赤色系キクの色調とアントチアン色素について

寛 三 男・横田 弘 司・山内 弘 毅
(広島農業短期大学)

M. KAKEHI, H. YOKOTA and K. YAMAUCHI: Studies on the color tones and the anthocyanin pigments in red chrysanthemums

Summary

The writers studied on the color tones and anthocyanins contained in red chrysanthemum petals. Results obtained are summarized as follows.

1. It is easy and yet exact to measure the color tones of chrysanthemum petals by the color difference meter. Besides, it is possible to distinguish even the slight color intervals among each varieties of red chrysanthemums.

2. A distinct correlation was observed between the amount of anthocyanin contained in the petals and the L , a and b values which were measured

by the color difference meter. Especially, L was found to be closely correlated with the amount of anthocyanin pigments.

3. In accordance with the decreasing amounts of anthocyanin, the color tones of petals changed from orange to red, red to purple, and the values of color saturation lowered.

4. At least three kinds of anthocyanins were found in each variety and it was presumed that the kinds of anthocyanins contained in 18 varieties under the present experiment might be the same.

I. は し が き

花色の発現とくに色素の形成は、温度、光線、栄養などの外的要因により著しく影響をうけることが知られている^(9,10)。そしてこの花色の変異と外的要因との関係を解明するための花色の表示法として、わが国では U. C. S. (Uniform chromaticity scale) 表色系による測色がトマト⁽¹¹⁾、チューリップ⁽⁵⁾、ブドウ⁽⁸⁾などに試みられた。しかしながらキクの花弁の測色の例はまだ見当たらないようである。本実験は、栽培環境の変異によつて色調変化の著しいキクの赤色系品種を材料として、U. C. S. 表色系による物理的測色を行なつて客観的色調を求めるとともに、花弁中に含まれるアントチアン色素の定性・定量分析を行なつて、2~3 の知見を得たのでここに報告する。

本実験を行なうにあたり、終始ご指導、ご援助をいただいた広島県食品工業試験場研究員前重静彦、前梶健治両氏に深謝の意を表する。

II. 材料および方法

1. 色名について

色差計 (Color difference meter) によつて物理的に求められる花色の数値的表示法と色彩感覚による色名表示法との関連性を知るため、色図 (Color atlas) として日本色彩社の色名表 (改良 Munsell 系色図にほぼ等しい) に照合して、供試材料の花弁色に色名を定めた。

1965 年 4 月 5 日受理

2. 測色方法

日本電色工業 K・K. 製色差計 ND-IV 型を使用して、同一条件下に栽培した切花用赤色系キク (*Chrysanthemum morifolium*) 18 品種の花弁色を測定した。その際標準板は白色標準板 ($L=91.3$, $a=0$, $b=4.2$) を、集光孔は直径 5mm のものを用いた。色差計の示す単位 L は明度 (Lightness) を示し、白が 100、黒が 0 で数値の大きいほど色が明るいことを示す。 L , a , b は直角座標で、 a は (+) 側で数値の大きいほど赤色の度合いが大きく、(-) 側では緑色の度合いを示し、 b は (+) 側では黄色の度合い、(-) 側では青色の度合いを示すものである^(6,7)。最終的に計算上求められる色差 ΔE は、色の三属性 (明度、彩度、色相) における総合された試料間の色違いを示すものであつて、単位としては N. B. S. (National Bureau of Standards) があり、次式によつて求められる^(6,4)。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

3. アントチアンの定性

キクの花弁中の赤色を表わす色素が、フラボノイド系に属するかカロチノイド系に属するかを知るための定性試験を下記林⁽¹⁾の方法によつて行なつた。

(a) 有機溶媒による溶解性

朱王、宝姫、八千代の赤色系の 3 品種を用いて有機溶媒による溶解性を検定した。すなわち、アントチアンは水、アルコール類に可溶であり、エーテル、クロロホル

ムに不溶である。この溶解性はカロチノイドでは逆である。

(b) 呈色反応

(i) アントチアン色素 1% メタノール性塩酸抽出液を 0.1 N の水酸化ナトリウムでじよじよに中和すれば、アントチアンは酸性側で赤色、中性付近で紫色、アルカリ側で青色から緑色の呈色反応を示す。

(ii) フラボン色素 花卉をフラスコに入れて数滴のアンモニア水を加えると、フラボンが存在すれば花卉は黄色を呈する。

(iii) カロチノイド色素 試料 5g を乳鉢にとり、約 10g の石英砂と約 50ml のエーテルを加えて、よく磨砕してカロチノイドを抽出する。抽出液の少量を試験管にとり、濃硫酸 0.5~1.0ml を器壁に沿って静かに流下せしめると、カロチノイドは暗青色から青紫色を呈する。これに水を加えると青色は消えて汚緑色になる。

4. ペーパークロマトグラフィーによるアントチアンの定性

結晶標品の入手困難のため、林⁽²⁾が標品を用いて行なったと同条件下にペーパークロマトグラフィーを試みた。まず、新鮮花卉約 10g にメタノール性塩酸 40~50 ml を加えて一夜冷浸の後、赤色の抽出液に約 3 倍容の純エーテルを混和してしばらく放置すれば、色素はシロップ状にちんで分離する。これを再び少量の 1% メタノール性塩酸にとかして展開用の試料とした⁽⁴⁾。

前記試料を、東洋ろ紙 No. 50 (2×40cm) に添着して 1~2 日間じゆうぶんに風乾したのち、Bu・A(ブタノール酢酸-水 4:1:5)、EtAc・A(酢酸エチル-酢酸-水 4:1:2) の 2 種類の溶剤を用いて、上昇法によつて展開を試み各色帯の Rf 値を測定した。(予備実験の結果前記 2 種類の溶剤がもつとも適当であることを認めた)。

5. 光電比色法によるアントチアンの定量

前記林の方法にしたがつて抽出したアントチアン抽出液の自記分光光度計による吸収スペクトルは、第 1 図のように 530m μ 付近に極大吸収波長を示した。したがつて、新鮮花卉 5g を石英砂 10g とともに乳鉢中で磨砕して 1% メタノール性塩酸 150ml を用いて完全抽出した。その抽出液をガラスウールでろ過し、ついで遠心分離 (4,000rpm. 15min.) し石英砂の影響を除いたのち、測定可能な濃度まで抽出液を希釈して 530m μ のフィルターを用い、その透過百分率 (Percent transmittance) を求めた、すなわち、この値は花卉一定生体重より抽出したアントチアンの濃度を 1% メタノール性塩酸液を標準として比数で示したものである。

なお、遠心分離の際の抽出液の減量分は 1% メタノール

第 1 図 1% メタノール性塩酸抽出液の吸収スペクトル
ル性塩酸で補充して測定した。

III. 実験結果および考察

1. 花卉中の色素の定性

第 1 表に示すように、供試 3 品種とも有機溶媒による溶解性ならびに呈色反応からキクの赤色系品種の含有する色素は、フラボノイド系色素によるものであつて、カロチノイド系色素は含有されていないものと推定された。

2. ペーパークロマトグラフィーによるアントチアンの定性

林⁽³⁾の報告にあるように、キクの赤色系品種の花卉中に Chrysanthemin の存在することは古くから認められているが、本実験においても供試 18 品種のすべてについて、3 種類のアントチアンを検出分離することができた。筆者らは 1% メタノール性塩酸抽出濃縮液について、ペーパークロマトグラフィーを行なつて、第 2 表に示すような Rf 値を得た。すなわち、ブタノール酢酸系溶剤による展開の結果、供試品種のすべてについて 3 種類のアントチアンを検出分離し得た。この 3 種類のアントチアンについて、Rf 値のほか、スポットの色調、大きさなどを詳細に検討した結果、供試した 18 品種は類似性をもつた 5 つのグループに分けることができた。これら 5 つのグループから代表として紅狸々、朱王、天恵、大成の里、新乙女椿の 5 品種を選んで、さらに、EtAc・A 溶剤による展開を同一試料について 3 回反覆

第 1 表 有機溶媒溶解性と呈色反応

有機溶媒溶解性				呈 色 反 応		
水	アルコ ール	エー テル	クロロ ホルム	アントチ アン反応	フラボ ン反応	カロチノ イド反応
+	+	-	-	+	+	-

(註) +, - は溶解性, 呈色反応の有無を示す

第2表 品種別キクのアントチアンの Rf 値

Bu・A (n-ブタノール酢酸-水 4:1:5)				EtAc・A (酢酸エチル-酢酸-水 4:1:2)			
品 種	Spot A	Spot B	Spot C	品 種	Spot A	Spot B	Spot C
紅 猩 猩	0.32	0.39	0.44	紅 猩 猩	0.06	0.16	0.27
笑 女 王	0.32	0.40	0.45		0.05	0.14	0.24
					0.05	0.15	0.27
朱 王	0.34	0.42	0.46	朱 王	0.06	0.14	0.24
朱 光	0.34	0.40	0.44		0.06	0.14	0.22
吉 野 小 町	0.34	0.41	0.46		0.06	0.16	0.28
琴 姫	0.32	0.38	0.45	天 恵	0.05	0.15	0.27
笑 天	0.34	0.40	0.45		0.06	0.16	0.24
	0.32	0.38	0.43		0.06	0.17	0.30
宝 姫	0.33	0.38	0.44	大 成 の 里	0.05	0.14	0.23
大 成 の 里	0.32	0.37	0.43		0.06	0.14	0.24
新 花 5132	0.33	0.37	0.43		0.06	0.16	0.29
信 濃 乙 女	0.32	0.38	0.44	新 乙 女 椿	0.06	0.13	0.23
桃 丹 頂	0.31	0.35	0.40		0.06	0.15	0.25
友 待 桜	0.30	0.36	0.42		0.06	0.16	0.29
朝 夢	0.30	0.36	0.41	* Rf (林)	0.06	0.15	0.22
乙 女 姿	0.31	0.36	0.42				
新 乙 女 椿	0.31	0.36	0.42				
時 友 ピンク	0.31	0.35	0.40				
* Rf (林)	0.31	0.41	0.44				

* 林は Spot A は Malvin. B は Chrysanthemin. C は Ensation と同定している。

した。この溶剤による展開結果も Bu・A 溶剤と同様各品種とも3種類のアントチアンが検出分離された。Rf 値はわずかの条件のちがいによつて変動する場合のあることが認められているので⁽²⁾、得られた Rf 値の同定には純品の Rf 値と比較するのがもっともよい方法であるが、純品が得られにくいので今回は林と同一条件で実験を行ない同氏の Rf 値と比較検討した。その結果第2表に示すように赤色系キクの花弁色の発現には少くとも

3種類のアントチアンが関係しており、しかも各品種の含有するアントチアン色素は同一種類のものではないかと推定され、得られた Rf 値が林の得た Malvin, Chrysanthemin, Ensatin の Rf 値とほぼ一致するように思われる。(Spot C はフレが少しあるので林の Ensatin の Rf 値とはやや一致しない)

しかしこの推論をさらに確認するためには、アグリコン、糖および有機酸結合を検討するのも一方法と思われるので今後この方法で実験を進め同定したいと思う。

3. 色差計による測色結果と花卉中のアントチアン含量

供試 18 品種を 1% メタノール性塩酸による花卉抽出液の透

過百分率の小さい順、すなわちアントチアン含量の多い順に配列し、その色名、色差計による測定値計算上求められる最終的な色差 ΔE を第3表に示した。

色図に照合して命名した色名はおおむねアントチアン含量の多い順にえんじ色、べに色、ぼたん色、こうばい色、ライラック、もも色、紫味ピンクの配列となつた。この配列順位は、一般に言われている赤味の濃い順位であつて、この赤味の濃淡はアントチアン含量の多少を表現し

ていることになる。色差計の示す L 値すなわち明度とアントチアン含量との間には 1% レベルにおいて相関関係が成立するが、その相関性の高いことから L の値をもつてアントチアン含量をある程度類推することも可能であると考えられる。a, b の値とアントチアン含量との間にもそれぞれ 5% レベルにおいて相関関係が成立したが、1% レベルでは認められなかつた。この a, b の品種間推移を HUNTER 色度図にあてはめると、第3図のようにアントチアン含量の多い品種から少ない品

第2図 色調とアントチアン含量との相関関係

第3表 色差計による測色結果とアントチアン含量

品 種	色 名	色 名 略記号	アント チアン 含量 (T%)	色 調			色 差 (N. B. S.)
				L	a	b	
1. 紅 猩 猩	えんじ色	Dc	18.8	29.1	19.6	(+) 8.0	
2. 朱 王	べに色	Rc	19.5	27.6	13.6	(+) 6.5	6.4
3. 朱 光	"	"	36.3	28.7	13.6	(+) 8.5	6.3
4. 吉野小町	ばたん色	M	39.5	29.3	21.7	(-) 2.1	10.3
5. 琴 姫	"	"	41.7	33.9	23.3	(-) 2.5	12.0
6. 笑 女 王	"	"	48.6	39.8	18.9	(-) 3.8	16.3
7. 天 恵	こうばい色	C	52.8	40.1	19.5	(-) 3.1	15.6
8. 宝 姫	"	"	60.8	43.3	18.6	(-) 6.8	20.5
9. 大成の里	ライラック	L	71.3	49.7	13.7	(-) 5.8	24.8
10. 新花 5132	もも色	Rp	72.9	56.1	8.8	(-) 4.3	30.2
11. 時友ピンク	"	"	81.0	59.7	16.8	(-) 7.1	32.4
12. 新乙女椿	ライラック	L	83.5	47.7	11.0	(-) 8.7	24.1
13. 乙 女 姿	紫味ピンク	Op	84.0	54.9	17.9	(-) 5.8	27.1
14. 笑 恵	もも色	Rp	88.9	43.7	16.7	(-) 7.5	21.3
15. 朝 夢	紫味ピンク	Op	89.7	59.9	16.7	(-) 8.1	34.7
16. 信濃乙女	"	"	91.2	54.0	14.3	(-) 4.0	28.1
17. 友 待 桜	"	"	94.4	72.5	10.1	(+) 2.9	44.7
18. 桃 丹 頂	"	"	94.8	67.9	3.0	(+) 2.5	42.5

も多い品種である紅猩々を基準として、 L, a, b の値から計算上導き出される色差 ΔE は、6~44.7 N. B. S. の範囲にあつて、よく品種間の微妙な色調し

差を識別することができた。

花色の発現は、色素の種類、含有量、その他の化学的要素⁽⁴⁾や花卉の表皮細胞の形態的差異⁽¹⁰⁾による光の反射、屈折などの物理的要素が関係しているためひじょうに複雑であつて、千変万化する花卉の色調をアントチアン含量のみによつてよく説明しうるものではない。

しかしながら、アントチアン含量と色差計によつて求められる客観的色調との間に高い相関関係のあることと、色差計の示

す L, a, b の値がわれわれの視感とよく一致し、短時間に、容易かつ精確に品種間の接近した微妙な色調を区別し得ることから、この種の試験研究への応用範囲が広まるものと期待される。

IV. 摘 要

色差計を用いて赤色系キクの花卉色を測定するとともに、含有アントチアンの定性、定量分析を行なつて、次のような結果を得た。

1. 色差計による測色は容易かつ精確に測定することができ、しかも微妙な接近した色調を識別することが可能であつた。
2. アントチアン含量と L, a, b との間にはそれぞれの相関関係が認められた。とくに、 L との間には高い相関関係が示された。
3. アントチアン含量の多い品種から少ない品種へ Orange→Red→Purple と色相は変化し、彩度も減少する傾向が認められたが、極端にアントチアン含量の少ない品種では例外を示した。
4. 供試 18 品種の赤色系キクの花卉中に含まれるアントチアンは、少くとも 3 種類あり、しかも、これらのアントチアンはいずれの品種においても同一のものではないかと推定された。

引 用 文 献

1. 林 孝三. 1954. 植物色素実験法. 中山書店.
2. 林 孝三・阿部幸顕. 1952. アントチアン色素のペーパークロマトグラフィーおよび天然色素への応用について. 資源研彙報. 28: 1~11.

第3図 Hunter 色度図における a, b の品種間推移

種へと Orange→Red→Purple と色相は変化し、彩度は減少する傾向が認められた。なお大半の品種が Purple の色相範囲内にあつて、極端にアントチアン含量の多い品種あるいは少ない品種が Orange→Red の色相範囲内にあることは、よく視感と一致した。キクの花弁中にフラボノ系色素を含有することは、その呈色反応ならびに 1%メタノール性塩酸抽出液の吸収スペクトルの紫外部に吸収の増加のみられることから明らかである。(第1図には可視部以外は省略している)。

したがつて、キクの花色を論じてゆく上においてアントチアン色素のほかには花弁中に共存するフラボノ系色素の Co-pigment としての影響についても考慮すべきものであるが、この実験においてはアントチアン系色素のみに限定して考察を試みた。アントチアン含量のもつと

3. 林 孝三. 1937. 暗赤色菊色素の単離について. 植物学雑誌. 51: 168~172.
4. ———. 1951. 天然アントシアニンと花の色. 科学. 21 (8): 400~404.
5. 樋浦 巖. 1962. 花卉色の色素表現方法に関する研究. 園芸学会中四国支部会発表要旨. 10.
6. HUNTER, R. S. 1958. Photoelectric Color Difference Meter. J. Opt. Soc. Amer. 48: 985~995.
7. 日本電色工業 K. K. 色に関する事柄. 5~10.
8. 内藤隆次. 1964. ブドウ果実の着色に関する研究 (第5報). 園学誌. 33(3): 33~40.
9. 斎藤 清. 1963. 生物学的にみた花色の発現と変化について. 新花卉. 40: 38~45.
10. 志佐 誠・高野泰吉. 1964. パラの花色発現に及ぼす温度ならびに光の影響. 園学誌. 33 (2): 48~54.
11. 高橋和彦他. 1964. 罐詰トマトジュースの色調. 食品工誌. 11(2): 19~25.

抄 録

ジベレリンによるポインセチアの開花抑制

ポインセチアの花および苞の形成は、短日で誘起される。短日植物の中で、多年性の *Fragaria* spp. や *Kalanchoe blossfeldiana* はジベレリンで開花が抑制されるが、一年性の *Perilla nankinensis*, *Nicotiana* spp. *Xanthium pennsylvanicum*, *Chenopodium amaranticolor* の開花誘起はジベレリンによつて影響されない。またイチゴは、開花誘起中の低温で開花誘起が促進される短日一年性植物とは異なっている。ポインセチアもイチゴと同様の反応をするので、ポインセチアの開花に対するジベレリンの効果を調べるのは興味深いことである。

1月1日に長日から短日に移したポインセチアに 20, 10 および 5 ppm のジベレリンを週 2 回散布した。5 回散布後、各々濃度を半分にしてさらに 8 回散布し、その後長日にもどした。この時までには、無散布区では着色した苞が形成され、4 月初めに満開になつたが、20 ppm 散布区では、夏の終りまで開花せず、その際も、2, 3 の花序と貧弱な色の苞が形成されたにすぎない。

また、10月25日から、40, 20, 10, 5 および 2.5 ppm

ジベレリンを毎週散布し、11月23日に長日にもどしたところ、無散布区と 10 ppm 以下の区では2月の終りまでに満開になつた。しかし、発達した花序の数は無散布区の 18.5 に対し、5.3 に減少した。40 ppm 散布区では5月の中頃まで開花にいたらなかつた。

花序の発達を遅くすることは、部分的な誘起、すなわち、植物を 1 ないし 2 週間だけ短日におくことによつて得られる。しかし、部分的に誘起された植物と、ジベレリンによつて遅らされた植物は、外見上似ているが、これは茎の伸長というジベレリンの側面的効果から区別がつく。

完全な抑制は、植物を短日におくまえに、植物体内のジベレリンのレベルを高めることによつて得られる。

(西尾敏彦)

GUTTRIDGE, C. G. 1963. Inhibition of flowering in poinsettia by gibberellic acid. Nature 197(4870): 920—921.