トマト果実の着色に関する研究 (第4報)

果実被袋による色素含量の変化について

高橋敏秋・中山昌明・有馬 博

(信州大学農学部)

T. TAKAHASHI, M. NAKAYAMA and H. ARIMA : Studies on the coloring of tomato fruits. IV. Changes of pigment contents in bagged fruits

Summary

Studies on the measurement of pigment contents and some characters of tomato fruits covered with red, green, blue or black cellophane bags, or black, red, white or transparent vinyl bags have been carried out at Department of Agriculture, Kyoto University and Shinshu University in 1958.

1. The tomato plants were cultivated with the fruits covered with cellophane bags till Aug. 11. The fruits were then stored in the storage rooms maintained at 10°C and 20°C under an artificial light, and in the glasshouse of phytotron where the illumination by artificial light was added to the natural day light during the night, and the temperatures of 20°C and 30°C were maintained.

The content of pigments in the fruits depended upon the temperature stored, but not upon the difference of color of bags. The fruits stored at 20°C had a larger amount of pigments than the others, especially the fruits stored in glasshouse with artificial light showed the largest amount of pigments.

2. The microscopical observation of chloroplasts revealed many yellow granular masses in the flesh of outer part of fruit and needle-shaped pink crystals of lycopene in the flesh of flower-end and core of fruit. Especially, the flesh of core has the largest amount of lycopene.

3. During the cultivation of tomato plants, the maturity of fruits covered with vinyl bags of va-

rious colors was studied. The fruits covered with transparent vinyl bags required less number of days to mature. On the contrary, the fruits covered with black vinyl bags required more number of days to mature.

4. From the results of measurement of pigment contents in the fruit 35, 60 and 55 days after anthesis, the fruit covered with white vinyl bag had the largest amounts of chlorophyll, carotene, lycopene and xanthophyll among the lots. On the contrary, the fruits covered with black vinyl bags had the smallest.

5. All pigments contained in fruits were affected by the interception of light to the fruits. Carotene is the most affected, and lycopene is the least among the pigments. The light intensity enough for pigment development is considered to be about 30% of natural day light.

6. All fruits covered with various vinyl bags were smaller in size and weight than the control. Especially, the fruits covered with black or transparent vinyl bags were smaller in size and damaged. While, the fruits covered with white bags were as good in their quality as the control. The control fruits showed much higher percentages of dry weight and higher pH values than the fruits treated. However, the fruits covered with white bags had higher sugar contents than the others.

I. 緒 言

前報⁽⁶⁾において、トマト果実が葉で光線を遮蔽されて成熟した場合、光線にさらされて成熟したものよりも収穫期における色素含量特にリコピンが増加することを報告した。今回はトマト果実に有色セロファンおよびビニール被袋をした場合、果実の色素含量がいかに変化するのかについて検討し、あわせて果実の若干の特性および無被袋果の果肉細胞中の色素粒についても観察を行なったので、ここにその結果を報告する。

* 1960年4月30日受理

II. 実験材料および方法

実験は1958年京都大学農学部および信州大学農学部において行なつた。

1. 京都大学農学部における実験

京都大学農学部附属摂津農場において2月20日播種された大型福寿トマトを4月29日同大学京都農場圃場に定植し、7月7日緑熟期の果実を各花房から採取し、同日第1表のような処理により、果実に着色セロファン被袋をして制御温室で追熟した。8月1日各処理区の果実を使用し、第1報⁽⁶⁾の方法にしたがつて果実内のリコ

Table 1. Methods of bagging, storage temperature and sampling number of fruits.

Storage temperature Treatment	10°C Artificial light	20°C Artificial light	20°C Artificial light + natural day light	30°C Artificial light + natural day light	25°C 27°C	15°C
Red cellophane bag	3	3	3	3	—	—
Green cellophane bag	3	3	3	3	—	—
Blue cellophane bag	3	3	3	3	—	—
Black cellophane bag	3	3	—	3	3	3
Control	3	3	3	3	—	—

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Fig. 1. The method of bagging.

(a) supporter of bag

(b) transparent bag

(c) white bag

(d) red bag

(e) black bag.

ピン、カロチンおよびキサントフィルの含量を分析した。

5月2日に播種した愛知トマトを6月13日に定植し8月11日緑熟期の果実に赤、緑、青および透明のセロファン被袋をして植物体上で成熟させ、8月21日採取してそれぞれの果実について色素含量の測定を行なった。リコピンおよびカロチンは果実生体重 100g 中の mg 数であらわし、キサントフィルは吸光係数 $\log T_0/T$ であらわした。また5月2日に播種した愛知トマトおよびジュビリーを用い、8月4日および5日に着果した果実を9月12日にそれぞれ採取して、果頂部、側部および果心部の果肉細胞中に含有される色素粒について観察を行なった。

2. 信州大学農学部における実験

4月1日播種した栗原を5月28日日本圃に定植して、第2花房を実験に使用した。第2花房の着花数を3花に限定して第3花が着果した時、第2花房を第1図のように透明、白、赤および黒のビニールで7月5日に被袋を行なった。対照として無被袋を設けた。栽培管理は慣行法にしたがったが、施肥方法は前報⁽⁶⁾と同様に行なった。

実験期間中に各処理区の袋内照度、温度の時間別および半旬間別変化を調べた。

つぎに6月16日に開花した果実に開花後35日でビニール被袋処理を行ない、55日目の8月11日に採取して果実の諸形質を調べた。

色素含量は、はじめの実験の開花後35日および60日の果実について、また開花後35日に被袋処理を行ない55日で採取した果実について、それぞれ被袋別に測定した。なお開花後35日まで黒ビニール被袋を行なった果実を採取して21°~25°Cの貯蔵庫においたものについても色素含量を測定した。葉緑素、カロチンおよびリコピンは生体重100g中のmg数、キサントフィルは吸光係数 $\log T_0/T$ であらわした。

III. 実験結果

1. 京都大学農学部における実験結果

大型福寿トマトの緑熟期果実を採取してセロファン被袋を行ない、各種温度に貯蔵した後、色素含量を測定したのが第2表である。セロファン被袋の色別によるトマト果実の色素含量には一定した傾向がみられない。これは果実採取の方法として、外観的に緑熟期とみられたものについて重量のほぼ同等なものを収穫して貯蔵したものであるが、試料が均一でなかつたことに由来するものと考えられる。温度別処理では20°C自然光線人工終夜照明区はリコピンおよびキサントフィル含量は他の区よりも多くなっているが、カロチン含量は最も少なくなっている。人工終夜照明のみよりも自然光線を併用した20°Cおよび30°Cの果実の方が色素を多く含有する傾向がみられる。圃場に生育中の愛知トマトの緑熟期果実に8月1日セロファン被袋を行ない、8月21日採取して色素含量を測定した結果は第3表の通りである。すなわち標準の無被袋果実は各色素ともに含量多く、赤、緑、青および透明セロファンになるにしたがって含量が減少している。

つぎに9月12日愛知トマトおよびジュビリーの果実

Table 2. Effects of storage temperature and colored cellophane bag on the development of pigments in tomato fruits.

Treatment	Fresh weight g	Lycopene mg/fresh w. 100g	Corotene mg/fresh w. 100g	Xanthophyll $\log T_0/T$
10°C (artificial light)				
Control	165	2.5	0.625	0.034
Red cellophane	157	15.0	0.625	0.021
Green cellophane	168	16.88	0.800	0.003
Blue cellophane	199	13.75	0.685	0.017
Black cellophane	183	10.63	0.710	0.012
20°C (artificial light)				
Control	169	14.38	2.50	0.013
Red cellophane	170	19.00	1.25	0.022
Green cellophane	179	10.05	0.80	0.025
Blue cellophane	216	8.75	3.25	0.005
Black cellophane	131	18.75	2.00	0.015
20°C (natural day light + artificial light)				
Control	159	13.75	0.001	0.035
Red cellophane	151	20.65	0.003	0.041
Green cellophane	153	35.00	0.001	0.052
Blue cellophane	180	13.25	0.001	0.018
30°C (natural day light + artificial light)				
Control	176	10.25	1.75	0.018
Red cellophane	154	13.33	2.25	0.037
Green cellophane	197	9.75	1.25	0.013
Blue cellophane	155	11.88	1.88	0.027
Black cellophane	171	19.38	2.75	0.063
25~27°C and 15°C (black)				
25~27°C	175	13.80	2.75	0.065
15°C	146	14.75	2.95	0.023

Table 3. The content of pigments in the tomato fruits covered with colored bags.*

Treatment	Lycopene mg/fresh w. 100 g	Carotene mg/fresh w. 100 g	Xanthophyll log T_0/T
Control	23.45	4.50	0.045
Red cellophane	18.25	1.50	0.036
Green cellophane	16.88	1.25	0.010
Blue cellophane	13.55	1.40	0.027
Transparent cellophane	12.25	0.50	0.046

* 11 bagged. Aug. 21 harvested. Aug.

Fig. 3. The observation of chloroplast in tomato cells.

Fig. 2. The observation of chloroplast in tomato cells.
(a) Aichi-tomato (b) Jubilee.

を採取して果肉細胞の色素粒について観察を行なったのが第2図である。果実の頂部、側部、および果心部によって含有される色素粒に差異があり、愛知トマトについてみると、果頂部ではリコピンの赤色針状結晶および赤色桿状物がまばらに散在し、黄色粒の集団もみとめられる。果実の日向面の側部果肉ではリコピンの赤色針状結晶および桿状物は少なく、かつそれらの長さも果頂部のそれと比較して短いが、黄色粒の集団が数多く存在するのがみとめられる。果心部では赤色針状結晶が多数みとめられ桿状物も多いが、黄色粒の存在はわずかであった。ジュビリーの果実では、果頂部、側部、果心部ともに黄色粒が多くみとめられ、赤色針状結晶はわずかしき認められなかった。黄色粒は中心部に比べて果頂部および側部

に多かった。着果後25日および20日の愛知トマトおよびジュビリーの未熟果の果頂部における色素粒の観察は第3図のごとく、葉緑粒のみで、他の色素粒は観察されなかった。

2. 信州大学農学部における実験結果

栗原トマトの第2花房に被袋したビニールの各袋別光線透過量を照度計で測定し、無被袋を標準照度としてその百分率で図示したのが第4図である。すなわち各ビニール袋中の照度は天候の如何にかかわらず、標準に対してほぼ一定した透過割合で減少している。すなわち透明袋は約90%、白

Fig. 4. Degree of decreasing of light intensity in the vinyl bags.

Fig. 5. Daily change of temperature and light intensity in various bags.

Table 4. Average of 5 days of temperature and light intensity in various bags.

	Transparent vinyl	Red vinyl	White vinyl	Black vinyl	Control	Light intensity
	°C	°C	°C	°C	°C	Lux
July 5~10	33.6	32.4	30.6	35.6	26.0	80800
11~15	32.7	33.3	32.5	35.8	24.9	96100
16~20	31.9	33.0	31.6	34.2	28.8	70800
21~25	22.6	22.7	22.4	23.0	21.3	26000
26~31	26.7	26.0	26.1	26.7	22.3	37500
Aug. 1~5	35.5	34.1	36.5	35.2	31.9	95500
6~10	32.4	31.2	32.4	32.1	28.2	87000
11~15	27.7	27.8	29.0	28.5	26.0	66000
16~20	27.3	26.7	27.9	27.0	25.9	51000

袋は約 50%，赤袋は 30～35%，黒袋は 0% であった。しかし実験開始後、各被袋内面に水滴が附着した結果、光線透過率は上記の約 80% に低下した。

7月9日から7月10日にわたって各被袋別温度ならびに標準区照度の時間的変化を測定した結果は第5図の通りである。各処理区の温度はほぼ照度とともに変化し、照度70000ルクス以上になると、黒袋区の温度が最も高くなり、つづいて透明、赤および白袋の順となつていく。標準区の温度は常に被袋区より低かつた。各区とも7月9日12時より温度が低下し、翌10日4時に最低となつたが、夜間の温度については処理区間に大きな差はみられなかつた。各処理区の温度ならびに標準区照度

の半旬別変化は、第4表の如くである。照度は7月中旬、下旬および8月中旬に低下したが、これにともなつて各区の袋内温度も低下した。温度が低下した場合は各処理区間の温度差は小さくなり、温度が高くなつた場合は処理区間の温度差も大きくなる傾向がみられた。温度測定期間内では、黒袋区が最も高く、標準区が最低であつた。透明、赤および白袋の間には顕著な温度差がみられなかつた。

開花後60日の果実の袋別着果日および完熟日は、第5表の如くである。着果から完熟までの期間は透明袋区は第1、2、3果ともに早く、黒袋区が最も遅かつた。赤袋および白袋区は標準区と大差はなかつた。60日果実の各種形質調査は第6表の通りである。各処理区果実の乾物%と粘度との間には一定の傾向がみられ、乾物率の高いものは粘度計の通過時間も長くなっている。またpHと酸度の間にも逆関係がみられる。標準区に比べて被袋区はすべて酸度が高く、したがってpHは標準区より低かつた。果実重量においては標準区が最も大きく、ついで白袋、赤袋、透明袋区となり、黒袋区が最も小さかつた。糖分含量で、全糖については被袋処理区が標準区よりも多かつた。中でも白袋区は最高の含量を示した。開花後35日に被袋処理を行

ない、20日間つづけて開花55日後に採取した55日果の果実形質は第7表の如くである。黒および赤袋区はともに障害果を生じたが、これらは袋内の高温によつて生じたものと推察される。果汁の粘度は白袋区が最も高く、他の区は差異が少ない。pHと酸度との間には逆の関係がみられ、標準区で酸度が最も高く、したがってpHは最も低かつた。この関係は60日果のそれとは逆であつて、この原因には被袋時期の相違が考えられる。赤、白袋区の酸度は低い傾向にあり、したがってpHは他区よりも高くなつた。

開花後被袋して35日および60日に採取した各区の果実ならびに開花後35日に被袋して55日に採取した

Table 5. Date of flowering, fruit set and maturity in various bags.
(2nd flower cluster)

	Control	Black vinyl	Red vinyl	White vinyl	Transparent vinyl
Flowering date	June 19.4	June 19.7	June 20.9	June 20.7	June 21.3
First fruit set date	June 28.1	June 29.1	June 28.9	June 28.8	June 29.1
First fruit mature date	Aug. 14.5	Aug. 17.0	Aug. 14.1	Aug. 13.9	Aug. 13.5
Fruit set~mature	47.5 days	48.9	46.2	46.1	45.4
Flowering date	June 22.7	June 21.2	June 20.3	June 23.4	June 22.7
2nd fruit set date	July 01.6	July 00.8	June 29.5	July 00.2	July 00.6
2nd fruit mature date	Aug. 15.8	Aug. 18.4	Aug. 15.2	Aug. 14.8	Aug. 14.1
Fruit set~mature	45.2 days	48.6	46.7	45.6	44.5
Flowering date	June 24.8	June 24.2	June 24.1	June 24.1	June 23.4
3rd fruit set date	July 03.0	July 02.1	July 01.0	July 01.7	July 02.6
3rd fruit mature date	Aug. 17.8	Aug. 19.3	Aug. 17.5	Aug. 17.6	Aug. 15.5
Fruit set~mature	45.8 days	48.2	47.5	46.9	43.9

Table 6. Quality of fruits covered with various bags. (60 days after anthesis)

Treatment	Dry matter percent %	Viscosity second	Acidity %	pH	Fresh weight g	Sugars %		
						Total sugar	Reducing sugar	Nonreducing sugar
Control	5.48	11.5	0.301	4.4	320	30.44	29.22	1.22
Black vinyl	5.01	10.4	0.410	4.1~4.0	178	32.30	31.06	1.24
Red vinyl	5.04	11.0	0.397	4.1	292	32.30	28.62	3.68
White vinyl	5.19	10.5	0.512	4.0	310	40.20	38.91	1.29
Transparent vinyl	5.01	10.7	0.416	4.1~4.0	228	34.45	33.21	1.24

Table 7. Quality of fruits covered with various bags. (55 days after anthesis-s*)

Treatment	Damaged fruits	Viscosity second	Acidity %	pH
Control	0/5	10.4	0.375	4.0~3.95
Black vinyl	3/5	10.4	0.307	4.15
Red vinyl	1/5	10.6	0.264	4.3
White vinyl	0/5	11.0	0.274	4.3

* The fruits were covered with bags for 20 days, starting on the 35 th day after anthesis.

果実、また開花後 35 日まで黒袋をかけた後に採取して 21°~25°C に貯蔵した果実についての色素含量の測定結果は第 8 表の如くである。すなわち 35 日果においては各区ともリコピンの発現はみられない。他の色素は白袋を被袋した果実で多く形成され、特に葉緑素含量が多かった。黒袋区は各色素ともに他区の 1/2 以下の含量で、葉緑素が殊に少なく、外観は白色に近い状態を示した。60 日果においては各区とも葉緑素が消失して、リコピンが発現した。各区の色素含量は 35 日果と同様であり、白袋区が各色素ともに含量が多く、特にリコピン含量が多かった。黒袋区は各色素ともに他の区より減少しているが、特にカロチンが少なかつた。開花後 35 日に被袋を行ない 55 日に採取した果実の色素含量についても白袋区が

各色素ともに含量が最も多く、黒袋区が、最も少なかつた。開花後 35 日まで黒袋被袋した果実を 21°~25°C に貯蔵したものは 35 日果に比べて、カロチン、キサントフィルともに増加し、リコピンも形成された。60 日果の黒袋区の含量

に比べてカロチンは約 2 倍、キサントフィル、リコピンは大体同量であつた。

IV. 考 察

トマト果実に各種の着色セロファンおよびビニールを被袋して、果実の色素含量を測定したが、被袋材料としてのセロファンとビニールでは透過光線量も異なり、かつまた異つた場所において行なわれた観察であり、考察も別々に加えることが妥当と考えられるので、以下セロファンとビニール被袋を別個に取扱うことにする。

まずセロファン被袋についてみると、第 2 表にみられるように果実の色素含量が貯蔵温度のみに支配されているように見えて、色別では一定した傾向がみられない。しかし果実を 20°C において追熟した場合は、人工光線のみ照明よりも自然光線に人工光線を併用した方が色素含量の多かつたことは、色素の発達に光線量が大きく影響すること、ことにエネルギーの大きな自然光線の影響が大であると考えられる。またセロファンの色別による果実の色素含量が一定の傾向を示さなかつたのは、使用した植物が実験中に病気を発生し、採取した果実が均一でなかつた結果に影響しているかもしれない。また他に使用した赤、緑、青、黒のセロファン袋では色素の発現に大きな差異を与えないとも考えられる。第 3 表にみられるように植物体上で成熟中の果実にセロファン被袋した場合においては、被袋区は標準区に比べて色素含量

Table 8. Difference of pigment contents among bagged fruits.
(mg/fresh weight 100g)

Treatment	Chlorophyll mg/fresh w. 100 g	Carotene mg/fresh w. 100 g	Lycopene mg/fresh w. 100 g	Xanthophyll log T_0/T
35 days after anthesis				
Control	9.875	0.443	0	0.041
Black vinyl	0.750	0.222	0	0.005
Red vinyl	6.562	0.403	0	0.039
White vinyl	10.750	0.443	0	0.041
Transparent vinyl	8.250	0.363	0	0.035
60 days after anthesis				
Control	0	1.128	48.750	0.133
Black vinyl	0	0.363	35.000	0.059
Red vinyl	0	1.058	49.000	0.124
White vinyl	0	1.400	59.500	0.139
Transparent vinyl	0	1.179	44.950	0.136
55 days after anthesis (covered for 20 days)				
Control	0	1.461	37.000	0.123
Black vinyl	0	1.139	21.600	0.074
Red vinyl	0	1.118	37.500	0.085
White vinyl	0	1.612	40.750	0.140
21~25°C storage				
Black vinyl	0	0.635	33.500	0.057

が低下しているが、これは被袋によつて袋内温度が上昇し、そのために各色素の生成が妨げられたのであろう。WENT⁽⁷⁾らは 33°C で成熟させた果実においてはリコピンの形成が妨げられるが、カロチンの生成は正常であると報告している。本実験のセロファン被袋についても果実温度が高くなつたためにリコピン含量が低下したと推察される。温度の影響は果実の部位により、細胞中にみられる色素粒の状態についても観察される。すなわち常に光線にさらされた温度の高い果実の側部ではリコピンの赤色針状結晶が少なくなつて、カロチンの黄色粒が増加し逆に果頂部或は果心部では赤色針状結晶が多くなつて、黄色粒が少なくなつてゐる。色素の発現と光線との関係については第3報⁽⁸⁾にも報告した如く、カロチン、キサントフィルなどはその生成に光線が必要であるが、リコピンの生成には不可欠のものでないことは、果心部にリコピンの赤色針状結晶が果実の他の部分よりもより多く生成されることからでも推察される。

次にビニール被袋の袋内照度（透過光線量）と袋内温度との関係について考えると、両者の間には明らかな関係が認められない。すなわち照度の大小と袋内温度の高低とは一致しない。黒袋は熱を吸収し、透明袋は光線透過により、白および赤袋はこれら両者によつて袋内温度が変化するためであらう。しかし 60 日果実における着果から完熟までの日数を被袋区のみについてみると、透

明区は最も短く、次に白、赤袋区の順で黒袋区が最も長くなつてゐる。この順序は光線透過量の多少と全く一致していることからして、トマト果実の熟期は果実への光線照射量の多いほど促進されることゝが推察される。しかるに標準区は最も光線照射量大であるにもかかわらず、成熟期間は透明区よりも長くなつてゐることから果実の熟期は光線照射量ばかりでなく、温度も関係するものと考えられる。何故ならば日中の袋内温度は第5図にも示すごとく被袋によつて高くなる。すなわち標準区よりも最高 6°C も高くなつてゐることがある。60 日果の色素含量について各区間の関係をみると、カロチン、リ

コピンはともに同様な傾向を示し、黒袋区が著るしく少なく、白袋区が各区の中で最も多い。キサントフィルは黒袋区に少なく、他の4区間では殆んど同量である。そこで黒袋区の各色素含量を標準区のそれと比較してみると、標準区の含量に対してカロチン 31%、キサントフィル 46%、リコピン 71% となり、第8表でも見られるように果実を遮光することによつて各色素の発現が著るしく抑制されることがわかる。またその程度はカロチンでは最も強くあらわれ、ついでキサントフィルで、リコピンのうける影響が最も少ない。同じく光の影響をみる意味で、黒袋区の色素含量と他の各区の色素含量とを対比してみたのが第9表である。この表から光線の影響はカロチンで強くあらわれ、リコピンでは少ないことがわかる。同様な事実は SMITH⁽⁴⁾ および MCCOLLUM

Table 9. Degree of increasing of pigment contents in fruits in the various bags. (60 days after anthesis)

Treatment	Carotene	Lycopene	Xanthophyll	Light intensity
Control	311.1	139	224.5	100
Black vinyl	100	100	100	0.0
Red vinyl	291.6	140.0	210.2	26.40
White vinyl	386.1	170.0	235.0	38.40
Transparent vinyl	325.0	128.4	230.5	72.80

Fig. 6. The relation between light intensity and pigment contents of fruits in the various bags. (60 days after anthesis)

(2)によつても報告されている。次に色素含量と受光量との関係については第6図に示すようになる。標準区の色素含量と同程度の含量を生成するに必要な光線照射量は標準区の約30%ぐらいで充分であると思われる。NETTLES^(1,2)は暗黒に果実を貯蔵するよりも8~14時間450 foot candlesの光にさらした方が色素の生成に良好だとのべているが、光線の強度も自然光線そのままのものを必要としないことがわかる。白袋区の色素含量が標準区含量より以上に多い結果から、色素の生成には自然光線に直接照射されるよりも、或る程度制限した方が有効のように見える。しかし被袋区によつては果実のうける光の種類が異なり、かつ熱量も異つていたので照度のみで類推することは危険であり、また各被袋により袋内温度の変化も異なつていたので、果実の色素含量を被袋の効果から解明するにはこれらの交互作用について考究しなければならぬ。したがつて白袋区の色素含量の良好な原因をこの実験の結果から説明することはできない。この点、今後研究をまたねばならない。開花後35日に採収した果実では、リコピンは未だ各区とも出現してないが、葉緑素、カロチン、キサントフィルについては黒袋区は少なく、特に葉緑素、キサントフィル含量は少なくなり遮光の影響が未熟果の時期からあらわ

れている。また白袋区は各色素特に葉緑素が最も多くなつてゐるが、60日果の色素含量の多いこととあわせて考えると興味ある問題である。開花後35日に被袋し、55日目に採取して色素含量を測定したものを被袋別に考えると着果後完全に被袋した60日果の場合と同様な傾向がうかがえる。中でも黒袋区のカロチン、キサントフィル含量は60日果の場合よりも著しく高くなつてゐる。このことは被袋前の果実が受けた光線の影響により含量が高くなつたものであろう。開花後35日の果実を黒袋区より採取して、22~25°Cで追熟し、その色素含量を測定したものをみると、カロチン、リコピン、キサントフィルともに採取時より増加し、60日果の黒袋区果実と比較して、リコピン、キサントフィルは同量程度、カロチンは約2倍の含量に達している。すなわち黒袋中で生育した果実でも追熟中に各色素が形成されることを示すものである。またカロチンが特に多く増加したのは採取時および追熟中の果実に光線を与えたために生じた結果であらう。

つぎに果実の諸形質につき、60日果において光線透過量との関係をみると、標準区は乾物率、pHが高く、かつ果実重量も大であつた。このことは果実に被袋することによつて果実の正常な發育を妨げる結果であると考えられる。すなわち果実の外部観察についても被袋区の中で、透明区は裂果や日焼果が多く、黒袋区には發育不全のものおよび果実組織の壊死が非常に多かつた。これらは被袋によつて日中の高温により障害を受けたものと推察される。しかし被袋区の中でも白袋区の果実では障害果はみられず、標準区とほぼ同様であつたことは被袋材料の差として興味がある。全糖含量では白袋区が他区に比べて非常に多かつたが、これは同区の色素含量の多いことと何らかの関係があるものと推察できる。果実重量については標準区、白、赤、透明、黒袋区の順であり、被袋区果実の障害程度と併せ考えると、障害のはげしかつた区ほど果実重量が小さくなる傾向がみられた。

V. 摘 要

トマト果実に赤、緑、青、黒の着色セロファンおよび黒、赤、白、透明のビニール被袋を行ない、これに標準区を加えて、果実の色素含量および果実の若干の形質におよぼす影響をみた。実験は京都大学農学部および信州大学農学部において1958年に行なつた。

1. 果実に着色セロファン被袋をして10°C、20°C各人工照明、20°C、30°C各自然光線+人工照明の制御温室に貯蔵した場合、果実の色素含量におよぼす温度の影響はみられたが、セロファンの色の影響はみられなかつた。20°Cに貯蔵されたものは色素含量が多く、特に自

然光線と人工光線とを併用したものに多かつた。

2. 果実の各部位による細胞内の色素粒の観察では、果実の側部果肉にカロチンの黄色粒が多く、果頂部および果心部の果肉ではリコピンの赤色針状結晶が多かつた。特に果心部に多かつた。

3. ビニール被袋による果実の成熟期間は透過光線量の大なるほど短く、すなわち透明袋区が最も短く、黒袋区が最も長かつた。

4. 開花後 35 日、60 日および 55 日の果実の色素含量は、白袋区において葉緑素、カロチン、リコピン、キサントフィルともに標準区および他の被袋区よりも多く、黒袋区は各色素とも少なかつた。

5. 果実中の各色素は遮光によつて影響を受けるが、カロチンは最も影響を受けて減少し、リコピンは最も影響が少なかつた。色素の生成について必要な光線量は自然光線の約 30% あれば充分であると考えられる。

6. 被袋区の果実重量は標準区に比して小さく、特に黒袋区、透明袋区は小さく、かつ障害果が多かつたが、白袋区は標準区とほとんど変らなかつた。乾物率、pH は標準区において高かつたが、糖分含量は白袋区において最も高かつた。

参考文献

1. HALL, C. B., R. A. DENISON and V. F. NETTLES. 1959. The influence of photoperiod on color development of tomato fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73: 331—333.
2. MCCOLLUM, J. P. 1954. Effect of light on the formation of carotenoid in tomato fruit. Food Research. 19: 182—189.
3. NETTLES, V. F., C. B. HALL and R. A. DENISON. 1955. The influence of light on color development of tomato fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65: 349—352.
4. SMITH, O. 1936. Effect of light on carotenoid formation in tomato fruit. New York (Cornell) Agr. Exp. Sta. Mem. 189.
5. 高橋敏秋 中山昌明・1958. トマト果実の着色に関する研究（第1報）トマト果実の色素含量の測定について。園学雑. 27: 116—119.
6. ————・———. 1959. ————（第3報）果実の色素含量に及ぼす光線の影響について。園学雑. 28: 165—169.
7. WENT, F. W., A. L. RELOSEN and L. ZECHMEISTER. 1942. Effect of external factors on tomato pigments as studies by chromatographic methods. Plant Physiol. 17: 91—100.

抄 録

花鉢の組成が植物の生育におよぼす影響

花鉢の中に土壌をつめて植物を栽培すると、土壌中の養分が速やかに失われる。その一つの原因は、多孔性の鉢壁の働きによるものと考えられる。また植物の根系の大部分が鉢壁に密着しているのが観察されることから、鉢壁の構成化学物質が植物の生育に何らかの影響を与えることが想像される。鉢の種類によつて植物の生育がどのように影響されるかを確かめるために、新しい花鉢を英国各地の製造元より取りよせ種々実験を行なつた。

外観は類似している鉢でも孔隙の大きさが異なるので壁の透過性（通気・通水）がかなり異なる。透過性の高い鉢ほど、鉢中の土壌から壁を通過して鉢の外側に流れ出る溶液の量が多い。鉢中の地表面から灌水すると、水が土壌中に浸透し、やがて壁から外へ流出し、代りに空気が土壌中に入る。故に鉢中の土壌の通気性は、鉢壁の透過性の高低によつて間接的に決定される（植物の根が壁を隔てて直接外気を呼吸するようなことはない）。

通気性が増加すれば土壌中の微生物による硝化作用は活潑になり、同時に土壌中の有効態カリの含量も増加する。また通気の良い土壌では根の発育も良い。以上のように鉢壁の透過性の高いことは、もし土壌が乾燥しすぎることとなさなければ、植物の生育にとって大変好

ましい性質なのである。

鉢は粘質土を 600—900°C で焼いて作るが、できた鉢を熱塩酸で溶かして化学分析した処、Nを除き他の植物の生育に必要な養分はいずれも若干含まれていることが判つた。これらがすぐに全部植物に利用されるとは考えられないが、適当な条件と時間さえあれば一部は利用され得る。実際にN肥料さえ添加すれば、細砕した鉢物質のみで植物を育てることができた。

土壌中の P_2O_5 は、一部はアルカリ性の鉢壁（新しい鉢の pH は 8.66—9.59）中の可溶性 Ca と結合して、孔隙中に磷酸石灰の沈澱を生じ、植物に利用されない。従つて新しい鉢に入れる土壌には P_2O_5 を多量に加える必要がある。

また透過性の高い鉢ほど、植物体のNの吸収が盛んに行なわれるため、Nの多施が必要となつてくる。

（高橋和彦）

EASTOE, J. E. and A. G. POLLARD, 1959. Some effects of the flowerpot on plant growth. Plant and Soil 11: 331—342.