

## トマトの色素に関する遺伝学的・生理学的研究(II) : 劣性同型接合体rrtt系, 黄橙色トマトの育成

著者	城島 十三夫, 小倉 弘司, 原 修
雑誌名	鹿児島大学農学部學術報告=Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University
巻	36
ページ	57-63
別言語のタイトル	Genetical and Physiological Studies on Tomato Pigment II : Breeding of Recessive Homozygote rrtt Lines, Yellowish Tangerine Tomatoes
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/1733">http://hdl.handle.net/10232/1733</a>

## トマトの色素に関する遺伝学的・生理学的研究 (II)

劣性同型接合体 *rrtt* 系, 黄橙色トマトの育成

城島十三夫・小倉弘司・原 修\*

(蔬菜園芸学研究室)

昭和60年8月10日 受理

### Genetical and Physiological Studies on Tomato Pigment II

Breeding of Recessive Homozygote *rrtt* Lines,  
Yellowish Tangerine Tomatoes

Tomio JOHJIMA, Hiroshi OGURA and Osamu HARA\*

(Laboratory of Vegetable Crops)

#### 緒 言

トマトの果色発現には, 主に *R* および *T* 遺伝子が関与し, 遺伝子型 *RT* においては桃~赤色果実を, *rT* では黄色を, *Rt* では橙色を呈し, そして *rt* では黄橙色を示すことが知られている<sup>12)</sup>. これらの果色を特徴づける色素成分は, *T* 遺伝子が優性な黄色種ではトランス- $\beta$ -カロテンが主要色素であり, 桃~赤色種ではトランス-リコペンがその色素成分の80~90%を占め, 他に6種のトランス型カロテンの存在が認められている<sup>2,4-7,10,13,16)</sup>.

一方, *t* 因子が劣性の橙色種では, シス型のリコペン, シス- $\gamma$ -カロテンおよび $\xi$ -カロテンが主要色素で, 他にフィトエン, フィトフルエンおよび $\beta$ -カロテンなどが色素構成成分として確認されてきた<sup>1,4,5,7,10,16)</sup>.

しかし筆者らは, 前報において<sup>8,9)</sup>, これらに加えて, シス- $\gamma$ -カロテンが含まれることを初めて明らかにし, 橙色系トマトの色素構成成分ならびにトマトのシス型カロテンの形成経路に, 若干の修正が必要なことを提示した<sup>8,9,12,14,15)</sup>.

そこで, 今後新しくトマト果色の遺伝学的, 生理学的研究を進めるに当たっては, *rt* 系トマトを含む *t* 劣性系トマトの果色についての詳細な検討が必要と考えられる.

ところで, トマトの一般栽培品種は, 桃~赤色品種 (*RT*) (我が国ではほとんど桃色品種とされている) であり, 黄色品種 (*rT*) および橙色品種 (*Rt*) はまれ

にしか見られない. さらに, 黄橙色品種 (*rrtt*) に至っては, 通常ほとんどみられない. したがって *rrtt* 系トマトは, 自ら育種する以外入手方法はない.

そこで本報では, トマト果色に関する一連の実験と併行して進めてきた *rrtt* 系トマトの育成経過と, 育成された *rrtt* 系およびその他の数種の遺伝子型のトマトの果実特性について報告する.

#### 材 料 と 方 法

##### 1. 供 試 品 種

育成母系として赤色種 (*RRTT*); MoneyMaker (MM) および Red Cherry (RC), 黄色品種 (*rrTT*); Golden Queen (GQ), および 橙色品種 (*RRtt*); Jubilee (Jub) の4品種を供試した.

MM, GQ および Jub の3品種は農林水産省野菜試久留米支場より, また RC は米国から一般栽培品種として, それぞれ分譲導入されたものである.

##### 2. 栽 培 概 要

育成材料のトマトは, 毎年2月下旬~3月上旬には種し, 4月中旬~下旬からビニールハウスおよび露地において栽培した. これらから採種された一部のは育種期間を短縮するため, さらに8月下旬には種し, ビニールハウスおよびガラス室内においてポット栽培を行った.

形質分離の検討ならびに個体選抜は, 主に露地栽培において行い, 固定形質の確認や, 自殖および交雑による採種は, ビニールハウスまたはガラス室の栽培によって行った. なお, は種から果実収穫までの栽培管理は, すべて慣行法によって行った.

\* サンケイ化学株式会社 Sankei Chemical & Co., Ltd.

3. 交雑および果実特性の調査

開花1~2日前の花蕾を除雄し、硫酸紙の袋かけを行い、開花前日~開花翌日にかけて交配を行った。各花房当たり3~6果を結実させ、成熟後採種した。

採種した種子は、その年または翌年には種し、果実特性を検討した。栽植本数は、固定形質の単なる確認の場合は15~30株、分離調査や形質選抜を目的とする場合は、予測される分離程度によって50~200株とした。

果色の特性調査は、果実外部および果肉の色調を肉眼によって判定し、さらに、各個体当り3果以上の完熟果について、色差計(日本電色製表面色差計ND-K6B)を用いて果実表面色差を測定した。

果実の色差は、果頂部から1~2cm離れた位置を20mmの大きさで、L、aおよびb値(L:明度、白(+)-黒(-)、a:彩度、赤(+)-緑(-)、およびb:色度、黄(+)-青(-))を測定した。さらに赤色程度を表示するため、a/b値を算出した<sup>3)</sup>。

これらの果色調査を総合的に評価し、各個体および各系統の遺伝子型の予測を行った。また、*rrtt*系の遺伝子型の最終的な決定は、双方の交雑親との検定交雑によってなされた<sup>4,16)</sup>。

結 果

1. *rt* (*S<sub>3</sub>*) (*rrtt*) の育成

Fig. 1 に示したように、1970年以來 GQ および Jub の後代検定を自殖3代にわたって行った。この過程において、いずれも分離や変異個体はみられず、形質がそれぞれに固定していることを確認した。

そこで1972年秋作において、GQ (*rrTT*) × Jub

(*RRtt*) の交雑を行い、赤色果系 (*RrTt*) を得た。さらに、この自殖後代 (*F<sub>2</sub>*) において、193個体中17個体の *rt* 表現型を得た (Table 2)。その中から8個体を選抜し、自殖を3代くり返し、形質がほぼ固定したことを確認し、果色形質のほか、草姿、草勢および果形などを総合的に判断して、*rt*(*S<sub>3</sub>*) を選抜した。

この *rt* (*S<sub>3</sub>*) が遺伝子型 *rrtt* であることを確認するため、当初の交雑親をそれぞれ交雑し、遺伝子型の解析を行った (Fig. 1 および Table 1)。

Table 1 においてその結果をみると、その交雑の *F<sub>1</sub>* においては、いずれも交雑相手の形質が発現した。すなわち、*rt* (*S<sub>3</sub>*) に橙色種 (Jub) および黄色種 (GQ) を交雑した場合、*F<sub>1</sub>* は橙色および黄色をそれぞれ示し、*a/b* 値も0.91および0.25で、それぞれの果色の平均的数値(後述)を示した。

また、これらの交雑の *F<sub>2</sub>* における分離比を、Table 1 および 2 についてみると、GQ との交雑の場合、黄色系と黄橙色の分離は34:9であり、理論的分離比3:1に対する *X<sup>2</sup>* 検定の P 値は0.7~0.5で、理論分離比に非常によく適合することが確認された。

同様に Jub との交雑の場合、橙色と黄橙色の分離比は28:14であり、P 値0.2~0.3で、やはり理論比(3:1)に適合した。

以上から、1) *rt* (*S<sub>3</sub>*) は上記の交雑において、GQ (*rrTT*) および Jub (*RRtt*) 両者に対して劣性であること、2) *F<sub>2</sub>* において、それぞれ3:1に分離したことは、*F<sub>1</sub>* のそれぞれの遺伝子が異型、すなわち、*Tt* および *Rr* であったことを示す。交雑親 GQ および Jub は *TT* および *RR* 型であるから、その交雑 *F<sub>1</sub>* がすべて *Tt* および *Rr* になる遺伝子組合せは、*tt* お

Parental lines	1970-1972	1973	1974	1976	1978	1980
Jub ( <i>RRtt</i> )	<i>F<sub>1</sub></i> GQ × Jub ( <i>RrTt</i> )	<i>F<sub>2</sub></i> Selection of <i>rt</i> phenotypes	<i>F<sub>3</sub></i> ..... <i>F<sub>5</sub></i> <i>rt</i> pure line selection by selfing and test cross*	<i>F<sub>7</sub></i> <i>rt</i> ( <i>S<sub>5</sub></i> ).....		
GQ ( <i>rrTT</i> )	Progeny test by selfing (3 generations)					
MM ( <i>RRTT</i> )		Progeny test by selfing (3 generations)	<i>F<sub>1</sub></i> MM × <i>rt</i> ( <i>S<sub>3</sub></i> ) ( <i>RrTt</i> )	<i>F<sub>2</sub></i> Selection of <i>Rt</i> , <i>rT</i> and <i>rt</i> pheno- types	<i>F<sub>3</sub></i> ..... <i>F<sub>5</sub></i> ..... <i>F<sub>7</sub></i> .....	
RC ( <i>RRTT</i> )	.....		RC × <i>rt</i> ( <i>S<sub>3</sub></i> ) ( <i>RrTt</i> )		MM- <i>rt</i> and RC- <i>rt</i> lines selection by selfing	

Fig. 1. Synopsis of the breeding of *rrtt* lines and other genotypes.

\* Test cross to confirm the homozygosity of *rt* line was conducted by back cross on to either of the parental lines.

Table 1. The values of color difference of tomato fruits in the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> progenies from the four different crosses\*<sup>1</sup>

Cross* <sup>1</sup>	Genotype	Fruit color	Number of plants	Color difference of fruit surface* <sup>2</sup>				
				<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a/b</i> ratio	
<i>rt</i> (S <sub>3</sub> )×Jub ( <i>rrtt</i> × <i>RRtt</i> )	: F <sub>1</sub>	<i>Rrtt</i>	Tangerine	13	51.3	26.0	30.5	0.85
	: F <sub>2</sub>	<i>Rt</i>	Tangerine	28	55.0	26.7	29.4	0.91
		<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	14	48.1	20.1	27.0	0.74
<i>rt</i> (S <sub>3</sub> )×GQ ( <i>rrtt</i> × <i>rrTT</i> )	: F <sub>1</sub>	<i>rrTt</i>	Yellow	26	58.3	8.2	32.7	0.25
	: F <sub>2</sub>	<i>rT</i>	Yellow	34	52.3	7.4	29.3	0.26
		<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	9	49.8	13.1	27.5	0.48
MM× <i>rt</i> (S <sub>3</sub> ) ( <i>RRTT</i> × <i>rrtt</i> )	: F <sub>1</sub>	<i>RrTt</i>	Red	33	39.6	33.7	16.8	2.01
	: F <sub>2</sub>	<i>RT</i>	Red	32	50.4	32.1	17.1	1.89
		<i>rT</i>	Yellow	7	55.0	8.0	30.5	0.26
		<i>Rt</i>	Tangerine	6	51.8	33.4	27.6	1.21
		<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	2	56.0	17.4	31.4	0.55
RC× <i>rt</i> (S <sub>3</sub> ) ( <i>RRTT</i> × <i>rrtt</i> )	: F <sub>1</sub>	<i>RrTt</i>	Red	21	37.3	35.8	17.9	2.01
	: F <sub>2</sub>	<i>RT</i>	Red	32	40.8	35.8	19.1	1.87
		<i>rT</i>	Yellow	12	61.9	7.9	37.0	0.21
		<i>Rt</i>	Tangerine	10	43.5	23.9	22.6	1.05
		<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	4	46.8	17.6	26.0	0.68

\*<sup>1</sup> As shown in Fig. 1, these crosses were carried out from 1972 to 1976.

\*<sup>2</sup> The values of 3 or more fruits per plant were measured by color difference meter and the mean value of each color type was calculated.

よび *rr* しかない。したがって, *rt*(S<sub>3</sub>) は劣性同型接合体 *rrtt* であると結論された。

## 2. *rrtt* 系; MM-*rt* および RC-*rt*, ならびに他の遺伝子型の育成

*rt*(S<sub>3</sub>) が劣性同型接合体 *rrtt* と結論づけられた段階で, これを自殖3代にわたって後代検定が終了した MM および RC に, それぞれ1974年および1975年に交雑した (Fig. 1)。それらの F<sub>1</sub> は Table 1 に示したように, 両者とも *a/b* 値が 2.01 を示し, 鮮赤色果を表現した。

また, それらの自殖による F<sub>2</sub> は, 両者とも4種の果色を表現した。その赤色 (*RT*) 系および黄色 (*rT*) 系は, Table 1 にみられるように, *a/b* 値が 1.8 および 0.2 で, それぞれの標準的果色の色調を示したが, 橙色 (*Rt*) 系および黄橙色 (*rt*) 系は, いずれもオレンジ色が強く, それぞれの *a/b* 値は 1.21~1.05 および 0.55~0.68 とやや高い値を示した。

それらの分離比を, X<sup>2</sup> 検定による P 値でみると (Table 2), MM および RC 母系の場合, それぞれ

0.3~0.5, 0.5~0.7 であり, 赤色:黄色:橙色:黄橙色 = 9:3:3:1 の理論分離比と非常によく適合した。

これは, F<sub>1</sub> が *R* および *T* 遺伝子においてヘテロ対合であったことを示し, その交雑親 MM および RC は優性の, *rt*(S<sub>3</sub>) は劣性のホモ接合体であったことを示している。

この F<sub>2</sub> の段階で, MM および RC を母系とする *rt* 表現型の選抜を行った (Fig. 1, 1976年)。それと同時に, 橙色 (*Rt*) 系および黄色 (*rT*) 系の選抜もあわせて行い, *rt*(S<sub>3</sub>) と同様に自殖をくり返して, 形質の分離と固定を行った。

その結果, 自殖3代後諸形質がほぼ安定し, *rrtt* 劣性同型接合体; MM-*rt* および RC-*rt* とともに, *RRtt* 系; MM-*tt* および RC-*tt*, および *rrTT* 系; MM-*rr* および RC-*rr* を得た。

## 3. 育成された各系統の果実特性

### (1) 各遺伝子型の果色特性

育成された遺伝子型 (果色) の異なる各系統の果色特性を1978年~1980年にかけて検討し, Table 3 にそ

Table 2. The segregation pattern of tomato fruit color in the F<sub>2</sub> progenies from various cross combinations

F <sub>2</sub>	Total no. of plants	Segregation of fruit color				Hypothetic segregation ratio	Chi-square test* <sup>2</sup>
		Red <i>RT</i>	Yellow <i>rT</i>	Tangerine <i>Rt</i>	Yellowish tangerine <i>rt</i>		
GQ×Jub* <sup>1</sup> : F <sub>2</sub> ( <i>rrTT</i> × <i>RRtt</i> )	193	112	26	38	17	9 : 3 : 3 : 1	5.089 <sup>c</sup>
<i>rt</i> (S <sub>3</sub> )×Jub : F <sub>2</sub> ( <i>rrtt</i> × <i>RRtt</i> )	42	—	—	28	14	0 : 0 : 3 : 1	1.555 <sup>d</sup>
<i>rt</i> (S <sub>3</sub> )×GQ : F <sub>2</sub> ( <i>rrtt</i> × <i>rrTT</i> )	43	—	34	—	9	0 : 3 : 0 : 1	0.379 <sup>a</sup>
MM× <i>rt</i> (S <sub>3</sub> ) : F <sub>2</sub> ( <i>RRTT</i> × <i>rrtt</i> )	47	32	7	6	2	9 : 3 : 3 : 1	2.739 <sup>c</sup>
RC× <i>rt</i> (S <sub>3</sub> ) : F <sub>2</sub> ( <i>RRTT</i> × <i>rrtt</i> )	58	32	12	10	4	9 : 3 : 3 : 1	2.259 <sup>b</sup>

\*<sup>1</sup> This cross was conducted at first to breed *rrtt* genotype.

\*<sup>2</sup> P values of chi-square test; a and b=0.5–0.7, c=0.3–0.5, d=0.2–0.3, and e=0.1–0.2.

の結果を示した。

*L* 値は明るさを示し、色相が深まると一般に数値が低下する。その測定結果は、赤色<黄色<橙色<黄橙色系の順に高くなった。この3カ年の色差値は例年より低い値を示し、なかでも黄色系の数値が低くなった。

赤～緑色を示す *a* 値は、当然の結果として赤色系が高く、ついで橙色>黄橙色>黄色系の順で、肉眼に

よる判定とはほぼ一致した。

*b* 値は黄～青色を示す値であるが、橙色および黄橙色系が高く、ついで黄色、赤色系の順であった。

以上のように、*L* 値および *b* 値は肉眼による色感覚と一致せず、また Table 1 との対比において、実験された年度などによって、かなりの変動があることを考慮して、黄色度に対する赤色度の比、すなわち *a/b* 値を求めた。その結果を Table 3 についてみる

Table 3. The values of color difference and other characteristics of tomato fruits in *rrtt* lines and other homozygous genotypes\*<sup>1</sup>

Line	Genotype	Fruit color	Color difference of fruit surface* <sup>2</sup>				Fruit weight* <sup>2</sup>	Days to full ripening* <sup>2</sup>
			<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a/b</i> ratio		
<i>rt</i> (S <sub>5</sub> )	<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	39.4	15.2	23.3	0.66	g 83	60
MM- <i>rt</i> (S <sub>3</sub> )	<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	39.1	9.4	23.2	0.41	85	56
RC- <i>rt</i> (S <sub>3</sub> )	<i>rrtt</i>	Yellowish tangerine	33.3	12.9	19.3	0.67	37	53
Jub(S <sub>5</sub> )	<i>RRtt</i>	Tangerine	39.7	18.6	23.6	0.79	226	60
MM- <i>tt</i> (S <sub>3</sub> )	<i>RRtt</i>	Tangerine	37.7	19.9	22.2	0.85	75	60
RC- <i>tt</i> (S <sub>3</sub> )	<i>RRtt</i>	Tangerine	34.0	17.7	18.9	0.94	50	59
GQ(S <sub>5</sub> )	<i>rrTT</i>	Yellow	33.7	4.1	18.3	0.25	72	48
MM- <i>rr</i> (S <sub>3</sub> )	<i>rrTT</i>	Yellow	33.9	5.6	18.7	0.30	76	60
RC- <i>rr</i> (S <sub>3</sub> )	<i>rrTT</i>	Yellow	33.6	7.6	18.6	0.41	65	57
MM(S <sub>5</sub> )	<i>RRTT</i>	Red	30.5	25.2	15.3	1.64	114	55
RC(S <sub>5</sub> )	<i>RRTT</i>	Red	30.0	21.4	14.8	1.46	28	50

\*<sup>1</sup> The investigations on the fruit characteristics of these lines were conducted from 1978 to 1980.

\*<sup>2</sup> The measurement was made on 3 or more fruits per plant and the average value of 10 or more plants was calculated.

と, 赤色系 1.46~1.64, 橙色系 0.79~0.94, 黄橙色系 0.41~0.67, 黄色系 0.25~0.41 で遺伝子型と果色との関係が明確になった。

さらに, 色差値の差が大きかった Table 1 と併せてみても, 赤色 (*RT*) 系 1.46~2.01, 橙色 (*Rt*) 系 0.79~1.21, 黄橙色 (*rt*) 系 0.41~0.74, および黄色 (*rT*) 系 0.1~0.41 であり, トマトの果色特性を非常によく表現した。

## (2) 果形および熟期の特性

交雑親の果形(果重)は, Table 3 に示したように, Jub が 226g で大果, MM および GQ が 114g および 72g の中果, そして, RC は 28g でミニトマトに類する小果であった。

まず GQ (72g)×Jub (226g) から育成された *rt* ( $S_5$ ) ( $S_3$  から自殖を 2 代重ね純度が高められた) は 83g で, GQ より約 10g 大きくなったが, Jub の約 1/3 と小さくなった。

この *rt* 系と交雑して育成された MM および RC の各交雑後代系についてみると, MM 系が 85g, 75g および 76g で, MM の 114g より, かなり小果となり, *rt* 系 (83g) およびその親の GQ (72g) にかなり近似した。RC 系は 37g, 50g および 65g であり, RC (28g) と *rt* 系 (83g) のほぼ中間の果形を示した。

さらにそれらの完熟期についてみると, 大果の Jub は晩生性を示し, GQ および RC は, それより 10 日以上早生性を示した。MM はそれらの中間であった。

また, GQ と Jub の交雑によって育成された *rt* ( $S_5$ ) は, Jub 同様の晩生性を示し, さらにそれを交雑した MM および RC 系も, すべて母系より熟期が遅くなる傾向を示した。

## 考 察

### 1. *rrtt* 系および他の遺伝子型の果色特性について

劣性同型接合体 *rrtt* 系の育成は, 前述したように, GQ×Jub の後代から選抜固定した *rt* ( $S_3$ ) によって, 所期の目標を達成した。*rt* ( $S_3$ ) はその後, 自殖選抜によって純度を高められ, 現在自殖 5 代を経て *rt* ( $S_5$ ) として維持されている。また, この *rt* ( $S_3$ ) を交配親として, MM および RC を母系とする *rrtt* 系; MM-*rt* および RC-*rt* も育成した。

この黄橙色種 *rrtt* 系の果実の色差を Table 3 についてみると, *a/b* 値は 0.67~0.41 であり, RC-*rt* ( $S_3$ )>*rt* ( $S_5$ )>MM-*rt* ( $S_3$ ) の順で大きく, MM-*rt* は最も淡色であった。

筆者らの別の実験結果によると, *rt* 系のカロテン

色素含量は MM-*rt* 系の色素含量より高かった<sup>9)</sup>。これは今回の *a/b* 値の関係と一致した。

また, 橙色 *RRtt* 系についてみると, *a/b* 値は, 0.94~0.79 で場合によっては 1.0 を超える例もみられる (Table 1)。系統別にみると, RC-*tt*>MM-*tt*>Jub の順で大きく, 前者と同様に色素含量についてみると MM-*tt*>Jub の結果を示し<sup>9)</sup>, やはり *a/b* 値の関係と一致した。

このような果色 (*a/b* 値) と色素含量との関係は, 赤色種 *RRTT* 系についてはデータも多く研究も進められている<sup>3)</sup>。*a/b* 値が黄色度に対する赤色度の比率を示すものであり, しかも欧米のトマト品種が赤色種(わが国の品種は桃色種)であるため, その相関は高く, 一層明確である<sup>3)</sup>。したがって, 育種の選抜や, 品質管理など活用される機会も多い。

前述したように, 橙色品種や, 黄色品種はごく限られるため, このようなデータや報告はほとんどみられない。しかし上記のような筆者らのデータから考察すると, *a/b* 値と色素含量との間には, 赤色品種にみられるような相関があると考えられる。

一方, この *a/b* 値を遺伝子型の異なる果色についてみると, 当然の結果として赤色種 *RRTT* 系>橙色種 *RRtt* 系>黄橙色種 *rrtt* 系>黄色種 *rrTT* 系の順で大きくなる。また, カロテン色素含量については今までの実験結果から, 橙色種>赤色種>黄橙色種>黄色種の順で色素含量が高く, *a/b* 値との関係とは一致しない。それは各系統によって, 色素構成成分が異なることが主因であろう。

すなわち, 赤色種は, 赤色カロテンであるリコペンが主成分であるが, 橙色種および黄橙色種では, リコペンの他に, 橙色のカロテンである  $\beta$ -カロテン,  $\gamma$ -カロテンおよびシス-リコペンを多量に含み, さらに黄色カロテンである  $\xi$ -カロテンと, ノイロスポレンもかなりの量を含む。したがって, 黄色度を示す *b* 値が高くなり, 相対的に *a/b* 値が低くなる (Table 1 および Table 3)。

以上のように, 赤色度 *a* および黄色度 *b* の色差値によって算出される *a/b* 値は, 果色による個体変異や, 系統間の変異の客観的な判定基準としては非常に有効である。さらに, 品種および系統内における品質の評価や, 色素成分の含有量などの簡易な算定にも活用が期待されよう<sup>3)</sup>。

### 2. 各系統の果重および熟期について

MM-*rt*, MM-*tt* および MM-*rr* は, MM×*rt* ( $S_3$ ) の同一組合せの後代から分離固定された系統であり,

それぞれの果重は 85 g, 75 g および 76 g で,  $80\text{g} \pm 5\text{g}$  の範囲にある。果実の完熟期も開花後 56~60 日で, 比較的近似した形質にそれぞれ固定されてきたと考えられる。

同様に RC-*rt*, RC-*tt* および RC-*rr* についてみると, 果重は 37 g, 50 g および 65 g で, RC の 28 g に比べて変異が大きく, 完熟期も 53 日~59 日と 6 日の差がみられた。

果重や, 熟期に関与する遺伝子は多数 (20~30 個) あるといわれているが, それらの遺伝機構は十分解明されるにいたっていない<sup>11)</sup>。しかし, ヘテロシスの特性として, 雑種  $F_1$  において一般に大果で早熟性を発現することが多いとされているが<sup>11)</sup>, 上記の MM および RC の交雑系においては, このような傾向は全く認められず,  $F_1$  は両親の中間的形質を示し, その後, 小果系の形質で固定される例がほとんどであった。

また, 同一系統内では, 果実が大きくなると熟期が遅れることが一般的に認められており<sup>11)</sup>, RC 交雑系の場合, その傾向が観察された。

MM および RC を母系として, 4 種の遺伝子型, すなわち, 4 種の果色の固定系が育成された (Table 3)。もしこれらの 4 種の育成系統の諸形質がすべて類似し, 果色のみ異なる系統に固定されれば, 果色に関する種々の実験も容易になることが考えられる。Table 3 にみられたように, MM 系においては, 果重や熟期などの諸形質がほぼ近似してきているものの, RC 系ではかなりの変異が認められ, 今後さらに検討を要するところである。

## 要 約

前報において, 筆者らは, 橙色系トマト (*RRtt*) のカロテン色素に, プロ- $\gamma$ -カロテンと思われるシス型の  $\gamma$ -カロテンが含まれることを初めて明らかにし, トマトカロテンの生合成において, プロ- $\gamma$ -カロテンの新しい合成経路が存在し得ることを提示した。したがって, 他の *tt*-劣性型トマトについても, さらに詳細な検討が必要となった。そのため, 筆者らは, 入手困難な劣性同型接合体 *rrtt* 系黄橙色トマトの育成を行った。

本報においては, 遺伝子型 *rrtt* 系の育成経過, ならびに育成された各系統の遺伝子型と果色を中心とした果実特性との関係について報告した。

1. 育成母系として, 橙色系 (*RRtt*); Jubilee (Jub), 黄色系 (*rrTT*); Golden Queen (GQ) そして

赤色系 (*RRTT*); Moneymaker (MM) および Red Cherry (RC) の 4 品種を供試した。

2. GQ および Jub について自殖 3 代の後代検定の後, GQ に Jub を交雑した。そして,  $F_2$  世代において, *rt* 表現型を選抜した。この *rt* 系について選抜を重ね, 自殖 3 代後 *rt* ( $S_3$ ) を得た。

3. この *rt* ( $S_3$ ) は, GQ および Jub との検定交雑と, その後代における形質分離の解析によって, 遺伝子型が劣性同型接合体 *rrtt* であることを確認した。すなわち,  $F_1$  の表現型は, GQ または Jub の形質を常に表現し,  $F_2$  の分離比は理論分離比とよく適合した。

4. また,  $MM \times rt$  ( $S_3$ ) および  $RC \times rt$  ( $S_3$ ) の交雑から, 上記と同様の方法によって, MM および RC 由来の劣性ホモ *rrtt* 系;  $MM-rt$  および  $RC-rt$  を得た。同時に, *RRtt* 系;  $MM-tt$  および  $RC-tt$  と, *rrTT* 系;  $MM-rr$  および  $RC-rr$  も育成した。

5. 色差値 *L*, *a* および *b* 値には, やや変異がみられたが, *a/b* 値は, 果色によって明確な差がみられた。すなわち, 黄色系 (*rT*), 黄橙色系 (*rt*), 橙色系 (*Rt*) および赤色系 (*RT*) トマトのそれぞれの値は 0.2~0.4, 0.4~0.7, 0.8~1.2 および 1.5~2.0 であり, このような明確な類別は, トマトの果色に関する育種の過程において, 様々な果色変異個体のより合理的な選抜を可能にした。

また, 育成された種々の系統の色差や, 果重および成熟期などの果実特性についても検討した。

謝辞 トマト品種 Golden Queen, Jubilee および Moneymaker の種子を分譲して戴いた農林水産省野菜試験場久留米支場および Red Cherry の種子をアメリカから導入して下さった鹿児島大学農学部 伊藤三郎教授に, 心から謝意を表します。また, 本稿を作成するにあたり常に暖かい御助言と御校閲を賜った鹿児島大学農学部 有隅健一教授に, 深甚の謝意を表します。さらに, 長期にわたる本実験の遂行にあたり, ご助力戴いた研究室の多くの皆様に, 心から謝意を表します。

## 文 献

- 1) Hirota, S.: Separation and determination of tangerine tomato carotenoids. Gen. Educ. Rev., Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ., 6, 11-22 (1970)
- 2) 広田才之: トマトの色調とリコペンの形成に関する遺伝生化学的研究-1. 日大農獣医学術研報, No. 31, 93-105 (1974)
- 3) Hobson, G. E., Adams, P. and Dixon, T. J.: Assessing the colour of tomato fruit during ripening. J. Sci. Food Agric., 34, 286-292 (1983)
- 4) Jenkins, J. A. and Mackinney, G.: Inheritance of

- carotenoid differences in the tomato hybrid yellow × tangerine. *Genetics*, **38**, 107-115 (1953)
- 5) Jenkins, J. A. and Mackinney, G.: Carotenoids of the apricot tomato and its hybrids with yellow and tangerine. *Genetics*, **40**, 715-720 (1955)
  - 6) 城島十三夫・小倉弘司・衛藤威臣: トマトのカロチノイド形成に関する基礎的研究 (第1報) 福寿二号及び段飛び揚子の色素形成について. 昭50秋園芸学会研究発表要旨, 186-187 (1975)
  - 7) 城島十三夫・小倉弘司・衛藤威臣: 同上 (第2報) 薄層クロマトグラフ法によるトマト色素の分析について. 昭52秋園芸学会研究発表要旨, 308-309 (1977)
  - 8) Johjima, T. and Ogura, H.: Analysis of tomato carotenoids by thin-layer chromatography and a *cis*-form  $\gamma$ -carotene newly identified in tangerine tomato. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **52** (2), 200-209 (1983)
  - 9) 城島十三夫・小倉弘司: トマトのカロチノイド形成に関する基礎的研究 (第3報) 橙色系トマトのカロチン成分について. 昭60春園芸学会研究発表要旨, 524 (1985)
  - 10) Kargl, T. E., Quackenbush, F. W. and Tomes, M. L.: The carotene-polyene system in a strain of tomatoes high in delta-carotene and its comparison with eight other tomato strains. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **75**, 574-578 (1960)
  - 11) 片岡節夫: 品種分化と特性の進化. 農業技術大系 (野菜編) **2**, トマト. p. 165-181, 農山漁村文化協会 (1973)
  - 12) Khudairi, A. K.: The ripening of tomatoes. *American Scientist*, **60**, 696-707 (1972)
  - 13) LeRosen, A. L., Went, F. W. and Zechmeister, L.: Relation between genes and carotenoids of the tomato. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S.*, **27**, 236-242 (1941)
  - 14) Porter, J. W. and Anderson, D. G.: The biosynthesis of carotenes. *Arch. Biochem. Biophys.*, **97**, 520-528 (1962)
  - 15) Raymundo, L. C. and Simpson, K. L.: The isolation of a poly-*cis*  $\xi$ -carotene from the tangerine tomato. *Phytochem.*, **11**, 397-400 (1972)
  - 16) Tomes, M. L., Quackenbush, F. W., Nelson, O. E. Jr. and North, B.: The inheritance of carotenoid pigment systems in the tomato. *Genetics*, **38**, 117-127 (1953)

### Summary

In the previous paper, the authors newly showed that *cis*-form  $\gamma$ -carotene (probably pro- $\gamma$ -carotene) was contained in the carotenes of tangerine tomato (*RRtt*) and suggested the presence of a new pathway leading to the formation of pro- $\gamma$ -carotene in the biosynthesis of tomato carotenoid. Accordingly, a further and more detailed study has become to be needful concerning the pigment constitution of another *tt*-genotype, namely yellowish tangerine tomato of *rrtt* genotype.

Here are some reporting descriptions on the breeding-process of *rrtt* genotype as well as on the fruit-characteristics of this genotype, together with those of other genotypes obtained by us.

1. In this breeding project the followings were used as the parental lines:—tangerine tomato (*RRtt*); Jubilee (Jub), yellow tomato (*rrTT*); Golden Queen (GQ), and red tomato (*RRTT*); Money-maker (MM) and Red Cherry (RC).

2. After three successive selfings made to confirm the homozygosity of GQ and Jub, the  $F_1$  hybrid was obtained by the crossing between these two cultivars and *rt* phenotypes segregated in the  $F_2$  progeny were selected. On to these *rt* phenotypes, the pure line selection was repeated and after three generations *rt*( $S_3$ ) line was obtained.

3. The genotype of this *rt*( $S_3$ ) line was ascertained to be recessive homozygote *rrtt* by the test crossings with GQ and Jub and their later segregation pattern, namely, the  $F_1$  progeny always showed the phenotype of either of GQ or of Jub and the fruit-color-segregation ratios in the  $F_2$  agreed well with the expected theoretical ratios.

4. Through the similar procedures of the progeny selection and successive selfings, the other strains having *rrtt* genotype, MM-*rt* and RC-*rt* lines, were obtained from the crossings, MM × *rt*( $S_3$ ) and RC × *rt*( $S_3$ ). In the process of this breeding the followings were obtained, too:—*RRtt* genotype; MM-*tt* and RC-*tt* lines and *rrTT* genotype; MM-*rr* and RC-*rr* lines.

5. The color-difference-values of *L*, *a* and *b* were variable, but when based on the *a/b* ratio the clear-cut differences were observed among the four color types, that is, the ratios of yellow tomatoes (*rT*), yellowish tangerine tomatoes (*rt*), tangerine tomatoes (*Rt*) and red tomatoes (*RT*) were ascertained to be 0.2-0.4, 0.4-0.7, 0.8-1.2 and 1.5-2.0, respectively. By this fact was made possible a reasonable selection in variously colored offsprings throughout the whole breeding procedures.

In the various pure lines obtained, a few fruit-characteristics such as the color-difference-values, fruit weight and the time for ripening were also described.