現れなかった株を各系統から1株、合計5株選抜し、F₆世代を得た。

MFAT系F₆世代で選抜した株の特性を第2表に、栽培試験における生育、着果特性の例としてMFAT61-4-6-6-5-2の生育状況を第2図に示した。選抜した5株の草勢は、‘ハウス桃太郎’や‘Athyla’と同等かやや弱く、草丈はMFAT86-1-4-10-2-2が‘ハウス桃太郎’と同等でやや低く、他の4株は‘Athyla’と同等であった。果重は全品種・系統間で有意な差はみられなかったものの、MFAT37-2-1-8-13-1、MFAT61-3-7-8-1-3、MFAT61-4-6-6-5-2は‘Athyla’と同等であった。色回りは、MFAT37-2-1-8-13-1が‘Athyla’および‘ハウス桃太郎’より良好であり、他の系統は両品種と有意な差がみられず、若干劣る傾向にあるか、または同等であった。糖度は、MFAT61-4-6-6-5-2が5.0度と‘Athyla’より有意に高く、‘ハウス桃太郎’と同等であった。すじ腐れ果、果頂部の尖りはどの株にも見られなかった。選抜した5株は、すべて果皮色が無色であった。従って、MFAT系の5系統は‘Athyla’由来のTYLCV抵抗性を有し、果皮色が無色で果実が重いトマト系統で、わが国の消費嗜好に適合すると考えられた。

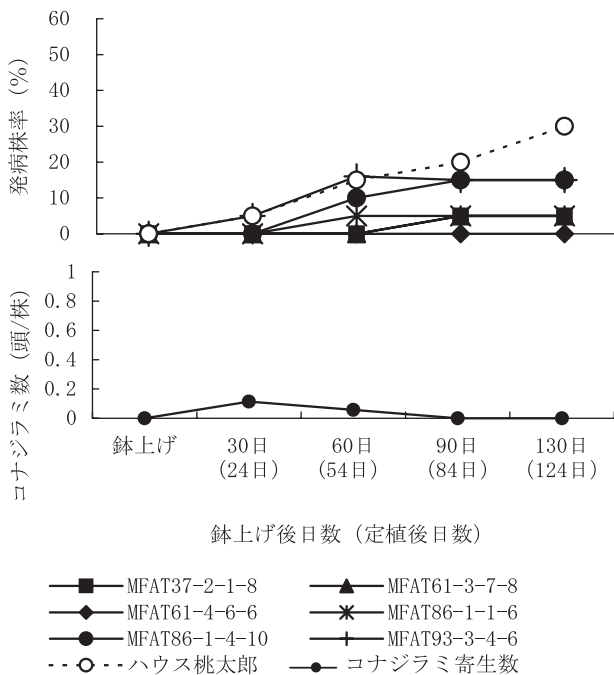
2. 幼苗検定法で選抜した系統のTYLCV常発地での抵抗性

トマト黄化葉巻病常発地におけるMFAT系F₆世代の発病株率とコナジラミ寄生頭数の推移を第3、4図に示した。A農家においては、鉢上げ後20日目にコナジラミの寄生が確認でき、鉢上げ後50日目には、1頭/株程度の寄生が認められた。B農家においては、鉢上げ後30から60日目にコナジラミがわずかに確認された。従って、2農家とも、TYLCVが自然感染する可能性があると考えられた。

A農家においては、対照である‘ハウス桃太郎’と同様にMFAT37-2-1-8およびMFAT93-3-4-6は鉢上げ後20日までに発病が確認され、MFAT61-3-7-8、MFAT61-4-6-6、MFAT86-1-1-6およびMFAT86-1-4-10は鉢上げ後50日までに発病が確認された。鉢上げ後110日目の発病株率は、‘ハウス桃太郎’が25%であったのに対し、MFAT37-2-1-8は15%、MFAT61-3-7-8、MFAT61-4-6-6、MFAT86-1-1-6およびMFAT86-1-4-10は5%、MFAT93-3-4-6は55%であった。B農家においては、対照である‘ハウス桃太郎’と同様にMFAT93-3-4-6は鉢上げ後30日までに発病が確認され、MFAT37-2-1-8



第3図 MFAT系F₃世代におけるトマト黄化葉巻病常発地A農家での発病株率とコナジラミ寄生数の推移



第4図 MFAT系F₃世代におけるトマト黄化葉巻病常発地B農家での発病株率とコナジラミ寄生数の推移

およびMFAT61-3-7-8は鉢上げ後90日、MFAT86-1-1-6およびMFAT86-1-4-10は鉢上げ後60日までに発病が確認された。MFAT61-4-6-6は調査期間を通して発病が確認されなかった。鉢上げ後130日目の発病株率は、‘ハウス桃太郎’は30%であったのに対し、MFAT37-2-1-8、MFAT61-3-7-8およびMFAT86-1-1-6は5%、MFAT86-1-4-10およびMFAT93-

3-4-6は15%であった。

試験1のF₅世代におけるLAMP法を利用したTYLCV幼苗検定法の結果(第1表)と比較すると、幼苗検定で全株発病し、LAMP反応時間が短かったMFAT93-3-4-6は、常発地でも発病時期が早く、発病株率も高かった。幼苗検定では無病徴であったが、LAMP反応時間の比較的短かったMFAT37-2-1-8、MFAT86-1-4-10は、常発地では罹病性品種に比べて発病時期は遅くなるが、発病株率がやや高くなる傾向であった。幼苗検定では病徴が軽く、かつLAMP反応時間が長かったMFAT61-3-7-8、MFAT61-4-6-6は、常発地においてもほとんど発病しなかった。このように、幼苗検定法により判別されたTYLCV抵抗性は、常発地ほ場での抵抗性と類似していた。以上のことから、LAMP法を活用したTYLCV抵抗性幼苗検定法は、早期かつ効率的に抵抗性系統が選抜できる有効な手法であると考えられる。また、タバココナジラミを用いて選抜圧を均一にかけることができただけでなく、実験室内でTYLCVを接種し、コナジラミを回収、殺虫後に温室に移動して管理できるため、コナジラミ飛散の恐れが少なく、安全な選抜法であると考えられる。

これまで、トマト近縁種から複数の抵抗性素材が見いだされているが、いずれも増殖抑制型の抵抗性を持つものであり、免疫性の抵抗性はいまだ発見されていない(斎藤, 2006)。また、これらの抵抗性素材については、それぞれ抵抗性の程度も異なり、抵抗性の程度が高いトマトほどTYLCVが感染した植物からコナジラミへのウイルス獲得や媒介効率は低下するが、抵抗性の程度が高いトマトからでもコナジラミがウイルスを獲得し、媒介すると報告されている(Lapidotら, 2001)。本研究の育成系統は、増殖抑制型の抵抗性であるため、栽培上、病徴が現れずに収穫ができるが、TYLCVの汚染を拡大させないために、他の耕種的防除法と組み合わせた総合防除の一環としての利用が必要であると考えられる。

また、本研究で用いたLAMP法を活用した幼苗検定法は、抵抗性程度の強弱の検定が可能であることから、より強度な抵抗性をもつ素材の探索だけでなく、複数の抵抗性遺伝子の集積による育種素材の開発にも利用できる。

摘 要

トマト黄化葉巻ウイルス(TYLCV)に抵抗性を持ち、わが国の消費嗜好に適した生食用トマト系統(*Lycopersicon esculentum*)を育成する目的で、オランダから導入した抵抗性品種‘Athyla’と国内品種‘桃太郎ファイト’を交雑して、選抜・固定を行った。LAMP法を活用した幼苗検定法で選抜を行い、感染はするが、植物体内でのウイルス増殖が抑制され、病徴を発現しないTYLCV抵抗性系統を得た。得られた系統は、わが国の一般的な生食用大玉品種と同様に、果実は大玉で果皮色が無色、糖度が高いなどの特性を有する。LAMP法を活用した幼苗検定法によるTYLCV抵

抗性とトマト黄化葉巻病常発地ほ場での抵抗性は相関が高く、幼苗検定法による選抜は有効な育種手法であると考えられた。

引用文献

- 穴井尚子・中坊昌也・加藤晋朗・福田至朗・深谷雅博・矢部和則. 2005. トマト黄化葉巻ウイルス (TYLCV) 接種条件の検討と愛知県での発生ウイルス系統に対する海外育成抵抗性品種の抵抗性検定. 関西病虫研報. 47: 99-101.
- 福田至朗・穴井尚子・加藤政司・吉村幸江・深谷雅博・矢部和則・大矢俊夫・神戸三智雄. 2005. 簡易な鋳型調整による loop-mediated isothermal amplification (LAMP) 法を用いたトマト黄化葉巻ウイルスの検出. 関西病虫研報. 47: 37-41.
- Fukuta, S., S. Kato, K. Yoshida, Y. Mizukami, A. Ishida, J. Ueda, M. Kanbe and Y. Ishimoto. 2003. Detection of tomato yellow leaf curl virus by loop-mediated isothermal amplification reaction. *J. Virological Methods* 112: 35-40.
- 本多健一郎. 2006. トマト黄化葉巻病と媒介コナジラミ, 防除法を巡る研究情勢と問題点. 野菜茶業研究集報. 3: 115-122.
- 加藤公彦. 1999. トマトの新しいウイルス TYLCV の発生植物防疫. 53: 308-311.
- 加藤政司・大藪哲也・中坊昌也・福田至朗・矢部和則. 2005. トマト黄化葉巻病抵抗性育種素材の選抜. 愛知農総試研報. 37: 35-40.
- Lapidot, M., M. Friedmann, M. Pilowsky, R. Ben-Joseph and S. Chen. 2001. Effect of host plant resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) on virus acquisition and transmission by its whitefly vector. *Phytopathology* 91: 1209-1213.
- Mori, Y., M. Kitao, N. Tomita and T. Notomi. 2004. Real-time turbidimetry of LAMP reaction for quantifying template DNA. *J. Biochem. Biophys. Methods* 59: 145-157.
- 斎藤 新. 2006. トマト黄化葉巻病抵抗性育種の現状と問題点. 野菜茶業研究集報. 3: 99-102.
- Ueda, S., T. Kimura, M. Onuki and K. Hanada. 2004. Three distinct groups of isolates of *Tomato yellow leaf curl virus* in Japan and construction of an infectious clone. *J. General Plant Pathology* 70: 232-238.