

赤色系バラ花卉における褐色化現象に関する研究 (第1報) 生花卉に対する細胞組織学的検討

傳 玉 蘭*・安 田 齊

信州大学理学部生物学教室
(1993年12月27日受理)

はじめに

一般に、アントシアニンを主色素とする赤色系の花卉は、開花の進行に伴ってその色調が多かれ少なかれ変化するものである(BAYERら, 1960)。その変化が軽度な場合には、赤色系の色調の範囲内で、濃色から淡色に移行するか、あるいはわずかに青色調が加味される程度に止まるが、重度な場合には、かなりの青色化あるいは褐色化が起これり、その花卉本来の赤色調がほとんど失われる結果となる。青色化現象の極端な例は、赤色系バラ花卉に多く見られ、ブルーイング現象といわれて花色発現機構上並びに栽培・育種学上重要な問題として色素化学的あるいは細胞組織学的に多くの研究がなされてきた(例: YASUDA, 1970; 1973; 1974; 1976; YASUDAら, 1978; YASUDA, 1982)。

一方、褐色化現象の極端な例も多くの赤色系バラ花卉に見られ、花卉園芸学上ではパーニング現象といわれて大きな問題となっている。しかし、この現象の発生の機構に関する研究報告は、筆者らの知る限りでは見当たらないのが現状である。そこで赤色系花卉における褐色化現象に関する植物学的基礎資料を得ると同時に、花卉園芸学の分野において、栽培学上及び育種学上に資料を提供する目的で、赤色系バラ花卉を用いて本研究に着手した。

ここで研究材料として赤色系バラ花卉を選択した理由には、下記の幾つかがあげられる。

- 1 赤色系バラ花卉の色素構成は、その大部分がシアニンのみかあるいは時としてクリサンテミン、ペラルゴニンが極く少量混在するだけという単純なもので(TAKAKUWA, 1960; YASUDA, 1965; 志佐ら, 1972)、色素の種類を対象とした研究以外であるならば、実験結果の解析に便利である。
- 2 花卉が比較的厚いので、細胞組織学的研究に適している。
- 3 4季咲性品種が多いため、年間を通じて材料の入手が容易である。
- 4 品種の数が多いため、比較検討に便利である。

本報では、先ず手始めとして、褐色化現象が起きているバラ花卉の表面並びに生切片について観察し、褐色化現象の発生過程を初歩的に考察した。以下に、得られた知見を報告する。

*安徽農業大学林学系(中華人民共和国合肥市)、現在外国人研究者として信州大学理学部生物学教室に所属。

材料及び方法

本研究に使用した材料植物は、セイヨウバラ（栽培バラ）*Rosa hybrida* Hort.のうち、4系列の花色にまたがる31品種並びに花卉に顕著な褐色化現象を起こす4系統株（試作されたもので、品種名が付けられていないもの）、計35種類である（具体的な品種名等は第1表参照）。いずれも本学部の圃場及び京成バラ園芸株式会社（千葉県八千代市大和田新田755）の圃場または温室内で栽培管理されたものである。

これらの品種及び系統株から、1993年5月、7月並びに10月に開花した花を採取し、観察に供した。観察方法は次の通りである。

1 種々の花色系列についての調査 8分咲ないし満開程度の開花段階にある花から最外輪の花弁を取り、材料とした。花弁表面の褐色化現象及びブルーイング現象の発生の有無を記載し、同時に健全な最外輪花弁のほぼ中央部位から約5×5 mm角の小片を切り取り、安全かみそりの刃を用いて、徒手法により生切片を作製して、光学顕微鏡（オリンパス製 BH-2型）により表皮細胞に出現する構造物の形状及び構造物の出現頻度を調べた。出現頻度の比較を容易にするため、次に示す表示を設定した。

(1) 肉眼で観察可能な褐色化現象及びブルーイング現象の程度を、それらが発生している面積と花弁総面積との比率に基づいて、下記の4等級に分類した。すなわち、-：色変なし；+：発生面積が1/3以下を占める；++：発生面積が1/3～2/3を占める；+++：発生面積が2/3以上を占める。

(2) 花弁の表皮に含まれる各種の構造物の出現頻度を、これらの構造物を含む細胞数と全細胞数との比率に基づいて、-：0；+：0～30%；++：30～60%；+++：60%以上の4等級に分けた。

2 系統株90A157-A158-261（以下261株という）についての観察 花弁の褐色化現象と表皮細胞における構造物との関係は、261株の生花弁を材料として、開花の進行に伴って発生・発達する褐色化現象と表皮細胞に含まれる構造物との関係を調べた。開花段階を蕾₁、蕾₂、蕾₃、蕾₄、3分咲、5分咲、8分咲、満開の8段階（詳細は下記）に分けて、各開花段階の花弁における褐色化現象を肉眼で観察し、その結果を記載した。さらに、生花弁のほぼ中央部分を切り取り、その部分の生切片並びに剝離表皮をそれぞれ作製し、顕微鏡により、花弁表皮細胞における構造物の形状と出現頻度を調べ、写真撮影を行った。

蕾を4段階に分ける基準は次の通りである。

蕾₁：蕾はかなり肥大しているが、萼は全く未開で、裂目は全然現われていない。

蕾₂：萼の中央部位がわずかに開き、最外輪花弁の下面表皮はやや露出している。

蕾₃：萼は半分程度開き、最外輪の花弁が半分程度露出している。

蕾₄：萼は全部外側へ展開し、最外輪花弁の下面表皮は全部露出している。

なお、蕾₂～蕾₄においては、最外輪花弁の露出した部分は日光及び外気等外的環境の諸要因の影響を受ける状態にあった。

第1表 本研究で使用したバラ花卉における褐色化現象及び表皮細胞内構造物の出現状況

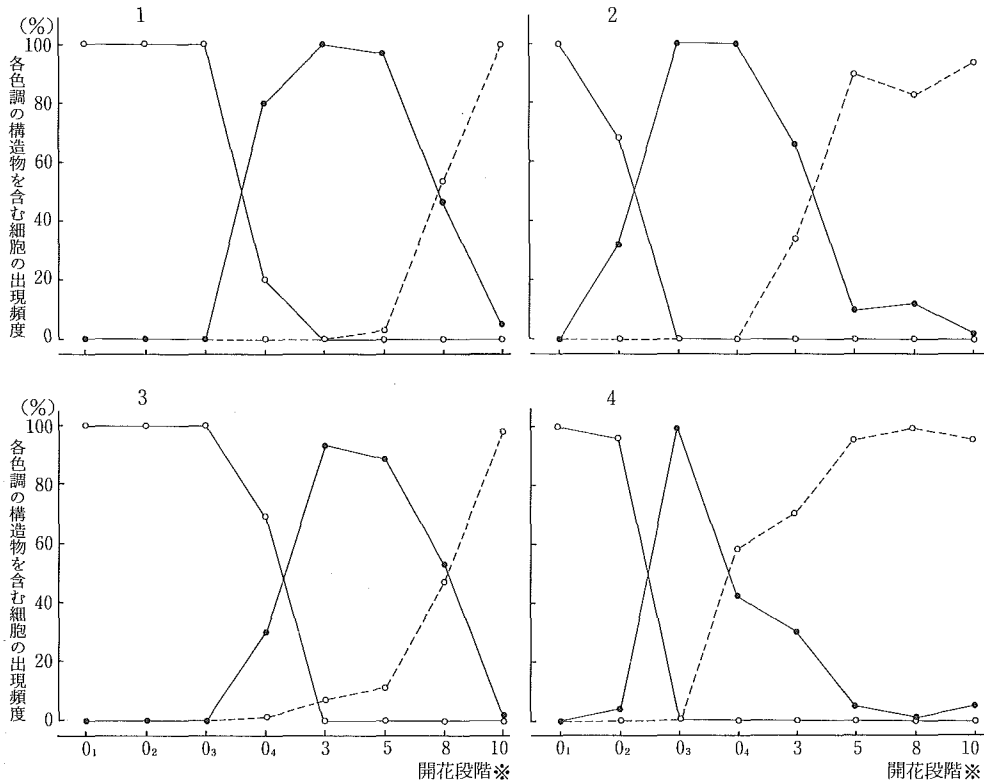
色系	品種の名称	褐色化程度	ブルーイング程度	青色構造物の形状	青色構造物を含む細胞の量		褐色構造物の形状	褐色構造物を含む細胞の量	
					上面表皮	下面表皮		上面表皮	下面表皮
赤色系	90A157-A158-261	+++	-	塊状	++	++	塊状	+++	+++
	黒真珠	+	-	〃	+++	+++	〃	+	+
	75-L21-X62-25	++	++	球状	++	++	塊・球状	++	+
	グラニーグリメッテ	++	++	〃	++	-	球状	+	+++
	90A157-I365-151	++	+	塊状	++	++	塊状	++	+
	バルカロール	+	+	〃	+++	+	〃	+	+
	ババメイアン	-	+	〃	+++	-		-	-
	オクラホマ	+	+	〃	+++	-	塊状	+	-
	乾杯	-	-		-	-		-	-
	イングリッド・ウェイブル	-	-	塊状	+	-		-	-
	緋扇	-	++	球状	+	-		-	-
ピンク系	マヌメイアン	-	+	球状	+	-		-	-
	イントリーク	-	++	塊・球状	+++	-		-	-
	ウイリアムシェイクスピア	++		球・塊状			球・塊状	+++	-
	クローネンブルグ	-	+	球状	+	-		-	-
	ソニア	-	-		-	-		-	-
	ロイヤルハインス	-	-		-	-		-	-
	イブピアツエ	-	-		-	-		-	-
	丹頂	-	++	球・塊状	+	-		-	-
	90M15-I275-71	-	+++	球状	+++	+		-	-
	早春	-	-		-	-		-	-
黄色系	モニカ	-	-		-	-		-	-
	万葉	-	-		-	-		-	-
	ルルドウフェーネ	-	-		-	-		-	-
	ヘルムットシュミット	-	-		-	-		-	-
	ファルツウアーゴールド	-	-		-	-		-	-
	ドフトコールド	-	-		-	-		-	-
	ピース	-	-		-	-		-	-
	緑光	-	-		-	-		-	-
白色系	フラウカールドルシュキー	-	-		-	-		-	-
	白銀	-	-		-	-		-	-
	ローザームスカーター	-	-		-	-		-	-
	ローザーシネンシスアルバ	-	-		-	-		-	-
	マダムサチ	-	-		-	-		-	-
	銀嶺	-	-		-	-		-	-

第2表 261株の開花段階による花卉の褐色化の程度

開花の段階 花卉部位	開花の段階							
	蕾 ₁	蕾 ₂	蕾 ₃	蕾 ₄	3分咲	5分咲	8分咲	満開
上面表皮	-	-	-	-	-	+	+++	+++
下面表皮	-	-	-	+	+++	+++	+++	+++

結 果

本研究で扱ったバラの品種及び系統株における花卉の褐色化現象並びに表皮細胞に出現する構造物などの観察結果は第1表の通りである。これによると、バラ花卉の褐色化現象は主として赤色系の品種に発生し、ピンク系の品種にはわずかに出現し（比較的濃色調の



第1図～第4図 開花段階による花卉表皮細胞における構造物の変化

- 1. 生切片の花弁上面表皮 —○— 赤色構造物
 - 2. 生切片の花弁下面表皮 —●— 青色構造物
 - 3. 剝離上面表皮 -○- 褐色構造物
 - 4. 剝離下面表皮
- ※0₁: 蕾₁; 0₂: 蕾₂; 0₃: 蕾₃; 0₄: 蕾₄;
 3: 3分咲; 5: 5分咲; 8: 8分咲; 10: 満開

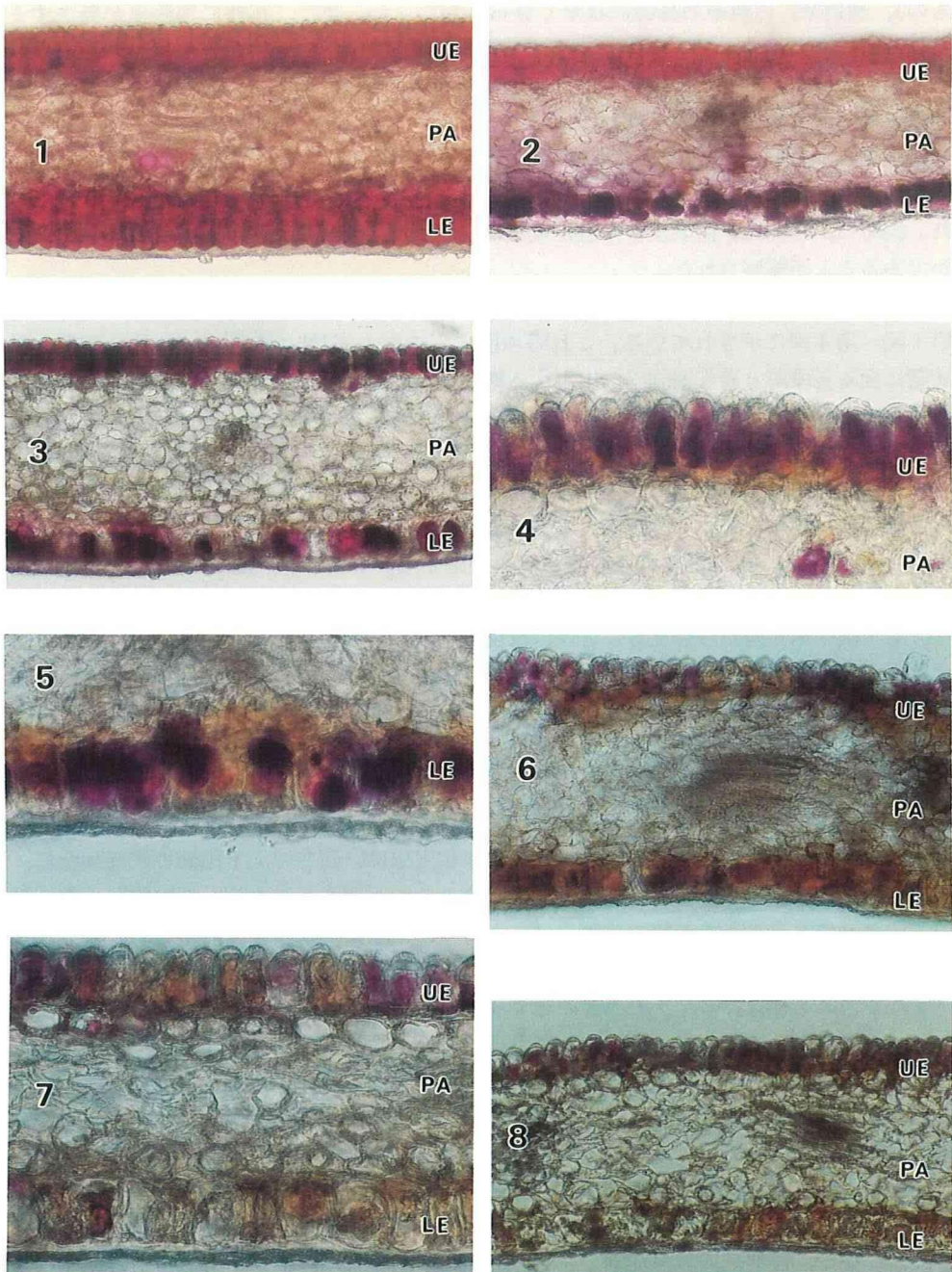


写真1～8 花卉表皮細胞に出現する各色調の構造物

- 1：蕾₂；2：蕾₃；3：蕾₄；4：3分咲（上面表皮）；
 5：3分咲（下面表皮）；6：5分咲；7：8分咲；8：満開
 UE：上面表皮；PA：柔組織；LE：下面表皮
 1, 2, 3, 8：×150；4, 5, 6, 7：×300

もの)、黄色系、白色系の品種には全く見られなかった。また、花卉に褐色化が発生すると同時に、表皮細胞に程度の差はあるが褐色の構造物の出現が必ず伴うことが認められた。さらにまた、花卉の褐色化現象は表皮細胞内にすでに出現している青色の構造物に基づいて発生するものと認められた。

第2表は261株の各開花段階における褐色化の程度を示したものである。これによると、花卉の展開に従って褐色化現象は徐々に発生し、やがて急速に拡大することが認められた。同時に、花卉の下面表皮の褐色化現象は上面表皮より早期に発生し、その拡大も速やかであることが観察された。

261株における開花段階と、表皮細胞に出現する構造物の色調及びその消長との関係は第1図～第4図に示されている。これらの図によると、261株においては、蕾の初期から満開に至る各段階と表皮細胞内に出現する構造物の色調変化の間には一定の関係があることが認められる。すなわち、蕾の初期の表皮細胞に含まれている構造物はほとんどが赤色を呈しているが、その後、下面表皮のものは蕾₂期から、また上面表皮のものは蕾₄期から、この赤色構造物は次第に青色の色調に変わる。ただし、この赤色構造物は、品種によっては青色に変化しないで赤色のままである場合もある。開花がさらに進行すると、下面表皮は蕾₄期から、上面表皮は5分咲程度の段階から、この青色構造物は徐々に褐色の構造物に変わる。写真1～8は、この構造物の色調の変化を示した顕微鏡写真である。結局、第1図～第4図からいえることは、表皮細胞における構造物の発生あるいは変色はいずれも下面表皮が上面表皮より早いものと判断することができる。また、表皮細胞に出現する褐色構造物の生成と発達とは、花卉表面の褐色化現象の発生及び発達と相関しているものと解釈することができる。

考 察

第1表から、赤色系バラ花卉に発生する褐色化現象は、花卉の上下両面の表皮細胞に、褐色の構造物が出現することに主たる原因があることが明らかである。また同じく第1表が示すように、バラ花卉の褐色化現象は主として赤色系品種及び比較的濃色調のピンク系品種に発生することが認められる。AHUJAら(1963)及びYASUDA(1965)によれば、バラの赤色系品種及びピンク系品種の花卉には、主色素としてアントシアニンの一種、シアニンが含まれている。従って、ここに示された結果は、バラ花卉における褐色化現象がフラボノイド代謝中のアントシアニン生合成系と何らかの関係があるのではないかと示唆される。しかし、本報ではこのことについては具体的に扱わなかったため、詳細は今後の研究に待ちたい。

花卉の生切片及び剥離表皮の顕微鏡観察によれば、261株を代表とする褐色化現象の主因である表皮細胞に出現する構造物の形状及びその色調の変化について、次のことが考察される。まず、最初に、表皮細胞に赤色の構造物が出現し、次に、この構造物の赤色は青色に変化する。この時その形状は塊状を示す。花卉の展開に伴ってその青色の構造物は褐色の色調を帯びるに至る。この時その形状はさらに複雑な塊状になる。従って、赤色系花卉及び一部のピンク系花卉の褐色化現象は表皮細胞に出現する赤色の構造物に端を発するものと考えられる。これらの構造物が表皮または表皮細胞内のどの位置に発生す

るか、またこの構造物の化学的成分は何か、等については目下検討中である。

前述したように、261株を例として観察したところによれば、花卉表面の褐色化現象の発現及び表皮細胞における褐色構造物の形成と発達とは、いずれも下面表皮の方が上面表皮より早期に出現し、且つその発達も速やかである。このような上下両面表皮間の差は、開花進行過程中に、両表皮が外圍環境の諸要因の影響を受ける時期の先後及び程度の差異に基因するものと考えられる。すなわち、蕾₁期以前では、萼は全く未開かあるいは半開の状態、花卉の両面表皮は外圍の要因の影響を受けないか、あるいは受けてもごくわずかと考えられる。蕾₁期以後は、萼は完全に開き、花卉は未開ではあるが、その下面表皮は外圍条件に接触することになる。その後、開花が進行するに伴って、花卉の上面表皮が外圍条件に接触する程度が次第に増加する。ここでいう外界の環境には種々の要因をあげることができるが、筆者らはその中で、日光が最も影響力の大きい要因と考えている。この観点から、第2表及び第1図～第4図に示す結果は、花卉の上下両面表皮に当たる日光の増加に従って褐色構造物を含む細胞数が増加し、表面の褐色化の程度が大となったものと解釈することができる。光と褐色化現象との関係については目下検討中である。

以上の考察から、本報では特に次の新知見を強調したい。

- 1 赤色系バラ花卉の褐色化現象の直接的原因となる褐色の構造物は、すでに発生している赤色の構造物が青色を経過して生じるといふ植物細胞組織学的知見。
- 2 この青色及び褐色の構造物の発生・発達には、光（日光）が深く関与しているといふ植物生理学的並びに栽培学的知見。
- 3 褐色化現象が起こらない赤色系品種の作出のためには、この青色構造物を形成させる遺伝的方向性を抑制するか、または抹消する必要があるといふ育種学的知見。

これら本報で得た新知見をさらに詳細に検討するために、以後本題による研究を継続的に遂行する考えである。

摘 要

栽培バラ *Rosa hybrida* Hort.のうち、4系列の花色にまたがる35種類（31品種及び4系統株）の生花卉を用いて、褐色化現象発生の有無を光学顕微鏡により観察した。得られた結果の大略は、下記の通りである。

- 1 花卉の褐色化現象は、赤色系の品種及び一部のピンク系の品種（比較的濃色調のもの）に発生するが、他の色系列（淡色調のピンク系、黄色系、白色系）の各品種には、ほとんど発生しない。
- 2 この褐色化現象は、花卉の上下両面表皮細胞に褐色の構造物が出現することによって起きる。
- 3 この褐色の構造物は、先ず花卉の上下両面表皮細胞に赤色の構造物が形成され、次いでその赤色が青色を経て褐色に変化することによって生ずる。
- 4 光は、この褐色化現象並びに褐色の構造物の形成に、誘引的もしくは促進的に作用するものと考えられる。

謝 辞

本研究を行うに当たり、材料の御提供を頂き、その上種々有益な御助言を賜りました京成バラ園芸株式会社研究所の鈴木省三、平林 浩両先生に、深甚なる謝意を表する。

引 用 文 献

- AHUJA, K. G., CARPENTER, W. J. and MITCHELL, H. L. (1963) Identification of the anthocyanin in petals of rose cultivars Pink Coronet and Happiness, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **82**: 562-565
- BAYER, E. NETHER, K. und EGETER, H. (1960) Natürliche und synthetische Anthocyan Komplexe, III. Synthese der blauen, im Kornblumenfarbstoff enthaltenen Chelate. Chem. Ber. **93**: 2871-2879.
- 土佐 誠・鈴木省三・片岡節男. 1972. 花きの育種における花色の新規性に関する研究. 昭和47年度農林省農林水産業特別試験研究補助事業費による研究報告書: 1-26.
- TAKAKUWA, H. (1960) Anthocyanins in rose flowers. *Kagaku Kyoiku Kenkyushitsu Ronshu, Toyama Univ.* 19-21.
- YASUDA, H. (1965) Studies on the expression of color tone in rose petals, III. The role of anthocyanin in the expression of black tone in the petals of velvety dark red roses. Jour. Fac. Lib. Art. Sci. Shinshu Univ. **15**: 23-30.
- YASUDA, H. (1970) Studies on "bluing effect" in the petals of red rose, I. Some cytochemical observations on epidermal cells having a bluish tinge. Bot. Mag. Tokyo **83**: 233-236.
- YASUDA, H. (1973) Studies on "bluing effect" in the petals of red rose, III. The histochemical detection of iron in the bluing petals of rose. Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ. **8**: 91-94.
- YASUDA, H. (1974) Studies on "bluing effect" in the petals of red rose, II. Observation on the development of the tannin body in the upper epidermal cells of bluing petals. Cytologia **39**: 107-112.
- YASUDA, H. (1976) Studies on "bluing effect" in the petals of red rose, IV. Calcium in the blue spherical body. Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ. **11**: 41-46.
- YASUDA, H. and KIKUCHI, M. (1978) Studies on "bluing effect" in the petals of red rose, V. A survey of the various bluing types. Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ. **13**: 79-86.
- YASUDA, H. (1982) Studies on "bluing effect" in the petals of rose, VI. Further observations on the development of blue color of the spherule. Cytologia **47**: 717-723.

**Studies on the Browning Phenomenon in Red Rose Petals.
I Cytological and Histological Observations of the Fresh Petals
Exhibiting the Browning Phenomenon.**

Yu LAN FU and HITOSHI YASUDA

Department of Biology, Faculty of Science,
Shinshu University

(Received December 27, 1993)

The present paper deals with some microscopic observations of fresh petals of garden roses including thirty one cultivars and four unnamed breeding lines, bearing red, pink, yellow or white flowers. The results obtained are summarized below :

- 1 Brownish phenomenon mainly occurred in petals showing red and deep pinkish colors but hardly in those of other colors.
- 2 This phenomenon is caused by the appearance of brownish structures in both upper and lower epidermal cells.
- 3 These structures, colored red in the initial stage of their formation, turned shortly afterwards blue and finally brown.
- 4 It seems likely that light induces or accelerates both the occurrence of the phenomenon and the formation of the structures.