

朝顔の開花機構に関する研究

(第1報) 開花と滲透圧との関係

安田 勲・安井 公一

Studies on the Mechanism of Blooming of Morning Glory.

I. Relation Between Blooming and Osmotic Pressure.

Isao YASUDA and Koichi YASUI

We have repeatedly that if the artificial light more than 60 watts was lighted on the buds of Morning Glory (Scarlet O'hara) on previous night, the buds could not blossom.

To investigate physiologically the non-blossoming phenomenon, various experiments were carried out in the summers of 1965-1966.

Those are (1) Measurement of osmotic pressure of juice pressed out of the buds (by cryoscopy method), (2) Measurement of osmotic pressure in the hypodermal cells of epiderms by the method of plasmolysis, (3) Measurement of the quantity of the reducing sugar in juice pressed out of the buds, (4) Changes of crude and dry weights of the buds and flowers, and (5) Changes of epidermal cell size at the time of flowering. The results gained are as follows.

(1) In the experiments of cryoscopy, the value of the osmotic pressure has come down either in the control or in the lighted section as the buds ripened, but the value of the lighted section has become larger than that of the control after 3 a. m.

(2) The value of osmotic pressure in the hypodermal cells of the epidermis by plasmolysis was larger inside the flower than outside in the control section both in 1965 and 1966. But, in the lighted section, though the value of osmotic pressure was larger inside the flower than outside, after 1-3 a. m., the value of inside is similar to outside.

(3) The quantity of the reducing sugar decreased as the flowering advanced in the control, but in the lighted section, the change of the quantity was not seen through the night.

(4) Both the length and width of epidermal cells became larger as the blooming in the control section approached, but the length and width became smaller and finally they stopped growing on the way.

(5) As the buds ripened the crude and dry weights and water quantity of buds became larger both in the lighted and control sections. But the crude weight in the control was larger and the dry weight in the control was smaller than in the lighted section when the blooming came nearly to an end.

緒 言

朝顔の開花前夜の蕾に60W以上の電照を終夜加えたり、2,4-Dのような生長物質の溶液をスプレーすると不開花を生ずることはたびたび報告^{1),2)}したが、今回はこの不開花となる現象を生理学的にしらべるため、次にのべる氷点降下法や原形質分離法、または還元糖や生体重の変化などを元として1965~1966年に若干の実験を行なったので、その概要を報告する。

I. 実験の計画

材料は従来から実験材料として用いてきた赤花大輪咲のScarlet O'haraで、5月上旬戸外の実験圃で栽培したものである。電照の場合は、朝顔畑の中央に長い竿を立て、これにコードを吊して3.3m²あたり100Wの白熱灯1個を配し、電源から朝顔の最上部までの距離を50cmに保たせ、終夜照明とした。実験方法の主なもの、花卉内の浸透圧測定で、そのため8月上旬の盛花期のうちから1~2日をえらび、開花前夜の午後5~7時から翌朝の午前7時ごろまで数時間おきに材料を採集し、次のような計画に従って実験を行なった。

II. 実験の方法

(1) 蕾搾汁の氷点降下法による浸透圧の測定

電照下で栽培したものおよび自然栽培のものともに、開花前日の午後7時から翌朝7時まで2時間おきに7回蕾を採取、直ちに3cm径の試験管中に密閉し、100°Cの熱湯で細胞を殺したものを取りだしてガーゼで濾過した。これを遠心分離器にかけて清澄にしたもの5ccについてベックマン寒暖計を用い、氷点降下を測定した。実験日は1965年の8月10~11日で、1回の材料は30花、実験の進行は坂村徹博士の浸透圧間接測定法³⁾(氷点降下法)によった。

(2) 原形質分離法による表皮下細胞の浸透圧測定

分離液としてNaCl 9とCaCl₂ 1の割合に混合したものをを用い、0.16モルより0.36モルまでの各溶液を作ってその中に花卉の中肋細胞のつけねから1/3上の部分を2ミリ角だけ切りとった(第1図)ものを浸漬した。実験時刻は前夜7時から翌朝7時まで2時間おきである。20分後、材料を取りだして顕微鏡下で観察、いちじるしく分離したものを+++、わずかに分離したものを+、分離しなかったものを-として記入した。実験日は1965年の8月17日で、実験方は坂村博士によった。

(3) 蕾搾汁中の還元糖量の測定

材料の蕾を前夜午後7時から3時間おき、翌朝7時まで5回、1回に30花をとって熱湯で処理し、遠心分離器にかけて5ccづつの汁を採取した。各時刻ごとにBertrand法⁴⁾(北大理学部植物生理学実習による)により、100cc中の糖をグルコースとして算出した。実験日は、1966年の8月24~25日である。

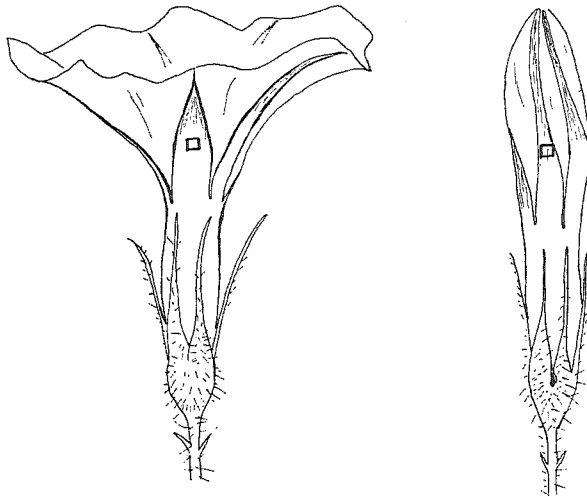
(4) 開花に伴う表皮下細胞の大きさ測定

1966年の8月1日、午後5時から翌朝の8時まで、3時間おきに3花を用い、1花平均10個所の細胞を顕微鏡下で観察、内側と外側の細胞の長さとしを測定した。

(5) 蕾および花の生体重、乾物重の測定

材料の関係で前夜から翌朝までの区分実験はできなかったので、午後7時の蕾の生体重と乾

第1図 原形復分離または細胞の大きさ測定に用いた花の部分
□印



物重、翌朝開花したものの生体重と乾物重を自然開花区と電照区とに分けて測定した。実験日は、1966年の8月26～27日、8月31日～9月6日で、1回の秤量は5花、5回のくりかえしである。

III. 実験結果

(1) 氷点降下法による浸透圧の測定

氷点降下による浸透圧の算出法は、水溶液の1g分子非電解質の氷点降下が 1.86°C で、 0°C における1g分子の水溶液はいずれも22.4気圧の浸透圧を示すところから、氷点降下 1°C は $\frac{22.4}{1.86}=12.04$ 気圧に相当するものとした。これによって実験を行なった結果を第1表に示した。

第1表の結果をみると、自然開花区の浸透圧は、はじめ（前夜）はかなり高かったものが開花時（早朝）にはその半分ぐらいに下がっているのに、電照不開花区（以下電照区と記す）の浸透圧は初めと終りとであまり大きい差を示さなかった。換言すれば、電照により不開花になったものは、いつまでも蕾に近い状態で終わったことになった。このことは、筆者らが第4報⁵⁾の

第1表 氷点降下法による朝顔の花の浸透圧

実験時刻	自然開花区		電照不開花区	
	氷点降下	浸透圧	氷点降下	浸透圧
午後7時	-1.035°C	13.37 ^{気圧}	-0.920°C	11.89 ^{気圧}
9	-0.845	10.92	-0.790	10.21
11	-0.745	9.63	-0.770	9.95
午前1	-0.770	9.95	-0.700	9.04
3	-0.670	8.66	-0.680	8.79
5	-0.610	7.88	-0.670	8.66
7	-0.580	7.49	-0.650	8.40

花中の可溶性固形物質の消長について試験した際、不開花（電照区）の場合のほうが、開花（自然区）に比し、固形物質の残存が多かった結果と似ている。

(2) 原形質分離法による表皮下細胞の浸透圧

朝顔の花が開花するのは、花弁の内側の細胞浸透圧が外側より大きくなるからである。してみると、電照により花が開かないのは内側と外側の浸透圧に変化がないからではないかと想像される。そこで、朝顔のまだ開花しない蕾のときから開花に至る種々の時刻をえらび、内側の表皮の下の細胞と外側の細胞の浸透圧を別々に測定し、両者の値を比較することによってその裏付を求めようとした。その結果を示したのが第2～3表である。

第2表 原形質分離法による朝顔の表皮下細胞浸透圧 (その一)

1. 自然開花区 (内側) 数字の単位はモル

試験日	時刻	濃度										
		0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16
8月17日	午後 7時	+	-	-								
	9	卅	卅	-	-	-						
	11			卅	+	+	-	-				
18日	午前 1				+	+	+	-	-			
	3					+	+	-	-			
	5					+	+	+	-	-		
	7								+	+	-	-

2. 自然開花区 (外側) 数字は同上

試験日	時刻	濃度										
		0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16
8月17日	午後 7時			卅	卅	-	-	-				
	9			卅	+	+	-	-				
	11				卅	+	+	-	-			
18日	午前 1							+	+	-	-	
	3							+	+	-	-	
	5								+	+	+	-
	7								+	+	-	-

註：卅…いちじるしく分離したもの、+…わずかに分離したもの、-…全く分離しなかったもの。
以下同じ

第3表 原形質分離法による朝顔の表皮下細胞浸透圧 (その二)

3. 電照不開花区 (内側)

実験日	時刻	濃度								
		0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
8月17日	午後 7時	+	-	-						
	9	卅	+	-	-					
	11		+	+	-	-				
18日	午前 1						+	+	-	-
	3						+	+	-	-
	5						+	+	-	-
	7						+	+	-	-

4. 電照不開花区（外側）

実験日	時刻	濃度								
		0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
8月17日	午後 7時			+	+	-	-			
	9			+	+	-	-			
	11			+	+	-	-			
18日	午前 1					+	+	+	-	
	3					+	+	-	-	
	5					+	+	-	-	
	7					+	+	-	-	

以上のモル測定結果を気圧に換算して内外両側の浸透圧を示したものが第4表であり、人工的に原形質分離をおこさせた状態の写真が第2図である。これによると、自然開花区においても、電照不開花区においても内側細胞の浸透圧は外側より初めから高い。そして、自然開花区では外側細胞の浸透圧が時間の経過とともにどんどん低下するのに対し、電照区ではあまり変わらず、午前の1～3時には内側と外側の浸透圧はほとんど等しくなった。それゆえ、自然区では内側の浸透圧がつよくて花弁を外側にひろげ、花を咲かせるようになるが、電照区では蕾または半開のままに止まり完開するに至らなくなったと判断される。いずれの場合も、午前7時の開花最盛時には内外の浸透圧は等しくなり、それ以上時間が経過すると花弁は凋れてしまう。この機構に関しては田村⁶⁾氏が南瓜で実験したものと同一結果と言える。

第4表 実験時刻と細胞浸透圧との関係

自然開花区						電照不開花区							
実験日	時刻	内側細胞浸透圧		外側細胞浸透圧		差	実験日	時刻	内側細胞浸透圧		外側細胞浸透圧		差
		モル	気圧	モル	気圧				モル	気圧	モル	気圧	
8月17日	午後 7時	0.35	17.8	0.29	14.3	3.5	8月17日	午後 7時	0.35	17.8	0.29	14.3	3.5
	9	0.33	16.7	0.27	13.0	3.7		9	0.33	16.7	0.29	14.3	2.4
	11	0.27	13.0	0.25	12.1	0.9		11	0.31	15.3	0.29	14.3	1.0
18日	午前 1	0.25	12.1	0.21	9.6	2.5	18日	午前 1	0.25	12.1	0.23	11.1	1.0
	3	0.25	12.1	0.21	9.6	2.5		3	0.25	12.1	0.25	12.1	0
	5	0.23	11.1	0.17	7.8	3.3		5	0.25	12.1	0.25	12.1	0
	7	0.19	9.0	0.19	9.0	0		7	0.25	12.1	0.25	12.1	0

(3) 蕾搾汁中の還元糖量

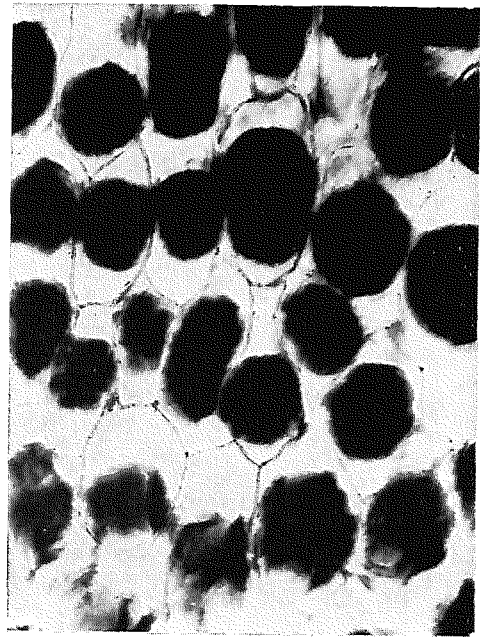
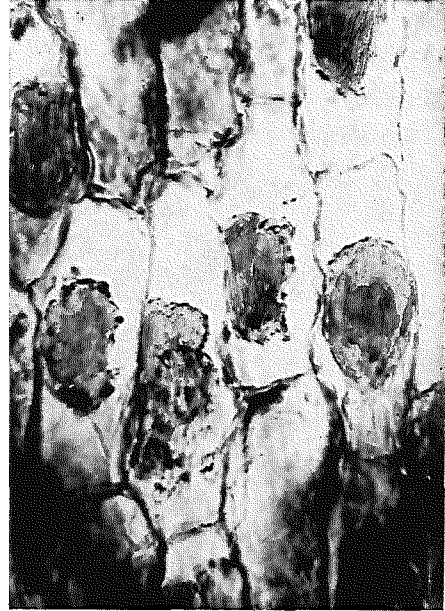
朝顔の花が自然に咲いた場合と電照で開花を抑制した場合の蕾中の還元糖はどういうふうに変化するだろうか。その実験結果が第5表に示したものである。

第5表の結果より判断すると、初めは同じ分量であった還元糖量が、蕾の膨らむにつれて自然開花区ではかなり減少するが、

電照区では前夜から朝の開花時刻まで多少の上り下りをみせても、ほとんど差が見られなかった。このことは、正常に花が咲く場合は、還元糖をかなり消費するのに、電照で不開花となっ

第5表 蕾汁中の還元糖量の変化

実験日時	自然開光区	電照不開花区
8月24日午後7時	2.99%	2.99%
10	2.84	2.92
25日 1	2.84	2.99
4	2.36	2.92
7	2.15	2.96



第2図 分離を人工的におこさせた状態

(花卉の中肋表皮下細胞を午前8時に撮影, 200倍)

- | | | | |
|----|-------|---|-----------|
| 左上 | 外側の細胞 | } | 分離以前の状態 |
| 左下 | 内側の細胞 | | |
| 右上 | 外側の細胞 | } | 分離をおこした状態 |
| 右下 | 内側の細胞 | | |

た蕾では一夜を経ても還元糖をほとんど消費せず、前夜の蕾のまま残っているものと思われ、細胞浸透圧の関係と似ている。

(4) 開花に伴う表皮下細胞の大きさ

電照下において朝顔の花が不開花になる原因の一つには表皮下細胞の萎縮か縮小があるのではないかと考え、この場合も、内側と外側の細胞を別々にして戸外での自然開花のものと、電照下のものを時間を追ってしらべてみた。測定したのは細胞の長さとしであるが、測定部位は、花弁の中肋（色素のうすい部分）の中程約1cm角の部分である（第1図参照）。

第6表 表皮下細胞の大きさの変化（単位ミクロン）

条件 細胞の大きさ 実験時刻	開花可能条件（戸外）				開花不可能条件（電照）			
	内側細胞		外側細胞		内側細胞		外側細胞	
	長さ	巾	長さ	巾	長さ	巾	長さ	巾
后 5時	43.0	24.0	58.7	21.0	43.0	24.0	58.7	21.0
8	50.0	24.5	63.4	23.4	45.0	24.0	63.0	21.0
11	57.2	29.4	71.8	23.4	55.1	28.0	72.3	22.0
午前 2時	66.7	31.3	78.5	24.7	56.7	28.0	72.7	22.3
5	74.6	34.2	84.6	24.8	73.6	32.0	75.4	23.0
8	86.1	34.5	87.8	25.5	73.7	32.0	79.4	23.0
差	+43.1	+10.5	+29.1	+4.5	+30.7	+8.0	+20.7	+2.0

第6表に示したように前夜蕾に電照した場合は、自然条件の戸外植のものに比べ、内外の細胞の長さ、巾ともに小さくなっている。したがって前夜の5時から翌朝開花中の8時までの間に生長した細胞の大きさの差は、戸外区のほうが電照区より大きい。つまり、電照によって表皮下細胞の生長はかなりの制限を受けていることがわかる。

(5) 蕾および花の生体重と乾物重

この場合の調査も、いままで実験してきた結果と大体似たような傾向を示すのではないかと考え、前夜の蕾の時から翌朝開花するまで時間ごとに行なうつもりであった。ところが、8月も終りに近づくと、朝顔の草勢が弱り、実験に必要な十分な材料を求めがなくなったので、時刻を午後7時と翌朝7時の2回だけとした。生体重量の秤量では萼を除いた花だけと、乾燥重量も同じく萼を除去したものを110°Cの乾燥器に入れて恒量となるまで待った。その結果を示したのが第7表で、開花前夜の蕾から開花に至るまでは生体重はかなり増加し、水分も多くなくなったが、電照したものの生体重の増加は自然開花したものに較べるとやや低くなり、水分の減少も同じ傾向を示していた。ところが、乾物重のほうは、蕾から開花に至る場合は生体重と

第7表 蕾の生体重および乾物重（1花当り）の変化

花の状態	生体重	含量水分	乾物重	実験月日
前日の蕾（午前7時）	0.4376 g	90.01%	0.04368 g	8.26, 9.6
自然開花（午前7～8時）	0.8171	94.56	0.04437	8.27, 8.31, 9.2
電照不開（午前7～8時）	0.7004	93.01	0.04589	8.27, 9.1, 9.3

同じ傾向であるのに、電照した花の乾物重の増加は自然開花の場合よりもむしろ大きくなっていった。これは、電照区が自然区より生体重中の水分が少なかった事実により証明せられると思う。

IV. 考 察

まず、氷点降下の実験についてであるが、自然開花区（以下対照区と呼ぶ）と電照区の午後7時において、最初から滲透圧にかなりの差がある（第1表）のは、1回分の実験材料30花を集めるとき、2回（2日）に分けたので、材料および気象上の差異が影響したのかもしれない。しかし、開花時の翌日午前7時ごろの値をみると、対照区が電照区より滲透圧が低かったことは、別の実験の蕾汁中の還元糖量の変化の場合（第5表）と同じ傾向を示している。これらの現象は朝顔の花が咲くときに、対照区では午前3時ごろの未開花の状態が電照区では午前5～7時の開花直前までつづき、結局は不開花になることを示している。還元糖量が電照区で多く残されるのも開花に必要な還元糖を十分は費消しえなかったものと考えられる。

つぎに、朝顔の一夜中の開花進行時刻に伴う細胞滲透圧を花卉の中肋の内側細胞と外側細胞とに分けて別個に観察してみると、対照区においては内側のほうが外側よりも初めから高く、その差が午前5時ごろまで続いたため、花卉は外に開かれるが、電照区では、午前3時ごろにいたって内側細胞の滲透圧＝外側細胞の滲透圧となり、そのまま不開となって午前7時までつづいていた（第4表参照）。

蕾から開花にいたるまでの花中の生体重と乾物重の変化について観察してみると、生体重は電照区がわずかながら対照区より減っているのに、乾物重のほうは逆に電照区がやや増加している。このことは、生体重の場合は水のみかたが加わっているのに、乾物重ではその分だけ影響を失なったものと考えられる。そして事実、含有水分の量も対照区は電照区にくらべやや多目になっている。電照を加えると、水分および生体重が減少するのは、一般には正常に花が開いて根から水分を吸い上げるのに対し、電照区は不開花であるため水分を吸い上げる能力がよわいためであると解される。開花に伴う蕾の中肋の表皮細胞の大きさは、長さも巾も対照区にくらべ電照区は内側、外側とも小さかった。このことは、電照によって細胞内の細胞質の膨圧が減少されたためであろうと考えられる。しかし、このことと、内側、外側細胞の滲透圧が対照区と電照区において異なった現象を生ずる（第4表）こととの関係は明かでない。

V. 摘 要

著者等は朝顔（スカーレットオハラ）の蕾に前夜電照（60ワット以上）を加えると花が咲かなくなることをしばしば報告した。

この不開花になる現象を生理学的に究明するため、1965年から1966年にかけていろいろな実験を試みてみた。それらの実験というのは、(1) 蕾の汁搾の氷点降下法による、滲透圧の測定、(2) 原形質分離法による表皮細胞の滲透圧の測定、(3) 蕾の搾汁中の還元糖量の変化の測定、(4) 開花に伴う表皮細胞の大きさの変化の検査及び(5) 蕾や花の生体重及び乾物重の変化の測定などであった。実験の結果は次のようであった。

(1) 氷点降下法においては、電照をしたものも、しなかった区も滲透圧は蕾の發育に伴って低下するが、午前3時以後からは電照区の滲透圧が標準区より高い値を示していた。

(2) 表皮細胞における原形質分離法による滲透圧の値は、標準区の場合は内側の花卉のほ

うが外側の花卉よりも大である。しかし、電照区のほうは、初めはやはり内側の浸透圧が外側より高いけれども午前1~3時ごろからは両側とも等しくなる。つまり不開花のままになった。

(3) 蕾の搾汁中の還元糖量は標準区では開花の進むにつれてだんだん減少するが、電照区では一晩中ほとんど変化が見られなかった。

(4) 蕾内の細胞の長さや巾は標準区では開花のすすむにつれて内外側ともしだいに大きくなるが、電照区のそれはそれほど大きくなり、しかも途中で止ってしまった。

(5) 蕾の生体重、乾物重及び含有水分量は、開花の進むに伴っていずれの区も増加するが、開花の終る頃には自然開花区の生体重は、電照区よりやや大きく、乾物重は電照区よりやや小さくなった。

引用並びに参考文献

- 1) 安田 勲, 藤 広治, 安井公一 (1963): 前夜電照が朝顔の開花に及ぼす影響, (第1報), 岡山大学農学部学術報告 22, p. 21~27.
- 2) 1963): 前日電照による朝顔の開花試験 (第2報) 岡山大学農学部学術報告 23, p. 23~28.
- 3) 坂村 徹 (1952): 植物細胞浸透生理, 養賢堂,
- 4) 北大理学部植物学教室 (1952): 植物生理学実習, 養賢堂.
- 5) 安田, 藤, 安井 (1964): 前日電照による朝顔の開花試験 (第4報) 岡山大学農学部学術報告 24, p. 23~28.
- 6) 田村 勉 (1962): 南瓜の開花機構に関する研究, 北大農学部邦文紀要, 4, 2
- 7) 郡場 寛 (1953): 植物生理生態, 養賢堂
- 8) 田口亮平 (1958): 作物生理学, 養賢堂
- 9) 安田貞雄 (1949): 栽培学汎論, 養賢堂