フリージア ‘エレガンス’ の花芽分化に対する低温の後作用

本図竹司^{1*}・今西英雄^{2**}

¹茨城県農業総合センター園芸研究所 319-0292 茨城県岩間町

²大阪府立大学農学部 599-8531 堺市学園町

After-effect of Storing Freesia ‘Elegance’ Corms between 2 °C and 8 °C on Flower-bud Initiation

Takeshi Motozu^{1*} and Hideo Imanishi²

¹Horticultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center, Iwama, Ibaraki 319-0292

²College of Agriculture, Osaka Prefecture University, Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531

Summary

To examine the after-effects of low storage temperatures and elevated growing temperatures on flower-bud initiation and flowering in freesia, corms of ‘Elegance’ were potted and chilled at 2 °C for 6, 8 and 10 weeks, 5 °C for 5 and 6 weeks, or 8 °C for 3.5 and 4 weeks. The chilled corms, which were at the stages just before or after flower-bud initiation at the end of chilling, were grown at 22/18 °C or 26/22 °C (day/night). Although the shoot apex was vegetative at the end of the chilling period and growing at 26/22 °C was excessively warm for flower-bud initiation, only 30% of the corms chilled at 2 °C for 10 weeks, initiated flower buds after differentiating several leaves and flowered. At 22/18°C, those corms which received chilling treatments had not yet initiated flower buds at the end of the chilling period, but, nevertheless, all flowered earlier with smaller number of leaves than non-chilled plants. These results indicate that low temperature vernalizes corms, thus, promotes flower-bud initiation and flowering. When corms were potted, chilled at 5 °C for 4 and 5 weeks, were subjected to 30/26 °C for 1-3 weeks at stages before flower-bud initiation, and subsequently grown at 22/18 °C, the vernalizing effect of chilling was completely cancelled by 30/26 °C treatment. The reversal indicates that high temperature exposure just after chilling has a devernializing effect. The promoting effect of flower-bud initiation given by chilling was continued by subjecting plants to 18/14 °C for 3 weeks or longer before they were grown at 26/22 °C. We conclude from our results that exposing freesia corms to temperatures between 2 and 5 °C has a vernalizing effect, whereas exposing the chilled corms to high temperature, albeit a short period, has a devernializing effect.

Key Words: after-effect, chilling, flower-bud initiation, freesia, vernalization.

緒 言

バーナリゼーションは秋まき一年草や二年草に多くみられる現象であるが、ダッチアイリス (佐野, 1974; 月ら, 1991) やテッポウユリ (Weiler・Langhans, 1967), *Allium sphaerocephalum* (金子ら, 1995) などの球根植物にもみられる。これらに対し、フリージアにおける低温の役割はバーナリゼーションとしてではなく、花芽分化の適温として直接的に作用するといわれている (小西, 1972; 虎太ら, 2000)。

一方、本図ら (1999) はフリージアにおいて、花芽分化の適温域である 8-15 °C の温度範囲で、低温が花芽分化に

対し直接的に作用するだけではなく、開花株率、低温処理後の到花日数および花茎伸長に対して後作用を示すことを明らかにした。しかし、花芽分化の適温域より低い 5 °C 以下の低温の開花に対する後作用、すなわちバーナリゼーションとしての作用については検討していない。そこで、フリージアにおけるバーナリゼーションの有無を明らかにするため、5 °C 以下の低温がフリージアの花芽分化および開花に及ぼす後作用について検討した。

材料および方法

実験 1. 花芽分化および開花に対する低温の後作用

オランダ産の ‘エレガンス’ 球茎 (平均球重 7.1 g) を用いた。球茎は 1998 年 9 月 4 日に入手後、市販培養土 (Scotts 社製, Metro-Mix 360) を用いて 9 cm ポリエチレ

2002 年 8 月 6 日 受付. 2002 年 12 月 17 日 受理.

* Corresponding author.

** 現在: 東京農業大学

ンポットに5球ずつ植え込み、十分灌水した湿潤状態で2、5および8℃に制御した冷蔵室に搬入して低温処理を行った。処理期間は、2℃区では6、8、10週間、5℃区では5、6週間、8℃区では3.5および4週間とした。処理終了後に園芸用プランター(64×22×17 cm)に上記の培養土を用いて植え込み、26/22℃(昼温/夜温、以下同じ)および22/18℃に設定した自然光型人工気象室(小糸工業製、コイトロンS-308A)に搬入し、慣行に従って栽培した。1処理あたり20球を供試し、対照区は低温処理を行わず、9月4日に植え込んだ。

低温処理終了時には1処理あたり5球をサンプリングし、茎頂の発育状態を実体顕微鏡(オリンパス製、SDH-131)を用いて観察した。第1小花が開いた時点を開花とみなし、開花日を低温処理後の到花日数として記録し、あわせて葉数を調査した。実験開始から31週間経過後の1999年4月9日に、葉の黄化が顕著になってきたため実験を打ち切り、未開花株を抜き取って葉数を計測するとともに茎頂の発育状態を実体顕微鏡下で観察した。

実験2. 花芽分化および開花に対する低温効果の高温遭遇による消失

オランダ産の‘エレガンス’球茎(平均球重6.8 g)を用いた。1999年2月4日に入手した球茎が休眠状態であったため、今西ら(1986a)の方法に準拠して休眠打破処理(高温処理とエチレン気浴処理)を行い、休眠覚醒が確認できた4月7日に球茎を9 cmポットに植え込み、軒下で1週間の催芽処理を行った株を実験に供試した。

低温処理を4月14日から5℃で行い、4および5週間経過後、株を前述の園芸用プランターに植え込み、30/26℃に設定した自然光型人工気象室で4週間の低温処理区は1週間、5週間の低温処理区は1、2および3週間の高温処理を行った。その後、処理株を22/18℃に設定した自然光型人工気象室に搬入し、慣行に従って栽培した。その他実験方法の詳細は実験1と同じであった。

実験開始から約20週間経過した1999年9月3日に実験を打ち切り、未開花株を抜き取って実験1と同様の調査を行った。

実験3. 花芽分化および開花に対する低温効果の安定化

種子島産の‘エレガンス’球茎(平均球重4.7 g)を供試した。球茎を9 cmポットに植え込み、軒下で1週間の催芽処理を行った後、株を2000年9月8日に5℃に制御した冷蔵室に搬入し、4および5週間の低温処理を開始した。低温処理終了後に園芸用プランターに植え込み、18/14℃に設定した自然光型人工気象室に0~4週間おいた後、26/22℃の自然光型人工気象室に搬入し、慣行に従って栽培した。

実験開始から30週間経過した2001年4月7日に実験を打ち切り、未開花株を抜き取って葉数を計測するとともに茎頂の発育状態を実体顕微鏡下で観察した。

Stages of flower bud development	BR							
I		●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Chilling Period (Week)	(Week)	6	8	10	5	6	3.5	4
Temp. (°C)		2			5		8	

Fig. 1. Developmental stage of freesia ‘Elegance’ chilled at various temperatures for various periods. Chilling of corms started on 4 September 1998. The dots indicate the number of plants at each stage. ●: 1st floret on the main inflorescence. Stage I, vegetative; BR, outer bract visible in the first floret. The flower-bud initiated plants had approximately four leaves.

結 果

実験1. 花芽分化および開花に対する低温の後作用

低温処理終了時における花芽は、8℃4週間区のみ分化を始めていたが、それ以外の全ての処理区で未分化であった。なお、8℃4週間区で花芽分化が確認できた株の葉数は約4枚であった(第1図)。

これらの低温処理球を26/22℃で栽培すると(第1表)、2℃10週間区で30%の株のみが開花した。実験開始30週間後における未開花株の茎頂の発育状態は、2℃8および10週間区の一部の個体で苞葉が分化していたが、その他の株は全て未分化であり、葉数については未分化株の間では差がほとんどみられなかった。

一方、低温処理球を22/18℃で栽培すると(第1表)、全株が開花した。開花株の到花日数と葉数は、低温処理温度が同じであれば処理期間が長いほど、処理期間が同じであれば処理温度が高いほど少なくなる傾向がみられた。

実験2. 花芽分化および開花に対する低温効果の高温遭遇による消失

低温処理終了時における花芽の発達段階はすべて未分化であった。

それらの株を22/18℃で栽培すると(第2表)、高温処理を行わなかった処理区では低温処理期間の長短にかかわらず、実験開始約20週間後に全株で花芽形成あるいは開花がみられた。しかし、低温処理直後に30/26℃で高温処理を行うと未分化株の割合が増加し、4週間の低温処理後に1週間の高温処理を行った区では43%の株が、5週間の場合では高温処理1週間で32%、2および3週間処理でそれぞれ約76、77%が未分化株となった。また、低温処理後に高温処理を行うと、花芽が分化するまでに形成される葉数が増加した。

実験3. 花芽分化および開花に対する低温効果の安定化

低温処理終了時における花芽の発達段階はすべて未分化であった。

これらの低温処理球を26/22℃で栽培すると(第3表)、

Table 1. Effects of chilling temperature, its duration and growing temperature on flowering in freesia 'Elegance'.

Growing temp. (°C)	Chilling		Shoot apex		Days to flowering ^y (Mean ± SE)	No. of leaves (Mean ± SE)
	Temp. (°C)	Period (Week)	Category of development ^z	Occurrence (%)		
26/22	Control ^x		Vegetative	100	– ^w	22.8 ± 1.9
	2	6	Vegetative	100	–	20.3 ± 1.1
		8	Vegetative	95	–	18.9 ± 0.7
			Initiated	5	–	19.0 ± 0
	10		Vegetative	34	–	18.0 ± 1.8
			Initiated	36	–	19.1 ± 2.6
			Anthesis	30	124 ± 7.9	12.1 ± 2.0
	5	5	Vegetative	100	–	19.7 ± 0.5
		6	Vegetative	100	–	19.5 ± 0.7
	8	3.5	Vegetative	100	–	21.0 ± 0.8
		4	Vegetative	100	–	20.3 ± 0.7
22/18	Control ^x		Anthesis	100	201 ± 9.9	18.2 ± 1.0
	2	6	Anthesis	100	149 ± 7.7	13.7 ± 0.7
		8	Anthesis	100	118 ± 9.0	10.9 ± 0.7
		10	Anthesis	100	95 ± 7.2	9.6 ± 0.6
	5	5	Anthesis	100	142 ± 11.9	13.2 ± 1.2
		6	Anthesis	100	116 ± 9.7	11.2 ± 0.7
	8	3.5	Anthesis	100	141 ± 8.0	14.0 ± 0.9
		4	Anthesis	100	117 ± 8.8	12.4 ± 0.9
	8	3.5	Anthesis	100	141 ± 8.0	14.0 ± 0.9
		4	Anthesis	100	117 ± 8.8	12.4 ± 0.9

Corms were planted in containers just after chilling and were transferred to 22/18 °C or 26/22 °C (day/night).

^z Data were collected on 9 April 1999, 31 weeks after the start of chilling, by observing non-flowering plants under dissecting microscope.

^y Days from the end of chilling to flowering.

^x Without chilling treatments.

^w No flowering.

Table 2. Effects of period of high temperature treatment given just after chilling at 5 °C on flowering in freesia 'Elegance'.

Chilling period (Week)	Period of high temp. treatment (Week)	Shoot apex		No. of leaves (Mean ± SE)
		Category of development ^z	Occurrence (%)	
4	0	Initiated	100	16.8 ± 1.1
	1	Vegetative	43	18.9 ± 1.6
		Initiated	57	19.0 ± 1.8
5	0	Anthesis	100	13.8 ± 0.8
	1	Vegetative	32	19.3 ± 2.0
		Initiated	68	17.3 ± 2.2
		Vegetative	76	19.2 ± 1.0
	2	Initiated	24	19.0 ± 0
		Vegetative	77	19.8 ± 0.8
	3	Initiated	23	19.3 ± 0.5

Corms were planted in containers just after chilling at 5 °C and were transferred to 30/26 °C (day/night) for high temperature treatment, and then to 22/18 °C (day/night).

^z Data were collected on 3 September 1999 by observing non-flowering plants under dissecting microscope. Initiated: from the stage BR to just before anthesis.

Table 3. Effects of period of moderate temperature (18/14 °C) given after chilling at 5 °C on flowering in freesia 'Elegance'.

Exposing period (Week) at		Shoot apex		No. of leaves (Mean ± SE)
5 °C	18/14 (°C)	Category of development ^z	Occurrence (%)	
4	0	Vegetative	100	21.2 ± 0.7
	1	Vegetative	100	22.0 ± 1.4
	2	Vegetative	100	21.6 ± 2.7
	3	Anthesis	100	9.2 ± 0.7
	4	Anthesis	100	9.7 ± 0.6
5	0	Vegetative	100	21.0 ± 0.8
	1	Anthesis	25	10.0 ± 0
		Vegetative	75	22.0 ± 2.0
	2	Anthesis	86	9.2 ± 0.4
		Initiated	7	26.0 ± 0
		Vegetative	7	31.0 ± 0
	3	Anthesis	100	8.6 ± 0.5
	4	Anthesis	100	8.0 ± 0.8

Corms were planted in containers just after chilling at 5 °C and were transferred to 18/14 °C (day/night) for various period. Then plants were grown at 26/22 °C.

^z Data were collected on 7 April 2001, 30 weeks after the start of chilling, by observing non-flowering plants under dissecting microscope.

18/14℃の処理期間が長いほど開花率が高くなったが、5℃の低温処理期間が5週と長い場合は18/14℃の処理期間が短くても開花する傾向がみられた。開花日は、5℃の低温処理期間あるいは18/14℃の処理期間が長いほど早かった。葉数は、開花株と不開花株との間に明らかな差がみられた。開花株では低温処理期間が長いほど葉数が少なかったのに対し、不開花株では処理の影響がみられなかった。

考 察

フリージアにおける花芽分化が可能な温度の上限は、Heide(1965)が種子由来の株を、Berghoef(1990)が‘ブルーヘブン’を供試して21℃であることを示した。一方、‘ラインベルトゴールドイエロー’では24℃でも開花することや(Mansour, 1968), 28/23℃でも花芽を分化することが確認されており(阿部ら, 1967), 花芽分化の高温限界については品種間差異が大きい。実験1の対照区では26/22℃で生育を開始してから31週間後でも花芽が未分化であったことから、26/22℃は‘エレガンス’の花芽分化の高温限界を超えているものと考えられた。

この花芽分化が不可能である26/22℃で低温処理株を生育させると、低温処理終了時に花芽が未分化であった2℃10週間区で30%の株のみであったが、葉数が12.1枚で開花した。8℃4週間区では約4枚の葉数で花芽分化を開始しており、5~15℃で低温処理を行った阿部ら(1964, 1967)や本図ら(1999)の結果も考慮すれば、2℃の低温処理後に速やかに花芽が分化した場合、葉数が4枚を大きく上回ることはないと考えられる。したがって、この結果は低温処理後に26/22℃に移された後、ある程度葉分化を繰り返した後に花芽が分化し、開花に至ったことを示している。この事実は、花芽分化の適温よりもかなり低い2℃の低温を10週間受けたフリージアが、花芽分化の可能な限界温度を超えた高温条件(26/22℃)に移されても、低温の後作用によりその後花芽を分化し、開花し得る可能性を示すものである。また、低温処理後に葉分化を繰り返していることから、低温で花芽形成が抑制されていた結果でないことは明らかである。一方、低温処理終了時に半数以上の個体で苞形成期に達していた8℃4週間区の株を26/22℃で生育させると、葉数が20枚を超えていた31週間後であっても全株が未分化であった。これは、低温処理終了時に分化しかけていた茎頂分裂組織が26/22℃の高温に遭遇することにより、その後の分化が阻害され、再び葉分化が始まったものと考えられる。

花芽分化が可能である22/18℃で栽培した場合をみると、葉数および到花日数の比較により、8℃以下の低温処理が後作用として花芽分化や開花を促進することが明らかであり、花芽分化の適温域より低い2~5℃でも後作用として花芽分化を促進することが明らかとなった。ダッチアイリスの‘ウエジウッド’ではりん茎を8℃または13

℃で5週間貯蔵後に(佐野, 1974), ‘ブルー・マジック’では9~15℃で貯蔵後に(月ら, 1991), 花芽が未分化の段階で20℃に移すと花芽分化が早められる。このダッチアイリスでみられる低温の後作用はバーナリゼーションとされており(小西ら, 1988), フリージアでもバーナリゼーションが存在することが示唆された。また、ダッチアイリスでは5℃以上の温度しか花芽分化促進の効果が認められないのに対し(月ら, 1991), フリージアでは2℃でも低温としての効果があると考えられた。

実験2では、低温処理直後に高温に遭遇させた後、花芽分化の誘導効果が打ち消されることのない22/18℃で生育させたところ、4週間または5週間与えた5℃の低温によって得られた花芽分化の誘導効果は、30/26℃1週間の高温遭遇により打ち消されること、さらに高温遭遇の期間が長いほど打ち消し効果がより強くなることが明らかになった。このことは、低温処理によって得られた花芽分化の誘導効果が高温遭遇によって消失するディバーナリゼーションの現象が、フリージアにも存在することを示しているといえよう。

また、バーナリゼーションの効果は、低温遭遇後に15~20℃の温度に2~3週間おくと、その後に高温を受けても花芽分化の誘導効果は消失せず安定される(Bernierら, 1981)。そこで、実験3でこのバーナリゼーションの安定化について検討したところ、低温を受けた球茎を18/14℃に数週間おくと26/22℃で栽培しても安定して開花することが示され、低温によるバーナリゼーション効果が18/14℃に遭遇することにより安定化することが明らかになった。なお、実験の実施時期あるいは球茎の供給量との関係により、それぞれの実験で供試した球茎の産地と球茎重とが異なっているが、球茎の休眠が完全に破れた状態で供試しており、花芽分化に対する低温感応性に差異はないと考えられた(今西ら, 1986b)。

バーナリゼーションは植物が花芽分化の適温域より低い低温に遭遇し、その後花芽分化の有効限界以上の温度に移されると、移された時点では花芽が分化していなくても後に正常な花芽が形成される低温の後作用をいい、いったん花芽分化してからは栄養状態に戻ることはないといわれている(小西, 1972)。花芽分化開始直後に高温に遭遇すると発生するフリージアの奇形花序が栄養状態への逆転現象であることから、これまでフリージアでは低温が花芽分化の適温として直接的に作用するという説が支配的であった(小西, 1972)。一方、Mansour(1968)はフリージア球茎の5℃低温処理により開花時の葉数減少と開花が早まる効果を確認し、バーナリゼーションの存在を示唆していたが、その裏付けとなる花芽分化の観察等の詳細な調査は行っていなかった。しかし、本実験からフリージアにおいても、5℃以下の低温が後作用として花芽分化の誘導効果や開花に対する促進効果を持ち、高温によりその効果が打ち消されるディバーナリゼーション

ンの存在が明らかとなり、この低温の効果は小西 (1972) の定義するバーナリゼーションと考えてよいといえよう。

摘 要

フリージア‘エレガンス’を用い、花芽分化および開花に対する 8℃以下の低温の後作用を確認するため、球茎を湿潤状態で、2℃で 6, 8, 10 週間、5℃で 5, 6 週間、および 8℃で 3.5, 4 週間低温処理し、それらを 26/22℃(昼温/夜温)および 22/18℃で生育させた。2℃10 週間の処理を行ったものは低温処理終了時に花芽未分化であったが、26/22℃で生育中に葉分化を続けた後に花芽を分化し開花する株がみられた。また、花芽未分化の段階から 22/18℃に移して生育させた場合、いずれの低温処理株でも花芽分化と開花が早くなった。これらの現象は 2~8℃の低温が後作用として花芽分化を誘導したことを示している。5℃で 4 または 5 週間の低温処理により花芽分化が誘導された株を、30/26℃の高温に 1 週間以上遭遇させると、花芽分化の誘導効果が消失し、ディバーナリゼーションの作用が認められた。一方、18/14℃の涼温に 3 週間以上遭遇させると、バーナリゼーションの効果が安定した。これらの結果から、フリージアでは 8℃以下の低温がバーナリゼーションとして作用することが示された。

引用文献

- 阿部定夫・川田穰一・歌田明子. 1964. フリージアの開花促進に関する研究. 1 球根冷蔵, 植付け当座の温度ならびに休眠の影響について. 園試報. A3: 251-317.
- 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.
- Berghoef, J. 1990. The effect of air and soil temperature on assimilate partitioning and flower bud initiation of Freesia. Acta Hort. 266: 169-176.
- Bernier, G., J. Kinet and R. Sachs. 1981. Control by low temperature. In: The Physiology of Flowering. p. 69-81. CRC Press, Florida.
- Heide, O. M. 1965. Factors controlling flowering in seed raised freesia plants. J. Hort. Sci. 40: 267-284.
- 今西英雄・奥 安則・植村修二. 1986a. フリージア, ダッチ・アイリス及び黄房スイセンに対する種々のくん煙処理効果の比較. 園学雑. 55: 75-81.
- 今西英雄・植村修二・園田茂行. 1986b. フリージアにおける球茎の休眠程度と開花促進のための低温処理効果との関係. 園学雑. 54: 483-489.
- 金子英一・大島唯由・上田恭子・兼武耕一郎. 1995. アリウム‘丹頂’(Allium sphaerocephalum)の促成栽培. 熊本農研セ研報. 4: 30-39.
- 小西国義. 1972. 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.
- 小西国義・今西英雄・五井正憲. 1988. 花きの開花調節. p. 170-171. 養賢堂. 東京.
- Mansour, B. M. M. 1968. Effects of temperature and light on growth, flowering and corm formation in freesia. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 68: 1-76.
- 本図竹司・駒形智幸・市村 勉・浅野 昭. 1999. 低温処理温度の違いがフリージアの開花に及ぼす影響. 園学雑. 68: 1033-1037.
- 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.
- 虎太(今村)有里・土井元章・今西英雄. 2000. フリージア球茎に対する低温の花芽分化, 花芽発達と花茎伸長, 球茎形成への多面的作用について. 園学雑. 69: 115-117.
- Weiler, T. C. and R. W. Langhans. 1967. Determination of vernalizing temperatures in the vernalization requirement of *Lilium longiflorum* (Thunb.) cv. ‘Ace’. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93: 623-629.
- 月 徳・楠本晋一・今西英雄. 1991. ダッチアイリス‘ブルー・マジック’の促成栽培における切り花品質改善のための低温処理法. 園学雑. 59: 781-785.