Allium oreophilum 'Zwanenburg' の生育・開花に及ぼす温度の影響

古 平 栄 一・森 源治郎*・今 西 英 雄*

京都府立植物園・* 大阪府立大学大学院農学生命科学研究科

Effects of Temperature on the Growth and Flowering of *Allium oreophilum* Meyer 'Zwanenburg'

Eiichi KODAIRA, Genjiro MORI* and Hideo IMANISHI*

The Kyoto Botanical Garden, Kyoto 606-0823, Japan

* Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai 599-8531, Japan

(Received June 5, 2001)

In this study, the growth periodicity of *Allium oreophilum* 'Zwanenburg' plants grown outdoors was clarified. Simultaneously the effect of temperature on the initiation and development of flower buds was investigated. The inflorescences initiated in early September before planting. They formed tepals and stamens between early October and early December and bloomed in mid-May of the following year. After February, some plants that were moved from outdoors to a greenhouse kept at min. 10°C could flower in May. When bulbs were stored at 10, 15, 20, 25 or 30°C from August 13 to October 8, flower bud initiation occurred at 20 to 30 °C. Most of bulbs stored at 10 or 15°C formed new bulbs at the shoot apex instead of inflorescences. None of the bulbs developed inflorescence when they were grown in a greenhouse kept at min. 10°C. When bulbs were stored at 20, 25 or 30°C for 8 weeks from August 13 to October 8, followed by storage at 5 or 10°C for 8 weeks from October 8 to December 3, those stored at 10°C after 20, 25 or 30°C showed advanced flower bud development. However only bulbs stored at 5°C after 25 or 30°C could produce flowering inflorescences when they were grown in a greenhouse kept at min. 10°C.

Keywords: *Allium oreophilum*, bulb storage, early flowering, temperature

2001 年 6 月 5 日受付

緒 言

Allium oreophilum は、ユリ科に属する球根植物で、トルコ、イラン、パキスタン、アフガニスタンからコーカサスにかけて分布している (Davies, 1992)。*Allium* 属の中で紅色の花として最も美しいのが本種であるが、その中でもより鮮やかな紅色の花色をもつものに 'Zwanenburg' の品種名が付けられ、市販されている。本種は、一般に秋植え球根として取り扱われ、晩秋から初夏にかけて生育し、日本では 5~6 月に 1 りん茎か

ら 1 本の花序を出現させ、20 数個の小花をつけて開花する。

近年のガーデニングブームにともない、*Allium oreophilum* 'Zwanenburg' の鉢花や寄せ植え素材としての需要が増しつつある。このような状況の中で、早期開花をめざした加温栽培が生産農家によって試みられ、2 月上旬から最低夜温を 5°C 程度に維持して栽培すると、開花はするが開花促進効果がみられず、一方、10 °C 程度に維持すると、不開花株が多く生じ問題となっている。

そこで本研究では、*Allium oreophilum* 'Zwanenburg'

の早期開花をめざした開花調節技術を確立するために、まず、自然環境下における花芽の分化および発達経過を明らかにしたうえで、りん茎の貯蔵温度および植え付け後の栽培温度が開花に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

実験には、1997年8月2日に種苗会社（平和園）から入手した球重0.5～2.0gのりん茎を供試した。入手後のりん茎は、実験を開始するまで室温下で球根用のネット袋に入れて貯蔵した。花芽の発達段階は、実体顕微鏡および光学顕微鏡下で観察し、Kodaira et al. (1996a) による *A. cowanii* を参考にして分類した。なお、小花原基形成期以後は、花序の中で最も発達の進んだ第1小花を観察の対象とした。開花時に開花数、第1花序における第1小花の開花日、小花が3～4輪開花した時点での花茎長および花序当たりの小花数を調査した。なお、本研究を開始した1997年8月上旬から翌年の5月下旬までの戸外の平均、最低および最高気温をFig. 1に示した。

実験1：花芽の分化および発達経過

入手後、室内で貯蔵していたりん茎を10月2日に露地に定植した。植え付け後の栽培管理は、慣行に従って行った。これとは別に、りん茎を入手した8月2日から10月2日までは室内貯蔵球、それ以降翌年5月17日までは植え付け球を約2週間隔で5球ずつ採取して解剖調査し、花芽の分化と発達状態を観察した。

実験2：加温開始時期が開花に及ぼす影響

あらかじめ、室内で貯蔵していたりん茎を、10月8日に、腐葉土、真砂土および砂を2:2:1（容積比）の割合で配合した培養土を用いて5号（直径15cm）の駄温鉢に植え付け、戸外で栽培した。10月8日、11月8日、12月8日、翌年の1月8日および2月8日に最低夜温を10℃、換気温度を23℃に設定したハウス内に搬入して栽培し、開花の状況を調べた。対照区として加温を行わず、戸外で栽培を続ける区を設けた。各区3鉢、15球を開花数調査に供試した。なお、加温開始時にりん茎を5球ずつ解剖して花芽の分化および発達状態を観察した。

実験3：りん茎の貯蔵温度が花芽の発達に及ぼす影響

室内で貯蔵していたりん茎を、8月13日から10、15、20、25および30℃で8週間乾燥貯蔵した。貯蔵終了時の10月8日にりん茎を5球ずつ解剖して花芽の分化および発達状態を観察した。

実験4：種々の温度を組み合わせたりん茎の貯蔵が花芽の発達および開花に及ぼす影響

室内で貯蔵していたりん茎を、8月13日から20、25および30℃で8週間、10月8日から5および10℃で8週間それぞれ乾燥貯蔵した。貯蔵終了時の12月3日にりん茎を5球ずつ解剖して花芽の分化および発達状態を観察するとともに、実験2と同様の用土に植え付けて最低夜温を10℃に維持したハウス内で栽培し、開花をみた。各区3鉢、15球を供試した。

Fig. 1 Changes in maximum, minimum and mean outdoor air temperatures from early August, 1997 to late May, 1998.

結 果

実験 1：花芽の分化および発達経過

8月上旬にはりん茎内の茎頂で3枚の葉を1/2互生葉序で分化しており、花芽未分化の状態にあった。その後、分化葉数を増加することなく、9月上旬には茎頂で5りん茎中3りん茎、9月中旬にはすべてのりん茎が花芽分化しているのが観察された (Fig. 2)。これらは、10月上旬に小花原基形成期～外花被形成期に達した後、発達を停止し、12月上旬に發育を再開して、12月中旬に内雄ずい形成期に達した。その後、翌年の2月上旬まで内雄ずい形成期のままで推移し、2月中旬から再び発達を始め、3月中旬には雌ずい形成期、4月中旬には一部が四分子形成期、5月上旬にはほとんどの株が花粉形成期に達した。開花は5月中旬となった。1りん茎から9.8 cm前後の花茎を1本伸長させ、茎頂の散形花序に平均26.3個の小花をつけて開花した。

実験 2：加温開始時期が開花に及ぼす影響

最低夜温を10°Cに維持した加温室に搬入した場合の開花についてみると、12月8日以前の加温開始では全く開花せず、1月8日、2月8日からの加温開始でそ

れぞれ7%、40%のりん茎が開花した (Table 1)。なお、加温することなしに戸外に置き続けた対照区の開花率は95%であった。

実験 3：りん茎の貯蔵温度が花芽の発達に及ぼす影響

8月13日から8週間異なる温度下で貯蔵したりん茎の貯蔵終了時の観察において、20および25°C区ではすべてのりん茎で花芽分化が認められた。10および15°C区では一部に花芽を分化していたりん茎があったものの、5球中それぞれ4球および3球で、茎頂の若い葉が肥厚し、りん片化しているのが認められた (Fig. 3, 4)。全株で花芽分化が認められた20、25、30°C区のうち、花芽の発達は20°C区で最も進み、外花被形成期～外雄ずい形成期に達していた。30°C区では3りん茎が総包形成期にあり、2りん茎が花芽未分化にとどまっていた。

実験 4：種々の温度を組み合わせたりん茎の貯蔵が花芽の発達および開花に及ぼす影響

貯蔵終了時における花芽の発達段階は貯蔵温度の組み合わせによって異なっていた (Fig. 5)。すなわち、20、25あるいは30°Cで8週間貯蔵した後、5°Cで8週

Fig. 2 Developmental stages of flower buds of *Allium oreophilum* 'Zwanenburg' grown outdoors.

Five plants were used for each observation. The dots indicate the number of plants at each stage.

^z Stage of flower bud development: I, shoot apices still conical and narrow (vegetative); II, shoot apices become flat and broad (reproductive); III, spathe leaf primordium initiates; IV, florets initially appear; V, initial outer tepals appear; VI, initial inner tepals appear; VII, outer stamen initially becomes visible; VIII, inner stamen initials become visible; IX, three carpels initially appear and their margins infold; X, pollen mother cell stage; XI, microspores at the diad stage; XII, microspores at the tetrad stage; XIII, mature pollen stage; XIV, anthesis.

Table 1 Effects of time of shifting plants from outdoors to a greenhouse.

Date of shifting to a greenhouse	Developmental stage of flower buds ^z	Percentage of plants flowered (%)	Date of anthesis	Length of scape (cm)	Number of florets
Oct. 8	IV-V ^y	0	—	—	—
Nov. 8	V	0	—	—	—
Dec. 8	VI-VIII	0	—	—	—
Jan. 8	VIII	7	May 8	9.0	7.0
Feb. 8	VII-VIII	40	May 6 ± 1.5 ^w	13.0 ± 0.8	13.8 ± 1.4
Control ^x	—	95	May 13 ± 0.6	9.9 ± 0.5	26.3 ± 1.2

Bulbs were planted outdoors on Oct. 8 and thereafter shifted to a greenhouse kept at min. 10°C. Fifteen bulbs were used in each treatment.

^z Observations were made when the plants were shifted to a greenhouse.

^y See footnotes in Fig. 2.

^x Plants grown outdoors until flowering.

^w Mean ± standard error.

VIII	•	•			
VII		•	•		
VI			•		
V			•••		
IV				••••	
III				•	•••
II					
I	•••••	•••••			••
Stage ^z S. T. ^y	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C

Fig. 3 Developmental stages of flower buds of bulbs stored at different temperatures.

Temperature treatment started on Aug. 13 and observations were made on Oct. 8. Five plants were used for each observation. The dots indicate the number of plants at each stage. ◎: formation of two scaly leaves without differentiation of inflorescences.

^z See footnotes in Fig. 2.

^y Storage temperature.

Fig. 4 Two growth types of the shoot apex in the bulb at the end of storage period.

L1-L3, foliage leaves; S1-S2, scaly leaves; F, inflorescence; Gp, growing point.

VIII	•••			•••••	•••••	•••••
VII	•					
VI		•••••				
V			••••			
IV						
III			•			
II						
I	◎					
Stage ^z S. T. ^y	20°C 8 weeks + 5°C 8 weeks	25°C 8 weeks + 5°C 8 weeks	30°C 8 weeks + 5°C 8 weeks	20°C 8 weeks + 10°C 8 weeks	25°C 8 weeks + 10°C 8 weeks	30°C 8 weeks + 10°C 8 weeks

Fig. 5 Developmental stages of flower buds in bulbs stored at different combinations of temperatures.

◎: formation of two scaly leaves without differentiation of inflorescences. Bulbs were stored at 6 different temperature combinations from Aug. 13 to Oct. 8. Observations were made on Dec. 3. Five plants were used for each observation.

^z See footnotes in Fig. 2.

^y Storage temperature.

Table 2 Effects of various temperatures during bulb storage on flowering.

Temperature (°C)		Percentage of plants flowered (%)	Date of anthesis	Length of scape (cm)	Number of florets
First 8 weeks	Latter 8 weeks				
20	5	60	Apr. 9 ab ^z	15.6 a	17.1 a
25	5	93	Apr. 19 b	13.6 ab	16.9 a
30	5	100	Apr. 8 a	11.9 b	18.2 a
20	10	0	—	—	—
25	10	0	—	—	—
30	10	0	—	—	—
Control ^y		95	May 13	9.9	26.3

Bulbs were stored at 6 combined temperatures from Aug. 13 to Dec. 3 and thereafter grown at min. 10°C after planting on Dec. 3. Fifteen bulbs were used in each treatment.

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test (5%).

^y Plants grown outdoors until flowering.

間貯蔵した場合、前半を 20°C で貯蔵した区で花芽の発達が進んでいたが、一部のりん茎では花芽を形成することなく茎頂の若い葉がりん片化しているのが認められた。20、25 あるいは 30°C 貯蔵の後、10°C に移したりん茎では、いずれも花芽の発達段階が内雄ずい形成期に達していた。

これら種々の温度下で貯蔵したりん茎を植え付けた場合の結果を Table 2 に示した。前半 8 週間の貯蔵温度にかかわらず、後半 8 週間を 10°C で貯蔵したものでは全く開花がみられず、5°C 貯蔵したりん茎で開花が認められた。この場合の開花率は前半を 30°C で貯蔵していたものが最も高く、全りん茎が開花した。これに 25°C 貯蔵区が続き、93%のりん茎が開花した。20°C 貯蔵区の開花率は 60%にとどまった。また、30°C 貯蔵区では開花日も早く、4 月 8 日となった。ただ、30°C 貯蔵区での開花時の花茎長は、20 あるいは 25°C 貯蔵区と比べてやや短くなる傾向があった。

考 察

Allium oreophilum 'Zwanenburg' は、りん茎内で 3 枚の葉を分化した後に、その茎頂で花芽を分化することが明らかになった。*Allium* 属の花芽分化開始時期は種によって異なり、大きく分けて二つのタイプに分かれることが知られている。すなわち、*A. aflatunense* (Zimmer and Renken, 1984)、*A. christophii* (Kodaira et al., 2001)、*A. cowanii* (Kodaira et al., 1996a)、*A. giganteum* (Kodaira et al., 2001)、*A. moly* (Kodaira et al., 2001)、*A. rosenbachianum* (Yanagawa and Monji, 1993)、*A. stipitatum* (Kodaira et al., 2001) お

よび *A. zebdanense* (Kodaira et al., 2001) ではりん茎を掘り上げて室内で貯蔵中に花芽が分化するのに対し、*A. neapolitanum* (Kodaira et al., 2001)、*A. triquetrum* (Kodaira et al., 2000b) および *A. unifolium* (Kodaira et al., 1996b) では植え付け後の生育中に花芽が分化する。この点、本研究で取り扱った *A. oreophilum* ではりん茎を室内で貯蔵していた 9 月上旬に花芽分化が始まり、前者のタイプに属することが分かった。

ところで、前者のタイプのうち、*A. cowanii* (Kodaira et al., 1996a) では分化を開始した花芽が正常に発達して開花するために低温遭遇を必要としないのに対し、*A. aflatunense* (Zimmer et al., 1985) では分化を開始した花芽が発達し、花茎が正常に伸長して開花するのに 5°C の低温遭遇を必要とし、開花に対する温度反応に違いがみられる。この点、*A. oreophilum* の場合、加温開始時期を変えて開花への影響をみた実験 2 で、2 月 8 日まで戸外の自然低温に遭遇させても、その後、最低夜温を 10°C に維持した加温室に移すと開花率は 40%にとどまり、結局、加温することなく、戸外に置き続けたりん茎だけがほぼすべて開花した。大阪における戸外の平均気温は 12 月に入ると 10°C を割り、1 月上旬から 2 月上旬にかけて 5~6°C 付近まで低下する (Fig. 1) こと、前述のように *A. oreophilum* の自然条件下における花芽分化は 9 月上旬に始まり、2 月上旬には内雄ずい形成期に達している (Fig. 2) ことを考慮すると、分化を開始した花芽が正常に発達して開花するためには、10°C より低い温度にかなり長期間遭遇することが必要であると推察された。

一方、花芽未分化のにん茎を8月中旬から温度条件を変えて貯蔵した実験3において、10、15°C貯蔵したりにん茎ではほとんどが花芽分化することなく、20～30°Cで貯蔵したりにん茎で花芽分化が認められた。この結果から *A. oreophilum* の花芽分化は、*A. cowanii* (Kodaira et al., 2000a) および *Ornithogalum arabicum* (Shimada et al., 1995) と同様に比較的高温下で起こることが分かった。この場合、10、15°C貯蔵し、花芽未分化にとどまったりん茎では新たに2枚の肥厚したりん片状の葉をつけていたが、これは低温遭遇によって球形成の誘導を受けたことによるものと推察される。

また、実験4で予め20、25および30°Cで8週間貯蔵したりん茎を5°Cあるいは10°Cに8週間貯蔵したところ、10°C貯蔵したものでは前半の温度にかかわらず内雄ずい形成期に達し、5°Cのものより花芽の発達が進んでいた。ところが、これら10°C貯蔵したりん茎は、植え付けて最低夜温を10°Cに維持して栽培すると全く開花せず、むしろ5°Cで貯蔵していたりにん茎で開花が認められた。この結果は、花芽分化を開始した花序が正常に発達して開花に至るためには10°Cよりも、より低い5°C程度の温度に長期遭遇することが必要であることを示している。前述の *A. aflatunense* (Zimmer et al., 1985) の場合も8°C貯蔵では開花せず、5°C貯蔵で正常に開花することが明らかにされており、これら両種の開花に必要な温度領域において類似性がみられる。

なお、本研究ではこの5°Cの期間については検討していないが、この実験4の結果および前述の実験2で2月8日まで戸外に置いたりん茎では5°C以下となる温度に6～7週間遭遇していた (Fig. 1) にもかかわらず、不開花のにん茎が多く生じたことを考慮すると、5°Cの期間は8週間程度必要であるものと考えられる。

また、この実験4において、5°C貯蔵前に20°Cで貯蔵したりん茎では40%が開花せず、30°Cで貯蔵したりん茎はすべて開花した。この場合、植え付け時の花芽の発達は30°Cよりもむしろ20°Cで進んでいたことから、低温処理前の貯蔵温度は花芽の発達を直接的に促す20°Cよりもむしろ花芽の分化および発達を抑制する30°Cが適しているといえる。また、本実験に供試したりん茎は、実験を開始した8月13日までに自然高温をすでに受けていることを考慮すると、花芽が正常に発達して開花するためには、花芽の分化に先だってかなりの高温遭遇を必要とするものと推察される。

なお、本研究における温度処理において開花した株の1花茎当たりの小花数は、戸外で開花したものと比べ少なくなる傾向があった。しかし、実際栽培では、1花茎当たりの小花数が15花程度ついていると品質上問題ないとされており、Table 2に示されたように30°Cで8週間貯蔵し、その後5°Cで8週間貯蔵した場合に示されたように18小花がついていれば、十分に鉢物として利用できるものと考えている。

以上の結果、*Allium oreophilum* 'Zwanenburg'の早期開花をめざす場合には、8月中旬から25～30°Cの高温下で8週間、その後5°Cで8週間貯蔵し、12月上旬に植え付け、最低夜温を10°Cに維持した加温室で栽培すると、自然条件下のものより1カ月余り早く、4月上～中旬に開花させられることが分かった。

摘 要

1. *Allium oreophilum* 'Zwanenburg'の花芽分化は、9月上旬に茎頂で始まり、翌年の3月中旬に雌ずい形成期に達した後、5月中旬に開花した。

2. 時期を変えて戸外から最低10°Cの加温室に搬入した場合、2月上旬からの加温開始で開花個体がみられるようになり、花序の発達のために低温遭遇が必要であることが分かった。

3. 8月13日からりん茎を10、15、20、25および30°Cで8週間乾燥貯蔵したところ、貯蔵終了時の花芽の発達は20°Cで最も進み、高温ほど発達が遅れた。10および15°Cの低温下では花芽を分化せず、肥厚したりん片化した葉を2枚形成していた。

4. りん茎を8月13日から20、25あるいは30°Cで8週間乾燥貯蔵した後5°Cで8週間乾燥貯蔵した場合、貯蔵終了時の花芽の発達は、あらかじめ20°C貯蔵した区で最も進んでいたが、植え付け後、最低夜温を10°Cに維持して栽培した場合の開花率は60%と低かった。これに対し、25°C区および30°C区のにん茎では貯蔵終了時の花芽の発達は遅れていたものの、開花率が高まるとともに、4月上～中旬に開花した。

文 献

- Davies, D. 1992. Alliums— The Ornamental Onions. B. T. Batsford Ltd., London, pp 116.
- Kodaira, E., Mori, G., Imanishi, H. 1996a. Effects of temperature on the growth and flowering of *Allium cowanii* Lindl. (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 64: 891–897.
- Kodaira, E., Mori, G., Takeuchi, M., Imanishi, H. 1996b. Effects of temperature on the growth and flowering of *Allium*

- unifolium* Kellogg. (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **65** : 373-380.
- Kodaira, E., Mori, G., Takeuchi, M., Imanishi, H. 2000a. Effects of exposure of bulbs to high temperature on flowering of *Allium cowanii* Lindl. (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **69** : 214-220.
- Kodaira, E., Mori, G., Imanishi, H. 2000b. Effects of storage temperatures flowering of *Allium triquetrum* L. (Japanese text with English abstract) Environ. Control in Biol. **38** :47-50.
- Kodaira, E., Shimizu, K., Yamamoto, T., Adachi, F. 2001. Studies on the growth and flowering of bulbous plants. I. Growth and flowering in several species of genus *Allium* grown in the field. (Japanese text with English abstract) Bull. Jpn. Assoc. Bot. Gard. **35** : 169-177.
- Shimada, Y., Mori, G., Imanishi, H. 1995. Effects of temperature on the flowering of *Ornithogalum arabicum* L. (Japanese text with English abstract) J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. **64** : 617-623.
- Yanagawa, T., Monji, H. 1993. Growth and flowering of *Allium rozenbachianum* plants grown in field. (Japanese text) Annu. Rep. Res. Environ. Kyoto Univ. Educ. **1** : 123-128.
- Zimmer, K., Renken, M. 1984. Untersuchungen an *Allium aflatunense*. (German text with English abstract) Deutscher Gartenbau. **45** : 2204-2208.
- Zimmer, K., Walingen, M., Renken, M. 1985. Untersuchungen zur periodischen Entwicklung von *Allium aflatunense*. (German text with English abstract) Deutscher Gartenbau. **39** : 594-596.