キルタンサス (*Cyrtanthus mackenii* Hook. f.) 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 591 堺市百舌鳥梅町

Effects of Temperature on Flowering of *Cyrtanthus mackenii* Hook. f.

Genjiro Mori, Hideo Imanishi and Yoshihiro Sakanishi

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

Summary

In this study, the growth periodicity of *Cyrtanthus mackenii* grown in unheated glasshouse was clarified and the effects of temperature on the initiation and development of flower buds were investigated.

1. A bulb shows a sympodial branching system, and each unit of the sympodial branch is composed of a membranous scale and 3 foliage leaves in 1/2 alternate arrangement from the base upwards and terminates in an inflorescence, which bears 5~7 florets. During the growing period from spring to autumn, repeated sympodial branching results in 2 inflorescences being initiated.

2. In the primary inflorescence, differentiation of the first floret progresses rapidly until the carpel margins fuse to form the ovary in August when further morphological development is suspended until November. The pollen mother cell attains the tetrad stage and the pollen grains mature and become functional between November and January. Anthesis occurs in late January through February. The secondary inflorescence initiated between July and September differentiates floral parts without suspension and comes into bloom in late April through May. Floral part of the tertiary inflorescence differentiates after a three-month delay following the secondary inflorescence, and will progress as described in the primary inflorescence.

3. Plants did not flower when they were moved from an unheated glasshouse to a heated one kept above 20°C on or before November 10. This result suggests that they have some chilling requirement for flowering.

4. When plants with inflorescences at carpel formation stage were exposed to chilling at 10°C for 3 weeks or 15°C for 4 weeks, and then shifted to a glasshouse kept above 20°C, they flowered normally.

5. After the chilling requirement was fully satisfied, higher temperatures resulted in earlier flowering. However, some depression in the length of scape and the fading of flower colour were observed at 25°C.

緒 言

Cyrtanthus mackenii は南アフリカ・ナタール原産の小型の層状りん茎をつくる球根植物で、ヒガンバナ科に属する。温暖な地域では、葉は常緑性であり、大阪では霜除けをする程度で十分越冬でき、冬から春にか

けて数個の小花をつけた花茎を複数出現させて開花する。

従来、この植物は愛好家によって栽培されていたに過ぎなかったが、近年育種が進められ、花色が豊富になったうえ、品質が向上したことなどから、冬季の鉢物および切り花としての利用が高まりつつある。このため最近では、開花期の拡大をめざした開花調節の方

法の確立が求められるようになってきている。自然環境下で栽培した株の開花が低温期に集中することから、開花には温度低下を必要とすることが推察される。しかし、この点について調べた研究報告はまったく見当たらない。そこで本研究では、まず生育開花習性を明らかにしたうえで、花芽の発育に及ぼす温度の影響について検討した。

材料および方法

実験には *Cyrtanthus mackenii* の桃色種の自家養成球を用いた。4月上旬に掘り上げ、球周9～12 cmのりん茎を選んで、5号素焼鉢に5球、あるいは6号素焼鉢に7球ずつ植え付けた。用土としては畑土、砂およびピートモスを等量に配合したものを用いた。花芽の形成・発育の観察は解剖顕微鏡下で行ったが、その際、発育段階は森・坂西(7)による *Lycoris* の分類にしたがった。なお、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。また開花調査は株当たり開花した花序数、開花日、開花時の花茎長および小花数について行った。各実験の詳細は次のとおりである。

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、鉢上げ後無加温温室で栽培してきた株を6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。

実験2. 開花に及ぼす加温開始時期の影響をみるために、4月上旬の鉢上げ後、無加温温室に置かれていた株を10月13日から翌年の12月22日まで、2週間間隔で最低夜温を20℃に制御した加温温室に移した。各区10株を供試した。

実験3. 開花に要する低温の程度と期間を明らかにするために、夏以降最低20℃の加温温室で栽培してきた鉢植え株を12月7日から10°、15°および20°のグロース・キャビネットに2、3および4週間置いた後、再び最低20℃の加温温室に戻し、開花をみた。各区7株を供試した。また同時に10°、15°および20℃に置いた株を0、2および4週後に毎回5株掘り上げ、花芽の発育を解剖調査した。

実験4. 開花に対する低温経過後の温度の影響をみるために、前年の夏以降、最低20℃の加温温室で栽培してきた株を1月31日から10℃で3週間の低温処理を行った後、10°、15°、20°および25℃に維持された自然日長のグロース・キャビネットに移した。

結 果

実験1. 生育開花習性

りん茎は仮軸分枝を繰り返し、1単位の茎軸には1/2互生葉序で平均4.0 ± 0.4枚のりん葉を着けていた。これらのうち最下位葉は薄膜状(長さ4 cm前後)となり、りん茎の外に現れないが、これより上位の葉はすべて同化葉となった。これら同化葉の葉しょう部は肥厚してりん茎を構成するが、最上位葉だけは茎軸を半周し、他は茎軸を全周していた。仮軸分枝は最上全周葉の葉えきで行われ、各茎軸の第1葉は母軸側についていた。

観察開始時の6月20日には、りん茎は約3単位の茎軸からなり、下位から順に葉身部がすでに枯死し、葉しょう部のみが残ったりん葉が3～4枚、展葉中の葉が3～4葉、さらに未展葉が約4枚存在した。その後12月までに4～5葉を分化して、冬の間分化を停止した。3月下旬に葉の分化を再開し、6月下旬までに2～3葉を追加した。年間の分化総葉数は7～8葉で、これらの葉を分化する過程で仮軸分枝による茎軸の交代が2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、この間早く分化した葉から順次7～8枚が出現した。

次に花芽の形成および発育についてみると、観察を開始した6月には、既にすべての株で1個の花序(第1花序)が形成されており、これらの発育段階は株によって異なり、総包形成期～雄ずい形成期に達していた(第1図)。その後順次発育して、9月には発育の初期段階にあった花序もすべて雌ずい形成期に達した。これらは11月中・下旬に花粉形成期に達し、翌年の1～2月に開花した。また、これらの花序をつけている茎軸から仮軸分枝した茎軸の茎頂にも7～10月に2番目の花序(第2花序)が形成され、これらの花序は9月から翌年の1月にかけて雌ずい形成期、3～4月に花粉形成期に達して、4～5月に開花した。さらに第2花序から仮軸分枝した茎軸の花序(第3花序)が秋または翌春に形成された。これからの花序は観察を打ち切った5月には総包形成期～雌ずい形成期にとどまっていたが、その後はおそらく第1花序と同様な発育経過をたどるものと思われる。

以上の観察結果から、前々年の秋から前年の夏に形成を開始した2個の花序が前年の11月下旬から4月にかけて花粉形成期に達し、1～5月に開花することが分かった。

実験 2. 開花に及ぼす加温開始時期の影響

11月10日以前の加温開始ではまったく開花に至らなかったが、11月24日からの加温開始では80%の株で、12月8日および12月22日からの加温開始ではともに全株で開花がみられた(第1表)。しかし、これらの開花株における開花花序数は大部分が1花序であり、無加温室に置いたままの対照区に比べて少なかった。開花日は加温開始の早かったものほど早く、11月24日の加温開始では12月上旬に開花が始まった。なお、花茎

長および小花数には加温開始時期の影響はほとんど認められなかった。

実験 3. 開花に及ぼす低温処理の影響

第2表に示したように、10℃では3週間処理区、また15℃では4週間処理区で全株が開花したが、両温度ともに、これより処理期間が短かった区ではまったく開花に至らなかった。また20℃では4週間の処理においても、すべて不開花であった。花茎長および小花数には、開花した処理区の間で顕著な差異が認められな

Fig. 1. Progress of flower formation in *Cyrtanthus mackenii*. Five plants were used for each observation. The dots indicate the number of plants at each stage. ○: 1st inflorescence. ●: 2nd inflorescence. △: 3rd inflorescence. Stage of flower bud: I, shoot apices still conical and narrow (vegetative); 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; X, pollen attain tetrad stage; XI, pollen mature and become functional; and XII, anthesis.

Table 1. Effect of shifting plants from unheated plastic house to a green-house kept above 20°C on flowering.

Date of shifting to 20°C	Per cent of flowering plants	No. of inflorescences per plant	1st inflorescence			
			Date of anthesis	Days from shifting to anthesis	Length of scape (cm)	No. of florets
Control	100	2.3	Jan. 28	—	27.0	5.4
Oct. 13	0	—	—	—	—	—
Oct. 27	0	—	—	—	—	—
Nov. 10	0	—	—	—	—	—
Nov. 24	80	1.0	Dec. 9	15±2 ²	24.5	5.3
Dec. 8	100	1.0	Dec. 16	8±1	25.2	5.6
Dec. 22	100	1.2	Dec. 25	5±1	25.0	5.5

Ten plants were used in each treatment. Control plants remained unheated plastic house.

² Standard deviation

かった。

一方、各温度における処理開始後の花芽の発育状態を第2図に示した。20℃では第1、第2花序ともに温度処理開始時の段階にとどまっていた。これに対し、10°および15℃では第1花序の大部分が4週後に4分子形成期あるいは花粉形成期に達していたが、第2花序

は発育はみられたもののいずれも雌ずい形成の段階にあった。

実験4. 低温経過後の温度が開花に及ぼす影響

10°~25℃のいずれの温度においても、すべて開花したが、開花までの日数は高温区ほど短く、25℃区では

Fig. 2. Effect of temperatures given at the carpel formation stage of 1st and 2nd inflorescence on further development. Five plants were used for each observation. Temperature treatment started on December 7. The plants were kept above 20°C before the start of temperature treatments. See footnotes in Fig. 1, except for Stage IX (a, <2.0 mm; b, 1.0~2.0 mm; c, 2.0~3.0 mm; d, > 3.0 mm in the length of style).

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

Chilling		Per cent of flowering plants	No. of inflorescences per plant	1st inflorescence		
Temp. (°C)	Duration (weeks)			Date of anthesis	Length of scape (cm)	No. of florets
10	2	0	—	—	—	—
	3	100	1.9	Jan. 15	23.5	5.8
	4	100	2.0	Jan. 20	26.5	5.2
15	2	0	—	—	—	—
	3	0	—	—	—	—
	4	100	1.6	Jan. 17	29.7	6.0
20	4	0	—	—	—	—

Chilling treatments were started on December 7. The plants were kept above 20°C before and after chilling treatments. Seven plants were used in each treatment.

この温度に移して15日後に開花した(第3表)。20°, 15°および10°Cでの開花は25°Cに比べて、それぞれ2, 14および48日遅れた。株当たりの開花花序数には温度による差異はほとんど認められなかったが、高温ほど花茎が短く、開花時の小花数が少なく、花色があせる傾向が認められた。

考 察

本実験で取り扱った *Cyrtanthus* では、多くの場合4枚の葉を形成すると茎頂が花序になる。そして茎頂が花序になると、花序直下の葉えきに新たな生長点が現れて次の茎軸を形成し、仮軸分枝する。このような仮軸分枝の繰り返しによる花芽形成の時期は株によってさまざまであり、株当たり年間2個の花序が形成された。このことから花芽形成には温度あるいは日長といった環境要因の直接的な影響がなく、一定枚数の葉を形成するごとに茎頂が花序になるという性質をもっているといえる。

Hartsema (2) は球根植物を花芽形成および開花時期によって七つのタイプに分類しているが、このうち、りん茎にあてはまるものとしては、ラッパズイセンのように開花前年の春または初夏の球根掘り上げ前に花芽を形成するタイプ、チューリップのように生長期が終わった後、次の植え付けまでの貯蔵期間中に花芽を形成するタイプ、ダッチアイリスのように秋の植え付け後、冬または早春に花芽を形成するタイプ、*Amaryllis belladonna* のように開花の1年以上前に花芽を形成するタイプ、さらに *Hippeastrum* のように全生長期を通じて葉と花芽を交互に形成するタイプの五つがある。これに従うと、本実験で取り扱った *Cyrtanthus* は *Hippeastrum* タイプに属するといえる。なお、このタイプに属する植物としては他にクリナム(9)、クンシラン(3)、ネリネ(1)、ゼフィランサス(4)およびロードヒポキシス(11)などが知られている。

本実験においては花芽形成開始直後からの発育に対する温度の影響については直接調べていないが、自然環境下における花芽の発育経過の観察において、早く形成を開始した花序から順次雌ずい形成期まで進んだことから発育の可能な温度範囲はかなり広いようである。しかしながら、雌ずい形成期に達した後は、11月下旬にならないと早くこの段階に達した花芽も花粉形成期には進まなかった。この観察結果から、雌ずい形成期に達した花芽が花粉形成期に達するためには温度低下を必要とすることがうかがえた。

このことは秋から無加温室においていた株を時期を変えて、最低20°Cの加温室に搬入した実験2において確かめられ、12月8日までの自然低温をうけると必要な低温条件が満たされることが分かった。堺市では12月上旬になると外気温の平均が8~9°Cまで低下することから、この程度までの温度が低温として有効に作用すると推察された。さらに実験3において、10°Cでは3週間、また15°Cでは4週間の処理を行うと正常な開花が認められ、10°および15°Cの温度が低温として作用することが明らかになった。この場合、10°Cでは15°Cに比べて所要期間が1週間少なかったことから、15°Cよりもむしろ10°Cの方が低温としてより有効に作用するようである。

ところで花芽形成あるいは形成された花芽の発育に低温を必要とする場合、低温が直接的に作用するのかわるいは間接的に作用するのかわるいは植物の種類によって異なっている(6)。*Cyrtanthus* の場合、実験3における温度処理4週後の花芽の観察において、第1花序は20°C区ではすべて雌ずい形成期にとどまっていたのに対し、10°および15°C区では大部分が4分子形成期あるいは花粉形成期に達していたことから、10°および15°Cの温度は雌ずい形成期に達した後の発育に対し直接的に作用するものと考えられる。ただ10°Cでは、4週処

Table 3. Effect of temperatures on flowering after chilling.

Temperature	Per cent of flowered plants	No. of inflorescences per plant	1st inflorescence		
			Days to anthesis	Length of scape (cm)	No. of florets
10	100	2.2	63±9 ²	27.0	5.6
15	100	2.0	29±4	27.4	5.5
20	100	2.1	17±3	25.0	5.3
25	100	2.0	15±2	21.0	5.0

Plants kept above 20°C were chilled for 3 weeks at 10°C from January 31. Ten plants were used in each treatment.

² Standard deviation.

理後においても第1花序の一部がまだ雌ずい形成段階にとどまっていたが、3週間の処理でも全株が開花していること、また第2花序は10℃および15℃ともに4週間後でもまだすべて雌ずい形成期にとどまっていたにもかかわらず、4週間の処理で10℃のすべてと15℃の過半数が開花していることなどから、低温下に置かれている間に必ずしも4分子形成あるいは花粉形成の段階まで花芽の発育が進んでいる必要はないようである。おそらく低温の作用は生殖細胞形成のための減数分裂と密接に関係しているように思われるが、この点については今後の検討が必要である。

筆者らは先にクンシラン(8)およびロードヒポキシス(11)においても、花芽が雌ずい形成期に達した後の発育に低温経過を必要とすることを明らかにしている。このうち、クンシランでは雌ずい形成期に達していないと低温が有効に作用していないのに対し、ロードヒポキシスでは雌ずい形成期前であっても低温が有効に作用し、両種の間で低温が有効に作用する発育段階に違いがあることを認めている。*Cyrtanthus* では第2図に示されているように、低温処理時に株当たり三つの花序が存在していたが、開花に至ったのはこのうち発育の進んだ第1、第2花序だけであった。これらの花序は低温処理開始時、既に雌ずい形成期に達していたことから、開花に先立って低温が有効に作用するためには雌ずい形成の段階に達していなければならないようである。したがって、株当たりの開花数序数を多くするためには、低温遭遇時に雌ずい形成期にまで発育した花序ができるだけ多く存在する必要がある。なお、無加温室に置いてあった株を時期を変えて20℃の加温室に移した実験2において、無加温室に置き続けた対照区の株では平均2.3花序が開花しているのに対し、12月22日より以前に加温を始めると、開花しても多くの場合1花序しか開花しなかったのはこのことが原因していると考えられる。

花芽形成あるいは形成された花芽の発育にとって低温経過を必要とする場合、この条件が満たされると、その後は発育の可能な温度範囲が広がることが知られている(5, 10, 12)。この点第3表にみられるように、*Cyrtanthus* においても同様のことが認められた。この際、開花に至るまでの日数は高温区ほど少なくなる傾向があったが、10℃の低温下においても約2か月程度で開花に至ることが分かった。一方、25℃の高温区では開花は早まったが、花色があせるうえ、花茎が短く、また小花数が少なくなる傾向が認められた。したがっ

て、実際栽培において品質の良い切り花あるいは鉢物を得るためには、栽培室の温度を20℃以下に抑える必要がある。

以上のように *Cyrtanthus* は春に開花するチューリップ、スイセンおよびヒヤシンスなどと比べて、低温要求の程度が少なく、しかも低温下においても比較的速やかに花芽が発育することが、無加温ハウスでの栽培において、1月上・中旬における低温期の開花を可能にしているといえる。なお、近年、種苗店で取り扱われるようになってきている種には他種との交雑種もあり、これらは本実験で取り扱った *Cyrtanthus mackenii* とは多少異なった温度反応を示すことが推察できる。したがって、今後これらの種についての検討も必要である。

摘 要

1. *Cyrtanthus* 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返しによって、約2個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、夏の高温期にこの段階に達した花芽はその後発育を停止し、11月中・下旬に花粉形成期、1月上・中旬に開花期に達した。

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することが分かった。

5. 恒温室を用いた実験結果では20℃では4週間処理においてもまったく開花しなかった、10℃では3週間、15℃では4週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開花までの発育は10～25℃の広い温度範囲で認められたが、25℃では花茎長が短く、小花数が少なくなる傾向が認められた。

引用文献

- Fortanier, E. J., G. Van Brenk and S. J. Wellensiek. 1979. Growth and flowering of *Nerine flexuosa alba*. Scientia Hort. 11: 281-290.
- Hartsema, A. M. 1961. Influence of temperatures on flower formation and flowering of

- bulbous and tuberous plants. p. 123-167. In : W. Ruhland(ed.). Handbuch der Pflanzenphysiologie. 16. Sprenger-Verlag, Berlin.
3. 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). 花芽の發育過程について. 奈良教育大紀要 自然科学 16 (2) : 83-93
4. Kerling, L. C. P. 1941. The gregarious flowering of *Zephyranthes rosea* Lindl. Ann. Bot. Garden Buitenzorg. 51 : 1-42.
5. 小西国義・上田尚志. 1976. 数種の花弁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.
6. 小西国義. 1982. 花卉栽培における低温処理問題. ミチューリン生物学研究 8 : 42-49.
7. 森 源治郎・坂西義洋. 1977. ヒガンバナ科(Amaryllidaceae)の球根植物の生育開花習性に関する研究. (第1報). *Lycoris* 属の生育開花習性. 園学雑. 45 : 389-396.
8. 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.
9. 森 源治郎・坂西義洋. 1980. ヒガンバナ科球根植物の生育開花について. *Crinum powellii* var. *album* の生育開花. 園学要旨. 昭55春. 334-335.
10. 森 源治郎・坂西義洋. 1989. アガパンサス(*Agapanthus africanus* Hoffmanns)の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 57 : 685-689.
11. 森 源治郎・坂西義洋. 1990. ロードヒポキシス(*Rhodohypoxis baurii* var. *platypetala* Nel.)の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 58 : 993-998.
12. 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.