アガパンサス (*Agapanthus africanus* HOFFMANN) の

開花に及ぼす温度の影響

森 源治郎・坂西義洋

大阪府立大学農学部 591 堺市百舌鳥梅町

Effects of Temperature on Flowering of *Agapanthus africanus* HOFFMANN

Genjiro MORI and Yoshihiro SAKANISHI

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture
Mozu-umemachi, Sakai, Osaka 591

Summary

The value of *Agapanthus africanus* as cut floweres has recently been recognized. There is now a need to study how to force the flowering time.

In this study, the growth periodicity of plants grown outdoors was clarified and the effect of temperature on the initiation and development of flower buds was investigated.

Shoot apices of plants grown outdoors were in the vegetative state in October and began to flatten and broaden in middle or late November. Following the initiation of spath leaves at year end, the growth of the apices ceased until early March, when the initial of first floret appeared. In early May, the first floret of an inflorescence reached the carpel primordia stage and the flower bud appeared outward amid the whorl of foliage leaves. Pollen formation occurred in early or middle June and anthesis was completed at the end of June.

Although flower formation was inhibited when the plants were placed at or above 20°C from September onwards, shifting to 10°C or 15°C caused them to initiate flower buds.

After flower initiation, the higher temperature resulted in earlier flowering, accompanied by some depression in flower size and scape length.

In a trial for commercial forcing, cropping of flowers in March, 3 month earlier than the natural flowering time, was attained by keeping plants at min. 20°C from the end of November onward. Application of long days of 16 hours, in addition, advanced the flowering.

緒 言

アガパンサスは南アフリカ・ナタールの原産でユリ科に属している。無霜地では年中根出葉を展開させるが、降霜に遭遇すると、葉身部が枯死する。葉鞘部は層状に重なり合って、層状りん茎の形態をとるが、あまり肥厚しないため一般には根茎を有する宿根草として扱われている。我が国での開花期は6～7月で、高温期にあたるため、花の寿命が短く、特に切り花にした時の花もちが悪いという難点がある。このため切り花を目的とする栽培において、開花期を早める方法の確立が望まれている。

アガパンサスの生育開花に関する研究としては花芽の分化およびその発育過程について観察した西句(18)の報告、また開花に対する温度と日長の影響をみた Rünger と Herklotz (17) の研究などがあるにすぎない。

1987年12月4日 受理

本実験ではアガパンサスの生態すなわち生育開花習性を詳細に観察し、さらに環境要因とくに温度が花芽の分化および発育にどのような影響を及ぼすかをみた。

材料及び方法

大阪の岸和田地方で以前から栽培されている淡紫青色花の在来種を以下の実験に用いた。

実験 1. 自然環境下における生育開花習性

1年間圃場で栽培してきた株を10月20日から翌年の11月まで半月または1か月間隔で、毎回葉鞘部の直径が4cm以上の5株を選んで掘り上げ、花芽の分化・発育の状態および葉の分化数、出葉数を調べた。

実験 2. 花芽の分化および発達に及ぼす温度の影響

9月5日に葉鞘部の直径が4cm以上の株を7号鉢に鉢上げし、用いた。

花芽分化の誘導に対する温度効果をみるための株は、

鉢上げ直後から最低 20℃ のガラス室で育てておき、翌年の 2 月 3 日に 10℃、15℃ および 20℃ で、いずれも自然日長のグロース・キャビネットへ、各 6 株ずつ移した。なおその時、すべての株は花芽未分化の状態にあった。

12 週間後の 4 月 28 日にこれらの株の花芽観察を行った。

花芽の分化開始から雌ずい形成期までの温度効果をみるための株は、鉢上げ後戸外で栽培し、生長点膨大期に達した 11 月 20 日に戸外から 10℃、15℃ および 23℃ で、自然日長のグロース・キャビネットに 18 株ずつ搬入した。その後 12 週目まで 4 週間隔で 6 株ずつについて花芽を観察した。

雌ずい形成後、開花までの花芽の発育に対する温度効果をみるための株は、戸外で雌ずい形成期に達した 5 月 5 日に上記と同様の温度条件に移された。そして各温度における開花日、花茎長および 1 花序当たりの開花小花数を比較観察した。

実験 3. 開花に及ぼす加温開始時期の影響

9 月 5 日の鉢植え後、戸外におかれていた株を 9 月 30 日、10 月 28 日、11 月 25 日および翌年の 1 月 20 日と 3 月 17 日に最低 20℃ の温度に搬入した。なお温室に搬入後、自然日長区と葉面照度 600 lx の補光により 16 時間の長日を与える区に分け、日長効果の有無もあわせて検討した。各区 9 株を供試した。

結 果

実験 1. 自然環境下における生育開花習性

10 月 20 日における観察では根茎の茎軸の上位 8～9 節につく葉はまだ外部に現われず、その下の約 20 節の葉が展開していた。これより下位の 3 節にはすでに枯死した葉鞘部だけの葉が存在していた。11 月 5 日には生長点はまだ栄養生長段階にあったが、11 月 20 日の観察ではすべての株が生長点膨大期に達しており、生殖生長に移っていることが認められた（第 1 表）。そして 12 月上旬に、生長点の花芽は総包形成期の段階に達したが、その後翌年の 2 月下旬まで発育を停止した。3 月上旬に、この花芽の発育再開とともに茎軸の上位 2 節の腋芽が発育を開始した。これらはやがて次の茎軸に発達していわゆる仮軸分枝の形態をとることになる。5 月上旬には花芽はいくつかの小花からなる花序に発達し、その第一小花は雌ずい形成期に達していた。この頃花序全体は総包に包まれたいわゆる花蕾として葉の間から出現してきた。花茎が 30cm 前後に伸長した 6 月上旬に第一小花は 4 分子形成期、6 月上旬・中旬に花粉形成期へと進み、6 月下旬に開花期に入った。なお 3 月上旬に発育を開始した新茎軸は 10 月上旬までに 30～33 葉を分化した（第 1 図）。

Table 1. Developmental stages of flower buds in plants grown outdoors.

Date of observation	Stage of flower bud*											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Oct. 20	5											
Nov. 5	5											
Nov. 20		5										
Dec. 5			5									
Dec. 20			5									
Jan. 20			5									
Feb. 20			5									
Mar. 5			2	3								
Mar. 20				2	3							
Apr. 5					1	4						
Apr. 20						1	4					
May 5									5			
May 20									5			
June 5									2	2	1	
June 20											2	3

Five plants were used in each observation. Figures indicate number of plants at each flower bud stage.

* Stage I: Shoot apices still conical and narrow (Vegetative). Stage II: Shoot apices flattened and broadened. Stage III: Spath leaf initiated. Stage IV: Floret initial formed. Stage V and VI: Initials of outer and inner tepals appeared, respectively. Stage VII: Stamen initial appeared. Stage VIII: Three carpel initials appeared. Stage IX: Margins of the three carpels infolded to form an ovary. Stage X: Pollen at the tetrad stage. Stage XI: Mature and functional pollen. Stage XII: Anthesis.

Fig. 1. Cumulated monthly number of leaves formed in plants grown outdoors.

実験 2. 花芽の分化および発達に及ぼす温度の影響

花芽分化の誘導に対する温度の影響については第 2 表に示した。温度処理開始 12 週後の 4 月 28 日の観察において、20℃ 区は花芽未分化にとどまっていたが、10℃ 区

では総包形成期～小花原基形成期, 51°C ではこれよりやや進んで外花被片形成期～雄ずい形成期に達していた。

花芽分化開始後, 雌ずい形成期までの発育は花芽誘導が阻止された 23°C でむしろ促された (第3表)。すなわち温度処理開始後 12 週目の 2 月 13 日の観察において 23°C では大部分の花芽が雌ずい形成期に達していたが, 15°C では外花被片形成期～雄ずい形成期, 10°C ではさらに遅れて総包形成期～外花被片形成期にとどまっていた。

雌ずい形成期に達した後, 開花に至るまでの花芽の発育も雌ずい形成までの発育と同様に高温区ほど進み, 23°C 区, 15°C 区および 10°C 区の株はそれぞれ 37, 50 および 104 日後に開花した (第4表)。しかし開花時の花茎長および小花数は低温区ほど大であった。

実験 3. 開花に及ぼす加温開始時期の影響

9 月 30 日からの加温開始では自然日長区, 長日区と

Table 2. Effect of temperature on formation and development of flower buds.

Temperature (°C)	Stage of flower bud*							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
10	1		3	2				
15	1				1	3	1	
20	6							

Plants were kept above 20°C in a glasshouse to avoid flower bud initiation by low temperature from Sept. 5 to Feb. 3. Thereafter the plants were grown at 10°C, 15°C and 20°C for 12 weeks. Six plants per treatment were used.

* See Table 1.

Table 5. Effect of time of shifting plants from outdoors to a glasshouse kept above 20°C, and of day length, on flowering.

Date of shifting to min. 20°C	Day length	Number of plants flowered	Date of anthesis	Days from start of heating to anthesis	Length of scape (cm)	Number of florets
Control	ND	9	May 18	—	80.0	63
Sep. 30	ND	0	—	—	—	—
	LD	0	—	—	—	—
Oct. 28	ND	0	—	—	—	—
	LD	1	Feb. 28	123	69.0	41
Nov. 25	ND	9	Mar. 18	113±7	69.0	50
	LD	9	Feb. 28	95±9	65.1	53
Jan. 20	ND	9	Apr. 15	85±6	72.0	51
	LD	9	Apr. 13	83±6	72.5	52
Mar. 17	ND	9	May 26	80±3	81.6	57
	LD	9	May 26	80±3	83.9	61

Nine plants were used in each treatment. Control plants remained outdoors.
ND: Natural day length. LD: Long day of 16 hours by supplementary lighting.

Table 3. Effect of temperature given at flower bud Stage II on the further development of floral organs.

Duration (weeks)	Temperature (°C)	Stage of flower bud*							
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
0	—	6							
4	10	6							
	15	3	3						
	23	2	3	1					
8	10	1	5						
	15				5				
	23					3	3		
12	10		1	3	1				
	15				1	3	2		
	23						1	4	

Temperature treatments were started on November 20. Plants were placed outdoors before temperature treatments. Five or six plants were used in each plot.

* See Table 1.

Table 4. Effect of temperature given at the carpel formation stage, Stage IX, on flowering.

Temperature (°C)	Days from Stage IX to anthesis	Length of scape (cm)	Number of florets
10	101±8	98.0	106
15	50±5	88.0	96
23	37±3	83.5	89

Plants were placed outdoors until start of treatment on May 5, when their flower buds were at Stage IX. Six plants were used in each treatment.

もに翌年の開花はまったく認められず、10月28日からの加温開始では長日区の1株が2月28日に開花したのみであった(第5表)。11月25日の各加温開始では自然日長(短日)区、長日区とも全株開花したが、長日区の開花は自然日長区より18日早かった。1月20日および3月17日の加温開始では日長効果は認められず、それぞれ3月中旬および4月下旬に全株が開花した。なお加温開始が早かった株ほど開花時の花茎は短く、小花数も少なかった。

考 察

アガパンサスの花芽分化を愛知県の自然環境下で栽培した株について調べた酒匂(18)の報告では、生長点の両側に初生突起を生じる苞の形成初期を花芽分化の初期徴候とみなし、この時期は4月上旬であるとしている。しかし、本実験ではこの段階は12月5日の観察で認められ、さらにこれより2週間前の時点ですでに生長点膨大期に達していたことが観察されている。このような花芽分化開始期の相違は栽培環境や個体の栄養条件などの違いによって生じたものであろうが、筆者らは生殖生長への転換は秋の末に行われるものと考えたい。

秋の末に花芽分化を開始する種類としては他にダッチ・アイリス(19)、フリージア(9)、ハナショウブ(21)、アジサイ(11)、コデマリ(3, 6, 10)、ユキヤナギ(4, 6, 10)などが知られている。そしてこれらの花芽分化開始には10℃~15℃まで温度が低下することが必要であるとされている(1, 4, 5, 7, 14, 22)が、ハナショウブのようにさらに短日条件をあわせて必要とするものもある。

アガパンサスの花芽分化にも温度低下が必要ではないかと考えて行った実験2において、9月5日以降最低夜温を20℃に保ち、自然低温を与えなかった株では、翌年の2月3日でも花芽未分化の状態にとどまっていることが認められた。この日以降、種々の温度環境下に株を移して、12週間後に生長点の様相を比較観察したところ、20℃では花芽未分化にとどまっていたのに対し、10℃および15℃では花芽の形成が認められた。

これらの結果からアガパンサスにおいても前述の他の種類と同様、花芽を分化するためには温度低下が必要であり、温度の上限は20℃と15℃の間にあるものと考えられる。RüngerとHerklotz(17)は別種の*Agapanthus orientalis*について、筆者らが本実験で得た結果と同様な温度反応を認めている。

本実験では花芽分化に有効な10℃~15℃の期間の長さについては調べていないが、Rüngerらの結果および平均外気温が10月中・下旬に15℃以下になる大阪の戸外条件下で、花芽分化が11月上旬に開始された筆者ら

の観察から判断して、約1か月程度でよいと推察される。

佐野(20)は20℃以上で花芽分化が阻止されるダッチ・アイリスのりん茎を3℃~5℃で冷蔵しておく、その間は栄養生長から生殖生長への形態変化はおこらないが、この低温経過後、20℃に移すと、花芽が形成されることを認め、この場合の低温効果は花芽形成に対するバーナリゼーションとしてとらえている。アガパンサスの花芽分化に対して低温がバーナリゼーションとして作用するかどうかは明らかでないが、秋の冷涼期に花芽分化を開始すること、および本報とは別の観察において、株を3℃~5℃に12週間保ち、その後高温に移しても花芽分化が認められなかったことから考えて、アガパンサスの花芽分化に対する温度低下の効果はバーナリゼーションではなく、花芽分化に対する適温が栄養生長時よりも低いということであると考える。

アジサイ(12, 15)、コデマリ(5)、ユキヤナギ(2)、ハナショウブ(22)などでは、分化後の花芽の発育と開花のために、分化の誘導よりも低い温度を経過する必要があることが認められている。しかしアガパンサスでは11月下旬の生長点膨大期以降、自然の低温下では3月上旬の気温上昇まで花芽の発育が停止しているが、高温に移すと発育が促されることから上記の種類とは性質を異にする。なお高温で発育期間を短縮すると、開花時の小花数や花茎長など量的発育の低下がもたらされるが、これと同様な現象はRohとWilkins(16)や小西・上田(8)によってテッポウユリにおいても認められている。

アガパンサスを冬期間、無暖房ハウスで栽培しても開花は約半月早められるに過ぎないが、上述のように11月中・下旬の花芽分化開始期以後、なるべく早く加温を始めれば、温度を上げるほど開花期が早まる。20℃程度の加温では自然開花期よりも約3か月早く、早春の開花がもたらされる。この場合、小花数および花茎長は減少するが、切り花の品質上、特に問題になるほどではない。またこの時期に咲かせると気温が低いいため、切り花の寿命がかなり長いという利点がある。しかし、高温栽培ほど暖房経費がかさむので営利栽培的には温度設計を考慮する必要がある。

クンシラン(13)では花茎の伸長開始のために、またテッポウユリ(16)では花芽分化開始のために一定の低温を必要とするが、長日処理によってこの低温要求性の一部が代替されるとの報告がある。アガパンサスでは花芽分化の徴候が認められた11月下旬から加温とともに長日を与えると、自然の短日下より約半月開花が早められ、長日効果が認められた。長日が花芽誘導のための低温効果の一部を代替したかどうかは明確でなく、この点

今後の研究が必要である。

なお本実験には在来種を用いたが、近年早生系の品種が栽培されるようになっていので、今後これらの品種についての検討も必要である。

摘 要

1. 露地栽培株の生長点における生殖生長への転換は11月中・下旬で、年内に総包形成段階まで進んだ後発育を停止し、翌年の3月上旬に小花原基が分化した。その2か月後の5月上旬に花芽は雌ずい形成段階に達し、花蕾として葉の間に出現してきた。6月上・中旬に花粉形成期、6月下旬に開花期に達した。

2. 自然環境下での花芽分化開始期の11月以前から株を20℃に保っておくと花芽分化は阻止されたが、これを10℃および15℃に移すと分化が認められた。

3. 花芽分化開始後雌ずい形成期までの発育および雌ずい形成期に達した後開花までの発育は、ともに高温で早められたが、開花時の花茎長および小花数は低温区ほど大であった。

4. 促成を目的とした加温栽培のうち最も早く開花がみられたのは11月下旬からの加温(最低温度20℃)開始で、自然開花期より約3か月早い3月中旬に切り花が得られた。加温中、長日(16時間日長)を与えることにより、さらに約半月開花を早めることができた。

引用文献

- 阿部定夫・川田穰一・歌田明子. 1967. フリージアの生長相におよぼす温度の影響について. 園学要旨. 昭42春: 334—335.
- 五井正憲・佐藤義機・狩野邦雄. 1970. 低温処理による花木類の開花促進に関する研究(I). ユキヤナギの切枝における開花促進. 香川大農学報. 21: 217—224.
- 五井正憲・長谷川晴・国木 厚. 1973. 低温処理による花木類の開花促進に関する研究(II). コデマリの促成. 香川大農学報. 25: 35—42.
- 五井正憲・長谷川晴・柏木詳旦. 1974. 低温処理による花木類の開花促進に関する研究(IV). ユキヤナギ(*Spiraea thnbergii* SIEB.)の開花特性. 香川大農学報. 26: 1—6.
- 五井正憲・川西正夫・庵原 遜. 1975. 低温処理による花木類の開花促進に関する研究(V). コデマリ(*Spiraea cantoniensis* LOUR.)の開花特性. 香川大農学報. 26: 84—92.
- 花岡喜重. 1975. 花木類の花芽分化に関する研究(II). コデマリ, ユキヤナギ, キリシマツツジ, アカメヤナギ, ハクモクレン, リキュウバイ, エニシダ, バイカウツギ, オウバイ, サンシュユの花芽分化. 群馬園試報. 4: 22—44.
- HARTSEMA, A. M. 1961. Influence of temperatures on flower formation and flowering of bulbous and tuberous plants. 16: 123—167. In: Ruhland (ed.) Handbuch der planzenphysiologie. Spenger-Verlag. Berlin.
- 小西国義・上田尚志. 1976. 数種の球根花卉の生長と開花に及ぼす球根の低温処理とその後の生育温度の影響. 岡山大農学報. 47: 25—33.
- 小杉 清. 1953. フリージアの花芽分化に関する研究(第1報). 花芽分化期並びに花芽の発育経過について. 園学雑. 22: 61—63.
- 小杉 清・三好幸生. 1954. 花木類の花芽分化に関する研究(第4報). ユキヤナギ, コデマリの花芽分化期並びに花芽の発育過程について. 園学雑. 23: 172—176.
- 小杉 清・荒井尚孝. 1960. 花木類の花芽分化に関する研究(第7報). アジサイの花芽分化について. 香川大農学報. 12: 78—83.
- LINK, C.B. and J.B. SHANKS. 1954. Studies on the factors involved in terminating the rest period of hydrangeas. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 64: 519—525.
- 森源治郎・坂西義洋. 1974. *Clivia miniata* REGEL (ウケザキクンシラン)の開花に及ぼす温度効果. 園学雑. 42: 326—332.
- 森田正勝・岩本重治・村井兎一郎. 1974. ハイドランジアの開花調節に関する研究(第1報). さし木時期及び日長, 温度処理による花芽分化誘導. 園学要旨. 昭49秋: 278—279.
- 森田正勝・岩本重治・樋口春三. 1978. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響(第2報). ハイドランジアの栄養生長期における温度と日長がその後の開花に及ぼす影響. 園学雑. 47: 71—78.
- ROH, S. M. and H. F. WILKINS. 1977. The effects of bulb vernalization and shoot photoperiod treatments on growth and flowering of *Lilium longiflorum* THUNB. cv. Nellie White. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 229—235.
- RÜNGER, W. und A. HERKLOTZ. 1969. Blütenbildung von *Agapanthus orientalis*. Gartenbauwissenschaft 34: 83—85.
- 酒匂俊憲. 1951. アガパンサスの花芽の分化について. 園学要旨. 昭27秋: 35—36.
- 佐野 泰・林 幸男・高月経子・長田憲一. 1961. 球根アイリスの花芽分化について. 香川大農学報. 13: 41—50.
- 佐野 泰. 1974. 球根アイリスの花芽分化に及ぼす温度の影響. 園学雑. 43: 84—90.
- 富田 廣・植松盾次郎. 1981. ハナショウブの開花に関する研究(1). 花芽分化について. 埼玉園試研報. 10: 29—34.
- 植松盾次郎・富田 廣. 1982. ハナショウブの開花に関する研究(2). 電照後の温度が開花に及ぼす日長と温度の影響. 埼玉園試研報. 11: 29—34.