

イチゴ品種 “とよのか” の着色に関する研究 (第1報)

着色特性の品種間差異および “とよのか” の果実成熟に伴う着色様相の変化

前川 寛之

**Studies on Fruit Coloring in Strawberry cv. ‘Toyonoka’ (1)
Varietal Differences in Characteristics of Coloration
and Changes in Color Development of Fruit Surfaces during Maturation**

Hiroyuki MAEGAWA

Summary

Characteristics of coloration and changes in coloring of ‘Toyonoka’ fruits were investigated in forcing culture. ‘Toyonoka’ was a low colored cultivar among 12 cultivars used with regard to anthocyanin level and size of white spot on the sun averse surface.

A ‘Toyonoka’ fruit required 4 to 5 days to complete enlargement of colored area in winter season. The coloring index on the sun averse surface was low and did not increase after completion of enlarging of the colored area.

The upside-down treatment accelerated enlargement of the colored area of the ‘Toyonoka’ fruit. The new sun faced surface of the upside-down treated fruit which had been treated while at 80% of the colored area rate, increased its coloring index up to the same level on the sun faced surface of the control fruit. This shows that exposure to sun light affects coloring of strawberry fruit and indicates that enhanced reflection of the mulching material may improve coloring on the sun averse surface.

Key words: anthocyanin, coloring index, (L*a*b*)-Color Space, white spot

緒 論

近年、奈良県でもイチゴ品種 “とよのか” の栽培面積が増加しているが、本品種は促成栽培において全国的に着色不良果が発生する場合が多い¹⁾。着色不良果の商品性は低く、生産上の大きな問題となっており、イチゴの着色生理の解明および着色向上技術の開発が求められている。

リング栽培では、樹冠内部に面した果実面の着色を良くするために、果実の向きを換える「玉回し」と呼ばれる技術が実施される場合がある²⁾。イチゴ栽培でも従来より在来技術として、収穫間際の果実日裏面に未着色の部分が残っていた場合には、果実を反転して日表面と日裏面を置き換えることがある。しかし、“とよのか” 果

実の場合には、従来の方法の反転処理を行っても効果が無いといわれている。

今まで、イチゴ果実の果皮色について、同一果実の生育中の変化を調べたものはなく、着色初期からの段階的な色の変化を現す指標が必要である。

そこで、“とよのか” の熟度の異なる果実について果皮色の数量化を試みるとともに、数品種を用いて、果実の着色状態について比較した。また、“とよのか” 果実の着色様相について、日表面と日裏面の着色の仕方の面から検討した。

材料および方法

供試品種は、“とよのか” 他11品種および系統を用い、

1989年12月に当農業試験場内における二重被覆無加温促成栽培下の果実について調査した。なお、ハウス換気温度は25℃とした。

実験1 着色の評価

“とよのか”の熟度の異なる果実の表面から着色のほぼ均一な部分を選び、その部分についてアントシアニン量、L* a* b* 表色系値および達感による着色指数を次のようにして測定した。また、これらの値について、相互の相関関係を求めた。

1) アントシアニン量：果実表層から直径13.8mm、厚さ約1mmの円形切片を、1%塩酸メタノール10ml中で暗黒下一昼夜抽出し、この抽出液の吸光ピーク波長である508nmの吸光度をアントシアニン量(A508)とした^{1,8)}。予備実験より、この抽出液の希釈液の508nm吸光度は、希釈率とよく一致した。

2) L* a* b* 表色系値：色彩色差計(ミノルタDP-100、測定部直径8mm、C型光源)を用い、測定部を果実面に押し当て測定した。

3) 着色指数：達感により果実面の色を、1(白色)、3(桃色)、5(橙色)、7(赤色)および8(濃赤色)からなる8段階に分類した。

実験2 着色特性の品種間差異

“とよのか”他11品種・系統の収穫適期の果実を用い、着色状態を品種・系統間で比較するとともに、“とよのか”の位置付けを行った。果実の日表面および日裏面のアントシアニン量とL* a* b* 表色系値は実験Iの手法で測定した。また、日裏面のみについて、白スポットとして接地部と思われる白色部分の直径を、また、緑色そう果率として緑色のままで残っているそう果の日裏面の全そう果数に対する比率を測定した。

実験3 とよのか果実の着色様相

着生状態の果実を、全表面積に対する着色部分の面積である着色面積率で写真1Aのように分類した。すなわち、果皮がわずかにピンクがかった部分も着色とし、その部分の果皮全表面積に対する割合を10~100%の間で10%単位に分類した。着色面積率100%となってから2~3日経過したと思われるものを100+とした。それらの果実の一部を、果実の日表面と日裏面を置き換えるため反転し、残りの果実は無処理とした。供試果実は調査時以外は、不慮の反転を防ぐため、竹くしで果梗部を固定した。全ての果実は、処理時から4~5日後まで、着色面積率および着色指数、また、以下のような分類で発

酵色指数を、日表面と日裏面のそれぞれについて観察した。以下では反転処理により新たに日裏となった面を新日裏面、新たに日表となった面を新日表面と呼ぶこととした。

発酵色指数：果実を着生状態で放置しておく、色の濃さに関係なく発酵果様の色合いの変化が認められるので、この発酵果様の色合いの程度を発酵色指数とし、0(無)~3(激)の4段階に分類した。

結果および考察

実験1 着色の評価

着色指数の分類毎に測定した果実色測定値を第1表に示した。

第1表 着色指数、アントシアニン量(A508)およびL* a* b* 値の関係

Table 1. Relationship among coloring index, arthocyanin level and L* a* b* values.

着色指数	達感色	A508	L*	a*	b*	n
1	白	0.017 (0.002)	72.1 (2.02)	-5.9 (1.03)	30.8 (1.11)	5
2		0.067 (0.013)	61.4 (1.34)	15.4 (3.21)	34.2 (1.10)	7
3	桃	0.103 (0.017)	59.9 (0.55)	23.9 (1.11)	38.7 (3.48)	5
4		0.258 (0.025)	51.8 (0.84)	34.4 (1.11)	41.1 (0.76)	15
5	橙	0.448 (0.025)	43.2 (0.71)	38.6 (0.42)	34.1 (0.76)	9
6		0.634 (0.053)	42.4 (1.80)	39.7 (0.53)	31.9 (1.67)	3
7	赤	0.754 (0.049)	38.1 (0.43)	38.2 (0.12)	28.4 (0.55)	4
8	濃赤	0.801 (0.014)	38.2 (0.59)	38.3 (0.15)	28.4 (0.78)	3
LSD5%		0.088	3.49	4.98	4.06	

() 内は標準誤差

着色指数が高くなるにつれてアントシアニン量は増加した。L* a* b* 表色系値については、着色指数の高まりにより、白さの程度を現すとされるL 値⁹⁾は低下し、赤さを現すa*値は高くなったが、L*、a* 値ともに着色指数5以上からほぼ一定となり、これらの数値が単独でイチゴの収穫適期頃の果実色を表現するのは困難であると考えられた。また、青~黄を現すb* 値には着色指数との間で一定の傾向は認められなかった。これら測定値間の相関係数を比較すると、アントシアニン量と着色

指数の間の単相関やL*a*b*表色系値との間の重相関係数が高かった（第2表）。以上の結果より、果実色を表す指標として、遠感による果実着色の評価やL*a*b*表色系値、果実表層のアントシアニン量のどれもが相互に高い相関関係を有することから、着色指数やL*a*b*表色系値は非破壊で着生状態のままの測定などに、また、アントシアニン量は収穫後の測定など、それぞれの指標を適用場面ごとに使い分けることが可能であることが確かめられた。

第2表 着色指数およびアントシアニン量（A508）、L*a*b*表色系値の間の相関係数

Table 2. Correlation coefficients among coloring index, anthocyanin level and L*a*b* values

	単相関係数				重相関係数
	A 508	L*	a*	b*	L*a*b*
着色指数	0.932	-0.916	0.838	-0.258	0.943
A 508	—	-0.904	0.729	-0.394	0.938

n=53

第3表 イチゴ果実の着色特性の品種・系統間差

Table 3. Varietal differences in coloring characteristics

品種・系統	n	日 表 面				日 裏 面						日裏/日表面	
		A 508	L*	a*	b*	A 508	L*	a*	b*	白スポット ^z	緑色 ^y 果率	A 508	色差 ^y
とよのか (±SE)	33	0.831 (0.024)	40.2 (0.29)	36.4 (0.28)	27.1 (0.39)	0.433 (0.017)	40.1 (0.43)	35.0 (0.19)	39.1 (0.39)	9.3 (0.85)	93.3 (1.28)	52.2 (1.56)	15.7 (0.48)
女 峰 (±SE)	17	1.106 (0.036)	37.4 (0.56)	34.3 (0.35)	22.1 (0.61)	0.686 (0.042)	44.5 (0.56)	34.2 (0.28)	30.3 (0.68)	0.8 (0.60)	79.4 (0.54)	62.5 (4.66)	11.1 (1.01)
アイベリー (±SE)	10	1.308 (0.051)	33.5 (0.51)	26.9 (0.72)	16.4 (0.91)	0.783 (0.040)	41.1 (0.81)	30.1 (0.68)	27.2 (1.01)	7.7 (2.74)	100.0 (0.01)	60.8 (3.99)	13.8 (1.56)
農試4号 (±SE)	5	0.678 (0.068)	42.5 (0.71)	36.6 (0.28)	29.4 (0.59)	0.369 (0.034)	50.9 (0.94)	34.7 (0.49)	41.0 (1.15)	6.8 (1.24)	100.0 (0.01)	54.8 (1.36)	14.5 (1.22)
王 香 (±SE)	5	0.726 (0.041)	38.7 (0.86)	34.3 (0.63)	26.2 (0.89)	0.271 (0.017)	50.1 (0.60)	30.4 (0.41)	37.6 (0.60)	3.6 (2.23)	98.0 (2.00)	37.4 (1.54)	16.7 (1.22)
久能早生 (±SE)	5	1.036 (0.046)	36.2 (0.63)	35.5 (0.46)	24.5 (0.80)	0.551 (0.023)	45.4 (0.75)	33.4 (0.22)	33.7 (0.77)	1.6 (1.60)	68.0 (10.68)	53.7 (3.70)	13.3 (1.29)
リングモール (±SE)	5	1.300 (0.100)	33.8 (1.17)	26.7 (0.55)	18.8 (1.95)	0.729 (0.067)	42.0 (1.63)	32.2 (0.94)	31.5 (2.38)	9.3 (2.62)	93.3 (6.67)	59.0 (8.67)	16.1 (3.95)
ア ロ マ (±SE)	5	0.849 (0.031)	39.2 (1.01)	35.4 (0.45)	27.6 (0.73)	0.611 (0.043)	44.7 (0.94)	35.0 (0.65)	33.5 (0.44)	4.2 (1.80)	78.0 (11.58)	72.4 (6.05)	8.7 (1.10)
麗 紅 (±SE)	5	1.133 (0.012)	34.4 (0.59)	32.8 (0.83)	20.5 (0.68)	0.816 (0.074)	41.0 (1.45)	34.1 (0.81)	27.3 (1.87)	10.2 (2.04)	34.0 (14.35)	71.9 (6.06)	10.5 (2.63)
久留米48号 (±SE)	5	0.749 (0.020)	40.4 (0.10)	36.1 (0.42)	28.8 (0.72)	0.438 (0.017)	48.8 (0.77)	33.3 (0.25)	37.4 (0.81)	1.0 (1.00)	82.0 (9.70)	58.6 (2.89)	12.5 (1.43)
久留米49号 (±SE)	5	1.321 (0.101)	33.3 (1.50)	32.2 (1.22)	19.8 (1.40)	0.785 (0.067)	43.8 (0.91)	33.7 (0.34)	30.3 (1.36)	1.0 (4.00)	100.0 (0.01)	59.3 (1.61)	15.1 (2.16)
久留米50号 (±SE)	5	0.722 (0.041)	40.5 (0.45)	35.5 (0.92)	26.0 (1.30)	0.286 (0.034)	52.5 (1.34)	32.1 (1.13)	36.8 (0.21)	12.6 (2.18)	84.0 (13.64)	39.4 (3.49)	16.8 (1.82)

z: 白色スポットは、接地部と思われる色落ちした部分の面積を、円形に換算した時の直径 (mm)

y: 色差は、日裏面の色調を日表面を基準として所定の式により算出⁴⁾

実験2 着色特性の品種間差異

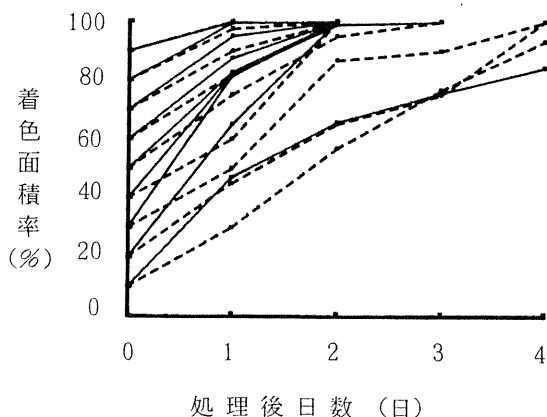
“とよのか”他11品種・系統の果実の収穫適期における日表面と日裏面のアントシアニン量、L*a*b*表色系値などの果実表面の着色状態を測定した。品種・系統の果実色を表すと考えられる日表面では、果実色の濃い品種・系統は薄いものに比べ2倍程度のアントシアニン量を有するなど、品種間差は大きく、“とよのか”は比較的アントシアニン量が少ない品種であった（第3表）。

佐藤ら⁶⁾によると、“とよのか”の完全着色時には、L×b/a値が21程度あるとしている。本研究においては、“とよのか”のL×b/a値は完全着色期の日表面で29.9、やや過熟果で28.3で、佐藤らの結果に比べやや高い値となった。果実日裏面の接地部と考えられる部分の白色スポットの発生程度は、品種・系統により大きく異なり、比較的発生が少ないものは“女峰”、“久能早生”および“久留米48号”で、発生の多いものは“とよのか”、“麗紅”、“久留米49号”および“久留米50号”であった。出荷容器に詰めたときの着色ムラの原因の一つと

なる果実表裏の着色程度の違いをアントシアニン量の日裏/日表比で表すと、“麗紅”および“アロマ”が最も高く、“王香”と久留米50号が最も低かった。“とよのか”は比較的低い品種群に入った。また、日裏面と日表面のL*a*b*表色系値から2色間の色の違いを表すとされている色差⁹⁾を求めたところ、アントシアニン量の日裏/日表比の品種間の傾向とよく一致した。日裏/日表比および色差値とも、その値の大小は日表面の着色の濃さとは一定の関係が認められず、果実色と日裏面の着色の難易とはあまり関係の無い特性であると考えられた。ブドウでは、着色の難易に対して温度要因の影響が大きい品種があることが知られている^{4)、5)}。イチゴにおいても果実日裏面の着色の難易からみて、品種によって受ける要因が異なるものと考えられる。

実験3 とよのか果実の着色様相

“とよのか”果実の着色様相は、まず、日表面に着色部分が拡大し日表面全体が着色した後日裏面の着色が開始され、着色面積拡大と同時に色の濃さも増大した。(写真1A)。果実全体に着色するまでには冬季には着色を開始してから4~5日を要し(第1図)、日裏面の色は日表面の色に比べ常に薄いままであった。佐藤ら⁶⁾は、“とよのか”の場合、赤くなり始める催色期から全体が着色し外観が完熟状態となる完熟期まで、有効積算温度¹⁾で約80℃日であるとし、その間にアントシアニン含量も経時的に増加するとしている。通常、冬季のイチゴ促成栽培ハウス内の気温で有効積算温度80℃日はほぼ5~6日相当するので、本実験の結果とよく一致している。



第1図 着色面積率の変化
果実反転処理：———，無処理：-----

Fig. 1 Changes in coloring area rate.

反転処理果では処理時着色面積率20%以上のものは2日間で着色面積率が100%まで増加した。これに対し、無処理果では70%以上のもののみが2日間で100%になり、反転処理により着色速度が増大することが明らかとなった。このことは、“とよのか”果実の着色には果実が直接受ける光が大きな影響を持っており、比較的強光により着色が促進されることを示唆している。

無処理果の日裏面の着色指数および発酵色指数の変化を検討した。第2図に示したように、日表面の着色指数は、処理時着色面積率30%以上の果実では、4日以内に適色である指数6以上となった。また、着色面積率10~20%のものでも5~6日以内に指数6以上となることが容易に推測された。日裏面についても、日数の経過とともに着色指数は高くなったが、指数の上昇速度は日表面より遅く、指数4~5程度で指数の上昇が停止し、日表面と同様な色にはならなかった。無処理果の発酵色化は、着色面積率100%の果実で2日後から現れ、日数の経過とともに激しくなった。4日後には写真1Bに示すように、着色面積率100+であった果実には日表面全体に発酵色化が認められ過熟状態を示していると考えられた。また、写真1Bにより、日裏面には、熟度が進んで白っぽく見える部分がスポット的に残ることが認められた。

次に、反転処理果の新日裏面および新日表面の着色指数および発酵色指数の変化を検討した。第3図に示したように、反転処理後に日裏となった新日裏面の着色指数は、処理時着色面積率30%以上の果実では、処理後2日目までは指数が若干高くなるがそれ以後はほぼ横這いの傾向であった。処理後4日目までに適色の指数である6~7の範囲になるのは、処理時着色面積率が60~80%の果実であった。一方、反転処理後、日表となった新日表面では、処理時着色面積率90%以下の果実の着色指数は上昇したが、その上昇程度は10%着色果を除き着色面積率が高いほど減少した。また、着色面積率100%果の指数はほとんど変化しなかった。処理後4日以内に指数が6~7の範囲に入るものは処理時着色面積率が20~70%の果実であった。着色面積率80%以上の果実では、指数の上昇は処理後3日以内に停止し、以後、ほとんど変化しなかった。したがって、果実反転処理により日表および日裏両面の着色指数が共に適色の範囲になるのは処理時着色面積率60~70%の果実の処理後3日目以降であることが明らかとなった。一方、処理時着色面積率60%を越える果実では、処理後3日目からおもに新日表面で発酵色化が始まり、その程度は処理時着色面積率の高い果実ほど激しかったので、果実の商品性を保つためには

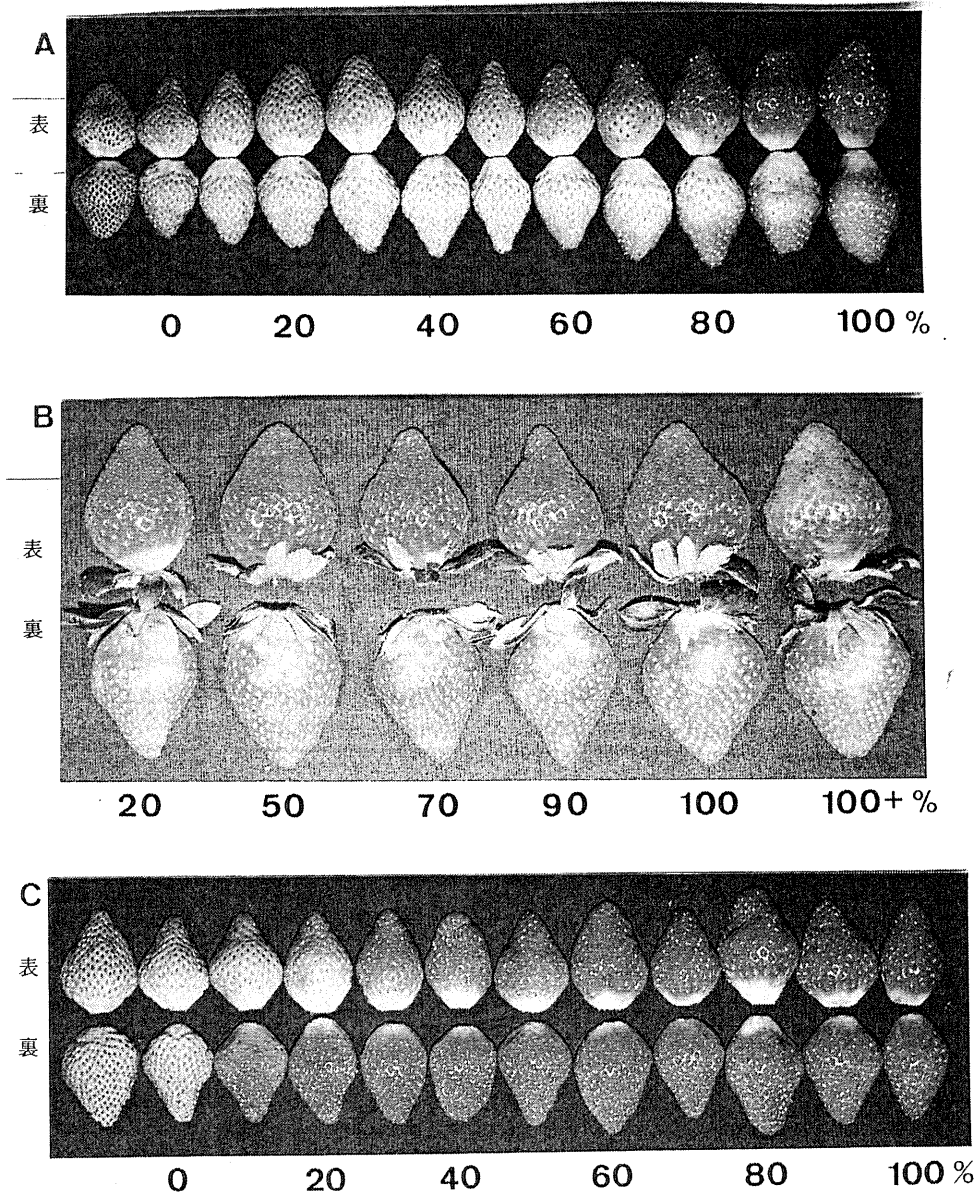


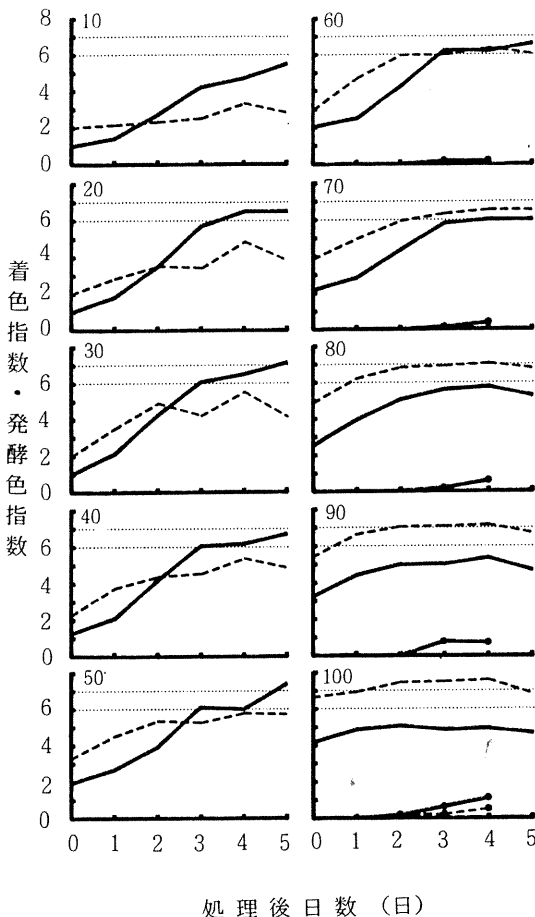
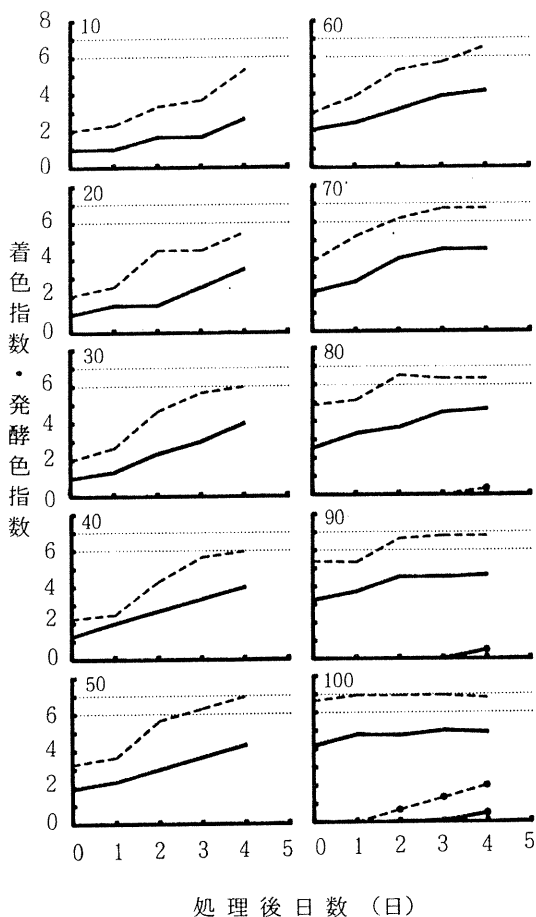
写真1 果実の着色状態

A: 処理時、B: 無処理果4日目、C: 果実反転処理果4日目

各写真の上段は処理前日表面、下段は処理前日裏面

数値は処理時着色面積率

Photo 1 Fruit coloration at the treatment(A) and 4 days after the treatment on control (B) and upsidedown treated (C) fruits.



第2図 無処理果の着色指数および発酵色指数の変化
 着色指数：日裏面：——、日表面：-----
 発酵色指数：日裏面：—●—、日表面：---●---
 図肩数値は調査開始時の着色面積率

Fig. 2 Changes in coloring and decoloring indexes on control fruits.

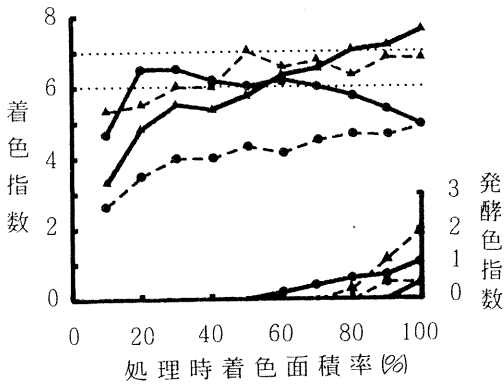
第3図 果実反転処理果の着色指数および発酵色指数の変化
 着色指数：新日表面：——、新日裏面：-----
 発酵色指数：新日表面：—●—、新日裏面：---●---
 図肩数値は処理時着色面積率

Fig. 3 Changes in coloring and decoloring indexes on upside-down treatment.

反転処理は着色面積率60%程度に限定される。従来行われていた果実反転処理は、日表面が収穫適色に達した果実に対して実施されていたが、“とよのか”果実では、そのような時期には着色面積率が80%以上であるので、反転時期としては遅すぎる事が明かとなった。

処理4日後の無処理果および処理果の日表、日裏両面の着色指数と発酵色指数を、処理時着色面積率との関係でまとめ第4図に示した。また、処理果の着色状態を写真1Cに示した。日表面および新日裏面についてみると

4日間の着色指数の上昇程度は、処理時着色面積率70%以下では、無処理果の方が反転処理果より大きいものに対し、着色面積率80%以上の果実では反転処理果の方が着色指数の上昇程度は大きくなった。一方、日裏面および新日表面では着色指数上昇程度の逆転は無く、100%を除くどの処理時着色面積率でも反転処理果の指数上昇程度が大きかった。無処理果では、日表面と日裏面の着色指数の差はどの処理時着色面積率でもほぼ一定であった。一方、反転処理果では着色面積率60%を境にし新日裏面



第4図 果実反転処理4日目の着色状態

反転処理果：新日表面：——●——
 新日裏面：——▲——
 無処理果：日表面：---▲---
 日裏面：---●---

Fig.4 Coloring and decoloring indexes at 4 days after upside-down treatment.

と新日表面の着色指数は逆転した。すなわち、処理時50%以下の着色面積率では新日表面の着色指数が新日裏面のそれより高く、70%以上では新日裏面が新日表面より高くなった。処理時着色面積率の高い果実では、反転処理4日後には発酵色化が起こっており、無処理果、処理果とも日表面あるいは新日表面で激しかった。

果実反転処理で着色面積率が增大することが明かとなったが、現象的には新日表面の着色面積が増加したことと併せて、新日裏面の着色面積拡大が日裏面となった後もすぐには停止しなかったためである。また、着色面積だけでなく着色指数についても新日表面の着色指数の上昇速度が増すとともに、新日裏面の着色は処理2日後までは増していた。これらのことは、着色を開始した果実であれば、日裏面でも強光を受光することにより急速にアントシアニンを生成あるいは集積すること、および、すでに受光しておれば遮光下に置かれても、しばらくはアントシアニンの生成、集積を続けることを示すものと考えられる。これを収穫果実にあてはめると、収穫後に追熟により着色が進む現象が⁷⁾、収穫前に強光を受けていた日表面にのみ起こり、それが日表面と日裏面の着色の差をさらに大きくしている可能性が示唆された。

岩本ら³⁾はブドウの巨峰種において着色開始期までは日照不足による着色不良は認められないが、着色期に入ってから光量不足により著しく着色が抑制されている。本実験において、反転処理時の着色面積率40

%以下の果実の新日裏面および着色面積率80%以下の果実の新日表面にみるように、果実半面の6~8割が着色するまではその面の着色程度はその後の環境条件により変化しえるものであり、イチゴでも成熟ステージにより着色の可否が決定されているものと推定された。

特定の着色状態の果実を見つけ反転する作業は、非常に煩雑で労力がかかるので、実際栽培上は難しいと考えられる。したがって、果実日裏面が強光を受けることにより着色が促進されることが示唆されたことから、果実着生状態のまま日裏面に光を当てる方法を検討し、果実の品質向上を図りたい。

摘 要

“とよのか”果実の着色特性を知るため、果実表層のアントシアニン量および L^* 、 a^* 、 b^* 表色系値、遠感による着色指数により果皮色の数値化を試みるとともに、着色特性の他品種との差を調べた。さらに、果実の日表面と日裏面の着色状態の違いに着目し、果実を反転した時の“とよのか”果実の両面の着色の変化について調査した。

アントシアニン量と着色指数の間には高い単相関が認められた。アントシアニン量あるいは着色指数 L^* 、 a^* 、 b^* 単独の数値との間の単相関はあまり高くないが、重相関は高かった。

果実日表面のアントシアニン量には、12品種・系統間で2倍程度の差が認められ、“とよのか”は比較的アントシアニン量の少ない品種であった。また、果実日裏面の白スポットの発生程度についても、“とよのか”は発生し易い品種であった。

“とよのか”果実の表裏の着色については、無処理果では、着色を開始してから果実全体が着色するまで、冬季で4~5日を要していた。日裏面の着色指数の上昇は指数4~5で停止した。

反転処理により着色面積の上昇速度は、無処理果に比べ早くなった。新日裏面の着色指数は、処理後2日間の上昇の後一定となり、処理時着色面積率が60~80%のものが着色指数6~7の範囲に入った。一方、新日表面では、処理後に着色指数は上昇したが、着色面積率の高い果実ほど上昇程度が小さかった。着色面積率が20~70%の果実が処理後4日目までに着色指数が6~7に達した。

引用文献

1. ARAKAWA, O., Y. HORI and R. OGATA.

1986. Characteristics of color development and relationship between anthocyanin Synthesis and phenylalanine ammonia-lyase activity in 'Starking delicious', 'Fuji' and 'Mutsu' apple fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci 54:424-430.
2. 岩崎藤助, 1972. 果樹園芸大事典, 養賢堂, 309.
 3. 岩本和彦・今井俊治・松本善守・黒田喜佐雄, 1979. 巨峰の着色障害に関する研究, 奈良農試研報, 10: 19-27.
 4. KIEWER, W. M. 1970. Effect of day temperature and light intensity of coloration of *vitis vinifera* L. grapes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(6) : 639-697.
 5. ——— and R. E. TORRES. 1972. Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. Amer. J. Enol. viticul. 23(2) : 71-77.
 6. 佐藤 裕・山川 理・本多藤雄, 1986. イチゴ果実成熟過程における品質の品種間差異, 野菜試報 C9 : 23-30.
 7. SMITH, W. J. and P. H. HEINZE. 1958. Effect of color development at harvest on quality of postharvest ripened strawberries. Amer. Soc. Hort. Sci. 72 : 207-211.
 8. 林 孝三, 1988. 植物色素, 養賢堂, 151-174.
 9. 日置隆一・佐藤雅子, 1985. 表色系, 日本色彩学会編, 色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 83-146.
 10. 伏原 肇・室園正敏, 1986. 促成いちごの着色不良果発生に関する研究, 第1報 果実の着色に及ぼす温度の影響, 園学要旨, 昭61秋: 226-227.
 11. 森下昌三・本多藤雄, 1985. 促成イチゴの成熟に関する研究, 野菜試報, C, 8 : 59-69.