

茨城農総七  
園研特報  
Spec. Bull. Ibaraki  
Hort. Res. Inst.  
No.1 2001

SPECIAL BULLETIN  
OF THE  
HORTICULTURAL RESEARCH INSTITUTE  
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

NO. 1  
March 2001

---

# 茨城県農業総合センター 園芸研究所特別研究報告

第 1 号  
平成13年3月

---

茨城県農業総合センター  
園 芸 研 究 所

茨城県西茨城郡岩間町安居3165-1

Ago, Iwama, Nishi-Ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan

Special Bulletin  
of the  
Horticultural Research Institute  
Ibaraki Agricultural Center

No. 1

March 2001

Studies on Improvement of Chilling Techniques for  
Increasing Yield of Cut Flowers with Good Quality in  
Freesia Forcing

Takeshi MOTOZU

Horticultural Research Institute  
Ibaraki Agricultural Center  
Ago, Iwama, Nishi-Ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan

フリージアの促成栽培における  
低温処理法の改善による  
切り花の安定生産に関する研究

本図 竹司

# 目 次

緒言	1
各章に共通する材料および方法	3
第1章 花芽の分化・発達過程の形態観察	5
第1節 低温処理中の花芽の分化・発達過程の観察	5
第2節 低温処理温度の違いが花芽の形態に及ぼす影響	5
第3節 花芽形成および開花に関する品種間差異	8
第4節 考 察	11
第5節 摘 要	12
第2章 低温処理温度と期間が開花に及ぼす影響	14
第1節 8～15℃の低温処理温度の違いが開花に及ぼす影響	14
第2節 開花に対する8℃以下の低温の後作用	17
実験1 開花に対する低温の後作用	17
実験2 高温遭遇による低温効果の消失	19
第3節 低温処理温度に対する反応の品種間差異	20
第4節 考 察	23
第5節 摘 要	25
第3章 高温障害の発生に関与する要因の解明	26
第1節 高温障害の形態分類	26
第2節 低温処理温度の影響	30
第3節 低温処理終了時の花芽の発達段階と高温遭遇温度・期間の影響	31
第4節 低温処理後の高温遭遇温度・期間と花序傾斜角との関係	33
第5節 低温処理後植え付け時の土壌条件の影響	34
実験1 土壌の種類の影響	34
実験2 土壌中の窒素濃度の影響	35
第6節 高温障害発生に関する品種間差異	36
第7節 考 察	37
第8節 摘 要	39
第4章 実際栽培における低温処理法の検討	40
第1節 10℃以下の低温を利用した低温処理法	40
実験1 9～10月出荷をめざす低温処理法	40
実験2 8℃の低温処理による茎葉の軟弱化防止	41

第2節 変温低温処理法の検討 -----	42
実験1 10℃低温処理前3週間の低温処理温度の影響 -----	42
実験2 10℃低温処理3週間後の低温処理温度の影響 -----	43
実験3 10℃低温処理前5週間の低温処理温度の影響 -----	44
実験4 10℃低温処理5週間後の低温処理温度の影響 -----	45
第3節 乾燥低温処理の利用 -----	46
実験1 10℃の乾燥低温処理期間が花芽形成に及ぼす影響 -----	46
実験2 10℃の乾燥低温処理を加えた低温処理法 -----	47
実験3 10℃の乾燥低温処理期間の限界 -----	48
第4節 低温処理中の最高・最低温度の較差の影響 -----	49
実験1 8℃を基準温度とした場合の最高・最低温度の較差の影響 -----	49
実験2 10℃を基準温度とした場合の最高・最低温度の較差の影響 -----	51
第5節 高温開花性品種の利用 -----	52
実験1 花芽の分化・発達 -----	52
実験2 開花特性 -----	53
実験3 低温処理法の検討 -----	54
第6節 考 察 -----	55
第7節 摘 要 -----	56
第5章 総合考察 -----	58
第6章 摘 要 -----	61
引用文献 -----	63
Summary -----	68

## 緒 言

フリージアの歴史は、オランダの植物学者 Burman によって、1768 年に南アフリカで採集された 2 つの原種から始まった。その後、19 世紀はじめまでに 5 種のフリージア原種が発見され、内 3 種はすでに園芸的に栽培されていた。そして、19 世紀を中心にヨーロッパで品種改良が積極的に行われ、*Freesia alba* の実生選抜系や、Ragionieri と F.N.Chapman とにより作出されたラジオネリー系（チャプマニー系）、さらに Van Tubergen によるチューベルゲニー系などいくつかの系統が生まれ、その一部はスーパージャイアンツ系（種子系フリージア）として発展した。その後、これら 3 系統間の交配がフランスの Bruggeman など多くの育種家によって行われ、その結果多くの品種が発表された (Mansour, 1968; Goldblatt, 1982)。第 2 次世界大戦後、育種の中心はオランダに移り、現在営利品種のほとんどはオランダの Van Staaveren, Wulfinghoff, Penning, Van Den Bos の 4 社によって育成されている (Smith・Danks, 1985; Doorduyn, 私信)。

日本には明治末期から大正初めにかけて、原種の *F. alba* や *F. corymbosa*、およびチャプマニー系が小笠原諸島に導入されたのが最初とされている。導入したのは「横浜植木」（現在の横浜植木株式会社の前身）とされている。その後第 2 次世界大戦までは、切り花は主に小笠原諸島で栽培されていたが、終戦とともにそれらの多くは住民とともに八丈島に渡り、切り花生産の拠点を築いた。昭和 33~34 年までは‘アルバ’や‘バターカップ’などが主に栽培されていたが、1946 年にオランダで発表され (KAVB, 1991)、1957 年に日本に導入された (川田ら, 1971) ‘ラインベルトゴールデンイエロー’の普及により栽培品種が一変した。‘ラインベルトゴールデンイエロー’はそれまでの品種にないボリュームと強健さで、ヨーロッパでもすでに 50%以上のシェアを占めていたが、この品種がこれらの特長に加えて冷蔵促成栽培に適する低温感応性を持っていたことから、日本でも急速に栽培を伸ばし、以後 30 年間主力品種であり続けた。

フリージアは、その甘い香りとしなやかな草姿が日本人の感性にあっていたとみえ、日本では人気の高い品目であり、1985 年には切り花で第 10 位（生産額）であった。その後も安定的に生産され、1996 年には栽培面積が 110ha に、生産額が 26 億円に達した (日

本花普及センター, 1998)。現在の栽培品種のほとんどが作出されたオランダでも人気品目のひとつであり、生産額で第 7 位となっている (Flower Council of Holland, 1998)。茨城県では花き生産が始まった当初から、切り花フリージアの、特に冷蔵促成フリージアの生産が多かった。現在、11 月から 2 月にかけての、東京中央卸売市場における茨城県産のフリージア切り花の取扱高は 31.7%に達しており、全国一のシェアを誇っている。同時に茨城県内においても主要切り花のひとつとなっている (茨城県, 1999)。

フリージアの出荷期を拡大する試みは、切り花生産の初期から農家段階でなされていたが、安定的に出荷期を拡大する技術は生まれず、開花調節法の確立が長い間切望されていた。そのため、国内の官公庁の研究機関を中心としてフリージアの開花調節に関する研究が始められた (阿部・川田, 1962; 新津, 1963; 阿部ら, 1964)。また、同じ頃海外でも開花調節について研究がなされていた (Harstema, 1962b; Heide, 1965)。当初は‘アルバ’を中心に、その後は‘ラインベルトゴールデンイエロー’を中心に、球茎の休眠や開花に対する温度反応についての研究が行われた結果、球茎の休眠は高温によって打破されることがわかり、オランダでは 30℃で 13~15 週間の高温処理による休眠打破法が、日本では 30℃4 週間の高温処理とくん煙（エチレン）処理とを組み合わせた休眠打破法が確立された (林, 1987)。また、球茎を湿潤状態で 10~12℃に保つと花芽が形成され、この低温処理球を植え付けることにより促成栽培が可能になった (阿部ら, 1964)。ただし、沖永良部島や八丈島で養成される国産球茎の掘り上げ時期が 5~6 月であるため、休眠打破処理後に速やかに低温処理を行っても、切り花は 10 月下旬が早期出荷の限界であった。さらに、10 月下旬に出荷するには 9 月中下旬に定植することが必要であったが、フリージアは低温処理後に高温に遭遇すると、本来第 1 小花基部から水平に屈曲する花序軸が直立する、“グラジオラス咲き花序”などの奇形花序が現れることが知られており、切り花の商品性を著しく低下させることが問題となっていた。この高温障害の発生を低減させるためには、定植時の花芽の発達段階を進めておくことが有効であり (林・相川, 1973)、実際栽培では低温処理期間を長くすることが励行されていた。しかし、低温処理期間を長くすると切り花長

が短くなり、別の意味で切り花品質が低下してしまう欠点があった。現在まで、これら2つの問題点を同時に解決する方法は見い出されていない。

一方、近年の品種は‘ラインベルトゴールドイエロー’よりボリュームの点で優るものが多く(CRS, 1994)、市場評価も高いため(VBN, 1995)、黄色では‘ラインベルトゴールドイエロー’から‘アラジン’に、白色では‘エレガンス’に、紫色では‘ブルーヘブン’に主力品種が代わった。その後、1992年からオランダ産球茎に対しては隔離検疫栽培が免除されたため、多くの球茎が輸入されるようになり(村井, 1996)、現在では100以上の品種が日本での隔離検疫栽培を行わずに輸入が可能になっている(Onings, 私信)。そのため、実際栽培では品種による低温感応性の違いが懸念され、品種に適した低温処理法の確立が切望されてきた。また、オランダでは周年にわたり球茎が生産されているため、オランダ産球茎の使用を前提とすれば、周年にわたって低温処理を行うことが可能である。しかし、品種に合わせた低温処理法の開発や、周年供給可能というオランダ産球茎の特長を利用した作型開発についての研究は全くなされていない。また、高温期栽培にみられる高温障害の発生については、これまで多くの研究がなされたとはいえ(阿部ら, 1964; 海基, 1979; 安井ら, 1983)、抜本的な解決策は未だ確立されていない。逆に、‘ブルーヘブン’などのような極めて高温障害の発生しやすい品種の出現によって、さらに深刻な問題となっている。

そこで本研究では、低温処理中の花芽の状態を詳細に観察し、低温処理温度の影響を花芽形成時から形態的に確認するとともに、低温処理時の温度と期間が花芽分化および発達に及ぼす影響について詳細に検討した。また、高温障害の発生に関与する要因を明らかにし、高温障害発生を回避しながら安定的な高品質の切り花生産を可能にする低温処理法を確立しようとした。さらに、近年の多品種化に対応するため、品種ごとの低温に対する反応や、高温障害の発生程度について検討し、品種に応じた適切な低温処理法を確立しようとした。

本論文のとりまとめにあたっては、園芸学会長でもある、大阪府立大学農学部教授・今西英雄博士より深甚なる御指導と御校閲とを賜った。また、同大学農学部教授・森源治郎博士ならびに同・池田英男博士には、有益かつ適切な御助言をいただいた。ここに謹んで深

謝の意を表するものである。

本研究および本研究の土台になった実験は、茨城県農業総合センター園芸研究所(岩間町)およびその前身である茨城県園芸試験場(阿見町)において、多くの方々の御協力を得て行われた。永井祥一副技師、柳原正之副技師をはじめとする農業総合センター施設課員諸氏、および花き研究室(花き部)臨時職員の方々には、長年にわたって供試切り花の栽培や実験結果のとりまとめに御尽力いただいた。また、元農業総合センター長・鈴木剛氏、同・菅原毅氏、同・柴田久志氏、元園芸研究所長・中垣史郎氏、同・下長根鴻博士および前同所長・浅野伸幸氏には、研究のとりまとめにあたって特段の御配慮と激励の言葉をいただいた。元園芸試験場花き部長・高津勇氏にはフリージアを研究するきっかけをいただいた。共同研究者である園芸研究所花き研究室・駒形智幸主任研究員、同・市村勉主任、前室長・浅野昭氏(現茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所長)はじめ、園芸研究所職員諸氏には研究の遂行およびとりまとめにあたって多大なる御支援をいただいた。また、走査型電子顕微鏡の操作にあたっては、生物工学研究所長・西村繁夫博士(現筑波大学教授)、同果樹花き育種研究室・高津康正主任研究員に懇切丁寧な御指導をいただいた。なお、本研究および本研究のきっかけになった実験には農業改良普及員の技術向上研修における課題として行ったものもあり、実験の遂行にあたっては宮城慎主任(現園芸研究所)、岩田一俊主任(現農業総合センター)、田場昭男主任(現大宮地域農業改良普及センター)、矢島めぐみ技師(現農政企画課)、藤井智子氏(故人)、楨原智子技師(現つくば地域農業改良普及センター)ら多くの研修生に御協力いただいた。

元野菜・茶業試験場花き部長・川田穰一博士および兵庫県立淡路農業技術センター主任研究員・宇田明博士には、研究のとりまとめにあたっての適切な御助言と、終始暖かい励ましの言葉をいただいた。また、研究の推進にあたって、茨城県フリージア研究会および竜ヶ崎花き組合の生産者の方々からは多くの有益な情報をいただいた。さらに、オランダ花き温室野菜試験場研究員・Joop C. Doorduyn氏、第一園芸株式会社・東條一哉氏には海外文献やオランダの情報の提供を、八丈ナーセリー・山下忠宏氏、清水園芸・清水克己氏には多くの供試球茎を提供していただいた。

ここに記して関係各位に感謝の意を表する。

# 各章に共通する材料および方法

## 1. 供試品種

特に品種間差異を検討する実験を除き、‘エレガンス’と‘ブルーヘブン’のいずれかを、あるいは両者を供試した。供試品種として両者を選んだ理由は、①実際栽培における現在の国内主力品種であり、今後しばらくの間も主力品種であると予想されること、②育成国であるオランダでも主力品種であるため、輸入球茎を用いることにより実験を行うことが随時可能であったためである。また、特に第1章と第2章とでは‘エレガンス’を、第3章と第4章とでは‘ブルーヘブン’を中心に実験を行った。これは、‘エレガンス’は若干晩生ではあるが極めて栽培しやすい品種であり、低温処理法の検討に適した品種であること、また、‘ブルーヘブン’は極めて高温障害が起こりやすい品種であり、高温障害の実験に最も適した品種であることを実際栽培農家から情報として得ていたためである。

## 2. 低温処理

低温処理は、特に記載した場合を除き、茨城県農業総合センター園芸研究所構内に設置されている冷蔵庫を利用して暗黒下で行った。また、球茎を市販培養土（Scotts製、Metro-Mix 360）を入れた9cmポットに5球ずつ植え込み、十分灌水した湿潤状態で行う低温処理法を、本研究を通じての常法とした。

## 3. 高温処理

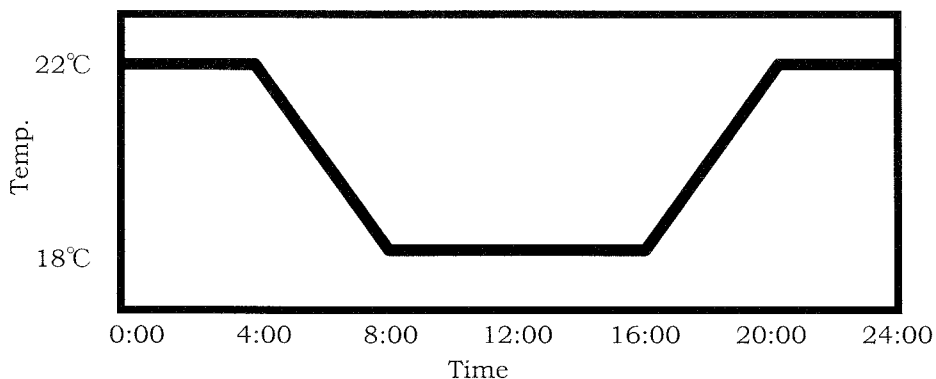
高温処理は、自然光あるいは人工光利用のグロース

キャビネット（小糸工業製、型式については各実験の材料および方法に記載）を用いて行った。人工光グロースキャビネット内の光量は、植物体直上で  $81 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、12時間照明に設定した。

なお、グロースキャビネット内の温度条件を表現する場合、“22/18℃”は昼温22℃夜温18℃を表した。また、特に記載がない限り、22℃および18℃にそれぞれ8時間連続で遭遇し、それぞれの間を、一方の温度から他方の温度に対し4時間で直線的に温度が変化していく設定プログラムで、グロースキャビネット内の温度を制御した（第1図）。

## 4. 茎頂部の観察

低温処理終了時あるいは高温処理終了時に、1処理あたり5球をサンプリングし、実体顕微鏡（オリンパス製、SDH-131）を用いて茎頂の状態を観察した。発達段階の区分は、多くの実験で未分化、外苞葉形成期、内苞葉形成期、三原基形成期、雄ずい・外花被形成期、内花被形成期、雌ずい形成期の7段階に分けたが、一部の実験では未分化、生長点膨大期、苞形成期、三原基形成期、雄ずい・外花被形成期、内花被形成期、雌ずい形成期の7段階に分類した。その際、林・相川（1973）に従い、原則として第1小花の状態をもって花芽の発達段階とした。また、第1章では特に詳細に観察するために、走査型電子顕微鏡（日本電子製、JSM-5400LV、以下SEM）を用いて花芽の観察を行った。SEMを用いた観察では試料の固定を行わず、実体顕微鏡下で茎頂部を露出後、速やかに生体のまま直接観察した。



**Fig. 1.** Program of regulating temperature at 22/18℃ (day/night) in growth cabinet.

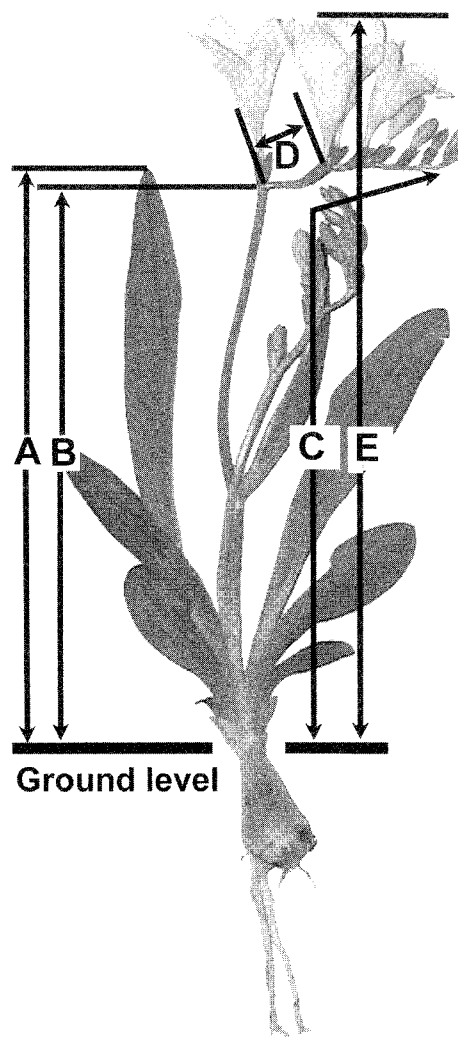


## 5. 処理株の栽培

低温処理や高温処理等の処理を行った株は、ガラス室やパイプハウス（プラスチックハウス）、あるいは高温処理で用いたものと同型のグロースキャビネットで栽培した。栽培夜温については実験ごとに記載した。施肥管理等の一般管理に関しては茨城県花き栽培基準（茨城県、1996）に基づき、これを慣行とした。

## 6. 開花時の調査

第1小花の内花被が開いた時を開花とし、その日を開花日として記録した。“到花日数”は特に記載がない限り、低温処理終了時から開花までの日数とした。また、開花株を地際で切り取り、切り花重、草丈、切り花長、花茎長、葉長、第1-第2小花間長、葉数、小花数などの切り花形質を測定した（第2図）。なお、明らかに実験の影響ではないと思われる不開花株については調査の対象から除外した。



**Fig. 2.** Method of measuring at flowering.  
A: Leaf length, B: Stem length, C: Cut flower length, D: Internode length, E: Plant height.

# 第1章 花芽の分化・発達過程の形態観察

フリージアは、低温処理中に花芽分化を開始し発達するため、温度の影響を調べる場合、低温処理や高温処理の終了時における花芽の発達段階を把握しておくことが必要である。これは長期にわたる多くの実験や他の報告（林，1971；今西ら，1986b）との比較検討を、正確かつ容易にするためにも必要なことである。一方、実際栽培では低温処理の効果を確認するため、低温処理終了時に花芽の発達を確認する作業が励行されている。フリージアの花芽形成については、*F. refracta alb a*の発達過程を詳細に図示したもの（小杉，1953）、温度条件が異なるが顕微鏡写真で表されたもの（Ravestijn・Doorduyn，1983）、詳細なSEM写真ではあるが発達途中に断続的に撮影されたもの（Fukai・Goi，1998）があるが、実際栽培農家の指標としては適するものがない状況にあった。そこで、これらの問題を解決するために、SEMを用いて低温処理中の花芽の発達段階を観察し、低温処理の影響を形態的に正確に把握するとともに、低温処理終了時の花芽発達段階の観察指標を作成しようとした。

また、低温処理時の温度が異なる場合、花芽の発達時の形態が異なることが予想されるが（Ravestijn・Doorduyn，1983；Fukai・Goi，1998）、それらを系統立てて検討した報告はない。低温処理の効果を正確に把握するためにも、処理温度の影響を形態的に確認しておくことが必要であるため、処理温度を変えた場合の花芽の発達状態を併せて観察した。

一方、促成栽培における開花の早晚について品種間差異があることは知られているが（本図・浅野，1993）、その早晚性に関与する要因については明らかにされていない。そこで、低温処理中の花芽形成における品種間差異を明らかにし、到花日数との関連を検討することにより、花芽形成の遅速と開花の早晚との関連を見い出そうとした。

## 第1節 低温処理中の花芽の分化・発達過程の観察

SEMを用いて10℃湿潤での低温処理中の花芽の形態を観察し、花芽形成を観察する際の基準となる指標を作成しようとした。

### 材料および方法

オランダ産の‘エレガンス’球茎（5.1g）を供試した。1994年8月下旬に入手した球茎を、9月1日に常法によりポットに植え込み10℃で低温処理を行った。低温処理中に適宜サンプリングし、実体顕微鏡下で茎頂を露出させ、生体の状態で直ちにSEMを用いて観察を行った。発達段階の区分はHartsema（1962a）およびMansour（1968）に従った。

### 結果

低温処理開始後3週間は茎頂に形態的な変化はみられず未分化のままであったが、4週目に花芽の分化が始まり、まず外苞葉が形成された。外苞葉形成後、内側に内苞葉が形成されるのとほぼ同時に花芽の中央がくぼんだ後、3つに分かれて三原基が形成された。この時期は低温処理開始後6週目であった。その後、3つの原基が内側と外側との2つの器官に分かれ、内側が雄ずい、外側が外花被に発達した。そして、8週目には外花被間に新しい器官が形成され、それが内花被となった。その後9週目には内部で雌ずいが形成され花芽が完成した（第3図）。

## 第2節 低温処理温度の違いが花芽の形態に及ぼす影響

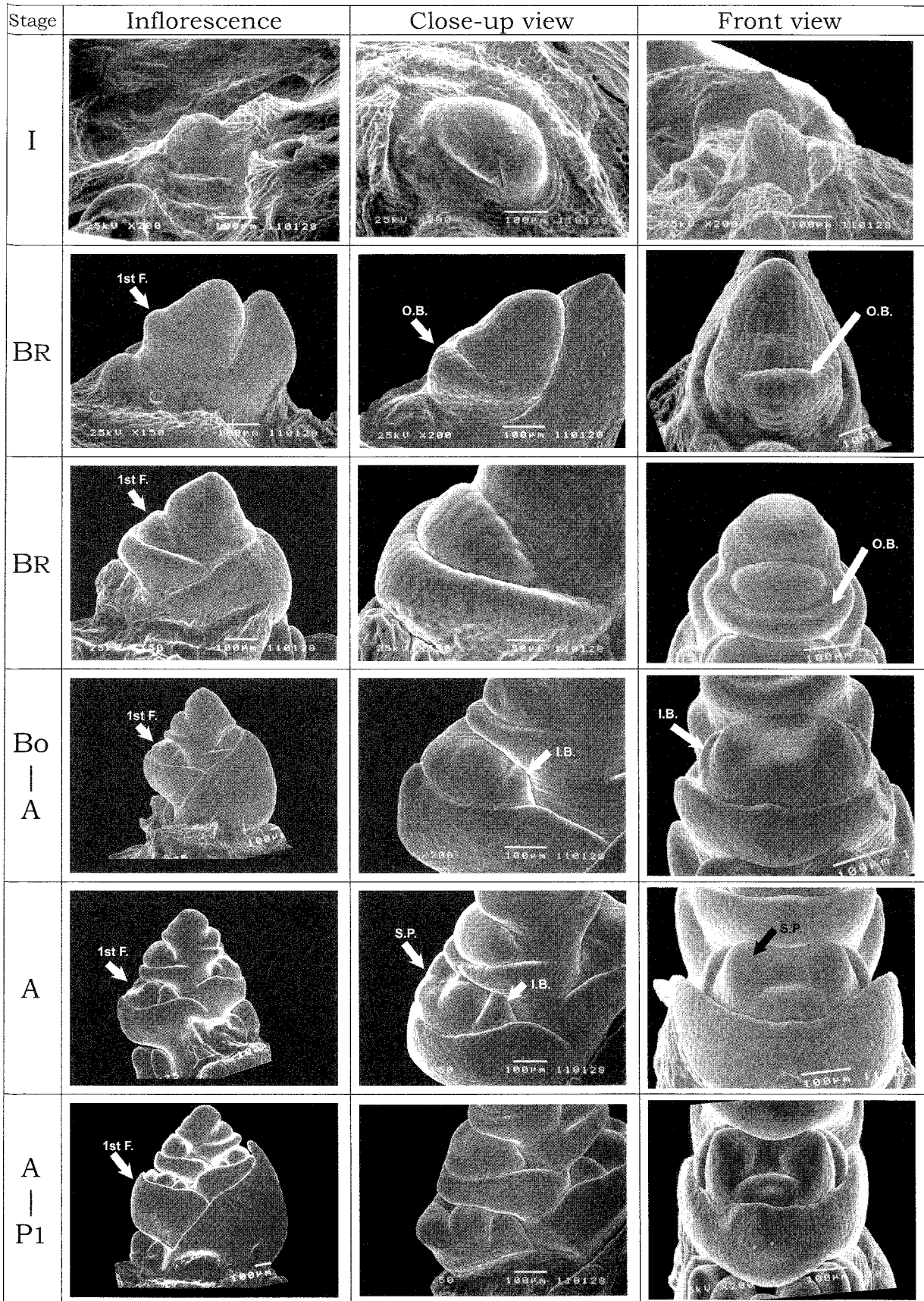
低温処理時の温度の影響を正確に把握するため、低温処理の温度を変えた条件下で花芽の形態的な変化を観察した。

### 材料および方法

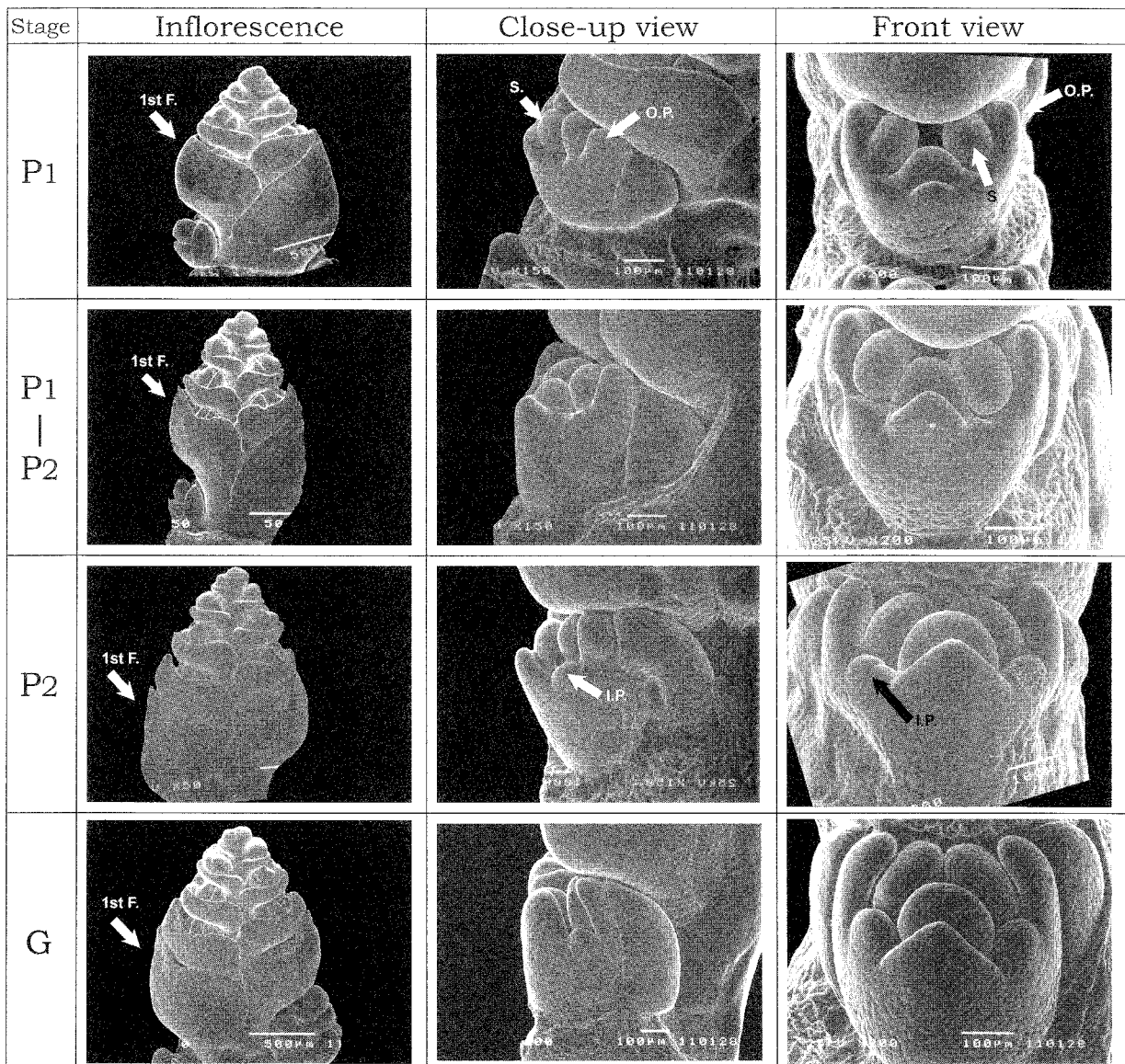
オランダ産の‘エレガンス’球茎（4.0g）を供試した。1994年8月下旬に入手した球茎を、9月28日に常法によりポットに植え込み、5、8、10、12、および15℃で低温処理を行った。低温処理中に適宜サンプリングし、実体顕微鏡下で茎頂を露出させ、生体の状態で直ちにSEMを用いて観察を行った。

### 結果

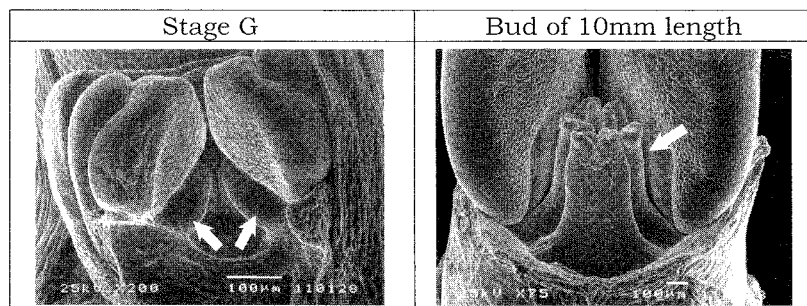
第1小花の発達段階を同一にして処理温度の影響を比較すると、低温処理温度が低いと小花間の間隔が長くなる様子が、逆に処理温度が高いと外苞葉が大きくなるとともに小花間の間隔が狭まる様子が観察できた。また、花序中の小花数は処理温度が高いほど多かった。



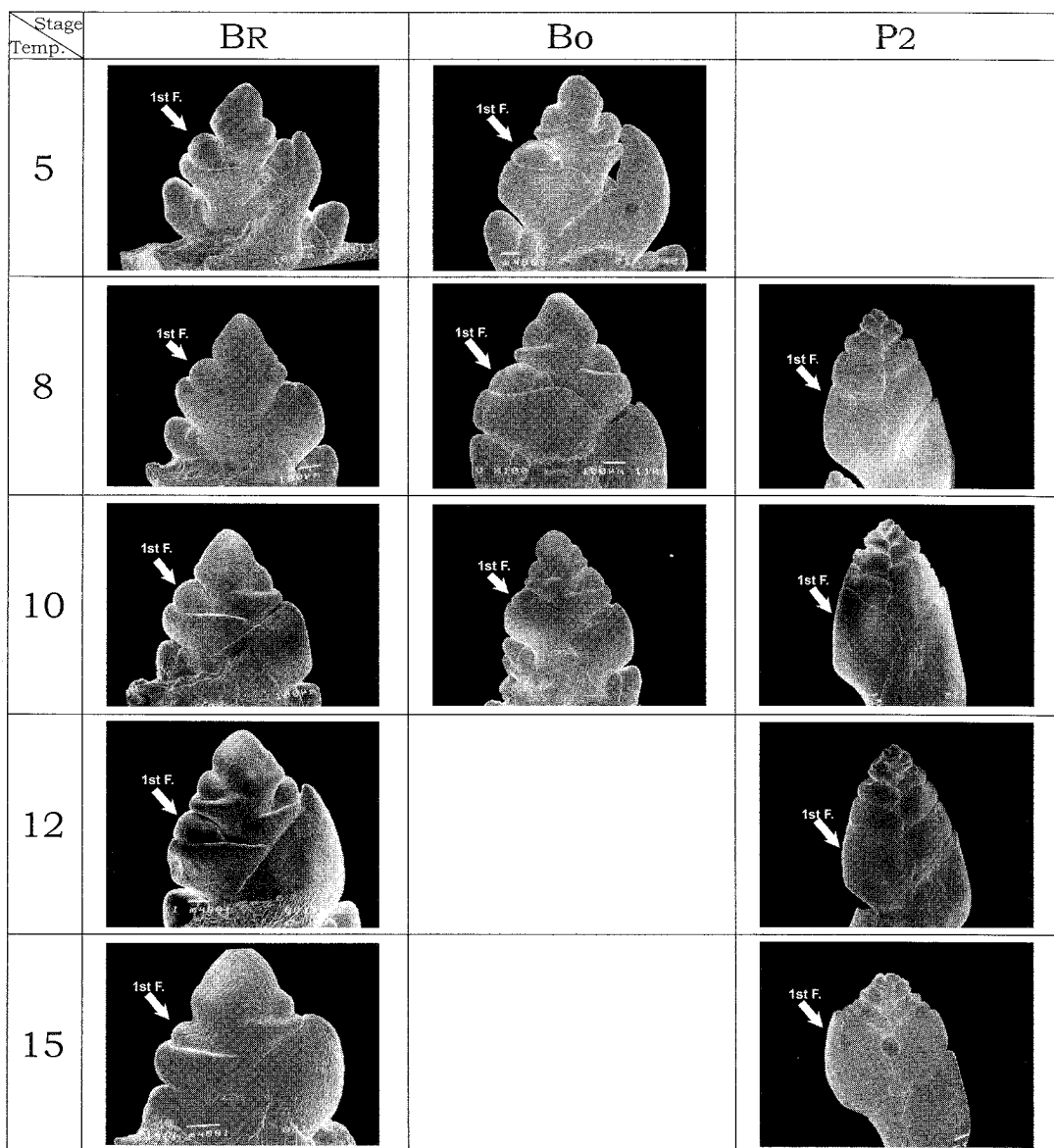
Continued on next page.



**Fig. 3.** Observation of development of flower bud from several views. 1st F.: 1st floret, O.B.: Outer bract, I.B.: Inner bract, S.P.: Stamen primordia, S: Stamen, O.P.: Outer perianth, I.P.: Inner perianth. In close up view pictures after A - P1 stage and in front view pictures after P1 stage, outer bract was removed. Stage: I, vegetative; BR, outer bract visible in the first floret; BO, inner bract visible in the first floret; A, three-primordia visible in the first floret; P1, stamens and outer perianth visible in the first floret; P2, inner perianth visible in the first floret; G, pistil visible in the first floret.



**Fig. 4.** Observation of pistil (arrow) in the first floret. Front parts were removed.



**Fig. 5.** Observation of flower-bud development at various chilling temperatures(°C).

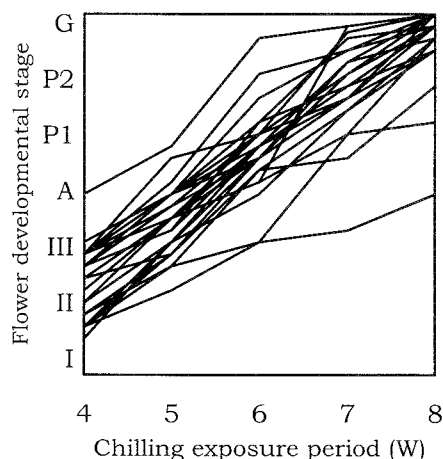
1st F.: 1st floret. Stage: See **Fig. 3.**

### 第3節 花芽形成および開花に関する品種間差異

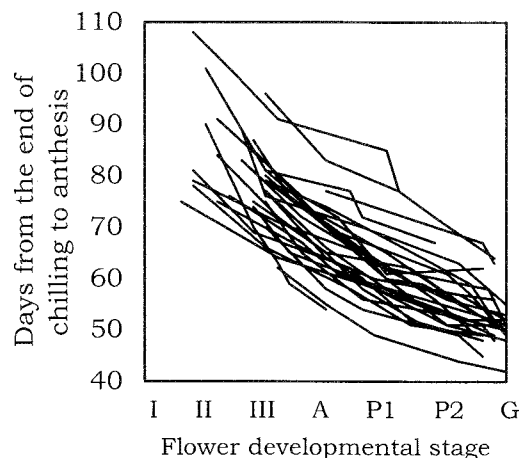
1992年からオランダ産フリージア球茎に対して隔離検疫栽培が免除されたため、新たに多くの品種を栽培することが可能になった。しかしながら、導入された品種には形態的な特性だけでなく、生態的な特性にも大きな品種間差異がみられた。特に低温処理に対する反応に関して大きな品種間差異がみられたことは、低温処理法をさらに複雑なものにすると予想され、実際栽培農家を困惑させていた。そこで、促成栽培における開花の早晩を決定する要因を明らかにするため、低温処理時における花芽形成の速さ、および到花日数に関する品種間差異を調査し、両者の関係を考察した。

### 材料および方法

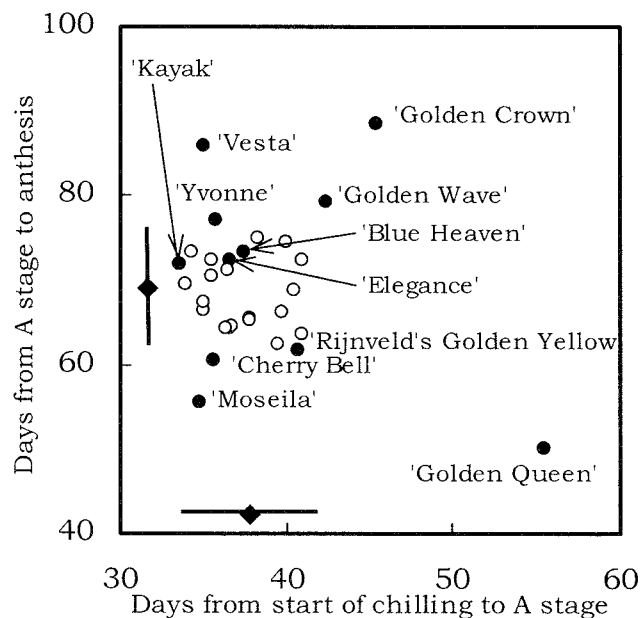
第1表に示した29品種を供試した。すべて八丈島産の球茎を用いた。8月上旬に入手後室温で貯蔵した球茎を、1991年8月12日から9月9日まで、1週間ごとに40球ずつ取り出して低温処理を開始した。低温処理は、9cmポットに球茎5球ずつを堆積土(赤土:牛糞堆肥=7:3)で植え付けたものを10°Cの湿润状態で行った。これら5回の低温処理をすべて10月7日に一斉に終了させ、栽培夜温15°Cに設定したガラス温室内に、1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。なお、低温処理終了時にはそれぞれの処理区における花芽の発達段階を、開花時には開花日を記録した。



**Fig. 6.** Effect of chilling period at 10°C on flower development of flower bud in freesia cultivars shown in **Table 1**. Corms were planted on October 7. Stage: I, vegetative; II, apical meristem enlarged; III, bracts visible in the first floret; A, three-primordia visible in the first floret; P1, stamens and outer perianth visible in the first floret; P2, inner perianth visible in the first floret; G, pistil visible in the first floret.



**Fig. 7.** Relation between flower developmental stages at the end of chilling and days from the end of chilling exposure to anthesis in 29 cultivars shown in **Table 1**. Stage: See **Fig. 6**.



**Fig. 8.** Relation between days from the start of chilling exposure to A stage, three-primordia visible in the 1st floret, and days from A stage to anthesis in 29 cultivars shown in **Table 1**. Square symbols (◆) indicate means and bars indicate SD.

**Table 1.** Regression equations and ratio of contribution ( $R^2$ ) between flower developmental stage and days from start of chilling or days from the end of chilling to anthesis.

Cultivar	Flower color	Flower type <sup>z</sup>	Flower developmental stage (y) and chilling period (x)		Days to anthesis (y) and flower developmental stage (x)	
			Regression equations	$R^2$ y	Regression equations	$R^2$ y
Aida	Purple	Double	$y = 0.17x + -2.6$	0.993**	$y = -4.51x + 83.5$	0.971**
Aladin	Yellow	Single	$y = 0.14x + -1.0$	1.000**	$y = -6.50x + 92.5$	0.888*
Amadeus	Purple	Single	$y = 0.14x + -0.8$	0.959**	$y = -6.70x + 100.2$	0.973**
Ankara	White	Single	$y = 0.15x + -1.8$	0.973**	$y = -6.87x + 102.1$	0.845*
Blue Heaven	Purple	Single	$y = 0.15x + -1.4$	0.988**	$y = -7.70x + 104.2$	0.912*
Cherry Bell	Pink	Single	$y = 0.13x + -0.8$	0.972**	$y = -6.13x + 85.1$	0.920**
Desert Queen	Yellow	Single	$y = 0.17x + -2.2$	0.969**	$y = -6.36x + 96.9$	0.942**
Elegance	White	Single	$y = 0.15x + -1.5$	0.993**	$y = -7.54x + 102.7$	0.941**
Florida	Pink	Single	$y = 0.13x + -0.5$	0.972**	$y = -6.75x + 90.8$	0.967**
Golden Crown	Yellow	Double	$y = 0.13x + -2.1$	0.947**	$y = -7.81x + 119.9$	0.931**
Golden Queen	Yellow	Double	$y = 0.07x + 0.3$	0.958**	$y = -18.42x + 124.0$	0.953**
Golden Wave	Yellow	Double	$y = 0.13x + -1.6$	0.967**	$y = -8.28x + 112.4$	0.879*
Grace	Yellow	Double	$y = 0.17x + -2.5$	0.970**	$y = -6.40x + 100.6$	0.909*
Kayak	Yellow	Single	$y = 0.15x + -0.8$	0.938**	$y = -6.78x + 99.1$	0.966**
Lydea	Pink	Single	$y = 0.16x + -1.8$	0.948**	$y = -5.71x + 87.3$	0.960**
Magdalena	Yellow	Single	$y = 0.14x + -1.2$	0.984**	$y = -6.16x + 89.2$	0.886*
Michelle	Pink	Single	$y = 0.20x + -3.8$	0.989**	$y = -4.28x + 79.8$	0.956**
Mosella	Pink	Single	$y = 0.14x + -0.8$	0.989**	$y = -5.12x + 76.2$	0.944**
Oberon	Red	Single	$y = 0.14x + -1.0$	0.995**	$y = -7.74x + 103.5$	0.997**
Rijnveld's Golden Yellow	Yellow	Single	$y = 0.17x + -3.1$	0.995**	$y = -6.75x + 90.8$	0.967**
Rosanova	Pink	Single	$y = 0.13x + -0.6$	0.992**	$y = -7.51x + 94.7$	0.968**
Sailor	Purple	Single	$y = 0.14x + -1.0$	1.000**	$y = -6.70x + 94.3$	0.946**
Snow-white	White	Single	$y = 0.15x + -2.1$	0.993**	$y = -6.48x + 94.9$	0.929**
Snowdon	White	Single	$y = 0.17x + -2.7$	0.972**	$y = -6.05x + 90.6$	0.981**
Tirana	Yellow	Single	$y = 0.17x + -3.0$	0.998**	$y = -6.10x + 86.3$	0.951**
Venus	Pink	Single	$y = 0.18x + -2.6$	0.938**	$y = -5.07x + 85.8$	0.957**
Vesta	Yellow	Double	$y = 0.13x + -0.7$	0.992**	$y = -7.98x + 118.0$	0.977**
Yellow Dream	Yellow	Single	$y = 0.14x + -0.8$	0.988**	$y = -7.41x + 100.2$	0.967**
Yvonne	Yellow	Double	$y = 0.15x + -1.1$	0.924**	$y = -4.57x + 95.6$	0.960**

<sup>z</sup> Flower type: Semi-double type was included in double type.

<sup>y</sup> Significance at \*,  $P=0.05$ , \*\*,  $P=0.01$

## 結 果

低温処理期間と花芽の発達段階との間には明らかな品種間差異がみられた。低温処理開始後4週目ですすでに三原基形成期にある品種や、あるいは苞形成期にも至らない品種など、品種により大きな違いがみられた。その後、花芽は処理期間にほぼ比例して発達したが、‘ゴールドエンキーン’のように発達が緩慢で、8週目でも三原基形成期に達していないものもあった(第6図)。

全29品種を通じた花芽の発達段階(y)と低温処理期間(x)との関係は、 $y=1.018x-1.443$  ( $R^2=0.835^{**}$ )の回帰式で表され、高い正の相関が認められた。また、それぞれの品種における同様の回帰式は第1表の通りであった。多くの品種では回帰式の傾きが0.12から0.17の間にあるが、‘ゴールドエンキーン’のみ0.066と特異的な値を示していた。

低温処理終了時の花芽の発達段階(x)と到花日数(y)の間にも、低温処理期間と花芽の発達段階と

の関係ほどではないものの、やはり高い相関がみられた(第7図)。なお、回帰式は第1表の通りであった。

これらの2種類の回帰式から、各品種における低温処理開始から三原基形成期までの期間、および三原基形成期から開花までの期間を算出した(第8図)。その結果、花芽の発達は早いが開花までの期間が長い品種や、花芽の発達が遅いが開花までの期間が短い品種など大きな品種間差異があり、これら両者の間に一定の関連は認められなかった。低温処理開始から三原基形成期までの期間については25品種が、三原基形成期から開花までの期間については22品種が平均値±標準偏差の範囲内であった。低温処理開始から三原基形成期までの期間について平均値±標準偏差の範囲からはずれた品種は、‘カヤック’、‘ゴールデンウエーブ’、‘ゴールデンクラウン’および‘ゴールデンクイーン’の4品種、三原基形成期から開花までの期間について平均値±標準偏差の範囲からはずれた品種は、‘ゴールデンクラウン’、‘ベスタ’、‘ゴールデンウエーブ’、‘イヴォンヌ’、‘チェリーベル’、‘モセラ’および‘ゴールデンクイーン’の7品種、両者ともに平均値±標準偏差の範囲からはずれた品種は、‘ゴールデンクラウン’、‘ゴールデンウエーブ’および‘ゴールデンクイーン’の3品種であった。また、低温処理開始から三原基形成期までの期間が平均値±標準偏差の範囲内ではあるが、‘ベスタ’も発達が早いが開花までの期間が長い品種として特異的であった。

各品種の小花の花色や花形と、発達の速さおよび開花までの期間との間には、一定の傾向がみられなかった(第1表)。ただし、供試品種の中で特異的な傾向を示した‘ベスタ’、‘ゴールデンクラウン’、‘ゴールデンウエーブ’および‘ゴールデンクイーン’は黄色系八重であり、これら4品種の間には花色と花形とが共通していた。

## 第4節 考 察

球根植物に対する低温の効果を判断するには、低温処理中の花芽の発達段階を基準にして考察を行う場合が多い(金子ら, 1995; 古平ら, 1996a, 1996b; 小池ら, 1991; 森・坂西, 1989, 1990; 森ら, 1991, 1992)。そこで本研究でも、低温の影響を考察する時には低温処理終了時の花芽の発達段階を基準にすることにした。また、実際栽培では低温処理の効果を確認するために、低温処理終了時に花芽の発達を確認する

作業が励行されている。第1節では、これらの比較検討を行う際の基準となる形態的な指標を作成しようとした。

小杉(1953)は、日本の施設内における自然温度条件下で生育させた株を用い、花芽の形成過程を未分化、花房分化、花がい形成、雄ずい形成、雌ずい形成、花粉・胚珠形成および開花の7つに区分し、実体顕微鏡下で詳細に観察し図示した。Hartsema(1962a)は分化開始から雌ずい形成期までをさらに細かく分け、未分化、茎頂膨大期、外苞葉形成期、内苞葉形成期、三原基形成期、雄ずい・外花被形成期、内花被形成期および雌ずい形成期の8つに区分した。Ravestijn・Doorduyn(1983)は、無加温施設内で生育させた‘パレリーナ’と‘オーロラ’を用い、花芽の発達過程を実体顕微鏡下で観察して写真に表した。Fukai・Goi(1998)は‘ラインベルトゴールデンイエロー’を供試し、低温処理中の花芽の発達過程をSEMを用いて観察し写真に表した。これらの結果によって花芽の発達過程を視覚的に判断することが可能になったが、小杉(1953)およびRavestijn・Doorduyn(1983)の結果は自然温度下で生育した株を用いたため、低温処理を行った場合とは花芽の形態が異なっており、低温処理を対象とした本研究では指標とならないことがわかった。また、Fukai・Goi(1998)の結果は低温処理中のものであり、詳細に調べているが、小杉(1953)が示した発達段階をすべて網羅しているわけではないため、本研究の指標としてばかりでなく、実際栽培農家が簡便に判断するための指標としても不十分と判断された。そこで、SEMを用いて低温処理中の花芽の発達段階を観察したところ、本研究における低温処理の効果を判断するための基準、および実際栽培では低温処理の効果を確認するための基準となる、形態的な指標を作成することができた。なお、SEMで観察すると内苞葉形成期から三原基形成期に至るまでの期間が短いことがわかり、両者を明確に区分する小杉(1953)やHartsema(1962a)の結果と異なった。これは、実体顕微鏡で観察した場合、三原基形成期の兆候である3つに分割し始めた部分が、光の反射によって見えにくくなっているためであろうと推察された。なお前述の通り、自然温度下で形成された花芽と低温処理中に形成された花芽とではその形態が異なっており、低温の効果を正しく判断するためには花芽の形態に及ぼす処理温度の影響を確認しておく必要があった。そこで、本研究で主に設定しようとした5~15℃



での低温処理中の花芽の形態を比較観察した。その結果、5~15℃の範囲では高温ほど苞葉が発達するのが観察された。この形態は Ravestijn・Doorduyn (1983) の観察結果と一致した。また、第1小花の発達段階を同一にして処理温度を比較すると、高温ほど小花数が多いことが確認でき、高温が小花の分化を促進していることが推察できた。一方、低温では小花間の間隔が長くなっているように見えたが、これは苞葉の発達が抑えられていることも大きな要因であると推察された。

開花の早晚についての品種間差異に関する報告の中で、花芽形成の速さに関して、あるいは花芽の発達状態を一定にした上での開花までの速さに関して品種間差異について検討した研究は、低温処理を行わない栽培法で実験を行った新津 (1963) の報告があるにすぎない。低温処理を利用する栽培型では、花芽の発達段階の微妙な差が到花日数や開花形態に大きな影響を与えるため (本図ら, 1992), 低温処理を利用する栽培型、いわゆる冷蔵促成栽培に新津 (1963) の結果を応用することにはやや無理があった。そこで、花芽形成の判断基準を細分化した上で、花芽の発達と到花日数との関係について検討した。

その結果、低温処理期間と花芽の発達段階との間には高い相関が認められた (第6図, 第1表)。ただし、フリージア球茎に対する低温処理では、処理開始後3週間ほど形態的な変化がほとんどみられない時期が存在する。このことから、得られた相関係数や回帰式は、あくまでも10℃での低温処理開始後4~8週間の間のみ適用できると考えられる。このことは到花日数についても全く同様にいえ (第7図, 第1表)、さらに茨城県の10月上旬に定植する作型の環境条件に限定すべきである。定植時の平均気温が17.9℃であり、花芽の発達段階によっては高温障害が起りやすい温度域であったことも考慮に入れなくてはならない

(Imanishi, 1993)。なお、定植時の花芽の発達段階を三原基形成期としたのは、茨城県における10月上旬定植の作型では、概ねこの発達段階で低温処理が終わる場合が多いためである (本図ら, 1992; 本図・浅野, 1993)。

低温処理開始から三原基形成期までの期間、および三原基形成期から開花までの期間との関係を第8図に示した。三原基形成期から開花までの期間では、実測値自体が大きいためか品種による開きが大きかった。このことは、低温処理開始から開花までの日数に対しては、低温処理中の花芽の発達に要する期間よりも、

低温処理以降開花までに要する期間の影響がより大きいことを示している。つまり、開花の早晚に関しては低温処理後の日数によって決定される割合が高いと思われる。これらの事実は同時に、10月上旬定植の栽培型において、品種ごとの低温処理後の到花日数に留意して品種を選定しなければ、目的とする時期には出荷できないことを示している。近年導入された品種群では、これまでの主力品種であった‘ラインベルトゴールデンイエロー’より花芽の発達が早い品種が多く、これまでより低温処理期間が短くてよいことを示唆している。しかし、これらの品種群では到花日数が長い品種が多いため、12月下旬を出荷限界とした場合、‘ラインベルトゴールデンイエロー’と同じ低温処理期間で10月上旬に植え付けると、30%以上の品種が間に合わない結果となる。高温障害を起こさずに安定的に出荷するには9月より10月に植え付けた方がよいため (新津, 1972), 定植時期は本実験より1週間しか早められない。したがって、多くの品種を12月下旬より前に出荷するには、休眠を早く破り、低温処理期間を延長することが実用的な方法といえよう。

また、実験に供試した29品種の中で、花芽の発達は早いが開花までの期間が長い品種‘ベスタ’、開花までの期間は短いが発達の遅い品種‘ゴールデンクィーン’、そして、両者とも長い品種‘ゴールデンウエーブ’および‘ゴールデンクラウン’の4品種が特異的な値を示した。これらの品種はすべて黄色系八重の品種である。フリージアには黄色系の原種が多くあり (Goldblatt, 1982), 八重咲き形質の獲得に多くの原種を交配親に利用したことが想像されるが、詳細はわからず、花芽発達の遺伝性の解析とその利用が今後の課題といえよう。

## 第5節 摘 要

SEMを用い、低温処理中の花芽を発達段階別に観察し、低温処理の影響を形態的に正確に把握するとともに、低温処理終了時の花芽観察の指標を作成しようとした。また、低温処理中の花芽形成に関する品種間差異を明らかにし、到花日数との関連を検討することにより開花の早晚に関与する要因を見だし、品種による開花特性の違いを明らかにしようとした。

SEMを用い、10℃湿潤で低温処理した‘エレガンス’の茎頂部を経時的に観察したところ、4週目に花芽の分化が始まり、外苞葉、内苞葉を形成した後、6週目に雄ずいと外花被に分化する三原基を形成し、8

週後に内花被形成期，そして9週後に雌ずい形成期に達するのが認められた。また，5～15℃の範囲で低温処理を行い，第1小花の発達段階が同一の条件下で花芽形成過程を観察したところ，処理温度が高くなるほど小花数が多くなり，各小花間の間隔が狭まるとともに苞葉が大きくなることが認められた。

29品種を用い，10℃湿潤で低温処理を行って花芽の分化・発達に関する品種間差異を調べたところ，低温処理期間と花芽の発達との間，ならびに低温処理終

了時の花芽の発達段階と到花日数との間には高い相関があった。これらの関係の回帰式を求め，三原基形成期を低温処理終了時と仮定して得られた低温処理期間と到花日数との間には大きな品種間差異が認められた。これらの中で，花芽の発達と到花日数とで特異性を示した‘ベスタ’，‘ゴールデンクラウン’，‘ゴールデンウエーブ’，および‘ゴールデンクィーン’の4品種は黄色八重であることが共通していた。

## 第2章 低温処理温度と期間が開花に及ぼす影響

10℃による低温処理法の確立によりフリージアの促成栽培が可能になったものの(阿部ら, 1964; 川田ら, 1971), 高温期の作型では開花株率の低下や高温障害の発生, さらには切り花重や切り花長の減少などによる経営の不安定化や切り花の商品性の低下が避けられず, 実際栽培において大きな問題となっていた。また, 促成栽培で国産球茎を利用する場合, 休眠覚醒時期が7月下旬以降になるため低温処理もそれ以降に行わなければならない, また早期に出荷するには花芽形成が比較的早い10℃で処理を行なう必要があった。しかし, 周年にわたり球茎を利用することが可能なオランダ産球茎に対して, 1992年から隔離検疫栽培が免除されたため, 低温処理の開始限界時期がなくなった。そこで, 異なる低温処理温度が開花に及ぼす影響を詳細に検討し, これまで行われてこなかった長期間の処理を必要とする, 8℃以下の低温を利用した低温処理の可能性について探ろうとした。

また, 慣行的に行われている低温処理法は, 主に‘ラインベルトゴールドンイエロー’を用いて確立されたものであるが, オランダ産球茎の利用により多品種化が進んだため, 品種に応じた適切な低温処理法の確立が望まれている。そこで, 異なる温度条件下における, 低温処理に関する品種間差異について検討し, 品種にあわせた低温処理法も併せて確立しようとした。

### 第1節 8～15℃の低温処理温度の違いが開花に及ぼす影響

低温処理の温度を変えて同じ花芽の発達段階で処理を終え, その後, 自然低温に遭遇させない同一の生育適温条件下で栽培した場合, 低温処理時の温度が到花日数や切花の品質に対して, どのような影響をもたらすかについては定かでない。そこで本実験では, 8～15℃の範囲における低温処理温度の違いが生育・開花に及ぼす影響について詳しく調べた。

#### 材料および方法

オランダ産の‘エレガンス’(7.5g)および‘ブルーヘブン’(6.2g)の球茎を用いた。球茎入手後, 常法により1996年9月11日にポットに植え込み, 灌水後5, 8, 10, 12および15℃暗黒で湿潤に保ち低温処理を行った。低温処理開始時および処理中に, 1

回につき5球ずつを供試し, 実体顕微鏡下で花芽の観察を行った。低温処理開始後3週目からは少なくとも週に1回観察を行い, 第1小花が三原基形成期, 雄ずい・外花被形成期, 内花被形成期および雌ずい形成期に達した時点で低温処理を終了し, 家庭園芸用プランタ(64cm×22cm×深さ17cm)に40球ずつ植え替え, 24/18℃に制御された自然光グロースキャビネット(コイトロンS-308A)に搬入して開花をみた。使用した市販培地には, あらかじめ容積100ml当たり水溶性無機チッ素が3.75mg, リン酸が8mgおよびカリが12.3mg含有されており, それらを基肥として利用し, 追肥を行わず管理した。開花時に開花日を記録するとともに地際で切り取って, 切り花重, 切り花長, 第1-第2小花間長および小花数を測定した。開花調査には1区40球を供試した。

## 結 果

5℃の低温処理区については, 処理開始後13週間を経過しても三原基形成期に達しなかったため, 実験を中止して花芽の観察のみを継続した。その結果, 両品種ともに雌ずい形成が認められるまでに20週間もの長期間を要した。また, ‘ブルーヘブン’では長期間の5℃処理中に茎基部に新球茎を形成し始め, 試みに第1小花が雌ずい形成期に達した株をグロースキャビネットに搬入すると急速に新球茎が肥大し, 茎葉の伸長は緩慢となり, 全個体が不開花となった。‘エレガンス’では5℃処理中に新球茎の形成は観察されなかったが, グロースキャビネットに移すと速やかに茎基部に新球茎を形成し始め, 21%の株しか開花しなかった。そのため, 以下では5℃区を除いた結果について述べる。

#### 1) ‘エレガンス’

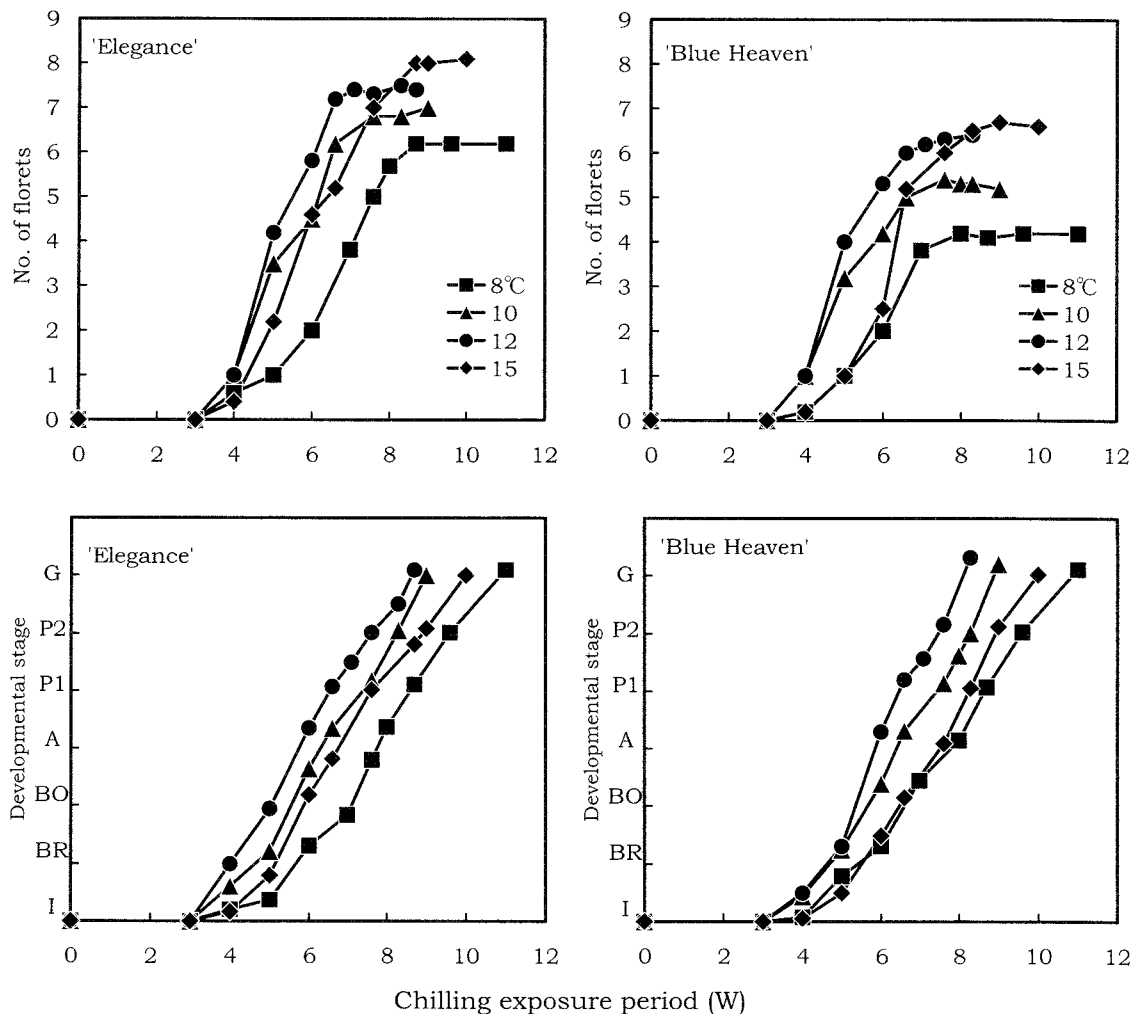
花芽の分化開始は10, 12℃区が8, 15℃区に比べ若干早く, 低温処理を開始して4週間目に認められた。各温度下で三原基形成期, 雄ずい・外花被形成期, 内花被形成期および雌ずい形成期の各発達段階に達するのは12℃が最も早く, これより高温, あるいは低温で遅れた(第2表, 第9図)。また, 低温処理中の小花数の増加は12℃区で最も早く停止し, 次いで10℃区, 最後に15℃区と8℃区とではほぼ同時期に小花数の増加が停止した(第9図)。分化した小花数は処理温度が高いほど多かった。なお, 花芽を分化した株の低温

処理終了時における平均全分化葉数は、8℃区では8.6枚、10℃区では8.8枚、12℃区では8.8枚、15℃区では8.9枚であり、処理温度間に有意な差が認められなかった（データ省略）。

開花株率は、15℃で低温処理を行った場合に、低温処理終了時の花芽の発達段階にかかわらず低くなった（第2表）。また、12℃に三原基形成期までおいた場合でも開花株率が低くなった。到花日数は、処理温度が8～15℃の範囲では高いほど長くなる傾向がみられた。

切花重は、いずれの処理温度においても、低温処理終了時の花芽の発達段階が進んでいたものほど軽くなった。処理温度が違って花芽の発達段階が同じであれば切花重に大きな差はみられないが、雌ずい形成期

まで低温処理したものでは高温区で軽くなる傾向がみられた。切花長は、低温処理終了時の花芽の発達段階が進むと8℃区と10℃区とで短くなったが、12℃、15℃区ではそのような傾向はみられなかった。低温処理終了時の花芽の発達段階が同じもの同士で処理温度間の比較をすると、15℃区では他の温度区のものより切花長が短くなる傾向が認められた。花下がりの指標とされる第1-第2小花間長は、三原基形成期と雌ずい・外花被形成期に低温処理を終了したものでは、処理温度が高いほど長くなった。小花数は、処理終了時の花芽発達段階が進んでいるほど少なくなり、三原基形成期および雌ずい・外花被形成期まで15℃で処理した場合を除き、処理温度が高かったものほど小花数が増加した。



**Fig. 9.** Development of the first floret (lower) and number of florets (upper) of 'Elegance' and 'Blue Heaven' chilled at various temperatures. Chilling of corms started on 11 September just after imported from Holland. Data were indicated by the average of five replicates. Stage: See Fig. 3.

**Table 2.** Effects of chilling temperatures and stages at the end of the chilling on flowering of 'Elegance' and 'Blue Heaven'.

Developmental stage <sup>z</sup>	Chilling temp. (°C)	Days to reach each developmental stage	Flowering (%)	Days from the end of chilling to flowering	Cut flower		Inter-node length (cm)	No. of florets
					weight (g)	length (cm)		
<b>'Elegance'</b>								
A	8	47	100	48	19.8	50.3	1.3	9.1
	10	38	100	52	21.4	48.8	1.4	10.2
	12	33	75	62	21.5	42.4	2.1	10.8
	15	38	81	71	20.5	38.5	4.1	8.4
P1	8	52	100	45	18.9	48.6	1.2	7.7
	10	44	95	47	21.1	47.9	1.2	8.6
	12	38	100	58	18.3	45.5	1.5	10.3
	15	44	83	63	19.3	41.9	2.6	9.6
P2	8	59	97	41	16.4	46.8	1.3	7.1
	10	50	100	44	16.6	41.5	1.1	8.4
	12	44	95	52	16.2	45.3	1.3	9.3
	15	55	71	55	14.5	39.3	1.5	9.7
G	8	68	100	38	14.7	39.2	1.1	7.3
	10	55	100	43	14.2	43.1	1.1	8.1
	12	52	100	48	12.5	43.6	1.0	8.8
	15	61	81	54	10.9	35.5	1.2	9.1
Significance <sup>y</sup>	Stage	**	NS	**	**	NS	NS	NS
	Temp.	**	**	**	NS	*	NS	*
<b>'Blue Heaven'</b>								
A	8	47	85	45	20.6	30.7	4.7	6.2
	10	38	71	50	21.0	19.7	5.5	6.5
	12	33	37	59	21.2	10.3	5.8	6.4
	15	44	45	62	19.9	14.6	6.2	9.0
P1	8	52	86	43	16.2	30.1	3.9	6.0
	10	47	86	39	19.1	24.3	3.8	6.4
	12	38	72	51	19.9	14.1	4.7	7.1
	15	50	64	55	17.6	13.4	3.7	7.4
P2	8	59	96	39	13.0	28.4	3.0	5.6
	10	50	100	37	18.7	26.5	3.4	6.4
	12	44	80	45	18.1	23.3	3.5	7.2
	15	55	42	54	16.4	15.6	3.8	7.6
G	8	68	100	35	11.3	27.0	2.5	4.6
	10	55	92	37	13.4	27.5	2.3	6.2
	12	50	82	40	16.6	22.6	2.8	7.4
	15	61	39	47	13.3	18.0	2.9	7.8
Significance <sup>y</sup>	Stage	**	NS	**	**	NS	**	NS
	Temp.	**	**	**	**	**	NS	**

<sup>z</sup> Stage at the end of chilling exposure, i.e. at planting and see footnotes in **Fig. 3**. Corms were taken out at these stages from chilling and then grown in a growth chamber maintained at 24/18°C(day/night) after planting in container(64×22×17cm).

<sup>y</sup> NS: No significance, \*: P≤0.05, \*\*: P≤0.01

なお、花芽の発達段階とは無関係に、処理温度が 10、12 および 15°C では、処理期間が 38 日および 44 日でそれぞれの温度区に等しい場合があるので、処理期間を等しくした条件下での処理温度の比較が可能である。これらでは、処理温度が高くなるにつれて切花長および開花率は小となり、到花日数および第 1-第 2

小花間長は大きな値を示した。ただし、切花重は処理温度の影響を受けず、低温処理終了時の花芽発達段階が進んでいるほど軽くなった。

## 2) 'ブルーヘブン'

低温処理中における花芽の分化開始時期、発達の速

さ、小花数および小花数の増加停止時期と処理温度との関係は、‘エレガンス’とほぼ同様の傾向を示した(第9図)。

15℃で低温処理するとほぼ半数の個体で不開花となり、他の温度区でも‘エレガンス’に比べてアボーションが多く発生し、開花株率は低くなった(第2表)。12℃以下の温度では低温処理終了時の花芽の発達段階が進んでいるほど開花株率は高くなり、8、10℃では少なくとも内花被形成期に達するまで処理すると高い開花株率が得られた。

その他の調査項目については‘エレガンス’とほぼ同様の傾向を示したが、花芽がどの発達段階にあっても切花重が10℃区あるいは12℃区で最大になること、小花数では処理温度が高くなるにつれて増加すること、また、第1-第2小花間長が花芽の発達段階が進んだものほど短くなることにおいて異なっていた。

以上の結果から、花芽分化の適温域である8~15℃の温度範囲では、低温は小花数に対しては直接的な作用として影響するが、開花株率、到花日数および花茎伸長に対しては、後作用として作用することがわかった。

## 第2節 開花に対する8℃以下の低温の後作用

第1節において、花芽分化の適温域である8~15℃の温度範囲で、開花株率、到花日数および花茎伸長に対して、低温の後作用がある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℃以下の低温条件においては、開花に対する低温の後作用の存在について検討していない。そこで、この点を明らかにするため、8℃以下の低温条件における、フリージアの花芽分化および開花に対する後作用について2つの実験を行った。

### 実験1 開花に対する低温の後作用

#### 材料および方法

実験にはオランダ産の‘エレガンス’球茎(7.1g)を用いた。球茎入手直後の1998年9月4日に、常法によりポットに植え込み、2、5および8℃に制御した冷蔵庫に搬入し、十分灌水した湿潤状態で低温処理を開始した。処理期間は、2℃区では6、8、10週間、5℃区では5、6、7週間、8℃区では3.5、4、4.5週間と

した。低温処理終了時に1処理あたり5球をサンプリングし、実体顕微鏡を用いて茎頂の状態を観察した。処理終了後に、家庭園芸用プランタ(64cm×22cm×深さ17cm)を用い、1処理あたり20球を植え込み、22/18℃および26/22℃に制御した自然光グロースキャビネット(コイトトロンS-308A)で慣行に従って栽培し開花をみた。全ての植え込み用土として市販培養土を使用した。なお、対照区として低温処理を全く行わない区を設けた。

開花時には、到花日数と葉数および開花株の花序の形態を調査した。花序の形態は第3章第1節で後述するように、第1小花より上位に側枝が発生した“異常花序”、花序軸が直立した“グラジオラス咲き花序”および花序軸がほぼ水平な“正常花序”に分類した。なお、実験開始から31週経過後、葉の黄化が顕著になってきたため実験を打ち切った。その時点で未開花株を抜き取り、葉数を計測するとともに茎頂の状態を実体顕微鏡下で観察した。

## 結 果

低温処理終了時における花芽の発達段階は、8℃区では処理開始4週間後に一部の個体で花芽が分化し始め、4.5週間後には全ての個体で外苞葉形成期に達していた(第10図)。5℃区では8℃区よりも花芽の分化開始に時間を要し、7週間後に花芽が分化し始めた。また、2℃区では10週間を経過しても花芽が分化していなかった。なお、花芽分化が確認できた株の葉数はいずれの温度でも約4枚であった。

これらの低温処理球を22/18℃で栽培すると全株が開花した(第3表)。開花株の到花日数と葉数は、同じ低温処理温度では処理期間が長いほど、同程度の処理期間では処理温度が高いほど、いずれも少なくなる傾向がみられた。花序の形態は多くが“正常花序”であったが、5℃7週間区と8℃4.5週間区では一部で“異常花序”株がみられた。

一方26/22℃で栽培すると、2℃10週間区、5℃7週間区、8℃4.5週間区の一部の株でのみ開花した。開花株の花序の形態は、2℃区では“グラジオラス咲き花序”、5、8℃区では“異常花序”であり、両者の間には到花日数と葉数とで大きな違いがみられた。未開花株の茎頂の状態は、5℃7週間区、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、未分化株間の葉数の差はほとんどみられなかった。

Stages of flower bud development	BR						●●		●●●●	●●●●
	I	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	
Chilling period	(W)	6	8	10	5	6	7	3.5	4	4.5
Temp.	(°C)	2			5			8		

**Fig. 10.** Developmental stage of 'Elegance' chilled at various temperatures for various periods. Chilling of corms started on 8 September, 1998. Stage I, vegetative; BR, outer bract visible in the first floret. Initiated plants had approximate four leaves.

**Table 3.** Effects of chilling temperature and period and growing temperature on flowering of 'Elegance'. Corms were planted in container just after chilling and were transferred to 22/18°C or 26/22°C (day/night). Data collecting discontinued on 9 April, 1999.

Growing temp. (°C)	Chilling		Shoot apex			Days to flowering <sup>y</sup>	No. of leaves <sup>z</sup>
	Temp. (°C)	Period (W)	Category of development <sup>z</sup>	Inflorescence type <sup>z</sup>	Occurrence (%)		
22/18	2	6	Anthesis	Normal	100	149	13.7
		8	Anthesis	Normal	100	118	10.9
		10	Anthesis	Normal	100	95	9.6
	5	5	Anthesis	Normal	100	142	13.2
		6	Anthesis	Normal	100	116	11.2
		7	Anthesis	Abnormal	11	75	3.8
				Normal	89	100	10.5
	8	3.5	Anthesis	Normal	100	141	14.0
		4	Anthesis	Normal	100	117	12.4
		4.5	Anthesis	Abnormal	59	76	5.0
			Normal	41	105	11.3	
	0	0	Anthesis	Normal	100	201	18.2
26/22	2	6	Vegetative		100	-	20.3
		8	Vegetative		95	-	18.9
			Bract		5	-	19.0
		10	Vegetative		34	-	18.0
			Bract		36	-	19.1
			Anthesis	Gladiolus	30	124	12.1
	5	5	Vegetative		100	-	19.7
		6	Vegetative		100	-	19.5
		7	Vegetative		71	-	19.2
			Bract		14	-	20.5
			Anthesis	Abnormal	14	76	4.0
	8	3.5	Vegetative		100	-	21.0
		4	Vegetative		100	-	20.3
4.5		Vegetative		75	-	19.9	
		Anthesis	Abnormal	25	89	4.3	
	0	0	Vegetative		100	-	22.8

<sup>z</sup> Data were collected on 9 April, 1999 by observing non-flowering plants under dissecting microscope. Normal: 'normal inflorescence', abnormal: 'abnormal inflorescence', gladiolus: 'gladiolus bloom', bract: only bract without florets initiated at shoot apex on 9 April, 1999.

<sup>y</sup> Days from the end of chilling to flowering.

以上の結果から、花芽分化には低すぎる 2°C程度の低温を長期間受けた株を花芽分化には高すぎる高温条件下に移すと、葉を分化した後に花芽を分化し開花すること、また、2~8°Cで低温処理を行った株を、花芽未分化の段階から開花にはやや高い温度条件下に移して生育させた場合、明らかに花芽分化と開花が早くなることがわかった。

## 実験2 高温遭遇による低温効果の消失

### 材料および方法

1999年2月4日に入手したオランダ産‘エレガンス’球茎(6.8g)が休眠期であったため、球茎に対して、インキュベータ(いすゞ制作所製, FR-14BS)で4週間の30°C処理と、その間にエチレン気浴処理(約100  $\mu$  l-liter<sup>-1</sup>で1日あたり1時間処理を3日間くり返し)とを行い、その後温度を最低20°Cに下げた。休眠覚醒が確認できた4月7日に球茎をポットに植え込み、雨よけ下で1週間の催芽処理を行った後の株を実験に使用した。

実験を4月14日から開始した。株に対する低温処理は5°Cで行い、処理開始から4、5および6週間経過後、株をプランタに植え込み、30/26°Cで1週間の高温処理を行った。なお、5週間低温処理区では2および3週間高温処理区も加えた。その後、処理株を22/18°Cで慣行に従って栽培し開花をみた。また、対照区として低温処理と高温処理とを全く行わない区を設けた。

実験開始から20週余り経過した1999年9月3日に実験を打ち切り、未開花株を抜き取って葉数を計測するとともに茎頂の状態を実体顕微鏡下で観察した。

その他実験の詳細は実験1と同様であった。

## 結果

低温処理終了時における花芽の発達段階は、4および5週間の低温処理区では未分化であったが、6週間低温処理区では全ての株で外苞葉の分化がみられた(第11図)。なお、花芽分化が確認された株の葉数は約6枚であった。

高温処理を行わずに22/18°Cで栽培すると、実験開始20週間には対照区で40%の株が未分化であったが、低温処理区では処理期間の長短にかかわらず全株で花芽形成あるいは開花がみられた(第4表)。しかし、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%が未分化となり対照区と同程度になった。5週間低温処理区では1週間の高温処理で32%が、2および3週間処理ではそれぞれ約76、77%が未分化であった。ただし、6週間低温処理区では高温処理の有無にかかわらず全株で開花し、さらに“異常花序”株よりも“正常花序”株や“グラジオラス咲き花序”株で開花が遅れた。

葉数を高温処理を行わないもので比較すると、低温処理期間が長くなるほど少なかった。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。また、6週間低温処理区での“異常花序”株は、“正常花序”株や“グラジオラス咲き花序”株よりも明らかに葉数が少なかった。

以上の結果から、5°Cで4または5週間低温処理され花芽分化が誘導された株を、30/26°C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することがわかった。

Stages of flower bud development	BR			●●●●
	I	●●●●	●●●●	
Chilling period	(W)	4	5	6
Temp.	(°C)	5		

**Fig. 11.** Developmental stage of ‘Elegance’ chilled at 5°C for 4, 5 or 6 weeks. Chilling of corms started on 14 April, 1999. Stage: I, vegetative; BR, outer bract visible in the first floret. Initiated plants had approximate six leaves.



**Table 4.** Effects of chilling period and period of high temperature treatment after the chilling on flowering of 'Elegance'. Corms were planted in container 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). Data collecting discontinued on 3 September, 1999.

Chilling period (W)	Period of high temp. treatment (W)	Shoot apex			Days to flowering <sup>Y</sup>	No. of leaves <sup>Z</sup>
		Category of development <sup>Z</sup>	Inflorescence type <sup>Z</sup>	Occurrence (%)		
0	0	Vegetative		40	-	20.1
		Initiated		60	-	19.7
4	-	Initiated		100	-	16.8
	1	Vegetative		43	-	18.9
5	-	Initiated		57	-	19.0
		Anthesis	Gladiolus	6	100	13.0
		Normal	94	101	13.8	
	1	Vegetative		32	-	19.3
		Initiated		68	-	17.3
	2	Vegetative		76	-	19.2
		Initiated		24	-	19.0
	3	Vegetative		77	-	19.8
6	-	Initiated		23	-	19.3
		Anthesis	Abnormal	43	79	6.2
		Normal	57	86	12.0	
	1	Anthesis	Abnormal	8	82	7.0
		Gladiolus	8	99	14.0	
	Normal	83	98	13.5		

<sup>Z</sup> Data were collected on 3 September 1999 by observing non-flowering plants under dissecting microscope. Initiated: from the stage BR to just before anthesis. Inflorescence type: refer to Table 1.

<sup>Y</sup> Days from the end of chilling to flowering.

### 第3節 低温処理温度に対する反応の品種間差異

本章第1節および第2節で、8°C以下の低温で低温処理を行うことにより、低温処理後の開花が早まるとともに切り花長の増加がみられることがわかった。しかし、第1章第3節で、花芽の発達と到花日数については品種間差異が大きいことが明らかにされたように、品種により開花特性は大きく異なっており、本章第1節および第2節で明らかにされた事実に関しても品種間差異があることが予想される。そこで本節では、低温処理温度が開花に及ぼす影響について、品種との関連で検討しようとした。

#### 材料および方法

第5表に示した59品種を供試した。八丈島産の掘り上げ直後の球茎を、1997年5月下旬に入手後、4週間の30°C高温処理とエチレン気浴処理（約100ppm）とを行い休眠を打破した。休眠が破れた球

茎を室温で貯蔵し、8月18日、8月25日、および9月1日に常法によりポットに植え込んで、8°Cと10°Cで低温処理を開始した。低温処理開始後7、6および5週間が経過した10月6日に低温処理を終え、最低夜温を10°Cに設定したパイプハウス内に1ポット分の苗（5株）を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。

#### 結 果

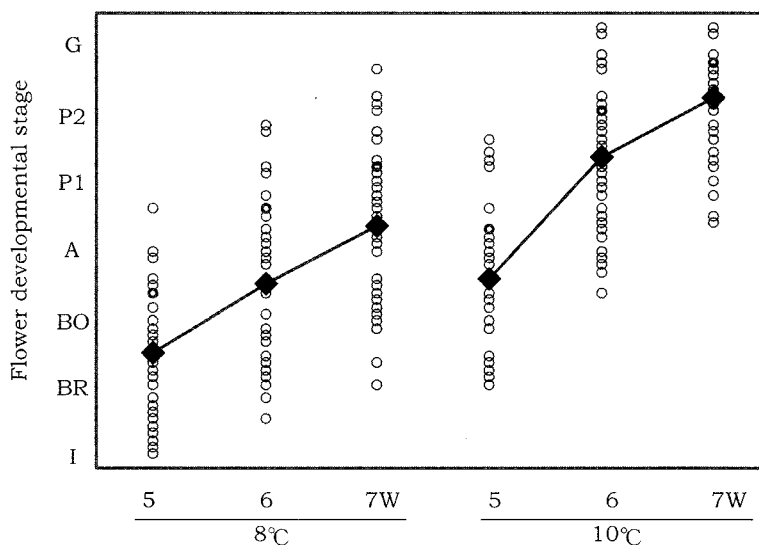
低温処理開始時の球茎の休眠は十分に破れており、ポットに植え付け後速やかに発根、発芽した。低温処理終了時の花芽の発達段階は、8°C区よりも10°C区で、また、処理期間が長い処理区で発達が進んでいた。各処理区における花芽の発達段階は品種によって大きく異なり、発達の速さに関する品種間差異が認められた。これらの処理のうち8°C6週間区と10°C5週間区とでは、品種による発達段階の開きにやや差がみられるものの、低温処理終了時の花芽の発達段階を平均するとほぼ同じ値を示すことから、形態的に同じ条件下での

比較が可能である (第 12 図). したがって, 以下は両者についてのみ結果を述べる.

到花日数は, 8°C6 週間区と 10°C5 週間区とを総体的に比較すると, 8°C区で 1 日余り早いだけで大きな差はみられなかったが, 品種別にみると, 10°C区で早い 'ゴールドクラウン' (5 日間), 'アテネ' (4 日間), 'マリアヌ' (4 日間) や, 8°C区で早い 'ルイドール' (9 日間), 'エビータ' (8 日間), 'ホワイトウイングス' (8 日間) など品種間差が大きかった. 草丈も総体的には 10°C区で 2.4cm 短いだけで大きな差

はなかったが, 品種別には 8°C区で長くなる 'フランドリア' (15cm), 短くなる 'ダブルダッチ' (4cm) など品種により大きな差がみられた. しかし, 小花数には処理温度の影響がほとんどみられなかった (第 5 表).

以上の結果から, 低温処理後の到花日数および草丈に関しては低温処理の温度に対する反応の品種間差異がみられたが, 小花数に関しては品種間差異がほとんどみられなかった.



**Fig. 12.** Flower developmental stages at the end of chilling in 59 cultivars. Square markers (◆) indicate means of flower-bud development. Corns were chilled at 8 or 10°C for 5, 6 or 7 weeks. Each dot means stages of each cultivar. Stage: See **Fig. 3.**

**Table 5.** Effects of chilling temperature and duration on days to flowering, plant height and number of florets. Stages at the end of chilling are shown in **Fig. 12.**

Cultivar	Days to flowering			Plant height(cm)			No. of florets		
	10-5 <sup>z</sup>	8-6 <sup>z</sup>	Diff. <sup>y</sup>	10-5	8-6	Diff.	10-5	8-6	Diff.
Aladin	70	65	5	44	41	3	9	9	0
Alice	77	78	-1	48	46	2	8	10	-2
Ambitie	67	66	1	51	53	-2	7	7	0
Annika	64	65	-1	48	48	0	8	8	0
Astral	66	68	-2	63	62	1	7	8	-1
Athene	64	68	-4	43	42	1	12	12	0
Aurora	64	61	3	50	49	1	8	8	0
Blue Heaven	78	72	6	33	39	-6	8	7	1
Blue Lady	65	64	1	46	46	0	8	8	0
Blue Moon	70	70	0	43	47	-4	9	9	0
Blue Navy	75	74	1	38	41	-3	9	8	1
Brevet	68	69	-1	60	60	0	10	9	1
Chanson	66	65	1	40	45	-5	11	10	1
Cote d'Azur	70	68	2	43	43	0	8	7	1
Delta	62	60	2	41	48	-7	11	11	0
Discovery	66	66	0	39	42	-3	11	10	1
Double Dutch	66	67	-1	51	47	4	8	11	-3
Double Marine	81	78	3	48	45	3	10	10	0
Elegance	74	70	4	45	42	3	11	11	0
Evita	74	66	8	39	50	-11	11	11	0
Figaro	70	70	0	42	42	0	9	9	0
Frاندria	72	70	2	45	60	-15	8	9	-1
Golden Crown	98	103	-5	42	43	-1	10	8	2
Grace	82	81	1	45	41	4	10	11	-1
Ibiza	63	59	4	44	40	4	9	10	-1
Isar	64	60	4	45	48	-3	10	10	0
Jupiter	78	82	-4	52	52	0	9	9	0
Kayak	65	66	-1	51	48	3	10	10	0
Kerry	68	66	2	49	56	-7	7	8	-1
Lois d'Or	78	69	9	48	48	0	9	9	0
Marianne	75	79	-4	52	52	0	8	9	-1
Medeo	70	70	0	48	50	-2	11	10	1
Oberon	72	68	4	50	55	-5	10	11	-1
Ophir	76	74	2	51	50	1	11	10	1
Panama	70	65	5	45	51	-6	9	10	-1
Passat	68	65	3	31	45	-14	12	11	1
Pink Panther	65	65	0	50	52	-2	10	12	-2
Polka	76	70	6	40	40	0	9	10	-1
Poolzee	78	77	1	41	43	-2	9	10	-1
Purple Rain	69	69	0	48	52	-4	10	10	0
Rapid Red	52	52	0	34	40	-6	7	6	1
Rapid White	52	51	1	47	55	-8	9	9	0
Red Lion	68	65	3	43	45	-2	10	10	0
Sandra	61	58	3	44	48	-4	12	14	-2
Sarnia	70	70	0	42	45	-3	11	11	0
Scala	76	73	3	50	52	-2	8	8	0
Scarlet Impresion	72	67	5	56	55	1	7	8	-1
Seagull	61	60	1	51	54	-3	12	10	2
Senator	64	61	3	44	49	-5	8	9	-1
Striped Lady	63	61	2	52	55	-3	12	10	2
Sweet Heart	70	69	1	58	55	3	8	8	0
Teresa	65	65	0	40	44	-4	10	10	0
Tonga	67	65	2	35	41	-6	8	9	-1
Vienna	65	67	-2	40	38	2	10	10	0
Vivaldi	67	66	1	41	50	-9	10	12	-2
Volcano	67	69	-2	50	47	3	11	11	0
White Bird	76	77	-1	28	25	3	8	7	1
White Lace	69	67	2	45	48	-3	9	10	-1
White Wings	88	80	8	43	40	3	11	10	1
Average	69.5	68.3	1.27	45.5	47.9	-2.4	9.37	9.55	-0.2
S.D.	7.30	7.67	3.03	6.35	6.55	4.41	1.44	1.50	1.07

<sup>z</sup> "10-5" or "8-6" indicates chilling at 10°C for 5weeks or at 8°C for 6weeks, respectively.

<sup>y</sup> Diff. indicates difference between data obtained in chilling at 10°C for 5weeks and those of 8°C for 6weeks.

## 第4節 考 察

フリージアの冷蔵促成栽培において、8~15°Cで低温処理を行うと花芽形成が十分促されることは古くから知られている（阿部ら、1964；川田ら、1971）。しかし、花芽形成後に、24/18°Cというフリージアの生育適温としてはやや高温域に移すと、12、15°Cで形成された花芽は一部がアポトし開花に至らなかったが、8、10°Cで形成された花芽は正常に開花することが示された。つまり、花芽形成時の温度は、後作用として開花株率に影響を与えることが明らかにされた。

また、一定の温度条件下で低温処理を行い低温処理期間のみを変えた場合、処理終了時の花芽の発達段階が進んでいるほど到花日数が短くなることは広く知られている（阿部ら、1964；林・相川、1973）。しかし、温度を変えて低温処理をした場合、8°Cで処理したものは12~15°Cで処理したものより花芽発達段階が進んでいなくとも到花日数が短くなることが示された。つまり、温度が異なる低温処理を比較する場合、必ずしも花芽の発達段階が進んでいるほど開花が早くなるとはいえないことが明らかにされた。また、低温処理終了時の花芽の発達段階を同一にして比較すると、8~15°Cの範囲であればいずれの花芽発達段階でも低温下で低温処理したもののほど到花日数が短くなった。このことから低温が後作用として開花を促進していることは明らかである。

切り花長と処理温度との関係を見ると、低温域で花芽が形成されたものほど長くなる傾向がみられ、後作用としての低温による花茎の伸長促進効果がみられた。チューリップでも低温遭遇が後作用として花茎を伸長させるが（Le Nard・De Hertogh, 1993）、チューリップでは花芽が完成した後の低温遭遇が作用するに対し、フリージアでは花芽形成中の低温遭遇が花茎伸長を促進させる点で異なっている。

フリージアでは、低温処理後20°C以上の温度に遭遇すると第1-第2小花間長が長くなり（小西ら、1988）、特に低温処理終了時の花芽発達段階が進んでいないものほど長くなる（林・相川、1973）。その傾向は第1節でも明らかにみられたが、それに加えて、低温処理終了時の花芽の発達段階があまり進んでいない場合には、処理温度が低いほど第1-第2小花間長が明らかに短くなった。これに対し、小花数には処理温度の影響が低温処理中に明確に現れるうえ、小花数の増加が低温処理中に停止していることから、低温が直接的に

作用していることが明らかである。Mansour (1968) は、フリージアを低温下で連続して栽培した場合に、高温下で栽培するよりも小花数が減少することを確認しており、その結果と一致する。なお、小花数の増加が停止するまでの期間は、花芽の発達の早い処理温度ほど短いことが観察されている。

これらの結果より、フリージアの8~15°Cにおける低温処理は、従来からいわれているような、花芽形成の適温として直接的に作用する（小西、1972）という考え方だけでは説明できないことが明らかとなった。フリージア球茎の低温処理における低温の役割は直接作用と後作用とに区別することができ、小花数に対しては直接的に、低温処理後の開花の促進、花茎の伸長促進、また開花株率の向上に対しては後作用として影響を及ぼすことが明らかとなった。次に、花芽分化と開花に対する低温の後作用についてさらに検討を行った。

フリージアの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°Cであることを示した。しかし、‘ラインベルトゴールデンイエロー’では24°Cでも開花すること（Mansour, 1968）、また28/23°Cでも花芽分化することが確認されており（阿部ら、1967）、品種による差異が大きい。実験1の対照区で、26/22°Cでは生育を開始してから31週間後でも未分化であったことから、26/22°Cの生育温度は‘エレガンス’の花芽分化の可能な限界温度を超えていると考えられる。しかし、22/18°Cの生育温度では対照区でもすべて開花したことから、花芽分化の可能な限界温度は22/18°Cより高いと考えられる。

低温処理終了時に花芽が未分化であった2°C10週間処理区の球茎を、低温処理後に花芽分化が不可能である26/22°Cで生育させると、30%の株のみ葉数が12.1枚で開花した。低温処理中にすでに花芽が分化していた8°C4.5週間区、あるいは5°C7週間区で開花した株では葉数は4枚程度であった。このことから推測すると、2°C10週間区で葉数が12.1枚で開花したことは、低温処理後26/22°Cに移された後、直ちに花芽が分化したのではなく、葉分化をくり返した後に花芽が分化し開花し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°C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°C）に移されても、低温の後作用により花芽を分化し開花し得る可能性を示すもので

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°C4週間区の株を26/22°Cで生育させると、31週間後には全株で未分化となっていた。これは、低温処理終了時に分化していた花芽が26/22°Cの高温に遭遇することによりアボートし、最上葉の腋芽が葉の分化を始めたものと考えられる。

次に、花芽分化が可能である22/18°Cで栽培した場合をみると、8°C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に認められる。フリージアの花芽分化に対しては、8~15°Cの低温が適温として直接的に作用するが(阿部ら, 1964; 本章第1節)、2~8°Cの低温域での処理でも後作用として花芽分化を促進することが、葉数および到花日数の比較により明らかである。ダッチアイリスの‘ウエジウッド’では、9~20°Cで長期間貯蔵すると花芽の分化が進むが(Hartsema, 1961)、8°Cまたは13°Cに5週間貯蔵後、花芽未分化の段階で20°Cに移しても速やかに花芽が分化する(佐野, 1974)。「ブルーマジック」でも、9~15°Cで貯蔵した球根を花芽未分化の段階で20°Cに移すと花芽の分化が早められる(月ら, 1991)。フリージアにおいても、このようなダッチアイリスでみられるのと同様に低温処理の後作用が認められたことになる。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いる(小西ら, 1988)。このように、22/18°Cの生育温度では先に与えた低温の花芽分化誘導効果が打ち消されることなく、低温処理の期間が長いほど花芽分化前に形成された葉数が少なくなり開花が早くなった。低温処理時の温度の影響については温度により花芽分化までの期間が異なるため比較し難いが、ダッチアイリスでは5°Cまでしか効果が認められないのに対し(月ら, 1991)、フリージアでは2°Cでも低温としての効果が十分に認められた。

なお“異常花序”は、低温処理中に花芽が形成されている段階で第1小花が分化後に高温に遭遇した場合に発生する。第2節では、低温処理が長びくにつれて花芽分化株の割合が増加したため、“異常花序”株の発生割合が増加したものと思われる。低温処理終了時に半数以上の個体が苞形成期に達していた8°C4週間区では26/22°Cだけでなく、22/18°Cの生育温度でも“異常花序”を形成した個体はみられなかったことから、前述のように茎頂がアボートしたのか、あるいは低温処理終了時の個体は第1小花未形成の段階にあり、一旦生殖生長に転じた茎頂が栄養生長に戻ったのではないかと考えられる。

第2節実験1における26/22°Cの生育温度では、2°C10週間区を除いてほぼ全ての株が花芽分化しなかったことから、低温処理によって得た花芽分化の誘導効果が26/22°Cの高温により打ち消されたものと考えられた。この点を確認するため、実験2で、低温処理後に高温に遭遇させた後、低温処理によって得られた花芽分化の誘導効果が打ち消されることのない22/18°Cで生育させたところ、5°C4週間あるいは5週間与えた低温によって得た花芽分化の誘導効果は、30/26°C1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、低温処理によって獲得し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。なお、実験1と実験2とでは同じ5°C低温処理でも花芽の分化開始に要する期間が異なっているが、実験2では低温処理前に1週間の催芽処理を行っており、その間に茎頂直径がより大きくなっていたため低温に速やかに反応したと考えられる(土井ら, 1995)。

これらのことから、フリージアにおいてもダッチアイリスと同様に、低温処理の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があることが明らかとなり、この現象はバーナリゼーションと考えられた。バーナリゼーション効果が認められる温度域は花芽分化の適温域より低めであり、両者の温度域が重なるダッチアイリス(佐野, 1974; 月ら, 1991)とは様相をやや異にしていた。また、低温処理によって獲得した花芽分化の誘導効果が低温処理直後の高温遭遇により消失することも明らかとなり、この現象はディバーナリゼーションと考えられた。Mansour (1968)はフリージアの花芽分化におけるバーナリゼーションの存在を示唆したが、それを結論づけるまでには至らず、低温はフリージアに対して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)。阿部ら(1964)や本章第1節の結果からも、8~15°Cの低温が花芽分化の適温として直接的に作用することは明らかである。しかし、さらに第2節から、2~5°Cの低温が後作用としての花芽分化の誘導効果、すなわちバーナリゼーションの作用を持つことが示されたことになった。ただし、フリージアでは低温が花芽分化に対して、バーナリゼーション(後作用)として影響を及ぼすだけでなく、適温として直接的にも作用するため、テッポウユリ(Weiler・Langhans, 1967)や

*Allium sphaerocephalum* (金子ら, 1995) のように、低温が明らかにパーナリゼーションとしてのみ作用するものとは区別される。

第3節において、8℃と10℃で低温処理をした場合の品種間差異を調べたところ、10℃区よりも8℃区で花芽の形成が遅れた。この現象は第1節でもみられ、それを裏付ける結果となった。また、花芽の発達の速さには大きな品種間差異がみられた。供試された品種は異なるものの、同様の品種間差異が第1章第3節でも示されており、それを裏付けた結果になっている。第1章第3節では到花日数のみを調査したが、本章第3節では到花日数とともに草丈、小花数も調査した。その結果、到花日数については品種間でかなりの差異がみられるだけでなく、各品種における8℃区と10℃区との差に関しても品種間で差異がみられた。低温処理終了時の花芽の発達段階を同一にして比較した場合、到花日数は供試品種全体では8℃区でやや短くなっている。‘エレガンス’と‘ブルーヘブン’では明らかに8℃区で短く、第1節の結果を裏付けているが、品種により低温に対する反応にも差があることが示された結果となり、実際栽培に応用する場合、品種により低温処理の温度を変えた方が好ましいことを示された。また、草丈にも大きな品種間差異がみられたが、品種全体では8℃区でやや長くなる程度であった。この結果は、到花日数同様、品種により低温処理の温度を変えた方がよいことを示している。小花数は品種間にやや差がみられるが処理温度間にはほとんど差がみられない。これは低温処理終了時に小花の増加が終了していなかったため、第1節でみられたような小花数に及ぼす低温の直接的な作用が現れなかったためと思われる。

## 第5節 摘 要

フリージアの球茎に対する低温処理は、従来花芽分化適温として直接的にのみ作用すると考えられていた。そこで後作用の有無を確認するため、5～15℃の範囲で低温処理を行い、同一の花芽発達段階で処理を終了

して、低温処理温度の違いが開花に及ぼす影響について詳しく調べた。低温処理は湿潤条件とし、処理終了後は24/18℃で栽培した。その結果、5℃では低温処理開始後13週間を経過しても花芽の分化がみられなかったため実験から除外したが、8～15℃の範囲では、低温は直接的な作用だけではなく、後作用としての効果があることが明らかとなった。すなわち、低温は小花数に対しては直接的に作用し、処理温度が低いほど少なくなった。また、開花株率、到花日数および花茎の伸長に対しては、低温処理の後作用として影響を及ぼすことが明らかとなり、低温ほど開花株率の向上、開花促進および花茎の伸長促進がみられた。

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2℃湿潤状態で6、8、10週間、5℃で5、6、7週間、および8℃で3.5、4、4.5週間低温処理し、それらを22/18℃および26/22℃で生育させた。その結果、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、いずれの温度で低温処理を行った株でも、花芽未分化の段階から22/18℃に移して生育させた場合、明らかに花芽分化と開花が早くなった。これらの現象は低温が後作用として花芽分化を誘導したことを示しており、パーナリゼーションの作用とみなされた。一方、5℃で4または5週間低温処理して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、ディパーナリゼーションの作用が認められた。これらの結果から、フリージアでは低温が花芽分化の適温として作用するだけでなく、パーナリゼーションとしても作用することが明らかとなった。

8℃と10℃とで低温処理を行い、低温処理温度が開花に及ぼす影響について品種との関連で検討した。その結果、低温処理の後作用として現れる、到花日数の短縮や草丈の伸長促進に関しても品種間差異があることがわかり、品種により低温処理の温度を変えた方が好ましいことがわかった。

### 第3章 高温障害の発生に關与する要因の解明

夏期が高温であるわが国でフリージアを秋～冬期に出荷するためには、植え付け前の球茎に対して、通常は湿潤状態で 10°C の低温処理を行わなければならない (阿部ら, 1964)。この低温処理を行った球茎をハウスに植え付けると、花芽分化の開始直前 (阿部ら, 1964) あるいは花芽の発達途中 (安井ら, 1983) にしばしば高温に遭遇することになり、その結果、花序が様々な異常形態を示す高温障害が発生することが知られている。阿部ら (1964) は、本来第 1 小花の基部から概ね花序軸が水平に屈曲する“正常花序”に対し、花下がりと呼ばれる奇形花序について花序の異常程度を 4 段階に区別し、第 1-第 2 小花間長が長くなった軽度のものから、第 1 小花より上位に葉や側枝の分化がみられる重度の“異常花序”までの発生を認めている。また、安井ら (1983) も、第 1-第 2 小花間長の長いもの、花序がグラジオラスのように直立する傾向を示す“グラジオラス咲き花序” (Smith・Danks, 1985)、および“異常花序”の発生を確認している。しかしながら、これらの報告ではこのような高温障害の発生と、高温遭遇時の花芽の発達段階および高温遭遇期間との関係は詳しく調べられていない。一方、実際栽培では“グラジオラス咲き花序”や“異常花序”が発生すると切り花の市場性が失われるため、これらの関係を明らかにしてその防止策を講ずる必要がある。また、高温障害の発生には、低温処理温度、低温処理終了時の花芽の発達段階、低温処理後に高温に遭遇する際の温度や期間、および高温遭遇時の土壌条件などが關与していると思われる (阿部ら, 1964 ; 川田ら, 1971 ; 林・相川, 1973)。さらに、高温障害の発生に関しては明らかな品種間差異が認められている (阿部ら, 1964)。

そこで、これらのことを詳細に検討することにより、高温障害の発生に關与する要因を明らかにし、高温障害の発生に対する防止策を講じるための基礎的資料を得ようとした。

#### 第1節 高温障害の形態分類

異なる花芽の発達段階で 1～3 週間の高温を与え、SEM を利用して花芽の形態的变化を詳細に観察し、開花時に調査した花序の形態と高温遭遇時の花芽の発達段階、および高温遭遇期間との關連について検討し、

高温障害の発生程度を形態的な変化と關連づけて分類した。

#### 材料および方法

オランダ産の‘ブルーヘブン’球茎 (球重 2.5g) を供試した。球茎入手直後の 1996 年 9 月 11 日に、常法により球茎をポットに植え込み、10°C に制御した人工光グロースキャビネット (コイトトロン KG-206HL-D) に搬入し低温処理を行った。5 および 6 週間経過後、24°C に制御した自然光グロースキャビネット (コイトトロン S-308A) に移して高温処理を行い、1, 2 および 3 週間の高温遭遇後、再び 10°C の人工光グロースキャビネットに戻した。対照区として、高温処理を行わず 9 週間 10°C に置き続ける区を設けた。すべての処理が終了した低温処理開始 9 週間後の 11 月 13 日に、1 処理あたり 30 球を最低 5°C に維持されたパイプハウス内のベッドに、1 ポット分の苗を 20cm 間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。定植時の球茎からは十分な発根がみられ、処理区間での発根程度の差はなかった。定植直後 1 週間のハウス内温度は日平均温度で 11.2°C であった。なお、高温処理開始時および処理終了直後に 5 球ずつをサンプリングし、SEM を用いて花芽の形態的变化を観察した。SEM での観察では固定や乾燥を行わず、生体をそのまま観察した。

開花時には、花序に現れる高温障害の形態別発生頻度の調査を行った。まず、水平線に対して第 1 小花と先端小花との基部を結ぶ線が交わってできる角 (花序傾斜角: AIH, 第 15 図) を“グラジオラス咲き花序” (第 15 図) の程度の指標とし、0～90 度まで 18 度間隔で 5 階級に分け、それぞれの階級の発生頻度を調査した。花序傾斜角が 0 度以下の個体は 0～18 度の階級に含めた。なお、花序傾斜角が 0～18 度の花序は外見上ほぼ水平にみえ、市場性に全く問題がないため“正常花序”とみなし、18 度以上のものを“グラジオラス咲き花序”として、その程度を 4 階級に分けた。また、第 1 小花より上位に側枝が発生した“異常花序” (第 15 図) は、これらとは別の形態として発生頻度を調査した。さらに、高温障害の詳しい分類のため、これらの花序の形態と葉数、到花日数および第 1-第 2 小花間長との關連についても調査した。なお、“異常花序”で

は第 2 小花の位置が明確でない個体が多かったため、第 1-第 2 小花間長は測定しなかった。

## 結 果

低温処理中の茎頂部の SEM による観察 (第 13 図, 第 14 図) では, 処理開始 5 週間後で第 1 小花が外苞葉形成期, 6 週間後で内苞葉形成期~三原基形成期に達していた。また, 第 1 小花は, 7 週間後に雄ずい・外花被形成期, 8 週間後に内花被形成期, 9 週間後で雌ずい形成期に達した (第 14 図)。低温処理 5 週間後に 24°C で高温処理を行うと, 高温処理開始時に分化していた第 1 小花および第 2 小花は急速に発達し, 2 週間後に第 1 小花は雌ずい形成期に達したが, 第 3 小花以降の分化はほとんど見られなかった。なお, 高温処理期間が長くなるほど苞葉が異常に大きくなり伸長した。一方, 低温処理 6 週間後に高温処理を行うと, 高温処理開始時に苞葉あるいは三原基を形成し, 発達段階の進んでいた下位の小花ほど急速に発達し, 1 週間後に第 1 小花および第 2 小花は内花被形成期~雌ずい形成期に達した。逆に, 高温処理開始時に分化したばかりであった小花は, 10°C に置き続けた対照区よりも発達が遅れる傾向を示した。また, 高温処理期間が長くなるほど苞葉が異常に大きくなり, 5 週間後に高温処理を行った場合と同じく伸長したが, その程度はより小さかった (第 14 図)。

すべての処理で開花し, 全株について高温障害の形

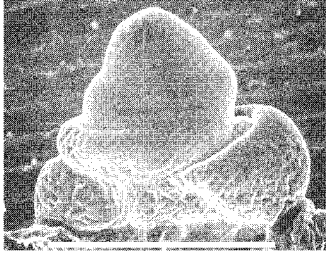
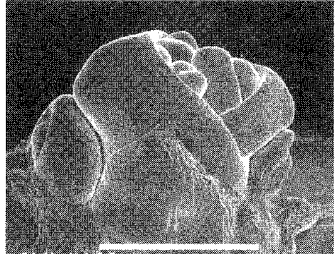
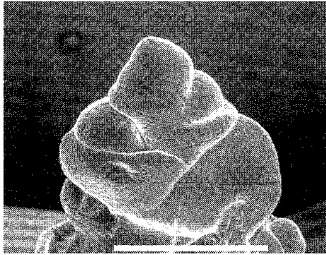
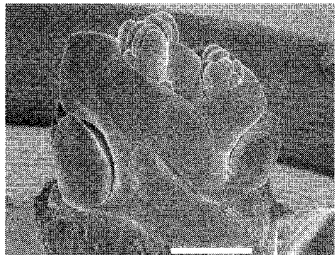

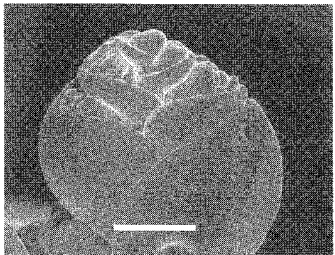

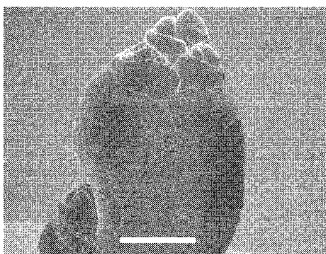

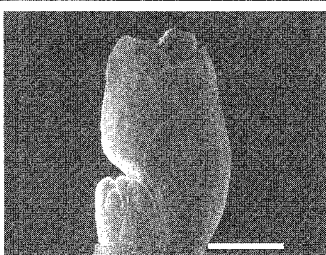
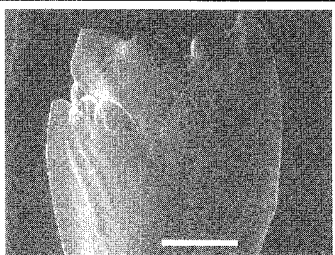
態別発生程度を調査することができた。各区の開花時における花序の形態と, 葉数, 到花日数および第 1-第 2 小花間長との関連について調査したところ, 外見的に正常な花序は, “グラジオラス咲き花序” や “異常花序” よりも葉数と到花日数が明らかに大となるものと, そうでないものとの 2 つに分けることができた。そのため, 前者を “偽正常花序” として “正常花序” と区別した上で, それらの関係を第 16 図に示した。“正常花序” と “グラジオラス咲き花序” では, 花序傾斜角が大きくなるほど第 1-第 2 小花間長は長くなり, これらの間には正の相関 ( $r=0.774^{**}$ ) が見られた。また, “偽正常花序” では, 側枝を形成していない最上位葉の葉腋部に小花のアポートした痕跡が観察された (データ省略)。

低温処理 5 週間後に高温処理を行った場合, 高温処理期間が長くなるにしたがい “異常花序” および “偽正常花序” の発生が多くなり, “正常花序” は 1 週間以上の高温処理で, “グラジオラス咲き花序” は 3 週間処理で全くみられなくなった (第 6 表)。低温処理 6 週間後に高温処理を行った場合, 高温処理期間が長くなるにしたがい花序傾斜角が大となり, “グラジオラス咲き花序” が多く発生した。“異常花序” と “偽正常花序” は 3 週間処理でのみ発生した。なお, 対照区では “正常花序” と軽度の “グラジオラス咲き花序” のみ発生がみられた。

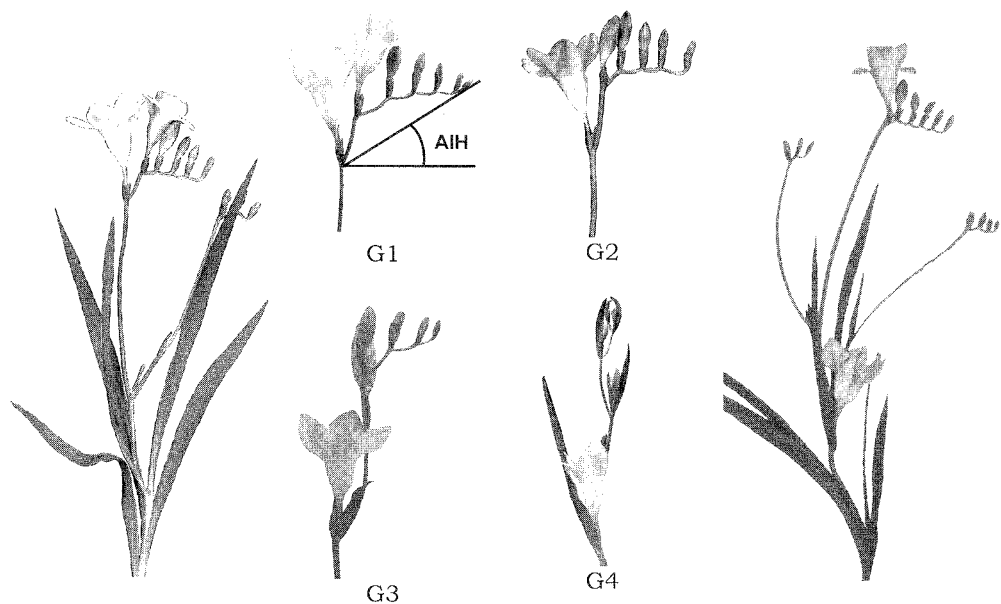
Stages of flower-bud development	A		●●●●
	BO		● ◎◎◎ ○○
	BR	●●●● ◎◎	◎ ○○ ▲▲▲ △
	I	◎◎ ○○	▲ △△△ ▼
Chilling (W)	5	6	

**Fig. 13.** Developmental stage of flower buds at the start of high temperature treatment. Stage: See Fig. 3. ●: First floret, ◎: Second floret, ○: Third floret, ▲: Fourth floret, △: Fifth floret, ▼: Sixth floret. The symbols indicate the number of florets at each stage.



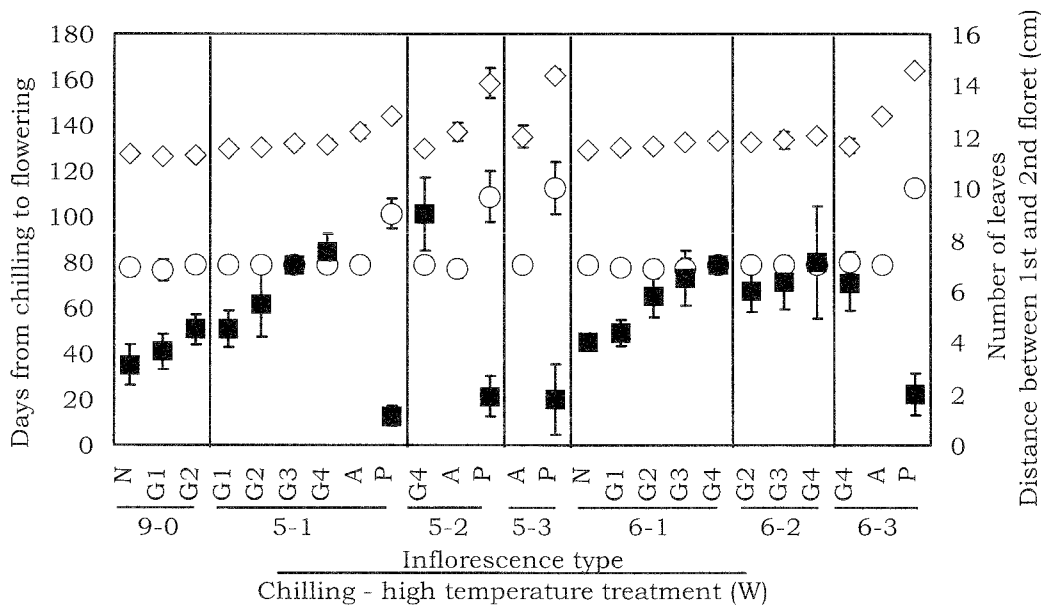
Weeks after start of chilling	Exposed to 24°C after 5 weeks of chilling at 10°C	Chilling at 10°C	Exposed to 24°C after 6 weeks of chilling at 10°C
5			
6			
7			
8			
9			

**Fig. 14.** SEM showing developmental stage of flower buds of 'Blue Heaven' during chilling at 10°C (mid column), at 24°C after 5 weeks of chilling (left column) and at 24°C after 6 weeks of chilling (right column). White bars in each photograph indicate 500  $\mu$  m.



Normal inflorescence                      Gladiolus bloom                      Abnormal inflorescence

**Fig. 15.** “Normal”, “gladiolus bloom” (G) and “abnormal” inflorescence types. Angles between inflorescence axis and the horizon, shown in G1 as AIH, were measured as angle between horizontal line and crossing line from base of the first floret to that of the last one. Inflorescence types at flowering were classified into 6 categories. Normal inflorescence: 0~18° of angle between inflorescence axis and the horizon, G1: 18~36° , G2: 36~54° , G3: 54~72° , G4: 72~90° and abnormal inflorescence.



**Fig. 16.** Effects of high temperature treatments after 5 or 6 weeks of chilling and for different durations on inflorescence types, days from chilling to flowering and number of leaves. N: normal inflorescence, G1~G4: 4 categories in gladiolus bloom, A: abnormal inflorescence, as shown in **Fig. 13** and **Table 6**. P: pseudo-normal inflorescence. Pseudo-normal inflorescence is visually normal inflorescence but flowered quite later and had more leaves than normal inflorescence. Chilling-high temperature treatment, 5-1 shows that high temperature at 24°C for 1 week was given after 5 weeks of chilling. ◇: Days from chilling to flowering, ■: Distance between 1st and 2nd floret, ○: Number of leaves. Vertical bars indicate standard errors of means (n=30).

**Table 6.** Effects of high temperature treatments after 5 or 6 weeks of chilling and for different durations on development of inflorescence in 'Blue Heaven'.

Chilling at 10°C (W)	High temperature at 24°C (W)	Inflorescence type <sup>z</sup>						
		Normal (0~18°) <sup>y</sup> (%)	Gladiolus bloom				Abnormal (%)	Pseudo-normal (%)
			G1 (18~36°) (%)	G2 (36~54°) (%)	G3 (54~72°) (%)	G4 (72~90°) (%)		
9	0	37	46	17	0	0	0	0
5	1	0	8	15	4	8	38	27
	2	0	0	0	0	8	59	33
	3	0	0	0	0	0	64	36
6	1	11	39	25	21	4	0	0
	2	0	0	13	20	67	0	0
	3	0	0	0	0	82	4	14

<sup>z</sup> Normal: "Normal inflorescence", Abnormal: "Abnormal inflorescence", Pseudo-normal: "Pseudo-normal inflorescence". They were shown in **Fig. 15** and **Fig. 16**.

<sup>y</sup> Angle between inflorescence axis and horizon is shown in Fig. 15.

以上の結果から、低温処理直後に高温を受けない場合は“正常花序”となり、高温の影響が大きくなるにつれて、花序傾斜角が大となる“グラジオラス咲き花序,”そして“異常花序”となることがわかった。さらに高温の影響が大きい場合、花芽はアポーションを起こし、その後再び葉や花序の分化を開始する“偽正常花序”となった。なお、高温の影響のない“正常花序”と、高温の影響が極めて大きい“偽正常花序”とは、葉数と到花日数との違いで区別できた。また、高温遭遇時の花芽の発達段階が進んでいるほど、高温障害の発生の程度は小さかった。

## 第2節 低温処理温度の影響

第2章第1節において、低温処理温度を低くすることにより開花株率が高くなるとともに切り花品質の向上がみられた。ここでは、低温処理温度の違いによる高温障害の発生程度の差異について検討し、高温障害と低温処理温度との関係を明らかにした。

### 材料および方法

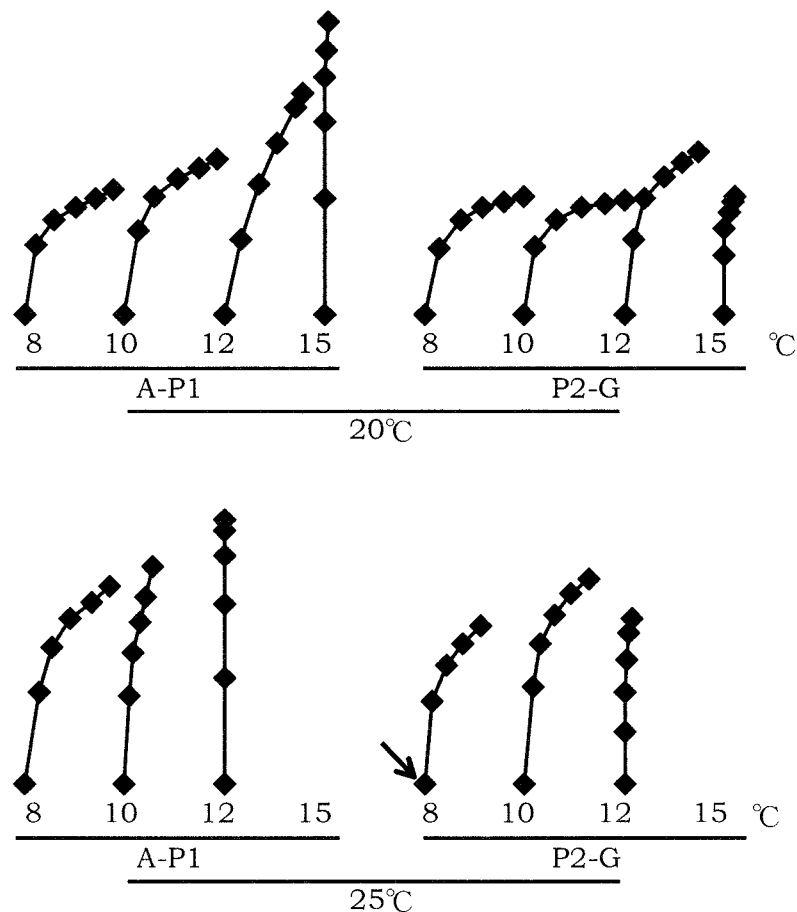
八丈島産の‘ブルーヘブン’球茎(6.0g)を供試した。1994年8月31日に、常法によりポットに植え込み、8、10、12、および15°Cで低温処理を開始した。低温処理中に随時サンプリングを行い、それぞれの処理区における花芽の発達段階が三原基形成期~雄ずい・外花被形成期、および内花被形成期~雌ずい形成期に達した時点で40球ずつ取り出し、家庭園芸用プランタ(64cm×22cm×深さ17cm)に植え替え

た。それらに対し自然光グロースキャビネット(コイトトロンS-308A)を用い、20°Cと25°Cで1週間の高温処理を行った。その後、プランタを最低夜温を10°Cに設定したガラス室内に搬入し、慣行に従って栽培し開花をみた。開花時には、花序の形態を把握するために各小花間の長さ、それぞれの節間が水平線となす角を測定した。

## 結 果

開花時の花序の形態を模式的に第17図に示した。低温処理後に20°Cに1週間遭遇させると、遭遇時の花芽が内花被形成期~雌ずい形成期の株よりも三原基形成期~雄ずい・外花被形成の株で花序が直立する傾向にあった。また、低温処理温度で比較すると、いずれの発達段階で20°Cに遭遇しても低温処理温度が高いほど花序が直立しやすかった。これらの傾向は低温処理後に25°Cに遭遇させた場合にも同様にみられたが、25°C区では20°C区よりも直立化の傾向がより大きく、12°Cで低温処理をした株ではほぼ直立の状態にあった。また、15°Cで低温処理をした場合、25°Cの高温に遭遇すると全株でアポーションし全く開花がみられなかった。

以上の結果から、低温処理時の温度と低温処理終了時に遭遇する高温が高いほど“グラジオラス咲き花序”になりやすいこと、一方、低温処理終了時の花芽の発達段階が進んでいるほど“グラジオラス咲き花序”になりやすいことがわかった。



**Fig. 17.** Inflorescence types in relation to chilling temperatures, growing temperatures and stages at the end of the chilling in 'Blue Heaven'. Corms were chilled wet at 8, 10 12 or 15°C and chilling finished when the 1st floret reached A-P1 or P2-G stage. Plants were grown at 20 or 25°C for 1 week just after planting. Each dot means floret and line means internode. Arrow (↓) indicates 1st floret. All florets in the treatment of chilling at 15°C and grown at 25°C were aborted.

### 第3節 低温処理終了時の花芽の発達段階と高温遭遇温度・期間の影響

前節までに、低温処理直後に高温に遭遇したときの花芽の発達段階が進んでいるほど、高温障害が発生しにくいことを明らかにした。しかし、低温処理終了時の花芽の発達段階と、高温遭遇時の温度と期間とを関連づけては検討していない。そこで、低温処理終了時の花芽の発達段階、低温処理直後の高温遭遇時の温度、および高温遭遇期間を組み合わせ、これらと高温障害の発生との関係を明らかにしようとした。

### 材料および方法

オランダ産の「ブルーヘブン」球茎 (6.2g) を供試した。球茎入手後の1996年9月4日に、常法により球茎をポットに植え込み10°Cで低温処理を開始した。低温処理開始から5, 6, および7週間経過後に球茎を取り出し、花芽の発達段階を観察するとともに、20, 24, および28°Cに設定した人工光グロースキャビネット (コイトロン KG-206L) に搬入し、1, 2, および3週間遭遇させる高温処理を行った。高温処理終了後、それぞれの処理株を10°C冷蔵庫に再び戻し、11月20日にすべての株を搬出し、最低夜温を15°C

に設定したパイプハウス内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。1処理あたり20球を供試した。

## 結 果

高温処理開始時の花芽の発達段階は、5週間の低温処理で外苞葉形成期～三原基形成期、6週間区では内苞葉形成期～雄ずい・外花被形成期、7週間区では雄ずい・外花被形成期～内花被形成期にあった(第18図)。

いずれの発達段階で高温に遭遇しても、高温に遭遇する期間が長い3週間区でアボートが多く発生し開花株率が低下した。また、高温処理温度に対する反応には若干の差がみられるものの、24℃以上の高温で開花株率が低下する傾向がみられた。しかし、高温遭遇時における花芽の発達段階の影響は小さかった。到花日数は、5週間区では20、24、28℃のすべての温度で処理期間が長くなるほど長くなった。6週間区でも5週間区と同様の傾向が認められたが、高温処理期間が長くなるにつれて現れる開花の遅れは5週間区よりも小さかった。7週間区では、28℃区で高温処理期間が長くなるにつれて到花日数が長くなったが、20、24℃区では逆に処理期間が長くなるに従い到花日数が短く

なった。第1-第2小花間長は、5週間区および6週間区ではいずれの高温処理区でも高温処理期間が長くなるほど明らかに長くなったが、7週間区では高温処理期間の影響はほとんどみられなかった。

なお、“グラジオラス咲き花序”株の発生に対する高温処理温度の影響は、6、7週間区では明らかでなかったが、5週間区では20℃区と24℃区の間に比較的大きな差が認められた。また、“グラジオラス咲き花序”は、すべての温度区で高温処理期間が長くなるほど発生が多く、特に高温遭遇時の花芽があまり発達していない5、6週間区で処理期間の影響が大きかった。さらに、高温処理を20℃で1週間行った場合、“グラジオラス咲き花序”発生率は20%以下であったが、24℃と28℃の処理区では発生率はより高くなり、両者の間には発生率にあまり差がみられなかった(第7表)。

以上の結果から、高温に遭遇する期間が長くなるほど開花株率の低下、到花日数の増加、第1-第2小花間の伸長、“グラジオラス咲き花序”の多発傾向がみられること、また、高温遭遇時の温度が24℃以上でその傾向がより顕著にみられることがわかった。さらに、高温遭遇時の花芽の発達段階が進んでいないほど高温には敏感に反応し、内苞葉形成期で高温に遭遇すると20℃でも高温障害が多く発生した。

Stages of flower bud development	G			
	P2			●●
	P1		●	●●●●
	A	●	●●●●	
	BO	●●●●	●	
	BR	●		
	I			
Chilling period (W)		5	6	7

**Fig. 18.** Developmental stage of 1st floret of freesia ‘Blue Heaven’ at the start of high temperature treatment. Stage: See **Fig. 3.**

**Table 7.** Effects of high temperature treatments at different temperatures and for different durations given after 5, 6 or 7 weeks of chilling on flowering in 'Blue Heaven'.

Chilling period (W)	High temp. treatment		Flowering (%)	Days to flowering	Internode length (cm)	Gladiolus bloom (%)
	temp. (°C)	period (W)				
5	20	1	100	65	3.1	7.4
		2	100	70	5.1	27.7
		3	100	73	6.1	51.7
	24	1	100	67	4.5	24.0
		2	100	71	6.0	56.3
		3	90	75	6.5	88.5
	28	1	100	69	4.4	21.4
		2	93	74	6.4	48.9
		3	73	78	6.5	78.6
6	20	1	100	64	3.2	12.5
		2	100	65	4.2	25.0
		3	93	65	5.0	43.3
	24	1	97	66	3.8	20.7
		2	90	67	5.2	59.0
		3	97	70	6.0	80.8
	28	1	100	67	3.5	20.0
		2	97	73	4.7	30.8
		3	67	73	5.5	77.6
7	20	1	100	63	3.0	14.4
		2	100	55	3.0	12.0
		3	90	50	3.3	21.9
	24	1	100	57	3.5	21.4
		2	100	55	3.6	39.7
		3	90	52	3.4	54.2
	28	1	100	57	3.2	19.2
		2	97	64	3.4	28.6
		3	57	66	3.4	50.0
-	-	-	100	60	1.8	1.7

#### 第4節 低温処理後の高温遭遇温度・期間と花序傾斜角との関係

低温処理直後の高温が高温障害の発生に及ぼす影響を明らかにするため、ここでは花序の形態、特に“グラジオラス咲き花序”にみられるような花序の直立現象に着目し、高温遭遇時の温度と遭遇期間が花序傾斜角に及ぼす影響を詳細に検討した。

##### 材料および方法

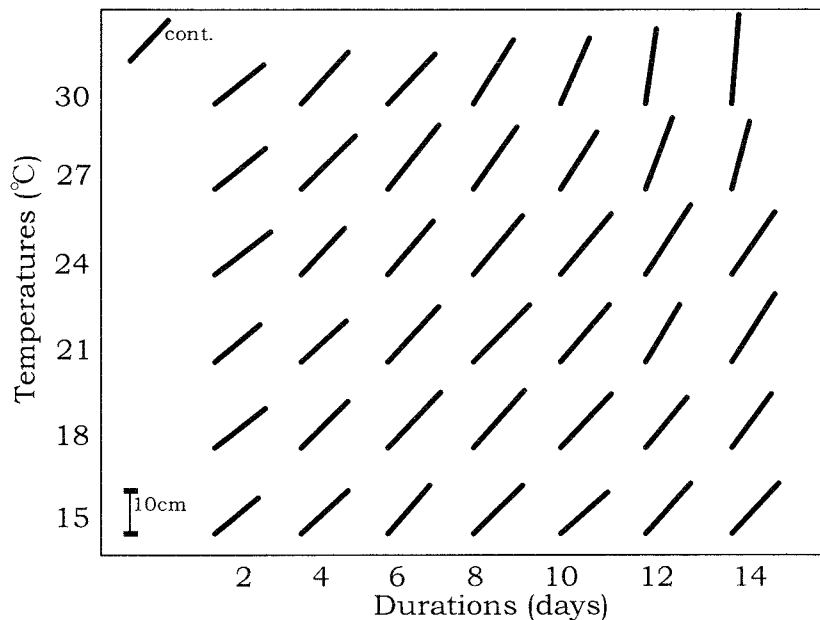
オランダ産の‘ブルーヘブン’球茎(7.3g)を供試した。1994年9月21日に常法により球茎をポットに植え込み、10°Cで低温処理を開始した。6週間後の11月2日に花芽の発達状態を実体顕微鏡下で観察するとともに、15、18、21、24、30°Cに設定した人工

光グロースキャビネット(15°C:コイトトロンKG-206L, 18~30°C:コイトトロンFR-535A)に移し高温処理を行った。それぞれ2、4、6、8、10、12、および14日経過後に再び10°C冷蔵室に戻し、11月16日にすべての処理株を、最低夜温を10°Cに設定したガラス室内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植した。その後慣行に従って栽培し、開花時には花序傾斜角を測定した。なお、対照区として高温に全く遭遇させない処理区を設けた。1処理当たり花芽の観察に5球、開花調査に20球を供試した。

##### 結果

高温処理開始時の花芽の発達段階は、三原基形成期～雄ずい・外花被形成期であった(データ省略)。

花序傾斜角を処理株と対照区とで比較すると、遭遇温度が18°C以下では2週間遭遇しても大きな直立化



**Fig. 19.** Effect of high temperature treatment at different temperatures and for different durations on angles between inflorescence axis and the horizon in 'Blue Heaven'. Plants were exposed to the high temperature treatments after chilling at 10°C for 6 weeks.

が起こらなかった。21°C以上の温度でも、6日間以内の遭遇期間では目立った花序の直立化が起こらなかったが、遭遇期間が8日間以上になると視覚的に差がみられるようになり、遭遇温度が高いほど、あるいは遭遇期間が長いほど花序が直立しやすく、27°C以上で12日間以上遭遇した場合は花序がほとんど直立した（第19図）。

以上の結果から、「ブルーヘブン」では10°Cの低温処理後に三原基形成期～雄ずい・外花被形成期で高温に遭遇した場合、概ね21°C以上の高温に8日間以上遭遇すると、形態的に明らかな“グラジオラス咲き花序”が発現することがわかった。

## 第5節 低温処理後植え付け時の土壌条件の影響

実際栽培では、高温障害の発生程度は土壌の違いによって異なるといわれている。そこで、土壌の種類や栄養条件と高温障害の発生程度との関係について検討した。

### 実験1 土壌の種類の影響

高温遭遇時の花芽の発達段階と土壌の種類との関係を検討し、土壌の種類が高温障害発生に及ぼす影響を明らかにしようとした。

## 材料および方法

八丈島産の「ブルーヘブン」球茎（3.0g）を供試した。球茎入手後、1992年8月13日に常法によりポットに植え込み、10°Cで低温処理を開始した。8週間後の10月7日に低温処理を終了し、淡色黒ボク土、腐植質黒ボク土、灰色低地土を培地として、家庭園芸用プランタ（64cm×22cm×深さ17cm）に30球ずつ植え付けた。それらを最低夜温を15°Cに設定したガラス室に搬入し、慣行に従って管理して開花をみた。低温処理終了時に花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察するとともに、開花時には開花株率、到花日数、切り花重、切り花長、葉長、第1～第2小花間長、および“グラジオラス咲き花序”株の発生率を調査した。なお、定植時に基肥は施さなかった。

## 結果

低温処理終了時の花芽の発達段階は、内苞葉形成期～雄ずい・外花被形成期にあり、60%の株が三原基形成期にあった（データ省略）。

到花日数および第1～第2小花間長は処理区間に差がほとんどなく、土壌の種類の影響はみられなかった。切り花重は、腐植質黒ボク土区および灰色低地土区で重く

**Table 8.** Effect of soil type after chilling on flowering in freesia 'Blue Heaven'.

Soil type	Flower- ing (%)	Days to flowering	Cut flower		Leaf length (cm)	Inter- node length (cm)	Gladiolus bloom (%)
			weight (g)	length (cm)			
Light-colored Andosol	100	60.7	8.3	34.5	29.3	5.4	47.4
Humic Andosol	100	61.2	13.3	37.5	33.0	5.6	83.4
Gray lowland soil	100	58.1	15.7	35.9	32.2	5.9	97.1
Significance <sup>z</sup>		NS	**	*	*	NS	**

<sup>z</sup> NS: No significance, \*:  $P \leq 0.05$ , \*\*:  $P \leq 0.01$

なった。切り花長と葉長も、腐植質黒ボク土区、灰色低地土区で長くなる傾向がみられたが、その差は切り花重ほどではなかった。“グラジオラス咲き花序”の発生率は、腐植質黒ボク土区、灰色低地土区で多く、淡色黒ボク土区で少なかった(第8表)。

以上の結果から、腐植質黒ボク土あるいは灰色低地土で栽培すると“グラジオラス咲き花序”の発生が多く、高温障害が出やすいことが示された。

## 実験2 土壌中の窒素濃度の影響

実験1から土壌の種類によって高温障害の発生程度が異なることがわかったが、その要因を明らかにするため、本実験では培地中の窒素濃度と高温障害の発生程度との関係について検討した。

### 材料および方法

八丈島産のブルーヘブン球茎(4.6g)を供試した。1996年10月15日に、常法によりポットに球茎を植え付け10°Cで低温処理を開始した。処理開始から7週間余り経過した11月22日に低温処理を終え、肥料分を添加しないロックウール主体の市販培地(ベストミックス-1-D)を用いて、家庭園芸用プランタ(64cm×22cm×深さ17cm)に25球ずつ植え付けた。それら

を、最低夜温を15°Cに設定したガラス室に搬入し、灌水代わりに窒素濃度を0, 10, 50, 100, 500, 1000ppmに調整した水溶液(クミアイ液肥希釈液)を施用しながら栽培管理し開花をみた。低温処理終了時には花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察するとともに、開花時には各小花間の長さ、それぞれの節間が水平線となす角を測定した。

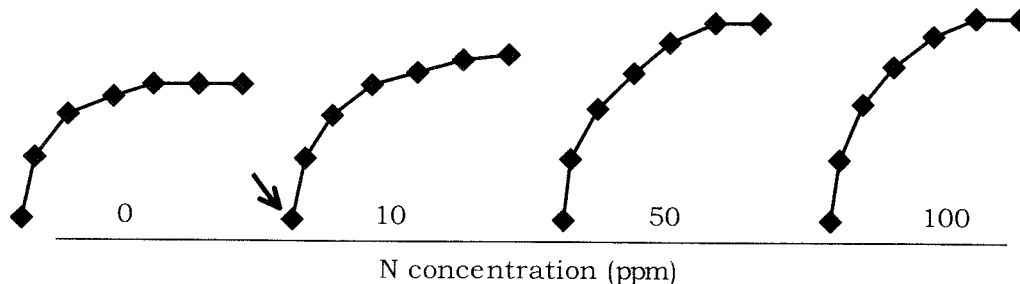
## 結 果

低温処理終了時の花芽の発達段階は、三原基形成期〜雄ずい・外花被形成期にあり、80%の株で三原基形成期にあった(データ省略)。

窒素濃度500および1000ppm区では生育が極めて不良化、あるいは枯死したため調査できなかった。そこで、以下には0~100ppm区について述べる。

0~100ppm区の花序の形態を比較すると、各小花間の長さは窒素濃度の影響を受けなかったが、各小花間の傾斜は窒素濃度が高いほど大きくなり、50~100ppm区では“グラジオラス咲き花序”を示した(第20図)。

以上の結果から、高温遭遇時の培地窒素濃度が高いと高温の影響を受けやすく、高温障害が発生しやすいことがわかった。



**Fig. 20.** Inflorescence types developed at various N (nitrogen) concentrations in 'Blue Heaven'. Corms were chilled wet at 10°C for 7 weeks and N at various conditions was applied at each irrigation. Each dot means floret and line means internode. Arrow (↓) indicates 1st floret.



## 第6節 高温障害発生に関する品種間差異

本章ではこれまでに、‘ブルーヘブン’を用いた冷蔵促成栽培における定植時、すなわち低温処理終了時の気温が高く、その時に花芽が発達していない場合、“グラジオラス咲き花序”などの高温障害が発生しやすいことを明らかにした。また、林・相川(1973)、海基(1979)は、‘ラインベルトゴールデンイエロー’の冷蔵促成栽培で、低温処理終了時に第1小花が雌蕊形成期に達していれば高温障害が起らないことを示した。しかし、主力品種が変遷し、さらに多品種化が進んだ現在、‘ラインベルトゴールデンイエロー’の結果だけで全品種に対処することはできない。そこで、品種ごとの適切な低温処理法を確立するために、高温障害の発生に関する品種間差異を検討し、品種特性を把握しようとした。

### 材料および方法

第1表に示した29品種を供試した。本実験は第1章第3節の実験と同一であるので、実験内容については省略する。本節では開花時に調査した“グラジオラス咲き花序”の発生割合についてのみ検討した。なお、本章第1節の結果に基づき、花序傾斜角が18°以上の個体を“グラジオラス咲き花序”、18°以下のものを正常開花とした。なお、“異常花序”および“偽正常花序”が10℃4週間区の一部の株で発生したが、本実験では調査の対象から除外した。

### 結果

定植後1週間の温室内気温は、最高気温の平均で

25.3℃、平均気温で19.3℃であった。

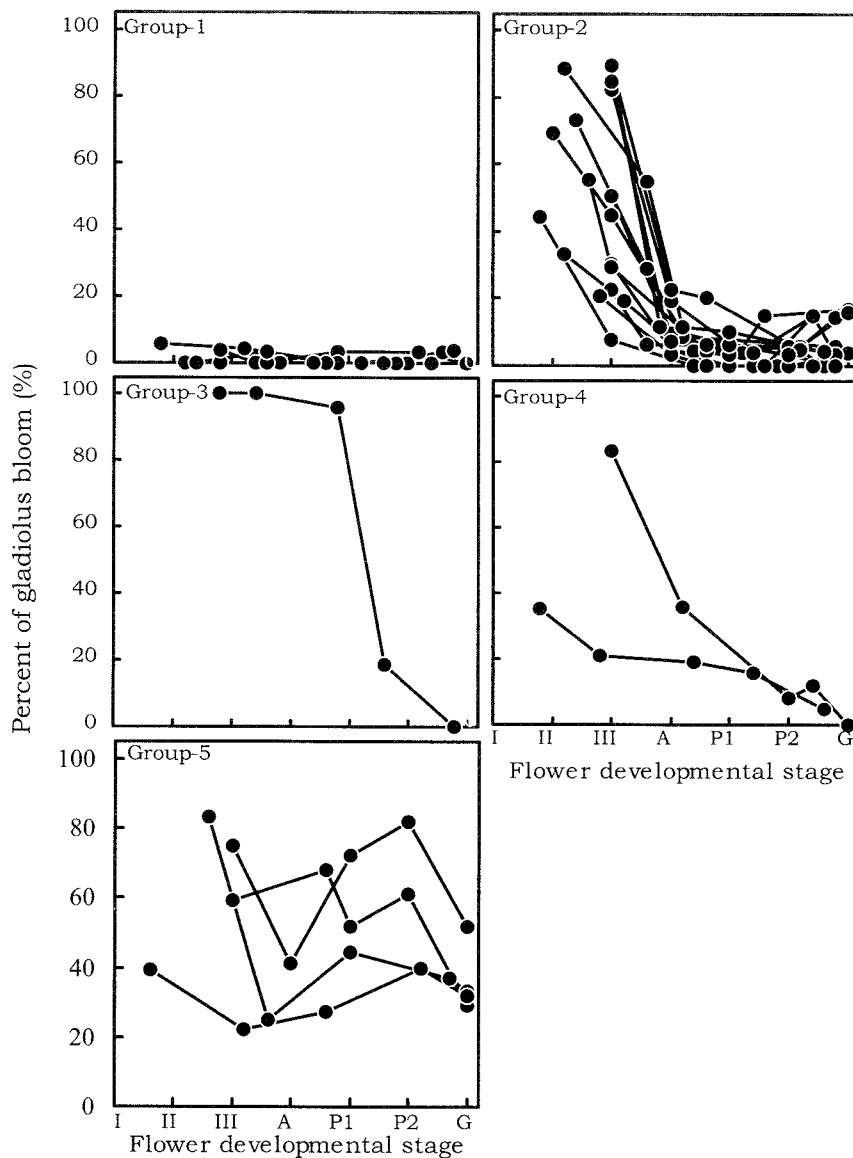
低温処理終了時の花芽の発達段階は、多くの品種で苞形成期以降の様々な段階にあったが、‘モセラ’では最も進んでいない処理でも三原基形成期以降、‘ゴールデンクイーン’では逆に最も進んでいた処理でも三原基形成期であったため、発達段階と高温障害の発生との関係について正確に考察できないと考え、両者を調査の対象から除外した。したがって、以下には‘モセラ’と‘ゴールデンクイーン’を除いた27品種について述べる。

低温処理終了時の花芽の発達段階と開花時の“グラジオラス咲き花序”株の発生率との関係は、品種間差が非常に大きく単純に傾向をつかむことができなかったため、ある程度傾向の似た品種をまとめた。その結果、第1グループ：いずれの花芽の発達段階で高温に遭遇しても“グラジオラス咲き花序”が発生しない品種群、第2グループ：高温遭遇時の花芽の発達段階が三原基形成期以降であれば“グラジオラス咲き花序”が発生しない品種群、第3グループ：内花被形成期以降であれば“グラジオラス咲き花序”が発生しない品種群、第4グループ：花芽の発達段階が進むこともない“グラジオラス咲き花序”の発生が漸減する品種群、第5グループ：高温遭遇時の花芽の発達段階に関係なく“グラジオラス咲き花序”が発生しやすい品種群の5つのグループに分けることができた(第21図)。なお、これらのグループに属する品種を第9表に示した。

以上の結果、約60%の品種が第2グループに属することがわかり、低温処理終了時の花芽の発達段階が三原基形成期以降であれば、多くの品種で高温障害の発生が少ないことがわかった。

**Table 9.** Classification of 27 cultivars based on percent of “gladiolus bloom” related to flower developmental stage at the end of chilling. Group: See **Fig. 21**.

Group	Cultivars
1	Aida, Elegance, Lydea, Snow-white
2	Aladin, Amadeus, Ankara, Cherry Bell, Golden Crown, Golden Wave, Grace, Magdalena, Oberon, Rosanova, Snowdon, Tirana, Venus, Vesta, Yellow Dream, Yvonne
3	Blue Heaven
4	Kayak, Rijnveld’s Golden Yellow
5	Desert Queen, Florida, Michelle, Sailor



**Fig. 21.** Classification of freesia cultivars related to flower developmental stage at the end of chilling and percent of gladiolus bloom. Corms were chilled at 10°C wet for 4-8 weeks under dark condition. Stage: See **Fig. 6**.

## 第7節 考 察

フリージアでは、花芽形成時に急激な温度上昇を受けた場合、様々な形態を示す高温障害が花序に現れる (Heide, 1965; Smith・Danks, 1985). 阿部ら (1964) および安井ら (1983) は、25°Cの高温に遭遇した後の花芽の発達について形態的な観察を行っているが、高温遭遇時の花芽の発達段階と高温遭遇期間に応じて発生する形態的な変化の違いを分類するまでには至っていない。

第1節では、24°Cの高温に遭遇させた後に開花した外見上正常にみえる花序には2つのタイプがあることが確認された。すなわち、低温処理5週間後の1~3週間高

温処理区および低温処理6週間後の3週間高温処理区でみられた“偽正常花序”と、対照区および低温処理6週間後の1週間の高温処理区でみられた“正常花序”とがそれであり、両者には、葉数に明らかな差があることと、“グラジオラス咲き花序”および“異常花序”より開花が遅いかそうでないかにおいて区別できた。“偽正常花序”では、側枝を形成しない最上位葉の葉腋部に小花のアボートした痕跡が観察されていることから、高温の影響で花芽がアボートした後に苞葉原基が本葉に変化し、その後の低温を受けて再び花序が分化したとみるべきである。これは第15図に示した“異常花序”の第1小花

がなくなった状態であり、このことから、“偽正常花序”は“異常花序”よりもさらに高温が強く作用した結果といえよう。このように考えると、高温を多く受けるに従い、“正常花序”、“グラジオラス咲き花序”、“異常花序”、そして“偽正常花序”へと発生が推移しており、高温遭遇期間と形態との関係は非常に単純なものになる。すなわち、これらの発生比率が後者へ移行するほど高温の影響が大きいといえる。

林・相川（1973）は、花下がりおよびよばれる奇形花を単に第1-第2小花間長でとらえており、花序傾斜角と花序の異常形態との関係については触れていないが、本実験では“グラジオラス咲き花序”の程度が大となっているものほど第1-第2小花間長が長いことが確かめられた。

低温処理5週間後に高温処理を行うよりも6週間後に行った方が、同じ高温遭遇期間であっても“異常花序”や“偽正常花序”の発生が減少して高温の影響が小さかった。これは高温遭遇時の花芽の発達程度が進んでいたために、高温に対する感受性が低下したことによると考えられ、林・相川（1973）の結果と一致する。

阿部ら（1964）は高温遭遇後の花芽の状態を実体顕微鏡で、安井ら（1983）は切片を作成し光学顕微鏡で観察している。その結果、高温を受けると第1小花は急速に発達し大きくなること、逆に先端部の小花は発達が遅れることを確認しており、本実験の結果と同じであった。なお、低温処理6週間後には少なくとも4輪の小花が分化しており、第1小花が内苞葉形成期～三原基形成期に達して花芽はかなり発達している状態であったが、高温処理により“グラジオラス咲き花序”や“異常花序”などの高温障害がみられ、高温遭遇期間が長い場合には第1小花がアポトーシスした。“グラジオラス咲き花序”の形態的特徴である花序軸の直立や“異常花序”でみられる第1小花より上位での葉や側枝の分化は、高温遭遇直後の花芽の観察では全く確認できず、高温遭遇直後と開花時とは花序の形態が大きくかけ離れていることが示されたが、これは高温の影響が遅れて現れる可能性と、高温遭遇後に花芽形成が可能な低温に戻されたことの影響によるものと思われる。

次に、8～15℃で温度を変えて低温処理を行い、花芽の発達段階が同一の状態での低温処理を終えて20℃あるいは25℃の高温に遭遇させると、低温処理時の温度が高温であるほど、また、低温処理終了時の花芽の発達段階が進んでいないほど、そして、高温遭遇時の温度が高いほど高温障害の発生が多いことが明らかになった。こ

のことから、高温障害は単に1つや2つの要因で発生するものではなく、いくつかの要因が複雑に絡み合って発生していることが予測された。そこで、それぞれの要因について高温障害の発生の限界となる条件を明らかにしようと、“ブルーヘブン”を用いてさらに実験を進めた。

まず、低温処理中の温度について検討したところ、8～15℃の範囲で同一の発達段階で高温に遭遇すると処理温度が低いほど高温障害の発生が少ないことがわかった。第2章第1節でも、統計的には差がないものの低温処理温度が高いほど第1-第2小花間長が長くなる傾向がみられるが、本章第2節においてそれが明らかにされたことになる。高温障害の発生と低温処理中の温度について検討した報告はこれまでなく、新知見であった。次に花芽の発達段階に着目すると、高温遭遇時すなわち低温処理終了時の発達段階が進んでいるほど、高温障害の発生が少ないことが確認された。林・相川（1973）は“ラインベルトゴールデンイエロー”を用いて同様の結果を示しており、これを追認した結果となった。ただし、林らの結果は低温処理温度が同一の条件下で行った結果である点に留意しなければならない。実際栽培ではこの事実のみに着目し、高温障害を発生させまいとして花芽の発達の早い12℃、あるいはそれより若干高い温度で低温処理を行う事例がみられる。その結果、高温遭遇時の花芽の発達段階が進んでいても奇形花序や不開花を誘発する可能性がある。前述の低温処理温度に関する結果からみればこれは誤った方法であり、低温処理時の温度は10℃を超えない方が好ましい。

高温遭遇時の温度と期間に着目し、第2節、第3節および第4節の結果を総括すると、“グラジオラス咲き花序”は、概ね20℃以上で約1週間以上の高温条件におかれると発生しやすい。Imanishi（1993）は18℃以上で“花下がり”などの高温障害が発生しやすいとしており、本研究の結果と同様の事実を示している。ただし、24℃と28℃では高温障害の発生程度にあまり差がみられないことから、温度が高いほど高温障害の発生が多いというわけではなく、一定の限界温度が存在すると思われる。24℃以上では同程度の高温として感じるようである。林・相川（1973）は、“ラインベルトゴールデンイエロー”では25℃以上で高温障害が発生しやすいとしており、本研究の結果と異なっているが、これは品種による反応の違いと推察される。

高温遭遇時の土壌条件に着目すると、腐植質黒ボク土や灰色低地土で栽培すると“グラジオラス咲き花序”の発生が多いことがわかった。これは土壌の栄養条件の違

いによるものと推察し、土壌中の窒素濃度を変えて高温に遭遇させたところ、窒素濃度の高い土壌で栽培すると“グラジオラス咲き花序”の発生が多いことがわかった。フリージアに対する土壌の栄養条件については、主要3要素について林(1971a, 1971b)とKarniewski(1974)が好適濃度について検討したが、高温障害の発生との関係について検討した報告はみられない。高温障害の発生要因と対策に関しては温度について着目しやすく、他の環境要因について検討した例はほとんどないが(柴田, 1995a, 1995b)、一般的には花芽分化に対して高濃度の窒素が抑制的に働くところから(細谷, 1995)、花芽形成の初期段階で高温とともに高濃度の窒素を与えられた場合に栄養生長化が進み、奇形花序が発生しやすくなったものと考えられる。

また、高温遭遇時の花芽の発達段階と開花時の“グラジオラス咲き花序”株発生率との関係は、大別して5つのグループに分けられた。本研究で高温障害について供試した‘ブルーヘブン’は第3グループであり、高温障害が発生しやすい品種群に属する。‘ラインベルトゴールドエンイエロー’は第2グループで、‘ブルーヘブン’よりは高温障害が発生しにくい品種群である。両品種間に高温遭遇時の限界温度などの差がみられるのは、このような生態的特性の違いによるものと推察される。なお、第2~4グループについては、高温遭遇時の花芽の発達段階が進んでいるほど“グラジオラス咲き花序”株発生率が少ないという点で共通性がある。しかし、第1グループはいずれの発達段階で高温に遭遇しても“グラジオラス咲き花序”株がほとんど発生しない点で、また第5グループは雌ずい形成期で高温に遭遇しても“グラジオラス咲き花序”株が多く発生するという点でこれらとは異なっている。また、この“グラジオラス咲き花序”は、オランダでも商品性の低下として問題になっている(Doorduin, 私信)。オランダでは日本のような低温処理を行わないが、おそらく第5グループの品種はオランダでも“グラジオラス咲き花序”を示しやすいのであろう。品種育成途中の選抜段階では、オランダの無冷蔵栽培の条件下でも“グラジオラス咲き花序”を示す系統がみられることから(Doorduin, 私信)、低温処理の有無とは関係なく、花芽の形成途中で20℃以上の高温に遭遇すると“グラジオラス咲き花序”を発現するものがあり、それはおそらく遺伝的な特性によるものと思われる。この第5グループに限らず、ほかの品種群の生態的特性についても遺伝的な影響が大きいと考えられる。また、第1グループの品種群は、日本では非常に営利性の高い

品種群といえる。育成国であるオランダでは、低温処理を利用した栽培で発生する“グラジオラス咲き花序”に関して選抜する事が困難であるため、第1グループのような品種を多く得るには国内で品種を育成することが必要であろう。

## 第8節 摘 要

‘ブルーヘブン’を供試し、球茎に10℃で5または6週間の低温処理を行った直後に1~3週間の高温(24℃)を与え、花芽の形態的变化をSEMを利用して観察した。また、開花時の花序を形態的な違いによって分類し、高温の影響を考察した。その結果、高温を与えない場合は“正常花序”となり、高温の影響が大きくなるにつれて、花序傾斜角が大となる“グラジオラス咲き花序”そして“異常花序”となった。さらに高温の影響が大きい場合、花芽はアボーションを起こし、その後再び葉や花序の分化を開始する“偽正常花序”となった。高温の影響のない“正常花序”と高温の影響が極めて大きい“偽正常花序”とは花序の形態は酷似しているが、葉数と到花日数との違いで区別できた。また、高温遭遇時の花芽の発達段階が進んでいるほど高温障害の発生の程度は小さかった。

‘ブルーヘブン’を用い、高温障害の発生に関して低温処理温度、低温処理終了時の花芽の発達段階、高温遭遇時の温度と期間、および高温遭遇時における土壌の栄養条件の影響について調べたところ、低温処理温度が高く、低温処理終了時の花芽発達段階が雌ずい・外花被形成期以前の場合に20℃以上の高温に1週間以上遭遇すると、また、窒素濃度の高い土壌条件で栽培すると“グラジオラス咲き花序”株が発生しやすいことがわかった。

27品種を用い、高温遭遇時の花芽の発達段階と開花時の“グラジオラス咲き花序”株発生率との関係を調べたところ、第1グループ: いずれの花芽の発達段階で高温に遭遇しても“グラジオラス咲き花序”が発生しない品種群、第2グループ: 高温遭遇時の花芽の発達段階が三原基形成期以降であれば“グラジオラス咲き花序”が発生しにくい品種群、第3グループ: 内花被形成期以降で“グラジオラス咲き花序”の発生が急減する品種群、第4グループ: 花芽の発達にともない“グラジオラス咲き花序”の発生が漸減する品種群、第5グループ: 高温遭遇時の花芽の発達段階に関係なく“グラジオラス咲き花序”が発生しやすい品種群の5つのグループに分けることができた。これらの生態的な違いは遺伝的特性によるものと推察された。

## 第4章 実際栽培における低温処理法の検討

第2章および第3章から、低温処理中の低温の効果には、これまでいわれてきたような花芽形成の適温としての直接的な作用ばかりでなく、開花株率の向上、到花日数の短縮、切り花長の増加、高温障害の発生低減、そしてバーナリゼーションとしての間接的な作用があることが明らかになった。ところが、これらの間接的な作用は2~8°Cで効果が高く、慣行的に行われてきた10°Cの低温処理では効果として現れにくい。しかし、2~5°Cの低温では必要な低温処理期間が極めて長くなり、オランダ産球茎を使わざるを得ないのが実状である。ところが、国内産球茎より高価なオランダ産球茎を用いて従来よりも高い低温処理のコストが必要となれば、実際栽培への適用は切り花の単価が高い時期の出荷作型以外は難しい。そこで本章では、5~8°Cの温度域を中心に利用した実用的な低温処理法について検討するとともに、冷蔵室の利用効率を高める可能性のある乾燥低温処理の利用法について、また、実際栽培農家で懸念されている冷蔵室内の温度の振れについて、さらに、近年発表された高温開花性品種の利用についても併せて検討した。

### 第1節 10°C以下の低温を利用した低温処理法

第2章で、8°Cより低い温度で低温処理を行うことにより低温処理後の到花日数が短くなるとともに切り花長が長くなること、さらに第3章から低温処理中の温度が低いほど高温障害の発生が低いことがわかり、8°Cより

低い温度を用いた低温処理では実際栽培に適用できる有用な効果が得られることがわかった。ただし、低温では低温処理期間を長くする必要があるため、低温処理開始から開花までの期間が従来の10°Cよりも長くなってしまふ欠点も併せ持っており、休眠覚醒期が7月下旬以降になってしまう国内産球茎を用いる栽培法ではその優位性を利用できない。そこで本節では、周年供給が可能なオランダ産球茎を用いた10°C以下の低温を利用した低温処理を行うことにより、国内産球茎では出荷が不可能であった10月中旬以前の出荷をめざす低温処理法について検討した。

また、切り花長や小花数および高温障害の発生に影響を与える低温の影響は明らかにされたが、これら以外の切り花の商品性に関する形質に対する低温の影響は定かでない。そこで、低温が茎葉の品質に及ぼす影響についても検討した。

### 実験1 9~10月出荷をめざす低温処理法

国内産球茎を用いた場合は10月下旬が最も早い出荷時期であり、それ以前の出荷は不可能であった。しかし、周年供給が可能なオランダ産球茎を用い、第2章で明らかになった5~8°Cの低温処理法を行うことにより、開花株率が高く、しかも商品性の高い切り花をこれまでより早期に出荷できる可能性がでてきた。そこで、5~8°Cの低温処理法を用いこの点を確認しようとした。

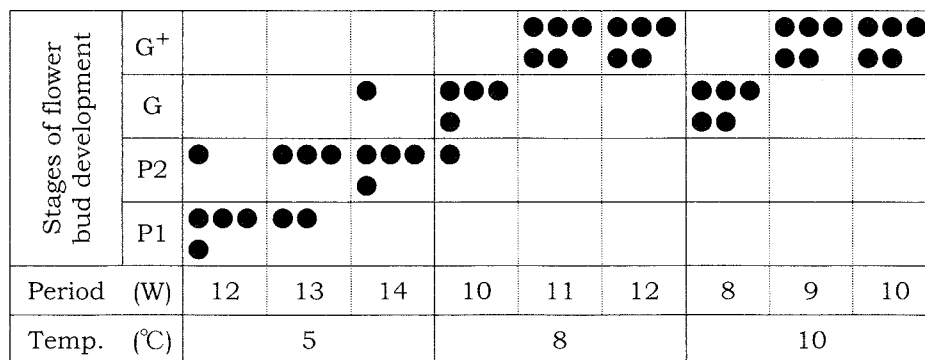


Fig. 22. Developmental stage of 1st floret of 'Elegance' chilled at 5, 8 or 10°C for various durations. Stage: See Fig. 3. G<sup>+</sup>: After G stage.

**Table 10.** Effect of chilling temperatures and periods on flowering in 'Elegance'.

Chilling		Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower	
temp. (°C)	period (W)			weight (g)	length (cm)
5	12	100	48.1	20.8	54.7
	13	100	47.9	19.1	51.4
	14	100	46.1	15.4	47.6
8	10	88	33.2	16.6	44.5
	11	90	33.9	13.4	39.1
	12	34	31.1	13.2	33.3
10	8	100	34.0	14.3	41.5
	9	29	31.7	10.8	34.9
	10	14	31.8	15.1	33.3

## 材料および方法

オランダ産の‘エレガンス’球茎(15.0g)を供試した。1998年5月中旬に球茎を入手し室温で貯蔵したものを、常法によりポットに植え込み、5月22日から1週間ごとに低温処理を開始した。低温処理期間は、5°Cで12, 13, 14週間, 8°Cで10, 11, 12週間, 10°Cで8, 9, 10週間とした。8月28日にすべての処理株を冷蔵室から取り出し、実体顕微鏡下で花芽の発達段階を観察した。同時に、1処理あたり40球を無加温ガラス室内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。なお、定植1週間前からガラス室内に黒寒冷紗(クラレ製, クレモナ寒冷紗#600)を張り、地温の低下につとめた。黒寒冷紗は定植2週間後に撤去した。

## 結 果

低温処理終了時の花芽の発達段階は、8°C区と10°C区ではすべての処理区で雌ずい形成期以降まで進んでいたが、5°C区では12, 13週間区で雄ずい・外花被形成期～内花被形成期, 14週間区で内花被～雌ずい形成期であった(第22図)。

10°C9, 10週間区と8°C12週間区では不開花株の発生が多くみられたが、5°C区では全く発生がみられなかった(第10表)。到花日数は、8°C区と10°C区とでは差はみられなかったが5°C区で長くなった。また、開花日は8, 10°C区で9月末, 5°C区で10月中旬であった。切り花重は、8°C区と10°C区とには差がほとんどみられなかったが5°C区で重くなった。切り花長は低温処理温度が低いほど長くなった。

以上の結果から、低温処理温度を8°Cにすることにより商品性の高い切り花を9月末に、また5°Cにすること

により開花は10月中旬になるが、さらに商品性の高い切り花を出荷することが可能であった。

## 実験2 8°Cの低温処理による茎葉の軟弱化防止

本研究で主に用いた‘エレガンス’と‘ブルーヘブン’は茎葉が剛直で実際栽培でも評価の高い品種である。しかし、フリージア品種の中には茎葉の柔らかい品種が多くあり、市場の要求や人気品種の球茎の供給不足により、これらの茎葉の柔らかい品種でも栽培せざるを得ない場合がある。そこで本実験では、茎葉の硬さに対する8°C低温処理の効果の有無について検討した。

## 材料および方法

種子島産の‘シンデレラ’球茎(9.2g)と‘アラジン’球茎(11.0g)を供試した。1998年9月下旬に球茎を入手し、室温で貯蔵後、10月2日に常法により8°Cおよび10°Cで低温処理を開始した。10°C区では5週後の11月6日に、8°C区では7週後の11月20日に低温処理を終了し、最低夜温を7～10°Cに設定したガラス室内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。1区40球を供試した。

## 結 果

低温処理終了時の花芽の発達段階は、両品種とも低温処理温度に関係なく概ね内苞葉形成期～三原基形成期であり、差がほとんどみられなかった(第23図)。

両品種とも低温処理開始から開花までの期間は10°C区で短かったが、低温処理後の到花日数は8°C区で1週間ほど短くなった。また、‘シンデレラ’の10°C区では花茎の曲がり率が75%、軟弱花茎が50%、葉の垂れが100%発生したが、8°C区では全く発生がみられなかつ

Stages of flower bud development	A	●●	●●●	●●●●	●●●
	BO	●●●●	●●	●●●●	●●●●
	BR				
Chilling period	(W)	7	5	7	5
Temp.	(°C)	8	10	8	10
Cultivar		Cinderella		Aladin	

**Fig. 23.** Developmental stage of 1st floret of 'Cinderella' and 'Aladin' chilled at 8 or 10°C for 7 or 5 weeks.

**Table 11.** Effects of chilling temperature and period on flowering and quality of cut flowers in 'Cinderella' and 'Aladin'.

Cultivar	Chilling		Flowering (%)	Days to flowering	Stem bending (%)	Weak stems (%)	Flapped leaves (%)
	temp. (°C)	period (W)					
Cinderella	8	7	100	74	0	0	0
	10	5	100	81	75	50	100
Aladin	8	7	100	81	0	0	0
	10	5	100	86	0	0	80

た。'アラジン'では花茎の曲がりと軟弱花茎はいずれの温度区でも発生しなかったが、葉の垂れが 10°C区でのみ発生した (第 11 表)。

以上の結果から、8°Cで低温処理を行うことにより、花茎の曲がり、軟弱花茎および葉の垂れの発生を抑えられることがわかった。

## 第2節 変温低温処理法の検討

5~8°Cでの低温処理により高温期に商品性の高い切り花を出荷できることがわかったが、低温処理期間が長くなることは避けられず、国内産球茎を用いた早期の出荷は不可能であった。そこで、国内産球茎を用いた実際栽培を想定し、有益な後作用の効果がみられる 5~8°Cでの低温処理を簡易に利用するため、従来の 10°Cでの低温処理に組み入れた実用的な低温処理法を確立しようとした。なお、低温処理の効果を正確に把握するため、12~15°Cの低温の影響についても併せて検討した。

### 実験1 10°C低温処理前 3 週間の低温処理温度の影響

10°C湿潤で低温処理を行う場合、低温処理開始後 3 週間の温度を変え、その影響を検討した。

### 材料および方法

オランダ産の'ブルーヘブン'球茎 (5.5 g) を供試した。球茎入手後、1997年6月26日に常法によりポットに植え込み、5, 8, 10, 12, 15°Cで低温処理を開始した。3週間後の7月17日に花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察した後、すべての処理株を 10°C冷蔵室に移し、低温処理温度を 10°Cに変更した。その後、随時実体顕微鏡下で花芽の観察を行い、第 1 小花の発達段階が外花被形成期に達した時点で搬出し、人工光グロースキャビネット (コイトロン KG-206L) で 24°C1 週間の高温処理を行った。高温処理後、家庭園芸用プランタ (64cm×22cm×深さ 17cm) に 40 球ずつ植え替え、22/18°Cに制御された自然光グロースキャビネット (コイトロン S-310A) に移して、慣行に従って栽培し開花をみた。

Stages of flower bud development	BR		●	●●●	●●	
	I	●●●●	●●●●	●	●●●●	●●●●
Temp.	(°C)	5	8	10	12	15

**Fig. 24.** Developmental stage of 1st floret of 'Blue Heaven' chilled at various temperatures for 3 weeks. Stage: See Fig. 3.

**Table 12.** Effect of pre-chilling temperature for 3 weeks prior to chilling at 10°C on flowering of 'Blue Heaven'.

Pre-chilling temp. (°C)	Days to P1 stage	Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower		No. of florets	Gladiolus bloom (%)
				weight (g)	length (cm)		
5	32	100	40.6	11.6	37.6	5.5	41
8	27	100	40.7	9.7	32.8	5.5	43
10	22	100	45.1	10.2	28.4	5.3	78
12	22	80	46.6	9.2	24.9	6.2	100
15	34	65	46.2	6.9	16.8	4.3	100
Significance			**	*	**	NS	**

Plants were exposed to high temperature at 24°C for 1 weeks at P1 stage of 1st floret and then grown in 22/18 °C after planting in container. Significance: NS, No significance; \*, P≤0.05; \*\*, P≤0.01.

## 結 果

5~15°Cで低温処理を行った場合、3週間後の花芽の発達段階は10°C区で最も進み概ね外苞葉形成期であったが、これより高温あるいは低温では発達が遅れた(第24図)。その後、低温処理温度を10°Cに変えた後に雄ずい・外花被形成期に達するまでの期間は、10、12°C区で22日と最も短く、これより高温あるいは低温で長くなった。10°C区と5°C区および10°C区と8°C区との処理期間の差は、それぞれ10日間、5日間であった(第12表)。

5~10°C区ではすべての株で開花したが、12°C以上では処理温度が高くなるほど開花株率が減少した。到花日数は5、8°C区で短く10~15°C区で長くなった。切り花重と切り花長は処理温度が低いほど大となった。小花数は、12°C区でやや多くなり15°C区で少なくなった。“ラジオラス咲き花序”の発生は低温処理初期の処理温度

が低いほど少なかった(第12表)。

以上の結果から、5~8°Cで3週間の低温処理を行った後10°Cに移すと、10°C一定の処理に比べ切り花の商品性が高まることがわかった。

## 実験2 10°C低温処理3週間後の低温処理温度の影響

10°Cで3週間の低温処理を行った後、処理温度を変えた場合の影響を検討した。

### 材料および方法

オランダ産の‘ブルーヘブン’球茎(4.3g)を供試した。球茎入手後、1997年9月12日に常法によりポットに植え込み、10°Cで低温処理を開始し、3週間後の10月3日に、8、10、12、15°Cに低温処理温度を変更した。実体顕微鏡下で花芽を随時観察し、第1小花の発

**Table 13.** Effect of post-chilling temperature after chilling at 10°C for 3 weeks on flowering of 'Blue Heaven'.

Post-chilling temp. (°C)	Days to P1 stage	Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower		No. of florets	Gladiolus bloom (%)
				weight (g)	length (cm)		
8	28	100	50.4	13.7	35.0	6.5	74
10	24	100	51.8	14.1	28.3	6.8	72
12	22	100	54.5	15.5	29.0	7.8	90
15	34	70	60.1	10.6	27.8	7.3	88
Significance			**	*	*	NS	*

Plants were exposed to high temperature at 24°C for 1 weeks at P1 stage of 1st floret and then grown in 22/18 °C after planting in container. Significance: NS, No significance; \*, P≤0.05; \*\*, P≤0.01.



達段階が外花被形成期に達した時点で搬出し、人工光グロースキャビネット(コイトトロン KG-206L)で24°C 1週間の高温処理を行った。その後、家庭園芸用プランタ(64cm×22cm×深さ17cm)に40球ずつ植え替え、22/18°Cに制御された自然光グロースキャビネット(コイトトロン S-310A)に移し、慣行に従って栽培し開花をみた。

## 結 果

10°Cから低温処理温度を8~15°Cに変更した後、雄ずい・外花被形成期に達するまでの期間は12°C区で22日と最も短く、これより高温あるいは低温で長くなった。10°C区と8°C区との差は4日間であった(第13表)。

8~12°C区ではすべての株で開花したが、15°C区では30%の株が開花でなかった。低温処理後の到花日数は、低温処理温度が高くなるほど長くなったが、15°C区を除きその差はわずかであった。切り花重には処理温度の影響がみられなかったが、切り花長は8°C区で長くなった。小花数と“グラジオラス咲き花序”の発生は、8、10°C区でやや少ない傾向がみられた(第13表)。

以上の結果から、10°C低温処理3週間後に8°Cの低温を組み合わせた低温処理法の実用化の可能性が認められた。

### 実験3 10°C低温処理前5週間の低温処理温度の影響

10°Cで低温処理を行う場合の、低温処理開始後5週間の温度を変え、その影響を検討した。

#### 材料および方法

オランダ産の‘ブルーヘブン’球茎(5.5g)を供試した。球茎入手後、1997年9月12日に常法によりポットに植え込み、5、8、10、12、15°Cで低温処理を開

始した。5週間後の10月17日に花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察した後、すべての処理株を10°C冷蔵室に移し、低温処理温度を10°Cに変更した。処理中随時、実体顕微鏡下で花芽の観察を行い、第1小花の発達段階が外花被形成期に達した時点で搬出し、人工光グロースキャビネット(コイトトロン KG-206L)で24°C1週間の高温処理を行った。その後、家庭園芸用プランタ(64cm×22cm×深さ17cm)に40球ずつ植え替え、22/18°Cに制御された自然光グロースキャビネット(コイトトロン S-310A)に移して、慣行に従って栽培し開花をみた。

## 結 果

5~15°Cで低温処理を行うと、5週間後の花芽の発達段階は12°C区で最も進み概ね内苞葉形成期に達していたが、これより高温あるいは低温では発達が遅れた(第25図)。低温処理温度を10°Cに変えた後に雄ずい・外花被形成期に達するまでの期間は12°C区で8日と最も短く、これより高温あるいは低温で長くなった。10°C区と5°C区および10°C区と8°C区との処理期間の差は、それぞれ18日間、4日間であった(第14表)。

5~8°C区ではすべての株で開花したが、10°C以上の区では処理温度が高くなるほど開花株率が減少した。また、到花日数は、5~10°C区では差がみられなかったが12°C以上の区で長くなった。切り花重は15°C区を除き処理温度の影響がみられなかったが、切り花長は5、8°C区で長くなった。小花数は、12°C区で多くなったが15°C区では少なくなった。“グラジオラス咲き花序”は処理温度が低いほど発生が少なく、5°C区では21%と特に少なかった(第14表)。

以上の結果から、10°C低温処理前5週間に、5~8°Cの低温を組み合わせた低温処理法は、やや開花が遅れるものの実用的と認められた。

Stages of flower bud de- velopment	A				●	
	BO		●	●●●	●●●	
	BR		●●●	●●	●	●●●
	I	●●●				●●
Temp.	(°C)	5	8	10	12	15

Fig. 25. Developmental stage of 1st floret of ‘Blue Heaven’ chilled at various temperatures for 5 weeks. Stage: See Fig. 3.

**Table 14.** Effect of pre-chilling temperature for 5 weeks prior to chilling at 10°C on flowering of 'Blue Heaven'.

Pre-chilling temp. (°C)	Days to P1 stage	Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower		No. of florets	Gladiolus bloom (%)
				weight (g)	length (cm)		
5	28	100	51.1	14.1	34.8	6.7	21
8	14	100	49.4	14.1	33.6	6.6	57
10	10	97	51.7	13.8	28.9	6.9	74
12	8	95	53.6	14.3	27.3	7.7	81
15	28	61	58.1	10.8	26.4	5.8	71
Significance			*	*	*	NS	**

Plants were exposed to high temperature at 24°C for 1 weeks at P1 stage of 1st floret and then grown in 22/18 °C after planting in container. Significance: NS, No significance; \*,  $P \leq 0.05$ ; \*\*,  $P \leq 0.01$ .

#### 実験4 10°C低温処理 5 週間後の低温処理温度の影響

10°Cで5週間の低温処理を行った後、処理温度を変えた場合の影響を検討した。

##### 材料および方法

オランダ産の‘ブルーヘブン’球茎(5.7g)を供試した。球茎入手後、1996年9月11日に常法によりポットに植え込み、10°Cで低温処理を開始し、5週間後の10月16日に8、10、12、15°Cに低温処理温度を変更した。処理中随時、実体顕微鏡下で花芽を観察し、第1小花の発達段階が外花被形成期に達した時点で搬出し、人工光グロースキャビネット(コイトロン KG-206L)で24°C1週間の高温処理を行った。その後、最低夜温10°Cに管理したガラス室内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。

#### 結 果

10°Cから低温処理温度を8~15°Cに変更した後、雄ずい・外花被形成期に達するまでの期間は、12、15°C区で9日と短く、これより低温で長くなった。10°C区と8°C区との差は6日間であった。

開花株率は、5、8°C区で高く12、15°C区で若干低くなった。また、到花日数は低温処理温度が高くなるほど長くなった。切り花重と小花数は、処理温度が高くなるほど大となったが、切り花長は8~10°Cの温度で長くなった。“グラジオラス咲き花序”は12、15°C区で発生が多く、8°C区で少なかった(第15表)。

以上の結果から、10°Cの低温処理5週間後に8°Cの低温を組み合わせた低温処理法の実用性が認められた。

**Table 15.** Effect of post-chilling temperature after chilling at 10°C for 5 weeks on flowering of 'Blue Heaven'.

Post-chilling temp. (°C)	Days to P1 stage	Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower		No. of florets	Gladiolus bloom (%)
				weight (g)	length (cm)		
8	20	98	61.1	15.6	47.3	6.2	54.9
10	14	98	67.2	17.1	50.7	6.4	76.9
12	9	78	71.3	17.9	39.7	6.7	96.8
15	9	88	71.8	20.5	41.8	7.6	93.7
Significance			*	*	*	NS	*

Plants were exposed to high temperature at 24°C for 1 weeks at P1 stage of 1st floret and then grown in glasshouse at 10°C of night temperature after planting in container. Significance: NS, No significance; \*,  $P \leq 0.05$ ; \*\*,  $P \leq 0.01$ .

### 第3節 乾燥低温処理の利用

フリージアの促成栽培では、低温処理中に芽が伸びるために冷蔵室内に芽の伸長分の空間を確保する必要がある。冷蔵室内空間の利用効率が高い品目とはいえない。一方、乾燥状態で低温処理を行うと低温処理中の芽の伸びは抑えられるが、開花の促進効果が小さいばかりでなく、長期間の処理では“二階球”という不発芽現象を誘発することが知られている。そこで、湿潤低温処理と乾燥低温処理とを組み合わせることによって、低温処理中の芽の伸長を抑えるだけでなく開花を早めることが可能か検討した。

#### 実験1 10°Cの乾燥低温処理期間が花芽形成に及ぼす影響

実際栽培での乾燥低温処理に有効と思われる10°Cについて処理期間を変え、花芽形成に及ぼす影響について検討した。

#### 材料および方法

オランダ産‘エレガンス’球茎(6.4g)を供試した。1994年8月31日に球茎入手後、10°C乾燥状態で低温処理を開始した。7週間後まで毎週それらを常法によりポットに植え込み、10°C湿潤状態で低温処理を行った。8週目にすべての球茎を取り出し、芽の長さを計測するとともに花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察した。な

お、比較のために1994年8月31日から10°C湿潤状態で低温処理を行う区を設け、8週目まで毎週芽の長さを測るとともに花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察した。1区5球を供試した。

### 結 果

湿潤状態で低温処理を行うと、低温処理開始から4週間目に花芽の分化が始まり、処理期間が長くなるにつれて発進が進み、8週間目に雌ずい形成期に達した。湿潤低温処理と乾燥低温処理との期間を変えて、処理期間の合計が8週間となる低温処理を行うと、乾燥状態の処理期間が長くなるほど花芽の発進は遅れた。湿潤低温処理を全く行わない場合、すなわち乾燥低温処理8週間区では、湿潤低温処理4週間区とほぼ同程度の発達段階である外苞葉形成期にしか達していなかった(第26図)。

湿潤低温処理の期間が長くなるほど芽の長さは長くなった。湿潤低温処理期間が同じ処理区で比較すると、湿潤低温処理のみを行った処理区よりも湿潤低温処理に乾燥低温処理を加えた処理区で長くなった。しかし、同程度の花芽の発達段階で比較すると、湿潤低温処理に乾燥低温処理を加えた処理よりも湿潤低温処理のみを行った処理区で芽が長くなった(第26図)。

以上の結果から、湿潤低温処理に乾燥低温処理を組み合わせることは花芽の発進を早めるとともに芽の伸長を抑えるため、実際栽培で有用と思われる。

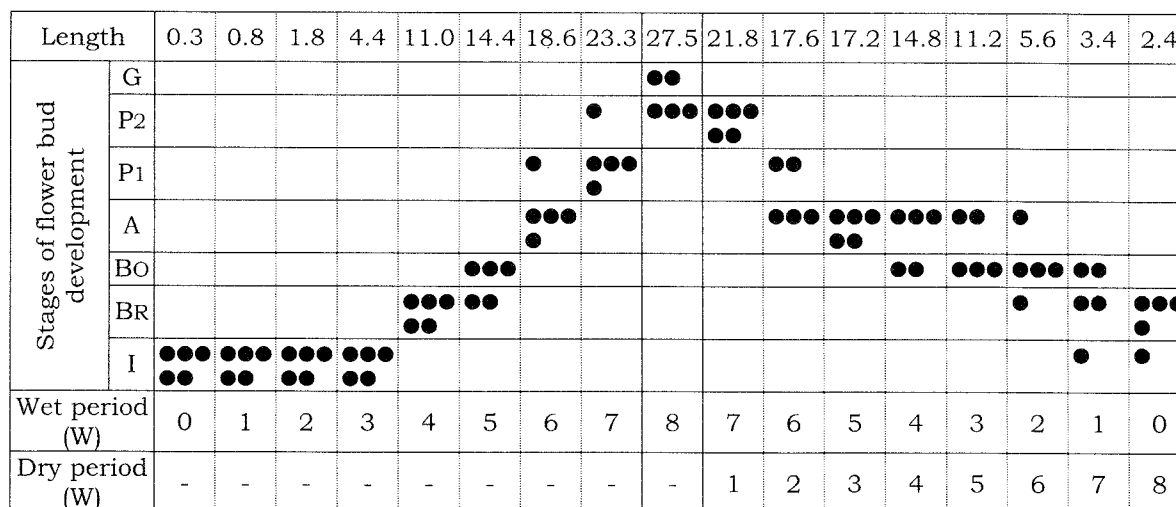


Fig. 26. Developmental stage of 1st floret of ‘Elegance’ chilled at 10°C wet or under a combination of dry and wet condition. Stage: See Fig. 3. Length: Shoot length (cm).

## 実験2 10°Cの乾燥低温処理を加えた低温処理法

実験1から、湿潤低温処理に乾燥低温処理を加えることにより低温処理中の芽の伸びを抑えることが可能となり、冷蔵室の利用効率が向上し、作業効率を高められることが示された。そこで、開花に及ぼす10°C乾燥低温処理期間の影響について検討し、実用的な利用法を明らかにしようとした。

### 材料および方法

自家養成した‘エレガンス’球茎(3.7g)を供試した。1992年5月上旬に球茎を掘り上げ、乾燥後、休眠打破のために4週間の30°C高温処理を行い、高温処理終了直前に約30ppmの濃度で1日あたり1時間のエチレン気浴処理を3日間行った。休眠打破処理が終了した後、倉庫内の通風のよい冷暗所に貯蔵した。発根部の突起により休眠覚醒を確認した後、乾燥低温処理区では網袋に詰め、湿潤低温処理では常法によりポットに植え込み、7月23日に10°Cで低温処理を開始した。乾燥低温処理区では7月30日、8月6日、8月13日に湿潤低温処理に移す区も設け、9月17日にすべての処理を終了した。同日、花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察するとともに、栽培夜温を15°Cに設定したガラス室内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。1区20球を供試した。

### 結果

湿潤状態での低温処理では花芽は処理期間に応じて発達し、5週間目には苞形成期～雄ずい・外花被形成期に、8週間目には雌ずい形成期に達した。しかし、乾燥状態では発達が遅く、8週間目でも苞形成期～雄ずい・外花被形成期であった。また、乾燥低温処理と湿潤低温処理

とを組み合わせると合計8週間の低温処理を行ったものでは、花芽の発達程度に処理期間の影響はみられなかった。これらの区の花芽発達段階は、湿潤低温処理のみを8週間行った処理区よりは若干遅れていたが、乾燥低温処理のみを8週間行った処理区よりははるかに進んでいた(第27図)。

湿潤低温処理区および湿潤と乾燥状態とを組み合わせた低温処理区ではほぼ全株で開花したが、乾燥低温処理区では開花株率は低く、特に7、8週間区ではほとんど開花せずに“二階球”を形成した。8週間区で開花した1株も“異常花序”であった。湿潤低温処理区では処理期間が長くなるほど到花日数は短くなったが、乾燥低温処理区では逆に処理期間が長い処理で長くなった。乾燥低温処理と湿潤低温処理とを組み合わせた処理では処理区間に差はみられなかった。低温処理期間が合計で8週間となる処理同士を比較すると、湿潤低温処理区で49日間と最も短く、次いで湿潤と乾燥状態とを組み合わせた低温処理区が約51日であり、乾燥低温処理区では105日と大きく開花が遅れた(第16表)。

切り花重と切り花長は、湿潤低温処理区では処理期間が短いほど、乾燥低温処理区では逆に処理期間が長いほど大となった。湿潤状態の低温処理期間を同一にして比較すると、乾燥低温処理を加えた処理で小となった。葉長および小花数は、概ね切り花重、切り花長と同じ傾向を示したが、乾燥低温処理区では処理期間が長いほど小となった。葉数は、全ての処理区で5~6枚であり、処理区間に差がみられなかった(第16表)。

以上の結果から、長期間の10°C乾燥低温処理では“二階球”が発生する可能性があるため実用性に問題があること、乾燥と湿潤とを組み合わせた低温処理区では、湿潤状態のみでの低温処理期間が同じ区のものより切り花のボリュームがやや小さくなるものの、開花が早まるため実用性が認められた。

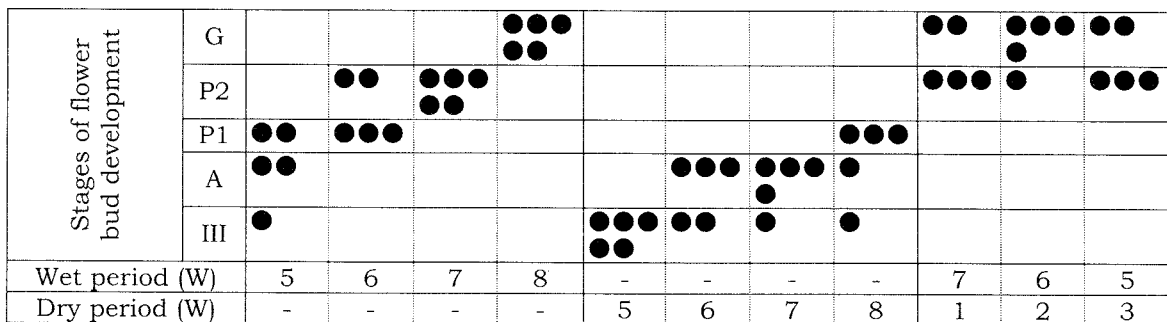


Fig. 27. Developmental stage of 1st floret of ‘Elegance’ chilled at 10°C for various duration and under dry, wet or both combination condition. Stage: See Fig. 6.

**Table 16.** Effect of dry-chilling period and wet-chilling period on flowering of 'Elegance'.

Chilling periods		Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower		Leaf length (cm)	No. of	
dry (W)	wet (W)			weight (g)	length (cm)		leaves	florets
0	5	100	74	15.7	50.3	48.7	6.5	11.3
0	6	100	60	13.2	45.3	36.5	5.0	8.7
0	7	100	54	12.2	44.8	38.1	6.1	8.2
0	8	97	49	10.2	40.4	31.6	5.3	7.3
5	0	48	87	11.6	33.8	26.4	6.1	10.4
6	0	13	107	12.3	41.3	26.0	6.3	10.0
7	0	0 <sup>z</sup>	-	-	-	-	-	-
8	0	3 <sup>y</sup>	105	-	-	-	-	-
1	7	100	51	11.2	43.7	35.7	6.0	7.7
2	6	100	52	10.6	39.6	33.2	5.8	7.9
3	5	100	51	11.2	42.3	35.1	5.7	7.8

z All florets aborted.

y Only one plant flowered but had "abnormal inflorescence".

### 実験3 10°Cの乾燥低温処理期間の限界

実験1, 2から, 従来の10°C湿潤低温処理に10°Cの乾燥低温処理を加えることにより, 開花が早まるばかりでなく, 冷蔵室の利用効率が向上し作業効率が高められ, 実際栽培で有用な効果が得られることがわかった。しかし, 実際栽培では, さらに簡便な乾燥低温処理のみで促成栽培を行う試みも行われている。そのため, より大きな効果を得ようとして長期間の乾燥低温処理を行う事例も少なくない。ところが, 長期間の乾燥低温処理は“二階球”の形成を誘起することが知られており, 実験2でもみられたように, 逆に開花株率を低下させる危険性も持っている。そこで, 適切な低温処理法を確立するため, 10°C乾燥低温処理における限界期間について検討した。

#### 材料および方法

オランダ産の‘エレガンス’球茎(4.2g)を供試した。1996年10月上旬に球茎を入手後, 10月14日に一斉に10°C乾燥状態で低温処理を開始した。8週目まで毎週20球ずつ球茎を取り出し, それぞれに10°Cで湿潤低温処理を行った。5週間の湿潤低温処理を行った後, 最低夜温を10°Cに設定したパイプハウス内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し, 慣行に従って栽培し開花をみた。なお, 対照区として乾燥低温処理を加えない処理区を設けた。

### 結果

乾燥低温処理に続く10°C5週間の湿潤低温処理の処理終了時における花芽の発達段階は, 乾燥低温処理期間が2, 3週間で最も進んでおり, 4週間以上では徐々に発達が遅れた。また, 6週間では発達段階に大きな個体間差が生じた。そして, 7, 8週間では対照区よりもむしろ発達が遅れていた(第28図)。

開花株率は, 乾燥貯蔵期間が6週間以上の処理区で急激に低下し, 8週間では全く生育せず, 全個体で未発芽のまま新球, すなわち“二階球”を形成した。なお, 6, 7週間で発芽がみられなかった個体も全て“二階球”を形成していた。乾燥状態での低温処理期間が3週間までは処理期間が長くなるほど到花日数は短くなったが, その後6週間までは, 逆に処理期間が長くなるほど到花日数が長くなる傾向がみられた。切り花重と切り花長は, 乾燥状態での低温処理期間が長くなるほど小となった。特に切り花重では, 2週間処理と3週間処理との間で大きな差がみられた。また, 新球重は“二階球”が形成された処理で重くなり, 親球よりもむしろ重くなるものもみられた(第17表)。

以上の結果から, 実際栽培における乾燥状態での低温処理の限界期間は, 2~3週間にあると考えられた。

Stages of flower bud development	G									
	P2									
	P1			●●	●●●●			●●		
	A			●●●●	●●	●●●●	●●			
	BO	●●	●●●●			●	●			
	BR	●●●●	●●			●	●●		●●	
	I							●●●●	●●●●	●●●●
Dry period (W)		0	1	2	3	4	5	6	7	8

**Fig. 28.** Developmental stage of 1st floret of 'Elegance' chilled at 10°C dry for various periods followed by wet-chilling at 10°C for 5 weeks. Stage: See Fig. 3.

**Table 17.** Effect of dry-chilling period at 10°C on flowering of 'Elegance'.

Dry-chilling period (W)	Flowering (%)	Days to flowering	Daughter corm weight (g)	Cut flower	
				weight (g)	length (cm)
0	100	77.3	1.0	22.5	66.7
1	100	71.8	1.1	22.9	66.9
2	100	68.0	1.4	20.3	62.4
3	100	64.1	1.3	16.8	59.0
4	100	68.5	1.2	15.8	57.7
5	100	71.6	1.2	14.4	54.4
6	80	82.1	4.4	13.2	46.8
7	33	76.4	4.5	11.8	41.4
8	0	-	5.7	-	-
Significance		NS	*	**	**

After dry-chilling period, corms were chilled at 10°C for 5 weeks and then planted in a house kept above 10°C. Significance: NS, No significance; \*,  $P \leq 0.05$ ; \*\*,  $P \leq 0.01$ .

#### 第4節 低温処理中の最高・最低温度の較差の影響

実際栽培では、冷凍機の能力上低温処理中の温度の振れが生じることはやむを得ないが、冷凍機の能力の違いにより温度較差が異なるため、低温処理の効果が低下することが懸念されていた。また、第2章で、10°Cより低い8°Cでの低温処理の実用性が明らかになったが、温度較差が大きいと花芽形成の適温域からはずれる時間が長くなる。そのため、8°Cでの低温処理を実際栽培に適用するためには温度較差について検討する必要があると思われる。そこで、本節では実際栽培農家の冷蔵庫を想定し、最高・最低温度の較差の影響を調べた。

##### 実験1 8°Cを基準温度とした場合の最高・最低温度の較差の影響

第2章で明らかにされた、開花促進や花茎伸長などの

後作用の効果を持つ、花芽形成適温域よりやや低い8°Cを低温処理時の基準温度とし、低温処理中の最高・最低温度の較差の影響を検討した。

#### 材料および方法

種子島産のブルーヘブン球茎 (3.0 g) とエレガンス球茎 (9.0 g) とを供試した。1997年8月中旬に球茎を入手し、室温で貯蔵後の8月27日に、常法によりポットに植え込み低温処理を開始した。低温処理には人工光グロースキャビネット (コイトトロン FR-535A) を使い、8°Cを基準温度として、最高・最低温度の較差を0, ±2°Cおよび±4°Cに設定した。低温処理中は、1日の中で最高温度と最適温度とに連続して4時間ずつ遭遇させ、これらの温度の間をそれぞれ8時間ずつかけて直線的に変化する制御プログラムを作成して温度を制御した (第29図)。6週間後の10月8日に処理を終了し、最低夜温を10°Cに設定したガラス室内に1ポット分の苗を

20cm 間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。1 処理当たり 40 球を供試し、その内 5 球は低温処理終了時に花芽の発達状態を実体顕微鏡下で観察するために使用した。

## 結 果

8°C一定での低温処理終了時の花芽の発達段階は、'エレガンス'で内苞葉形成期～三原基形成期、'ブルーヘブン'で外苞葉形成期～内苞葉形成期にあった。また、いずれの品種でも最高・最低温度の較差が大きくなるほど発達が遅れた (第 30 図)。

最高・最低温度の較差に関係なくすべての株が開花した。到花日数、切り花重、切り花長および葉長は較差が大きくなるほど大となった。第 1-第 2 小花間長は、'エレガンス'では較差の影響はみられなかったが、'ブルーヘブン'では較差が大きくなるほど長くなった。葉数および小花数は、両品種とも較差が±4°Cとなる処理区で多くなった (第 18 表)。

以上の結果から、8°Cで低温処理を行う場合、温度較差が±2°Cの範囲内であれば、開花はやや遅れるものの実際栽培で問題がないことがわかった。

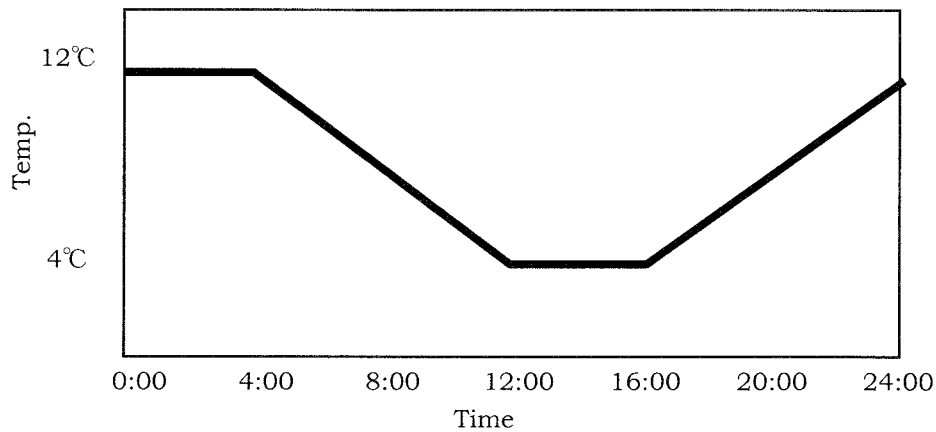


Fig. 29. Program of regulating temperature in a day. Sample at 12/4°C (Max./Min.) in growth cabinet.

Stages of flower bud development	G						
	P2						
	P1						
	A				●●	●	
	BO	●●●●	●●		●●●●	●●●●	●
	BR	●●	●●●●	●●		●	●●
	I			●●●●			●●
	Max. temp. (°C)	8	10	12	8	10	12
Min. temp. (°C)	8	6	4	8	6	4	
Cultivar	Blue Heaven			Elegance			

Fig. 30. Developmental stage of 1st floret of 'Blue Heaven' and 'Elegance' chilled wet at different maximum and minimum temperatures for 6 weeks. Stage: See Fig. 3.

**Table 18.** Effect of fluctuation of chilling temperature on flowering.

Cultivar	Chilling temp.		Flow- ering (%)	Days to flower- ing	Cut flower		Leaf length (cm)	Inter- node length (cm)	No. of	
	Day (°C)	Night (°C)			weight (g)	length (cm)			leaves	florets
Elegance	8	8	100	76	26.9	60.9	44.2	1.1	6.7	12.6
	10	6	100	81	30.2	66.2	50.5	1.2	6.5	12.2
	12	4	100	86	34.0	72.1	58.5	1.0	6.9	13.5
Significance <sup>z</sup>				*	*	*	*	NS	NS	NS
Blue	8	8	100	87	17.3	57.6	50.1	5.4	6.9	7.6
Heaven	10	6	100	93	18.3	59.0	52.4	6.7	6.9	7.9
	12	4	100	97	20.7	62.5	59.4	7.2	7.2	9.5
Significance <sup>z</sup>				*	*	*	*	NS	NS	NS

<sup>z</sup> NS: No significance, \*:  $P \leq 0.05$ , \*\*:  $P \leq 0.01$

## 実験2 10°Cを基準温度とした場合の 最高・最低温度の較差の影響

実際栽培で慣行的に行われている、10°Cの低温処理について最高・最低温度の較差の影響を検討した。

### 材料および方法

オランダ産のブルーヘブン球茎 (3.0 g) と種子島産のエレガンス球茎 (5.0 g) を供試した。1997年10月上旬に球茎を入手し、10月9日に常法によりポットに植え込み、低温処理を開始した。低温処理には人工光グローブキャビネット (コイトロンFR-535A) を用い、10°Cを基準温度として、最高・最低温度の較差を0, ±2°Cおよび±4°Cに設定した。低温処理中の各温度に遭遇する時間は、実験1と同様に設定した (第31図)。5週間後の11月14日に処理を終了し、最低夜温を10°Cに設定したガラス室内に1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。1処理当たり40球を供試し、その内5球は低温処理終了時に花芽の発達

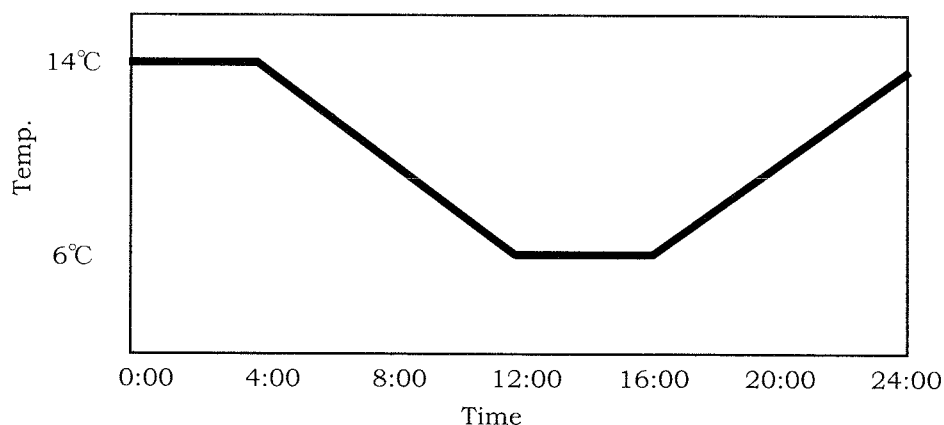
状態を実体顕微鏡下で観察するために使用した。

### 結果

10°C一定での低温処理終了時の花芽の発達段階は、‘エレガンス’で三原基形成期~雄ざい・外花被形成期、‘ブルーヘブン’で内苞葉形成期~三原基形成期であった。また、いずれの品種でも最高・最低温度の較差が大きくなるほど発達が遅れた (第32図)。

最高・最低温度の較差に関係なくすべての株で開花した。到花日数は、‘ブルーヘブン’で較差が大きくなるほどやや遅れる傾向にあったが、‘エレガンス’では較差の影響が明らかでなかった。‘ブルーヘブン’の葉長を除き、切り花形質については較差の影響が明確にみられなかった (第19表)。

以上の結果から、10°Cで低温処理を行う場合、温度較差が±4°Cの範囲内であれば実際栽培ではほぼ問題がないことがわかった。



**Fig. 31.** Program of regulating temperature in a day. Sample at 14/6°C (Max./Min.) in growth cabinet.



Stages of flower bud development	G								
	P2								
	P1				●●				
	A	●●	●●		●●●●	●●		●	
	BO	●●●●	●●	●●		●●●●	●●●●	●●●●	
	BR		●	●●●●				●	
	I								
	Max. temp. (°C)	10	12	14	10	12	14		
Min. temp. (°C)	10	8	6	10	8	6			
Cultivar	Blue Heaven			Elegance					

Fig. 32. Developmental stage of 1st floret of 'Blue Heaven' and 'Elegance' chilled wet at different maximum and minimum temperatures for 6 weeks. Stage: See Fig. 3.

Table 19. Effect of fluctuation of chilling temperature on flowering.

Cultivar	Chilling temp.		Flow- ering (%)	Days to flower- ing	Cut flower		Leaf length (cm)	Inter- node length (cm)	No. of	
	Day (°C)	Night (°C)			weight (g)	length (cm)			leaves	florets
Elegance	10	10	100	69	19.3	53.7	46.7	1.2	6.6	11.4
	12	8	100	73	20.3	54.7	46.7	1.1	6.5	12.1
	14	6	100	72	20.7	53.7	48.5	1.0	7.0	11.8
Significance <sup>z</sup>				*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Blue Heaven	10	10	100	65	14.1	48.3	39.2	5.1	6.4	10.2
	12	8	100	72	12.7	43.2	39.9	7.7	5.8	9.5
	14	6	100	73	15.8	48.7	45.3	5.3	6.5	10.3
Significance <sup>z</sup>				*	NS	NS	*	NS	NS	NS

<sup>z</sup> NS: No significance, \*: P ≤ 0.05, \*\*: P ≤ 0.01

## 第5節 高温開花性品種の利用

近年オランダの Van Staaveren 社から発表された、極早生の切り花用品種群であるラピッドシリーズは、定植後 90～100 日で開花するといわれている (Produktgroep Freesia Van Staaveren, 1996)。また、ラピッドシリーズの育成過程から派生的に作出された鉢物用品種群のイージーポットシリーズは、定植後 50～60 日で開花するといわれ、より早生性を備えている。これらの品種を実際栽培に利用できれば高温期の出荷や低温処理期間の短縮が可能となるため、本節ではこれら高温開花性品種の開花特性を把握し、効率的な低温処理法を確立しようとした。

### 実験1 花芽の分化・発達

極早生性の要因の解明および低温処理法確立のための基礎的資料を得るため、ラピッドホワイトの低温処理中の花芽形成について調べた。

#### 材料および方法

八丈島産の 'ラピッドホワイト' 球茎 (11.2 g) と、対照品種として同 'エレガンス' 球茎 (13.4 g) を供試した。1997 年 8 月中旬に球茎を入手し、室温で貯蔵後の 8 月 27 日に常法によりポットに植え込み、10°C で低温処理を開始した。処理後 1 週間ごとに 5 球ずつサンプリングし、実体顕微鏡下で花芽の発達状態を観察した。

## 結果

'エレガンス' では低温処理後 4 週間目に花芽の分化が確認できたが、'ラピッドホワイト' では 'エレガンス' より 1 週間早く、低温処理後 3 週間目には花芽が分化していた。両者の間には分化後の花芽の発達の速さにも差がみられ、'ラピッドホワイト' で発達が早く、雌ずい形成期に達する時点では 2 週間以上の差となった (第 33 図)。

以上の結果から、'ラピッドホワイト' の早生性の一要因として低温処理中の花芽形成の速さが考えられた。なお、'ラピッドホワイト' での低温処理期間は、'エレガンス' よりも 1～2 週間短くてよいと考えられた。

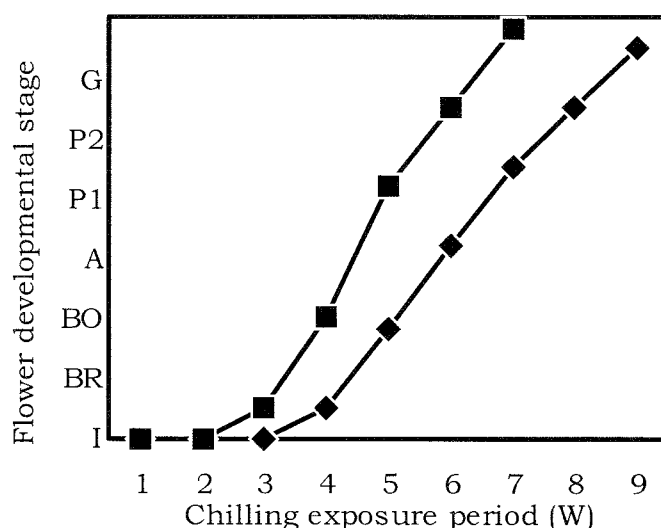


Fig. 33. Flower developmental stage of 'Elegance' (◆) and 'Rapid White' (■) chilled wet at 10°C. Stage: See Fig. 3.

## 実験2 開花特性

高温下でも開花することの確認と、開花の限界温度を把握するため、異なる温度で栽培し、従来の品種との比較を行った。

### 材料および方法

八丈島産の「スージー」、*「ポパイ」* (以上、イージーポットシリーズ)、*「ラピッドイエロー」*、*「ラピッドホワイト」* (以上、ラピッドシリーズ)、そして、対照品種として「エレガンス」、*「ベルサイユ」*、*「ブルターニュ」* を供試した。1997年8月下旬に球茎を入手し、室温で貯蔵後の9月18日に市販培地を入れた球根運搬用コンテナ (59.5×39.5×高さ19.5 cm) に1品種当たり20球を植え付け、22/18°Cおよび26/22°Cに設定したグロースキャビネット (コイトロンS-310A, 308A) に搬入した。その後、慣行に従って栽培し開花をみた。

### 結 果

22/18°C区ではすべての品種で全株が開花した。開花はイージーポットシリーズで最も早く、次いでラピッドシリーズ、そして対照品種群の順に開花した。また、同

一品種群の中でも開花に品種間差がみられ、イージーポットシリーズでは「スージー」が、ラピッドシリーズでは「ラピッドイエロー」がより早く開花した。また、「エレガンス」は対照品種群の中で最も遅く開花した。26/22°C区では、イージーポットシリーズとラピッドシリーズのみが開花し、対照品種群は全く開花しなかった。開花した品種群でも22/18°C区より開花は遅れた (第20表)。

ラピッドシリーズではいずれの温度区でも50~70cmと草丈が長くなったが、イージーポットシリーズや対照品種群では30~40cmと草丈が低かった。葉長は品種による差が大きく一定の傾向が認められなかった。葉数と小花数はイージーポットシリーズで少なかった (第20表)。なお、イージーポットシリーズでは生育初期に匍匐性を示すこと、ラピッドホワイトでは多くの個体で花茎が歪曲することが観察された (データ省略)。

以上の結果から、開花の限界温度は、対照品種群では22/18°C~26/22°Cに、イージーポットシリーズとラピッドシリーズでは26/22°C以上にあることがわかり、後者は極めて大きい高温開花性を備えていることがわかった。また、ラピッドシリーズは草丈も長く、切り花としての商品性も高いと思われた。

**Table 20.** Difference of flowering and cut flowering quality among cultivars forced at different temperatures.

Growing temp.		Type	Cultivar	Flower- ing (%)	Days to flowering	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	No. of	
day (°C)	night (°C)							leaves	florets
22	18	Easy pot	Susie	100	63	29	40	7	10
			Popeye	100	80	39	48	7	10
		Rapid	Rapid Yellow	100	99	64	65	9	14
			Rapid White	100	106	52	57	11	14
		Standard	Versailles	100	139	45	52	12	12
			Elegance	100	181	32	41	16	14
	Bluetongue	100	132	35	55	11	12		
26	22	Easy pot	Susie	100	93	35	50	8	8
			Popeye	100	113	30	35	7	7
		Rapid	Rapid Yellow	100	108	67	63	11	12
			Rapid White	90	119	55	59	10	13
		Standard	Versailles	0	-	-	-	-	-
			Elegance	0	-	-	-	-	-
Bluetongue	0		-	-	-	-	-		

### 実験3 低温処理法の検討

ラピッドシリーズでは、実験 1 からは低温処理期間の短縮が、実験 2 からは高温期における出荷が期待できたが、同時に花茎が曲がりやすいという欠点が指摘された。そこで、ここでは切り花としての商品性を確保しながら、高温期に出荷するための低温処理法を確立しようとした。

#### 材料および方法

八丈島産の‘ラピッドホワイト’球茎(11.3 g)を供試した。1997年8月中旬に球茎を入手し、室温で貯蔵後、8月27日から1週間ごとに低温処理を開始した。低温処理は、常法によりポットに植え込み5, 8, および10°Cで行った。5, 8°C区では3~6週間, 10°C区では3~5週間の低温処理を行った。10月8日に全ての低温処理を終え、花芽の発達段階を実体顕微鏡下で観察した。同日、最低夜温を5°Cに設定したパイプハウス内に、1ポット分の苗を20cm間隔で定植し、慣行に従って栽培し開花をみた。なお、対照区として低温処理を全く行わない処理区を設けた。1処理当たり40球を供試し、その内5球は花芽の発達状態を観察するために使用した。

### 結 果

花芽は低温処理温度が高いほど、また、処理期間が長いほど発進が進んだ。ただし、5°C区では6週間目でも40%が未分化であり発進が遅かった。8°C区では6週間目に、10°C区では5週間目に雄ずい・外花被形成期に達し、両者の間には約1週間の発進のずれがあった(第34図)。

各温度区とも全株で開花した。到花日数は、処理期間が短いほど長くなり、対照区で最も長くなった。花芽の発達段階を同一にした条件下で処理温度の影響を比較すると、到花日数に及ぼす温度の影響はみられなかった。切り花重、切り花長、葉長、葉数および小花数についても到花日数と同様の傾向がみられ、処理温度の影響が明らかでなかった。第1-第2小花間長は、8, 10°C区では処理期間が短いほど長くなったが、5°C区では逆に処理期間の長いものほど長くなった。花茎の曲がりの発生は、定植時の花芽の発達段階が外苞葉形成期~内苞葉形成期の処理で多い傾向がみられた(第21表)。

以上の結果から、‘ラピッドホワイト’における花茎の歪曲の発生を防止するには、低温処理中に花芽を雄ずい・外花被形成期以降まで発達させておくことが必要であった。実際栽培では、8°C6週間の処理が好適な低温処理と考えられた。

Stages of flower bud development	G												
	P2											●	
	P1							●●●●				●●●●	
	A						●●			●●			
	BO						●●	●●●●		●	●●●●		
	BR			●	●●●●	●	●●●●			●●●●			
	I	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●			●				
Period (W)		3	4	5	6	3	4	5	6	3	4	5	
Temp. (°C)		5				8				10			

Fig. 34. Developmental stage of 1st floret of 'Rapid White' chilled at various temperatures and for various periods. Stage: See Fig. 3.

Table 21. Effect of chilling temperatures and periods on flowering of 'Rapid White'.

Chilling temp. (°C)	Chilling period (W)	Flowering (%)	Days to flowering	Cut flower		Leaf length (cm)	Inter-node length (cm)	No. of		Stem bending (%)
				weight (g)	length (cm)			leaves	florets	
-	-	100	132	43.6	85.2	63.7	1.0	9.0	10.3	29.9
5	3	100	119	33.4	84.1	67.0	1.0	8.8	9.7	28.3
	4	100	113	28.0	75.0	58.5	1.0	8.0	9.5	45.9
	5	100	99	22.7	71.0	49.9	4.8	6.5	9.8	44.6
	6	100	86	86	22.3	66.4	43.4	4.9	6.0	9.3
8	3	100	97	23.3	71.5	49.2	4.7	6.1	10.2	30.6
	4	100	70	22.0	72.5	37.6	3.3	5.8	9.9	47.3
	5	100	60	19.7	53.5	31.1	1.5	5.7	8.5	34.7
	6	100	56	56	20.8	52.2	31.0	1.3	5.9	8.2
10	3	100	78	21.0	65.6	42.1	3.8	5.8	10.3	55.9
	4	100	62	21.5	59.4	31.2	1.9	5.8	9.6	41.5
	5	100	54	54	18.5	45.0	26.3	1.3	5.7	8.1

After chilling treatments, on 8 Oct. corms were planted in a house kept above 5°C.

## 第6節 考 察

第2章で明らかにされた8°C以下の低温の作用を利用し、オランダ産球茎を用いて、国内産球茎を利用した場合の出荷限界である10月下旬より以前に出荷するための低温処理法を検討したところ、低温処理温度を8°Cにすることにより商品性の高い切り花を9月末に、また5°Cにすることにより開花は10月中旬になるが、さらに商品性の高い切り花を出荷することが可能となった。第2章で明らかにされた8°C以下の低温の作用を利用した結果といえる。ただし、8°C区と10°C区とでは長期間の処理区で不開花がみられた。花芽の発達段階は不開花が

多い区で進んでおり、植え付け時の高温の作用による高温障害とは考えにくく(林・相川, 1973)、長期間の低温処理により“二階球”が誘発された結果と推察された(青葉, 1972, 1974)。したがって、高温期に植え付ける場合、低温処理期間が短くて花芽の発達段階が進んでいない場合だけではなく、花芽が進んでいても処理期間が極めて長い場合には開花株率が低下する現象が起こることから、低温処理期間には適切な範囲が存在するといえよう。その期間は処理温度により異なるため一概には断定できないが、花芽の発達段階との比較によれば、いずれの処理温度でも概ね雌ずい形成期を超えた場合に開花株率が低下しているので、低温処理中に雌ずい形成

期以降には進ませない方がよいと判断された。なお、8°Cで低温処理を行うことにより、10°Cよりも花茎の曲がり、軟弱花茎および葉の垂れの発生を抑えられ、商品性が向上することがわかったが、その理由については明らかでなかった。8°C以下の低温で低温処理を行うことによって、10月下旬より以前の出荷や切り花の商品性の向上など、実際栽培で有用な効果が得られるが、より長い処理期間を必要とするため高価なオランダ産球茎を用いなければならず、営利性を考慮すれば、実際栽培では早期の出荷作型にのみその適用が限られると考えられた。

そこで、安価な国内産球茎を用いる作型において、10°Cでの低温処理に8°C以下の低温処理を組み込み、8°C以下の低温の効果を利用しようとした。その結果、10°C低温処理前3~5週間に5~8°Cの低温処理を、あるいは10°C低温処理3~5週間の後に5~8°Cの低温処理を組み合わせると、到花日数の短縮や切り花長の増加、あるいは“グラジオラス咲き花序”株の発生を低減させるなどの実用性が認められた。その際、低温処理初期に5~8°Cにおいた方が“グラジオラス咲き花序”株の発生率が低く、実用性がより大きいことが明らかになった。実際栽培では、低温処理終了時の気温が高温で植え付けることができない場合、従来は10°Cのまま低温処理を延長していたが、より低温におくことでさらに高温障害の発生を低減できることがわかり、その点でも実用性が見い出せたといえる。

実際栽培において、低温処理に用いる冷凍機はそれほど高性能ではない場合が多く、栽培農家では低温処理中の温度の振れに対して常に懸念を抱いていた。そこで、8°Cと10°Cを基準温度として、最高・最低温度の較差を0°C、±2°C、±4°Cに設定し低温処理の効果を比較した。その結果、温度較差が±2°Cでは悪影響はみられないが、±4°Cになると開花の遅れなどの悪影響がでることが確認された。特に基準温度を8°Cにした場合に顕著に現れた。これは、8°C区では温度の振れが大きくなった場合、花芽形成の適温域から離れた低い温度に長時間遭遇することになり、花芽形成が遅れたことによるものと思われる(阿部ら、1964)。昼夜温の変化についてガラス室内を想定した実験結果はあるが(Gilbertson-Ferries et al, 1981)、低温処理を想定したものはなく、実際栽培に有益な結果と思われる。

また、これまでわかった低温の作用をより簡便に利用しようとして、さらに低温処理中の芽の伸びを抑えるため、湿潤状態での低温処理の前に乾燥状態での低温処理を組み合わせる方法を試みた。乾燥状態での低温処理で

は、湿潤状態に比べ花芽の発達の速さは約半分程度であった。また、低温処理中の芽の伸びは乾燥状態での低温処理を併用することにより抑えられ、作業効率を高めることが可能であった。これは、5°Cで実験を行った高津・浅野(1983)の結果、および13°Cで実験を行ったHalevy・Mor(1969)の結果と一致した。ただし、乾燥での低温処理を長期間行うと、“二階球”が発生して不発芽現象を引き起こすことが知られている(青葉、1972、1974)。“二階球”が発生する処理期間は、球茎の休眠の深さにより異なると思われるが、本実験の結果では、10°Cの乾燥低温処理は3週間が限界であった。

近年導入された高温開花性品種を利用するため、開花特性について調べたところ、‘ラピッドホワイト’は、‘エレガンス’よりも低温処理中の花芽形成が早いことが認められ、低温に反応する速さが早生性の要因の一つであろうと考えられた。また、‘エレガンス’の開花限界を超えている26/22°Cで生育させても、高温開花性品種は問題なく開花し、高温期生産への高い潜在能力が認められた。そこで、‘ラピッドホワイト’の低温処理法を確立しようとして検討したところ、花芽形成初期に低温処理を終えると花茎が曲がることわかった。この結果から、低温処理中に花芽を発達させずにほとんど未分化の状態での低温処理を終えるようにするか、あるいは三原基形成期以降まで十分に発達させておくことが必要であった。Goldblatt(1982)は、フリージア原種の中で2種ほかの種より早く開花することを確認しており、これらの高温開花性品種にはこれらの早生性を備えた原種を利用した可能性が示唆された。

## 第7節 摘 要

5~8°Cの低温の後作用を利用した、実際栽培での低温処理法の改善について検討した。オランダ産の‘エレガンス’球茎を早期に入手し、5~10°C湿潤の低温処理を行って8月下旬に定植すると、10°Cよりも8°Cの処理で、これまで不可能であった9月末に高品質の切り花が得られた。一方、5°Cでは出荷が10月中旬とやや遅れるが、8°Cよりさらに高品質の切り花を出荷することが可能であった。また、‘アラジン’と‘シンデレラ’では、10°Cに比べ8°Cで葉の軟弱化による垂れや花茎の曲がりの発生が少なく、切り花の商品性を向上させることができた。

‘ブルーヘブン’を用い、従来の10°C湿潤の低温処理を行う前、あるいは行った後に5~8°C湿潤条件で3~5週間置いたところ、開花が早まるとともに高温障害

の発生を抑制することができた。その際、低温処理の初期に5~8℃においた場合に効果がより高かった。

低温の後作用を簡便に利用するため、さらに低温処理中の芽の伸びを抑えるために、10℃乾燥での低温処理の利用について‘エレガンス’を用い検討したところ、湿润状態での10℃低温処理を行う前に乾燥状態での10℃低温処理を加えると、開花が早まるとともに低温処理中の芽の伸びが抑えられ、作業効率を高められることがわ

かった。

実際栽培で懸念されている低温処理中の最高・最低温度の較差については、花芽形成適温域をはずれる時間が長くなければ影響がないことがわかった。

近年発表された高温開花性品種を用いることは、低温処理期間の短縮、および従来の品種では開花できない高温条件での開花が可能となり、高温期生産に有用と認められた。

## 第5章 総合考察

### 1. 低温処理温度

自然温度条件下でフリージアの休眠が破れるのは8月下旬であり(金子・今西, 1985), 実際栽培で低温処理を始められるのは9月中旬を過ぎてからであった(今西ら, 1986b). その後, 休眠に関して生態学的に(阿部ら, 1964), さらに生理学的に研究が重ねられ(Masuda・Asahira, 1978, 1980, 1981; 梶田・浅平, 1979), 石灰窒素やベンジルアデニンによる休眠打破法が検討され(中村ら, 1974), その後, 高温処理とくん煙処理を組み合わせた休眠打破法が(今西ら, 1986a; 林, 1987), あるいはエチレン処理とを組み合わせた実用的な休眠打破法が確立された(Berghoef et al. 1986a; Imanishi・Berghoef, 1986; Imanishi・Fortainer, 1983; Uyemura・Imanishi, 1983, 1984, 1987). その結果, 国内産球茎に対して低温処理を始められるのは7月下旬にまで前進した。しかし, 早掘り球茎を利用しても7月下旬が低温処理開始の限界であり, それをさらに早めるための方法は確立されていない。

一方, オランダでのフリージアの切り花生産では, 葉をつけずに50cm程度の花茎のみを収穫する“枝切り栽培”が行われており, 球茎に対して低温処理を行わず無処理球茎を植え付けている(De Hertough, 1996; 川田, 1966). そのため栽培期間が長く年間1.9作しかできないが, 冷涼な気候のために周年を通じて毎月植え付けられている。また, 切り花栽培で得られた切り下球を次作に再利用するため, 球茎が毎月掘り上げられている(Dijk et al. 1991). その結果, オランダ産球茎には周年にわたって利用できる特長がある。国内産球茎を利用した場合, 7月下旬からの低温処理でも10月下旬からの出荷が限界であったが(Kawata, 1973; 本図, 1998), オランダ産球茎を利用する場合, より早期の出荷が可能になると考えられた。

国内産球茎を利用して早期に出荷するために, 休眠覚醒時期, 低温処理中の花芽の発達, および芽の伸びを考慮すると, 7月下旬以降に10°Cで低温処理を行うのが最良の方法であり(阿部ら, 1964), 実際栽培でもこの方法が利用されている(茨城県, 1996). ところが, オランダ産球茎を利用することにより, 休眠覚醒時期による低温処理開始時期の制限がなくなった。そこで, この特

性を利用するために, 低温処理温度と期間について詳細に検討してみた。その結果, フリージアにおいても, 他の春咲き球根植物にみられるような低温の後作用があることが明らかとなり, 慣行的に行われている10°Cよりもやや低温域で低温処理を行うことにより, 到花日数の短縮, 草丈の伸長促進, 高温期における開花株率の向上や高温障害の発生低減, 品種によっては軟弱花茎の発生防止など, 実際栽培に有用な効果があることがわかった。また, これまでフリージアでは確認されていなかったバーナリゼーションの存在も確認された。このフリージアのバーナリゼーションは, 2°C程度の低温でも効果があることでダッチアイリスとは異なっていた。

これらの効果を利用するためにも, 低温処理温度を10°Cから8°Cに変えることが有用である。その際, 低温処理中の温度較差は±2°C以内であれば開花遅延などの悪影響はない。また, 処理温度を5°Cに下げても同様の効果が得られるが, 低温処理中の花芽の発達が極めて遅く, 実用性にはやや問題があると考えられる。いずれにせよ, これらの低温の効果が最大限に発揮できるのは早期の出荷作型である。しかし, 早期に出荷するために5~8°Cで低温処理を行うということは, 処理開始時期をさらに早める結果となり, 高価なオランダ産球茎を利用せざるを得ない(第一園芸, 1999)。そこで, できる限り安価な国内産球茎を利用するため, 従来の10°C低温処理と5~8°C低温処理とを組み合わせた効果を検討したところ, 到花日数の短縮や高温障害の発生低減など実際栽培に有用な効果が確認でき, その際, 低温処理初期の温度が低温であるほど効果が大きかった。しかし, 実際栽培では, 定植期の外気温が高い場合に定植を遅らせることが励行されているため, 効果がやや劣るとはいえ, 低温処理後期の温度を下げる処理法で実用性が高いと考えられた。また, 乾燥状態での低温処理を付加する場合, 10°Cで行うと花芽の発達が進むとともに芽の伸びを抑制できた。なお, バーナリゼーションの効果は乾燥状態でも効果が得られることが予想され, 今後さらに低温処理法が改善されることが期待できる。ただし, 効果を得るためには湿潤状態よりも処理期間が長くなることや, 安定的な開花株率が低下することを考慮すれば, 1月以降の出荷作型にその適用は限定されることになろう。

5~8°Cでの低温処理による安定開花や2~8°Cのバーナリゼーション効果を利用することにより, これまで出

荷できなかつた高温期に出荷することは十分可能である。数多く行われてきた抑制栽培に関する研究（新津ら，1972；川田，1972，1973a，1973b；新津・今村，1973；今西，1987）の結果や，周年供給が可能なオランダ産球茎の植付けを組み合わせることにより，国内での周年生産も十分可能であろう。しかし，フリージア切り花は気温が20℃を超えると急激に観賞期間が短くなる（本図，1997b）。また，エチレン感受性があり（Spikman，1986，1987，1989），実用性のある観賞期間延長法も確立されていないことから（横井ら，1975；Systema，1986；Woodson，1987；須藤，1997），安易に高温期に出荷することはフリージアの切り花としての存在価値をなくすことになりかねない。本研究で得られた成果を利用するにしても，特別な需要を除き，室温が20℃以下（郡公子，1996）になる10～4月の出荷にとどめたい。

なお本研究では，低温処理中の環境条件は慣行に従い暗黒条件とした。温室内での炭酸ガス施用や補光栽培に関してはDoorduyn（1990，1992）およびDoorduyn・van Winden（1986）が詳細に検討しているが，低温処理中の環境条件については全く検討がなされていない。温室では15℃以上で栽培してもすべて開花するが（オランダ），15℃暗黒で低温処理を行うと開花株率が著しく低下する（日本）。これは主に光環境の違いが影響していると思われる。今後は低温処理中の環境条件の検討が必要と思われる。

また，実際栽培で行われている10℃低温処理の，処理終了時における花芽形成の観察のための指標も作成できたが，十分な処理効果の得られる発達段階が，処理温度により異なることが同時に示唆された。8℃の低温処理では，10℃よりも発達がやや遅れていても悪影響がないと思われるが，許容される遅れの程度は品種によっても異なるため，今後さらに検討が必要と思われる。

## 2. 高温障害

高温障害は，低温処理を利用した促成栽培では深刻な問題である。営利栽培が始まって以来，常に深刻な問題として存在し，低温処理を行わない海外の栽培でも商品性を低下させる要因として問題になっていた（Heide，1965）。Smith・Danks（1985）は花芽形成中の温度変化により“花下がり”が発生するとしており，阿部ら（1964）は，高温障害の発生には低温処理後の高温の

程度や低温処理終了時の花芽の発達段階が影響するとしている。また，林・相川（1973）は‘ラインベルトゴールドデンイエロー’を用い，第1小花が雌ずい形成期であれば高温障害は起こらないことを明らかにした。本研究では，高温障害の発生には低温処理後の高温の程度や低温処理終了時の花芽の発達段階ばかりでなく，低温処理温度や土壌中の窒素含量も影響すること，また，高温遭遇量の違いにより形態が変化することも明らかとなった。本研究から得られた成果を利用しても，高温障害の発生を皆無にすることは不可能であるが，低温処理温度を5～8℃程度の低温に変えること，植え付け時の土壌の窒素濃度を下げておき，追肥主体で肥培管理を行うことで発生を低減させることが十分可能であった。

なお，高温障害の発生は品種による差が極めて大きい。低温処理を行わないオランダでも，選抜過程では“グラジオラス咲き花序”になる系統もあり（Doorduyn，私信），遺伝的特性によるものが大きい。オランダでも“グラジオラス咲き花序”になりやすい系統は淘汰されているが，日本ほど高温障害が発生しやすい条件ではないため，オランダでは営利品種として成立したものも多いと思われる。Goldblatt（1982）はフリージア原種にみられる奇形花序については言及していないが，‘エレガンス’や‘ブルーヘブン’という，高温障害の発生について大きな差がある営利品種が存在することは，原種の中にも奇形花序発生に変異がみられることを示唆している。品種育成に奇形花序の発生しにくいという特性を持った原種を利用し，‘エレガンス’のような品種の遺伝的特性を受け継ぐ系統を育成することが，高温障害の発生を低減あるいは皆無にする最も有効な方法であろう。ただし，オランダでは発生条件の違いがあるため選抜が困難である。高温障害の発生が少ない品種の育成は国内で行わなければならないだろう。

## 3. 品種間差異

現在の営利品種の多くは，主に *Freesia alba*，*F. corymbosa* および *F. leichtlinii* を交配親にして育成されている（Goldblatt，1982）。これら以外の原種が利用されているかどうかは明らかでないが，花芽の発達や到花日数ばかりでなく，低温処理温度に対する反応や高温障害の発生程度など，多くの形質に関して大きな品種間差異がみられる。これらの内的形質は外見上の特性とは必ずしも相関が高いとはいえず，品種に対する判断を極



めて困難にしている。促成栽培における品種の適性を把握するには、一度は試験栽培を行わなければならないのが現状である。簡易に判断するために品種との関連で DNA 解析を行っても、明確な相関関係は得られていない（本図、未発表）。

切り花用栽培品種は、確実に大輪化および大型化の傾向を示して育成されている（斎藤, 1957; 伊藤, 1959; Goamans, 1979; Penning, 1992; 本図, 1997a）。品種の育成はオランダで行われており、枝切り栽培に適応した選抜項目で育成されている。日本で行われている株切り栽培では、草丈が 70~80cm 以上になると栽培上だけでなく、利用上取り扱いが困難になるため、商品性が低下する。現在の品種群はすでに限界近くまで大型化されており、今後発表される品種は日本の栽培形態あるいは消費形態に適合しない恐れがある。小型化あるいは矮化に関しては鉢物生産で検討され（Gianfagna・Wulster, 1986; Wulster・Gianfagna, 1989, 1991; Berghoef, 1990b; De Hertough・Robert, 1990）、アンシミドールの効果が確認されているが、矮化剤を利用した場合は葉が広くなるため、切り花としての取り扱いが煩雑になる欠点がある。

近年、極早生性を示す品種群がオランダの Van Staaveren 社から発表された。これらは低温処理中の花芽の発達が早いばかりでなく、高温条件下でも開花する優れた早生性と高温開花性を持っている。草丈が低いものもあり、鉢物用としてしか利用できない品種もあるが、日本の株切り栽培には十分利用できる品種もみられる。Van Staaveren 社では約 30 年前に、当時研究開発が始められた地中冷却技術（Dijkhuizen・van Holsteyn, 1975; Berghoef et. al, 1986b; 本図, 1996）を利用しなくとも、高温期に開花する品種を育成しようとして品種育成を開始した（Bentvelzen, 私信）。育成経過については企業秘密であるが、当初は数種の原因種を利用したらしい（Bentvelzen, 私信）。Goldblatt (1982) は、11 種の原因種の中で 2 種ほど早生性を示す原因種を確認し

ており、そのような原因種が利用されたものと思われる。このような高温開花性品種は、オランダよりも高温の日本で適応性がより高いはずであり、これらの品種を利用した新しい作型の開発が必要になる。また、国内でもこのような高温開花性品種の育成が進められるべきであろう。

オランダでは、品種の寿命および交配から販売までに要する期間は一般的に 7 年間といわれている。強健な品種以外はウイルスに侵され、営利性がなくなってしまうために比較的寿命が短い。前述の通り、栽培適性は品種によって大きく異なるが、適性が高くとも 7 年間で品種が消え去るのは経営上好ましいとはいえない。そのため、茎頂培養によって無菌化を図る研究がなされたが（Bajaj・Pierik, 1974; 森ら, 1975; Pierik・Steggmans, 1976; Stimart・Ascher, 1982; Bach, 1987）、増殖効率の低さと培養変異体の発現により実用化には至っていない。しかし、今後何らかの方法で品種の保存や無病化（平田ら, 1995）、高率の増殖技術の確立を図る必要がある。

本研究から得られた低温処理法の改善策を実際栽培で次のように普及させた。低温処理終了時の花芽の形態観察は、第 1 章で得られた顕微鏡写真を用いることによって極めて容易に比較ができるようになり、低温処理の終了適期を正確に把握でき安定した低温処理が可能になった。また、第 2, 3 章の結果をもとに、第 4 章で確立できた低温処理法の改善法を実際栽培に応用したところ、高温障害の少ない草姿の整った極めて商品性の高い切り花が、高温期の植付けでも安定して生産できるようになった。1999 年の東京中央卸売市場における茨城県産のフリージア切り花のシェアは、生産量では 11 月から 1 月まで、生産額では 11 月から 2 月まで第 1 位である。中でも 11 月から 1 月までは 30% 以上、特に 12 月においては 45% 以上のシェアを持つに至っている。本研究の成果はそのようなシェア拡大の一助となったはずである。

## 第6章 摘 要

フリージアは 10~15°Cの低温域で速やかに花芽を形成することが知られており、夏季が高温であるわが国で秋~冬期に出荷するためには、植付け前の球茎に対して低温処理を行わなければならない。このため10~12月開花をめざした促成栽培では、7~10月から10°C湿潤状態で低温処理を開始し、9~11月に終えて定植する。しかし、9~10月に定植する作型では植え付け後の気温が高いと、開花株率の低下や切り花の長さ、重さの減少、奇形花序の発生など、切り花品質の低下がみられ生産が不安定になる。さらに、オランダ産の球茎が輸入されるようになり、栽培品種が大きく変遷したため、この高温障害はより深刻な問題となり、新しい品種に適した低温処理法が求められている。

そこで本研究では、低温処理時の温度と期間が花芽分化および発達に及ぼす影響について詳細に調べるとともに、高温障害の発生に関与する要因を明らかにし、高温期に切り花を安定的に生産する低温処理法を確立しようとした。

### 第1章 花芽の分化・発達過程の形態観察

低温処理中に花芽分化を開始し、発達するので、処理温度と期間を変え、その過程を詳しく観察するとともに、花芽の分化・発達に関する品種間差異を調べた。

走査型電子顕微鏡を用いて10°C湿潤で低温処理した‘エレガンス’の茎頂部を経時的に観察したところ、4週目に花芽の分化が始まり、外苞葉、内苞葉を形成した後、6週目に、後に雄ずい・外花被となる三原基を形成し、8週目に内花被形成期、そして9週目に雌ずい形成期に達するのが認められた。また、5~15°Cの範囲で低温処理を行い、第1小花の発達段階が同一の条件下で花芽形成過程を観察したところ、処理温度が高くなるほど小花数が多くなり、各小花間の間隔が狭まるとともに、苞葉が大きくなることが認められた。

29品種を用いて10°C湿潤で低温処理を行い、花芽の分化・発達に関する品種間差異を調べたところ、すべての品種で低温処理期間と花芽の発達段階との間、および低温処理終了時の花芽の発達段階と開花までの期間との間には高い正の相関が認められた。これらの回帰式から得られた、低温処理開始から三原基形成期までの期間と

三原基形成期から開花までの期間とは品種により大きく異なり、両者の間には一定の関連性は認められなかった。

### 第2章 低温処理温度と期間が開花に及ぼす影響

2~15°Cの範囲で期間を変えて湿潤下で低温処理を行い、低温処理温度および期間が開花に及ぼす影響について詳しく調べた。

‘エレガンス’および‘ブルーヘブン’を用い、湿潤状態で8~15°Cの低温処理を行い、一定の花芽の発達段階に達した時に処理を終了して24/18°C(昼温/夜温)で栽培した。花芽の分化・発達は12°Cで最も早く進み、次いで10°C、15°Cの順で、8°Cで最も遅れた。処理温度が開花に及ぼす影響をみると、低い温度ほど小花数は少なくなったが、開花株率は高く、低温処理後の到花日数は短くなり、花茎の伸長も促進された。小花数は低温処理中に決定されていることから、低温は小花数に対して直接的に作用すること、一方、後作用として開花株率の向上、開花の促進および花茎の伸長に影響を及ぼすことが明らかとなった。この結果、8~10°Cで低温処理すると花芽の分化・発達は遅れるが、開花の促進、切り花品質の向上に対してはより効果的であることが明らかになった。

次に8°C以下の低温の後作用を確認するため、‘エレガンス’の球茎を2°C、5°Cおよび8°C湿潤状態で期間を変えて低温処理し、花芽未分化の段階から、無処理球では開花が不可能な高温である26/22°C、および開花が可能な22/18°Cで生育させた。26/22°Cに移した場合、2°Cで10週間処理した球茎では、生育中に葉分化を続けた後に花芽を分化し開花するものがみられた。22/18°Cに移して生育させると、いずれの温度の処理でもすべての株で花芽の分化がみられ、開花が著しく早くなり、8°C以下の低温は後作用として花芽分化の促進に効果を示すことがわかった。一方、5°Cで4または5週間低温処理し、花芽分化が誘導された株を、30/26°Cの高温に1週間以上遭遇させると、花芽分化が起こらず、高温によるディバーナリゼーションの作用が認められた。これらの結果、8°C以下の低温はバーナリゼーションとして作用することが明らかになった。

### 第3章 高温障害の発生に関係する要因の 説明

低温処理後の高温の影響を詳しく調べるとともに、27品種を用いて高温障害の発生形態に関する品種間差異についても検討し、高温障害の発生に関係する要因を明らかにしようとした。

‘ブルーヘブン’を供試し、10℃湿潤で5または6週間の低温処理を行った直後に、1～3週間の高温(24℃)を与えたところ、高温遭遇時に発達段階の進んでいた小花は急速に発達したが、分化したばかりであった小花は発達が大きく遅れた。また、高温に遭遇する期間が長いほど苞葉が異常に大きくなった。高温を与えない場合には開花時に“正常花序”となり、高温の影響が大きくなるにつれて、本来第1小花基部から水平に屈曲すべき花序軸が直立する“グラジオラス咲き花序”，そして、主花序中に再び葉や花序を形成する“異常花序”が形成された。さらに高温による障害の程度が大きい場合には、花芽はアポーションを起こし、その後再び葉や花序の分化を開始する“偽正常花序”となった。高温の影響のない“正常花序”と、高温の影響が極めて大きい“偽正常花序”とは、花序の形態は酷似しているが葉数と到花日数との違いで区別できた。また、低温処理温度が低く、高温遭遇時の花芽の発達段階が進んでいるほど、高温障害の発生の程度は小さくなるとともに、障害は高温遭遇時の温度が20℃を越えると発生しやすいことも明らかとなった。

“グラジオラス咲き花序”の発生は品種や高温遭遇時の花芽の発達段階によって異なり、花芽の発達段階にかかわらず発生しない品種群、三原基形成期以降で発生が急激に少なくなる品種群、内花被形成期以降で発生が急激に少なくなる品種群、花芽の発達にともない発生が漸減する品種群、いずれの発達段階でも発生が多い品種群の5つに分けられた。

### 第4章 実際栽培における低温処理法の検討

高温期における切り花生産を安定化させるため、実際栽培での低温処理法の改善について検討した。

オランダ産の‘エレガンス’球茎を早期に入手し、5～10℃湿潤の低温処理を行い、8月下旬に定植すると、10℃よりも8℃で高品質の切り花がこれまで不可能であった9月末に、5℃では出荷が10月中旬とやや遅れるが、8℃よりさらに高品質の切り花が得られた。また、‘ブルーヘブン’を用い、従来の10℃湿潤の低温処理を行う前、あるいは後に5～8℃の湿潤条件に置いたところ、高温障害の発生を抑制することができた。品種によっては、10℃に比べ8℃の処理で葉の軟弱化による垂れや花茎の曲がりの発生を減少させることができた。

湿潤状態で長期間低温処理すると、処理中に芽が伸びすぎて冷蔵室内の通風が悪くなるとともに、定植作業が極めて煩雑となっていた。そこで、湿潤状態での10℃低温処理を行う前に、乾燥状態での10℃低温処理を加えると、開花が遅れることなく低温処理中の芽の伸びが抑えられ、作業効率を高められることがわかった。また、実際栽培で懸念されている低温処理中の最高・最低温度の較差については、花芽形成適温域を大きくはずれることがなければ、その影響は小さいことがわかった。

## 総 括

一連の研究を通じて、フリージアの低温処理は花芽の形成を直接的に促すだけでなく、開花株率、低温処理後の到花日数および花茎の伸長に対し後作用として促進的に作用すること、また、この後作用は花芽形成適温域より低い2～8℃の低温でも認められること、さらに、低温処理温度が低く、低温処理終了時の花芽の発達段階が進んでいる場合に高温障害の発生が少なくなることが明らかになった。実際栽培でも低温処理を10℃から8℃に下げたほうが、あるいは5～10℃の温度を数週間ずつ組み合わせることで、開花は若干遅れるが、高品質の切り花を安定的に生産することが可能になった。また、オランダ産球茎を用いることにより、従来よりも早い時期に出荷することが可能になった。

以上の結果より、慣行的に行われてきた低温処理法を改善することができ、実際栽培において高温期に障害の発生を低減することや、高品質の切り花を安定的に生産することが可能となった。

## 引用文献

- 阿部定夫・川田穰一. 1962. 球根冷蔵によるフリージアの開花促進. 農及園. 37: 1491-1492.
- 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. I 球根冷蔵, 植え付け当座の温度ならびに休眠の影響について. 園試報. A3:51-317.
- 阿部定夫・川田穰一・歌田明子. 1967. フリージアの生長相に及ぼす温度の影響について. 園学要旨. 昭42春: 334-335.
- 青葉 高. 1972. 球根植物の球形形成に及ぼす温度の影響(第1報). 温度条件がフリージアの2階球形形成に及ぼす影響. 園学雑. 41:290-296.
- 青葉 高. 1974. 球根植物の球形形成に及ぼす温度の影響(第3報). フリージアの2階球形形成に及ぼす高温処理の影響. 園学雑. 42:341-346.
- Bach, A. 1987. The capability of in vitro regeneration of various cultivars of *freesia hybrida*. Acta Hort. 212:715-718.
- Bajaj, Y.P.S. and R.L.M. Pierik. 1974. Vegetative propagation of *Freesia* through callus cultures. Neth. J. agri. Sci. 22:153-159.
- Berghoef, J. 1990a. The effect of air and soil temperature on assimilate partitioning and flower bud initiation of *Freesia*. Acta Hort. 266: 169-176.
- Berghoef, J. 1990b. The effect of precooling, environmental factors and growth regulating substances on plant height of *freesia* as potplant. Acta Hort. 266: 251-257.
- Berghoef, J., A.P. Zenvenbergen and H. Imanishi. 1986a. The effect of temperature and ethylene on dormancy of *freesia* corms. Acta Hort. 177: 631-635.
- Berghoef, J., J. Melcherts, J.W.F. Mourits and A. P. Zenvenbergen. 1986b. Effects of temperature on initiation and development of *Freesia* flowers. Acta Hort. 177: 636.
- CRS. 1994. 4e beschrijvende Rassenlijst voor siergewassen 1994. De Boer Mailingservice. Hilversum.
- 第一園芸. 1999. 営利栽培農家用カタログ.
- De Hertough, A.A. 1996. Holland Bulb Forcer's Guide. C-59-63. Alkemedede Printing BV. Lisse.
- De Hertough, A.A. and Robert Milks. 1990. Forcing Dutch-grown *freesias* as potted plants in the U. S. and Canada. 1989. Acta Hort. 266:115-122.
- Dijk, N. van, F. Maas and J.C. Doorduyn. 1991. De Teelt van *Freesia*. IKC. Aalsmeer.
- Dijkhuizen, T., and G.P.A. van Holsteyn. 1975. Soil cooling for *freesia*'s. Acta Hort. 51:123-130.
- 土井元章・今村有里・今西英雄. 1995. フリージアの花芽形成のための低温感応可能時期と茎頂の大きさとの関係. 園学雑. 64別2: 552-553.
- Doorduyn, J.C. 1990. Effects of CO<sub>2</sub> and plant density on growth and yield of glasshouse grown. Acta Hort. 268: 171-177.
- Doorduyn, J.C. 1992. Effects of photosynthetic lighting on *freesia* grown for winter-flowering. Acta Hort. 325:85-90.
- Doorduyn, J.C. and C.M.M. van Winden. 1986. Effects of light on the time of flowering, yield and quality of corm *freesias* grown in glasshouses. Acta Hort. 177:331-340.
- Flower Council of Holland. 1998. Facts and figures about Dutch Horticulture. Leiden.
- Fukai, S. and M. Goi. 1998. Floral Initiation and Development in *Freesia*. Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ. 50:69-72.
- Gianfagna, T.J. and G.J. Wulster. 1986. Growth retardants as an aid to adapting *freesia* to pot culture. HortScience. 21:263-264.
- Gilbertson-Ferries, H.F. Wilkins and Randy Hberg. 1981. Influence of alternating day and night temperatures on flowering of *Freesia hybrida*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:466-469.
- Goamans, R.A. 1979. The history of modern *freesia*. p.161-170. In: Brickell, C.D. (Editor). Petaloid Monocotyledons. Academic Press. London.
- Goldblatt, P. 1982. Systematics of *Freesia* Klatt (IRIDACEAE). J. S. Afr. Bot. 48: 39-91.

- Halevy, A.H. and Y. Mor. 1969. Promotion of flowering in freesia plants var. Princess Marijke. *Acta Hort.* 15:133-137.
- Hartsema, A.M. 1961. Influence of temperatures on flower formation and flowering of bulbous and tuberous plants. Ruhland (ed). *Handbuch der Pflanzenphysiologie XVI*:123-167.
- Harstema, A.M. 1962a. Bloemaanlag en bloei van Freesia hybrids 'Buttercup' na verschillende temperature-behandelin- gen. *Meded. van de Landbouwhooge- school, Wagen.* 62:1-26.
- Harstema, A.M. 1962b. Temperature treatments of Freesia tubers. *Proc. of XVI IHC.* 5: 298-304.
- 林 勇. 1971a. 促成フリージアの施肥に関する研究 (第1報) 生育過程と養分吸収量の推移ならびに肥料溶脱について. *神奈川園試研報.* 19 : 101-110.
- 林 勇. 1971b. 促成フリージアの施肥に関する研究 (第2報) 肥料の種類, 施肥量, 施肥法が生育と開花におよぼす影響. *神奈川園試研報.* 19:111-117.
- 林 角郎. 1987. くん煙処理によるダッチアイリス及びフリージアの休眠打破に関する研究. *千葉暖地園試特報.* 1:1-67.
- 林 角郎・相川広. 1973. フリージアの花芽分化程度および冷蔵期間の差による植え付け後の高温障害発生の差異. *千葉暖地園試研報.* 4:26-35.
- Heide, O.M. 1965. Factors controlling flowering in seed raised Freesia plants. *J. Hort. Sci.* 40: 267-284.
- 平田 毅・今西英雄・土井元章. 1995. フリージア培養小植物体からの球茎形成. *植物組織培養.* 12 : 41-45.
- 細谷 毅. 1995. p.35-36. 生育時期別窒素濃度の影響. 細谷 毅・三浦泰昌 編著. 新版 花卉の栄養生理と施肥. 農文協. 東京.
- 茨城県. 1996. 茨城県花き栽培基準. 茨城県農林水産部編.
- 茨城県. 1999. 茨城の園芸. 茨城県農林水産部編.
- 今西英雄. 1987. フリージア抑制栽培のための球茎貯蔵法の検討. *園学要旨.* 62 春 : 388-389.
- Imanishi, H. 1993. Freesia. p285-295. In: A.A.De Hertogh and M. Le Nard. (eds.). *The Physiology of Flower Bulbs.* Elsevier. Amsterdam.
- Imanishi, H. and E.J. Fortainer. 1983. Effects of exposing freesia corms to ethylene or smoke on dormancy-breaking and flowering. *Sci. Hort.* 18: 381-389.
- Imanishi, H. and J. Berghoef. 1986. Some factors affecting dormancy-breaking by ethylene in freesia corms. *Acta Hort.* 177: 637-640.
- 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.
- 伊藤秋夫. 1959. フリージアの育種学的研究. *園学雑.* 28:193-199.
- 海基やす子. 1979. フリージアの促成栽培におけるディバーナリゼーションの回避に関する研究. 筑波大学卒業論文.
- 金子英一・今西英雄. 1985. フリージア球茎における休眠の様相. *園学雑.* 54:388-392.
- 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.
- Karniewski, M. 1974. Optimal dosages of mineral fertilizer for Freesia and studies of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and MgO accumulation. *Proc.XIX IHC.* : 860.
- KAVB (Royal General Bulbgrowers' Association). 1991. *International Checklist for Hyacinths and Miscellaneous Bulbs.* KAVB (Royal General Bulbgrowers' Association). Hillegom.
- 川田穰一. 1966. オランダにおけるフリージアの周年栽培. *農及園.* 2:337-340.
- 川田穰一. 1972. フリージアの抑制栽培について. *園学要旨.* 47 春:240-241.
- 川田穰一. 1973a. フリージアの開花抑制に関する研究 (第1報) 抑制栽培用の球根の貯蔵条件が生育・開花に及ぼす影響. *園学要旨.* 48 春 : 286-287.
- 川田穰一. 1973b. フリージアの開花抑制に関する研究 (第2報) 抑制栽培用球根の高温処理期間が生育・開花に及ぼす影響, ならびに抑制栽培における品種特性について. *園学要旨.* 48 秋 : 270-271.
- Kawata, J. 1973. Year-Round production of freesia in Japan. *JARQ.* 7: 257-262.
- 川田穰一・歌田明子・阿部定夫. 1971. フリージアの開花促進に関する研究. II 球根生産時の環境, 冷蔵

- 温度と期間ならびに促成温度が生育・開花に及ぼす影響について. 園試報. A10:229-257.
- 古平栄一・森 源治郎・今西英雄. 1996a. アリウム・コフニーの生育・開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 64 : 891-897
- 古平栄一・森 源治郎・竹内麻里子・今西英雄. 1996b. *Allium unifolium* の生育・開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 65:373-380.
- 小池安比古・大引 明・森 源治郎・今西英雄. 1994. ニホンスイセンの生育・開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 63 : 639-644
- 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. 7-34. 養賢堂. 東京.
- 郡公子. 1996. 環境工学教科書 (環境工学教科書研究会編). p57. 彰国社. 東京.
- 小杉 清. 1953. フリージアの花芽分化に関する研究 (第1報) 花芽の分化期並びに花芽の発育経過について. 園学雑. 22:61-63.
- Le Nard, M. and A.A. De Hertogh. 1993. Tulipa. p.631-632. In:A. A. De Hertogh and M. Le Nard (eds.). The physiology of flower bulbs. Elsevier. Amsterdam.
- Mansour, B.M.M. 1968. Effects of temperature and light on growth, flowering and corm formation in freesia. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen. 68: 1-76.
- Masuda, M. and T. Asahira. 1978. Changes in endogenous cytokinin-like substances and growth inhibitors in freesia corms during high-temperature treatment for breaking dormancy. Sci. Hort. 8:371-382.
- 榊田正治・浅平 端. 1979c. フリージア球茎の生育肥大中における休眠の様相について. 園芸学研究集録. 9 : 119-127.
- Masuda, M. and T. Asahira. 1980. Effects of ethylene on breaking dormancy of freesia corms. Sci. Hort. 13:85-92.
- Masuda, M. and T. Asahira. 1981. Effects of various gaseous compounds on breaking dormancy of freesia corms. Sci. Hort. 15:373-381.
- 森 源治郎・坂西義弘. 1989. アガパンサス (*Agapanthus Africans* HOFFMANN) の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 57 : 685-689.
- 森 源治郎・坂西義弘. 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.
- 森 源治郎・中野圭子・今西英雄・坂西義弘. 1991. ステルンベルギア (*Stembergia lutea* Roem. & Schult.) の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 59 : 855-861.
- 森 源治郎・今西英雄・坂西義弘. 1992. クリナム (*Crinum × powellii* Hort. ex Bak. cv. Album) の開花に及ぼす温度の影響. 園学雑. 61:651-657.
- 森 泰・長谷川 晴・狩野邦雄. 1975. 組織培養によるフリージアの繁殖に関する研究. 園学雑. 44:294-302.
- 本図竹司. 1996. 地中冷却を利用した花きの開花調節. 冷凍. 71: 1213-1218.
- 本図竹司. 1997a. フリージア栽培品種の変遷に伴う形態的特性の変化から導かれた育種の方向. 茨城農総セ園研報. 5: 39-43.
- 本図竹司. 1997b. 収穫後の温度条件がフリージアの開花ならびに切花観賞期間に及ぼす影響. 茨城農総セ園研報. 5: 44-49.
- 本図竹司. 1998. フリージア球茎の休眠覚醒時における温度環境の違いが低温処理の開始可能時期に及ぼす影響. 茨城農総セ園研報. 6:57-61.
- 本図竹司・浅野 昭. 1993. 株切りフリージア 12 月出し栽培における品種間差異. 茨城農総セ園研報. 1: 79-87.
- 本図竹司・浦野永久・浅野 昭・岩田一俊. 1992. 枝切り用品種を用いたフリージアの促成栽培に関する研究 (第1報). 球茎低温処理が12月出し株切り栽培における生育・開花に及ぼす影響. 茨城園試研報. 17:75-91.
- 村井千里. 1996. わが国の花き類輸入状況 {1}. 農及園. 71 : 108-112.
- 中村俊一郎・吉田俊一・秋山香寿美. 1974. 球根類の休眠に関する研究Ⅱフリージアおよびグラジオラス球茎に対する石灰窒素とベンジールアデニンの効果. 山口大農学報. 25 : 857-867.
- 日本花普及センター. 1998. 98 フラワーデータブック. 日本花普及センター編. 東京.

- 新津 陽. 1963. *Freesia* の花芽分化, 開花に関する研究. 山梨農試研報. 8: 7-13.
- 新津 陽. 1972. フリージアの開花調節に関する研究 (第2報). 山梨農試研報. 16: 1-13.
- 新津 陽・今村孝彦. 1973. 高冷地におけるフリージアの抑制栽培・無冷蔵球の春季の植え付けと開花. 園学要旨. 48 春:284-285.
- 新津 陽・渡辺芳明・小林 隆・川田穰一. 1972. 高冷地におけるフリージアの抑制栽培. 園学要旨. 47 春: 238-239.
- Penning, M. 1992. A report on freesia breeding in Holland. *Herbertia*. 48: 39- 42.
- Pierik, R.L.M. and H.H.M. Steegmans. 1976. Vegetative propagation of *Freesia* through the isolation of shoots in vitro. *Neth. J. agri. Sci.* 24:274-277.
- Produktgroep *Freesia* Van Staaveren. 1996. 50 jaar *Freesia*. Van Staaveren. Aalsmeer.
- Ravestijn, W. van and J.C. Doorduyn. 1983. Morphologische Verandering in het Groeipunt van *Freesia* Gedurende Blad- en Bloemaanleg. *Bloementeeltinformatie*. 23. PTG. Naaldwijk.
- 斎藤 清. 1957. フリージアの最近品種における倍数性. 農及園. 32 : 513-514.
- 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.
- 柴田道夫. 1995a. 高温障害発生のメカニズム. p.391-397. 農業技術大系3. 農文協. 東京.
- 柴田道夫. 1995b. 高温障害対策の基本. p.399-404. 農業技術大系3. 農文協. 東京.
- Smith, D. and P.N. Danks. 1985. *Freesias* (Revised). 90pp. Grower Books. London.
- Spikman, G. 1986. The effect of water stress on ethylene production and ethylene sensitivity of *freesia* inflorescences. *Acta Hort.* 181:135-140.
- Spikman, G. 1987. Ethylene production, ACC and MACC content of *freesia* bud and florets. *Sci. Hort.* 33:291-297.
- Spikman, G. 1989. Development and ethylene production of buds and florets of cut *freesia* inflorescences as influenced by Silver Thiosulphate, Aminoethoxyvinylglycine and Sucrose. *Sci. Hort.* 39:73-81
- Stimart, D. and P.D. Ascher. 1982. Plantlet regeneration and stability from callus cultures of *Freesia* × *hybrida* bailey cultivar 'Royal'. *Sci. Hort.* 17:153-157.
- 須藤憲一. 1997. フリージア. p.127-128. (財) 日本花普及センター編. 切り花鮮度保持マニュアル. 流通システム研究センター. 東京.
- Systema, W. 1986. Post-harvest treatment of *freesia* with Silverthiosulphate and cytokinins. *Acta Hort* 181:439-441.
- 高津 勇・浅野 昭. 1983. フリージアの11月出し促成栽培の冷蔵方法. 茨城園試研報. 11: 43-47.
- Uyemura, S. and H. Imanishi. 1983. Effects of gaseous compounds in break on dormancy release in *freesia* corms. *Sci. Hort.* 20: 91-99.
- Uyemura, S. and H. Imanishi. 1984. Effects of duration of exposure to ethylene on dormancy release in *freesia* corms. *Sci. Hort.* 22: 383-390.
- Uyemura, S. and H. Imanishi. 1987. Changes in abscisic acid levels during dormancy release in *freesia* corms. *Plant Growth Regulation.* 5 : 97-103.
- VBN (Vereniging van Bloemenveilingen in Nederland). 1995. *Statistiekboek*. VBN. Leiden.
- 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.* 93:623-629.
- Woodson, W.R. 1987. Postharvest handling of bud-cut *freesia* flowers. *HortScience.* 22:456-458.
- Wulster, G.J. and T.J. Gianfagna. 1989. The effects of greenhouse temperature and Ancymidol concentration on height and flowering time of *Freesia hybrida* grown as a container plant. *Acta Hort.* 252:97-103.
- Wulster, G.J. and T.J. Gianfagna. 1991. *Freesia hybrida* respond to Ancymidol, cold storage of corms, and greenhouse temperatures. *HortScience.* 26: 1276- 1278.

安井公一・大北 武・川尻伸宏・小西国義. 1983. フリージアの花芽形成に及ぼす温度の影響. 岡山大農学報. 62:31-38.

横井政人・小杉 清・田部真一. 1975. 栽培・貯蔵温度が切り花の花持ちに及ぼす影響 第1報 フリージア. 千葉大園学報. 23:1-3.

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.



# **Summary**

## **Studies on Improvement of Chilling Techniques for Increasing Yield of Cut Flowers with Good Quality in Freesia Forcing**

**Takeshi MOTOZU**

This study was carried out to determine effects of chilling temperatures and durations on flower-bud development and factors affecting heat injury and to improve chilling techniques for increasing yield of cut flowers with good quality in early forcing of freesia.

### **Chapter I Observation of flower-bud development**

Flower-bud development was observed in young plants chilled at different temperatures and for different periods by using a scanning electron microscopy (SEM). Differences among cultivars of flower-bud development during chilling and days in greenhouse to anthesis after chilling were also investigated.

In 'Elegance' chilled wet at 10°C, flower-bud was initiated after 4 weeks, and three-primordia were visible after 6 weeks. Two weeks later, inner perianths and then pistils were initiated. At chilling temperatures between 5 and 15°C, number of florets increased, internode length became short, and bract enlarged at higher temperatures.

In 29 cultivars, there was high and positive correlation between wet-chilling periods at 10°C and flower developmental stages and negative correlation between flower developmental stages at the end of chilling and days to anthesis from the stages. Days from the start of chilling to three-primordia (A) stage and/or days to anthesis from A stage, calculated from regression equations between flower developmental stage and chilling period or days to anthesis, had cultivar dependence.

### **Chapter II Effects of chilling temperatures and duration on flowering**

Effects of wet chilling temperatures between 2 and 15°C and its durations on flowering were investigated.

At chilling temperatures between 8 and 15°C, flower-bud developed fastest at 12°C and followed by 10, 15 and 8°C in 'Elegance' and 'Blue Heaven'. Plants that were taken out at A, P1, P2 or G stage at each chilling temperature were grown at 24/18°C (day/night). Within a range of 8

to 15°C, not only a direct effect but also some after-effects on flowering were noticed. The number of florets per main inflorescence was determined as a direct effect of chilling temperature; it decreased as corms were chilled at lower temperatures. Corms, chilled at lower temperatures, also had a higher flowering percentage and longer flower stem, and required fewer days from the end of chilling to flowering; an after-effect of the chilling temperature.

To clarify after-effect of low temperatures below 8°C on flower-bud initiation and on flowering in freesia, corms of 'Elegance' were chilled wet at 2°C, 5°C or 8°C for various durations. The chilled corms which were at the stages before or just after flower-bud initiation at the end of chilling, were grown at 22/18°C(day/night) or 26/22°C. At 26/22°C, too high temperatures for flower-bud initiation, some of plants chilled at 2°C for 10 weeks, initiated flower buds after differentiating several leaves and flowered, though shoot apex was vegetative stage at the end of the chilling. At 22/18°C, plants which received chilling treatments and have not yet initiated flower buds at the end of the chilling flowered earlier and with smaller number of leaves than non-chilled plants. These results show that low temperature promotes flower-bud initiation and flowering as after-effect and acts as vernalization. Corms chilled wet at 5°C for 4, 5 and 6 weeks were subjected to 30/26°C for 1-3 weeks at stages before or just after flower-bud initiation, and then grown at 22/18°C. Promoting effect of flower-bud initiation given by chilling was cancelled by subjecting to 30/26°C just after chilling. This fact shows that high temperature given just after chilling acts as devernization. From the results obtained, it is clear that low temperatures below 8°C act as vernalization in freesia.

### **Chapter III Factors affecting heat injury**

Effects of exposing to high temperatures just after chilling and cultivar dependence of heat injury occurrence were investigated to know factors affecting heat injury.

Corms of the freesia 'Blue Heaven' were chilled wet at 10°C for 5 or 6 weeks and the resulting sprouting young plants were immediately exposed to 24°C for 1, 2, or 3 weeks and then to 10°C until they were planted in a plastic house maintained at 5°C or above. Flower buds, exposed to the high temperature, were prepared and photographed on SEM. When flower buds were exposed to high temperature during the differentiation of floral primordia, the inflorescence which formed, varied depending on the developmental stages of flower buds at the start of the high temperature treatment and its duration. These inflorescences were classified as "normal inflorescence", "gladiolus bloom" or "abnormal inflorescence" according to the degree of heat injury. The angle between the horizontal and the crossing lines from the base of the first to that of the last floret in an inflorescence is a practical indicator to measure the degree of "gladiolus bloom". Visually normal inflorescence, "pseudo-normal inflorescence", appeared in plants which received the most severe high temperature treatment. These plants initiated leaves and flower buds after abortion of the pre-differentiated flower buds. "Normal" and "pseudo-normal" inflorescences are easily distinguished by the difference in the number of leaves or days from chilling to

flowering. Heat injury was less severe if the plants were exposed to high temperatures above 20°C at a more advanced stage of flower bud development and/or in chilling at lower temperatures.

The occurrence of “gladiolus bloom” was varied with cultivars. Each of 27 cultivars was assigned to one of the following 5 groups: Group-1: Cultivars having a low rate of frequency of “gladiolus bloom” when exposed to high temperature at any flower developmental stages, Group-2: Cultivars which flower normally when exposed to high temperature after A stage of 1st floret, Group-3: Cultivars which flower normally after P2 stage of 1st floret, Group-4: Cultivars having a lower rate of frequency of “gladiolus bloom” with advanced developmental stage of flower buds, Group-5: Cultivars having a high rate of frequency of “gladiolus bloom” at any stages.

#### **Chapter IV Improvement of chilling techniques in the practice**

Chilling techniques in the practice of freesia forcing were improved to increase yield of cut flowers with good quality in autumn.

Cut flowers with high quality were harvested in late September by chilling ‘Elegance’ corms imported from Holland at 8°C for 10 weeks and those with higher quality were obtained in mid October by chilling at 5°C for 12 weeks. Chilling at 5 or 8°C decreased occurrence of heat injury in ‘Blue Heaven’ as compared with chilling at 10°C. Occurrence of stem bending and leaf trapping was decreased by chilling corms at 8°C in ‘Cinderella’.

Application of combined dry and wet-chilling at 10°C reduced elongation of shoots during chilling as compared with wet-chilling at 10°C without retarding flowering date. If fluctuation between maximum and minimum temperature during chilling was within  $\pm 4^\circ\text{C}$  of optimum temperature, delay of flowering was slight.

Improved chilling techniques obtained through this study were useful for decreasing occurrence of heat injury and increasing yield of cut flowers with good quality in the practice of freesia forcing.