Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)

園学雑. (J. Japan. Soc. Hort. Sci.) 69 (1) : 109-114. 2000.

フリージアの促成栽培における低温処理後の高温遭遇が花芽の形態的変化と開花時の障害発生に及ぼす影響

本図竹司・駒形智幸・市村　勉・浅野　昭*

茨城県農業総合センター園芸研究所　319-0292　茨城県西茨城郡岩間町安居

Observation on the Development of Forced Freesia Flower Buds Exposed to High Temperature Just after Chilling and Morphological Classification of Heat Injury at Flowering

Takeshi Motozu, Tomoyuki Komagata, Tsutomu Ichimura and Akira Asano

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

Summary

Corms of the freesia 'Blue Heaven' were chilled wet at 10 ℃ for 5 or 6 weeks and the resulting sprouting young plants were immediately exposed to 24 ℃ for 1, 2, or 3 weeks and then to 10 ℃ until they were planted in a plastic house maintained at 5 ℃ or above on 13 Nov. Flower buds, exposed to the high temperature, were prepared and photographed on a scanning electron microscope (SEM). Based on their morphology, the inflorescence types at flowering were classified into 6 categories.

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 at a more advanced stage of flower bud development.

Key Words: flower bud development, freesia, gladiolus bloom, heat injury, inflorescence type.

緒　言

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，通常湿潤状態で10℃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，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小花と第2小花との間隔(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と思われる．

そこで本実験では，異なる花芽の発達段階で1~3週間の高温を与え，走査型電子顕微鏡(SEM)を利用して花芽の

1999年1月25日　受付．1999年8月10日　受理．

*現在：茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所

本報告の一部は園芸学会平成11年度春季大会において発表した．

NII-Electronic Library Service

Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)

形態的変化を詳細に観察した．そして，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関連について検討し，高温障害の発生程度を形態的な変化と関連づけて分類した．

材料および方法

オランダ産の‘ブルーヘブン’球茎(球重2.5 g)を供試した．球茎入手直後の9月11日に，ピートモスを主体とした市販培養土を入れた9 cmポットに5球ずつ植え込み，10℃に制御した人工気象室(人工光により植物体直上で81 μmol・m^{-2}・s^{-1}，12時間照明)に搬入し低温処理を行った．5および6週間経過後，24℃に制御した人工気象室(自然光)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℃の人工気象室に戻した．対照区として，高温処理を行わず9週間10℃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℃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20 cm間隔で定植し，慣行に従って栽培した．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℃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(日本電子株式会社製，JSM-5400LV)を用いて花芽の形態的変化を観察した．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，第1図)を“グラジオラス咲き花序”(第1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1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小花間長との関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2図，第3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

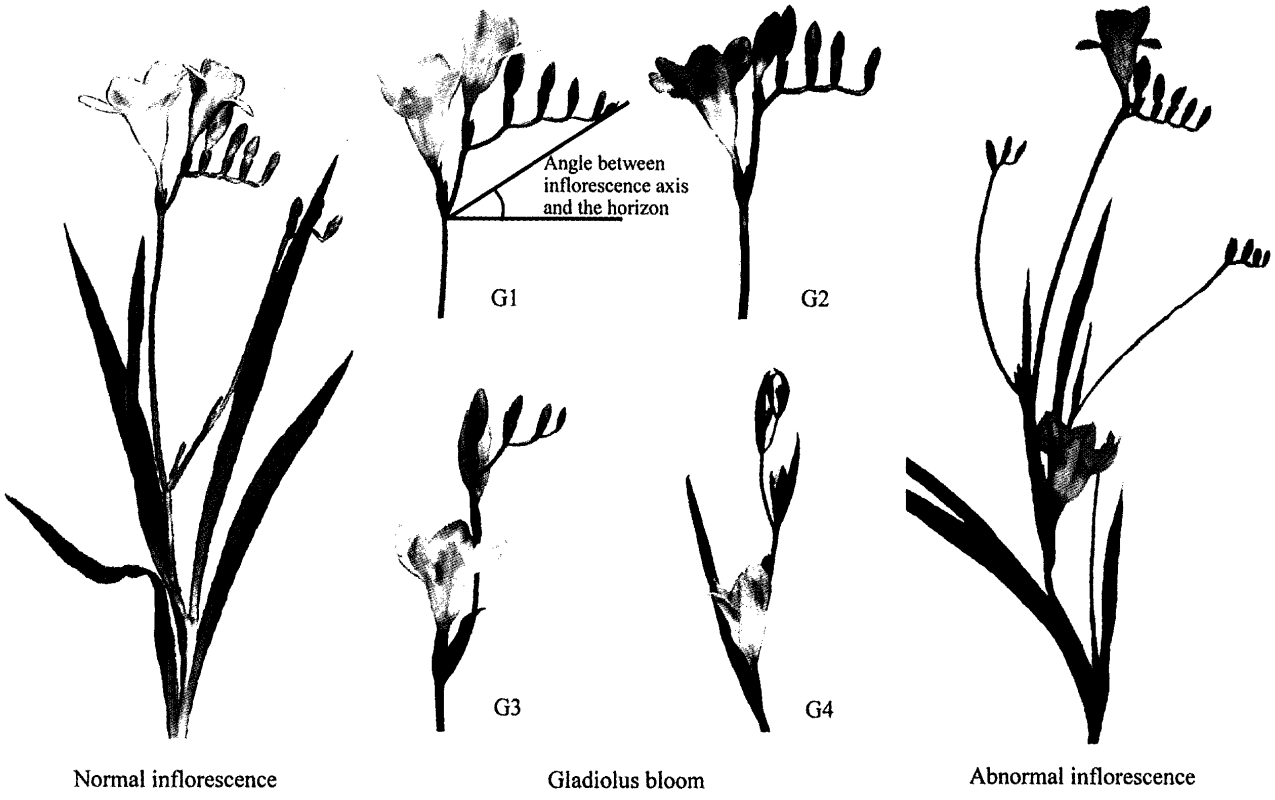

Fig. 1. “Normal”, “gladiolus bloom” (G) and “abnormal” inflorescence types.
Angles between inflorescence axis and the horizon were measured as angle between horizontal line and crossing line from base of the first floret to that of the last one. Inflorescence types at flowering were classified into 6 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.

NII-Electronic Library Service

Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)

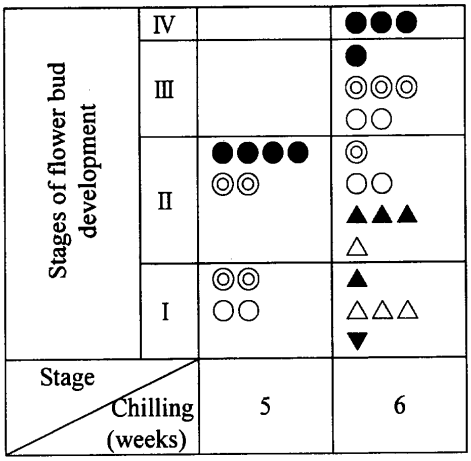

Fig. 2. Developmental stage of flower buds at the start of high temperature treatment.
Stage: Ⅰ, differentiated; Ⅱ, outer bract visible; Ⅲ, inner bract visible; Ⅳ, three-primordia visible. ●: first floret, ◎: second floret, ○: third floret, ▲: fourth floret, △: fifth floret, ▼: sixth floret. The symbols indicate the number of florets at each stage.

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3図)．低温処理5週間後に24℃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．しかし，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～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の小花は，10℃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3図)．

すべての処理で開花しない個体はみられず，すべての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二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，第4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($r=0.774$, 1%水準で有意)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，小花のアボ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1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．

考　察

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)や安井ら(1983)は25℃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．

本実験では24℃の高温に遭遇させたところ，外見上正常にみえる花序には二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”の間には，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明確な違いがあり，両者が区別された．“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1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，花下がりと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

NII-Electronic Library Service

Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)

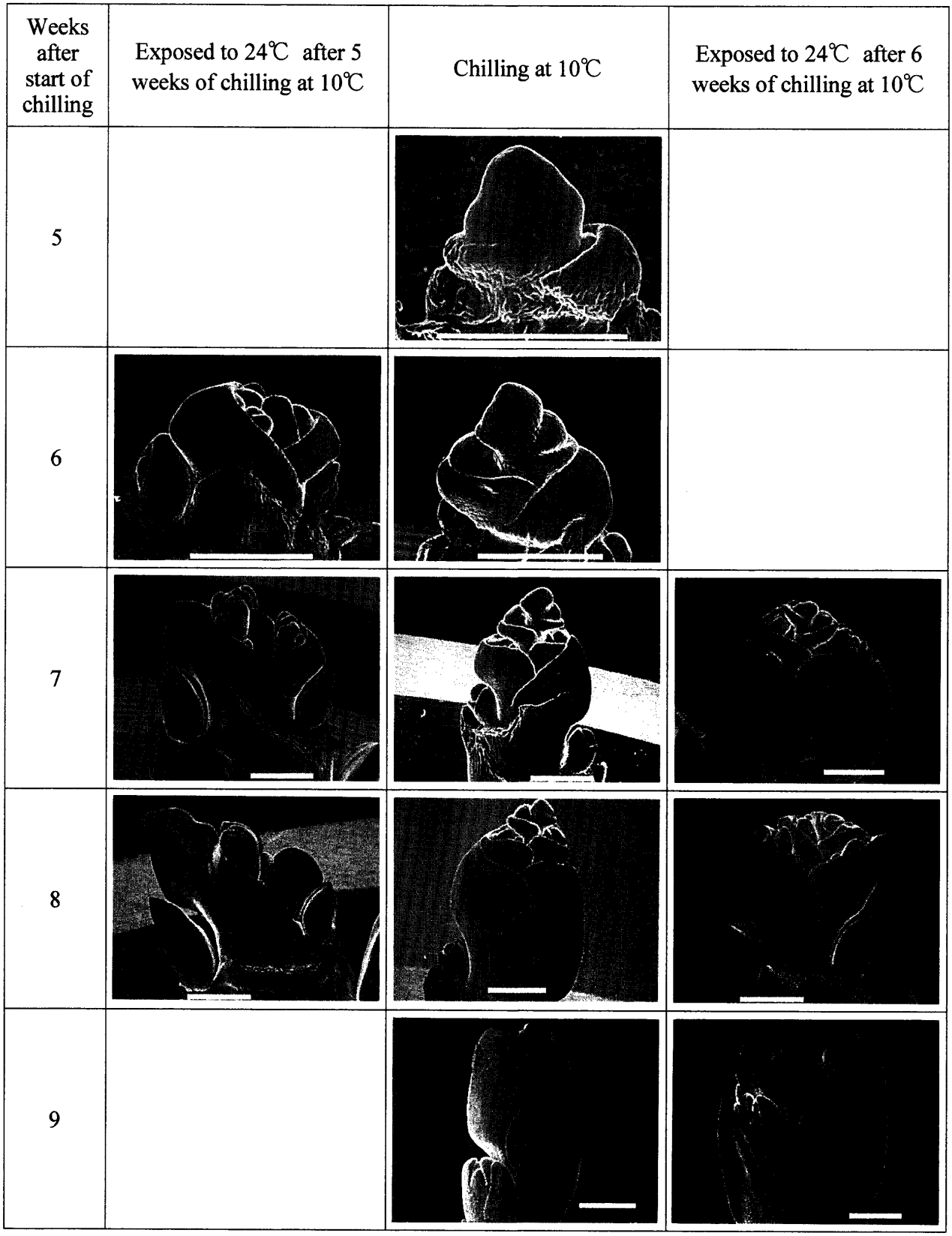

Fig. 3. SEM showing developmental stage of flower buds of freesia 'Blue Heaven' during chilling at 10 ℃ (mid column), at 24 ℃ after 5 weeks of chilling (left column) and at 24 ℃ after 6 weeks of chilling (right column). White bars in each photograph indicate 500 μm.

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いる．これは，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

NII-Electronic Library Service

Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)

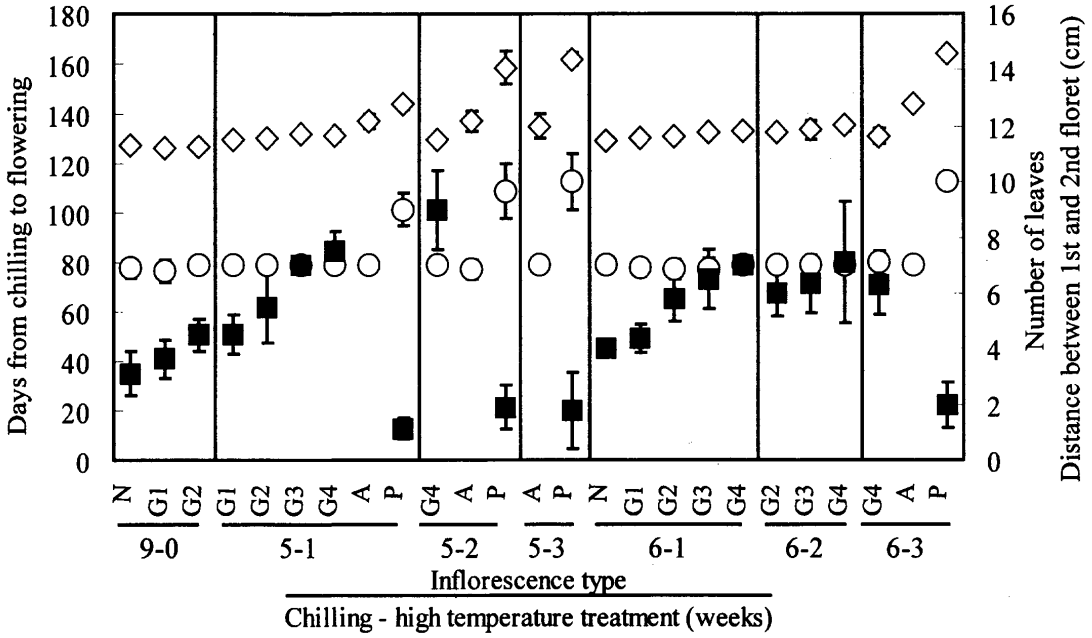

Fig. 4. Effects of high temperature treatments after 5 or 6 weeks of chilling and for different durations on inflorescence types, days from chilling to flowering and number of leaves.
N: normal inflorescence, G1~G4: 4 categories in gladiolus bloom, A: abnormal inflorescence, as shown in Fig.1 and Table 1. 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 ℃ 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 1. 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 ℃ (weeks)	High temperature at 24 ℃ (weeks)	Inflorescence type[z]						
		Normal	Gladiolus bloom				Abnormal	Pseudonormal
			G1	G2	G3	G4		
		(0~18°)[y] (%)	(18~36°) (%)	(36~54°) (%)	(54~72°) (%)	(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

[z] Normal: "Normal inflorescence", Abnormal: "Abnormal inflorescence", and Pseudo－normal: "Pseudo－normal inflorescence" shown in Fig. 1 and Fig. 4.
[y] Angle between inflorescence axis and horizon is shown in Fig. 1.

ており，第1小花が内苞葉形成期～三原基形成期に達していて，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小花がアボートした．“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みられず，花序の形態が高温遭遇直後と開花時とでは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，その後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．

NII-Electronic Library Service

Japanese Society for Horticultural Science (JSHS)

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，花芽の形態的変化を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．

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，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)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，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．

謝 辞 SEMの操作について，前茨城県農業総合センター生物工学研究所々長西村繁夫博士および同所高津康正主任研究員にご指導とご助言をいただいた．ここに記して感謝の意を表する．

引 用 文 献

阿部定夫・川田穣一・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: 251-317.

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.

Smith, D. and P. N. Danks. 1985. Freesias(Revised). p. 51-54. Grower Books, London.

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.

NII-Electronic Library Service