

デルフィニウムの促成栽培における 切り花の安定生産技術の開発

キーワード：デルフィニウム，生育習性，早期抽台，冷房育苗，ロゼット，長日処理，
低温処理，促成栽培

勝 谷 範 敏

—2002 年—

目 次

緒 言	1
第1章 生育習性	4
第1節 エラータム系品種の花芽の分化・発達過程の形態観察	5
第1項 無加温栽培での花芽の分化・発達過程の調査	5
第2項 電子顕微鏡による花芽の分化・発達過程の観察	6
第2節 播種時期と抽台, 開花との関係	8
第1項 エラータム系品種	8
1) 無加温栽培	8
2) 加温栽培	11
第2項 ベラドンナ系品種	15
1) 加温栽培	15
第3項 その他の原種	16
1) 無加温栽培	16
2) 加温栽培	20
第3節 考 察	22
第4節 摘 要	27
第2章 冷房育苗による早期抽台の防止	28
第1節 育苗時の温度と抽台との関係	28
第2節 冷房育苗終了時の苗の大きさと開花との関係	30
第3節 冷房育苗方法の違いと抽台, 開花との関係	31
第4節 高温期の育苗時における日長処理が抽台に及ぼす影響	33
第5節 考 察	34
第6節 摘 要	35

第3章	ロゼット化に關与する環境要因とその防止	36
第1節	日長が抽台に及ぼす影響	36
第2節	育苗初期の温度が抽台に及ぼす影響	37
第3節	加温開始時期と育苗時の温度が抽台に及ぼす影響	39
第4節	遮光が抽台に及ぼす影響	40
第5節	秋～冬季の加温栽培における日長時間の違いが抽台に及ぼす影響	41
第6節	考 察	43
第7節	摘 要	46
第4章	低温遭遇によるロゼット打破	47
第1節	エラータム系品種の苗の低温遭遇と加温後の抽台, 開花との關係	47
第2節	1番花開花後の側芽の低温遭遇と加温後の抽台, 開花との關係	50
第1項	エラータム系品種	50
第2項	シネンシス系品種	53
第3項	ベラドンナ系品種	54
第3節	ザリルの塊根冷蔵処理が抽台と開花に及ぼす影響	56
第4節	考 察	58
第5節	摘 要	61
第5章	総合考察	62
第6章	摘 要	67
謝 辞		70
引用文献		71
Summary		74

緒 言

豪華で壮麗な花序を持つデルフィニウムは、一般に半宿根性の *Delphinium* 属の種類をさしており、我が国では飛燕草と呼ばれている。これに近い種類が一年草のラクスペー、あるいは千鳥草であり、以前は *Delphinium* 属に含まれていたが、現在では独立して *Consolida* 属が用いられている。*Delphinium* 属の植物は全世界に約 200 種の実種が存在し、その多くは北半球の高緯度地方あるいは山岳地域の冷涼地に自生する。今日、花壇や切り花用に多く栽培されているエラータム系品種の基礎となっている *D. elatum* も、ヨーロッパのピレネーおよびアルプス山脈からシベリアにかけての高冷地あるいは冷涼地に自生する (塚本, 1964)。

デルフィニウムの近代的な育種はフランスの Lemoine が 1852 年から開始し、1900 年頃までに *D. elatum* × *D. formosum* の近代的な交配種を数百育成し、17 種を発表した。その後の育種は英国に移り、Kelway, Langdon, Bishop らが栄養系の高性種を育成した (Edwards, 1989)。欧州の趣味的な栄養系品種に対して、チェコから米国に移住した Reinelt は画期的な種子系の 'Pacific strain' を 1937 年に育成したが、高性種であるためヨーロッパでは強風によって折れやすかった。より短茎で花穂の固い小型品種の育成が英国の Blackmore & Langdon で進められ、1956 年に初めて 'Blue Tit' が発売された。その後、Gould によって、'Pacific strain' に 'Monarch strain' を交配した 'Blue Fountains' が 1978 年に育成され、続いて 'Blue Springs', 'Clear Springs' や 'Magic Fountains' が育成されており、これらの品種はエラータム系と言われ、切り花の主要品種となっている。

これらの系統とは別にペラドンナ系と言われる品種群があり、切り花として使用されている。本来のペラドンナ系品種は、染色体 ($n=8$) が自然倍加した 4 倍体の *D. elatum* と 2 倍体の *D. grandiflorum* が自然交雑した 3 倍体であり、不稔のために栄養繁殖されている。現在でも多く栽培されている 'フォルカフレーデン' はその初期の品種である。現在の種子系のペラドンナは 1903 年に、Gibson が自然倍加し 6 倍体となった株から種子を収穫することに成功し、そこから発展したものである。したがって、ペラドンナ系には栄養系と種子系の 2 つの系統がある。

また、シネンシス系品種と言われ、花が一重でやや短茎であるが、花穂が固く切り花に適した *D. grandiflorum* の交配選抜種があり、最近栽培が増加している。

これらの品種は元来、趣味園芸の花壇用に育成された固定種であり、営利的な切り花生産に不可欠な斉一な花色や生育を目的とした雑種一代交配品種の育成が行われていなかった。加えて、これらの品種は、春に開花する花壇用の種類であることから、生態的な育種が考慮されていなかったために生育のばらつきが大きく、斉一な開花が必要な切り花栽培では、安定生産上の大きな障害となっている。我が国では 1995 年にサカタのタネから F_1 品種が初めて育成され、その後各種苗会社からも F_1 品種が育成されているが、一般的な切り花栽培への種苗供給には量的な限界があり、いまなお、切り花栽培に満足できる品種が育成されていないまま、前述の品種が多く栽培されている。したがって、生産現場での採花率が低く、前述のように切り花生産者の経営で大きな不安定要因の一つになっている。

このように、現在、我が国で切り花として栽培されているデルフィニウムは、交雑種で花が半八重

のエラータム系品種、一重のペラドンナ系品種とシネンシス系品種の3品種群に大別されている。このほかに桃～赤色のユニバーシティ系品種があるが、4倍体のエラータムと2倍体のヌーディカーレとの複2倍体をもとに複雑な交雑によって育成されたことから不稔であり (Legro, 1961), これらの品種は組織培養によって栄養繁殖されている。さらに、原種のザリル (*D. zali*) やカーディナル (*D. cardinale*) も一部で栽培されているが、これらの品種は基本的に種子繁殖性である。なお、カタログ等に記載されているリトル系品種は、高性のパシフィック・ジャイアント系品種に対して、マジック・ファウンテン系品種、‘ブルースプリングス’ および ‘クリアースプリングス’ のような品種を指しており、切り花生産に使用されるときに便宜上の言葉であり、リトル系とパシフィック・ジャイアント系はともにエラータム系に包括されるものである。

デルフィニウムは、切り花としてすばらしい花容をもっているにもかかわらず、開花直後から激しい花振るいが発生するため、営利的な切り花生産が近年まではほとんどできなかった。ところが、1978年に、体内から発生するエチレンの発生を防止する切り花品質保持剤のSTSが開発され (Veen・van de Geijn, 1978), この希釈液に浸漬されたデルフィニウムでは花振るいが完全に防止できるようになり、切り花を営利的に流通させることが可能となった。この結果、本格的なデルフィニウムの切り花生産が始まり、我が国では、短期間のうちに栽培が爆発的に増加した。デルフィニウムはまだ「花き卸売市場調査」に記載されていないことから全国の出荷額は不明であるが、平成11年度における「東京都中央卸売市場年報」によると、取り扱い金額では第12位の主要な花卉となっており、約10億円となっている。これを全国の卸売価額に換算してみると約74億円となり、スターチスの生産額に近いことが推測される。

デルフィニウムは花振るいを完全に防止できるようになったことから需要が増え、暖地では加温によって晩秋から開花させる促成栽培へと作期の前進が求められていた。しかし、これまで花壇用の趣味園芸的な花きであったことから切り花生産のための研究は少なく、このため生育習性の多くが不明のままであり、切り花生産は不安定であった。主に栽培されているエラータム系品種では、本来の原産地が冷涼地であることから、我が国の西南暖地では6月から9月の高温期には枯死する株が多く、栽培的には秋まきの一年草として扱われていた。また、年内に開花させる早期促成栽培では、定植時期が9月上旬になるが、この時期までに播種・育苗することは我が国の西南暖地ではむずかしく、そのような苗は高冷地で育苗されていた。しかし、高冷地あるいは寒冷地で育苗された苗であっても、9月上旬の高温期に定植すると、多くの苗が十分に生長しない前に展開葉が6枚未満で早期抽台して小花数の少ない貧弱な花穂となり、商品性のある切り花を得ることができなかった。一方、定植時期が10月以降になると生育適温にありながら晩秋～冬季にはロゼット化する株が大量に発生し、加温しているにもかかわらず抽台が著しく遅れ、無加温栽培の季咲栽培よりも開花が遅くなった。さらに、いったんロゼットになった株から抽台、開花した花穂は巨大化、帯化、小花数の著しい増加など奇形化し、その多くが出荷できないものとなり、被害が甚大なものとなった。

このように、デルフィニウムの安定生産をはかるうえで、早期抽台とロゼット化を防止するための技術開発が生産現場から強く要望されていた。そこで本研究では、これらの問題を解決するため、エ

ラータム系品種を中心に、まず生育習性を詳細に調べた。次いで早期抽台の防止に必要な夏季の冷房育苗法の開発を検討した。さらにロゼット化をもたらす環境要因を明らかにして、それに基づくロゼット化の防止あるいはロゼット打破の方法を見出し、秋～春季にわたって安定して開花させる生産技術を開発しようとした。さらに、近年栽培が増加しているシネンシス系品種や栄養繁殖性のペラドンナ系品種、ならびに原種のザリルに形成される塊根を利用した促成栽培技術についても検討した。

本報告は大阪府立大学に提出した学位論文である。

第1章 生育習性

切り花として新しく導入された種類を安定して生産するためには、先ず生長と開花の習性すなわち生育習性を明らかにしておく必要がある。これを踏まえて開花調節技術が開発され、周年にわたって生産することが可能となる。デルフィニウムでは、前述したように1978年にSTSが開発されたことから花振るいが完全に防止できるようになり、本格的な切り花生産が開始されたが、それまでは切り花として生産・流通することが少なかったため、本種の生育習性はほとんど解明されていない状態にあった。わずかに、エラータム系品種の冬季の休眠防止に対する日長と温度の処理効果(Post, 1942)、ハワイの高地でエラータム系品種とベラドンナ系品種を用いた周年栽培の状況(Williams・Criley, 1969)、エラータム系品種を周年播種した無加温栽培での生育状況(村上・長野, 1980)や北海道でエラータム系品種とベラドンナ系品種を用いた無加温栽培での生育状況(蝶野ら, 1986)を調べた報告があるが、播種時期別の正確な花芽分化時期や促成栽培時に必要となる加温条件での生育習性に関する知見は報告されていない。

現在、切り花として多く栽培されているデルフィニウムは、エラータム系やベラドンナ系と言われる種間交雑された品種であるが、これらの系統に加えて、最近では、シネンシス系と言われる原種の *Delphinium grandiflorum* (syn. *chinense*) から選抜された品種も多く栽培されている。このシネンシス系品種以外にも、特徴的な花色や花序を持つ原種、あるいはその交配種の切り花栽培が、近年広がりつつある。たとえば、ザリル (*D. zailii*) は、花が硫黄色であり、花柄が細くて硬く、カーディナル (*D. cardinale*) は、花が鮮明なスカーレット色で、大型の花序となる。原種としてのエラータム (*D. elatum*) の原産地は欧州の山岳地域からシベリアである(塚本, 1964)が、シネンシスはシベリアから中国、ザリルはイラン、アフガニスタンの高冷地、カーディナルはアメリカのロッキー山脈のように、世界各地に分散しており、その生育習性は不明なところが多く、夏季に高温となるわが国では、栽培が可能な期間の解明や秋～冬季の加温栽培におけるロゼット化の防止対策が必要になってくると考えられる。

デルフィニウムの花芽の発達過程についてはNishimura・Murakami (1989) が冬季に播種し、春季における形成過程を図示しているが、詳細な花芽の発達過程の観察はまだなされていない。

そこで、最初に、夏季に播種し、秋に定植したときの花芽の分化、発達過程を観察するとともに、さらに走査型電子顕微鏡を用いて正確にエラータム系品種の花芽の分化・発達過程を観察し、本実験での花芽の発達過程を調査するときの基準となる指標を作成しようとした。次いでエラータム系品種と数種の原種を毎月上旬に播種し、無加温栽培したときの生育習性の季節的変動を調べた。さらにベラドンナ系品種を加えて、5月から10月まで毎月播種し、秋～冬季に最低10℃に加温栽培したときの生育状況を調べた。

第1節 エラータム系品種の花芽の分化・発達過程の形態観察

8月上旬に播種し、秋に定植して冬季無加温ハウスで栽培したときの花芽分化時期、発達過程を明らかにし、さらに走査型電子顕微鏡を用いて花芽の発達過程を観察し、花芽形成過程を観察するときの基準となる指標を作成しようとした。また、生育状況が異なる苗の花芽分化状況も観察した。

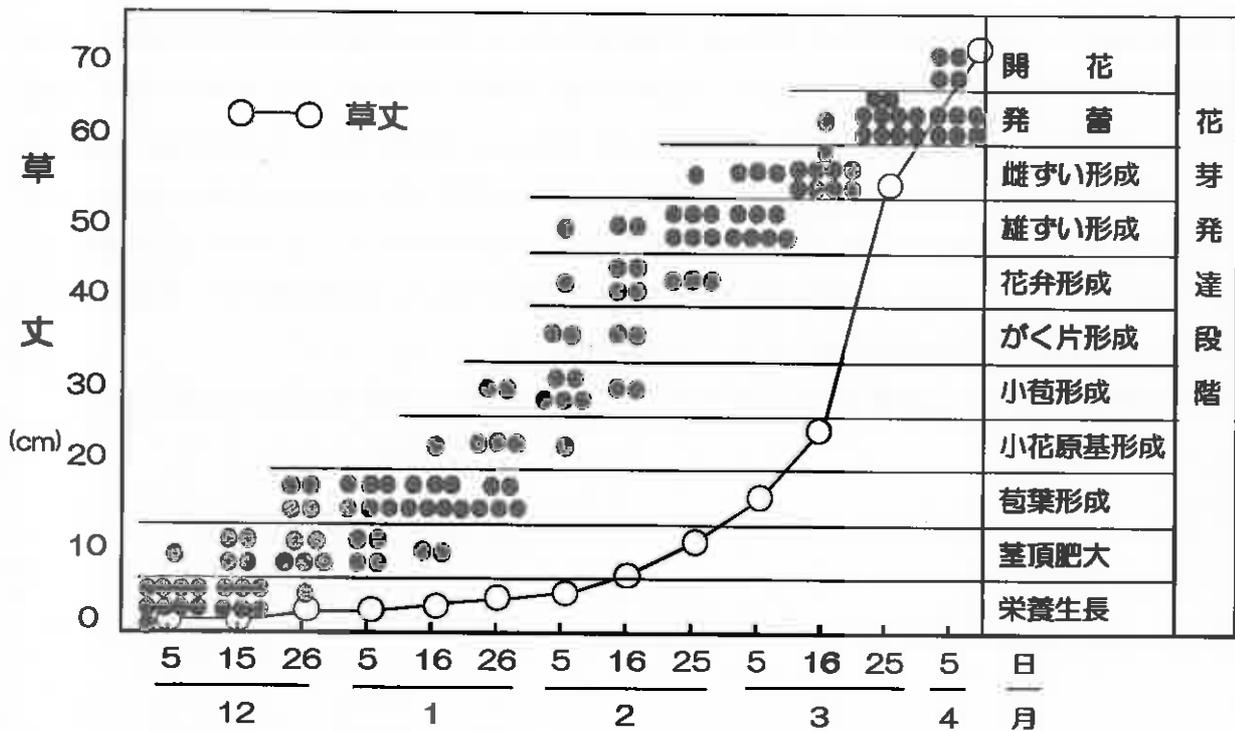
第1項 無加温栽培での花芽の分化・発達過程の調査

材料および方法

‘ブルースプリングス’を供試して1987年8月5日に播種・育苗し、10月下旬に本葉が4~5枚展開した苗を無加温ハウス内に定植した。定植後5~10日ごとに10株ずつ採取し、実体顕微鏡下で解剖して花芽発達過程を観察した。

結 果

8月上旬に播種・育苗し、10月下旬に定植した株の花芽形成状況を第1図に示した。花の発達段階は栄養生長期：0，肥大期：1，苞葉形成期：2，小花原基形成期：3，小苞形成期：4，がく片形成期



第1図 定植後無加温室で栽培したときの‘ブルースプリングス’の花芽の分化および発達過程

●：花芽発達段階での株数，○：草丈

: 5, 花卉形成期: 6, 雄ずい形成期: 7, 雌ずい形成期: 8, 発蕾: 9, 開花: 10 に分類した。

調査を開始した 12 月 5 日には、既に茎頂が膨大した株が一部認められた。1 月中旬の苞葉形成最盛期に抽台が始まり、その後、花芽の形成と花穂の伸長はゆるやかに進み、3 月上旬に花器の形成がほぼ終了した。3 月中旬に発蕾し、4 月上旬に開花した。

第 2 項 電子顕微鏡による花芽の分化・発達過程の観察

材料および方法

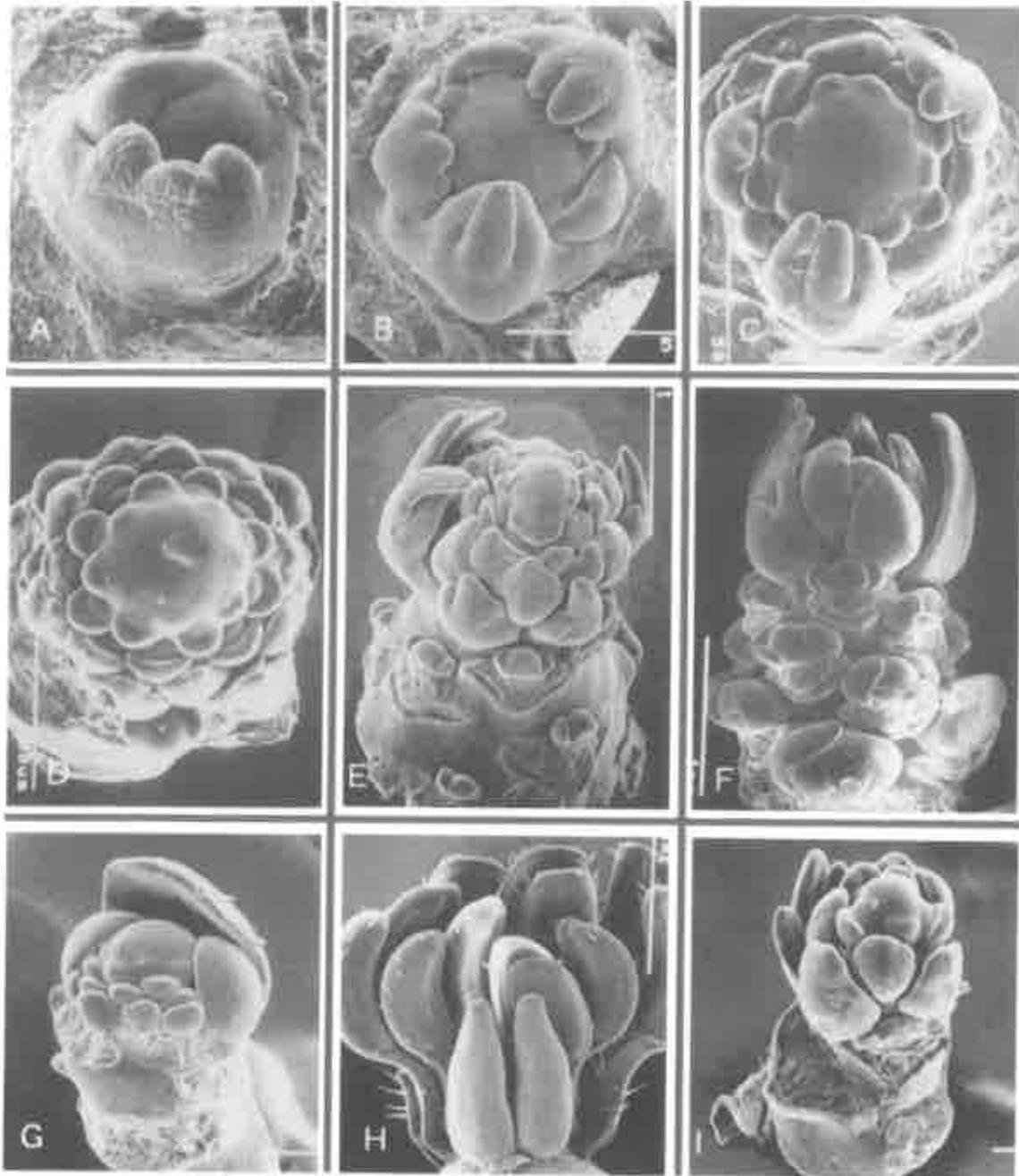
各段階の花芽形成過程をより明確に調査するため、走査型電子顕微鏡（日立製作所製、AGT-567, 以下 SEM）を用いて観察した。‘ブルースプリングス’を供試し、1988 年 8 月 5 日と 1989 年 2 月 10 日に播種した苗を用いて 1989 年 5 月 24 日から 6 月 2 日に茎の頂部を実体顕微鏡下で解剖し、FAA 液で固定後エタノール系列で脱水し、臨界点乾燥した。引き続きイオンパッタで金パラジウムコーティングし、SEM を用いて花芽形成過程を調査した。

結 果

電子顕微鏡での花芽の形成状況を第 2 図に示した。栄養生長時の茎頂は、深く切れ込んだ掌状の葉原基に囲まれた狭い平面状をしているが、催花されると大きく肥大して半球状の肥大期になった。この場合、展開葉数の少ない早期抽台株の茎頂は小さく、展開葉数が多い状態で花芽分化した株のそれは大きかった。

肥大が進むと、周縁部分にそれまでの大きな葉原基と異なる小さな苞葉の分化が認められた。苞葉の形成が肥大した茎頂の中ほどまで進むと、苞葉の内側に球状の小花原基の分化が認められた。苞葉の分化が花序軸の先端まで達して苞葉の形成が終了する頃には、初期に分化した小花原基の両端部に一對の小苞の分化が認められた。小苞の形成に連続してその内側にかく片の分化が認められた。かく片の分化に続いて、それよりもわずかに小さい花卉の分化が認められたが、同じ形態であり両者の区別はむずかしかった。なお、早期抽台株の茎頂では小花原基が少なく、展開葉数が多い状態で花芽分化した株の茎頂では小花原基が多くなることが観察された。

花卉形成期には外部から発蕾が確認できるようになり、発蕾からほぼ 20 日後に開花した。



第2図 ‘ブルースプリングス’の花芽の分化および発達過程

A：栄養生長. B：茎頂肥大. C：苞葉形成. D：小花原基形成. E：小苞形成.

F：がく片形成. G：花卉形成および雄ずい形成初期. H：雌ずい形成.

I：早期抽台苗の茎頂（小花原基形成期）

第2節 播種時期と抽台、開花との関係

エラータム系品種と数種の原種を毎月上旬に播種し、冬季無加温ハウスで栽培したときの生育習性の季節的変動を調べた。さらにベラドンナ系品種を加えて、5月から10月まで毎月播種し、冬季10℃加温ハウスで栽培したときの生育状況を調べた。また、エラータム系品種の無加温栽培では、抽台時に茎頂部を実体顕微鏡で観察し、そのときの未展開葉数や花芽形成段階を調査した。

第1項 エラータム系品種

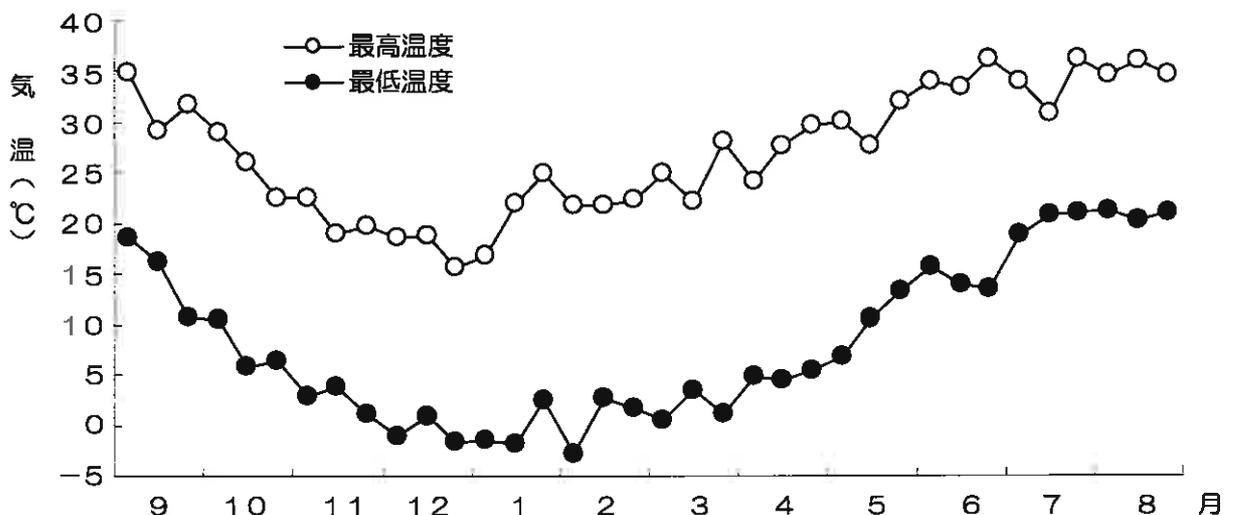
1) 無加温栽培

材料および方法

‘ブルースプリングス’を用い、1986年9月から翌年の8月まで1年間にわたり播種と定植を行って栽培した。プラスチック製の育苗箱の中にバーミキュライトを入れ、その中に種子を播いた。本葉が1~2枚展開した頃に7.5cmポリポットに移植し、4~5枚展開した頃に定植した。11月~3月の播種・育苗は、夜間の最低気温を5℃に設定して加温管理したが、定植後はすべて無加温栽培として、ビニルハウス内に定植した。花芽形成の観察は、5~10日ごとに10株ずつ採取して、実体顕微鏡下で解剖し、開花状況については20株調査した。

結 果

定植から開花まで管理したビニルハウス内の旬平均日最高および最低気温の推移を第3図に示した。日最高気温は30℃以上の高温が5月上旬から始まり、9月下旬まで続いた。日最低気温は5℃以下の低温が11月上旬から始まり、4月中旬まで続いた。



第3図 無加温栽培したハウスの最高温度と最低温度の推移 (1986年~1987年)

各播種月の花芽分化時期と開花時期を第4図に示した。花芽分化時期は茎頂の肥大開始から苞葉形成が確認された時期とした。

花芽分化は1月に播種すると4月下旬～5月中旬にかけて、3月播種は6月中下旬に、7月播種では9月下旬～10月下旬に認められた。1月から7月播種までの花芽分化期は、播種時期に応じてほぼ直線的に連続して分布するとともに、播種時期の気温が高くなるにつれて分化までの期間が少しずつ短くなった。特に5月および6月に播種した場合は、定植前の育苗段階で花芽分化が認められたように、播種から分化開始までの期間が最も短く、71～75日となった。

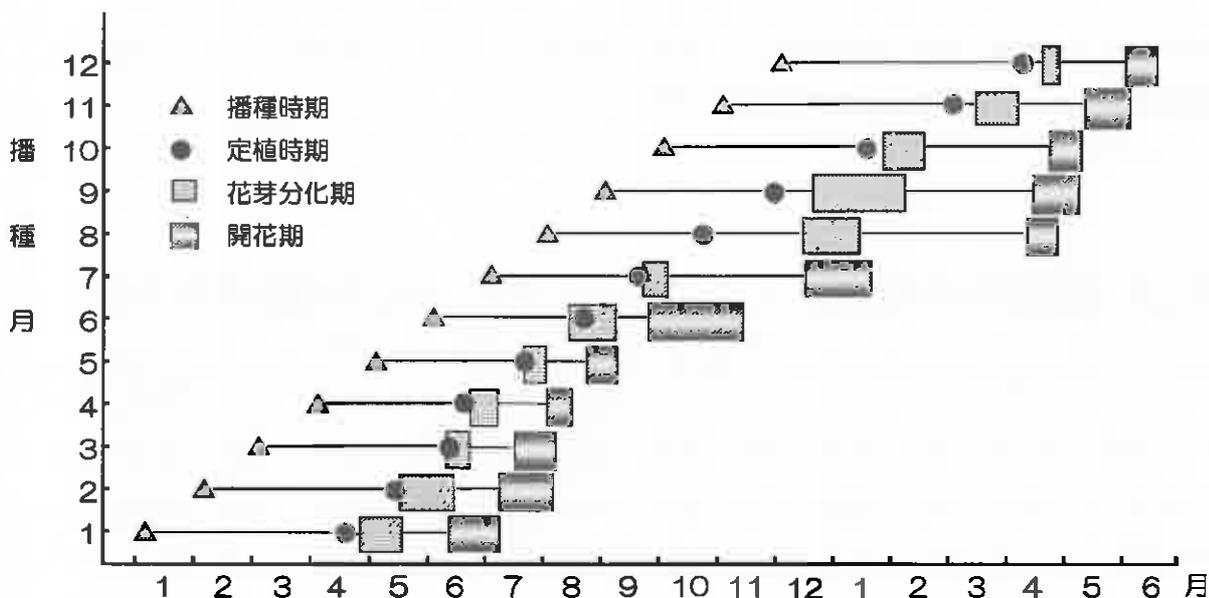
8月播種からは一転して、花芽分化までの期間が132日と著しく長くなり、分化時期は12月中旬～1月中旬となった。9月播種は8月播種とほぼ同様に、12月下旬から2月上旬に分化が認められ、分化までの期間は107日となった。

10月播種の花芽分化は9月播種よりもさらに低温時期となる1月下旬から2月中旬にかけて認められた。このため、播種から花芽分化までの期間は9月播種のそれに近い113日間であった。

11月と12月播種は、花芽分化までの期間がほぼ130日と再び長くなり、11月播種は3月中旬から4月上旬に、12月播種は4月中下旬にそれぞれ分化した。

また、花芽分化・形成が開始されると抽台することが明らかとなった。

開花は、1月から6月播種までは花芽分化した後に短期間で認められ、6月中旬から11月中旬まで連続した。しかしながら、6月播種では開花始めが9月下旬以降になったことから、気温の低下に伴って生育が緩慢になり、開花期間がかなり長くなった。



第4図 'ブルースプリングス' の播種月毎の花芽分化時期と開花時期

7月播種では、9月下旬に花芽分化した後、11月上旬に発蕾したが、その後気温の低下によって生育が抑制されたために、開花は遅くなり、12月中旬から1月中旬となった。また、気温が低下するにつれて、小花および花穂は低温障害を受けて枯死した。

8月から10月の播種では、4月中旬から5月上旬のほぼ同じ時期に開花した。

11～12月播種の開花時期は5～6月になるとともに、花芽分化から開花までの期間が再び短くなり、1～6月播種と同様な経過となった。

このように、開花は低温によって生育が抑制される2月から4月中旬までの期間を除いて、ほぼ周年にわたって認められた。

次に、播種時期と花芽分化時における葉数の関係を第1表に示した。6～7月播種の展開葉数は5.8～5.9枚と最も少なく、8月播種では8.4枚と最も多くなったが、その差異は2.6枚であり展開葉数に大きな違いは認められなかった。

第1表 播種時期が無加温栽培での‘ブルースプリングス’の花芽分化時の葉数に及ぼす影響

	播 種 時 期											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
展開葉	7.7	6.3	7.6	6.4	6.3	5.8	5.9	8.4	7.9	6.1	7.3	7.7
未展開葉	10.1	7.8	8.3	7.3	7.1	4.9	4.3	13.5	16.5	11.1	10.9	12.4
計	17.8	14.1	15.9	13.7	13.4	10.7	10.2	21.9	24.4	17.2	18.2	20.1

11月～3月の播種・育苗は最低夜温5℃で管理、展開葉4～5枚の苗を無加温ビニルハウスに定植、展開葉調査後に未展開葉を実体顕微鏡下で調査

第2表 播種時期が無加温栽培での‘ブルースプリングス’の切り花品質に及ぼす影響

	播 種 時 期											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
草丈(cm)	101.3	89.7	80.8	74.1	50.5	64.3	67.8	87.7	70.7	92.9	91.2	103.3
小花数	45.7	42.6	23.9	27.5	8.7	10.0	36.9	60.6	63.0	39.6	49.9	43.8
葉数 ²	23.1	23.6	19.0	16.1	14.0	15.6	20.2	29.5	26.8	18.6	21.3	21.6
到花日数 ³	170	168	148	127	118	143	188	256	229	208	199	192

第1表の脚注を参照、²小花までの展開葉数、³播種からの到花日数

これに対して、未展開葉数では展開葉数と違って播種月によって大きな差異が認められた。播種時期の気温は低い定植期から気温が上昇する2～5月播種は7.1～8.3枚であったが、播種時期から気温が低下する10～1月播種では10.1～12.4枚と多くなった。

高温期に播種し、高温期に花芽分化した6～7月播種では、展開葉数と同じように、最も少なく4.3～4.9枚であった。ところが、同じ高温期に播種しながら育苗期間が涼温期となる8～9月播種では、未展開葉数が13.5～16.5枚と著しく多くなり、7月播種と9月播種とを比較するとその差は4倍弱となった。

続いて、開花時の生育状況を第2表に示した。草丈は5～7月播種では70cm未満と短くなった。その前後の3～4月播種と8～9月播種では70～90cmと少し長くなったが切り花長としては不足した。10～2月播種ではほぼ90cm以上の切り花となり品質の優れた切り花が得られた。小花数は5～6月播種で8.7～10.0輪と、商品性の認められる花穂の30輪よりも著しく少なく、切り花品質が劣った。それより前の3～4月播種では、23.9～27.5輪と5～6月播種の花数よりも2倍以上多くなったが、切り花品質は少し劣った。8～2月に播種したときの小花数はほぼ40輪以上認められ、切り花品質がすぐれた。10月播種は39.6輪であり、前後の9月播種の63.0、11月播種の49.9輪と比べてかなり減少した。8～9月播種では60.6～63.0輪と最も多くなり、切り花品質がすぐれた。5～6月播種と8～9月播種の花数の差は約7倍であり、播種月による変動がきわめて大きかった。小花までの葉数も、小花数の変動と同様な傾向であった。

2) 加温栽培

材料および方法

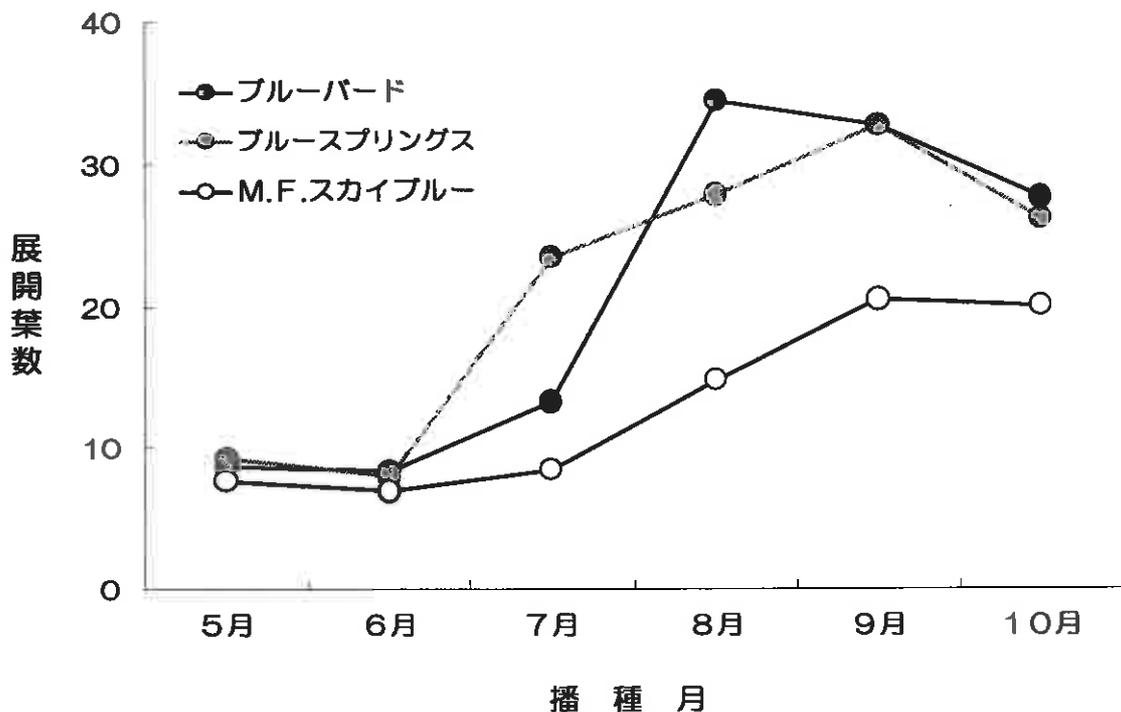
‘パシフィックジャイアント・ブルーバード’ (以下、P.G.ブルーバード)、‘ブルースプリングス’、および‘マジックフォンテン・スカイブルー’ (以下、M.F.スカイブルー) を供試し、それらの種子を1994年5月から10月までの毎月上旬に連続して播種した。ただし、6～9月の播種については高温による種子の不発芽および苗の生育不良を避けるために、6月6日から9月19日までの間は昼間(7:00～19:00)を23℃、夜間(19:00～7:00)を15℃に設定した冷房室内で播種・育苗した。播種は200穴セル成型トレイの中に人工培土を入れて行い、発芽した後、本葉が1～2枚展開した幼苗を7.5cmポリポットに移植した。本葉が4～5枚展開した苗を、株間と条間を15cmとして中央を1条空けた4条で定植し、10月20日～翌年の4月24日までは自然日長条件下で最低夜温を10℃に保ったビニルハウス内で栽培した。各品種の30株について、抽台と開花状況を翌年の6月5日まで調査した。

結 果

5～6月に播種すると、いずれの品種も定植後数日から17日の短期間内に、展開葉が10枚以下で早期に抽台した（第5図）。

7月に播種すると、早期抽台する株が多いなかで、ロゼット化する株が発生するようになり、その程度は品種によってかなりの差異が認められた。ロゼット化しなかった‘M.F.スカイブルー’の抽台時の展開葉は5～6月播種よりもやや多い8.4枚であり、抽台開始から終了時までの期間である抽台期間は5～6月播種とほぼ同じ32日であった（第3表）。定植後50日目の時点でロゼット化した株が27%発生した‘ブルースプリングス’では、抽台時の展開葉が23枚と著しく多くなるとともに、抽台期間も189日と著しく長くなった。‘P.G.ブルーバード’もロゼット化した株が1株認められたことから、抽台期間が著しく長くなった。

8月に播種すると、‘P.G.ブルーバード’と‘ブルースプリングス’では抽台が著しく抑制され、ロゼット化が顕著となった。このため、抽台時の展開葉は‘P.G.ブルーバード’では34枚、‘ブルースプリングス’では28枚となり、5～6月播種に比べると著しく増加した。‘M.F.スカイブルー’は8月播種からロゼット化する株が発生したが、定植50日目の時点で23%程度であり、前の2品種に比べるとはるかに少なかった。このため抽台時の展開葉も15枚であり、前の2品種のそれに比べて13以上も少なかった。



第5図 播種月が加温栽培したときの抽台時の展開葉数に及ぼす影響

9月に播種すると‘ブルースプリングス’では90%の株が、‘P.G.ブルーバード’では全株がロゼット化した。‘M.F.スカイブルー’でもロゼット化した株が多く発生し、発生株率が70%となった。また、抽台時の展開葉は20枚を超え、8月播種に比べるとかなり多くなった。しかし、8月播種と同様に、‘P.G.ブルーバード’と‘ブルースプリングス’に比べ、葉数はかなり少なかった。

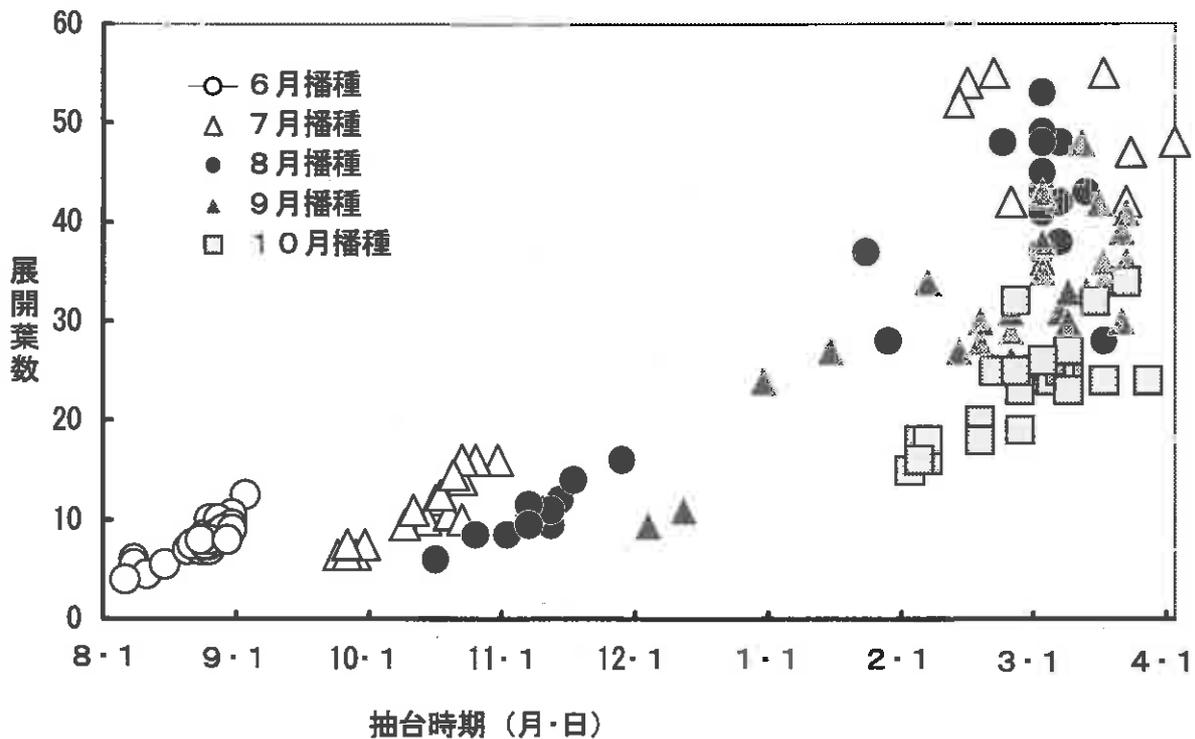
10月に播種すると、定植50日目に抽台した株はきわめて少なく、抽台時の展開葉数は依然として多かった。しかし、‘P.G.ブルーバード’と‘ブルースプリングス’の展開葉数は8~9月播種に比べると明らかに低下が認められた。

第3表 播種時期が加温栽培でのエラータム系品種の抽台に及ぼす影響

品 種	播種時期 (月・日)	定植日 (月・日)	抽台率 (%)	抽台開始日 (月・日)	抽台終了日 (月・日)	抽 台 期 間
M.F.・スカイブルー	5・6	7・20	100	7・14	8・14	31
	6・6	8・16	100	8・6	9・5	30
	7・5	9・27	100	9・19	10・21	32
	8・5	10・18	77	10・16	2・15	122
	9・5	11・15	30	11・18	3・21	123
	10・5	12・28	13	2・3	4・1	57
P.G.・ブルーバード	5・6	7・20	100	7・15	9・14	61
	6・6	8・16	100	8・6	9・20	45
	7・5	9・27	97	9・24	2・12	141
	8・5	10・18	10	10・27	4・10	165
	9・5	11・15	0	2・15	4・20	64
	10・5	12・28	7	2・5	6・1	116
ブルースプリングス	5・6	7・20	100	7・24	8・14	21
	6・6	8・16	100	8・6	9・2	27
	7・5	9・27	73	9・23	3・31	189
	8・5	10・18	40	10・15	3・15	151
	9・5	11・15	10	12・2	5・25	174
	10・5	12・28	23	1・30	6・1	122

1994年6月6日~9月19日までは昼温23℃-夜温15℃で播種・育苗，最低夜温10℃で栽培，抽台率は定植後50日目まで調査，調査打ち切り1995年6月5日

なお、ロゼット化の推移を詳細に検討するため、‘ブルースプリングス’についてのみ、播種月別に株ごとの抽台時期とその時の展開葉数を第6図に示した。7~8月播種では早期に抽台した後に、11月中旬以降翌年の1月下旬までは抽台がほとんどなくて、大半がロゼット化し、2月上旬以降に抽台がみられた。9月播種も12月上旬に2株が抽台した後は多くがロゼット化し、2月上旬から再び抽台した。したがって、7~9月播種では抽台が二つの集団に分かれた。10月播種では気温が低下したことから早期抽台の発生がなく、このために抽台の2極化はみられなかったが、抽台時の展開葉数が20枚以上であるロゼット化した株が多く見られた。‘P.G.ブルーバード’は図示しなかったが、‘ブルースプリングス’と同様の推移であった。



第6図 播種時期の異なる‘ブルースプリングス’を加温栽培したときの抽台時期と展開葉数との関係

第2項 ベラドンナ系品種

1) 加温栽培

材料および方法

‘ベラドンナ・インプ’を供試し、第1項のエラータム系品種と同様の方法で育苗し、調査した。

結 果

抽台は、いずれの播種時期であっても定植後数日から16日の短期間内に全株でみられ、その時の展開葉は8.5枚～11.4枚であった(第4表)。9月播種以降にはやや葉数が増加したが、ロゼット化はみられなかった。開花は播種時期の4か月前後にみられたが、9月播種からはかなり遅れ翌年の2月以降となった。10月播種の切り花長を除き、播種時期が遅れるほど、切り花長、小花数、小花までの展開葉数のいずれの値も大きくなった。また、8月播種からは小花数が13輪以上となり品質の優れた切り花が得られた。

第4表 播種時期が加温栽培での‘ベラドンナ・インプ’の抽台と開花に及ぼす影響

播種時期 (月・日)	抽台率 (%)	抽台日 (月・日)	抽台時の 葉数	開花日 (月・日)	切り花長 (cm)	小花数	小花までの 葉数
5・6	100	7・26	8.5	9・4	61.2	6.1	16.5
6・6	100	8・26	8.8	10・4	75.8	8.0	17.3
7・5	100	10・1	8.8	11・21	78.1	10.7	17.2
8・5	100	10・23	9.2	12・17	86.5	13.0	17.8
9・5	100	11・27	10.4	2・2	101.1	14.1	19.8
10・5	100	1・13	11.4	3・20	78.4	15.0	22.4

第3表参照

第3項 その他の原種

近年、特徴的な花色や花序を持つ原種、あるいはその交配種の切り花栽培が広がりつつあるが、その生育習性は不明なところが多い。夏季に高温となるわが国では、栽培が可能な期間の解明や秋冬季の加温栽培におけるロゼット化の防止対策が必要になってくると考えられるので、これらの原種を無加温栽培および加温栽培して生育習性を明らかにしようとした。

1) 無加温栽培

材料および方法

実験にはカーディナル (*D. cardinale*)、グランディフローラム (*D. grandiflorum*)、ヌーディカーレ (*D. nudicaule*)、ザリル (*D. zali*) を供試した。1992年9月から翌年の8月までの毎月上旬に、200穴のセル成型トレイに人工培土を入れて播種した。7月から9月までの播種・育苗は7月5日から9月17日まで昼間(7~19時) 25℃、夜間(19~7時) 10℃とした冷房室内で播種・育苗し、それ以降は遮光したガラス室内のなりゆき温度で育苗した。11月から3月までの播種・育苗は最低夜温を10℃にして加温管理した。10月の播種・育苗はなりゆきとしたガラス温室内で、4月から6月までの播種・育苗は遮光したガラス室内のなりゆき温度でそれぞれ育苗した。発芽した実生苗は、本葉が1~2枚展開した頃に7.5cmのポリポットに移植し、4~5枚展開した頃に58×39×深さ18cmのプラスチック製の箱に6株ずつ定植した。各処理区に4箱ずつ、合計24株を供試した。定植後はすべての播種時期とも無加温室内で栽培し、抽台、発蕾、開花状況を1994年6月5日まで調査した。

結 果

各原種の抽台状況を第5表、開花状況を第6表に示した。ロゼット化した株は、定植後50日以内に抽台しなかった株とした。

カーディナルは高温に弱く、3月播種では5月下旬の定植後に多くの苗が枯死した。4月播種では定植後に、5、6月播種では育苗中に全苗が枯死した。抽台は、高温条件下で生育が不良となったため6~7月の生育期間には少なくなり、8月にはまったくみられなかった。7月播種では9月中旬~11月下旬の秋季に全株が抽台し、8月播種では11月中旬~3月中旬までの長期間にわたって抽台したが半数以上の株がいったんロゼット化した後での抽台であった。9~2月播種では抽台が4~5月に多く見られた。このように、抽台は特定の期間だけに集中することなく、高温期から低温期にわたる広い範囲でみられた。

開花は、抽台後、気温の低下によって生育が停止、または低温によって枯死したため、多くの播種月では5~7月となった。7月播種では年内に開花した株と5月以降に開花した株とに別れた。切り花長は3月播種では短かったが、2月および7月播種では切り花として十分な長さであった。8~1月播種の切り花長は1m以上であり、むしろ徒長していた。小花数は、ほぼ小花までの葉数と同じ値を示したが、7~8月播種では葉数の半数程度であった。また、8~10月播種での小花数は多くなったが20輪程度であり、他の播種月も含めて、切り花は花穂の長さに比べ小花数の少ない形であった。小花

までの葉数は、ロゼット化が顕著であった8月播種では44枚と著しく多く、次いで9～10月播種の葉数が多かったが、11月～3月播種では少なくなった。

グランディフローラムの抽台は、5～6月播種では高温のため育苗中にすべての苗が枯死したが、他の播種月ではすべての株でみられた。抽台は、9～3月播種では4～5月に多くみられたが、4月播種では6～7月、7～8月播種では秋季の9～11月にみられ、特定の時期に集中することはなかった。また、播種から抽台までの期間は、8月播種では10～11月に抽台したように短期間であったが、9～10月播種では翌年の3～4月に抽台しており、播種から抽台までの期間がかなり長くなったが、ロゼット化した株の発生はみられなかった。開花は5～6月に多くみられたが、4月播種では8月に、7月播種では10月にみられており、特定の時期に集中することはなかった。切り花長は、9月と10月播種では80cm以上で高品質の切り花が得られた。次いで11月と12月播種では60～70cmであったが、それ以外の播種月では60cm以下の短い切り花であった。小花数は、9月と10月播種では20輪近くみられ、次いで11月播種で13輪みられたが、他の播種月では10輪以下であり品質が劣った。小花までの葉数も、切り花長や小花数の値と同様の傾向であった。

ヌーディカーレは、6月播種では高温のため育苗中にすべての苗が枯死したが、他の播種月ではよく抽台し、かなり強い耐暑性をもつことが認められた。抽台は、10月～2月播種では4～5月に集中してみられたが、3～5月播種では播種時期に応じて5～8月の高温期に、7月播種では秋季の9～10月に、8～9月播種では11～3月の低温期にそれぞれみられており、特定の時期に集中することはなかった。開花は5～6月に多くみられたが、4～5月播種では高温期の7～8月に、7月播種では涼温期の11月に、8月播種では低温期の2月にそれぞれみられており、特定の時期だけに集中することはなかった。切り花長は、9～2月播種では50cm以上となり長い花穂のものが得られたが、それ以外の播種月では短い花穂が多く品質が劣った。小花数は、9月と10月播種では18輪と最も多くみられ、次いで11～2月播種と8月播種で12～16輪であったが、3～5月播種と7月播種では少なくなった。小花までの葉数も、切り花長や小花数の値と同様の傾向であった。

ザリルは高温に弱く、3～6月播種では育苗中に茎葉が黄変した後生育を停止した。抽台は、10～2月播種では温暖期の4～5月に多くみられたが、7月播種では涼温期の10～11月に、8月播種では低温期の12～3月にそれぞれみられており、特定の時期にだけ集中することはなかった。また、11～2月播種では定植が3～5月となり、その後的高温によって茎葉部が黄変・枯死する苗が多く、抽台率は34～59%と低かった。7月播種からは抽台率が高くなり、8月播種では抽台率が92%と最も高くなったが100%に達することはなかった。なお、定植された苗は、育苗中の苗も含め、高温期に茎葉が黄変・枯死したが地下部に塊根を形成しているのが認められた。

開花は、いずれの播種期であっても4～7月に集中した。切り花長は、8月播種では少し短かったが、他の播種月では90cm以上に達しており、品質の高い切り花が得られた。小花数は8～10月播種では50輪前後と多かったが、他の播種月でも38輪以上みられ、品質の低下は認められなかった。小花までの葉数は、7～8月播種では20葉以上と多く、次いで1月播種が多かったが、他の播種月でも15葉程度見られた。

第5表 播種時期が無加温栽培での原種の抽台に及ぼす影響

原種	播種時期 (月・日)	月 別 抽 台 率 (%)												計	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
カーディナル (<i>D. cardinale</i>)	1-6				92	4									96
	2-5					100									100
	3-5						25	13							38
	4-5														0
	5-5														0
	6-5														0
	7-5									39	48	13			100
	8-6	4	8	29								38	21		100
	9-5	21		29	50										100
	10-5				92										92
	11-5				87	13									100
	12-5				21	79									100
グランディフローラム (<i>D. grandiflorum</i>)	1-6				92	8									100
	2-5					100									100
	3-5					79	21								100
	4-5						38	62							100
	5-5														0
	6-5														0
	7-5									96	4				100
	8-6										67	33			100
	9-5			46	54										100
	10-5				100										100
	11-5				100										100
	12-5				38	62									100
ヌーディカーレ (<i>D. nudicaure</i>)	1-6				75	25									100
	2-5					100									100
	3-5					59	41								100
	4-5						29	71							100
	5-5							66	17						83
	6-5														0
	7-5									9	91				100
	8-6	8										67	25		100
	9-5		17	58	25										100
	10-5				100										100
	11-5				96	4									100
	12-5				54	46									100
ザリル (<i>D. zalil</i>)	1-6					46	13								59
	2-5					21	13								34
	3-5														0
	4-5														0
	5-5														0
	6-5														0
	7-5				4						38	29	4		75
	8-6	33	38	17									4		92
	9-5			47	40										87
	10-5				75	8									83
	11-5				21	29									50
	12-5				12	38	4								54

調査打ち切り 1994年6月5日

第6表 播種時期が無加温栽培での原種の開花に及ぼす影響

原 種	播種時期 (月・日)	開花率 (%)	開花日 (月・日±SD)	切り花長 (cm)	小花数	小花までの 葉数 ²
カーディナル (<i>D. cardinale</i>)	1・6	88	6・18±8.8	103	9.7	11.1
	2・5	100	7・6±5.6	88	10.9	8.9
	3・5	13	7・26±1.2	47	8.0	11.0
	4・5	0	-	-	-	-
	5・5	0	-	-	-	-
	6・5	0	-	-	-	-
	7・5	86	1・17±63.1	73	6.9	13.2
	8・6	58	5・28±10.0	150	24.0	44.0
	9・5	100	6・1±6.4	126	19.2	19.2
	10・5	88	6・14±5.2	146	24.0	22.0
	11・5	71	6・7±4.0	97	7.0	9.8
	12・5	100	6・22±2.9	138	16.4	14.4
グランディフローラム (<i>D. grandiflorum</i>)	1・6	100	5・30±6.9	55	9.0	9.2
	2・5	100	6・18±6.0	54	5.6	6.8
	3・5	100	7・4±4.6	40	6.6	7.4
	4・5	100	8・11±7.7	29	4.8	7.3
	5・5	0	-	-	-	-
	6・5	0	-	-	-	-
	7・5	100	10・29±9.6	41	6.0	5.3
	8・6	88	1・3±9.8	47	7.9	7.0
	9・5	88	5・30±8.7	82	17.8	25.2
	10・5	96	6・5±2.7	89	19.0	26.0
	11・5	100	6・2±5.4	69	13.4	13.1
	12・5	100	6・10±2.1	63	9.9	10.6
ヌーディカール (<i>D. nudicaure</i>)	1・6	100	5・27±6.9	61	16.7	14.4
	2・5	100	6・7±3.5	55	13.1	8.9
	3・5	100	6・20±1.8	33	8.1	6.7
	4・5	75	7・22±4.2	20	3.4	5.0
	5・5	50	8・14±5.1	19	2.7	4.6
	6・5	0	-	-	-	-
	7・5	100	11・23±19.9	36	5.6	7.3
	8・6	83	2・11±25.7	42	12.3	15.6
	9・5	100	4・21±8.8	51	18.7	17.8
	10・5	96	5・18±9.1	62	18.0	17.0
	11・5	100	5・14±6.1	53	15.1	8.9
	12・5	92	5・31±5.6	59	15.6	15.7
ザリル <i>D. zalil</i>	1・6	54	7・2±6.4	107	47.0	18.1
	2・5	33	7・8±3.5	109	39.6	14.6
	3・5	0	-	-	-	-
	4・5	0	-	-	-	-
	5・5	0	-	-	-	-
	6・5	0	-	-	-	-
	7・5	33	4・14±22.5	109	38.3	28.7
	8・6	58	5・5±8.2	85	49.7	22.4
	9・5	87	5・31±4.2	97	52.4	14.9
	10・5	79	6・4±6.0	92	50.0	15.1
	11・5	46	6・19±8.8	96	45.3	13.4
	12・5	50	6・24±11.6	95	39.0	15.4

調査打ち切り1994年6月5日, ²切り花の小花までの葉数

2) 加温栽培

材料および方法

カーディナル (*D. cardinale*), グランディフローラム (*D. grandiflorum*), ヌーディカーレ (*D. nudicaule*), ザリル (*D. zali*) を供試し, 1994年5月~10月までの毎月上旬に, 第2節第1項と同様の方法で播種・育苗し, 定植した。定植後の管理も同様に行ったが, 抽台の調査は定植後60日目まで, 開花状況の調査は翌年の6月5日までとした。

結 果

加温栽培したときの抽台と開花状況を第7表に示した。5月播種ではカーディナル, ヌーディカーレおよびザリルは定植後の高温によって枯死する苗が多かったが, グランディフローラムでは枯死する苗が少なく, ほぼ全株が抽台した。

カーディナルの抽台は, 6月播種では定植後の高温によって枯死する苗が多いことや生育不良のために抽台する株が少なかった。7月播種からは抽台率が高くなり, 播種時期が遅れるにしたがい抽台するまでの日数が長くなり, 抽台時の葉数も9月播種を除き多くなった。開花率は, 伸長した花穂が灰色カビ病によって枯死したため, いずれの播種月においてもかなり低くなった。6~9月播種では開花時期が分散し, 開花が遅れた株ではロゼット状に多数の葉を分化し, このような株では花穂が2m前後にまで徒長してむしろ切り花品質は低下した。

グランディフローラムの抽台率は, 9, 10月播種では少し低下したが, すべての播種月で85%以上見られており, いずれの播種月も高かった。9, 10月播種では, 抽台するまでの日数や抽台時の葉数の値もかなり多くなった。開花率は, 5月播種では定植後の高温による枯死苗のためかなり低下したが, その他の播種月ではよく開花し高かった。9, 10月播種では切り花長が長く, 高品質の切り花が得られたが, 8月までの播種では切り花長が短く品質が劣った。

ヌーディカーレの抽台率は6, 7月播種と10月播種では高かったが, 8月と9月播種ではかなり低くなり, 抽台までの期間も長くなった。8月と9月播種では抽台が不揃いとなり, 抽台時の展開葉数も20枚をこえて抽台の遅れた株がかなり見られた。開花率は, 8月と10月播種では灰色カビ病によって枯死した株が発生したことからかなり低くなったが, 6, 7および9月播種ではよく開花した。なお, いずれの播種月でも小花数が少ないことや花茎が柔らかいため切り花品質が低く, 切り花としては不適であった。

ザリルは, 抽台するまでの日数や抽台時の展開葉数の値が大きく, 幼若相の期間がかなり長いことが認められた。また, 茎葉が黄変・枯死し, 塊根を形成して休眠する株も多くみられ, 抽台率はいずれの播種月においても低かった。発蕾は抽台から約1か月, 開花は発蕾から約2か月を要し, 抽台から開花までの期間が長かった。開花率は, 休眠したまま未抽台である株や, 発蕾後に灰色カビ病によって花穂が枯死する株もみられたことからかなり低かったが, 切り花品質はいずれの播種月においても高く, 品質的には問題がなかった。

第7表 播種時期が加温栽培での原種の抽台と開花に及ぼす影響

原種	播種時期 (月・日)	抽台率 ^z (%)	抽台までの 日数 ^y (抽台日)	抽台時 の葉数 (枚)	開花率 ^x (%)	開花日 (月・日±SD)	切り花長 (cm)	小花数	小花まで の葉数 (枚)
カーディナル (<i>D. cardinale</i>)	5・6	0	-	-	0	-	-	-	-
	6・6	30	67(10-22)	14.2	43	3・16±72	220	28.7	73.3
	7・5	100	32(10-29)	12.6	73	4・8±52	212	37.4	70.7
	8・5	97	37(11-24)	15.6	40	4・11±45	201	38.8	75.1
	9・5	80	45(12-30)	13.9	40	5・10±33	220	29.3	60.0
	10・5	90	47(2-13)	19.0	13	5・16±5	194	31.0	55.0
グランディ フローラム (<i>D. grandiflorum</i>)	5・6	90	7(7-27)	9.4	77	8・29±6	43	5.5	14.1
	6・6	100	12(8-4)	6.1	100	9・7±7	39	5.5	12.0
	7・5	100	11(10-8)	12.0	100	11・21±9	41	6.7	15.5
	8・5	100	6(10-24)	10.8	100	12・12±15	42	7.4	15.2
	9・5	87	24(12-9)	14.6	100	2・12±18	58	9.9	21.2
	10・5	87	48(2-14)	22.0	90	4・17±12	71	15.8	32.3
ヌーディカール (<i>D. nudicaure</i>)	5・6	23	11(7-31)	9.2	0	-	-	-	-
	6・6	100	13(8-29)	9.0	100	10・11±32	30	4.6	14.2
	7・5	100	22(10-19)	13.0	100	12・4±33	48	11.7	19.4
	8・5	63	52(12-9)	18.1	70	2・21±34	58	13.3	30.1
	9・5	57	57(1-12)	20.3	100	3・26±27	85	11.9	39.2
	10・5	93	50(2-16)	17.8	57	4・3±17	65	14.4	27.8
ザリル (<i>D. zalil</i>)	5・6	-	-	-	0	-	-	-	-
	6・6	43	65(11-20)	31.5	77	1・15±71	131	44.3	43.1
	7・5	67	47(11-13)	30.0	63	2・15±26	117	48.9	46.3
	8・5	73	47(12-4)	28.3	50	3・21±17	152	57.1	55.5
	9・5	43	68(1-23)	30.9	70	4・21±9	176	58.6	45.6
	10・5	55	55(2-21)	28.8	65	5・8±9	170	56.3	42.8

1994年6月6日から9月19日までは昼温23℃/夜温15℃で育苗，低温期間は最低夜温10℃で栽培，

^z定植後60日まで，^y定植日から抽台日までの日数，^x1995年6月5日まで

第3節 考 察

デルフィニウムの多くの原種は、冷涼な山岳地域に自生している多年草であり、その中で、現在切り花として利用されているエラータム系品種の基礎、あるいはベラドンナ系品種の片親となっている *D. elatum* は、ヨーロッパのピレネーおよびアルプス山脈からシベリアにかけての冷涼地に自生している（塚本，1964）。現在、切り花として主に栽培されている品種もこのような冷涼地域に自生している原種の生態を受け継いでおり、我が国の西南暖地では高温となる夏季の栽培はむずかしいが、冬季の加温栽培では生育適温となるためによく生長する。しかし、早期促成栽培において、開花時期を早めるため初秋の高温時期に苗を定植すると早期抽台が発生し、逆に定植が遅れると、苗は旺盛な生長をするが、やがて晩秋から初冬にロゼット化ようになる。したがって、デルフィニウムの切り花を安定生産するためには、これらの生育習性を先ず明らかにする必要がある。

花卉の周年栽培では種々の開花調節法が用いられるが、その技術開発の前に生育習性の解明が先に行われる必要がある。その中でも、花芽分化時期や発達過程を明らかにしておくことは、花そのものを生産の対象とする花卉園芸の分野では基礎的な研究課題となっている。これまで、球根類や花木類では花芽の分化・発達に関する観察が多く報告されており、生育習性の解明に活用されている。一方、宿根草や一・二年草の開花調節では低温処理法が多く用いられるが、バーナリゼーションのように低温要求が間接的であると加温後の温暖な条件下で花芽が分化する（今西，2000）ために、花芽分化時期を特定して観察することがむずかしい。また、低温処理の効果には日長が関与することが多く、このことが分化時期の特定をさらにむずかしくしている。デルフィニウムでは営利的な生産が近年開始されたこともあって、生育習性はまだ十分に解明されておらず、花芽分化時期についても未解明なところが多い。デルフィニウムの花芽分化・発達過程については、Nishimura・Murakami（1989）が実体顕微鏡下で観察し図示しているが、本研究のSEMによる観察によって、花芽分化時期を写真として視覚的に詳細に判断することが可能となった。また、Nishimura・Murakami（1989）は花芽の分化・発達過程を未分化、小花原基形成、小苞形成、がく片形成、花卉形成、雄ずい形成、花柱形成、はい珠形成、花粉四分子形成、花粉形成、開花の11段階に区分している。本研究では、花芽分化と花芽形成初期の状況を明確にするため、小花原基形成期の前に肥大期、苞葉形成期を加えて分化期をより細分化し、雌ずい形成期以降は発蕾、開花期にまとめた11段階として、花芽分化・発達過程を調査・観察するときの判断指標とした。なお、この花芽分化や発達過程の観察によって、花芽の形成が開始されると抽台も始まることが明らかとなった。

次に、エラータム系品種、ベラドンナ系品種およびその他の原種における生育習性の季節的変動を調べた。エラータム系品種を毎月播種すると、ほぼ周年にわたって花芽分化していることから、特定の時期に集中して分化するのではなく、低温から高温までの広い温度範囲で分化できることが認められた。とくに、3月から7月に播種した場合には、5枚以上の葉を展開すると短期間で花芽分化し、続いて開花が認められたことから、連続した高温条件は催花および花芽の発達を著しく促進することが明らかとなった。3月播種の定植時期は5月中旬であるが、この頃にはハウス内の平均気温が20℃

を上回るようになっており（第3図）、本種の催花には20℃以上の高温が促進的に作用していることがうかがわれた。そして、展開葉4枚までが催花のできない幼若期であると言えるが、3枚くらいまでの初期の展開葉は比較的小さくて切れ込みの少ない幼形を示しており、通常の状態には4枚くらいからになるので、正確には3枚までが幼若期であると考えられる。蝶野ら（1986）は北海道で実験し、葉数が7~8枚に達すると抽台が始まると報告しており、冷涼な気候では花芽分化が遅れたものと考えられる。このことから、セル成型トレイのような小さな容器内で育苗する場合にも、生長の適温と長日条件であれば展開葉が4~5枚に達すると、その中で抽台を開始するはずである。当然、小さな容器であることから、苗も小さく、定植後に高品質の切り花にすることは困難である。したがって、セルトレイでの育苗は本葉ができるだけ少ない状態で終了すべきであり、本葉1~2枚の苗が限度である。

つぎに、切り花品質を考慮すると、高い商品性が認められるのは小花を30輪以上分化した花穂であり、そのような花穂の着生は7~2月までの播種で認められた。しかしながら、7月播種では早期に抽台した株の小花数は少なく、遅く抽台した株では小花数が多くなった。このため、平均的には30輪以上であったが、小花数の少ない株も多く、栽培上、3月から7月までの播種では、商品性の高い切り花を得ることができなかった。

小花数は小花までの葉数との関係が大きく、小花数が最も少なかった5月播種の葉数は14枚と最も少なく、小花数が最も多かった9月播種は26枚であり、8月播種の29枚に次いで多くなった。7月から2月播種までの小花数は30輪以上認められており、その間の葉数は10月播種の18.6を除くと20以上であった。すなわち、20葉以上で小花が分化していれば商品性の高い切り花を得ることができると思われた。

このように、小花数と葉数との間には高い相関が認められたが、花芽分化の時期によっては比例的な関係が必ずしも認められなかった。たとえば、3月播種では葉数が19.0で20枚に近かったが、小花数は23.9輪とかなり少なかった。ところが、10月播種では3月播種の19.0枚よりも葉数の少ない18.6枚であったにもかかわらず、39.6輪とかなり小花数が多くなった。すなわち、花芽形成開始から小花原基の形成が終了するまでの期間の気温がかなり影響していることが認められ、低温期にむかって花芽分化する場合には、小花原基の発達速度が遅いのでより多くの小花を分化することができるものと考えられた。なお、開花時の小花までの葉数は、検鏡時に確認できない葉原基もあったことから、第1表の花芽分化確認時における合計葉数に比べてかなり多くなった。

デルフィニウムは花芽分化と同時に抽台を開始することから（第1, 2図）、観察によって外部から花芽分化期を推定することができる。とくに、高温時期に育苗すると十分な栄養生長をする前に低節位で抽台する早期抽台株が多く発生し、それらの株では小花数が著しく少なくて切り花品質がきわめて悪い。これは第2図に示されたように、低節位で分化すると茎頂の面積が小さいので、分化可能な小花数が限られてくるためである。さらに、花芽分化から開花までの期間が短いことからわかるように（第4図）、いったん分化した小花原基は短時間のうちに発達してすぐに茎頂を覆いつくしてしまい、その結果、小花数が極端に低下するものと考えられる。このように、外観によって早期抽台株が

判別できるので、それを除去して良苗だけを植えることができる。

蝶野ら (1986) は、パシフィック・ジャイアント系の‘ブルーバード’を供試して、自然状態で栽培した北海道での結果を報告している。その中で、5月播種までは切り花品質に問題はないが、6月に播種すると極端な草丈の低下を認めている。これは、生育時期が高温・長日期に当り、低節位で花芽分化して早期抽台したものと考えられる。Williams・Criley (1969) は、標高が約 1000m のハワイ高地で露地栽培した結果から、10~3月までの採花数は少ないが4月から増加し、7~10月中旬が最も多くなると報告している。季節によって採花数は変動しているが、周年開花を認めている。そして、春に開花する花序は長く、夏になると短くなることから、花序の長さや重さは花序が伸長している間の気温と日長に影響されると述べており、本研究でも同様な開花特性の結果が得られた。

次に、ロゼット化について考察する。第4図における8月播種では、播種時期は高温期であっても秋になると気温が低下し生長の適温条件にあったにもかかわらず、多くの株が抽台しなくなった。8月播種の花芽分化時期については、それまでの1~7月播種に見られたような播種から分化まで一定の連続した様相とは違って、播種から分化までの期間が著しく長くなった。7月播種の花芽分化時期は9月下旬であることから、それまでの経過と同じであれば8月播種の分化時期は10月下旬となるはずであるが、分化時期は12月中旬となり、かなり遅れた。実験1は無加温栽培であることから、気温の低下に伴って苗は生長を停止したが、花芽分化時の展開葉数は8枚であるように育苗時の形態が保たれており、展開葉数が多くて節間の短い典型的なロゼット化した株にはならなかった。

しかしながら、8~9月の高温時期を経過していることと、花芽分化時の未展開葉数が8月播種では13.5枚、9月播種では16.5枚と他の時期よりもかなり多くなっていることから、生理的にはロゼットが誘導されていることがうかがえる。

一方、加温栽培するとロゼット化することが明確に確認された。‘ブルースプリングス’の7月播種では、9月下旬までに早期抽台した株と、10月上旬から下旬にかけて正常に抽台した株が見られるが、11月上旬から2月上旬までは抽台が全く停止しており、2月中旬になって再び抽台が見られたように二つの集団に分かれた(第6図)。この抽台を停止している期間の環境条件がロゼット化をもたらしたと考え、最低気温が10°C程度の温度と、12時間以下の短日条件がロゼット化をもたらしたと思われる。また、この時期は日射も弱いことから、日射の影響も考えられる。さらに、ロゼット性には品種間差が大きく、‘ブルースプリングス’は7月播種から、‘P.G.ブルーバード’は8月播種から抽台時の展開葉数が著しく多くなっており(第5図)、両品種ともロゼット化が顕著に認められ、ロゼット性の強い品種であると言える。‘M.F.スカイブルー’も8月播種から抽台時の展開葉数がかなり増加したが、葉数は前の2品種よりも少なかったり、10月播種で葉数が著しく低下したことから、ロゼット性は前の2品種に比べるとかなり弱いと思われた。

ロゼット化した株では、12月上旬から新葉の生長が徐々に緩慢となりやがて停止したが、茎の中心部で微細な葉の分化を継続した。さらに、いったんロゼット化した株から抽台した花穂の多くは奇形化しており、商品性がほとんどなかった。このように、デルフィニウムをロゼット化させたまま加温を続けると開花が遅れるばかりでなく、切り花生産が全くできないという困難な問題が生じた。

無加温栽培した8月播種の場合、12月中旬には花芽分化が認められているように、このロゼット化の期間は比較的短く、定植された後に、11月中旬から12月中旬までの低温遭遇によってロゼット打破されたものと考えられる。10月播種の場合は気温が低下していることから、育苗中の高温遭遇によるロゼット化の誘導はあまり考えられないが、何らかの原因によってロゼット化しており、その後の育苗中の低温と定植後の低温遭遇によってロゼット打破された結果、低温期の1月下旬から花芽分化したものと考えられる。小西（1975）は秋季に伸長中のキクの穂を冷蔵処理して低温時期に加温栽培すると、低温処理しなかったものに比べかなり低い温度で伸長開花することを報告しており、これはロゼット打破と同じ効果であると考察している。小西（1975）はロゼットや休眠現象を生長活性（樋口，1993；小西，1991；Vegis，1963，1964）の問題としてとらえ、植物の生長活性が低いときにロゼット（休眠）になるとしており、生長活性が復活し向上するのがロゼット（休眠）打破であるとしている。

デルフィニウムの自生地が冷涼地であることや、通常の季咲き栽培では秋に播種して初冬に定植し、低温期を経過して春に開花することから、開花に対して低温が必要であるバーナリゼーション型の種類のようにも考えられ、本図・浅野（1991）は、デルフィニウムを低温処理することによって開花が促進されたことから、本種はバーナリゼーション型の植物であると述べている。今西（2000）によると、バーナリゼーションは、まず低温に一定期間あう必要があり、その後温暖な条件下で花芽を分化するような間接的な低温要求であるとしている。すなわち、花芽形成は気温が上昇した後に開始されて開花することになる。無加温栽培したとき、8～10月播種での花芽分化時期は12月中旬から2月中旬の厳寒期であり、植物が普通に生長できる温度ではない。よって、このバーナリゼーションによって催花される種類の開花時期は、必然的に春に集中するはずである。もしも、春より早く咲かせようとするならば、高温時期に催花させる人為的な低温処理が必要である。実際栽培では、スターチス・シヌアータ（吾妻ら，1983）やスイートピー（並河・井上，1979）は種子冷蔵、ミヤコワスレ（松川ら，1978）やカンパニュラ・メジウム（勝谷ら，1991）は苗冷蔵によって催花させている。これらの種類がいわゆるバーナリゼーション型の植物である。

したがって、バーナリゼーションの作用も含めて、低温が花芽分化に有効な要因として作用するのであれば、高温時期に播種・育苗した加温栽培のように、低温に遭遇していない株では高温時期の花芽分化や抽台・開花が起こらないことになる。これらの事実から、本種の開花誘導および開花促進に対して温度がバーナリゼーションとして作用しているとは考えられない。秋以降に、低温遭遇によって開花が促進されるのは、ロゼット化した株では低温遭遇によってロゼット打破され花芽分化できるような生理状態になるためと考えられる。

原種についてみると、2月上旬に播種し、5月上旬に定植したときには、いずれの種も定植後短時間で抽台・開花した。ザリルでは、定植後の高温によって茎葉部が黄変・枯死した後に休眠する株が多く、抽台・開花率は33%と低かったが、8月に播種し、10月下旬に定植して加温栽培すると、秋～冬季の低温時期によく抽台し3月に開花した。一方、8月に播種して低温期に加温栽培してみると、グランディフローラムでは12月中旬に開花したが、他の種での開花は2月下旬～4月中旬とかなり遅

くなった。これらの結果から、原種についても抽台・開花は高温・長日条件で促進されており、エラータム系品種と同様の反応を示した。また、グランディフローラムとヌーディカーレは比較的耐暑性の強いことが認められたが、カーディナルとザリルは耐暑性が弱かった。

ベラドンナ系品種では、播種時期による抽台や開花の大きな季節的変動が無く、播種時期に応じて順次抽台・開花し、エラータム系品種や原種と異なる生育習性を示した。

次に、幼若性について考察する。供試した原種を6月上旬に播種し、冷房育苗して8月16日に定植すると、カーディナルでは抽台は展開葉5枚から見られたが、多くの苗では10枚以上で抽台し、平均的には14枚であった。また、平均抽台日も10月22日と定植から2か月間を要していることから、幼若性はエラータム系やベラドンナ系よりも少し強いものと考えられた。グランディフローラムは、定植前の育苗の段階で展開葉が7枚以下で全苗が抽台した。したがって、本種の幼若性はエラータム系やベラドンナ系と同様に弱く、展開葉3~4枚までが幼若期であると思われる。ヌーディカーレも同様に、5.0~13.0枚で抽台したが、多くは10枚以下であり短期間のうちに抽台した。しかしながら、平均的には9.0枚であったことから、幼若性はグランディフローラムに比べるとやや強いと考えられた。ザリルは抽台時の葉数が28枚と著しく多く、好適な環境条件であっても定植から抽台までに4か月を要した。その場合、最も抽台が早かった株の展開葉数は17枚であり、20枚以下で抽台した株は6月に播種し、8月16日に定植した場合のみであった。この結果から幼若性がかなり強い種類であることが認められた。なお、10月初めまでに抽台した株では年内に開花することが認められた。

原種を加温栽培した場合、カーディナルやヌーディカーレでは、播種月によっては抽台または開花が著しく遅れたことから、ロゼット化あるいはザリルのように休眠することが明らかとなった。しかし、展開葉が増え、花穂の長大化は認められたが奇形花は発生しなかったため、開花時期は遅れるがエラータム系品種のように出荷不能となることはなかった。

以上のようにデルフィニウム類では、生育が阻害されない温度であれば、高温・長日が催花および花芽の発達を促進するものであり、催花に対する低温要求は認められなかった。

第4節 摘 要

エラータム系品種と数種の原種を毎月上旬に播種し、冬季無加温ハウスで栽培したときの生育習性の季節的変動を調べた。さらにベラドンナ系品種を加えて、5月から10月まで毎月播種し、冬季10℃加温ハウスで栽培したときの生育状況を調べた。

1. 無加温ハウスで栽培すると、エラータム系品種では、いずれの播種時期においても花芽分化が認められたが、播種から花芽分化までの期間は、春～夏季は短く、秋～冬季には長くなり、花芽分化は高温期には著しく早められた。抽台は花芽の分化発達にともなって始まり、この時にほぼ小花数が決定されることが観察された。

2. 葉数と小花数との間に高い相関があり、葉数が少ないときには小花数が少ない貧弱な花穂となり、葉数が多いと小花数が多い高品質の切り花が得られた。

3. 原種では、エラータム系品種の開花反応に近く、いずれの種も播種期に応じて順次抽台・開花したが、春～夏季には短期間で開花して小花数は少なくなった。夏には枯死する種が多く、ザリルでは塊根を形成して休眠した。

4. 最低気温10℃の加温ハウスで栽培すると、エラータム系品種は8月以降の播種ではロゼット状態になった株が多く発生し、抽台が遅れるとともに、後になって抽台した花穂は奇形化して商品性がなくなった。

5. ベラドンナ系品種は、秋季にロゼット化することはなく、エラータム系品種の生育習性と大きな違いがみられた。

6. 原種のカーディナルとヌーディカーレは秋～冬季にはロゼット化したが、グランディフローラムでは抽台時の葉数は多くなったもののロゼット化はみられなかった。

第2章 冷房育苗による早期抽台の防止

デルフィニウムのエレータム系品種を11月上旬から開花させる早期促成栽培では、育苗時期が真夏の高温・長日期にあたる。このため育苗そのものがむずかしいうえ、多くの苗が育苗中に抽台する。未抽台の苗を選んで定植しても苗が十分に生長するまでに短期間で抽台し開花する。このような苗は早期抽台苗といわれ、高温・長日条件に反応して開花が過度に促進されることから、小花数が著しく少なくなり、商品性のある切り花が得られない(村上・長野, 1980; 蝶野ら, 1986; 勝谷・池田, 1997)。

このためデルフィニウムの切り花は、夏から秋にかけては北海道を中心とした冷涼地で生産されている。一方、温暖地では最低気温が20℃に低下し始める9月中旬になると定植後の生育が順調に進むので、この時に良い苗を確保することができれば、冷涼地での栽培が困難となる11月に商品性のある切り花を得ることが可能になる。しかし、前述のように、真夏に播種・育苗すると高温による苗の生育不良や、高温・長日による早期抽台の発生がみられる。

そこで、これらを防止し、良い苗を確保する育苗技術を開発するため、まず育苗温度と抽台、切り花品質との関係、次いで冷房育苗した苗の大きさと切り花品質との関係について調べた。さらに、1日の間の冷房時間や冷房時の日長の影響についても検討した。また、高温期の育苗時における日長処理が抽台に及ぼす影響についても検討した。

第1節 育苗時の温度と抽台との関係

育苗時の温度が抽台と切り花品質に及ぼす影響を明らかにするため、恒温と変温の温度条件で実生苗を栽培し、育苗温度と抽台、切り花品質との関係を検討した。まず恒温の15、20、25℃に設定したファイトロン内で栽培して早期抽台防止に有効な温度条件を明らかにし、次いで、夜間の気温を低下させた実用的な変温管理を20-10℃(昼温-夜温)、25-15℃および30-20℃に組み合わせて検討し、早期抽台防止に有効な変温条件を明らかにしようとした。

材料及び方法

いずれの実験も‘ブルースプリングス’を供試した。恒温条件とした育苗温度の実験は、1988年3月1日に播種した後に、本葉が2~3枚展開した実生苗を4月14日に12cmポリポットにそれぞれ1株ずつ定植した。播種直後から15、20、25℃に設定したファイトロン内で栽培して、各区50株ずつを供試したが、抽台の推移は10株、開花はすべての株について調査し、12月9日に調査を打ち切った。

変温とした実験は、1991年5月23日に播種して、ガラス室内の‘なりゆき’温度条件下で発芽させた。本葉が展開した実生苗を6月11日に、昼間(7:00~19:00)と夜間(19:00~7:00)の温度を20-10℃(昼温-夜温)、25-15℃および30-20℃に設定した自然光利用型ファイトロン内に移して自然日長下で栽培した。対照として、播種から連続して遮光した温室内の‘なりゆき’温度で栽

培する区を設けた。6月27日に本葉が1~2枚展開した実生苗を9cmポリポットに移植し、さらに展開葉が6~7枚に生長した苗を8月1日に12cmポリポットに鉢替えした。抽台については40株を対象に播種後100日目の8月31日まで調査した。

結 果

恒温条件での実験結果を第8表に示した。抽台時の平均展開葉数は、15℃で25.0、20℃で8.1、25℃で5.5枚であり、20℃以上の温度で著しく減少した。

抽台率は15℃で45.5%であったが、20℃と25℃では播種後約100日でほぼ全株抽台し、抽台しなかった株では、ロゼット化した。調査終了時の開花率は15℃で45.5%、20℃で97.6%、25℃で100%であった。

小花までの葉数は15℃で53.6、20℃で18.8、25℃で15.3枚であり、抽台時の平均展開葉数と同様に20℃以上の温度で著しく減少した。

小花数は、15℃で48.1、20℃で29.3、25℃で15.8輪となり、25℃で著しく減少したが、20℃では小花数がかかなり多く、抽台時の平均展開葉数や小花までの葉数でみられたような、20℃以上の温度による著しい減少が認められなかった。

変温条件での実験結果を第9表に示した。播種後100日目における抽台は、25-15℃、30-20℃の処理温度と‘なりゆき’区で70%以上みられたが、20-10℃区では32.5%と著しく低かった。また、育苗時の温度が高いほど少ない展開葉数で抽台する株、すなわち早期抽台株の割合が高くなった。

第8表 温度が‘ブルースプリングス’の抽台と開花に及ぼす影響

温 度 (℃)	抽台時の 展開葉数	抽台率 (%)	開花日 (月・日)	播種からの 到花日数	小花まで の葉数	小花数
15	25.0	45.5	10・16	230	53.6	48.1
20	8.1	97.6	7・11	133	18.8	29.3
25	5.5	100	7・7	129	15.3	15.8

第9表 育苗温度が‘ブルースプリングス’の抽台に及ぼす影響 (播種100日後)

昼温-夜温 (℃)	展 開 葉 数 別 抽 台 率 (%)				計
	6葉未満	6~7葉	8~9葉	10葉以上	
20-10	2.5	7.5	12.5	10.0	32.5
25-15	10.0	35.0	22.5	2.5	70.0
30-20	16.7	41.7	16.7	16.7	91.8
なりゆき	30.8	46.2	10.3	0	87.3

第2節 冷房育苗終了時の苗の大きさと開花との関係

冷房育苗した苗の大きさが、高温時期に定植した後の切り花品質に及ぼす影響を明らかにするため、展開葉が2~3、4~5、6~7枚の苗を定植し、その後の切り花品質を調査した。

材料および方法

‘ブルースプリングス’を供試し、1989年6月17日に昼温(7:00~19:00)25℃、夜温(19:00~7:00)15℃に設定した自然光利用型ファイトトロン内で播種し、この温度で育苗した。7月24日に本葉が1~2枚展開した実生苗を7.5cmポリポットに移植した後、20~10℃に設定したファイトトロン内で、苗が所定の大きさに達するまで育てた。展開葉が2~3枚に達した8月8日、4~5枚に達した8月17日、6~7枚に達した8月29日に苗を50%遮光したガラス室内の地床にそれぞれ定植した。最低夜温が10℃を下まわるようになった10月10日以降加温して最低10℃に維持した。なお、ガラス室の平均日最高気温と最低気温は、8月が33.6~21.2℃、9月が31.0~18.9℃であった。10月に入ると平均日最高気温は26.9℃に低下し、10月9日までの平均日最低気温は12.1℃、11月の平均日最高気温は24.8℃であった。無冷房区は、移植後遮光した温室内の‘なりゆき’温度で育苗し、展開葉が5枚の苗を8月21日に定植した。各区に20株ずつを供試し、自然日長条件下で栽培し、開花状況を11月30日まで調査した。

結 果

定植時期が高温期であったことから、いずれの処理区もほぼ揃って抽台したが、6~7枚区ではロゼット化した株が1株みられた(第10表)。冷房育苗終了時の展開葉数が大きい苗ほど、切り花長、小花数、小花までの展開葉数のいずれの値も大きくなり、品質の優れた切り花が得られた。展開葉が4~5枚になるまで冷房した区では小花数の平均は39.6輪であったが、小花数30輪未満の切り花品質の劣る株が45%含まれていた。これに対して、6~7枚まで冷房した区では30輪未満の株が10%と著しく少なくなった。

第10表 冷房育苗処理終了時の苗齢が‘ブルースプリングス’の開花に及ぼす影響

苗 齢 (展開葉数)	開花率 (%)	切り花長 (cm)	小花数	小花数別株の割合 (%)		小花までの 葉数
				30 未満	30 以上	
2~3	100	57.6 a ^z	14.0 a	95	5	13.4 a
4~5	100	77.9 b	39.6 b	45	55	20.5 b
6~7	95	80.9 b	55.8 c	10	90	29.3 c
無冷房	100	61.3 a	14.3 a	95	5	13.6 a

^z 異なるアルファベット間に Tukey の多重検定 (5%レベル) で有意差あり

第3節 冷房育苗方法の違いと抽台、開花との関係

冷房育苗の方法には終日冷房する方法と、夜間のみ冷房する夜間冷房処理の方法が考えられるので、1日の間の冷房時間の違いや冷房時の日長の違いが苗の抽台や定植した後の切り花品質に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

ロゼット性の強い‘ブルースプリングス’とそれがかなり弱い‘マジックフォンテン・ラベンダー’（以下、‘M.F.ラベンダー’）の2品種を供試した。1995年6月22日にセル成型トレイの中に播種し、昼温（7:00～19:00）20℃、夜温（19:00～7:00）15℃に設定した自然光利用型ファイトトロン内に移して発芽させた。本葉が1～2枚展開した7月21日に実生苗を7.5cmポリポットに移植して育てた。

8月3日に、昼間（7:00～19:00）20℃、夜間（19:00～7:00）10℃に設定した自然光利用型ファイトトロンに移し、この温度で終日冷房する自然日長区と短日処理（8時間日長、9:00～17:00）区とを設けた。さらに短日処理区では、別に昼間は戸外の遮熱型寒冷紗下におき、夜間（17:00～9:00）は10℃・暗黒とした冷房室内に移して育苗する夜間冷房区も設けた。この区の昼間の最高温度は27.5～39.0℃で推移した。また、対照として、移植後、遮光した温室内でなりゆき温度・自然日長下で育苗したなりゆき・自然日長区を設けた。

9月1日に、展開葉が6～7枚に達した実生苗をプラスチック箱（58×39×深さ8cm）に6株ずつ定植した。定植後は、50%遮光したガラス室内に箱を移すとともに、最低夜温10℃、16時間日長条件下で栽培した。各処理区に25株ずつを供試し、開花状況を12月22日まで調査した。

結 果

抽台時の展開葉数は、なりゆき・自然日長区ではすべての苗が8枚未満であったが、冷房処理区ではこのような苗はほとんどみられなかった（第11表）。夜間冷房（なりゆき-10℃）区では8～9葉で抽台した苗の割合が、‘ブルースプリングス’では終日冷房（20℃-10℃）区に比べて多く、‘M.F.ラベンダー’では終日冷房・自然日長区と同等であった。終日冷房区内では、いずれの品種とも、短日処理区が自然日長区に比べより多い展開葉数で抽台することがみられた。なお、なりゆき・自然日長区では育苗時に早期抽台した苗が多く発生したため、この区を除いて定植した。

‘ブルースプリングス’の12月22日までの開花率は、終日冷房した場合、自然日長区と短日（8時間日長）区はともに96%と高かったが、夜冷・短日区ではロゼット化する株が一部でみられ84%と少し低かった（第12表）。切り花長は、夜間冷房区では終日冷房の両日長区と比べ、10cmほど短くなったが、切り花として十分な長さであった。小花数は、終日冷房した区が日長にかかわらず夜間冷房区に比べ9～11輪多くなった。小花数が30輪未満の株の割合は、終日冷房区の8～16%に対し、夜間冷房区が20%と少し高くなった。小花までの葉数は、終日冷房・短日区が夜間冷房区に比べ9.4枚、終日冷房・自然日長区に比べ4.8枚多くなった。

‘M.F.ラベンダー’では、いずれの処理区とも開花率が100%、あるいはそれに近かった(第13表)。切り花長は、終日冷房に8時間の短日処理を加えた区では他区よりも10cmほど長くなった。小花数は夜間冷房区では33輪と少なかったが、終日冷房・自然日長区では40輪、さらに、終日冷房に短日処理を組み合わせると57輪と多くなった。小花数が30輪未満の株の割合も、終日冷房した短日処理区で著しく低くなった。小花までの葉数は、夜間冷房区と終日冷房した自然日長区とはほぼ同じであったが、終日冷房に短日処理をすると自然日長区に比べて7.5枚多くなった。

第11表 苗の冷房処理時の温度と日長の違いが‘ブルースプリングス’と‘M.F.ラベンダー’の抽台に及ぼす影響(定植40日後)

品 種	冷房方法	冷房時の 日長	展開葉数別抽台率(%)				計
			6葉未満	6~7葉	8~9葉	10葉以上	
ブルースプリン グス	終日冷房	自然 ²	0	0	20	76	96
	終日冷房	8時間	0	0	8	88	96
	夜間冷房	8時間	0	4	40	44	88
	なりゆき	自然	88	12	0	0	100
M.F.ラベンダー	終日冷房	自然	0	0	16	80	96
	終日冷房	8時間	0	0	0	100	100
	夜間冷房	8時間	0	0	16	84	100
	なりゆき	自然	32	68	0	0	100

終日冷房：昼間20℃—夜間10℃

夜間冷房：昼間‘なりゆき’(最高気温27.5℃~39.0℃)—夜間10℃

²日長の推移：13.8時間~14.8時間

第12表 苗の冷房方法の違いが‘ブルースプリングス’の開花に及ぼす影響

冷房方法	冷房時の 日 長	開花率 (%)	切り花長 (cm)	小花数	小花数別株の割合(%)		小花までの 葉数
					30未満	30以上	
終日冷房	自然 ²	96	124 a ²	54 a	8	92	28.2 b
終日冷房	8時間	96	124 a	52 a	16	84	33.0 c
夜間冷房	8時間	84	114 a	43 a	20	80	23.6 a

第11表の脚注を参照

²異なるアルファベット間に Tukey の多重検定(5%レベル)で有意差あり

第 13 表 苗の冷房方法の違いが 'M. F. ラベンダー' の開花に及ぼす影響

冷房方法	冷房時の 日 長	開花率 (%)	切り花長 (cm)	小花数	小花数別株の割合 (%)		小花までの 葉数
					30 未満	30 以上	
終日冷房	自 然 ²⁾	96	117 a ²⁾	40 a	32	68	26.4 a
終日冷房	8 時間	100	125 a	57 b	8	92	33.9 b
夜間冷房	8 時間	100	112 a	33 a	44	56	25.3 a

第 11 表の脚注を参照

²⁾異なるアルファベット間に Tukey の多重検定 (5%レベル) で有意差あり

第 4 節 高温期の育苗時における日長処理が抽台に及ぼす影響

夏～初秋に早期抽台を抑制するための冷房育苗法は、育苗経費が大きい欠点がある。第 1 章の生育習性で明らかになったように、秋～冬季の短日条件は抽台を強く抑制し、ロゼット化をもたらすことが認められた。また、前章の冷房育苗法の検討においても、冷房中の短日処理は抽台を抑制する効果があることが明らかとなった。また、夜冷処理のように、温度処理と日長処理を組み合わせる処理方法も考えられる。そこで、早期抽台を抑制する日長の効果を明らかにするため、9 月上・中旬頃の気温と考えられる高温条件下で、昼間は外気温、夜間の最高気温を 20℃とした温度制御下で、ポットに移植した苗を種々の日長に移して抽台状況を検討した。

材料及び方法

'ブルースプリングス' を用い、1994 年 5 月 6 日に 200 穴のセル成型トレイに人工培土を入れ、その中に種子をまいた。温室内で発芽させた後、6 月 14 日に 7.5cm ポリポットに移植した。

本葉が 1～2 枚に生長した苗を 6 月 20 日に、明期は外気温に追従した温度 (平均温度で 20～30℃)、暗期は室内の温度が 20℃を上回るときには、冷房によって 20℃となるように設定した日長制御室内に移し、8、10、12 および 15 時間日長とする処理を開始した。この場合、8、10 および 12 時間日長は自然光のみで、15 時間日長では自然光に白熱灯による補光を加えて 15 時間日長となるように調整して処理を行った。生長した苗は 8 月 8 日に 9cm の素焼き鉢に鉢替えした。各処理区に 33 株ずつを供試し、抽台状況を 9 月 28 日まで調査した。

結 果

抽台率は日長が長くなるにつれて高くなったが (第 14 表)、抽台率をもっとも高かった 15 時間日長でも抽台しなかった株が 13%みられた。8 時間日長では抽台率が 23%のように著しく低くなっており、8 時間日長の短日は抽台に対して抑制的効果が大きいことが認められた。平均抽台日も抽台率が高かった 15 時間日長で 8 月 5 日と早く、抽台率が低かった 8 時間日長の 8 月 28 日と比べ、23 日の違いがあった。また、抽台時の葉数も 8～10 時間日長区では他の日長区に比べ多くなったが有意差は認められなかった。

第14表 育苗期における高温条件下での日長が‘ブルースプリングス’の抽台に及ぼす影響

日 長 (時間)	抽台率 (%)	抽台日 (月・日)	処理開始後抽台までの 日数	抽台時の展開葉数 (枚)
8	23	8・28	69 a ^z	11.4 a
10	50	8・25	66 a	11.8 a
12	69	8・18	59 a	10.5 a
15	87	8・5	46 a	8.7 a

^z 同一アルファベットは Tukey の多重検定 (5%レベル) で有意差なし

第5節 考 察

苗の早期抽台発生を防止するため、先ず恒温で温度を検討した結果、15℃では抽台が著しく抑制されることが明らかになり、またそのような株から開花した花穂では小花数が50輪ほどの高品質の切り花となることが明らかとなった。しかし、高温期に育苗室を昼間15℃に維持することは実際栽培では不可能であり、より実際的な育苗温度の解明が必要である。そこで、変温とした冷房処理による育苗方法について検討した結果、昼間20℃-夜間10℃の冷房温度が早期抽台の防止に最も効果が高く、早期抽台をほぼ完全に防止できることが明らかとなった。平井・森(1999)は、高温時期に育苗環境のみを平均温度が20℃以下になるよう局所的に冷房し、実用的にデルフィニウムの早期抽台防止効果が得られることを報告しているが、局所冷房によって夜間の温度がかなり低下しているものと考えられる。

早期抽台防止に有効とされた昼間20℃-夜間10℃の育苗温度が明らかになったので、次にこの温度で育苗した苗を高温時期に定植する場合、どれくらいの大さの苗まで冷房処理すれば十分な品質の切り花が得られるかを検討した。その結果、展開葉が6~7枚まで冷房育苗すると小花数は50輪以上となり、しかも小花数30輪未満の株の割合も10%ときわめて低く、実際栽培に適用できることが明らかになった。また、20-10℃の冷房室で育苗した場合には、展開葉が6枚未満で抽台した早期抽台苗の発生率は2.5%の低さであった(第9表)。実際栽培では定植予定苗数より5%程度多く育苗し、早期抽台した苗を抜き取って未抽台の苗を植え直すことによって、苗の早期抽台はほぼ回避できることになる。

冷房方法には終日冷房する方法と、夜間のみ冷房する夜間冷房処理の方法が考えられ、トルコギキョウのロゼット化回避には夜間冷房処理が有効とされている(吾妻・高野, 1996)。夜間冷房処理では日中の温度は寒冷紗の下の‘なりゆき’となることから最高温度は27.5~39.0℃と高く、第3節では終日冷房に比べ切り花品質の劣ることが明らかにされた。しかし、夜間冷房処理区の小花数は、実験は異なるが無冷房区のもの(第10表)に比べると著しく多くなっている。このことから、夜間に

10℃まで温度を低下させると、日中は‘なりゆき’温度としてもかなり小花数を増加させる効果があるとみなされ、‘ブルースプリングス’ではその効果が高く、実用的に適用できる可能性が示された。しかしながら、早期抽台しやすい‘M.F.ラベンダー’では終日冷房した場合でも小花数 30 未満の切り花品質の劣る株が 32%あり、小花数を増加させるにはさらに短日処理を加えることが必要であることが示された。なお、小花数は小花までの葉数との間に高い相関が認められており（第 2 表）、本実験でも小花までの葉数が増加すると小花数が多くなることが確認された。

なお、第 4 節の実験では（第 14 表）、高温期であるにもかかわらず、8 時間日長での抽台率は 23%であり、著しく抽台が抑制された。この結果は、高温時期の育苗中の早期抽台を防止するには短日処理が有効であることを示しており、前述の冷房育苗中に短日処理を加えると効果が高まる結果と一致した。また、夜間冷房処理の効果は品種によってはかなり高かったが、短日の効果もかなり作用しているものと思われる。一方、早期抽台した苗もかなりみられることから、冷房育苗法と短日処理とを組み合わせると、早期抽台防止効果がより高くなると考えられる。しかし、早期抽台防止のため短日処理された苗が、定植後の涼温環境に置かれたときに、どのような生育をするかについては今後検討する必要がある。

以上の結果、6 月下旬から冷房育苗を開始し、展開葉が 6~7 枚に生長した苗を 9 月上旬に定植すれば高品質の切り花を 11 月に得られることが示された。また、早期抽台しやすい‘M.F.ラベンダー’では、冷房育苗時に短日処理を加えることが小花数の増加に有効であることも示された。

第 6 節 摘 要

エラータム系デルフィニウムの早期抽台を防止する冷房育苗法を開発するため、育苗時の冷房温度、冷房育苗終了時の苗の大きさおよび冷房育苗の方法が抽台と切り花品質に及ぼす影響について検討した。

1. ‘ブルースプリングス’の早期抽台を防止するには、昼間（12 時間）20℃—夜間（12 時間）10℃の温度で、展開葉数が 6~7 枚に生長するまで冷房育苗すると有効であった。
2. 冷房処理中の日長を短日にすると、‘ブルースプリングス’では小花数の増加はほとんど認められなかったが、‘M.F.ラベンダー’では顕著に認められた。
3. 昼間は‘なりゆき’とし夜間の 16 時間の温度を 10℃に低下させる夜間冷房処理は、‘ブルースプリングス’では小花数の減少が終日冷房する区に比べてわずかであり、実用的に適用可能であった。
4. 9 月上中旬頃の気温と考えられる夜間の最高気温を 20℃とした温度条件下では、8 時間日長の短日は抽台に対して抑制的効果が大きく、高温時期の育苗中の早期抽台を防止するには短日処理が有効であることが示された。

第3章 ロゼット化に關与する環境要因とその防止

エラータム系品種の実生苗を秋に定植し、自然日長下で加温栽培すると、しばらくの間盛んに新葉を展開するが、晩秋から新葉の生長が次第に緩慢となり、やがて未展開の微細な葉を茎の中心部に多数出現させて、加温しているにもかかわらず抽台しなくなる株が多数みられた。この現象は一種の休眠現象と考えられ、葉の形成を継続していることから、ロゼット化であるとした。

これらのいったんロゼット化した株では、抽台が著しく遅れるばかりでなく、開花しても花穂が肥大して帯化したり、小花が異常に多く形成され、一部の小花が座止して苞葉だけになるなど、花序の多くが奇形となり、市場性のない切り花となる。同様の現象は、デルフィニウムの促成栽培が拡大するに伴って、国内各地で発生しており、エラータム系品種におけるロゼット化の問題解決が切り花産地では大きな課題となっている。

小西(1975, 1988)は、秋～冬季にロゼットを形成するいくつかの宿根草のロゼット化は夏の高温で生理的に誘導され、秋の涼温・短日条件下で形態的なロゼットへの転換がみられるとしている。

本章ではデルフィニウム植物体が展葉を続けてはいるものの抽台しなくなることをロゼット化としてとらえ、最初に日長条件、次いで育苗時の温度の違いや加温開始時期、秋～冬季における光の強さが抽台に及ぼす影響について検討し、デルフィニウムのロゼット化の原因を解明するとともに、ロゼット化を防止する方法について検討した。

第1節 日長が抽台に及ぼす影響

ロゼットが発生し始める初秋と同じような温度条件をファイトトロンに設定して、ロゼット化に及ぼす日長の影響を明らかにしようとした。

材料及び方法

実験には‘ブルースプリングス’を供試した。1988年10月19日に、パーミキュライトを入れたプラスチック製の播種箱に種子を散播し、自然日長条件下で最低夜温を10℃に保ったガラス室内で育苗した。本葉が2枚展開した実生苗を12月21日に12cmポリポットに定植した後、22℃に設定した自然光型ファイトトロン内に搬入し、長日処理区(100Wの白熱灯で17時から22時まで電照することで自然日長を延長)と自然日長区とを設けて栽培した。各区10鉢について、15日ごとに80日後まで抽台状況を調査した。

結 果

この実験では、日長処理開始前後が最も短日となる時期であったことから、実験中の自然日長は10～12時間で推移した。

日長処理開始後50日目から自然日長区と長日処理区の両方で抽台が認められた(第15表)。しかし、自然日長区ではその後抽台率が増加せず、80日目でも抽台率は20%で、多くの株がロゼット化

第15表 日長が加温栽培での‘ブルースプリングス’の抽台に及ぼす影響

日 長	日長処理開始後の期間別抽台率 (%)			
	35 日	50 日	65 日	80 日
自 然	0	10	20	20
長 日	0	70	100	100

した。一方、長日処理区では、処理開始後 50 日目に 70%、65 日目には全株で抽台がみられ、短期間に揃って抽台した。

第 2 節 育苗初期の温度が抽台に及ぼす影響

エラータム系品種を連続した高温・長日条件で栽培すると早期に催花され抽台するが、高温期を展開葉の少ない幼苗で経過した後、秋～冬季に自然日長で栽培すると著しくロゼット化する。したがって、生育段階によって、すなわち育苗時の温度条件と生育期の温度条件とは異なる影響をもたらしていると考えられる。そこで、生育初期の温度と生育期の温度とをファイトトロン内で正確に制御し、生育初期の温度がその後の生育に及ぼす影響を明らかにしようとした。

材料及び方法

‘パシフィックジャイアント・ブルーバード’ (以下、P.G.ブルーバード) を供試し、1992 年 5 月 18 日に、プラスチック製の播種箱の中にバーミキュライトを入れ、その中に種子を播いた。これらの播種箱を複数準備し、昼間 (7:00～19:00) 一夜间 (19:00～7:00) の温度を 20–15℃あるいは 25–20℃に設定した自然光型ファイトトロン内で 23 日間育苗した。播種後 23 日目に新たに 30–25℃区を設け、25–20℃で育苗した播種箱の 1 つを移した。その後 17 日間、それぞれの温度で育苗し、播種後 40 日目の 6 月 27 日に、これらの実生苗をすべて 20–15℃に移して栽培した。なお、30–25℃区では 20–15℃のみでなく、15–10℃、25–20℃および 30–25℃に移して栽培する区も設けた。

6 月 15 日に、本葉が 1～2 枚展開した段階で 7.5cm ポリポットに移植し、その後生長に応じて 9cm ポリポットに鉢替えし、さらに生長した苗を 12cm ポリポットに定植した。実験は全期間自然日長条件下で行い、各処理区に 20 鉢ずつを供試し、播種後 40 日目から 20 日間ごとに 120 日目まで、抽台状況を調査した。

結 果

播種から 40 日目である 20–15℃への移動時には、展開葉数は 2 枚程度であった。

育苗温度 20–15℃区における抽台は移動日より 40 日目からみられ、そのときの抽台率は 20%であった (第 16 表)。抽台率は 60 日目には 60%と増加し、実験終了時の 80 日目には 70%であった。

25-20℃育苗区での抽台率は、移動40日後には15%、80日後でも25%であり低いままであった。育苗温度を25-20℃から30-25℃へと変えた区の抽台率は、移動40日後は30%であったが、その後ほとんど増加せず80日後でも40%と低かった。

一方、播種後40日目に30-25℃から異なる温度に移した場合、15-10℃に移した区では、移動後40日目に10%の抽台が認められたが、その後は新たな抽台がなく、抽台率は10%と低いままであった(第17表)。20-15℃に移した区は、第16表の育苗温度を25-20℃から30-25℃へと変えた処理と同じであり、移動80日後の抽台率は40%であった。25-20℃に移した区では、移動後20日目に5%の抽台がみられ、その後40日目で25%、60日目で55%、80日目で70%と抽台率が増加していった。そのまま30-25℃で栽培を続けた区の抽台率は、移動後20日目には5%であったが、40日目には75%、60日目には85%と増加し、80日目には100%に達した。

第16表 涼温条件に移す前の育苗温度が‘P.G.・ブルーバード’の抽台に及ぼす影響

育苗温度 (昼間-夜間) (℃)		播種後 40日以降	播種後 40日目の 展開葉数	播種後の期間別抽台率(%) (移動後日数)				
播種後 23日まで	播種後 24日-40日			40(0)	60(20)	80(40)	100(60)	120(80)
20-15	20-15	20-15	1.8	0	0	20	60	70
25-20	25-20		1.9	0	0	15	25	25
25-20	30-25		2.1	0	0	30	35	40

第17表 高温遭遇後の生育温度が‘P.G.・ブルーバード’の抽台に及ぼす影響

育苗温度 (昼間-夜間) (℃)		播種後 40日以降	播種後 40日目の 展開葉数	播種後の期間別抽台率(%) (移動後日数)				
播種後 23日まで	播種後 24日-40日			40(0)	60(20)	80(40)	100(60)	120(80)
25-20	30-25	15-10	2.1	0	0	10	10	10
		20-15		0	0	30	35	40
		25-20		0	5	25	55	70
		30-25		0	5	75	85	100

第3節 加温開始時期と育苗時の温度が抽台に及ぼす影響

高温期に冷房条件下とガラス温室内のなりゆき温度で育てた植物体内の生理条件が異なると考えられる苗を用い、秋～冬季にロゼット化をもたらすと考えられる温度条件を明らかにするため、10月上旬と下旬に加温を開始して自然日長下で栽培し、抽台状況を検討した。

材料および方法

‘ブルースプリングス’を用い、1989年8月1日にバーミキュライトを入れた播種箱に種子を播いた。その後移植まで、昼間(7:00～19:00)の温度を20℃、夜間(19:00～7:00)を10℃に設定したファイトロン内で育苗を行う冷房育苗区と、風通しの良い日陰で発芽させ、発芽から移植までの間は遮光したガラス室内で温度をなりゆきとして管理したなりゆき育苗区とを設けた。9月20日に、両区ともに、本葉が1～2枚展開した実生苗を1株ずつ7.5cmのポリポットに移植し、所定の加温処理が開始されるまで無加温ガラス室内で管理した。

10月5日と10月20日から最低夜温を18℃に設定して加温を開始し、日長は自然日長とした。また、10月5日から最低夜温を10℃とする区も設けた。定植は10月19日に12cmポリポットに行った。それぞれの処理に20株ずつを供試し、抽台状況を翌年の3月7日まで調査した。

結 果

9月20日から10月5日までの無加温ガラス室内の最高気温は29～33℃、最低気温は8～21℃で推移し、10月5日から10月20日までの最高気温は28℃前後であり、最低気温は6.0～15.0℃であ

第18表 加温温度と育苗温度が‘ブルースプリングス’の抽台に及ぼす影響

加温温度と 開始時期 (月・日)	育苗温度	加温開始60日後の	
		抽台率 (%)	抽台時期 (月・日)
最低夜温 10℃ 10・5	20-10℃	55	12・26 d ²
	なりゆき	30	1・8 e
最低夜温 18℃ 10・5	20-10℃	85	11・13 a
	なりゆき	85	11・15 a
最低夜温 18℃ 10・20	20-10℃	75	11・30 b
	なりゆき	65	12・11 c

1989年10月5日、20日に展開葉3～4、7～8枚の苗をそれぞれ加温開始、

²異なるアルファベット間にダンカンの多重検定(5%レベル)で有意差あり

った。なお、加温したガラス室の平均日最高気温は10月は26.9℃、11月は24.5℃、12月は23.6℃であった。

最低18℃の加温を10月5日から開始したときの加温開始後60日目の抽台率は、育苗温度に関わらず85%と高かった(第18表)。10月20日から加温を開始したときの60日後の抽台率は、冷房育苗区が75%、なりゆき育苗区が65%と、10月5日からの処理に比べてなりゆき育苗区での低下がみられた。さらに、最低夜温を10℃で維持した区、つまり栽培条件を低夜温とした場合の加温開始60日後の抽台率は、冷房育苗区で55%、なりゆき育苗区で30%であり、高夜温とした区に比べて、いずれの育苗区とも抽台率が低下した。

抽台率の低い処理区では抽台日が遅くなるとともに、抽台時の展開葉数が多くなり、抽台の遅れていた株はロゼット化した。

第4節 遮光が抽台に及ぼす影響

秋～冬季の加温栽培においては、自然日長が短くなるとともに照度も低下する。照度もロゼット化に影響していることが予想されるため、定植後に栽培環境を寒冷紗で遮光し、照度がロゼット化に及ぼす影響について検討した。

材料及び方法

‘ブルースプリングス’を用い、1989年8月1日に播種し、定植まで自然日長下の無加温ガラス室内で育苗・管理した。本葉が4～5枚展開した苗を、10月5日にガラス室内に定植し、遮光率が50%の寒冷紗で周囲を覆った遮光区と、対照の無遮光区とを設けた。栽植密度は、株間と条間を20cmとして中央を1条空けた1畝4条植えとした。10月25日から最低夜温を10℃として加温し、自然日長条件下で栽培した。各区20株について、抽台状況を翌年の5月8日まで調査した。

結 果

処理開始後60日目までの抽台率は無遮光区で50%と低かったが、遮光区では15%でほとんどの株でロゼット化した(第19表)。また、5月8日までの遮光区の平均抽台日は、無遮光区の12月30日

第19表 定植後の遮光が‘ブルースプリングス’の抽台に及ぼす影響

遮光率 (%)	処理開始後60日目の 抽台率(%)	抽台時期 (月・日)	抽台時の展開葉数
0	50	12・30	22.9
50	15	2・1	28.4
有意差 ²		*	NS

² t検定により、*5%水準で有意差有り、NS 有意差なし

よりも1か月以上遅れた。抽台時の展開葉数には、無遮光区と遮光区との間に有意な差がみられなかった。

第5節 秋～冬季の加温栽培における日長時間の違いが抽台に及ぼす影響

デルフィニウムのエラータム系品種は、高温・長日条件下で抽台が促進され早期に開花する。ところが、温室内の最高気温はまだ30℃以上であるが、最低気温が20℃を下回るようになる9月中旬に定植すると、多くの苗は早期抽台するが一部の苗は抽台が遅れロゼット化するようになり、ロゼット化の割合は定植時期が遅れるにしたがい高くなる。このロゼット化がもたらされる主な要因は実生苗が短日条件に置かれることであり、涼温がそれを助長することが本章第5節までの実験で明らかにされた。したがって、エラータム系のデルフィニウムを安定して開花させるためには、苗を高温と長日条件に移してロゼット化を防止する必要があるが、その限界日長は明らかにされていない。

そこで本節では、秋～冬季の促成栽培、および9月上・中旬の定植前の育苗条件下で、ロゼット化防止に有効な日長時間について調べた。

材料及び方法

ロゼット化しやすい‘P.G.ブルーバード’と‘ブルースプリングス’との2品種を用い、異なる日長時間の下で生育状況を調査した。

‘P.G.ブルーバード’では1991年8月8日に播種し、風通しの良い日陰において催芽させた。発芽後は寒冷紗で50%遮光したガラス室内に移し、定植まではそこで育てた。本葉が1～2枚展開した実生苗を9月5日に7.5cmポリポットに移植した後、9月25日には寒冷紗を除去した。10月14日に、本葉が5～6枚展開した実生苗をガラス室内のベッドに、株間と条間を20cmとして中央を1条空けた4条で定植した。

定植と同時に、自然光を白熱灯で延長して12, 14, 16, 18および20時間日長とする区ならびに、4時間の暗期中断を行う区を設け、日長処理を開始した。白熱灯による補光の強さは植物体の高さで $0.5\sim 1.2\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ であった。なお、対照として自然日長区を設けた。各処理区に20株ずつを供試し、最低夜温を15℃として栽培を続け、抽台状況を定植後60日目の12月13日まで調査した。

‘ブルースプリングス’はセル成型苗を購入し、1992年9月19日に7.5cmポリポットに移植した。定植は10月15日に、‘P.G.ブルーバード’と同様の栽植密度で行った。処理は12, 16, 20および24時間日長ならびに4時間の暗期中断とし、定植した日から日長処理を開始した。なお、対照として自然日長区を設けた。最低夜温を15℃にするとともに、日長処理については‘P.G.ブルーバード’と同様に行った。各処理区に20株ずつを供試し、抽台状況を定植後60日目の12月14日まで調査した。

結 果

‘P.G.ブルーバード’の抽台は18と20時間日長で著しく促進され、処理開始後60日目までに、18と20時間日長区では80%以上の株が抽台したが(第20表)、ロゼット化した株がともに15%発生しており、20時間の長日処理によってもロゼット化を完全に防止することはできなかった。

これに対して、12~16時間日長と暗期中断区における60日後までの抽台率は40~55%と低く、抽台しなかった残りの株は12月に入るとロゼット化した。抽台日は、12~20時間日長と暗期中断区では大きな違いはみられなかったが、それらに比べ自然日長区では10~15日遅くなった。抽台時の展開葉数は、14~20時間日長区では大きな違いは見られなかったが、それらに比べ日長の短い12時間日長区と自然日長区、ならびに暗期中断区では少し多くなった。

なお、これらの60日後までに抽台した株は1月上旬~1月下旬に開花し、展開葉数は18~31枚程度、小花数は27~54輪程度の切り花が得られた。これらの切り花では若干小花数の減少がみられたが、切り花の市場価値を下げるほどではなかった。

‘ブルースプリングス’も‘P.G.ブルーバード’と同様な反応を示し、日長処理開始60日後の抽台率でみると、16時間日長で70%であったが、20時間で90%、24時間で95%とより長い日長で抽台率は高くなった(第21表)。しかしながら、24時間日長下においてもロゼット化した株が発生した。また、暗期中断処理での抽台率は80%であり、20、24時間日長区に比べ低かった。定植後60日目までの抽台日は日長が長くなるにしたがい早くなり、抽台した株の展開葉数も日長が長くなるにしたがって少なくなった。暗期中断では12時間日長とほぼ同様の値となった。

第20表 定植後の日長が‘P.G.ブルーバード’の抽台に及ぼす影響

日 長 (時間)	抽 台 率 (%)	抽 台 日 (月・日)	定植後抽台 までの日数	抽台時の 展開葉数
自然日長	35	11・23	40 a ²	11.8 a
12	40	11・11	28 a	10.9 a
14	50	11・ 8	25 a	9.5 a
16	55	11・13	30 a	10.1 a
18	80	11・11	28 a	10.1 a
20	85	11・10	27 a	9.2 a
暗期中断	50	11・11	28 a	11.2 a

²同一アルファベットは Tukey の多重検定 (5%レベル) で有意差なし

第21表 定植後の日長が‘ブルースプリングス’の抽台に及ぼす影響

日 長 (時間)	抽 台 率 (%)	抽 台 日 (月・日)	定植後抽台 までの日数	抽台時の 展開葉数
自然日長	40	11・ 7	23 b ²	11.3 a
12	65	11・ 3	19 ab	9.7 a
16	70	10・31	16 ab	9.3 a
20	90	10・30	15 ab	9.4 a
24	95	10・28	13 a	8.7 a
暗期中断	80	11・ 1	17 ab	9.6 a

²異なるアルファベット間に Tukey の多重検定 (5%レベル) で有意差あり

第6節 考 察

エラータム系品種のロゼット化をもたらす環境要因を明らかにするため、まず日長の影響について検討した。第1節の実験では抽台には好適な高夜温を設定して日長処理を行ったが、長日条件では全株が抽台し、短日条件では抽台が著しく抑制された。この結果は、日長が抽台に決定的な影響を与えており、短日条件ではロゼット化することを示している。竹田 (1996) は、1年草のカスミソウで同様のロゼット化現象を報告し、生育を規定する主たる要因が日長であり、ロゼットは短日によってもたらされるとしている。

次に、温度の影響について検討した。第2節の実験で、育苗初期の幼苗期に 25–20℃から 30–25℃の高温に遭遇した場合、その後 25–20℃以上の高温環境におかれると抽台率が高まり、逆に涼温の 20–15℃以下の温度では多くの株で抽台が抑制され、ロゼット化がもたらされることが明らかとなった。同様の結果は、第3節の実験の幼苗期を高温下で育苗したなりゆき育苗区においても認められている。この実験では、加温開始前も日中は 29–33℃の高温に維持されており、さらに 10月5日以降も 18℃の高夜温が継続されると、実生苗の多くはロゼット化しなかった。一方、最低夜温を 10℃まで低下させて栽培すると、育苗条件にかかわらず抽台率が低下しており、涼温におかれることもロゼット化を促す条件であるといえる。これらのことから、苗が最低 10℃の夜温という涼温下で短日条件に置かれると抽台が抑制され、ロゼット化へ進むこと、秋季に確実にロゼット化を防止するには高温・長日の組み合わせが必要であることが明らかになった。

第3節の実験の結果が示すように、秋の自然日長下で最低夜温を 10℃として栽培すると、夏の高温下で育苗した株の抽台率は 30%であり、20–10℃で冷房育苗した株の 55%に比べると低かった。夏の長日下で栽培した第2節の実験の結果も同様に、発芽直後の幼苗期に 25–20℃あるいは 30–25℃の高温に遭遇させた後に 20–15℃の涼温に移した区では、20–15℃一定で育苗・栽培した区に比べ抽台率が低くなり、ロゼット化する苗の割合が高くなった。これらの結果は、発芽直後に高温遭遇し

た苗では涼温条件に移されると抽台が抑制され、ロゼット化の方向に生育が進むことを示しており、育苗時の高温でロゼット化するトルコギキョウ (Ohkawa ら 1991 ; 竹田, 1994) とは結果が異なつた。小西ら (1984) は、秋～冬季にロゼット化する多くの宿根花卉では、夏の高温がロゼット化の生理的な誘導に重要な役割を果たすとしている。しかしながら、デルフィニウムのエラータム系品種の場合、実験 1 のように、気温が低下する 10 月 19 日に種子を播種し、幼苗時に真夏のような高温遭遇がない場合でも、10～12 時間の自然日長区ではロゼット化が顕著に認められた。デルフィニウムにおいて、10 月に播種した苗がロゼット化することは、本図・浅野 (1991) や Ogasawara ら (1996) も確認しており、高温に遭遇させなくてもエラータム系のデルフィニウムはロゼット化する。これらの結果を考えると、幼苗期の高温が主要因となってロゼット化が誘導されると考えることには無理がある。しかしながら、幼苗期の高温遭遇は、後の涼温・短日条件下でロゼット化率を高めることから、ロゼット化をもたらす副次的な要因として作用していると思われる。

さらに、第 4 節の実験で認められたように、涼温・短日条件下での低照度もデルフィニウムのロゼット化を促す副次的な要因であると考えられる。キク (小西, 1980 ; Mason・Vince, 1962 ; Schwabe, 1955) やシュッコンカスミソウ (吾妻・犬伏, 1986 ; 武田ら, 1981) でも、低照度がロゼット化の誘因の一つであることが報告されており、いくつかの多年生花卉に共通する性質であろう。

以上のように、デルフィニウムのロゼット化は短日条件が主要因となってもたらされ、涼温がそれを助長するものと考えられ、秋冬季のロゼット化防止には加温とともに長日処理が有効であることが示された。また、発芽直後の高温や生育時の低日射量が涼温・短日条件と組合わさった場合、副次的にロゼット化を促す作用のあることが示された。

このように、デルフィニウムのエラータム系品種では、ロゼット化の主要因は定植後の短日条件であることが明らかにされたので、それを防止するための長日処理について、秋～冬季の促成栽培において最も効果的な日長時間を検討した。

‘P.G.ブルーバード’、‘ブルースプリングス’の両品種ともに 18～20 時間以上の日長で日長処理開始後 60 日目の抽台率が自然日長区に比べ著しく高まった。Kikuchi ら (2000) は、日中 17℃、夜間 12℃とした涼温域では 18 時間日長で 62.5%、20 時間日長とした場合に 100%の抽台を認めている。一方、Post (1942) は、明期の 4 時間延長でわずかに到花日数が短縮されたのみで、日長はロゼット化防止に効果がなかったと報告している。この明期の 4 時間延長は 16 時間程度の日長と考えられる。Garner ら (1997) は暗期中断とした長日処理の効果を調べ、摘心したときに切り花数の顕著な増加がみられ、また収穫までの日数は無摘心栽培で 18～21 日短縮されたと報告しているが、ロゼット化との関連については触れていない。これらの結果はいずれも本実験で得られた結果と同様であり、涼温時期におけるエラータム系品種の抽台促進、すなわち、ロゼット化の防止に対しては少なくとも 18 時間以上に明期を延長する長日処理が必要であり、4 時間の暗期中断は効果が低いと思われる。Kikuchi らの報告では 18 時間日長での抽台率が低かったが、これは日中の気温が 17℃とかなり低かったためであり、同じ実験で温度を日中 24℃、夜間 19℃に高めた場合には 18 時間日長で 100%の抽台を認めている。これらの結果と本実験の結果から判断すると、ロゼット化を防止するための長日と

なる限界日長は18~20時間の間にあるものと推測される。なお、第2章第4節の実験で、6月20日から9月28日までの高温時期に‘ブルースプリングス’を用いて、日中の気温は外気温に追従した温度、夜間の気温は20℃を超えないように設定した温度条件で、日長を変えて抽台状況を調べたところ、15時間日長での抽台率は87%であった。この結果は、本種のようにロゼット化しやすい品種では、日長が15時間程度であれば、定植時の日中の気温が高温であっても夜間の気温が20℃以下になると、一部の苗の抽台が遅れ、やがてロゼット化する場合があることを示している。したがって、夜間の温度が20℃以下になる前から18時間以上の長日処理を開始する必要があることが指摘される。実際、早期促成栽培では、9月上旬~10月上旬の高温の時期から18時間日長の長日処理を開始することによってほぼ全株が抽台している。

この結果は、デルフィニウムの原産地が中北部ヨーロッパであり、この地域では、夏季の日長が18時間以上であることと関連があると思われる。18時間以上の日長によって開花が促進された例として、シュッコンカスミソウ (Shillo・Halevy, 1982) やカンパニユラ・ピラミダリス (勝谷・梶原, 1998) があり、これらの種の自生地の緯度はデルフィニウムのそれに近い。デルフィニウムも含めてこれらの種類では、開花促進に対する効果は暗期中断処理の効果よりも連続した長時間日長での効果が高かった。竹田 (1996) も指摘しているように、ヨーロッパなど高緯度地域を自生地とする植物に対する日長処理の方法は今後、改めて検討する必要がある。

‘P.G.ブルーバード’の60日後までの抽台率は、16時間までの日長に比べて18時間以上の日長で高くなることは認められたが、十分とはいえなかった。この原因は、播種・育苗がロゼット化を助長する高温条件で行われたこと、日長処理の開始時期が10月15日とやや遅かったことから、それまでの環境条件によって、育苗段階ですでにロゼット化が誘導された苗が存在していたためと考えられる。

第7節 摘 要

エラータム系デルフィニウムのロゼット化をもたらす環境要因を明らかにするため、先ず日長条件、育苗温度、加温開始時期および光の強さを変えて、抽台に及ぼす影響を検討した。さらに、その結果に基づき、ロゼット化を防止するための長日処理の効果について検討した。

1. 22°C一定で日長条件を変えて栽培したところ、長日下では全株が抽台したが、短日下では抽台が著しく抑制されロゼット化した。栽培時の低照度はロゼット化を促した。

2. 播種直後の実生苗が25-20°C（昼温-夜温）以上の温度に40日間遭遇した後、20-15°C以下の温度に移されると、ロゼット化が促されたが、そのまま25-20°C以上の温度に置かれると速やかに抽台した。

3. 実生苗は、10月上旬から最低18°Cに加温すると高い抽台率を示したが、最低10°Cの夜温では抽台が抑えられロゼット化した。

4. 抽台は18時間以上の日長によって著しく促進された。抽台に対する4時間の暗期中断処理の効果は品種によって異なったが、16時間日長処理の効果と同じ程度と低かった。

以上の結果、エラータム系デルフィニウムのロゼット化は短日が主要因となってもたらされ、涼温がそれを助長すること、幼苗時の高温遭遇と生育期の低照度はそれを強める副次的な働きをすることが明らかとなった。デルフィニウムのロゼット化防止には、夜間の気温が20°C以下となる前に18時間以上の長日処理を開始すると有効であることが明らかになった。

第4章 低温遭遇によるロゼット打破

秋から冬季にロゼット化する花卉の促成栽培では、ロゼット化の防止ばかりでなく、ロゼット打破が生長や開花調節の有効な手段となっており、一般に低温によってロゼットの打破が促される(小西, 1982, 1984)。エラータム系デルフィニウムにおいても、秋～冬季に自然日長で加温栽培すると、品種によってはロゼット化する株が多発し、このロゼットは自然低温に遭遇すると打破されると考えられている(第1章第2節の実験)。また、エラータム系のロゼット化しやすい品種や、最近、栽培が増加しているシネンシス系品種および栄養繁殖系ペラドンナ品種の加温促成栽培では、1番花が開花する頃には2番花となるシュート基部の側芽の多くは肥大したまま休眠状態にあるか、あるいはロゼット化しているのが観察され、実際栽培において大きな問題となっている。また、特徴的な硫黄色の花序を持つザリルは塊根を形成して高温期には休眠する。この側芽や塊根の休眠あるいはロゼット打破にも低温遭遇が必要と考えられる。

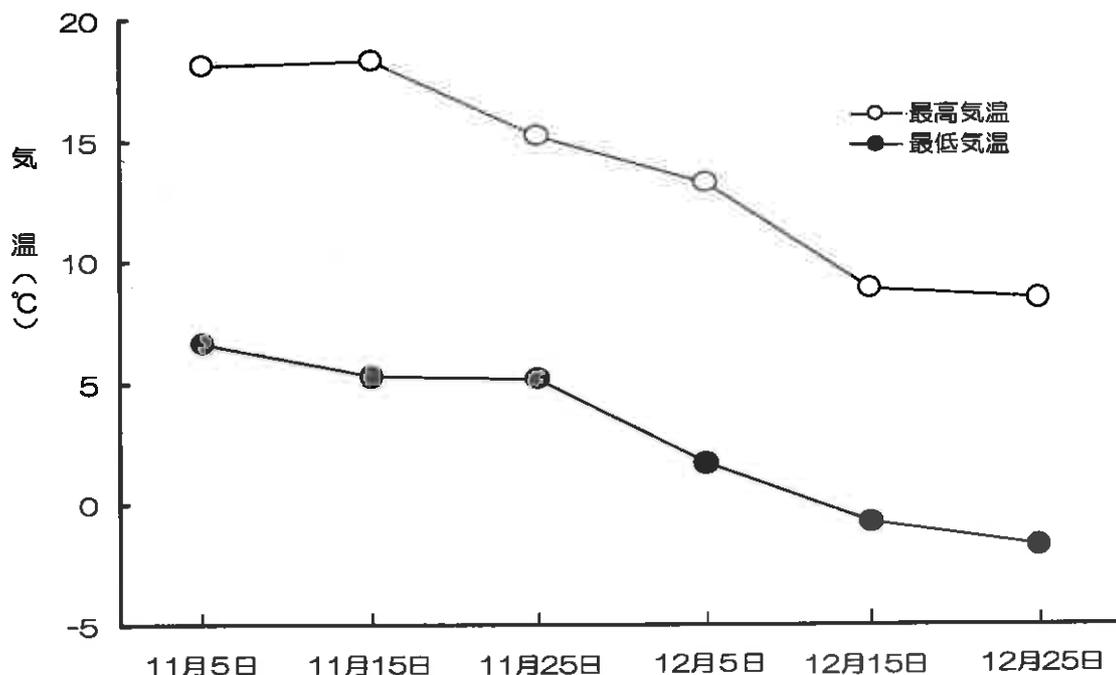
本章では、連続的に切り花を生産する技術を開発するための基礎資料を得ようとして、まず、秋～冬季にガラス室内で育苗し、ロゼット化した苗がどの程度の自然低温に遭遇することによってロゼットが打破されるかを明らかにしようとした。次いで、2番花となるシュート基部の側芽を、1番花の採花後から自然低温に遭遇させることにより、あるいは塊根を低温処理し、休眠またはロゼット打破を促して伸長させ、1番花にひき続き2番花を収穫する可能性について検討した。

第1節 エラータム系品種の苗の低温遭遇と加温後の抽台、開花との関係

実生苗あるいはセル成型苗を秋に定植して無加温栽培し、いったんロゼット化した苗を秋～冬季の低温によってロゼット打破させてその後に加温栽培すれば、需要期の3月に確実に開花させることができるものと考えられる。この方法では加温までの栽培経費が低く、営利的な栽培ができると考えられるので、ロゼットが打破される時期とその時の目安となる温度を検討した。

材料および方法

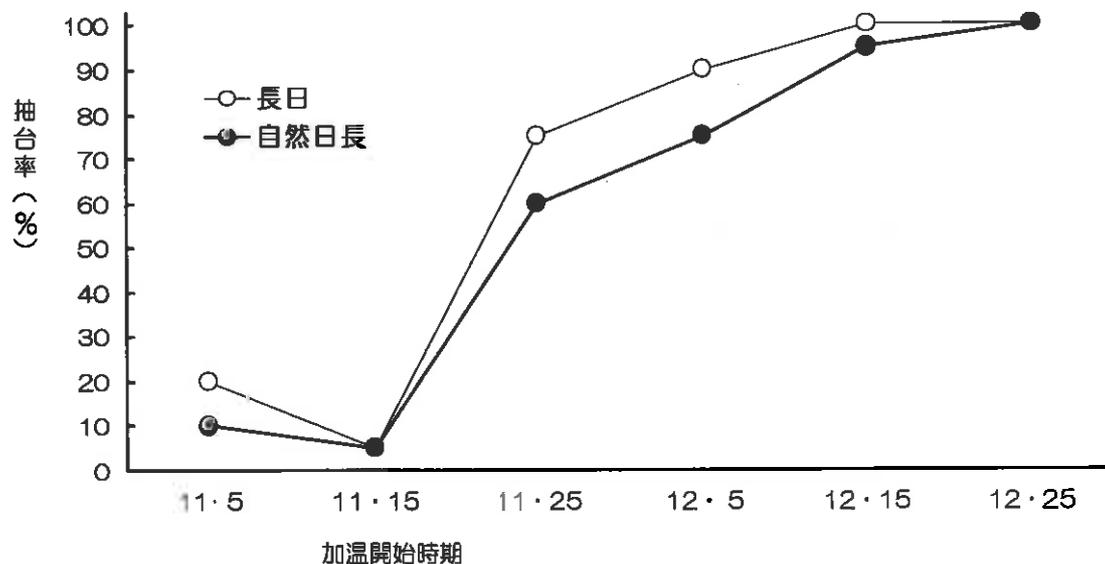
‘ブルースプリングス’を供試し、1990年8月5日にバーミキュライトを入れた播種箱に播種し、風通しの良い日陰の場所で催芽した。発芽後は播種箱を遮光したガラス室に移した。本葉が1～2枚展開した9月7日に苗を7.5cmポリポットに移植し、側窓を開放したガラス室内に移して育苗した。10月4日に10%程度早期抽台した苗を除去後、残った株はそのままガラス室内で育て、自然低温に遭遇させた。このときのガラス室内の温度は第7図に示すとおりであった。11月5日から12月25日まで10日ごとに、20株ずつを最低夜温10℃に保ったガラス室内に移し、株間と条間を20cmとして中央を1条あけた4条植えて順次定植した。同時に、日長の影響を検討するため、それぞれの搬入日に、自然日長区および自然光を白熱灯(75W/10㎡)で補光して16時間日長とした長日処理区を設けた。白熱灯による補光の強さは植物体の高さで $1.07\sim 1.34\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。各処理区に20株ずつ供試し、抽台と開花状況を4月10日まで調査した。



第7図 無加温ハウスでの最高気温と最低気温の推移

結 果

加温を開始してから30日後の抽台率をみると(第8図), 自然日長下では11月5日, 15日の加温開始では5~10%と著しく低い値を示したが, 11月25日から加温すると抽台率は急激に上昇し, 12月15日の加温では95%, 12月25日では100%となった。一方, 長日処理下での抽台率も同様な



第8図 加温開始時期と日長が「ブルースプリングス」の苗の抽台に及ぼす影響

推移を示したが、11月25日、12月5日の加温開始では自然日長下の場合より15%高い抽台率を示し、12月15日の加温開始では自然日長下よりも10日早く100%に達した。

4月10日までの開花率は(第22表)、自然日長下では抽台率と同様に11月5日、15日の加温開始では低かったが、11月25日の加温開始では80%となり、12月5日以降の加温開始では90%となった。長日処理下での開花率も自然日長下と同様な推移を示したが、12月5日以降の加温開始で全株が開花した。開花率の低かった区を除き、平均開花日は加温開始が早いほど早くなり、また、長日処理下では自然日長下に比べ4~15日早くなった。加温開始からの到花日数も11月25日以降の加温開始で著しく短くなり、自然日長下では12月15日以降、長日下では11月25日以降の加温開始で、100日以下で開花するようになった。

切り花品質をみると、12月15日以降の加温開始ではそれ以前の加温開始日に比べ草丈は100cm以下と少し短くなり、小花数は75輪以下となったが、切り花として十分市場価値のあるものであった。

第22表 加温開始時期と日長が‘ブルースプリングス’の開花に及ぼす影響

日 長	加温開始時期 (月・日)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	加温開始からの 到花日数±SD	切り花長 (cm)	小花数
自 然	11・5	35	3・7	122±16.6	103 d e ^y	119 h
	11・15	50	3・16	121±16.0	79 a	96 f
	11・25	80	3・11	106±13.6	104 d e	106 g
	12・5	90	3・17	102±14.3	106 e	82 e
	12・15	90	3・21	96± 8.1	96 c	75 d
	12・25	90	3・24	89± 7.0	94 c	59 b
長 日 ²	11・5	45	2・27	114±25.7	117 g	84 e
	11・15	35	3・19	124± 9.7	96 c	105 g
	11・25	75	2・24	91±10.1	110 f	80 d e
	12・5	100	3・7	92±11.2	102 d	83 e
	12・15	100	3・17	92± 7.7	87 b	69 c
	12・25	100	3・20	85± 6.4	87 b	53 a

²16時間日長

^y異なるアルファベット間にダンカンの多重検定(5%レベル)で有意差有り

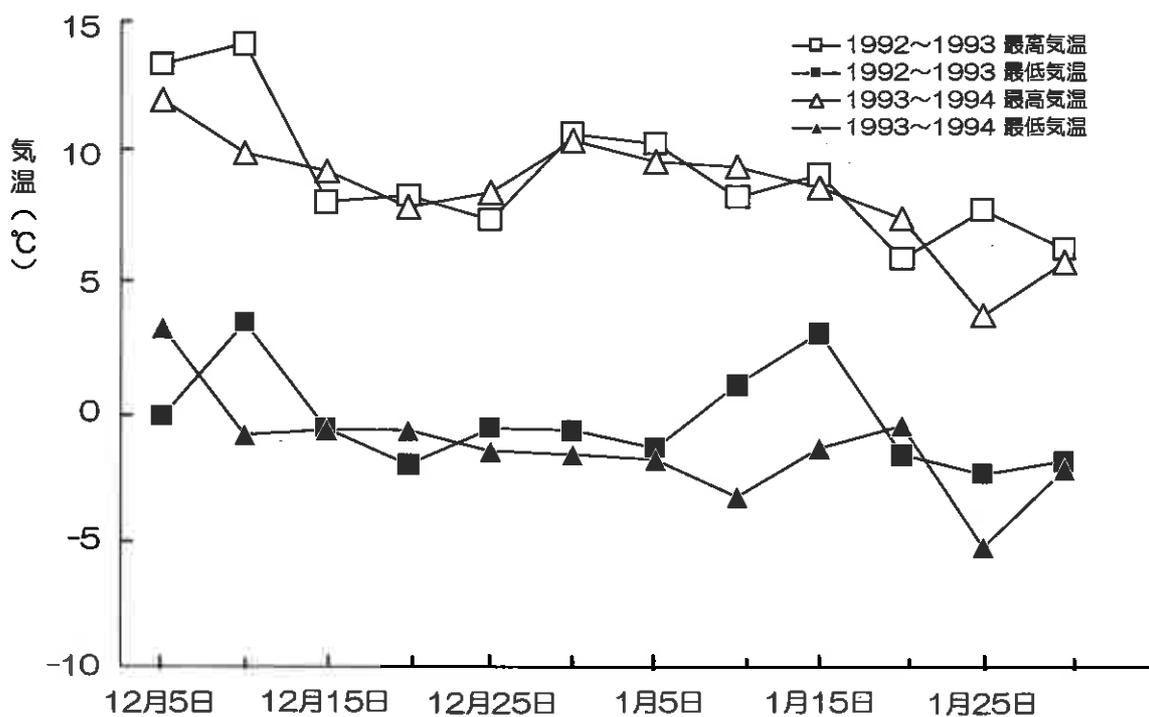
第2節 1番花開花後の側芽の低温遭遇と加温後の抽台、開花との関係

第1項 エラータム系品種

1番花が11月上旬に開花した後、花序基部に発生する2番花となる側芽は加温・電照しているにもかかわらず休眠状態であったり、たとえ展葉していても抽台しないでロゼットを示し開花が遅れた。そこで、この現象も休眠あるいはロゼットであるとして、二つの品種を供試し、低温処理によるロゼット打破を試みた。

材料および方法

実験には、‘ブルースプリングス’と‘M.F.スカイブルー’の2品種を供試した。‘ブルースプリングス’は、1992年8月6日に播種し、日中(7:00~19:00)25℃、夜間(19:00~7:00)15℃に設定した冷房室内で8月26日まで育てた。それ以降は遮光したガラス室内に移して育苗し、本葉が1~2枚展開した苗を9月22日に7.5cmポリポットに移植した。これらの苗を10月22日に5号素焼き鉢に定植し、最低夜温を15℃とした自然日長のガラス室内で開花させた。12月21日に開花した株について花序をシュート基部の側芽の上で切り戻し、同日から室内を開放して自然低温に遭遇させた。なお、この間の温度の推移は第9図に示すとおりであった。低温遭遇開始から0、10、20、30および40日後に30株ずつを最低夜温15℃、自然日長としたガラス室内に移し、抽台状況を翌年の3月1日



第9図 無加温ガラス室での最高気温と最低気温の推移

まで調査した。

‘M.F.スカイブルー’は1993年7月22日に播種し、日中(7:00~19:00)20℃、夜間(19:00~7:00)15℃に設定した冷房室内で9月14日まで育てた。その後は遮光したガラス室内に移して育苗を続けた。この間、9月9日に本葉が1~2枚展開した苗を7.5cmポリポットに移植し、10月21日に12cmポリポットに定植した。定植後の苗は最低夜温10℃、16時間日長に維持したガラス室内に移して開花させ、12月20日に供試したすべての株の花序をシュート基部の側芽の上で切り戻した。切り戻した株を‘ブルースプリングス’と同様な方法で自然低温に遭遇させた。この間の温度の推移は第9図のとおりであった。所定の期間、低温に遭遇させた株を30株ずつ、株間と条間を15cmとして中央を1条あけた4条でガラス室内に定植した。最低夜温10℃、自然日長下で栽培し、2番花は開花に応じて採花し、採花後にそれぞれの株から抽台・開花した花序を3番花とした。2番花の抽台は2月28日、開花は4月30日、3番花の開花は6月15日までそれぞれ調査した。

結 果

‘ブルースプリングス’では、自然低温の遭遇期間が長くなるにしたがって、加温開始から30日後の抽台率は高くなり、40日間の遭遇で100%となった(第23表)。なお、30日間の遭遇でも3月1日までの抽台率は100%となった。加温開始から平均抽台日までの日数も自然低温遭遇期間が長くなるほど短くなり、平均抽台日は2月中旬であった。

‘M.F.スカイブルー’では、2月末までの抽台率は、花序を切除後ただちに加温した区では45%であったが、自然低温遭遇期間が長くなるにつれて増加し、20日および30日間の自然低温遭遇でそれぞれ90%、100%となり、平均抽台日は1月下旬~2月上旬であった(第24表)。加温開始から平均抽台日までの日数は、自然低温遭遇期間が長くなるにつれて短くなり、30日間以上の低温遭遇では9~13日と著しく短くなった。

4月30日までの2番花の開花率は、抽台率と同様に自然低温遭遇期間が長くなるにつれて高くなり、30日間の低温遭遇区で96%、40日間の低温遭遇区で100%となった(第25表)。平均開花日は、3月下旬~4月上旬であったが、40日間の低温遭遇区では4月9日と少し遅くなった。開花時の株当たり採花本数は、低温遭遇区では2.1~2.2本であり、全株で複数のシュートが伸長して開花することが認められた。シュート基部から花穂の先端までの草丈は、30日間以上の低温遭遇区では20日間までの低温遭遇区に比べ10cm以上短くなった。小花数も低温遭遇期間が長くなるにつれてかなり少なくなった。

2番花が開花した株ではロゼット化することなく、ほぼ2か月後に3番花の開花が認められた(第25表)。この場合、2番花の開花が早くて開花率が高かった30日間以上の低温遭遇区で高い開花率となった。

第23表 自然低温遭遇期間が‘ブルースプリングス’の側芽の抽台に及ぼす影響

低温遭遇期間 (日)	加温開始後30日		3月1日までの抽台	
	目の抽台率 (%)	抽台率 (%)	抽台日 (月・日)	加温開始から抽 台までの日数
0	0	0	-	-
10	0	3	-	-
20	10	47	2・13 a ²	34 c
30	81	100	2・11 a	22 b
40	100	100	2・17 b	18 a

²異なるアルファベット間にダンカンの多重検定(5%レベル)で有意差有り

第24表 自然低温遭遇期間が‘M.F. スカイブルー’の側芽の抽台に及ぼす影響

低温遭遇期間 (日)	抽台率 (%)	抽台時期 (月・日)	加温開始から抽台まで の日数
0	45	1・28 b ²	39 c
10	52	1・20 a	21 b
20	90	1・29 b	20 b
30	100	2・1 b	13 a
40	100	2・7 c	9 a

²異なるアルファベット間にダンカンの多重検定(5%レベル)で有意差有り

第25表 自然低温遭遇が‘M.F. スカイブルー’の側芽の2番花と3番花の開花に及ぼす影響

低温遭遇 期間 (日)	2番花 ²					3番花 ²		
	開花率 (%)	開花日 (月・日±SD)	採花 本数 ³	切り花長 (cm)	小花数	開花率 (%)	開花日 (月・日±SD)	採花 本数 ³
0	41	4・6±22.7	1.7	113 c ²	66 c	24	5・24±13.3	0.7
10	52	3・28±17.6	2.1	89 b	37 b	37	5・31±15.0	1.1
20	86	4・2±10.4	2.1	89 b	25 a	64	6・4±5.8	2.1
30	96	4・3±7.7	2.1	78 a	21 a	86	6・1±7.3	2.9
40	100	4・9±8.2	2.2	78 a	21 a	87	5・31±8.8	2.9

²2番花は1994年4月30日, 3番花は6月15日に調査打ち切り

³株当たりの採花本数

²異なるアルファベット間にダンカンの多重検定(5%レベル)で有意差有り

第2項 シネンシス系品種

シネンシス系品種は矮性であることからヨーロッパでは花壇に利用されているが、花梗が硬く細いこと、花に距がないので花が絡まないことなどから切り花に適しており、最近、種子系のペラドンナ品種に替わって栽培が急増している。本品種は原種のグランディフローラム間の交配・選抜によるものであることから、生育習性は第1章の生育習性で明らかにされた原種のグランディフローラムに近く、ロゼット化しないものと判断していたが、1番花の開花後、2番花となる側芽が加温しても速やかに伸長せず開花が著しく遅れることが確認された。そこで、このような側芽がどの程度の自然低温に遭遇することによって伸長するかを明らかにしようとした。

材料および方法

‘ハイランドブルー’を供試し、1999年6月10日に播種した。播種後直ちに、昼間(7:00~19:00)25℃、夜間(19:00~7:00)15℃に設定した冷房室内に移し、9月14日までその中で育てた。8月16日に7.5cmのポリポットに移植し、9月14日に6号のポリポットに定植した。それ以降は日中はなりゆき、夜間の最低温度を10℃として、自然日長下のガラス室内で栽培した。11月11日に供試したすべての株の花序を、花序基部の側芽の上で切り戻した。切り戻した当日から室内を開放し、10、20、30および40日間自然低温に遭遇させた後、最低夜温を10℃、自然日長としたガラス室内に移した。各処理区に24株ずつを供試し、抽台・開花状況を翌年の5月31日まで調査した。

結 果

抽台は、自然低温遭遇期間が長くなるにしたがって早くなりよく揃うようになったが、30日間以上の処理では大きな違いがなかった(第26表)。開花は、30日間以上の自然低温遭遇で全株で3月中旬に認められ、加温開始から開花までの日数は、およそ90日であった。開花時の株当たり採花本数は、低温遭遇が30、40日区ではそれぞれ3.4、4.6本であり、複数のシュートが伸長して開花することが認められた。切り花長は、20日間以上の処理で70cm以上と長くなり、無低温遭遇に比べ25cm以上長くなった。小花数は、切り花長と同様の傾向を示し、低温遭遇が30、40日区では無低温に比べ1~3輪多くなった。これらの結果から、シネンシス系品種の2番花の開花促進に対しては、30日間以上の自然低温に遭遇させると開花が早くなり、株当たりの切り花本数が増えることが明らかとなった。

第26表 低温遭遇期間が‘ハイランドブルー’の抽台と開花に及ぼす影響

遭遇期間 (日)	抽台率 ² (%)	開花率 ¹ (%)	開花日 (月・日±SD)	採花本数 (本/株)	切り花長 (cm)	葉数	小花数
0	24	24	2・21±32	2.2	48	8.5	10.2
10	28	28	4・2±7	1.3	68	13.3	10.6
20	32	32	3・24±15	1.4	78	14.5	14.0
30	100	100	3・19±11	3.4	73	11.6	11.2
40	100	100	3・13±7	4.6	78	12.3	12.7

¹加温開始後50日まで

²4月10日まで

第3項 ベラドンナ系品種

種子系のベラドンナ品種は秋～冬季に1, 2番花ともロゼット化しないが, 栄養繁殖系のベラドンナ品種の2番花はシネンシス系品種のようにロゼット化し, 開花が遅れる。このため, 前項のシネンシス系品種と同様の処理を行い, どの程度の自然低温に遭遇することによってロゼットが打破されるかを明らかにしようとした。

材料および方法

‘フォルカフレーデン’と‘ボルクレード’を供試し, 2000年10月4日に苗を18cmポリポットに定植した後, 最低夜温を15℃として加温し, 16時間日長下で1番花を開花させた。花序を12月18日に切り戻した後, 側窓を解放したビニルハウス内に移し, 自然の低温に遭遇させた。低温遭遇期間は0, 20, 30および40日間とし, 所定の低温遭遇終了後は, 最低夜温を15℃としたガラス室に移し, 自然日長下で栽培した。各処理区に‘フォルカフレーデン’は20株, ‘ボルクレード’は10株ずつ供試し, 翌年の4月10日まで開花状況を調査した。

結 果

両品種ともに, 4月10日までの開花率は20日間の自然低温遭遇では低く, 30日間以上の自然低温遭遇によって高くなり90%以上となった(第27, 28表)。「フォルカフレーデン」の開花日は30日間遭遇で3月19日, 40日間遭遇で3月27日となった。「ボルクレード」は30および40日間遭遇とも4月上旬となった。切り花品質は20日間遭遇に比べ, 30, 40日間の低温遭遇によって少し低下することが認められた。株当たりの採花数は「フォルカフレーデン」で4~5本, 「ボルクレード」で1~2本であり, 複数の切り花が得られることが分かった。これらの結果から, 3月に開花させるためには「フォルカフレーデン」は12月中旬, 「ボルクレード」は12月上旬までに採花し, ただちに30日間の自然低温に遭遇させる必要があることが認められた。

第27表 自然低温遭遇期間が‘フォルカフレーデン’の開花に及ぼす影響

遭遇期間 (日)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	切り花長 (cm)	小花数	葉数 (枚)	採花本数 (本/株)
0	0	-	-	-	-	-
20	45	3・22	69	16	16	0.6
30	95	3・19	62	13	15	4.3
40	100	3・27	60	12	16	5.1

第28表 自然低温遭遇期間が‘ボルクレード’の開花に及ぼす影響

遭遇期間 (日)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	切り花長 (cm)	小花数	葉数 (枚)	採花本数 (本/株)
0	0	-	-	-	-	-
20	60	4・3	71	12	15	0.9
30	90	4・5	63	10	16	1.3
40	100	4・8	65	12	17	1.8

第3節 ザリルの塊根冷蔵処理が抽台と開花に及ぼす影響

原種のザリルは耐暑性が弱く、高温期に育苗することがむずかしい。また、購入した実生苗を秋から加温栽培すると、開花までの期間が長く年内に開花させることがむずかしい。そこで、前年に開花した切り下の株に形成された塊根を冷蔵処理し、年内に開花させるために必要な塊根の低温処理期間と低温処理が消去されない安全な定植時期について検討した。

材料および方法

先ず、塊根の冷蔵期間が抽台と開花に及ぼす影響について検討した。農家の圃場で1992年5~6月に、開花した株の採花後の切り下株に形成された塊根を8月7日に掘り上げ、9cmのポリポットに入れマサ土で充填した。灌水した後十分に排水し、2°Cで0、25、40および55日間冷蔵した。それぞれの冷蔵処理が終了した後2~3日間日陰で順化し、8号素焼き鉢に定植した。定植後は50%遮光したガラス室に移し、なりゆきの温度で栽培した。10月5日から最低夜温を15°Cとして加温を開始し自然日長下で栽培した。各処理区に12株ずつ供試し、翌年の3月31日まで抽台と開花状況を調査した。

次いで、冷蔵終了時期が抽台と開花に及ぼす影響について検討した。1995年9月5日に昼間20°C、夜間15°Cとした冷房室内で播種し、10月1日までその中で育苗した。10月2日から22日まではガラス温室内のなりゆき温度で育苗した。本葉が1~2枚展開した実生苗を、10月22日に7.5cmポリポットに移植し、以降は最低夜温を10°Cに加温して育て、1月26日にビニルハウス内に定植した。定植後は無加温の状態を栽培し開花させた。開花した株の切り下の塊根を、冷蔵期間を50日間として、出庫時期が9月5日、15日および25日になるように7月7日から10日毎に順次掘り上げ、9cmのポリポットに入れマサ土で充填し、実験1と同様の方法でそれぞれ冷蔵を開始した。冷蔵終了後2~3日間日陰で順化した後、18cm素焼き鉢に定植し、最低夜温を10°Cに加温したガラス室内に搬入し、長日条件下(4時間の暗期中断)で栽培した。各処理区に25株ずつ供試し、抽台は冷蔵終了日から60日後まで、開花は1月31日まで調査した。

結 果

発芽と抽台は25日間の冷蔵ではみられなかったが、40日間冷蔵では83%と抽台率が著しく高くなり、55日間冷蔵では91%に達した(第29表)。抽台した株では、出庫から30日弱で、10月中下旬に抽台がみられたが、冷蔵期間が長いほど抽台の揃いが良くなった。開花率も抽台率と同様に40日間以上の冷蔵で80%以上と高くなり、開花は1月下旬からみられた(第29表)。切り花長は55日間冷蔵で少し短くなったが100cm以上あり、切り花として十分な長さであった。また、小花数は約40輪とほぼ同じ値であった。

定植時期を検討したところ、冷蔵終了後60日目の抽台率は、9月5日の冷蔵終了では50%以下と低かったが、9月15日以降の終了では著しく高くなるとともによく揃って抽台するようになり、9月25日の終了では全株が抽台した(第30表)。また、9月15日、25日の冷蔵終了では、終了からほぼ

20日で抽台した。開花率は抽台率とほぼ同じ値を示し、開花率が著しく高くなった9月15日、25日の冷蔵終了では12月中旬に開花した。この場合、抽台から発蕾までは13~15日であったが、発蕾から開花までは57~62日間と著しく長くなることが認められた。株当たりの採花本数は、9月5日の冷蔵終了では1.3本であったが、9月15日、25日の冷蔵終了では2本強と少し多くなった。また、1花茎当たりの切り花として有効な側枝はいずれの冷蔵終了時期も3.5本前後分枝しており、終了時期による大きな違いはみられなかった。切り花長は、いずれの冷蔵終了でも100cmを超えており、品質に問題はなかった。

第29表 塊根の冷蔵期間がデルフィニウム・ザリルの開花に及ぼす影響

冷蔵終了日 (月・日)	冷蔵期間 (日)	抽台率 ² (%)	開花率 ³ (%)	開花日 (月・日±SD)	冷蔵終了後の 到花日数	切り花長 (cm)	小花数
8・7	0	0	0	・	・	・	・
9・1	25	0	0	・	・	・	・
9・16	40	83	83	1・24±27	130	114	42
10・1	55	91	83	2・2±11	124	105	41

²定植後60日まで、³3月31日まで

第30表 塊根の冷蔵終了日がデルフィニウム・ザリルの開花に及ぼす影響

冷蔵終了日 (月・日)	冷蔵期間 (日)	抽台率 ² (%)	開花率 ³ (%)	開花日 (月・日±SD)	採花本数 (本/株)	花茎当たりの 側枝数	切り花長 (cm)
9・5	50	44	52	12・8±32	1.3	3.8	100
9・15		96	92	12・13±14	2.0	3.3	100
9・25		100	100	12・31±11	2.4	3.7	116

²定植後60日まで、³翌年の1月31日まで

第4節 考 察

ロゼット化した宿根草では、低温に遭遇することによってロゼットが打破されるため(小西, 1982, 1984), 最初に, デルフィニウムの苗を秋～冬季の自然低温に遭遇させた後に加温栽培して, ロゼットが打破された時期とロゼット打破に必要な低温量について検討した。第8図のように, 11月5日, 15日の加温開始では自然日長区の抽台がほとんどみられなかったことから, この時期には苗はほぼロゼット化していたとみなせる。抽台率は11月25日の加温開始で急激に上昇し, 12月15日の加温開始でほぼ100%に達したため, 12月15日まで自然低温に遭遇させればロゼットが打破されるといえる。そこで, 第7図に示した気温の推移にしたがい, ロゼット打破に必要なとされる低温量について検討してみる。11月5日には日最低气温は6.6℃まで低下しており, Ogasawaraら(1996)によれば2月上旬に最低气温9℃で45日間の低温処理した場合に, 低温無遭遇に比べ抽台が33日早くなったことを認めていることから, この温度であればロゼット打破に作用すると考えられる。そのように考えると, ロゼット打破に必要な低温期間は, 抽台率の最も低かった11月15日から数えると12月15日までの30日間程度であると思われる。しかしながら, 本図・浅野(1991)はエラータム系の2品種を供試し, 1月上旬に自然低温に3週間遭遇させると低温無遭遇の株に比べ25～42日間開花が早くなったことを認めており, 両実験の差異は用いた品種の違いによるのかも知れない。

なお, 長日条件では12月5日からの加温開始により抽台がよく揃うようになり, 12月15日の加温開始では自然日長区よりも長日処理区で抽台率が10日早く100%になったことから, 低温処理期間を10日間短縮しても長日処理によってロゼット打破が可能であると考えられる。このような長日の効果については, アキレア, りんどう咲きカンパニュラ, シノノメギク, ヤナギバユウゼンギク, カクトラノオおよびキハマギク(横井, 1985; 1987)でもみられている。

デルフィニウムの切り花は花束用に多く使用され, 3月上旬から4月上旬が大きな需要期となっている。本実験で, 実生苗を秋に定植し, 自然低温に遭遇させた後, 12月5日～25日の間に加温を開始し, 長日条件とすれば, この需要期に開花させることが十分可能であることが示された。得られた切り花の品質も, 市場価値の十分あるものであった。なお, 加温開始が早かった区で草丈が長く小花数が多くなっているのはロゼット化した株が開花し, 花穂の帯化等の奇形花が生じた結果であり(第22表), 切り花品質が良くなったわけではない。

次に, 2番花となるシュート基部の側芽の伸長と低温の必要量との関係について検討してみる。1番花が開花する頃から生長を始める側芽に対して, 早期開花をねらって採花後も連続して加温すると, 第23, 24表に示すように一部の株で抽台は認められたが, 多くの株では側芽の休眠あるいは展葉してもロゼット状態が続いた。この休眠あるいはロゼットを打破するには低温遭遇が必要であり, 第23表に示されるように, ‘ブルースプリングス’では30日間の自然低温遭遇で81%, 40日間の遭遇によって全株が加温開始30日後に抽台した。なお, 30日間の遭遇でも加温開始45日目には100%の抽台がみられたこと, 平均抽台日も40日間遭遇より早かったことから, 低温遭遇期間が30日間であっても実用的には十分であると思われる。‘ブルースプリングス’に比べロゼット性の弱い‘M.F.ス

カィブルー’（第5図）では、30日間の自然低温遭遇で100%の抽台率が得られている（第24表）。これらの結果から、30日間の自然低温遭遇で休眠あるいはロゼットの打破は可能と思われる。

これらの実験では、側芽に対する低温遭遇開始時期である12月下旬の最高気温の平均は10℃、最低気温の平均は0℃程度であった。実験1のロゼット化した株の場合と同様に、この温度であれば側芽も低温に感応することが可能であると考えられる。最低気温が5℃に低下していれば、より確実に2番花への自然低温遭遇を開始することができると考えられ、第7図からみて11月下旬から、2番花となる側芽のロゼット打破に必要な低温に遭遇させることは十分可能であろう。第25表で示されたように、ほぼ全株の2番花が開花した30日間の低温遭遇では、加温開始からの到花日数はおよそ75日であった。これらの結果は、11月中に採花し、直ちに室内を開放して側芽を12月下旬まで低温に遭遇させた後、加温を開始すれば、1月中旬に抽台し、需要期の3月上旬から2番花を得ることが可能であることを示している。

また、4月に開花する2番花のシュート基部に発生した複数の側芽は、2番花の発らい後から徐々に生長を始めたがロゼット化することなく抽台し、2番花の開花から2か月弱で開花した。これは、4月になると日射が強くなって温室内の日中の気温が30℃以上となる日が多くなることや、日長が13.5時間以上になる高温・長日条件下では苗の抽台が促進されるように、側芽がロゼット化しにくかったと考えられる。なお、第25表中の3番花の開花率が低かったのは調査を6月15日で打ち切ったためであり、側芽はロゼット化することなく伸長し、6～7月に開花している。

‘M.F.スカィブルー’の2番花では、低温遭遇期間が長くなると切り花長や小花数の値が小さくなった（第25表）。これは、1番花を12cmポリポットで開花させたことから1番花のシュート基部が細く、そこに発生した側芽も小さかったことが影響したと思われる。実際の地植え栽培では、1番花のシュートが太く、第25表に示されたような切り花長の低下や小花数の著しい減少はみられないからである。ただ、過度な自然低温遭遇後に加温を開始すると抽台が加温開始から10日前後とかなり早く（第24表）、十分な栄養生長をする前に花芽の形成が始まったためと推測される（第2図）。これに対し、自然低温無遭遇区や遭遇期間が短い区で開花した株では、抽台までの期間が長く、その間に栄養生長が進んだ結果として切り花長や小花数の値が大きくなったことも考えられる。したがって、2番花の切り花品質を高めるには、自然低温遭遇後の加温温度の影響について今後検討することが必要であろう。

本実験の結果から、1株で3回採花する3度切り栽培が可能であることが示され、この3度切り栽培は実際栽培に広くとり入れられている。

次に、シネンシス系品種とペラドンナ系品種の2番花となるシュート基部の側芽の伸長と低温の必要量との関係について検討してみる。エラータム系品種と同様に、休眠あるいはロゼットを打破するには低温遭遇が必要であり、第26、27、28表に示されるように、両系統の品種も30日間の自然低温遭遇でほぼ全株が早期に開花した。しかし、シネンシス系品種では40日間まで低温に遭遇させた方が開花が早く、採花本数も多かったことから、40日間処理がより有効であることが明らかとなった。これらの実験も、エラータム系品種の実験と同時期に行われたものであり、側芽に対する低温遭遇条

件は同様に考えて問題はない。ただ、ペラドンナ系の‘ボルクレード’では、開花までの期間が長いことから、需要期の3月開花をめざすには11月下旬～12月上旬までに採花し、ただちに低温遭遇させる必要があることが認められた。

ザリルを温室内で栽培すると、未抽台の株では5月中旬になると株の地上部がしだいに黄変し始め、やがて枯死するので6月以降の栽培は難しくなる。このため、気温が低下し始める9月下旬に苗を定植し、加温栽培すると翌年の2月からの開花となる。本種は幼若性が強いことから抽台までの期間が長く、また、発蕾から開花まで約2か月を要することから年内に開花させることはむずかしい。しかし、ザリルは休眠に入る前に塊根を形成しており、シュッコンカスミソウでは株(須藤ら, 1983)や根株(木村, 1979, 1980)を冷蔵することにより開花を早めることができるのと同様に、冷蔵処理することによって抽台を早めることが可能であると考えられた。

そこで最初に、開花後に休眠している塊根の抽台に必要な低温処理期間を検討した。実験の結果、55日間の低温処理によって抽台率は90%となったことから、55日間程度の低温処理が必要であることが認められた。ザリルの塊根はランンキュラスの塊根に似ており、また、自生地の一部はランンキュラスの自地に近い。このことから、ランンキュラスのように催花に対して低温は必要でない(Ohkawa, 1986)ように思われたが、ザリルの場合、低温処理をしなかった処理区あるいは低温処理期間が短い区では早期の発芽や抽台はみられなかった。これらの定植日は高温時期であり、高温による冷蔵処理の効果が消去されていることも実験2の結果から認められるが、不抽台の主要な要因とは考えにくい。また、冷房室で育苗した苗を高温期の8月下旬に定植すると、半数の苗の地上部は枯死するがそのまま抽台し秋に開花する苗もあることから(未発表)、種子から育てた場合、低温は催花には作用しておらず、低温処理によって休眠が打破され、抽台しやすい生理的な条件になったものと考えられる。

また、実験1では最低夜温を15℃とした自然日長で、実験2では最低夜温を10℃として4時間の光中断処理による長日処理をおこなって定植後の管理をした。実験1の55日間冷蔵で10月1日に定植したものと、実験2の50日間冷蔵で9月25日に定植したものでは、実験の低温処理条件がほぼ同じであるが、抽台率は夜温の高い実験1よりも長日処理を加えた実験2の方が高かった。この理由は、長日処理した方が自然日長に比べ抽台までの期間が短かったためと思われる。

冷蔵効果が最も高かった55日間冷蔵の定植は10月1日であり、その場合の開花日は翌年の1月24日で年内に開花しなかった。したがって、年内に開花させるためには定植日を早める必要があり、そのときには高温時期の定植となることから冷蔵処理の効果が消去されることが予想される。そこで、低温処理の効果が消去されない安全な冷蔵処理の終了時期を検討した。この結果、低温処理の効果が消去されない安全な冷蔵処理終了日は9月25日であることが明らかとなった。しかし、9月25日の定植では開花は12月31日になり、実際には年内に開花させることができない。その前の9月15日の終了では96%の株が抽台しており、実際栽培状では問題がないと思われる。そして、9月15日定植では開花が12月16日であったことから年内に開花させることが十分に可能である。

第5節 摘 要

エラータム系デルフィニウムのロゼット打破に必要な低温遭遇量を知るため、最初に、無加温で栽培した苗を順次加温することにより、秋～冬季の自然低温遭遇によってロゼットが打破される時期を調べた。次いで、2番花となるシュート基部の側芽についても、シネンシス系品種と栄養繁殖性のベラドンナ系品種を加えて、同様の方法でその伸長に必要な低温遭遇量を検討した。また、ザリルを年内に開花させるため、塊根の冷蔵による早期開花のための検討を行った。

1. 秋～冬季にロゼット化した‘ブルースプリングス’の苗は、自然日長下で、12月15日まで自然低温に遭遇させるとほぼロゼットが打破された。ロゼットが打破されるために必要な低温期間は、30日間であったが、加温後の長日処理は必要な低温遭遇期間を10日程度短縮させた。

2. 2番花となる1番花のシュート基部の側芽は、1番花の採花直後には休眠あるいはロゼット化しており、最低夜温5℃程度の自然低温に30日間遭遇させると、ほぼ確実に伸長させることができた。

3. 伸長した1番花のシュート基部の側芽は、最低夜温を10℃に加温すると、加温開始から70～74日後に株当たり平均2.1本が開花した。

4. 3番花となる2番花のシュート基部の側芽は、2番花が4月上旬に開花した後、ロゼット化することなく抽台し、約2か月後に開花した。

5. シネンシス系品種と栄養繁殖性のベラドンナ系品種の側芽も休眠あるいはロゼット化しており、最低夜温5℃程度の自然低温に30日間遭遇させると、ほぼ確実に伸長させることができた。

6. シネンシス系品種では最低夜温を10℃に加温すると、83日後に株当たり平均4.6本が開花し、栄養繁殖性のベラドンナ系品種では15℃に加温すると‘フォルカフレーデン’では加温開始から61日後に株当たり平均4.3本が開花し、‘ボルクレード’では加温開始から78日後に株当たり平均1.3本が開花した。

7. ザリルの休眠打破に有効な低温処理期間は50日間以上であり、低温処理を終えた後、9月15日以降に定植すれば株当たり平均2本のシュートが抽台し、加温開始後76～89日で開花し年内開花が可能となった。

第5章 総合考察

1. 生育習性

デルフィニウムは、元来、趣味園芸の花壇用花きとして利用され、基本的に無加温で栽培される宿根草である。ヨーロッパでは、冷涼なこともあって挿し芽繁殖が容易であり、高性で栄養繁殖性の品種が多く栽培されている。一方、アメリカにおいては気温が高いことから、宿根草化することがむずかしく、栄養繁殖が困難であった（田中，1984）。このため、Leineltはカリフォルニアで種子繁殖性の‘Pacific strain’を1930年代に作出した。種子繁殖性にするだけで、切り花生産に必要な種子生産が可能となったが、激しい花振るいが発生するために本格的な営利生産に発展することはなかった。このため、趣味園芸的な文献は多数みられるが生産花卉としての研究報告は少なく、1978年にデルフィニウムの花振るいに著効を示すSTSが開発されたときにおいても（Veen・Van de Geijin, 1978）、生態の多くが不明のままであった。ところが、STSの開発によって栽培が爆発的に増加したが、本種を切り花として秋～春季にかけて加温栽培する作型では生態の多くが不明であったことから、多くの問題が生じた。すなわち、高温期には小花数が少ない貧弱な花穂が見られるが、秋～冬の促成栽培では、激しいロゼットが発生し、予定された時期の開花が見られず、無加温栽培よりも開花が遅れた。しかも、いったんロゼット化した株から抽台した花序は奇形化し、収穫がほとんどできない株が多く見られた。また、11月上旬から開花させる早期促成栽培では、定植時期が9月上旬になるが、この時期までに苗を播種・育苗することは、西南暖地の西日本ではむずかしく、そのような苗は高冷地で育苗されていたが、実際栽培では高冷地苗であっても定植後に早期抽台を起こし、貧弱な切り花しか収穫することができなかった。しかし、生育習性に関する知見は、エラータム系品種を周年播種した無加温栽培での生育状況（村上・長野，1980）や北海道でエラータム系品種とペラドンナ系品種を用いた無加温栽培での生育状況（蝶野ら，1986）を調べた報告がある程度で、播種時期別の正確な花芽分化時期や促成栽培時に必要となる加温条件での生育状況は不明なところが多い。

このように、デルフィニウムの安定生産を図るためには、まず解決しなければならない問題が生育習性の解明であった。

エラータム系の品種を毎月上旬に播種して、無加温のビニルハウス内で栽培して生育状況を調査した結果、無加温ハウスで栽培すると花芽分化はほぼ周年にわたって認められ、広い温度域で分化していることがわかった。本種は自生地が冷涼地であることから、花芽分化には低温を受ける必要のあることが考えられたが、生育できる範囲内の温度であれば、高温のほうでより早く分化した。したがって、本種の催花に特定の要求はなく、高温長日条件によって促進されることが分かった。しかし、高温・長日条件下では過度の開花促進となり、早期に展開葉が6枚以下で抽台し、小花数の少ない花序となって商品性のある切り花が得られない株となった。また、エラータム系品種の小花数は花芽形成初期に決定されることも、顕微鏡での観察から明らかとなった。

さらに、いずれの花芽分化時期であっても、花芽分化と同時に抽台を開始することが認められた。

したがって、抽台が確認できればすでに花芽の形成が開始されたものと確認できることになる。また、最低夜温が 10℃程度の加温であれば、抽台開始から開花までの期間が約 2 ヶ月であることから、開花時期を予測することも可能となった。また、早期に展開葉が 6 枚以下で抽台した苗の花序は、小花数の少ない花序となることから（第 2 図）、商品性のある切り花が得られない早期抽台株は抽台時点で除去し、未抽台の良苗を植え直すことによって採花率を高めることができる。商品性のある花序は小花が 30 輪以上必要であるが、そのような花序は抽台時の展開葉数が 6 枚以上、開花時には小花までの展開葉数がおよそ 20 枚であった。この早期抽台は、夏季が高温となる西南暖地ばかりでなく、夏季が冷涼な北海道でも見られ、4 月播種で早期抽台が報告されている（蝶野ら、1986）。

本実験で、5～6 月に播種すると、すべての苗が抽台・開花したが、このときの平均気温は 20℃以上であった。また、第 2 章第 1 節の温度を一定にした実験では、20℃と 25℃一定で栽培すると全株が抽台したが、15℃では半数しか抽台しなかった。したがって、20℃以上の高温に連続して置かれると抽台が顕著に促進されており、本種の催花には 20℃以上の高温が促進的に作用していることが認められた。一方、第 15, 20, 21 表のように、長日も抽台を著しく促進することから、夏季の高温期には長日条件も加わって相乗的に過度の催花が進むものと思われる。

同様に、原種では夏には生育することができないで腐敗・枯死する種が多かったが、生育できる温度条件内であれば、特定の時期にだけ抽台・開花することなく周年にわたって抽台・開花が見られており、高温・長日条件下では早期に開花した。したがって、原種では、エラータム系の習性に近く、いずれの種も播種期に応じて順次抽台・開花したが、春～夏季には短期間で開花して小花数が少なくなった。なお、ザリルでは気温の上昇とともに茎葉が黄変し、塊根を形成して休眠した。

また、エラータム系品種の催花は生育できる温度と長日条件下では展開葉が 4～5 枚に達すると開始されており、花芽分化に対して低温は必要でなかったことから本種の催花はバーナリゼーションによるものではないことが明らかとなった。なお、8～11 月に播種された株では、低温時期を経過して 4～5 月に集中して開花していることから低温要求があるように見えるが、一方、加温栽培では秋～冬季に明らかなロゼットが発生することから、低温経過後に開花がよく揃うのは、ロゼット打破によるものと推察した。

2. 早期抽台防止

秋冬季にロゼット化する多くの宿根花卉では、ロゼット化を防止するために、夏季に冷房育苗が行われる。たとえば、トルコギキョウでは夏季に日中 25℃、夜間 15℃の冷房育苗、あるいは、夜間の 15℃の夜間冷房処理が有効とされている（吾妻・高野、1996）。ところが、このような温度条件で冷房育苗すると、元来、冷涼地に自生しているデルフィニウムでは生育適温となることや、この時期には日長もまだ長いことから第 4 図のように早期に多くの苗が抽台する。デルフィニウムの冷房育苗の目的は、早期抽台を抑制すること、すなわち、花芽分化の誘導を低温によって阻止することであり、ロゼット化の防止ではない。前述のように、デルフィニウムの花芽分化に特定の要求はなく、一定の齢に達すると高温・長日が促進する。したがって、高温条件を低温にすれば抽台が抑制されるが、前

述したように 25—15℃では生育適温となつて、夏季の長日条件下では多くが早期抽台してしまう。実験では、20—10℃まで低下させる必要があり、この低温条件ではほぼ早期抽台を抑制することができた。この場合、さらに短日条件を加えるとその効果を増加させることは可能であると思われるが、冷房室をさらに日長制御しなければならないことや短日による光合成量の減少に伴う生育不良も考えられる。また、多くの宿根草ではロゼット化をもたらす条件が涼温と短日であることから、育苗中にロゼット化がもたらされるおそれもある。早期促成栽培の定植時期は一般に9月10日頃が多く、この時期に定植されるとその後の涼温、短日によってロゼット化していくおそれが強いので、実際栽培には不適であると思われる。

一方、冷房経費を低下させるために、日中は寒冷紗の下で管理し、夜間のみ10℃で冷房育苗することも考えられるが、そのような場合、日中は30℃以上、夜間は10℃であるとその温度差が大きいことから生育が抑制される恐れもあり、良苗を育苗することが難しいと考えられる。また、経営規模が大きくなると育苗数も多くなり、朝夕の苗の出入庫管理には多大の労力を要することから、実際栽培では冷房室内で育苗する方が合理的であると考えられる。なお、高冷地で育苗する場合もあるが、施設内では気温の上昇が見られ、効果は安定しないものと考えられる。また、20—10℃の気温が維持される場所は標高が2,000m近くの高地になるものと思われ、このような適地を見出すことは実際問題としては極めて難しい。したがって、育苗経費は高くなるが、高温期に安定して苗の生産を行うためには冷房育苗に頼らざるを得ないものと考えられる。なお、夏季が冷涼な北海道においても、早期抽台が認められており（蝶野ら、1986）、夏～秋の栽培で良品を出荷する場合には冷房育苗が実施されている。

また、20—10℃で育苗する場合に展開葉が6～7枚になるまで育苗する必要が認められた。9月上旬の定植をめざすとなれば、まだ気温が高いために催花されやすく、十分に生長が進んだ苗でないと早期抽台苗となる。実験では、展開葉が最低6～7枚になるまで育苗する必要が認められた。より小花数の多い高品質の切り花を得るためには、展開葉が8～9枚の苗が望ましいがそのような苗は7.5cmのポットでないと育苗が難しい。6～7枚までであれば6cmポットで育苗可能であり、7.5cmのポットであれば面積的には1.6倍の面積が必要となってくる。実際栽培での育苗は、育苗経費が1苗当たり70円程度必要であることから、より多くの苗が育苗できる6cmポットで行われることが多い。

3. ロゼット

昭和48年頃から、我が国の花卉生産は飛躍的に増加したが、その背景として、多くの宿根草花卉の作付けが増加し、栽培の多様化が進んだことがある。しかし、それらは、秋～冬季にロゼット化し、生産が極めて不安定であった。これらの宿根草におけるロゼット化の要因は、その多くが夏の高温であることが共通的に認められた（小西、1975、1988）。しかしながら、デルフィニウムのロゼット化は、夏の高温に遭遇させるだけでは誘導することができず、逆に連続した高温条件下では抽台、すなわち催花に作用した。本研究の結果、デルフィニウムでは、短日条件がロゼット化をもたらす主要因であり、涼温はそれを助長することが分かった。しかし、第18表のように、一時的に夏の高温に遭

遇した苗では、涼温・短日条件に移されたときにはロゼットの発生率が高くなったことから、夏の高温はロゼット化をもたらす副次的な要因であることが分かった。したがって、夏季の高温を避けるために、本種を夏季に冷房室で育苗したとしても、秋冬季には涼温・短日条件であるとロゼット化する。本種を夏季に冷房育苗する目的は、あくまでも早期抽台を防止するためであり、ロゼット化を防止することが主たる目的ではない。

温室内の最高気温はまだ 30℃以上であるが、最低気温が 20℃を下回るようになる 9 月中旬に冷房育苗した苗を定植すると、一部の苗は抽台が遅れロゼット化するようになり、ロゼット化の割合は定植時期が遅れるにしたがい高くなる。本種のロゼット化がもたらされる主な要因は実生苗が短日条件に置かれることであり、涼温がそれを助長する。したがってエラータム系のデルフィニウムを安定して開花させるためには、苗を高温と長日条件に移してロゼット化を防止する必要があるが、その限界日長はまだ明らかにされていない。本実験の結果、18～20 時間以上の日長で抽台率が著しく高まった。Kikuchi ら (2000) は、涼温域では 20 時間日長で、高温では 16 時間日長でそれぞれ全株の抽台を認めている。これらの結果から、ロゼット化を防止するための長日となる限界日長は 18～20 時間の間にあるものと推測される。なお、多くの宿根草の開花促進に利用される暗期中断処理は本種にはあまり有効でなかった。

実際栽培で長日処理が行われるのは、冷房育苗した苗を 9 月上旬に定植し 11 月中旬に開花させる早期促成栽培と、実生苗を 10 月中旬に定植し、ロゼット化を防止するため 18 時間以上の電照・加温栽培し、加温の程度により 1 月上旬～2 月に開花させる普通促成栽培であるが、いずれも処理は抽台が揃うまでの期間であり、小花数の減少や花序の徒長を防ぐため徐々に日長を短くする。

長日処理に加えて、開花促進の方法としてロゼット打破がある。この方法は、1 番花を 11 月下旬に開花させた後に、2 番花となる主茎基部の側芽を早期に抽台・開花させることに有効である。この処理を行うことによって確実に 2 番花を 3 月に開花させることができるようになった。また、ロゼット性が強い栄養系のベラドンナ系品種の‘フォルカフレーデン’や‘ボルクレード’、あるいは最近栽培が急増したシネンシス系品種の 2 番花の 3 月開花も同様な処理によって開花を早め、斉一化させることができるようになった。

一方、3 月に安定して開花させるときには、10 月上旬に実生苗を定植し、そのまま無加温栽培していったんロゼット化させた後に、12 月中旬まで自然の低温に遭遇させてロゼット打破させるとよく抽台するようになる。

4. 安定生産技術

本研究の結果、生産当初のエラータム系品種での著しいロゼット化は、定植と同時に 18～20 時間の長日処理を行うことによってほぼ解決され、現在ではロゼット化した株を見ることはほとんど無くなっている。また、1 番花を採花した後の主茎基部の側芽のロゼット化は低温遭遇させることで完全に打破できるようになり、需要期の 3 月に 2 度切り栽培によって出荷できるようになった。この方法は、シネンシス系品種や栄養繁殖性のベラドンナ系品種にも応用されて 2 番花の早期安定生産が可能

となった。さらに、高温期に安定して良苗を生産することができる育苗温度が明らかにされ、冷房育苗した展開葉が6~7枚の苗を9月10日に定植すると、抽台は2週間後の9月24日頃で、その2ヶ月後の11月下旬に高品質の1番花が開花する。採花終了後30日間低温に遭遇させて12月下旬から暖房を開始すると、2週間後の1月中旬に抽台し、その2ヶ月後の3月中旬に2番花が開花する。すなわち、デルフィニウムでは、ロゼット化がなければ1, 2番花ともに定植後ほぼ75日で開花する。このように、冷房育苗を組み込んだ生産体系では、育苗経費はかなり高いが、安定した計画生産が可能であり、11月の生産に加えて需要期の3月に高品質なデルフィニウムの切り花を複数出荷できるようになった。

この技術はいち早く全国の生産農家に技術移転され、企業的な大型農家は冷房施設を設置し、11月から切り花を全国に出荷している。また、本県の大型冷房育苗施設を設置している農家では、県外からの委託を受けて苗を受託生産している。また、平成11年度における東京市場でのデルフィニウムの取扱高は第12位の主要切り花に発展しており、本研究はその生産の発展の一翼に寄与できたものと思われる。

第6章 摘要

デルフィニウムは宿根性であるが、切り花栽培では1年草として扱われ、種子で繁殖される。切り花として利用価値が高いのは交雑種で八重咲きのエラータム系、一重咲きのペラドンナ系ならびにシネンシス系であり、原種のカージナル、ザリルも一部栽培されている。

デルフィニウムの切り花生産は、暖地の春季開花および寒冷地の夏～秋季に開花させる普通栽培が中心であったが、花振るいを完全に防止できるようになったことから需要が増え、暖地で加温によって晩秋から開花させる促成栽培へと作期の前進が試みられた。しかし、主に栽培されているエラータム系品種では、夏～初秋には展開葉6枚未満で抽台する早期抽台、晩秋～冬季にはロゼット化による開花遅延、さらに春季にはロゼット化に起因する奇形花の発生などの問題が生じた。

本研究では、これらの問題を解決するため、エラータム系品種を中心に、まず生育習性を詳細に調べ、次いで早期抽台の防止に必要な夏季の冷房育苗法の効果を検討した。さらにロゼット化をもたらす環境要因を明らかにして、それに基づくロゼット化の防止あるいはロゼット打破の方法を見出し、秋～春季にわたって安定して開花させる生産技術を開発しようとした。

第1章 生育習性

エラータム系品種と数種の原種を毎月上旬に播種し、冬季無加温ハウスで栽培したときの生育習性の季節的変動を調べた。さらにペラドンナ系品種を加えて、5月から10月まで毎月播種し、冬季10℃加温ハウスで栽培したときの生育状況を調べた。

無加温ハウスで栽培すると、エラータム系品種では、いずれの播種時期においても花芽分化が認められたが、播種から花芽分化までの期間は、春～夏季は短く、秋～冬季には長くなり、花芽分化は高温期には著しく早められた。抽台は花芽の分化発達にもなって始まり、この時にほぼ小花数が決定されることが観察された。また、葉数と小花数との間に高い相関があり、葉数が少ないときには小花数が少ない貧弱な花穂となり、葉数が多いと小花数が多い高品質の切り花が得られた。原種では、エラータム系品種の開花反応に近く、いずれの種も播種期に応じて順次抽台・開花したが、春～夏季には短期間で開花して小花数は少なくなった。夏には枯死する種が多く、ザリルでは塊根を形成して休眠した。

最低気温10℃の加温ハウスで栽培すると、8月以降の播種ではロゼット状態になった株が多く発生し、抽台が遅れるとともに、後になって抽台した花穂は奇形化して商品性がなくなった。一方、ペラドンナ系品種は、秋季にロゼット化することはなく、エラータム系品種の生育習性と大きな違いがみられた。原種のカージナルとヌーディカーレは秋～冬季にはロゼット化したが、グランディフローラムでは抽台時の葉数は多くなったもののロゼット化はみられなかった。

第2章 冷房育苗による早期抽台の防止

エラータム系品種は夏季の高温・長日期には早期抽台することから、これを抑制するため、育苗時の温度が抽台と切り花品質に及ぼす影響を検討した。

15℃、20℃および25℃一定の温度で栽培したところ、20℃、25℃ではほぼ全株が展開葉数5~8枚の少ない葉数で抽台したが、15℃では半数の株は展開葉数25枚で抽台し早期抽台が著しく抑制され、残りの株は抽台しないままロゼット化した。次に昼夜の温度を20-10℃(昼温-夜温)、25-15℃、30-20℃と変えて育苗すると、20-10℃で最も高い早期抽台防止効果が認められた。この温度下で、展開葉数が6~7枚に達するまで育苗し定植すると高品質の切り花が得られた。昼間は戸外の50%遮光の寒冷紗下においてなりゆきとし、夜間のみ10℃とする処理では小花数の減少が認められ、終日冷房が有効であることが分かった。また、品種によっては、冷房育苗時に短日処理を加えると早期抽台防止をより高める効果が認められた。

第3章 ロゼット化に關与する環境要因とその防止

育苗時の温度と定植後の栽培温度、照度ならびに日長とロゼット化との関係について調べ、エラータム系品種のロゼット化をもたらす環境要因とロゼット化防止法を検討した。

10月上旬から最低夜温18℃とした高夜温条件下で栽培すると高い抽台率を示したが、最低気温10℃の低夜温下では抽台が抑えられロゼット化した。その場合、育苗時になりゆきあるいは32-16℃の高温条件に置かれていた株は、20-10℃の涼温条件にあったものに比べて抽台率が低く、ロゼット化する株の割合が高くなった。また、秋季の涼温・短日条件下で遮光処理を行うと、遮光区での抽台率は無遮光区に比べかなり低くなった。さらに、22℃恒温下で、12月21日より自然光を22時まで白熱灯で補光した長日区と自然日長の短日区を設けて日長の影響を検討したところ、長日区では全株が短期間に揃って抽台したのに対し、短日区では抽台率が著しく低く、多くの株がロゼットになった。これらの結果、エラータム系品種のロゼット化は短日が主要因となってもたらされ、20℃以下の涼温がそれを助長すること、育苗時の高温遭遇と生育期の低照度はそれを強める副次的な働きをすることが明らかとなった。

ロゼット化防止に有効な日長時間を検討したところ、18時間以上の日長が有効であることが認められた。暗期中断の効果は品種によって異なるが、16時間日長の効果と同程度と低かった。

第4章 低温遭遇によるロゼット打破

ロゼット化した苗、または1番花の開花後に休眠あるいはロゼット状態にあった1番花基部の側芽を自然低温に遭遇させ、低温遭遇が休眠・ロゼット打破に及ぼす影響を検討した。

エラータム系品種の実生苗については、10月4日に定植した後12月15日まで自然低温に遭遇させ、その後加温すると、速かに抽台がみられ早期に開花した。したがって、ロゼットが打破されるためには12月15日まで自然低温に遭遇させる必要があった。また、加温後の長日処理は必要な低温遭

遇期間を10日程度短縮させた。

12月20日に花穂基部の側芽の上で1番花を切り戻し加温すると、2番花となる1番花の側芽はそのまま休眠あるいはロゼット状態を続け、この状態を打破するには12月下旬から30日間自然低温に遭遇させる必要があった。その後に加温すると、ほぼ確実に複数の側芽が伸長し、加温開始からおおよそ75日後に開花した。2番花の側芽はロゼット化することなく約2か月後に3番花が開花した。なお、シネンシス系の品種でも同様に自然低温に30日間遭遇させるとほぼ確実に複数の側芽を伸長させることができ、加温開始2か月後に2番花、さらに約2か月後に3番花を得ることができた。

総 括

デルフィニウムのエラータム系品種の暖地における促成栽培では、高温時期に苗が早期抽台や腐敗枯死するために栽培が難しく、一方、秋～冬季の加温栽培ではロゼット化し、花穂が奇形化するという問題をかかえていた。本研究では、冷房育苗による早期抽台の防止、加温と長日処理によるロゼット化の防止、さらに自然低温遭遇によるロゼット打破について明らかにし、その結果を踏まえ、次のような秋～春季に安定して開花させる技術を開発した。

早期抽台を防止するには冷房育苗が有効であり、7月上旬から昼温一夜温を20–10℃まで低下させた冷房室内で育苗し、展開葉が6~7枚に達した大苗を9月中旬以降に定植して10月上旬から加温栽培すると、定植時期・加温の程度に応じて11月中旬から12月に高品質の切り花が得られる。その場合、ロゼット化を防止するため18時間以上の長日処理を抽台が終了するまで行い、抽台後は徐々に日長を短くする。11月中旬に採花した場合には、2番花となる花穂基部の側芽は休眠あるいはロゼット化しているので室内を開放し、12月下旬までの30日間自然低温に遭遇させて休眠あるいはロゼットを打破する。その後、加温すると、ほぼ確実に複数の側芽を伸長させることができ、2番花が需要期の3月中旬に開花する。2番花の側芽はロゼット化することなく伸長し、約2か月後の5月下旬に3番花が開花して、3度切り栽培が可能となる。また、実生苗を10月上旬に定植し、12月中旬まで無加温で栽培すると、自然低温に遭遇してロゼットが打破され、それ以降10℃に加温して長日下で栽培すると、1番花が需要期の3月中旬に得られ、2番花が5月下旬~6月上旬に開花する。実生苗あるいはセル成型苗を10月中旬に定植し、ロゼット化を防止するため18時間以上の電照・加温栽培すると加温の程度に応じて1月上旬~2月に切り花が得られる。以上の結果より、デルフィニウムのエラータム系品種の秋～春季における切り花の安定生産が可能となった。

謝 辞

本論文のとりまとめにあたっては、園芸学会・会長でもある、大阪府立大学農学部教授・今西英雄博士（現東京農業大学教授）に終始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教授・清田 信博士には有益かつ適切なお助言をいただいた。ここに謹んで心より感謝の意を表します。

本研究は広島県立農業技術センターにおいて実施され、その遂行に当っては多くの方々のご指導、ご協力をいただいていたものである。共同研究者である梶原真二主任研究員、原 敬和研究員（現広島県立病害虫防除所）および池田好伸主任研究員（現生物工学研究部）はじめ、今井俊治主任専門技術員、伊藤悌右野菜栽培研究部長、花き栽培研究部および野菜栽培研究部職員諸氏には多大なご協力をいただいた。日常の栽培管理には牧田勝昭専任技術員、藤原 宏専任技術員、和田 淳技術員、中村真紀技術員、元主任技術員・古川英則氏、元主任技術員・隠善久子氏に多大のご援助をいただいた。元園芸部長・是松博文氏にはデルフィニウムを研究するきっかけをいただいた。また、元園芸部長・船越建明氏、同・吉田隆徳氏、同・大友譲二氏より適切なお指導と御助言をいただいた。

元岡山大学農学部教授・小西国義博士には、当初の実験計画において貴重な御助言をいただいた。（農研機構）花き研究所交流科長・池田 広博士、兵庫県立淡路農業技術センター主任研究員・宇田明博士および茨城県立園芸研究所花き研究室長・本図竹司博士には、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、研究の推進にあたり、本実験に必要であった貴重な原種の種子をミヨシの羽田野場長、鶴島顧問および元場長多田邦雄氏から、実生苗を元第一園芸プランテック・佐藤室長から譲与していただくとともに、あたたかい励ましの言葉をいただいた。さらに、広島県花卉園芸農業協同組合草花部会の生産者の方々からは、多くの有益な情報とご協力をいただいた。

ここに、記して関係各位に感謝の意を表するものである。

引用文献

- 吾妻浅男・島崎純一・犬伏貞明. 1983. 種子の低温処理によるスターチス・シヌアータの開花促進について. 園学雑. 51 : 466-474.
- 吾妻浅男・犬伏貞明. 1986. シュッコンカスミソウの生育特性に関する研究 (第 1 報). さし芽苗のロゼット化の要因について. 高知園試報. 3 : 55-64.
- 吾妻浅男・高野恵子. 1996. トルコギキョウの開花調節に関する研究 (第 2 報). 冷房あるいは夜冷育苗による冬～早春出し栽培. 高知農技セ研報. 5 : 58-65.
- 蝶野秀郷・広原 誠・筒井 澄. 1986. デルフィニウムの生育・養分吸収経過ならびに播種期と生育開花との関係. 北海道大学農学部邦文紀要. 15 : 54-62.
- Edwards, C. 1989. *Delphiniums*. pp. 11-17. The Crowood Press. Ramsbury.
- Garner J., S. Jones and A. Armitage. 1997. Pinch treatment and photoperiod influence flowering of *Delphinium* cultivars. *HortScience*. 32 : 61-63.
- 樋口春三. 1993. 発育相—その意義と生理・生態. 農業技術体系・花卉編 1. pp. 3-20. 農文協. 東京.
- 平井宏昭・森源治郎. 1999. トルコギキョウおよびデルフィニウムの夏期育苗時におけるスポットエアコン利用によるロゼット化回避. 生物環境調節. 37 : 191-196.
- 今西英雄. 2000. 花卉園芸学. pp. 168-172. 川島書店. 東京.
- 勝谷範敏・岩佐直明・梶原真二. 1991. カンパニュラ・メジウムの早期開花に関する研究. (第 1 報) 苗齢と冷蔵期間が開花に及ぼす影響. 園学雑. 60 (別 1) : 498-499.
- 勝谷範敏・池田好伸. 1997. デルフィニウムの開花特性に関する研究. 園学雑. 66 : 121-131.
- 勝谷範敏・梶原真二. 1998. 促成栽培におけるカンパニュラ・ピラミダリスの日長反応について. 園学雑. 67 (別 2) : 414.
- Kikuchi, K., Y. Kanayama, Y. Wakamoto and K. Kanahama. 2000. Effect of seedling age, photoperiod, and temperature on bolting and inflorescence quality in *Delphinium*. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69 : 446-448.
- 木村喜久夫. 1979. 宿根カスミ草の生育開花調節に関する研究. (第 1 報) 株冷蔵が開花に及ぼす影響. 園学要旨. 昭 54 秋 : 370-371.
- 木村喜久夫. 1980. 宿根カスミ草の生育開花調節に関する研究. (第 2 報) 株冷蔵期間及び植付期が開花に及ぼす影響. 園学要旨. 昭 55 秋 : 326-327.
- 小西国義. 1975. さし芽苗の低温処理によるキクのロゼット化防止. 園学雑. 44 : 286-293.
- 小西国義. 1980. キクのロゼット化に関する研究. 園学雑. 49 : 107-113.
- 小西国義. 1982. 植物の生長と発育. pp. 184-195. 養賢堂. 東京.
- 小西国義. 1984. 宿根花卉のロゼット, 休眠問題. 園学雑. 53 : 96-99.
- 小西国義・今西英雄・五井正憲. 1988. 花卉の開花調節. pp. 108-113. 養賢堂. 東京.

- 小西国義. 1991. 花の園芸用語事典. pp. 88-89. 川島書店. 東京.
- Legro, R. A. H. 1961. Species hybrids in *Delphinium*. Euphytica. 10 : 1-23.
- Mason, D. T. and D. Vince. 1962. The pattern of growth in chrysanthemum as response to changing seasonal environment. Vol. 2 : 374-383. In : J. C. Garnand(ed.). Advances in Horticultural Science and their Application.
- 松川時晴・柏木征夫・小林泰生・吉尾厚・坂井康弘・有松政敏・樋口茂四郎・篠田守夫. 1978. ミヤコワスレの生育, 開花調節に関する研究. (第1報) 苗の低温処理程度ならびに冷蔵苗の定植時期が早期開花に及ぼす影響について. 園学要旨. 53春 : 398-399.
- 本図竹司・浅野 昭. 1991. デルフィニウムの開花調節に関する研究. (第1報) デルフィニウムの開花に及ぼす低温処理の影響について. 茨城園試研報. 16 : 53-63.
- 村上睦郎・長野慶子. 1980. Delphinium hybrids について (その二) . Giant Pacific 系の栽培. 恵泉女学園短期大学紀要. 13 : 77-86.
- 並河 治・井上知昭. 1979. スイートピーの開花促進について. (第1報) 低温および長日処理が, 冬咲きおよび春咲き性品種の開花におよぼす影響. 神奈川園試研報. 26 : 91-95.
- Nishimura, G. and M. Murakami. 1989. Studies on Delphinium hybrids. IV Flower bud differentiation and development in Delphinium hybridum cv 'Blue Bird' Keisen Jogakuen College Bulletin 1 : 122-133.
- Ogasawara, N., T. Hirasasu and H. Takagi. 1996. Effects of low temperature on the flowering in *Delphinium* 'Blue Bird' seedlings. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64 : 899-904.
- Ohkawa, K. 1986. Growth and flowering of *Ranunculus asiaticus*. Acta Horticulturae. 177 : 165-172.
- Ohkawa, K., A. Kano, K. Kanematsu and M. Korenaga. 1991. Effects of air temperature and time on rosette formation in seedlings of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Scientia Hort. 48 : 171-176.
- Post, Kenneth. 1942. Effects of daylength and temperature on growth and flowering of some florist crops. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. bul. 787 : 1-70
- Schwabe, W. W. 1955. Factors controlling flowering in the chrysanthemum. V. Devernalization in relation to high temperature and low light intensity treatments. J. Exper. Bot. 6 : 435-450.
- Shillo, R. and A. H. Halevy. 1982. Interaction of photoperiod and temperature in flowering control of *Gypsophila paniculata* L. Scientia Hort. 16 : 385-393.
- 須藤憲一・国重正昭・中川 脩・西尾小作. 1983. シュツコンカスミソウ小苗の生育に及ぼす低温処理の影響. 園学要旨. 昭58秋 : 302-303.
- 武田恭明・土井元章・浅平 端. 1981. シュツコンカスミソウのロゼット化に及ぼす温度, 光および苗齢の影響. 園学要旨. 昭56春 : 372-373.

- 竹田 義. 1994. トルコギキョウの実生苗と収穫後の側芽のロゼット化および抽だいに関する研究. 園学雑. 63 : 653-662.
- 竹田 義. 1996. カスミノウ (*Gypsophila elegans* Bieb.) の抽だいと開花に及ぼす播種期, 日長および栽培温度の影響. 園学雑. 64 : 875-882.
- 田中 宏. 1984. 朝日園芸百科. 3 : 204-206. 朝日新聞. 東京.
- 塚本洋太郎. 1964. 原色園芸植物図鑑 Vol. 2. pp. 78-80. 保育社. 大阪.
- Veen, H. and S. C. van de Geijn. 1978. Mobility and ionic form of silver as related to longevity of cut carnations. *Planta*. 140 : 93-96.
- Vegis, A. 1963. Climatic control of germination, bud break and dormancy. pp. 185-222. In : L. T. Evans (Ed.). *Environmental Control of Plant Growth*. Academic Press, New York.
- Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15 : 185-224.
- Williams, D. D. F. and R. A. Criley. 1969. *Perennial Delphinium in Hawaii*. *Hawaii Farm Sci.* 18 : 1-3.
- 横井邦彦. 1985. 宿根切花の開花調節に関する研究. (第1報) アキレア・スピードリオン他数種の生育開花に及ぼす入室加温時期と日長の影響. 奈良農試研報. 16 : 51-59.
- 横井邦彦. 1987. 宿根切花の開花調節に関する研究. (第3報) ユウゼンギク, キハマギクほか数種の生育開花に及ぼす入室加温時期と日長の影響. 奈良農試研報. 18 : 57-63.

Summary

Studies on Stable Cut Flower Production of Forced *Delphinium*

Noritoshi Katsutani

Delphinium is a herbaceous perennial and native to cool Europe. Cut flower production of delphinium starts from seeds, and hybrids of *Elatum*, *Belladonna* and *Chinensis* are mainly used. A few species of *D. cardinale* and *D. zaili* are also used. Since the silver thiosulfate complex was found to prevent abscission of petals in *Delphinium* drastically, the market demand for *Delphinium* as cut flowers has expanded.

This study was carried out to investigate *Delphinium* growth and flowering behavior in detail, to prevent too early bolting by raising seedlings at cool temperatures during hot summer conditions, and to define the environmental factors involved in rosette formation. Furthermore, the duration of exposure to natural low temperatures necessary to induce bolting, and suitable methods for preventing rosette formation were also determined, with the aim of stable cut flower production of forced *Delphinium*.

Chapter I Bolting and flowering behavior

The effects of seasonal changes on the bolting and flowering behavior of *Elatum* hybrids and of species of *Delphinium* grown in an unheated greenhouse throughout the year were investigated. Furthermore, the effects of heating under a natural photoperiod on the bolting and flowering of *Belladonna* hybrids, as well as on *Elatum* hybrids and species, were investigated.

Flower bud differentiation of *Elatum* hybrids occurred under a wide range of temperatures almost all year round. When seedlings were planted in warm and hot seasons, the period from sowing to flower bud differentiation was shortened, whereas when they were planted during the cool or cold seasons, the period was prolonged. Flower bud differentiation and development always followed bolting: numbers of florets were determined at this stage by microscopically observation. A high correlation between numbers of leaves and numbers of florets was observed. Plants which differentiated flower buds at a low node produced poor spikes with few florets. Plants which developed many leaves below the first floret produced higher quality spikes with more florets. Thus, the greater the number of leaves

before floret formation, the more florets were formed per spike. Bolting and flowering behavior of species resembled that of *Elatum* hybrids; all of the species bolted and flowered in a similar pattern, which was determined by the time of sowing. When seedlings of the species were planted in warm and hot seasons, the period from sowing to flowering was shortened and poor spikes with few florets were produced. Many species wilted and died under hot summer conditions; *D. zaili* became dormant after forming tuberous roots.

When seedlings of *Elatum* hybrids were sown after August and grown in a heated house kept at a minimum temperature of 10°C under natural photoperiods, many plants produced rosettes. Plants which formed rosettes were slow to bolt and produced malformed spikes lacking marketable value. Compared with *Elatum* hybrids, *Belladonna* hybrids showed different bolting and flowering behavior and did not form rosettes. *D. cardinale* and *D. nudicaure* formed rosettes from autumn to winter, whereas *D. grandiflorum*, which formed many leaves before bolting, did not produce rosettes at all.

Chapter II Prevention of early bolting by raising seedlings at cool temperatures

To develop suitable methods of raising seedlings at cool temperatures for *Elatum* hybrids of *Delphinium*, the effects of the raising temperature on the seedlings, the development stage of seedlings at planting, and of short photoperiods during the cool raising regime on the prevention of early bolting and on the numbers of florets were investigated.

When seedlings were grown at constant temperatures of 15, 20 and 25°C, seedlings grown at 20°C and 25°C bolted after the plants developed 5 or more leaves. However, half of the plants grown at 15°C bolted with 25 developed leaves, and early bolting was almost completely prevented; the remaining plants remained vegetative and later formed rosettes. Early bolting was almost completely prevented when seedlings of 'Blue Springs' were raised at cool temperatures of 20°C (day, 12 hrs) and 10°C (night). Marketable spikes with more than 30 florets were harvested, even after planting in the hot season of August, when seedlings of 'Blue Springs' were grown at controlled cool temperatures until the stage of 6-7 developed leaves. Cooling only during the night (16 hrs) combined with prevailing temperatures under 50% shading during the day resulted in a substantial decline in floret numbers in 'Magic Fountains Lavender' and a less severe decrease in 'Blue Springs'. Short photoperiod (8 hrs) during cool raising succeeded in increasing the number of florets of 'Magic Fountains Lavender' but did not change it in 'Blue Springs'.

Chapter III Environmental factors involved in rosette formation and rosette prevention by long photoperiod

To determine the environmental factors involved in rosette formation of *Elatum* hybrids of *Delphinium*, bolting behavior in response to temperatures, photoperiods, and light intensities was investigated. The effect of photoperiod on rosette prevention was also studied.

Seedlings subjected to high temperatures above 25-20°C (day-night) for 40 days just after germination formed rosettes when they were transferred to lower temperatures below 20-15°C, whereas they bolted quickly when they were kept at the high temperatures continuously. A high percentage of seedlings bolted when they were transferred to a greenhouse kept above 18°C in early October, but those kept at a minimum night temperature of 10°C formed rosettes. Rosette formation was prevented most successfully by growing the plants at a regime of cool temperatures (20-10°C), while percentages of bolted seedlings following growth at the high ambient temperatures then prevailing at 32-16°C (day-night) were lower, and percentages of rosette formation were higher. Rosette formation was also accelerated by growing seedlings under 50% shading. All the seedlings bolted under a long photoperiod with supplementary lighting until 10:00 h during winter at 22°C, but seedlings became rosetted under the natural short day conditions. It was concluded that short day length was the primary cause of rosette formation in *Elatum* hybrids and that cool temperatures accelerated it. Exposure of seedlings to high temperatures during the raising period and/or low light intensity after planting also enhanced rosette formation secondarily.

Exposing seedlings to longer photoperiods than 18 hours before lowering the night temperature to 20°C was effective in preventing them from forming rosettes during forcing, but the effect of a light break was less or similar to that of a photoperiod of 16 hours, depending on cultivars.

Chapter IV Breaking rosettes by exposure to low temperatures

The effects of the duration of exposure to natural low temperatures required for bolting of rosetted seedlings and lateral buds of *Elatum* hybrids, and for the lateral buds of *Chinensis* hybrids and *Belladonna* hybrids propagated vegetatively, were investigated. Chilling treatment of tuberous roots of *D. zalil* was also studied.

When seedlings of 'Blue Springs', which formed rosettes from autumn to winter, were exposed

to natural low temperatures until 15 December or 5 December, they showed higher bolting percentages after transferring to a greenhouse kept at over 10°C under a natural or a long day length. These results indicate that exposure to low night temperatures below 7°C for 30 days was required to induce bolting of rosetted seedlings, and long day treatment after heating at over 10°C shortened the necessary cold treatment duration for 10 days.

Lateral buds on the bases of main stems were induced to elongate and bolt if plants were exposed to low night temperature near 5°C for 30 days, after cutting back the main stems in 'Blue Springs' and 'Magic Fountains Sky Blue'. When they were grown at daily minimum temperatures of 10°C, they produced 2.1-2.2 flower stems/plant and flowered 70-74 days after heating. Lateral buds on the base of secondary shoots bolted without rosetting after secondary flowers were harvested in early April: they flowered about 2 months later.

Chinensis hybrids and Belladonna hybrids propagated vegetatively were also induced to elongate several lateral buds and bolt if plants were exposed to natural low temperatures for 30 days: secondary and tertiary flowers were then harvested 2 months later, in each case, after the reset of heating. Dormancy of *D. zaili* was broken when the tuberous roots of the plants were stored at 2°C for more than 40 days. The tuberous roots planted on September 15th started flowering from the end of November and almost all plants flowered until the end of year.

A stable cut flower production based on Eratum hybrids of *Delphinium* from autumn to spring was made possible through this study.

広島県立農業技術センター研究報告 第73号

平成14年12月27日 印刷

平成14年12月27日 発行

編集
発行 広島県立農業技術センター

☎739-0151 広島県東広島市八本松町原

☎ (0824) 29-0521

印刷所 (株) ニシキプリント

☎733-0833 広島市西区商工センター7丁目5番33号

☎ (082) 277-6954
