クリナム (*Crinum* × *powellii* Hort. ex Bak. cv. Album) の開花に及ぼす温度の影響

森 源治郎・今西英雄・坂西義洋

大阪府立大学農学部 593 堺市学園町

Effects of Temperature on Flowering of *Crinum* × *powellii* Hort. ex Bak. cv. Album

Genjiro Mori, Hideo Imanishi and Yoshihiro Sakanishi

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Gakuen-cho, Sakai, Osaka 593

Summary

In this study, the growth periodicity of *Crinum* × *powellii* Hort. ex Bak. cv. Album grown outdoors was clarified and the effect of temperature on the initiation and development of flower buds was investigated.

1. The crinum bulb develops a sympodial branching system. Each unit has a membranous scale and 2~3 foliage leaves in a spiral arrangement from the base upwards, terminating in an inflorescence that bears 7~10 florets. During the growing period from spring to autumn, repeated sympodial branching results in 5~6 inflorescences being initiated.

2. In July after the flowering season, 5~6 inflorescences existed in each bulb. The first florets in the 1st, 2nd, and 3rd inflorescences were already at the stage when carpel margins fuse to form the ovary. The pollen mother cell of these florets reached the tetrad stage and the pollen grains matured and became functional between April and May of the following year. They bloomed in late May through June. Differentiation of the 4th and 5th inflorescences proceeded after the 3rd inflorescence, but they aborted at the stage when carpel margins fuse between June and July of the following year. Floral parts of the 6th inflorescence developed gradually reaching the stage of carpel fusion by June which is essentially the same as that described for the 1st inflorescence.

3. Plants did not flower when they were moved from the outdoors to a glasshouse kept above 20°C on or before 2 November. This suggests that the plants have a chilling requirement for flowering.

4. When plants with inflorescences at carpel formation stage were exposed to chilling at 15°/12°C (day/night) for 30 days or at 6°C for 45 days and then shifted to a glasshouse kept above 20°C, they flowered normally.

5. After the chilling requirement was fully satisfied, exposure to higher temperatures resulted in earlier flowering without a reduction in the length of scapes or number of florets.

緒 言

Crinum 属は熱帯、亜熱帯原産のヒガンバナ科球根植物で、80~100 種が知られている。これらのうちの数種が古くから花卉として利用されていたが、主に花壇の植え込み材料として用いられるにとどまっていた。しかし、南アフリカのケープおよびナタール原産であ

る *C. bulbispermum* と *C. moorei* との交雑によって育成された *C. × powellii* Hort. ex Bak cv. Album (Encke, 1958) は切り花にも適し、人気が高まりつつある。自然環境下での開花は5月下旬から6月に集中するため、切り花生産を目的とする栽培では、特に早期開花によって開花期を拡大する方法の確立が望まれている。しかしながら、本種をはじめとする *Crinum* 属の開花調節に関する研究報告はまったく見当たらない。*C. × powellii* cv. Album は一つのりん茎からほぼ同

1992年1月27日 受理。本研究の一部は文部省科学研究費(課題番号02660038)の助成により行われた。

時に2～3花茎を出現させて開花することから、これらの開花には特殊な環境要因が関与しているものと推測される。

そこで本研究では、まず生育開花習性を明らかにし、次いで環境要因、特に温度が花芽の発育にどのような影響を及ぼすかを検討した。

材料および方法

実験には4月上旬に種苗会社から入手したりん茎のうち、球周が30～40 cmのものを選り、実験1に用いるものは圃場に、また実験2～4に用いるものは鉢に植え付けた。圃場への植え付けは1 m幅の畝に2条植え、30 cm間隔とした。また鉢への植え付けは7号鉢に1球植えとした。なお、圃場での栽培、鉢栽培ともに、11月以降は霜除けのためビニール被覆を行った。

実験1. 自然環境下における生育開花習性を明らかにする目的で、4月以降、圃場で慣行に従って管理してきた株を7月20日から1年間にわたって、1か月間隔で毎回5株ずつ掘り上げ、茎頂における葉および花芽の形成・発育の様相を調べた。なお花芽の観察において、小花原基形成後は花序の中で最も発育の進んだ第1小花を観察の対象とした。

実験2. 開花に及ぼす冬期の加温開始時期の影響をみる目的で、4月以降戸外で栽培してきた鉢植え株を10月2日から翌年の3月2日まで、1か月間隔で最低

20℃の加温室に移した。各区5株を供試した。調査は開花株率、開花日、株当たりの開花花序数および花序当たりの小花数について行った。

実験3. 開花に要する低温の程度と期間を明らかにする目的で実験を行った。戸外で栽培してきた鉢植え株を9月7日から6℃一定、15°/12℃(昼/夜温)および20°/17℃に制御した恒温室に15, 30, 45および60日間おいた後、最低20℃の加温室に移した。この場合の光条件は昼夜を通じて暗黒にした6℃区を除いて、自然光とした。各区5株を供試した。調査項目は実験2と同様であった。またこれとは別に温度処理開始時および各温下に移して60日後に、それぞれ5株ずつ取り出して花芽の発育状態を解剖観察した。

実験4. 開花に及ぼす低温経過後の温度の影響をみるため、戸外に置き秋以降の自然低温に遭遇させた鉢植え株を12月18日に最低夜温を10°, 17°および25℃に制御した加温室に5株ずつ移し、実験2と同様の開花調査を行った。

結 果

実験1. 生育開花習性

観察に供したりん茎は仮軸分枝の繰り返しによる12～15単位の茎軸によって構成され、1単位の茎軸には、らせん葉序で3～4、平均 3.3 ± 0.5 の葉がついていた。これらのうち、最下位の第1葉は薄膜状(長さ

Fig. 1. Diagrams of a bulb of *Crinum x powellii* showing the sympodial branching system (A) and the transverse section (B). I, II, III: Sympodial unit. F₁, F₂: Inflorescence. L₁: Membranous scale formed in the basal part of each sympodial unit. L₂, L₃: Foliage leaves which completely encircle the apex. L₄: Foliage leaf which has a semi-sheathing base.

10 cm 前後)となり、りん茎の外に現れないが、これより上位1あるいは2葉は葉しょう部が茎軸を全周する同化葉、さらに最上位葉は葉しょう部が茎軸を半周する同化葉となった(第1図)。これら同化葉の葉しょう部はすべて肥厚し、りん茎を構成していた。仮軸分枝は最上全周葉の葉えきで行われ、各茎軸の第1葉は母軸側に着いた。

観察開始の7月20日のりん茎には、3~4単位にまたがってつく約10りん葉(同化葉の葉しょう部)と、その内側に3~4単位の茎軸にまたがってつく展葉中の10葉、さらに2~3単位の茎軸にまたがってつく未展開葉が約7枚存在した。その後10月までに約10葉を分化して、冬の間葉の分化は停止した。5月に葉の分化が再開し、7月までにさらに約10葉が分化した。年間の分化総葉数は19~21枚で、これらの葉を分化する過程で仮軸分枝の繰返しによる茎軸の交代が5~6回行われた。展葉は葉の分化と平行して春から秋にかけて行われ、この間に分化葉数に相当する19~21枚が展葉した。

次に花芽の形成と発育についてみると、観察開始の7月20日にはりん茎内に仮軸分枝の繰返しによる6~7単位の茎軸の花序が存在していた(第2図)。その後仮軸分枝の繰返しにより11月までに3個の花序、さらに4月以降7月までに2または3個の花序、年間あわせて5~6個の花序が形成された。

観察開始時に形成されていた6~7個の花序のうち、発育の最も進んだ第1花序、上位の第4および第6花序のその後の発育経過を第3図に示した。第1花序は、7月の時点で、すでに雌ずい形成期に達していたが、その後花粉形成期に達したのは翌年の4~5月であり、これらは6月中・下旬に開花期に達した。また観察開始時に外花被形成期~心皮形成期にあった第4花序は

年内にすべて雌ずい形成の段階に達したが、翌年の6~7月にはこれらの大部分が雌ずい形成の段階で枯死に至った。さらに観察開始時に生長点膨大期~外花被形成期にあった第6花序は翌春にはすべて雌ずい形成期に達し、7月の観察打ち切り時までこの段階にとどまっていた。この花序はその後第1花序と同様の発育経過をたどるものと推察された。

なお、データには示さなかったが、第2および第3花序は第1花序と、また第5花序は第4花序とほぼ類似した発育経過をたどった。

以上のことから前々年の夏から秋にかけて形成を開始し、前年の夏までに雌ずい形成期に達した2~3花序が4月中・下旬に花粉形成期、5月下旬~6月上旬に開花期に達することがわかった。したがって、花芽形成開始から開花に至るまでには1年半以上の期間を要することになる。

実験2. 開花に及ぼす冬期の加温開始時期の影響

10月2日および11月2日からの加温開始ではまったく開花がみられず、12月2日以降の加温開始で全株が開花した(第1表)。12月2日加温開始区の株当たりの開花花序数は2.0であり、開花した他の区に比べてやや少なかった。しかし、加温開始から開花までの日数、花茎長および開花小花数には加温開始時期による有意な差はみられなかった。

実験3. 開花のために必要な低温の程度

20°/17°Cでは60日処理でもすべての株が開花に至らなかったが、15°/12°Cでは、30日以上処理で全株が開花した。6°Cの処理でも開花はもたらされたが、全株が開花したのは45日以上処理であった(第2表)。また開花した各区の株当たりの開花花序数は、15°/12°C区では30日、6°C区では45日間の処理でより長期間の処理に比べて少なかった。温度処理打ち切り後開花までの日数は、15°/12°Cでは処理期間が増加するにつれて減少した。しかし、6°Cの場合はこの傾向は認められず、45日処理区よりもむしろ60日処理区で開花までに多くの日数を要した。なお、各温度下における60日後の花芽の発育状態を第4図に示した。第1、第2および第3花序の発育は6°C区ではまったく進まず、15°/12°C、20°/17°Cでは若干進んだが、いずれも雌ずい形成段階にとどまっていた。

実験4. 開花に及ぼす低温経過後の温度の影響

最低夜温を10°、17°および25°Cと変えたいずれの温

Fig. 2. Cumulative number of inflorescences formed by repeated sympodial branching in plants grown outdoors.

Fig. 3. Developmental stage of flower buds in plants grown outdoors. Five plants were used for each observation. The dots indicate the number of plants at each stage. O: 1st inflorescence. □: 4th inflorescence. △: 6th inflorescence. ■: Blasted. The 2nd and 3rd or 5th inflorescences showed the same progress as shown in the 1st or 4th inflorescence, respectively. Stage of flower bud: I, shoot apices still conical and narrow; II, shoot apices become flat and broad; III, spathe leaf primordium is initiated; IV, floret initials appear; V and VI, initials of outer and inner tepals appear respectively; VII, stamen initials become visible; VIII, three carpel initials appear; IX, margins of three carpels infold and fuse to form an ovary (a, <2.0 mm; b, 2.0-4.0 mm; c, >4.0 mm in the length of style); X, pollen attain tetrad stage; XI, pollen mature and become functional; XII, anthesis.

Table 1. Effect of shifting plants from outdoors to a glasshouse kept above 20°C on flowering.

Date of shifting to min. 20°C	Percent of flowering plants	No. of inflorescences per plant	1st inflorescence			
			Date of anthesis	Days to anthesis	Length of scape (cm)	No. of florets
Control	100	2.8 a ²	28 May. a	—	50.5 a	9.2 a
2 Oct.	0	—	—	—	—	—
2 Nov.	0	—	—	—	—	—
2 Dec.	100	2.0 b	17 Jan. e	46 a	49.5 a	9.0 a
2 Jan.	100	2.6 a	17 Feb. d	45 a	48.5 a	9.2 a
2 Feb.	100	3.0 a	19 Mar. c	47 a	50.7 a	8.8 a
2 Mar.	100	2.8 a	15 Apr. b	44 a	50.0 a	9.5 a

Five plants were used in each treatment. Control plants remained outdoors.

² Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% Level.

度区においても、全株開花したが、開花に至るまでに要した日数は25°, 17°および10°C区でそれぞれ36, 76, 123日であり、高温区ほど有意に少なかった(第3表)。10°Cの低温区では株当たりの開花花序数が少なく、花茎長が短くなる傾向が認められたが、開花した花序当たりの小花数には温度による差異は認められな

かった。

考 察

C. × powellii のりん茎は仮軸分枝の繰り返しのより形成された複数の茎軸によって構成され、各茎軸の最下位葉は薄膜状葉、最上位葉は茎軸を半周する同化葉、そしてこれら両者の間に介在する葉は葉しょう部

Fig. 4. Comparison of development of flower buds among plants kept at different temperatures from the carpel formation stage. ○ : 1st inflorescence. □ : 2nd inflorescence. △ : 3rd inflorescence. Temperature treatment started on 7 September and observation was done 60 days after treatment, i.e., just before transferring to above 20°C. Five plants were used in each observation. Stage of flower bud: See foot notes in Fig. 3.

^z Day/night temperature.

Table 2. Effect of chilling temperatures and duration on flowering.

Temp. (°C)	Chilling Duration (days)	Percent of flowering plants	No. of inflorescences per plant	1st inflorescence			
				Date of anthesis	Days to anthesis ^x	Length of scape (cm)	No. of florets
6	15	0	—	—	—	—	—
	30	0	—	—	—	—	—
	45	100	2.2 ab ^y	10 Dec. a	49 a	51.3 a	8.7 a
	60	100	2.8 c	4 Jan. c	59 b	53.0 a	9.1 a
15/12 ^z	15	0	—	—	—	—	—
	30	100	1.8 a	6 Dec. a	60 b	53.4 a	10.4 a
	45	100	3.0 c	11 Dec. a	50 a	50.7 a	9.8 a
	60	100	2.6 bc	22 Dec. b	46 a	50.3 a	10.0 a
20/17	60	0	—	—	—	—	—

Chilling treatments were started on 7 September. The plants were kept above 20°C before and after the chilling treatments. During chilling plants were under natural light, except for the treatment at 6°C in the dark. Five plants were used in each treatment.

^z Day/night temperature.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% Level.

^x Days from the end of chilling to anthesis.

が茎軸を全周する同化葉になっていることが観察された。同様のことは *Crinum latifolium* (インドハマユウ) においても熊沢 (1974) によって認められている。しかしながら、各茎軸の最上位葉と最下位葉の間に介在する同化葉の枚数は *C. × powellii* では 1～2 枚で

あるのに対し、*C. latifolium* では 3～4 枚であり、両種間に違いが存在する。*C. × powellii* の自然環境下に置かれた株では、このような仮軸分枝の繰り返しは春から秋にかけての生育期間中に約 6 回行われ、これと同数の花序が形成されることが観察された。また筆者

Table 3. Effect of temperature given after chilling on flowering.

Min. temp. (°C)	Percent of flowering plants	No. of inflorescences per plant	1st inflorescence			
			Date of anthesis	Days to anthesis	Length of scape (cm)	No. of florets
10	100	2.0 a ²	20 Apr. a	123 a	48.0 a	7.9 a
17	100	2.2 ab	4 Mar. b	76 b	53.6 b	7.9 a
25	100	2.6 b	23 Jan. c	36 c	53.9 b	8.0 a

Plants were placed outdoors until start of treatment on 18 December. Five plants were used in each treatment.

² Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% Level.

らは本研究とは別に、本種を冬期加温室で栽培すると周年にわたって生長を続け、年間の花序の形成数はさらに多くなることを観察している。これらのことから、*C. × powellii* の花芽形成には温度および日長などの特定の環境要因を必要とせず、生育可能な温度下で栄養生長と生殖生長を繰り返す習性があるといえる。なお、このタイプに属するヒガンバナ科および近縁の種類としては、*Clivia* (石井・牧浦, 1968), *Cyrtanthus* (森ら, 1991), *Hippeastrum* (Blaauw, 1931), *Nerine* (Fortanier ら, 1979), *Zephyranthes* (Kerling, 1941) および *Rhodohypoxis* (森・坂西, 1990) などが知られている。

花芽の発育経過の観察において、形成を開始した各花序は雌ずい形成の段階までは順次発育して進むが、花粉形成は4、5月にならないと認められなかった。このことから、これまでに取り扱ったヒガンバナ科の *Clivia* (森・坂西, 1974), *Cyrtanthus* (森ら, 1991) および近縁の *Rhodohypoxis* (森・坂西, 1990) において認めているように、雌ずい形成期に達した花芽が花粉形成期を経て開花に至るためには低温経過を必要とすることが推察された。

そこで秋以降無加温室に置かれていた株を時期を変えて加温室に移すことによって、自然低温に遭遇する程度を変えてみたところ(実験2)、全株が開花するためには12月上旬までの自然低温に遭遇する必要があることがわかった。また実験3で人為的に制御した恒温室を用い、必要な低温の程度について調べたところ、20°/17°C(昼/夜温)では低温として作用しないが、15°/12°C および 6°C 一定であれば低温として作用することもわかった。この場合、全株が開花するのに必要な日数は15°/12°C では30日であったのに対し、6°C 一定では45日であったことから、適温は15°/12°C 付近にあると考えられる。しかしながら、本実験では温度処理時の光条件が15°/12°C では自然光、6°C 一定では

暗黒という違いがあったことから、このことが温度反応に影響を及ぼしていることも考えられ、今後のより詳細な検討が必要である。

いずれにしても15°/12°C では30日間、6°C 一定では45日間の処理を行うと必要な低温条件が満たされるにもかかわらず、60日間の処理後においても花芽の発育はまだ雌ずい形成の段階にとどまっていた(第4図)ことから、*C. × powellii* において要求される低温の作用の仕方は間接的であるといえる。

実験4において、必要な低温条件が満たされた株は、その後10°C では開花までに123日を要するのに対し、25°C では36日で開花するという結果が得られた。このことは低温条件が満たされた後の発育適温はかなり高く、おそらく25°C 付近にあることが推察される。自然条件下に置かれた株では、12月上旬になると必要な低温条件が満たされているにもかかわらず、開花の開始が5月下旬になるのはこのことが原因しているようである。

実験1での花芽の発育経過の観察において、越冬時には1りん茎当たり5～6花序が雌ずい形成～胚珠形成期に達しているにもかかわらず、このうち下位の2～3花序が5～6月に開花に至るが、これらに続く上位1～2の茎軸の花序は6、7月に集中して枯死することが観察された。この原因として、開花時太くて長い花茎を1つのりん茎から複数出現させるため、球内に養分の競合が生じたことや枯死した花芽は雌ずい形成期に達していたものの、まだ低温に感応できる状態に発育していなかったことなどが考えられる。しかし別の実験で、花芽が雌ずい形成期に達した後の発達に低温として有効に作用する15°/12°C の温度条件下で継続して栽培したところ、株は一斉に開花することなく散発的に開花し、花序の枯死が認められなかったことから、自然環境下で起こる花芽の枯死は集中開花にともなう養分の競合によってもたらされている可能性

が高いといえよう。

以上のように、*C. × powellii* は開花に先立って低温経過が必要であり、これを人為的に処理する場合は9月上旬から15°/12°Cでは30日間、6°C一定では45日間の処理を行うとよいが、自然環境下に置かれた株でも12月上旬になると、この条件が満たされ、その後最低夜温を20°Cに維持して栽培すると開花を1月まで早められることがわかった。本実験では鉢植え株を用いたが、晩秋に掘り上げて、冬期間中は室内で貯蔵し、春に植え付けたりん茎でも正常に開花することから、実際栽培においては室内貯蔵球の加温室への植え付け時期を変えることによって開花期を調節出来るものと思われる。

摘 要

1. *Crinum* の自然環境下における生育開花習性を明らかにするとともに、開花に必要な温度条件および栽培時の温度の効果について調べた。

2. 1年間に仮軸分枝の繰り返しによって、5~6の花序が形成された。1単位の仮軸分枝は下位より1枚の薄膜状葉、葉しょう部が茎軸を全周する1、2枚の同化葉、さらに葉しょう部が茎軸を半周する1枚の同化葉によって構成されている。

3. 形成を開始した花芽は順次発育して雌ずい形成期に達したが、7月中・下旬にこの段階に達していた花芽が翌年の4、5月に花粉形成期に達し、5、6月に開花することがわかった。

4. 雌ずい形成期に達した後、さらに発育して開花に至るためには低温経過を必要とする。この低温を自然低温にたよる場合、堺市では12月上旬までの低温遭遇を必要とした。

5. 恒温室を用いた実験結果では20°/17°C(昼/夜温)では60日間処理においても全く開花しなかったが、15°/12°Cでは30日、6°C一定では45日間の処理ですべて開花することが認められた。

6. 必要な低温条件が満たされた後の株は10~25°Cの広い温度範囲で開花したが、25°Cでの開花が最も早く、36日後であった。

引用文献

- Blaauw, A. H. 1931. Orgaanvorming en Periodiciteit van *Hippeastrum hybridum*. Verh. Kon. Ned. Akad. Wet., Natuurk., Sect. I. 29 (1) : 1-90.
- Encke, F. 1958. Pareys blumen Gartnere I. p. 334-337. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Fortanier, E. J., G. Van Brenk and S. J. Wellensiek. 1979. Growth and flowering of *Nerine flexuosa alba*. Scientia Hort. 11 : 281-290.
- 石井滋規・牧浦 勇. 1968. クンシランの花芽形成と開花に関する研究. (第1報). 花芽の発育過程について. 奈良教育大紀要. 自然科学 16(2) : 83-93.
- Kerling, L. C. P. 1941. The gregarious flowering of *Zephyranthes rosea* Lindl. Ann. Bot. Garden Buitenzorg. 51 : 1-42.
- 熊沢正夫. 1974. 植物器官学. p. 148-151. 裳華房. 東京.
- 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 源治郎・坂西義洋. 1990. ロードヒボキシス(*Rhodohypoxis baurii* var. *platypetala* Nel.) の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 58 : 993-998.
- 森 源治郎・今西英雄・坂西義洋. 1991. キルタンサス(*Cyrtanthus mackenii* Hook. f.) の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 59 : 847-853.