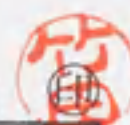


論文目録

氏 名 竹田 義



学位論文

題 目 秋播き一年草および種子繁殖性多年草の開花生態に関する研究

学位論文の基礎となる学術論文

題 目 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

著 者 名 竹田 義

学術雑誌名 園芸学会雑誌 に発表

(巻・号・頁) (63巻・3号・653～662)

発行年月 平成6年12月

題 目 トルコギキョウのロゼット苗の抽だいと開花に及ぼす低温処理の
影響

著 者 名 竹田 義

学術雑誌名 園芸学会雑誌 に発表

(巻・号・頁) (64巻・2号・359～366)

発行年月 平成7年9月

題 目 カスミソウ (*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

著 者 名 竹田 義

学術雑誌名 園芸学会雑誌 に発表予定

(巻・号・頁) (64巻・4号・)

発行年月 平成8年3月

既 発 表 学 術 論 文

題 目 チューリップサビダニの防除

著 者 名 竹田 義・河田敬一・佐藤和郎・飯田 剛・鈴木 勲

学術雑誌名 京都府農業研究所研究報告 に発表
(巻・号・頁) (12巻・9～25)
発行年月 1984年12月

秋播き一年草および種子繁殖性多年草の
開花生態に関する研究

1995年

岐阜大学大学院
農学研究所
作物生産科
(信州大学)

竹田 義

秋播き一年草および種子繁殖性多年草の
開花生態に関する研究

竹 田 義



Fig. 1. Flowers of plants tested through the experiments.

目 次

緒 言	1
実験材料および共通する実験方法	3
第1章 秋播き一年草と多年草における低温処理と日長条件に 対する生育、開花反応の比較	6
第1節 秋播き一年草および多年草の種子および苗の低温処理ならびに 日長条件が生育、開花に及ぼす影響	8
実験1 吸水種子と成型苗の低温処理が生育、開花に及ぼす影響	8
実験2 日長条件が生育と開花に及ぼす影響	8
第2節 開花に対する低温要求性の有無	25
実験1 低温期を経過させない栽培における開花反応	25
第3節 低温処理後の高温遭遇	27
実験1 種子春化処理後の高温処理が生育、開花に及ぼす影響	27
考 察	28
摘 要	39
第2章 代表的な種の生長、開花に及ぼす温度と日長の影響	40
第1節 ゴデチア <i>Godetia hybrida</i>	42
第1項 播種時期と生育、開花の関係	42
実験1 播種時期が生育、開花に及ぼす影響	42
第2項 栽培温度および日長と生育、開花の関係	43
実験1 栽培温度と日長が生育、開花に及ぼす影響	43
考 察	44
摘 要	44
第2節 カスミソウ <i>Gypsophila elegans</i>	45
第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響	45
実験1 播種時期が生育、開花に及ぼす影響	46
実験2 日長時間が生育、開花に及ぼす影響	47
実験3 高温期の日長条件が生育、開花に及ぼす影響	49
第2項 生育、開花に及ぼす低温の影響	50
実験1 種子の低温処理期間が抽だいに及ぼす影響	50
実験2 苗の低温処理期間が抽だい、開花に及ぼす影響	51
実験3 苗の温度遭遇が抽だい可能な日長時間に及ぼす影響	52
第3項 栽培温度、日長と生育、開花の関係	53
実験1 栽培温度と日長が生育、開花に及ぼす影響	53

第4項 生育, 開花に対するジベレリンの影響	54
実験1 短日および長日下におけるジベレリン処理が生育, 開花に及ぼす影響	55
考察	55
摘要	58
第2節 サボナリア <i>Vaccaria pyramidata</i>	60
第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響	60
実験1 播種時期が抽だい, 開花に及ぼす影響	60
第2項 生育, 開花に及ぼす低温の影響	61
実験1 種子の低温処理が抽だいに及ぼす影響	61
実験2 苗の低温処理が抽だい, 開花に及ぼす影響	61
第3項 栽培温度, 日長と生育, 開花の関係	62
実験1 栽培温度と日長が生育, 開花に及ぼす影響	62
考察	63
摘要	64
第3節 ケンタウレア <i>Centaurea</i> spp.	65
第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響	65
実験1 播種時期がイエローサルタンの生育, 開花に及ぼす影響	65
実験2 高温期の日長条件が生育, 開花に及ぼす影響	67
第2項 生育, 開花に及ぼす低温の影響	69
実験1 ヤグルマギクとイエローサルタンの種子の低温処理が抽だいに及ぼす影響	69
実験2 イエローサルタンの苗の低温処理が抽だい, 開花に及ぼす影響	70
第3項 生育, 開花に対するジベレリンの影響	70
実験1 短日および長日下におけるジベレリン処理がヤグルマギクの生育, 開花に及ぼす影響	70
考察	72
摘要	74
第4節 ダイアンサス <i>Dianthus</i> spp.	76
第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響	77
実験1 播種時期が生育, 開花に及ぼす影響	77
実験2 低温遭遇, 栽培温度および日長が生育, 開花に及ぼす影響	78
第2項 生育, 開花に及ぼす低温の影響	82
実験1 吸水種子および苗に対する低温処理の影響	82
実験2 苗の低温処理期間が生育, 開花に及ぼす影響	84
第3項 低温処理後の高温遭遇	85
実験1 低温処理した苗に対する高温処理が生育, 開花に及ぼす影響	85
第4項 生育, 開花に対するジベレリンの影響	86

実験1	ジベレリン処理が低温処理苗と無低温処理苗の生育, 開花に及ぼす影響	86
考 察		88
摘 要		91
第5節	トルコギキョウ <i>Eustoma grandiflorum</i>	93
第1項	ゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響	93
実験1	播種時期が生育, 開花に及ぼす影響	94
実験2	播種期, 栽培温度および日長条件が生育, 開花に及ぼす影響	95
実験3	育苗温度が抽だいに及ぼす影響	98
実験4	播種後の高温遭遇期間がロゼット化に及ぼす影響	99
実験5	定植後の栽培温度が切り下株の側芽のロゼット化に及ぼす影響	100
考 察		102
摘 要		105
第2項	ロゼット苗の生育, 開花に及ぼす低温処理の影響	105
実験1	種子の低温処理が生育に及ぼす影響	106
実験2	低温処理の温度がロゼット苗の生育に及ぼす影響	107
実験3	低温処理期間がロゼット苗の生育, 開花に及ぼす影響	108
実験4	低温処理が苗齢の異なるロゼット苗の生育, 開花に及ぼす影響	110
実験5	低温処理したロゼット苗の生育, 開花に及ぼす栽培温度と日長の影響	111
考 察		112
摘 要		115
第3項	低温処理後の高温遭遇	115
実験1	ロゼット打破した苗齢の異なる苗に対する高温の影響	115
考 察		117
第4項	生育, 開花に対するジベレリンの影響	117
実験1	ジベレリン処理がロゼット化した株の生育, 開花に及ぼす影響	117
考 察		118
摘 要		118
第3章	総合考察および結論	120
	引用文献	133
	Summary	146

秋播き一年草および種子繁殖性多年草の 開花生態に関する研究

竹田 義

Studies on the flowering of hardy, half hardy annuals and seed propagation perennials

By

Tadashi Takeda

緒 言

新規性と多様性が求められる花卉の分野では、育種による変異の拡大とニュークロップの導入が活発に行われ、生産される種類も著しく増大し、一年草に対する関心も高まっている。

一年草は園芸的に春播き一年草と秋播き一年草に区別され、春播き一年草は熱帯、亜熱帯原産の耐寒性のない植物、秋播き一年草は主として温帯原産の耐寒性ないしは半耐寒性の植物である。秋播きの種子繁殖性花卉では切り花としては、スターチス・シヌアータ、ストック、トルコギキョウ、スイートピー等が、花壇用としてはパンジー、ハボタン等の生産が多い。施設で栽培される切り花花卉では、開花生態に関する研究蓄積が多く、主要な花卉ではその成果をもとに長期出荷体系が成立している。しかし、花壇用花卉では専ら品目の組合せによって周年の需要に対応していることから、花壇用の秋播き一年草で開花生態が明らかにされている種類は多くない。むしろ、生態育種によって早生化が図られている花卉が多く、ハナナ、ヤグルマギク、キンセンカ、デージー、ダイアンサスなど本来春に開花する性質をもつ種々の秋播き一年草で、早咲きのいわゆる寒咲き品種が育成されている。

生産の周年化は、開花制御、品種改良、環境制御の3つの要因の相互支援により促進され(47)、生理、生態に基づいた開花の制御は花卉園芸の分野では最も重要なテーマのひとつである。

近年になって、樋口ら(50)は花卉の開花生態に関する従来の情報を整理し、発育相と環

境要因の作用様式からその類型化の試みと提案を行った。開花の主要因として光周期型、温周期型、V R周期型の3型に分類し、これを細分して代表的な花卉名によって呼称を与え、秋播き一年草としてはスイートピー型とトルコギキョウ型が採用されている。しかし、数多い秋播き一年草で開花生態が明らかにされている種類は主要な花卉に限られ、これらと開花生態が未解明の多数の花弁との情報量の差はあまりにも大きい。これまで検討されていない種類のなかには、未知の生態を示す花卉が存在する可能性もあり、一年草に限っていえばその類型化が妥当なものかどうか判断が難しい。

本研究はこのような観点から、研究対象植物にわが国の種苗会社から比較的容易に種子を導入できる耐寒性、半耐寒性の種子繁殖性花卉をできるだけ数多く取り上げ、開花に及ぼす種子、苗の低温処理および日長に対する生育反応を調査することによって、開花生態の類型化を試みようとした。そしてグループを代表する数種の花弁については、生育と開花を規定している要因などについて詳細に研究を行った。

多種の一年草の生育、開花生態が解明されれば、出荷時期の拡大として生産に寄与するだけでなく、春化ならびに主要な多年草で検討されてきたロゼット化、ロゼット打破等の生理現象が、植物の分類あるいは自生地気候との関連においてより広範に類型化できるのではないかと考えた。

開花特性がなんらかの基準によって類型化されていれば、開花生態の知られていない新規品目の導入、開発が行われるとき、その開花調節の手法をある程度推測することが可能になる。また、ストック、パンジーなどにみられる生態育種は、生産効率を高めるため将来多くの品目で積極的に推進されるであろうが、開花を規定している要因が明確になれば生態育種の方角を探る指針にもなり得る。本研究はこれらの目的のために役立つと考え実施したものである。

謝 辞

本研究のとりまとめにあたっては、静岡大学農学部教授大川清博士よりその緒端をいただいたばかりでなく終始懇切丁寧な御指導と校閲を賜った。また、同大学教授兵藤宏博士およ

び同助教授狩野敦博士には有益かつ適切な御助言をいただいた。さらに、大阪府立大学農学部教授今西英雄博士には文献収集をはじめ多大な御支援と適切な御助言を賜った。ここに衷心より感謝の意を表するものである。

本研究の大部分は京都府山城園芸研究所において、また、花壇用花卉など研究の一部は大阪府立花の文化園において実施された。その遂行にあたって京都府山城園芸研究所佐藤和郎元所長、同飯田剛元所長、同嘉住熊次前所長、大阪府立花の文化園川端邑俊園長、同木村保元園長、同奥野孝前園長から適切な御指導と御便宜を賜った。さらに、同園芸研究所職員の方々、花の文化園職員の方々から終始有益な御指摘、御協力を賜った。また、大阪府立大学農学部島田有紀子氏には、調査に際して協力願った。ここに謹んで感謝の意を表する。

実験材料および共通する実験方法

供試植物

本研究において供試した植物は第1図に示した48種であった。分類上は18科32属であり、キク科の植物が10種と最も多く、次いでナデシコ科の9種であった。このうちゴデチア、ミカドナデシコ、ラッセルルピナスは種間雑種であり、他は種内変異によって育成された品種である。

供試材料の栽培管理

実験に供試した種子は、それぞれの実験の播種時期まで2℃に設定した冷蔵庫においたデシケーター内で保管した。

播種には原則として縦35cm、横50cm、深さ7cmの育苗箱もしくは育苗トレイを使用した。育苗トレイのサイズは200あるいは288穴のトレイとしたが、植物の種類によってこれ以外のサイズを使用した場合や、他の播種方法を採用した実験では必要に応じて明記した。

播種用土にはとくに記載がない限り、バーミキュライト単用あるいはバーミキュライト、ピートモス、パーライトを主体とした配合土を使用した。育苗期間中1週間に1回の割合で、

300~400倍に希釈した液体肥料 ($\text{NO}_3:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=10:4:8$) を与えた。

育苗箱を使用した場合は本葉が2~3枚 (節) 展開したときに、成型トレイで育苗した場合は根の発達状態を観察しながら移植適期とされるときに、9cm径のポットに鉢上げした。栽培に用いた鉢のサイズは9~18cmで、すべてプラスチック製であった。仮植後の育苗および栽培には真砂土5、ピートモス3、バーク堆肥2の体積比で混合したものに、配合土1ℓにつき苦土石灰2gとコーティング肥料(ロングL100, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=14:12:14$) 5gを添加したものを使用し、2週間に1回の割合で上記と同じ液体肥料を与えた。

育苗と栽培はガラス室あるいはビニルハウスで行い、夏期アルミニウムを蒸着した遮光率60%のネットで遮光した。温度管理の方法は各項に記載した。

日長処理の方法

本研究では、実験によって8~24時間まで種々の日長条件を設定した。光源にはすべての実験において60Wの白熱電灯を使用し、植物の直上約100cmの高さに設置することにより植物直上の光強度を $0.7\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上に保った。自然日長より長い日長域だけを設定した実験では、自然光に加え朝夕電照し、暗期の中央が午前0時になるようにして所定の日長時間とした。自然日長より短い日長域を含む実験では、パイプで作成した高さ約2mのトンネル内を厚さ0.1mmのシルバーポリエチレンフィルムで17~9時の間遮光し、自然光8時間に制限した条件下で内部を白熱電球で電照することにより所定の日長時間区を設定した。暗期の光強度は $0.03\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下とした。

調査方法

本研究では種々の花卉の環境条件と生育の関係解明を主たる目的とし、生育量は原則として主茎の葉数、草丈を中心に測定して評価した。実験によっては側芽の生育を測定した。花芽分化状況については必要に応じて実体顕微鏡下で観察した。

葉数はとくに記述がない限り、主茎の第1花の着花節位までとし、ロゼット葉と伸長茎の

葉が区別可能な植物については、必要に応じてこれを区別して調査した。葉数は葉序が対生の植物では節数で、互生の植物は本葉の枚数で示した。カスミソウのように岐散花序を形成し、茎の基部から先端に向かって普通葉から包葉への形態変化が連続している植物では、長さが1cm以上の包葉が着生する節位までを葉数として計測した。

草丈の調査は、第1花が開花した日に主茎について行った。生育量を経時的に調査した実験では、草丈は地ぎわから茎頂付近までの長さとした。

秋播き一年草では生育の前半一定期間ロゼット状態で生育する植物が多く、抽だいが発育段階を区別する重要な指標であるため、抽だいの開始時期を調査した。ロゼットと抽だいを判定する具体的な節間の長さは、節間長が約3mmになった段階で評価可能なトルコギキョウのような植物から、それが2cm程度になるまで評価しにくいダイアンサスなどの植物まで幅があった。また、数mmずつ節間伸長しロゼットの表現が適切ではないが、抽だい開始後の節間伸長の様相とは明らかに区別性が認められるサボナリアなどの植物もあった。したがって、本報告ではロゼットと抽だいを発育相の変化として捉え、節間が詰まった生育状態からこれと明らかに区別性が認められる著しい節間伸長を伴った生育状態への変化が観察された時を抽だい開始時期とした。

開花日は花数が少ない植物では第1花が開花した日とし、小花数が多い植物では約30%の小花が開花した日とした。開花時の生育調査結果を集計する際、1処理区にロゼット株と開花株が混在し、全体の平均値では区の生育状態が表現されにくいと判断されたときには、これらを区別しそれぞれの率と平均値を示した。

第1章 秋播き一年草と多年草における低温処理と日長条件に対する 生育、開花反応の比較

緒言

秋播き一年草および多年草に分類される花卉は、主として温帯原産の耐寒性、半耐寒性の植物で、生育期の前半には節間が詰まった状態で生育し、気温が上昇して日長が長くなる春から初夏に抽だいて開花するという生活環をもつ種類が多い。開花のために低温遭遇を必要とし、低温経過後は長日が開花を促進するというのがこのタイプの植物の一般的な開花生態とされている(96, 102, 141)。

低温に対しては、発芽中の種子の段階で低温感応する種子春化と、発芽後一定期間生長した植物体が低温感応して開花可能な生理状態になる緑植物春化にわけられ、花卉では前者の例としてスイートピー(24, 39, 44, 91)、スターチス・シヌアータ(10)が、後者としてはカンパニュラ・メデイウム(55, 151)、ストック(45, 52, 71)、ヒゲナデシコ、ルナリア(12)などが知られている。園芸的に重要なスターチス・シヌアータ、スイートピーでは催芽種子の低温処理はすでに実用技術として作期の拡大に寄与し、緑植物春化の例としてはカンパニュラ・メデイウムの苗低温処理による秋出し栽培技術が開発されている(65)。

温帯原産の多年生花卉には、休眠、ロゼット打破に低温を必要とする種類が多く、生育、開花に対する温度と日長の作用性に関して多くの研究例がある。株が遭遇した温度条件によって内生的な生理状態に差が生じ、それによって後の環境に対する生育反応に違いがあることがキク(34, 48, 49, 74, 75, 78)、シュツコンカスミソウ(6, 22, 120, 125, 126, 127)など主要な宿根草類で詳細に研究されている。小西は植物体の温度遭遇による生理的な状態の程度を、生長活性という概念によって説明している(75, 76, 77, 78)。

しかし、一年草や多年草でも種子繁殖性の花卉については、栄養繁殖性の多年草ほど研究例が多くない。長日による低温効果の部分的な代替作用など、生育、開花に及ぼす低温と日長の相互作用について解明されている種類は限定され、小西が提唱した概念によって開花生態を説明できるかどうかは明らかではない。

秋播きの花壇用花卉では近年になってパンジーの早出しを目的とした冷蔵方法に関する研究例がある程度で、専ら露地で利用されることから開花調節は行われておらず、生態育種による開花期間の延長と品目の組合せによって対応している。開花生理に関してもサルビアやマリーゴールドなど春播きの種類で研究例があるが(14, 105, 121), 秋播きの花壇用花卉で開花生態が解明されている種類は多くない。

そこで本章では切り花、花壇の用途を問わず、わが国の種苗会社から容易に種子を入手することができ、研究蓄積が比較的少ない秋播き花卉をできるだけ数多く取り上げ、種子および苗の低温処理、日長が生育と開花に及ぼす影響を調査した。取り上げた植物によっては一部すでに報告例のある植物もあるが、温度あるいは日長のいずれかについて調査された研究が多い。同一時期、同一実験場所において多数の植物を一括して取り上げて生育反応を比較することにより、個々の植物の開花生態が解明されるだけでなく、植物種間の開花生態の類似点と相違点を明らかにすることができ、開花生態の類型化がより普遍的に行えるとの考えのもとに以下の実験を行った。

本論文を構成する実験の大部分を実施した京都府山城園芸研究所の気温と日長時間を第2図に示した。

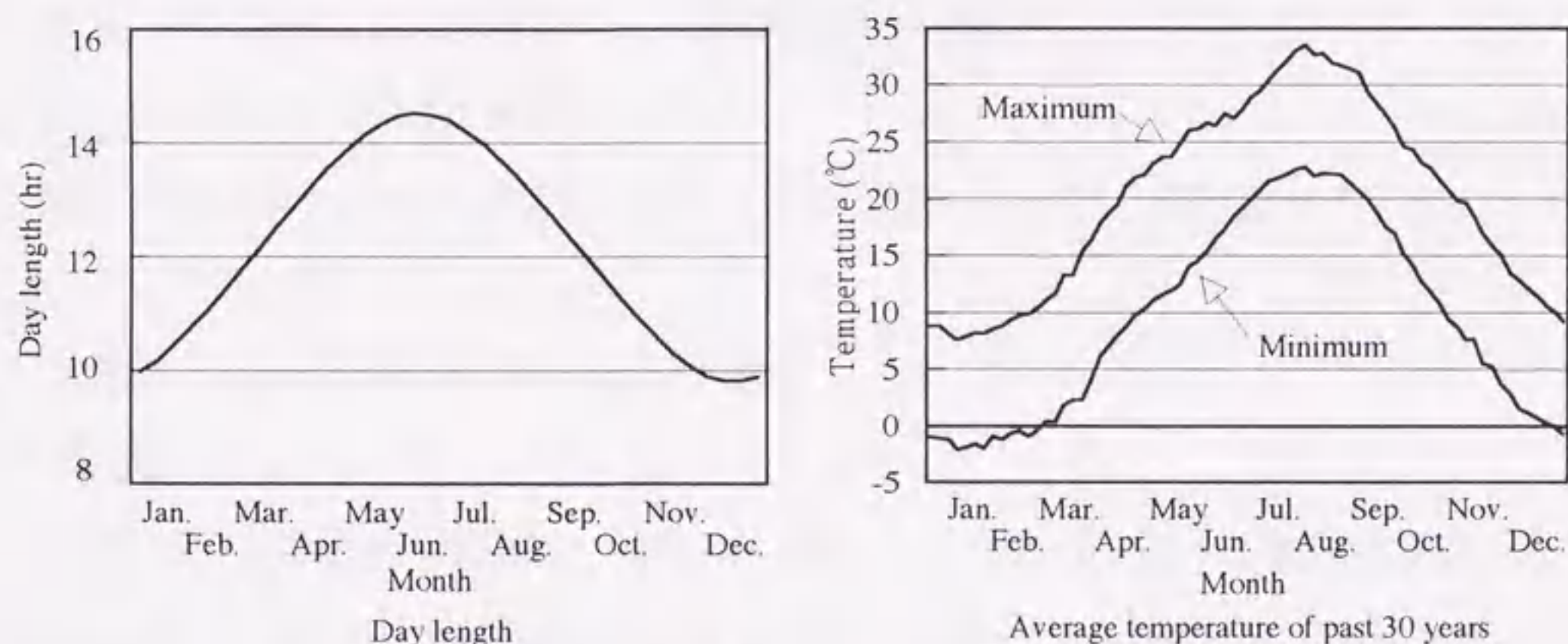


Fig. 2. Day length and temperature at Yamashiro Horticultural Research Station.

第1節 秋播き一年草および多年草の種子および苗の低温処理ならびに日長条件が生育、開花に及ぼす影響

実験1 吸水種子と成型苗の低温処理が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

実験は1993年と1994年の2回行い、供試した種は第2表および第3表に示した42種であった。このうち30種については、2回の実験に反復して供試した。

実験1-Aでは288穴の育苗トレイ（ルピナスのみ72穴）を用いて、8月1日に播種した。播種後かん水して吸水させた種子と、無加温ハウスで育苗したトレイの苗を4℃で4週間低温処理し、4週間後に播種した低温無処理区と生育を比較した。供試植物によって生育の早さが異なったため、苗低温処理区における播種後低温処理開始までの育苗期間は表中に示したように1～5週間の差があった。種子処理区と無処理区は根の発達状態を観察しながら移植適期と考えられるときに、苗処理区は低温処理を終えてから2、3日目に9cm径ポットに植え付けた。苗の低温処理では、処理期間中蛍光灯による連続照明を行った。光強度は植物体直上の最も明るい部分で $35 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。

生育に応じて最大15cm径のポットに植え付けた。育苗、栽培は、無加温ハウスの自然日長下で行った。

実験1-Bでは9月11日に播種を行い、低温処理を2℃4週間とし、実験1-Aと同様の方法で種子および苗に対する低温処理の影響を調べた。

実験1-Aは翌年1月31日に調査を打ち切り、1-Bでは種によって5月まで調査を行った。

実験2 日長条件が生育と開花に及ぼす影響

実験方法

10月23日に実験1-Bと同じ方法で播種し無加温ハウスで育苗した苗を、播種4週間後の11月20日に自然日長と24時間日長とした長日下に移して栽培した。処理開始日に移植可能な大きさに達していた種類は処理開始当日に、苗が小さかった種類は処理開始1～2週間後に9cm径ポットに植え付け、生育、開花状況を比較した。ヤグルマギクなど4種類の植物については、

12月10日から2週間ごとに草丈の伸長状況を測定した。

植物の種類によって生育の速さが違うため、表中に示した日に調査を打ち切り、このときまでに開花した株については開花日、草丈、葉数を、開花しなかった株は出らい状況と草丈、節数を調べた。ロゼット葉と伸長茎の普通葉との区別が可能な種類については、これを区別して調査した。供試株数は実験1-Aでは1区10株、実験1-Bでは12株とした。栽培は実験1と同じ条件の無加温ハウスで行った。

結 果

実験1-Aおよび1-Bの両方に供試した植物については、2年目の実験Bの結果を示した。生育の前半にロゼットの形態をとり、ロゼットと抽だいの形態的相違が明確な種について調査打ち切り日の抽だ率を示した。

本実験では栽培条件が無加温であり、実験期間中のハウス内の気温は第3図のように推移した。

処理に対する反応は多様であったが、低温処理と日長処理に基づいて分類すると第1表のように整理することができた。低温処理の影響に関しては、(A)種子の低温処理によって開花が最も促進される種類、(B)苗の低温処理によって開花が最も促進される種類、(C)低温の効果が判然としない種類、の3タイプ、日長の影響に

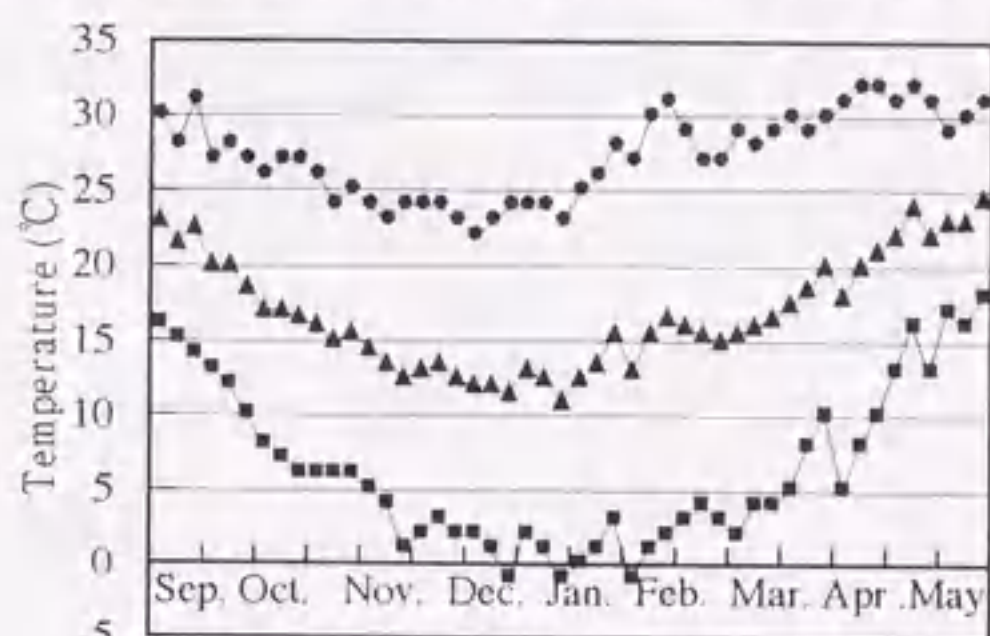


Fig. 3. Temperatures in an unheated plastic house during experiments 1 (1993-1994).

—●— Maximum. —■— Minimum —▲— Average

Table 1. Classification based on the response to low temperature and day length in experiments 1 and 2.

Response patterns	Differences of flowering time	Classification
Effect of low temperature		
Seed > Plant > Cont.	> 2 weeks	A
Seed ≐ Plant > Cont.	〃	A'
Seed > Plant ≐ Cont.	〃	A''
Plant > Seed > Cont.	〃	B
Plant > Seed ≐ Cont.	〃	B'
Seed, Plant ≐ Cont.		C
Effect of long day		
Long day > Natural day	> 4 weeks	1
Long day > Natural day	> 2 weeks	2
Long day ≐ Natural day		3

In case of no flowering, value was classified by budding ratio, stem length and leaf number.

Classification

- A Seed vernalization is most effective.
- A' Little difference is between seed and plant vernalization.
- A'' Little difference is between control and plant vernalization.
- B Plant vernalization is most effective.
- B' Little difference is between control and seed vernalization.
- C No difference is among low temperature treatments.
- 1 Long day accelerates flowering for 4 weeks or more than control.
- 2 Long day accelerates flowering for 2 to 4 weeks than control.
- 3 Difference of flowering date is within 2 weeks.

関しては作用性の大きさにより，1．長日処理によって4週間以上開花が促進される，2．長日処理によって2週間以上開花が促進される，3．無処理区との開花日の差が2週間以内，の3タイプに類別した．低温の効果が判然としなかった（C）には，低温処理に関係なく同時期に開花した種類と，調査終了日までに開花しなかった種類を含めた．

結果は実験1-A，1-Bそれぞれについて，低温処理に対する反応の類似した植物をまとめて第2表，第3表に，日長処理に対する結果は低温処理の結果と同じ順序で植物を並べ，第4表に示した．供試植物の処理に対する反応は以下のように要約された．

（A） 吸水種子の低温処理によって開花が促進される植物

A-1 長日処理による開花促進効果が大きい植物

ヤグルマギク *Centaurea cyanus* cv. Seiki

種子，苗とも低温処理区は11月中に抽だいを始め，無加温であるにも関わらず節間伸長を継続して，2月17日～22日に草丈80～85cmで開花した（第4図，第5図）．種子と苗処理の比較では，種子処理区の方が，抽だい開花ともに若干早かった．無処理区は12月下旬から抽

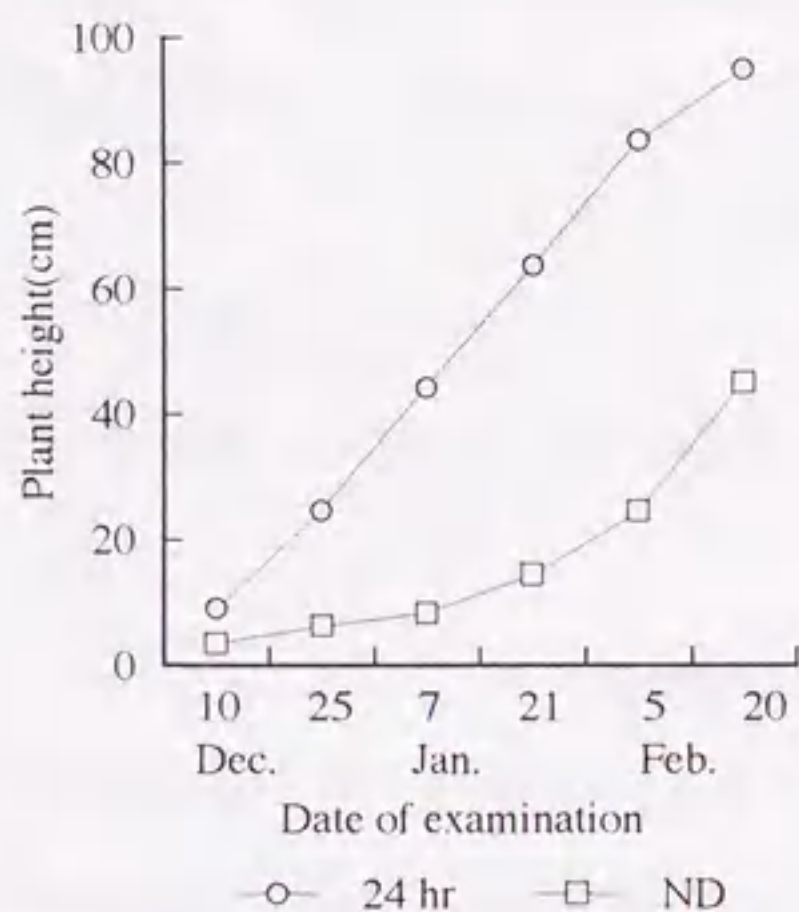


Fig. 4. Effects of day length on stem elongation of *Centaurea cyanus*. Photoperiodic treatment was given to seedlings grown for 4 weeks under ND from Nov. 20. The plastic house was unheated.

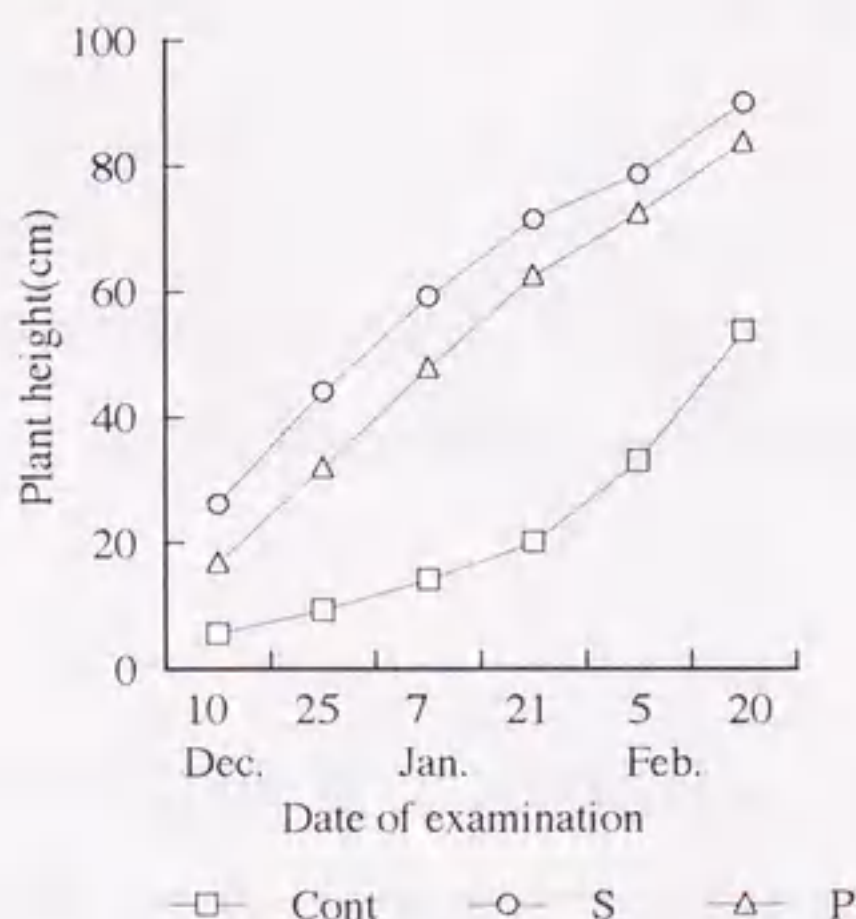


Fig. 5. Effects of low temperature to imbibed seeds or seedlings on stem elongation of *Centaurea cyanus*. Low temp. : 2 °C, 4 weeks. S : seeds, P : seedlings. The plastic house was unheated.

だいし、低温処理区より約1か月後に開花した。ロゼット葉数は種子処理区4.3、苗処理区6.0に対して無処理区は12.2と多かった。長日区の開花は自然日長区より1か月以上早い2月27日であり、葉数も自然日長区の約50%であった。

イエローサルタン *Centaurea suaveolens*

本種とスイートサルタンは栽培途中で生育不良となったため、2月8日に調査を打ち切った。無処理区はほとんどがロゼット状態であったのに対し、種子処理区は草丈27cmで100%出らいし、苗処理区は草丈15cmで出らい率40%と、種子処理の方が抽だい、花芽形成誘導効果は大きかった(第6図)。



Fig. 6. Growth of *Centaurea suaveolens* treated with low temperature to imbibed seeds or seedlings.

スイートサルタン *Centaurea moschata*

低温処理、日長に対してイエローサルタンとほとんど同様の反応を示し、種子の低温処理によって抽だい、出らいが促進された。長日下ではロゼット葉を展開することなく抽だいた。調査を打ち切った2月8日に自然日長区はロゼット状態であったのに対して、長日区は草丈36cmで全株出らいしていた。

ケンタウレア・アメリカーナ *Centaurea americana*

種子処理区の出だ率率は100%であり、草丈35cmで100%出だいた。調査打ち切り日に、苗処理区は抽だいが始まった時点であり、無処理区は展開葉を約19枚形成しロゼット状態であった。

ホワイトレースフラワー *Ammi majus*

調査打ち切り日に無処理区は全株ロゼット状態であったが、種子、苗処理区は60~70%の株が抽だいた。自然日長区は3月25日に草丈20cmであったのに対して、長日区は78cmで開花直前から開花の状態であった。

サホナリア *Vaccaria pyramidata* cv. *Vaccaria Rose*

冬期節間はきわめて短いものの伸長を継続し、形態的に似ているカスミソウのような完全

なロゼット状態は呈さなかった。種子の低温処理によって抽だいが早まり、1月16日に50%が開花した。苗処理の効果は種子処理ほど顕著ではなかったが、無処理に比べると節間伸長が促進された。長日は節間伸長と花芽形成を著しく促進し、自然日長区は4月1日に未出らいであったが、長日区は3月中旬に草丈80cmで全株開花した。

カスミソウ *Gypsophila elegans* cv. Covent Garden Market

低温処理の抽だい促進効果はサボナリアほど大きくはなかったが、無処理区に比較すると抽だいは早かった（第7図、第8図）。本種は低温処理に比べて、長日による抽だい促進効果が高かった。

低温処理区は3月下旬に50～80%開花したが、草俱に対して葉数が30枚と多く十分節間伸長しない状態で開花した。これに対し長日区は葉数が約8枚と少なく、きわめて斉一な生育で3月13日に開花した。

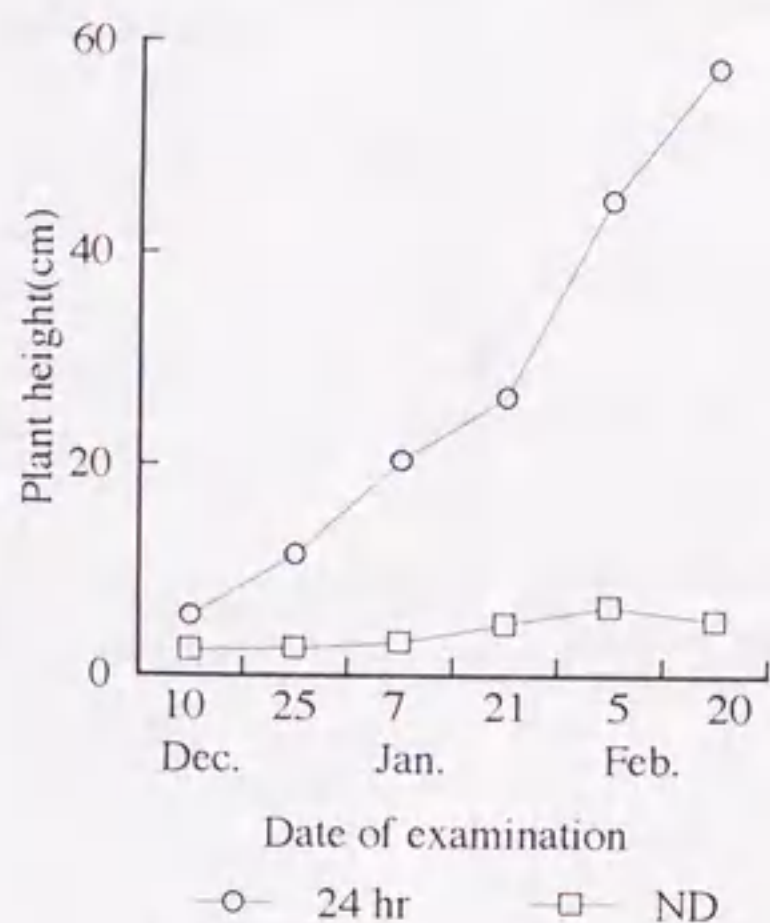


Fig. 7. Effects of day length on stem elongation of *Gypsophila elegans*. Photoperiodic treatment was given to seedlings grown for 4 weeks under ND from Nov. 20. The plastic house was unheated.

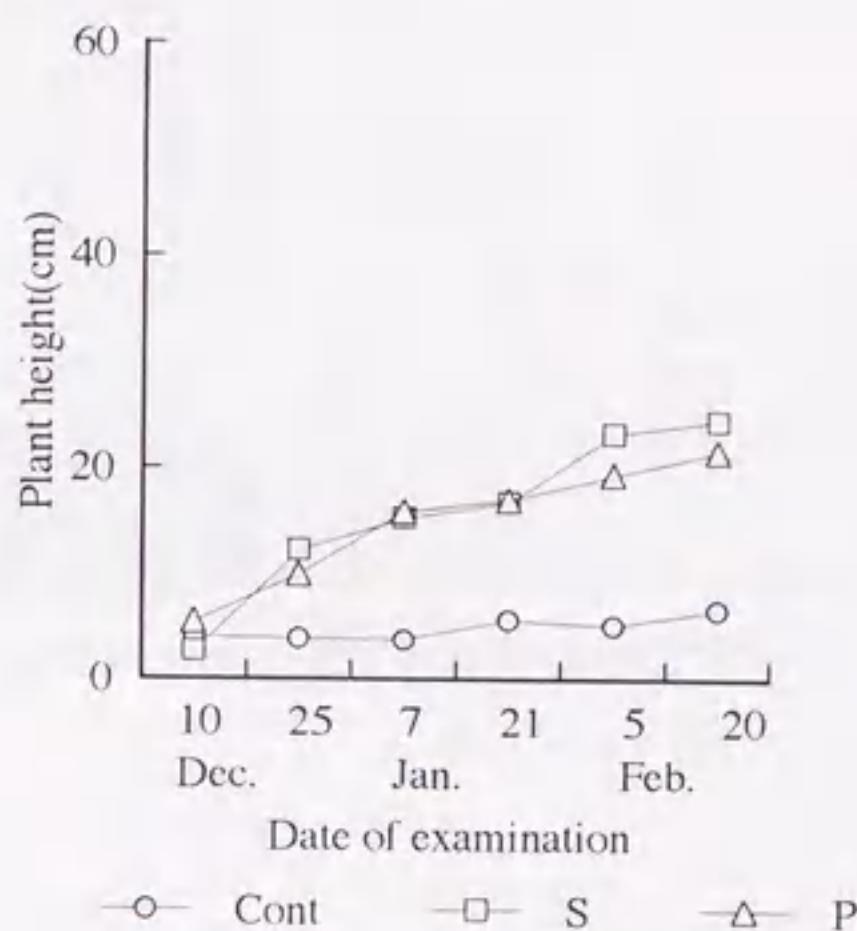


Fig. 8. Effects of low temperature to imbibed seeds or seedlings on stem elongation of *Gypsophila elegans*. Low temp.: 2 °C, 4 weeks. S: seeds, P: seedlings. The plastic house was unheated.

Table 2-1. Effect of low temperature treatment to seeds or seedlings on flowering of winter annuals and perennials raised from seeds

Plant species Cultivars	Treatment	Seedlings		Bolting (%)	Budding (%)	Flowering		Plant height (cm)	No. of total leaves	No. of leaves on main stem	No. of rosetted leaves	Termination of examination
		No. of Leaves	Age Wks			ratio (%)	date					
<i>Centaurea cyanus</i> cv. Seiki	Cont.			100	100	25	Mar. 20	92.5	57.6	45.4	12.2	Mar. 25
	Seed			100	100	100	Feb. 17	84.3	38.1	33.8	4.3	
	Plant	2.4	2	100	100	100	Feb. 22	82.0	42.0	36.0	6.0	
<i>Centaurea suaveolens</i>	Cont.			10	0	0	-	3.8	20.7	1.0	19.7	Feb. 8
	Seed			100	100	0	-	26.6	16.5	13.0	3.5	
	Plant	3.0	3	100	40	0	-	14.4	22.4	16.2	6.2	
<i>Centaurea moschata</i>	Cont.			17	0	0	-	4.6	31.7	13.0	18.7	Feb. 8
	Seed			100	83	0	-	34.8	28.5	21.4	7.1	
	Plant	2.2	3	100	80	0	-	17.5	23.1	14.8	8.3	
<i>Vaccaria pyramidata</i> cv. Vaccaria Rose	Cont.			100	0	0	-	36.4	17.5	17.5	0.0	Feb. 7
	Seed			100	100	50	Jan. 16	49.6	13.2	13.2	0.0	
	Plant	2.0	2	100	0	0	-	44.2	16.2	15.9	0.3	
<i>Gypsophila elegans</i> cv. Covent Garden Market	Cont.			67	8	0	-	15.4	28.8	12.7	16.1	Mar. 25
	Seed			100	100	83	Mar. 22	46.2	29.8	26.0	3.8	
	Plant	2.2	2	100	92	50	Mar. 24	49.7	31.5	23.8	7.7	
<i>Eschscholzia californica</i> cv. Orange King	Cont.				100	17	Apr. 5	32.3	35.6	6.3	29.3	Apr. 8
	Seed				67	50	Mar. 27	37.1	34.6	2.6	32.0	
	Plant	4.4	3		75	58	Mar. 21	38.6	29.3	3.9	25.4	
<i>Brassica rapa</i> cv. Necobu-teikosei 21goh	Cont.			100	100	8	Dec. 26	36.0	18.0			Dec. 26
	Seed			100	100	100	Nov. 26	39.3	7.6			
	Plant	0.2	1	100	100	100	Nov. 19	36.0	8.7			
<i>Nemophila maculata</i>	Cont.				100	100	Feb. 13	14.9	18.6			
	Seed				100	100	Dec. 19	9.5	7.3			
	Plant	2.8	3		100	100	Jan. 20	11.8	12.3			
<i>Nemophila menziesii</i>	Cont.				100	100	Mar. 12	20.7	23.0			
	Seed				100	100	Dec. 28	10.3	6.8			
	Plant	2.8	3		100	100	Jan. 27	16.7	11.5			
<i>Lupinus hirsutus</i>	Cont.			100	100	100	Mar. 19	64.8	25.2	17.7	7.5	
	Seed			100	100	100	Jan. 10	47.0	12.2	8.3	3.9	
	Plant	4.2	3	100	100	100	Feb. 20	50.5	16.8	11.5	5.3	
<i>Papaver rhoeas</i> cv. Shirley Double	Cont.			17	0	0	-	10.9	31.2	0.8	30.4	Mar. 25
	Seed			75	33	0	-	25.9	27.0	8.1	18.9	
	Plant	3.9	3	42	17	0	-	15.5	28.5	2.6	25.9	
<i>Linaria bipartita</i>	Cont.				100	100	Mar. 1	77.1	36.1			
	Seed				100	100	Jan. 9	56.2	18.2			
	Plant	4.2	4		100	100	Feb. 8	70.2	30.3			

Low temperature treatment: 2°C, 4 weeks.

Data was taken when the first flower or about 30% florets opened according to a species with a few florets or many florets respectively.

Table 2-2. Effect of low temperature treatment to seeds or seedlings on flowering of winter annuals and perennials raised from seeds

Plant species Cultivars	Treatment	Seedlings		Bolting Budding		Flowering		Plant height (cm)	No. of total leaves	No. of leaves on main stem	No. of rosetted leaves	Termination of examination
		No. of Leaves	Age Wks	(%)	(%)	ratio (%)	date					
<i>Lupinus luteus</i>	Cont.			100	100	92	Apr. 5	43.4	25.1	11.4	13.7	Apr. 8
	Seed			100	100	100	Mar. 17	33.5	18.5	7.6	10.9	
	Plant	3.8	3	100	100	100	Feb. 28	27.2	17.8	7.0	10.8	
<i>Orychophragmus violaceus</i>	Cont.			100	100	100	Mar. 4	16.9	20.4			
	Seed			100	100	100	Feb. 27	16.2	17.9			
	Plant	0.5	2	100	100	100	Dec. 18	10.6	6.8			
<i>Myosotis alpestris</i> cv. Blue	Cont.			100	100	92	Mar. 22	17.3	25.5	10.3	15.2	Apr. 1
	Seed			100	100	100	Mar. 17	16.8	22.9	9.8	13.1	
	Plant	4.7	5	100	100	100	Feb. 16	16.2	18.4	8.3	10.1	
<i>Lagurus ovatus</i>	Cont.			100	0	0	-	31.1	8.0			Mar. 25
	Seed			100	0	0	-	37.3	7.8			
	Plant	2.6	4	100	0	0	-	34.0	7.0			
<i>Briza maxima</i>	Cont.			100	0	0	-	32.5	8.8			Mar. 25
	Seed			100	0	0	-	31.5	9.1			
	Plant	2.0	3	100	0	0	-	39.2	7.9			
<i>Chrysanthemum parthenium</i>	Cont.			100	0	0	-	12.3	36.5	20.3	16.2	Apr. 16
	Seed			100	0	0	-	21.8	38.6	23.8	14.8	
cv. Golden Ball	Plant	5.9	5	100	0	0	-	17.5	36.3	17.5	18.8	
<i>Chrysanthemum inodorum</i>	Cont.			0	0	0	-	7.4	42.7	0.0	42.7	Apr. 1
	Seed			0	0	0	-	5.6	37.3	0.0	37.3	
cv. Bridal Robe	Plant	7.1	5	0	0	0	-	7.4	40.2	0.0	40.2	
<i>Nigella damascena</i> cv. Persian Jewel	Cont.			100	0	0	-	27.8	30.5	15.5	14.9	Apr. 22
	Seed			100	0	0	-	26.3	37.3	20.3	17.1	
	Plant	1.4	3	100	0	0	-	40.4	36.8	20.6	16.2	
<i>Godefia hybrida</i> cv. June Red	Cont.				100	100	May. 9	78.6	56.0			May. 15
	Seed				100	100	May. 5	85.9	55.3			
	Plant	2.8	4		100	100	May. 10	83.1	63.1			
<i>Scabiosa atropurpurea</i> cv. Tall Double Mixed	Cont.			100	8	0	-	58.9	28.0	22.2	5.8	Apr. 29
	Seed			100	17	0	-	68.3	30.3	25.3	5.0	
	Plant	1.1	2	100	33	0	-	64.3	30.4	24.2	6.2	
<i>Chrysanthemum pilosum</i>	Cont.				100	100	Jan. 15	18.0	21.6			
	Seed				100	100	Jan. 9	17.8	22.3			
cv. North Pole	Plant	3.7	3		100	100	Jan. 3	20.8	19.9			
<i>Chrysanthemum multicaule</i>	Cont.				100	100	Feb. 14	17.3	20.8			
	Seed				100	100	Feb. 12	16.4	17.9			
cv. Yellow	Plant	2.2	3		100	100	Feb. 5	16.3	16.3			
<i>Anchusa capensis</i> cv. Blue charm	Cont.			100	100	58	Mar. 24	25.2	32.7			Apr. 1
	Seed			100	100	75	Mar. 26	27.2	28.9			
	Plant	2.6	3	100	100	92	Mar. 20	32.9	29.3			
<i>Phlox drummondii</i> cv. Petticoat	Cont.				100	25	Apr. 18	11.5	28.6			Apr. 22
	Seed				100	58	Apr. 15	15.6	29.3			
	Plant	4.3	4		100	50	Apr. 13	12.9	27.3			
<i>Lupinus polyphyllus</i> cv. Russell Minarette	Cont.			8	8	0	-	6.2	15.1	0.2	14.9	Apr. 22
	Seed			0	0	0	-	4.4	15.3	0.0	15.3	
	Plant	2.0	3	17	17	0	-	7.8	14.3	0.5	13.8	
<i>Calendula officinalis</i> cv. Golden Gem	Cont.			100	100	100	Mar. 2	13.0	22.0			
	Seed			100	100	100	Feb. 27	13.0	22.3			
	Plant	1.8	2	100	100	100	Feb. 22	13.3	22.8			

Low temperature treatment: 2°C, 4 weeks.

Data was taken when the first flower or about 30% florets opened according to a species with a few florets or many florets respectively.

Table 3. Effect of low temperature treatment to seeds or seedlings on flowering of winter annuals and perennials raised from seeds

Plant species Cultivars	Treatment	Seedlings		Bolting (%)	Budding (%)	Flowering		Plant height (cm)	No. of total leaves
		No. of Leaves	Age Wks			ratio (%)	date		
<i>Centaurea americana</i>	Cont.			0	0	0	-	2.6	18.8
	Seed			100	90	0	-	34.8	32.4
	Plant	3.3	4	60	0	0	-	7.1	22.2
<i>Ammi majus</i>	Cont.			0	0	0	-	1.5	9.3
	Seed			60	0	0	-	13.0	10.4
	Plant	2.0	4	70	0	0	-	15.1	9.4
<i>Gilia leptantha</i>	Cont.			100	0	0	-	27.1	34.5
	Seed			100	100	40	Jan. 16	43.7	28.0
	Plant	3.2	4	100	100	10	Jan. 16	34.1	27.1
<i>Nigella orientalis</i>	Cont.			70	0	0	-	8.1	16.3
	Seed			100	80	0	-	15.0	10.3
	Plant	1.3	4	90	20	0	-	12.1	13.6
<i>Agrostemma githago</i>	Cont.			0	0	0	-	14.3	9.8
	Seed			100	100	100	Nov. 22	71.8	9.7
	Plant	3.2	4	100	90	0	-	42.5	12.6
<i>Clakia concinna</i>	Cont.				0	0	-	8.0	15.6
	Seed				100	100	Nov. 15	19.4	7.6
	Plant	1.7	4		0	0	-	7.2	15.4
<i>Papaver nudicaule</i>	Cont.				90	0	-	5.6	3.7
	Seed				70	0	-	2.2	3.4
	Plant	2.2	4		100	0	-	2.5	4.0
<i>Iberis amara</i> cv. White Pinacle	Cont.				70	20	Nov. 17	16.5	25.3
	Seed				100	100	Nov. 9	28.8	27.8
	Plant	2.8	4		80	0	-	11.9	27.3
<i>Armeria maritima</i> cv. Tall Large Flower Mixed	Cont.			0	0	0	-	3.0	19.0
	Seed			0	0	0	-	2.3	20.2
	Plant	1.7	4	0	0	0	-	2.4	17.9
<i>Bellis perennis</i> cv. Etona Mixed	Cont.			0	0	0	-	4.6	21.2
	Seed			0	0	0	-	4.7	19.9
	Plant	3.8	4	0	0	0	-	5.4	18.0
<i>Centranthus ruber</i>	Cont.			0	0	0	-	4.5	22.7
	Seed			0	0	0	-	4.4	22.5
	Plant	2.0	4	0	0	0	-	4.6	23.3
<i>Hesperis matronalis</i> cv. Sweet Rocket Purple	Cont.			0	0	0	-	3.0	20.1
	Seed			0	0	0	-	3.5	19.3
	Plant	4.3	4	0	0	0	-	3.1	17.8
<i>Papaver orientale</i>	Cont.			0	0	0	-	3.5	13.8
	Seed			0	0	0	-	3.7	12.4
	Plant	2.1	4	0	0	0	-	3.3	10.7
<i>Silene orientalis</i>	Cont.			0	0	0	-	4.1	27.6
	Seed			0	0	0	-	3.8	27.7
	Plant	2.2	4	0	0	0	-	3.5	24.5

Examination was terminated Jan. 31.

Low temperature treatment: 4°C, 4 weeks.

Data was taken when the first flower or about 30% florets opened according to a species with a few florets or many florets respectively.

Table 4-1. Effect of day length on flowering of winter annuals and perennials raised from seeds

Plant species Cultivars	Day length	Bolting (%)	Budding (%)	Flowering ratio (%)	Flowering date	Plant height (cm)	No. of total leaves	No. of leaves on main stem	No. of rosetted leaves	Termination of examination
<i>Centaurea cyamus</i>	ND	100	100	17	Mar. 20	97.1	53.8	45.8	8.0	
	LD	100	0	100	Feb. 27	94.6	25.6	22.5	3.1	
<i>Centaurea suaveolens</i>	ND	0	0	0	-	3.0	21.7	0.0	21.7	Feb. 8
	LD	100	100	0	-	24.2	11.1	9.1	2.0	
<i>Centaurea moschata</i>	ND	0	0	0	-	3.4	15.5	0.0	15.5	Feb. 8
	LD	100	100	0	-	36.0	13.0	10.0	3.0	
<i>Centaurea americana</i>	ND	0	0	0	-	6.0	27.4	0.0	27.4	Feb. 20
	LD	90	0	0	-	22.2	16.5	12.3	4.2	
<i>Ammi majus</i>	ND	100	0	0	-	19.6	9.2	5.2	4.0	Mar. 25
	LD	100	100	10	Mar. 21	78.1	9.5	7.6	1.9	
<i>Vaccaria pyramidata</i>	ND	100	0	0	-	54.1	20.4	19.2	1.2	Apr. 1
	LD	100	100	100	Mar. 10	87.8	15.9	14.9	1.0	
<i>Gypsophila elegans</i>	ND	58	8	0	-	18.0	14.3	6.4	7.8	Mar. 25
	LD	100	0	100	Mar. 13	58.5	8.4	7.3	1.2	
<i>Gilia leptantha</i>	ND	100	92	0	-	27.0	42.2	30.7	11.5	Apr. 8
	LD	100	100	100	Mar. 13	35.5	21.3	20.9	0.4	
<i>Eschscholzia</i>	ND		100	33	Apr. 4	39.9	30.1	9.2	20.9	
<i>californica</i>	LD		100	100	Mar. 14	44.0	17.0	9.8	7.2	
<i>Brassica rapa</i>	ND	100	100	100	Jan. 24	57.6	9.8	7.8	2.0	
	LD	100	100	100	Jan. 17	70.2	9.5	7.4	2.1	
<i>Nemophila maculata</i>	ND		100	100	Mar. 14	20.0	17.5			
	LD		100	100	Feb. 19	22.3	10.5			
<i>Nemophila menziesii</i>	ND		100	100	Mar. 18	23.8	18.5			
	LD		100	100	Mar. 3	25.7	14.2			
<i>Lupinus hirsutus</i>	ND	100	100	100	Mar. 29	44.3	19.2	11.9	7.3	
	LD	100	100	100	Mar. 10	57.5	17.2	13.2	4.0	
<i>Nigella orientalis</i>	ND	100	20	0	-	20.8	18.7	12.0	6.7	Mar. 25
	LD	100	100	0	-	45.8	17.2	12.6	4.6	
<i>Papaver rhoeas</i>	ND	0	0	0	-	11.8	32.8	0.0	32.8	Mar. 25
	LD	100	100	100	Mar. 20	84.1	22.7	14.3	8.4	
<i>Linaria bipartita</i>	ND		100	100	Mar. 10	78.2	32.3			
	LD		100	100	Mar. 14	78.7	29.3			
<i>Lupinus luteus</i>	ND	100	100	90	Apr. 6	45.2	21.0	10.0	11.0	Apr. 8
	LD	100	100	100	Mar. 22	49.5	20.0	10.3	9.8	

Treatments were started November 20.

LD : Continuous lighting.

Table 4-2. Effect of day length on flowering of winter annuals and perennials raised from seeds

Plant species Cultivars	Day length	Bolting (%)	Budding (%)	Flowering ratio (%)	Flowering date	Plant height (cm)	No. of total leaves	No. of leaves on main stem	No. of rosetted leaves	Termination of examination
<i>Orychophragmus</i>	ND	100	100	100	Mar. 5	19.2	14.7	6.4	8.3	
<i>violaceus</i>	LD	100	100	100	Mar. 3	22.2	14.2	7.1	7.1	
<i>Myosotis alpestris</i>	ND	100	100	100	Mar. 30	9.5	23.5			
	LD	100	100	100	Mar. 21	28.5	20.3			
<i>Lagurus ovatus</i>	ND	100	0	0	-	32.0	7.5			
	LD	100	100	100	Mar. 17	92.0	5.0			
<i>Briza maxima</i>	ND	100	0	0	-	25.4	7.3			Mar. 25
	LD	100	100	100	Mar. 21	89.3	5.8			
<i>Chrysanthemum</i>	ND	100	20	0	-	11.6	36.0	18.4	17.6	Apr. 16
<i>parthenium</i>	LD	100	100	100	Apr. 14	34.8	23.2	16.3	6.8	
<i>Chrysanthemum</i>	ND	0	0	0	-	7.6	24.8	0.0	24.8	Apr. 1
<i>inodorum</i>	LD	100	0	100	Mar. 19	27.0	24.5	19.1	5.4	
<i>Nigella damascena</i>	ND	67	0	0	-	7.2	26.4	7.3	19.1	Apr. 16
	LD	100	100	100	Mar. 28	78.7	19.1	15.5	3.6	
<i>Godetia hybrida</i>	ND			100	May. 13	73.8	61.8			
	LD			100	Mar. 30	72.6	31.0			
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	ND	100	50	0	-	80.0	31.6	25.5	6.1	May. 16
	LD	100	100	25	May. 11	108.5	12.2	11.9	0.3	
<i>Chrysanthemum</i>	ND			100	Mar. 17	11.5	22.1	6.6	15.5	
<i>paldosum</i>	LD			100	Feb. 23	20.3	19.0	15.7	3.3	
<i>Chrysanthemum</i>	ND			100	Mar. 9	13.5	17.2			
<i>multicaule</i>	LD			100	Feb. 23	27.3	14.1			
<i>Anchusa capensis</i>	ND	100	90	20	Mar. 30	16.1	28.1			Apr. 1
	LD	100	100	100	Mar. 15	19.5	24.4			
<i>Phlox drummondii</i>	ND		100	33	Apr. 19	7.8	26.9			
	LD		100	33	Apr. 19	14.3	25.5			
<i>Lupinus polyphyllus</i>	ND	0	0	0	-	5.7	13.2	0.0	13.2	Apr. 16
	LD	42	33	25	Apr. 9	34.1	14.0	2.3	11.7	
<i>Papaver nudicaule</i>	ND		50	17	Mar. 30	19.5	16.7			Apr. 8
	LD		100	92	Mar. 26	53.1	13.1			
<i>Iberis amara</i>	ND		75	17	Apr. 15	31.1	70.4			Apr. 16
	LD		84	17	Apr. 8	44.6	72.1			
<i>Calendula officinalis</i>	ND	100	100	100	Mar. 9	12.2	20.5	10.8	9.7	
	LD	100	100	100	Feb. 26	20.8	21.0	16.1	4.9	
<i>Armeria maritima</i>	ND	92	92	0	-	24.2	15.8	0.0	15.8	Apr. 22
	LD	100	100	0	-	26.6	15.4	0.0	15.4	
<i>Hesperis matronalis</i>	ND	50	10	0	-	8.9	30.9	12.3	18.6	Apr. 16
	LD	50	50	0	-	10.3	29.1	10.8	18.3	
<i>Silene orientalis</i>	ND	33	0	0	-	12.0	15.1			Apr. 22
	LD	42	0	0	-	12.4	14.3			

Treatments were started November 20.

LD : Continuous lighting.

A-2 長日処理による開花促進効果はあまり大きくない植物

ギリア・レプ タンサ *Gilia leptantha*

1月16日には無処理区でもすべて抽だいしていたが、種子処理区はこの時点で100%の株が出らゐるいは開花していた。苗処理区の開花率は種子処理区より低かった。長日区はほとんどロゼット葉を展開することなく抽だいし、自然日長区の約1/2の葉数で第1花が開花した。

ハナビシソウ *Eschscholzia californica* cv. Orange King

無処理区は4月上旬から開花がみられたのに対して、種子、苗の低温処理区はやや開花が促進され、3月末までに約半数が開花した。長日区は低温処理区より早く、3月14日にすべて開花した。長日区の葉数は17枚と自然日長区の30枚に比べて少なかった。

ハナナ *Brassica rapa* cv. Naccobur-teikohsei 21goh

無処理区でも年内に100%抽だいし、一部は12月下旬に開花したが、種子、苗の低温処理区は抽だいが促進され、11月19日～11月26日に全株開花した。日長間で節数、開花日にほとんど差はなかったが、草丈は長日区で他区よりも10cm以上長かった。

ネモフィラ・マキュラータ *Nemophila maculata*

無処理区は3月中旬に開花した。種子処理によって著しく開花が促進され、葉数7枚で12月中旬に開花した。苗処理によっても開花は早められたが、種子処理ほどの著しい作用ではなかった。また、長日区は自然日長区より3週間程度早く開花し、葉数もやや減少した。

ネモフィラ・メンジーシー *Nemophila menziesii*

低温処理、日長に対してネモフィラ・マキュラータとほぼ同じ反応を示した。

カサバルビナス *Lupinus hirsutus*

低温処理による抽だいの促進効果が高く、苗処理に比べて種子処理区の抽だいが早かった(第9図、第10図)。本種は低温期には長日による抽だい促進効果は小さかったが、その後2月になって長日区と自然日長区の草丈の差が大きくなった。種子処理区は無処理区より2か月以上開花が早まり、1月10日に開花した。苗処理区の開花は種子処理区よりも遅かったが、無処理区より1か月早く開花した。草丈と葉数は開花が早かった区ほど小さい値を示した。長日の開花促進効果は低温処理のそれよりも小さかったが、無処理区より約2週間開花が早かった。

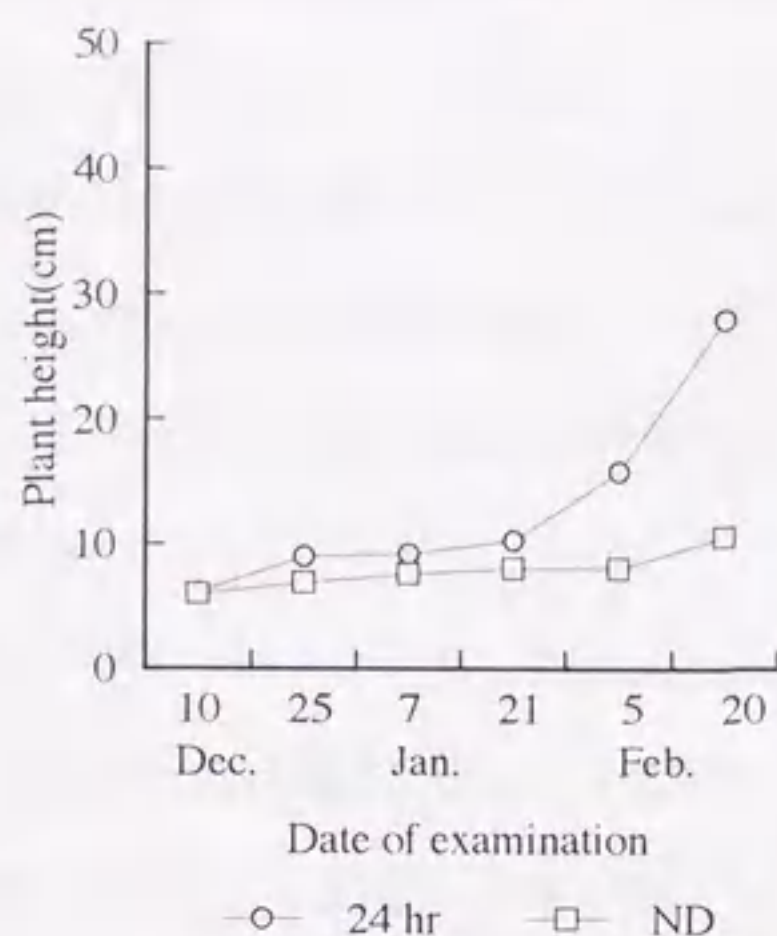


Fig. 9. Effects of day length on stem elongation of *Lupinus hirsutus*.

Photoperiodic treatment was given to seedlings grown for 4 weeks under ND from Nov. 20. The plastic house was unheated.

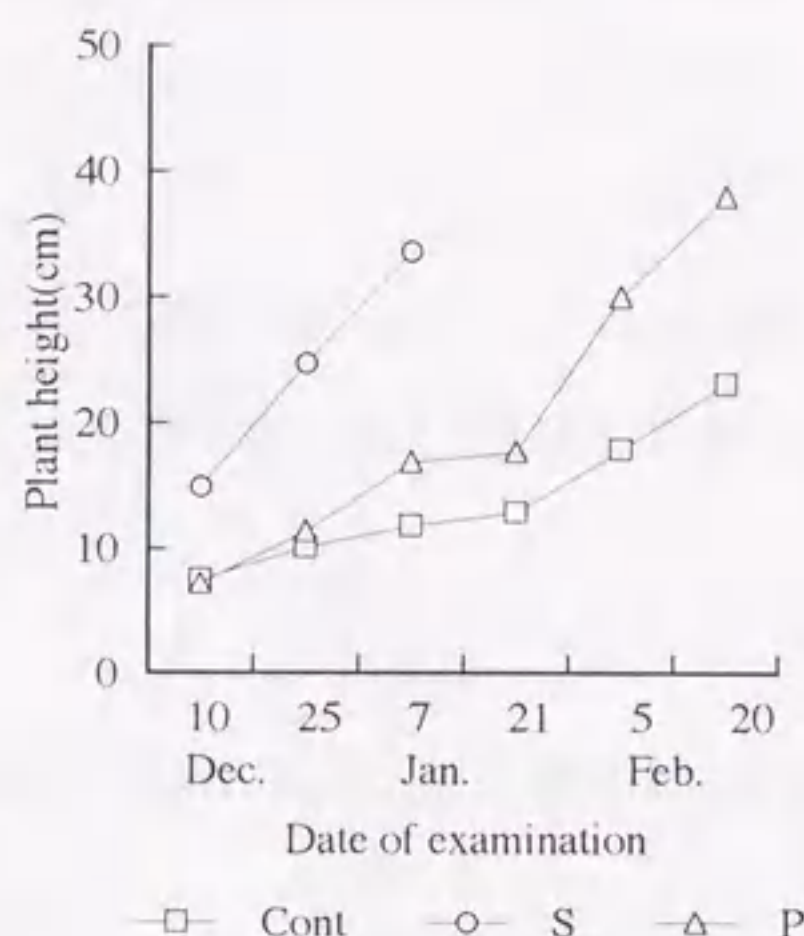


Fig. 10. Effects of low temperature to imbibed seeds or seedlings on stem elongation of *Lupinus hirsutus*.

Low temp. : 2 °C, 4 weeks.
S : seeds, P : seedlings.
The plastic house was unheated.

ニゲラ・オリタリス *Nigella orientalis*

種子の低温処理によって葉数が減少し出らい率が高まったが、3月25日までに低温処理に関係なく全株が抽だいし、低温処理の影響はそれほど顕著ではなかった。また、長日は草丈を著しく伸長させ出らいをやや早めた。

ヒナゲシ *Papaver rhoeas* cv. Shirley Double

種子、苗とも低温処理によって抽だいがやや促進され、種子処理の効果の方が若干大きかった。自然日長区は3月25日にロゼット状態であったが、長日区は3月20日に草丈84cmに伸長して100%開花し、抽だいと開花に対して長日の影響が非常に大きかった。

ヒメキンギョソウ *Linaria bipartita*

種子処理区は1月9日に、苗処理区は2月8日に開花し、無処理区の3月1日に比べて早かった。葉数は無処理区の約1/2の18枚と少なく、草丈も短かった。長日は開花時期、生育に対して影響を及ぼさなかった。

なお、次の2種は吸水種子の低温処理によって抽だい、開花が最も促進されるが、日長の影響については検討していない。

アグロステンマ・ギタゴ *Agrostemma githago*

種子処理区は11月22日に草丈72cmで100%開花した、苗処理区も抽だい率は100%で出ら
いは認められたが、草丈は43cmで開花も種子処理区より遅れた。無処理区はすべてロゼット
状態であった。

クラークア・コンシンナ *Clakia concinna*

無処理区と苗処理区は出らいを認めなかったが、種子処理区は11月15日に全株開花し、種
子の低温処理によって著しく開花が促進された。

(B) 苗の低温処理によって抽だい、開花が促進される植物

B-1 苗の低温処理によって抽だい、開花が促進された植物で、長日処理が開花期を4週
間以上促進した植物は認めらなかった。

B-2 長日処理による開花促進効果がやや認められる植物

キバナルビナス *Lupinus luteus*

種子より苗処理の開花促進効果が大きかったが、そ
の差は小さかった(第11図)。長日区は無処理区より
約2週間開花が促進された。草丈、葉数には差はなかつ
た。

B-3 長日による開花促進効果がほとんど認められな
い植物。

ムラサキハナナ *Orychophragmus violaceus*

無処理区と種子処理区が2月下旬から3月上旬に開花したのに対して、苗処理区は12月18日
に開花した。開花時の草姿は草丈10cm、節数7と小さかった。長日は草丈を伸長させたが、
開花に対する影響は小さかった。

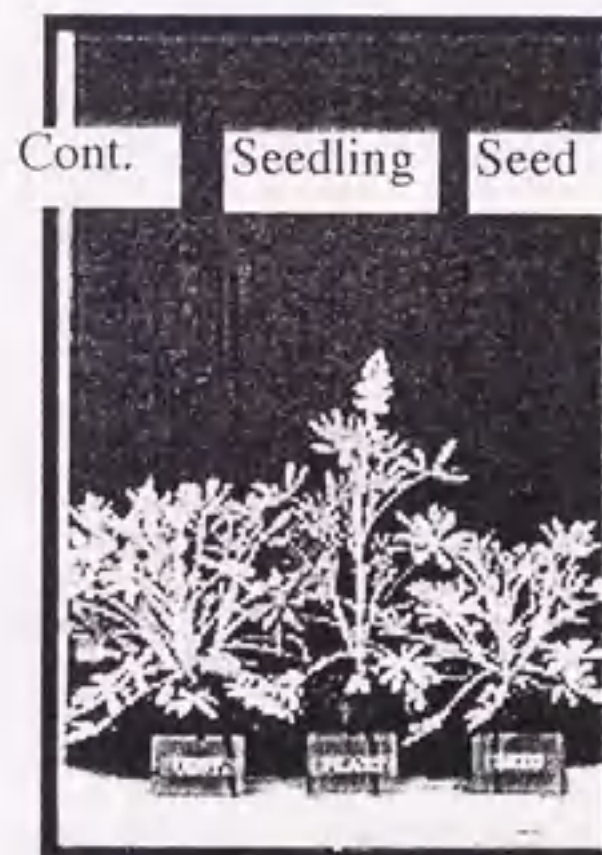


Fig 11. Growth of *Lupinus luteus* treated with low temperature to imbibed seeds or seedlings.

ワスレナグサ *Myosotis alpestris* cv. Blue

種子処理の影響は認められず、苗処理区は2月16日に無処理区、種子処理区より約1か月早く開花した。日長による差は認められなかった。

(C) 種子、苗の低温処理が開花に及ぼす影響は明確ではない植物

C-1 長日が開花を著しく促進する植物

ラグラス・オバタス *Lagurus ovatus*

3月25日にはどの区も抽だいを始めていたが、低温処理による生育の差は認められなかった。長日区は3月17日に草丈92cmとよく伸長して開花し、抽だい、開花が非常に早かった。

コバンソウ *Briza maxima*

処理に関係なく3月25日には草丈30~40cmで、出らいは認められなかった。長日区は3月21日に草丈90cmで100%開花した。

マトリカリア *Chrysanthemum parthenium* cv. Golden Ball

低温処理の影響は認められず、4月16日には抽だいでいたが、出らいは認められなかった。長日区は草丈が30cmと長く、開花日は4月14日であった。

クリサンセマム・イノドラ *Chrysanthemum inodorum* cv. Bridal Robe

種子、苗とも低温処理の影響は認められず、4月1日には全株がロゼット状態であった。長日区はロゼット葉を5枚程度展開した後抽だいで、3月19日に100%開花した。

ニゲラ・ダマスセナ *Nigella damascena* cv. Persian Jewel

4月22日にはどの区も抽だいでおり、苗処理区の草丈がやや高かった以外には処理による差は認められなかった。長日は開花を促進し、3月28日に草丈80cmですべて開花した。ロゼット状の葉数は自然日長区19に対して長日区は4と少なく、全葉数も長日区が少なかった。

ゴデチア *Godetia hybrida* cv. June Red

低温処理の有無に関係なく、5月になって草丈80cm前後で開花した。長日区は開花が著しく促進され3月中旬に開花した。開花時の葉数は30枚と自然日長区の約1/2であった。

セイヨウマツムシソウ *Scabiosa atropurpurea* cv. Tall Double Mixed

調査を終了した4月下旬にはどの区も100%抽だいして一部が出らいし、低温処理の影響はみられなかった。長日区は5月11日に25%が開花し、自然日長に比べると葉数が1/2以下と少なく、長日条件下では開花節位が大幅に低下した。葉数が減少したが、節間が非常に長く草丈は自然日長区よりも長かった。

C-2 長日が開花をやや促進する植物

クリサンセマム・パルドサム *Chrysanthemum pardosum* cv. North Pole

苗の低温処理によって若干開花が促進されたが、無処理区でも1月中旬に開花した(第12図)。長日条件下では開花がやや促進され、節間は著しく伸長した。パルドサムは開花に低温を必要とせず、冬期の低温下でも生育は遅いものの開花した。

クリサンセマム・ムルチコーレ

Chrysanthemum multicaule cv. Yellow

パルドサムとほとんど同じ生育反応を示し、低温処理の影響は明確ではなかった。長日は節間伸長を促進し、開花を幾分早めた。

アンチューサ・カペンシス *Anchusa capensis* cv. Blue charm

処理に関係なく60~90%の株が3月20日~3月26日に開花した。草丈は約25~33cmであった。長日区は3月15日に100%開花し、自然日長より15日以上開花が促進された。

ラッセル・ルビナス *Lupinus polyphyllus* cv. Russell Minarette

低温処理区、日長処理区とも、2月下旬まで抽だい状況には差がなかった。

調査終了日の4月22日には抽だい、出らいを始めた株があったが、大部分は14~15枚葉を展開しロゼット状態であり低温処理の影響は認められなかった。長日区は抽だい率が高く、ロゼット葉数がやや減少した。

アイスランドポピー *Papaver nudicaule*



Fig. 12. Growth of *Chrysanthemum pardosum* treated with low temperature to imbibed seeds or seedlings.

本種の生育，開花に対して温度処理の影響は明かではなかったが，長日によって葉数が減少し開花がやや促進された。

C-3 長日による開花促進効果はほとんど認められない植物

フロックス・ドラモンドイ *Phlox drummondii* cv. Petticoa

いずれの区も4月中旬から開花が始まり，低温処理，日長による影響はみられなかった。

イベリス *Iberis amara* cv. White Pinacle

1月16日までに無処理区で70%の株が出らないし開花した。開花には低温要求性がないといえるが，種子の低温処理によってやや開花が早まり，種子処理区は11月9日に100%開花した。日長は開花にあまり影響しなかったが，草丈は自然日長区の31cmに対し長日区は45cmと長かった。

キンセンカ *Calendula officinalis* cv. Golden Gem

低温処理は本種の抽だい速度，開花にほとんど影響しなかった。長日によって節間が長くなり若干開花が早まったが，自然日長区との差は2週間以内であった（第13図，第14図）。

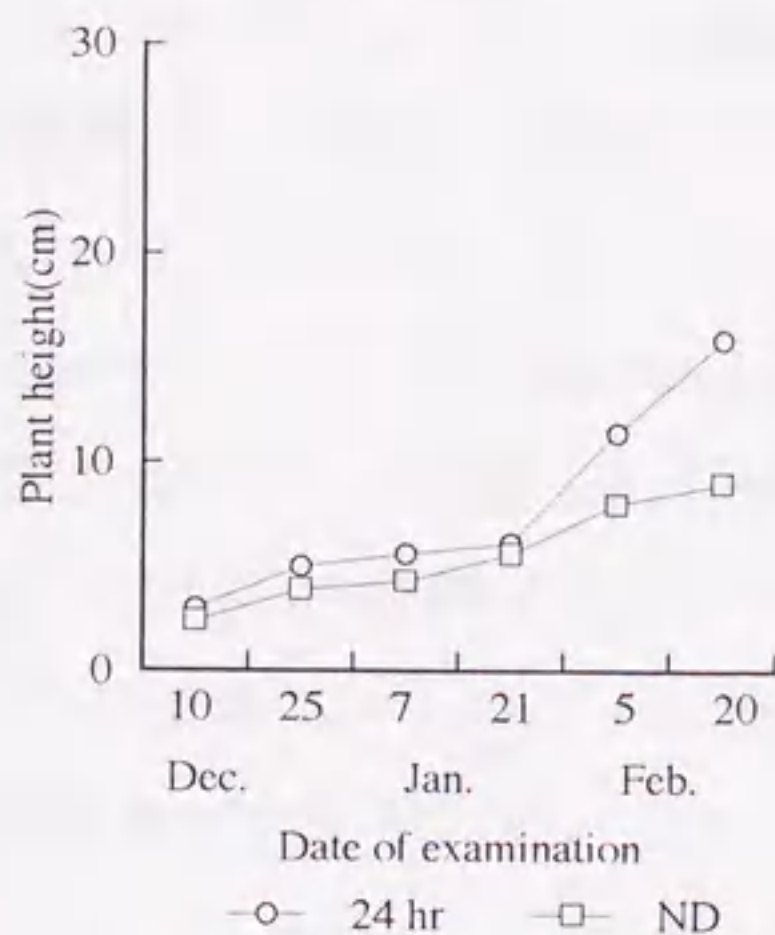


Fig. 13. Effects of day length on stem elongation of *Calendula officinalis*. Photoperiodic treatment was given to seedlings grown for 4 weeks under ND from Nov. 20. The plastic house was unheated.

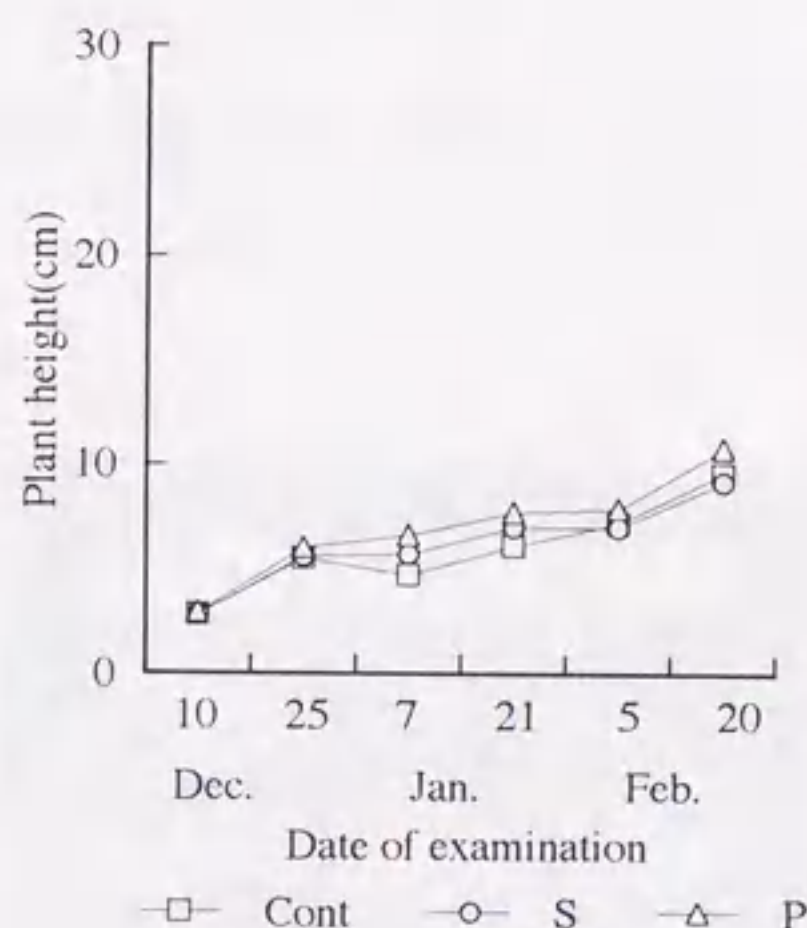


Fig. 14. Effects of low temperature to imbibed seeds or seedlings on stem elongation of *Calendula officinalis*. Low temp. : 2 °C, 4 weeks. S : seeds, P : seedlings. The plastic house was unheated.

アルメリア *Armeria maritima* cv. Tall Large Flower Mixed

調査打ち切り日にはいずれの区もロゼット状態であった。実験2では調査を打ち切った4月22日には、自然日長区、長日区ともに出らいの状態であり差はなかった。

なお、以下の5種については日長の影響を検討していない。

デージー *Bellis perennis* cv. Etona Mixed

調査打ち切り日にはいずれの区も本葉18~21枚展開したロゼット状態で、低温処理の効果は明確ではなかった。

セントランサス・ルベル *Centranthus ruber*

処理に関係なく、調査を終了した1月31日には約23節の葉を展開し、いずれもロゼット状態であった。

ハナダイコン *Hesperis matronalis* cv. Sweet Rocket Purpure

低温処理の影響は明らかではなく、どの区も1月16日にはロゼット葉を18~20枚展開していた。日長の影響も明確ではなかった。

オリエンタルポピー *Papaver orientale*

調査を終了した1月31日には葉数11~14枚で、いずれの区もロゼット状態で差は認められなかった。

シレネ・オリエンタリス *Silene orientalis*

低温処理に関係なく1月31日には25~28枚葉を展開し全株ロゼット状態であった（第15図）。日長の影響も認められず、4月22日には30~40%の株が抽だいしていた。

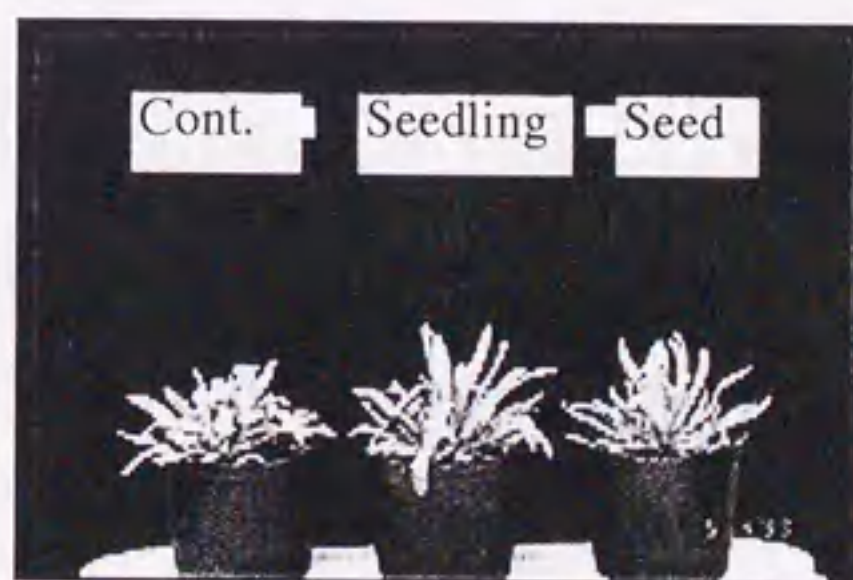


Fig. 15. Growth of *Silene orientalis* treated with low temperature to imbibed seeds or seedlings.

第2節 開花に対する低温要求性の有無

実験1, 2では低温処理, 長日処理が生育に及ぼす影響は評価できたが, 無加温栽培であるため, 開花に対する低温の必要性については判断できなかった。そこで, この点について明らかにするため第1表に類別した生育パターンに属する植物を数種ずつ選定し, 低温期を経過させない栽培で開花するかどうかを検討した。

実験1 低温期を経過させない栽培における開花反応

実験方法

第1表においてAに分類された植物としてヤグルマギクなど9種を, Bとしてキバナルピナスを, Cとしてキンセンカなど7種を選定した。6月24日に実験1, 2と同様の方法で播種し, 側面を開放したビニルハウスにおいて24時間の長日下で栽培した。播種後14週間で調査を打ち切り, このときまでに開花した株については開花日, 草丈および葉数を, また, 開花しなかった株については出らい状況と草丈, 節数を調べた。供試株数は1区10株とした。

結 果

Aに分類された植物は, カサバルピナスを除いて全株開花した(第5表)。播種後の到花日数は2~3か月と非常に短かく, 開花時の草姿はどの種類も草丈が低く葉数も少なかった。

カサバルピナスは草丈23.5cm程度まで伸長したが, 調査期間中に出らいした株はなかった。

開花した種類は種子の低温処理によって開花が促進される植物であるが, 本実験の播種日では低温を受けなくても開花した。

Bに分類されたキバナルピナスは全株開花した。

Cに分類された植物のうち, クリサンセマム・バルドサム, クリサンセマム・ムルチコーレ, イベリス, セイヨウマツムシソウもすべて開花した。分類Aの開花した植物同様, 葉数は少なく草丈も短かった。キンセンカの開花率は67%にとどまり, 未開花株では出らいも認められなかった。シレネ・オリエンタリスは17%の株が開花したが, 残りの未開花株はすべてロゼット状態であった。アルメリア・マリティマは全株ロゼット状態であった。

Table 5. Flowering response of several species grown during summer months.

Species	Cultivars	Response type	Flowering		Plant height (cm)	No. of total leaves
			ratio (%)	date		
<i>Centaurea suaveolens</i>		A 1	100	Aug. 30	21.7	14.5
<i>Centaurea americana</i>		A 1	100	Sep. 8	35.6	30.0
<i>Ammi majus</i>		A' 1	100	Aug. 24	24.7	8.4
<i>Centaurea cyanus</i>	cv. Seiki	A' 1	100	Aug. 24	36.0	20.6
<i>Agrostemma githago</i>		A	100	Aug. 19	42.9	8.9
<i>Gypsophila elegans</i>	cv. Covent Garden Market	A 1	100	Aug. 10	31.3	11.6
<i>Gilia reptans</i>		A 2	100	Sep. 2	22.1	24.5
<i>Lupinus hirsutus</i>		A 2	0	-	23.5	24.4
<i>Linaria bipartita</i>		A 3	100	Aug. 25	31.8	25.8
<i>Lupinus luteus</i>		B 2	100	Sep. 13	36.0	30.8
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	cv. Tall Double Mixed	C 1	100	Sep. 15	63.6	10.8
<i>Chrysanthemum paldosum</i>	cv. North Pole	C 2	100	Sep. 8	20.9	27.3
<i>Chrysanthemum multicaule</i>	cv. Yellow	C 2	100	Aug. 11	12.4	9.7
<i>Iberis amara</i>	cv. White Pinacle	C 3	100	Aug. 16	19.4	22.9
<i>Calendula officinalis</i>	cv. Golden Gem	C 3	67	Sep. 10	26.3	28.4
<i>Armeria maritima</i>	cv. Tall Large Flower Mixed	C 3	0	-	5.7	15.6
<i>Silene orientalis</i>		C 3	17	-	9.4	17.4

Data were taken when the first flower or about 30% florets opened.

Examination was terminated September 30.

Sowing date : June 24

All plants were grown under continuous lighting.

Response type : see Table 1.

第3節 低温処理後の高温遭遇

春化および休眠打破、ロゼット打破など抽だいと開花のために低温要求を示す植物では、低温遭遇後の環境によっては低温の効果が打ち消される場合がある。その要因として高温、短日、低照度などが報告されているが(108, 112)，そのような打ち消し作用が認められない植物もあって(12)，植物による反応の違いが何に起因するのかは明確でない。種子春化の効果が認められる冬ライムギ(108)やスターチス・シヌアータ(7)では、低温処理後の高温による脱春化現象が報告されている。しかし、花卉において種子春化の効果が解明されている植物そのものが少ないことから、脱春化に関する研究例も限られている。

第1節では、秋播き草花の開花生態がいくつかのタイプに分類され、これまで知られていなかった多数の種子春化可能な植物が存在することが明らかになった。そこで、本節では種子春化の効果が高かった植物について、種子の低温処理後の高温の影響を検討した。

実験1 種子春化処理後の高温処理が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

サボナリアなど第6表に示した5種を7月8日に播種し、かん水した後2℃の冷蔵庫に搬入して5週間低温処理を行った。低温処理後、高温に遭遇させないように栽培する中温区と高温処理する区を設定し、生育を比較した。中温区は低温処理終了後、最低気温16℃、最高気温26℃に設定した冷房ガラス室で栽培した。高温処理区は低温処理終了直後から、冷房ガラス内に設置した最低気温を30℃とした小型ガラス室で2週間栽培し、その後中温区と同じ条件のガラス室に移して栽培した。高温処理に用いたガラス室は日中も換気せずに管理した。その結果、処理期間中の最高気温は40℃まで上昇した。

結 果

アグロステンマ、ヤグルマギク、リナリアおよびサボナリアは無処理区、高温処理区ともに100%開花し葉数にも差はなかった(第6表)。カサバルピナスは無処理区は100%開花したが、高温処理区の開花率は50%であった。開花しなかった株で葉数が増加し、出らゐも認められなかった。供試した5種の植物で、本種のみ高温による脱春化現象が観察された。

Table 6. Effect of high temperature followed seed vernalization on flowering of several plants.

Species	Control		High temperature	
	Flowering ratio(%)	No. of leaves	Flowering ratio(%)	No. of leaves
<i>Agrostemma githago</i>	100	7.9	100.0	6.4
<i>Centaurea cyanus</i>	100	19.5	100.0	21.4
<i>Linaria bipartita</i>	100	-	100.0	-
<i>Lupinus hirsutus</i>	100	11.9	50.0	15.0
<i>Vaccaria pyramidata</i>	100	6.9	100.0	6.6

Sowing date : July 8

Vernalization : 5 weeks at 2°C

Vernalized seeds were exposed high temperature(2 weeks at minimum temperature 30°C).

Examination was terminated October 25.

考 察

1. 供試植物の処理に対する反応のパターン

供試した全植物の低温処理と日長処理に対する反応を、第1表の基準によって分類した結果が第7表であり、一年生、二年生および多年生植物の区別も併せて記した。園芸学的には原生地の生活型からみた夏一年生植物、冬一年生植物、二年生植物の3つの型の1稔性植物だけでなく、多年生植物でも種子繁殖を行って1～2年間に開花させるような栽培を行う植物を一・二年草と呼んでいる(2)。しかし、この区別はある地域の自然環境のもとにおける栽培に基づく区別に過ぎず(123)、また、同じ種であっても一・二年生植物から多年生植物までの生態型が存在する場合もある。本報告では塚本(142)、Bailey(11)の記載に準じて表記した。その結果一年生植物が31種、二年生植物が2種、種子繁殖性の多年生植物が9種であった。以下の本文では一年草と二年草は一年生植物と二年生植物の意味に使用した。

第7表から低温処理と日長に対する反応は、一年生植物か多年生植物であるかによって基本的に大きな違いがあることがわかった。すなわち、本実験において種子の低温処理による開花促進効果が高かった植物としてAに分類された種類は42種中18種であったが、これらはすべて一年生植物であり、二年生植物や多年生植物は含まれなかった。

このタイプの植物の大部分は苗でも低温に反応し、長日によって開花が非常に促進される種類が多かった。一年草で苗の低温処理効果の方が種子の低温処理より開花促進効果が高かつ

た植物は、本実験の範囲ではムラサキハナナとキバナルビナスの2種のみであり、このような開花生態を示す植物は例外であるといえる。

さらに、低温処理に関係なく冬期の低温下で開花し、開花に対して低温要求がないと考えられる植物があった。また、低温処理の影響は判然としなかったが、長日によって開花が著しく促進されるものがあり、このタイプにも一年草が多かった。

一方、供試した多年草には種子低温処理によって開花が促進された植物はなく、苗処理の効果が高かったのもワスレナグサ1種であった。

以下に、第7表の分類に沿ってそれぞれのグループに属した植物の開花生態について考察する。

2. 種子の低温処理による開花促進効果が高い植物

種子繁殖性植物の低温による花芽形成誘導効果は、最初に一年生の冬穀物で報告され、その後に根菜類、葉菜類、花卉ではヒヨスで研究されている(107, 122, 123)。冬コムギや冬ライムギでは低温で発芽させ春化され

Table 7. Classification of the response types to low temperature and day length.

Species		Response types to	
		Low temp.	LD
<i>Centaurea suaveolens</i>	Ann	A	1
<i>Centaurea moschata</i>	Ann	A	1
<i>Centaurea americana</i>	Ann	A	1
<i>Anni majus</i>	Ann	A	1
<i>Centaurea cyanus</i>	Ann	A	1
<i>Vaccaria pyramidata</i>	Ann	A	1
<i>Gypsophila elegans</i>	Ann	A	1
<i>Gilia leptantha</i>	Ann	A	2
<i>Eschscholzia californica</i>	Ann	A	2
<i>Nemophila maculata</i>	Ann	A	2
<i>Nemophila menziesii</i>	Ann	A	2
<i>Lupinus hirsutus</i>	Ann	A	2
<i>Nigella orientalis</i>	Ann	A	2
<i>Papaver Rhoeas</i>	Ann	A	2
<i>Brassica rapa</i>	Ann	A	2
<i>Linaria bipartita</i>	Ann	A	3
<i>Agrostemma githago</i>	Ann	A	-
<i>Clakia concinna</i>	Ann	A	-
<i>Lupinus luteus</i>	Ann	B	2
<i>Orychophragmus violaceus</i>	Ann	B	3
<i>Myosotis alpestris</i>	Per	B	3
<i>Lagurus ovatus</i>	Ann	C	1
<i>Briza maxima</i>	Ann	C	1
<i>Chrysanthemum parthenium</i>	Per	C	1
<i>Chrysanthemum inodorum</i>	Ann	C	1
<i>Nigella damascena</i>	Ann	C	1
<i>Godetia hybrida</i>	Ann	C	1
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	Ann	C	1
<i>Chrysanthemum paldosum</i>	Ann	C	2
<i>Chrysanthemum multicaule</i>	Ann	C	2
<i>Anchusa capensis</i>	Bie	C	2
<i>Lupinus polyphyllus</i>	Per	C	2
<i>Papaver nudicaule</i>	Per	C	2
<i>Iberis amara</i>	Ann	C	3
<i>Calendula officinalis</i>	Ann	C	3
<i>Armeria maritima</i>	Per	C	3
<i>Hesperis matronalis</i>	Per	C	3
<i>Phlox Drummondii</i>	Ann	C	3
<i>Silene orientalis</i>	Bie, Per	C	3
<i>Bellis perennis</i>	Per	C	-
<i>Centranthus ruber</i>	Per	C	-
<i>Papaver orientale</i>	Per	C	-

Ann: annual, Bie: biennial, Per: perennial

- Effect of day length was not tested.

Classified value

Responses to low temperatures Differences of flowering time

A: Seed > Plant > Cont. 2 weeks

A': Seed = Plant > Cont. Ditto

A'': Seed > Plant = Cont. Ditto

B: Plant > Seed > Cont. Ditto

B': Plant > Seed = Cont. Ditto

C: Seed, Plant = Cont.

Responses to long day

1: Long day > Natural day 4 weeks

2: Long day > Natural day 2 weeks

3: Long day = Natural day

た株は、その後16時間の長日条件下では出穂が起こるが10時間の短日条件下では出穂せず、開花には低温と引き続く長日条件が必須とされる。二年生のヒヨスも同様に低温を受けた後、長日によって花芽形成誘導が可能になる。一方、春播き性のライムギ、一年生のヒヨスでは低温に遭わなくても長日条件だけで開花する。

シレネ・アルメリアは一年生の長日植物で、種子春化の効果が高い植物である。Welkensiek (153, 154, 158) はこの植物の花芽形成誘導に関し、20℃の中温条件下では長日を要するが、種子春化した場合、および30℃を越えるような高温条件においては短日条件下でも開花するとしている。シレネ・アルメリアでは低温を受けないと長日下でしか開花しないが、低温を経過すると長日要求が消失する点がライムギやヒヨスと異なっている。

本実験でAに分類した植物は吸水種子を低温処理した場合に、開花節位が低下することにより開花が促進される植物であった。このタイプの植物は種によってその程度に差はあるが、いずれも苗の状態でも低温処理に反応し、開花が促進された。しかし、ヤグルマギクのように種子と苗の低温処理において差が小さい植物と、サボナリアのように苗処理の効果が劣る植物が認められた。本実験では両者とも低温処理期間を4週間とし、苗の低温処理では288穴のトレイで育苗可能な本葉が数枚までの若齢苗を処理したが、植物によっては花成誘導に要する低温処理期間が苗齢により異なる可能性があり、このことが本実験における種子と苗への低温処理効果の差となったとも考えられる。いずれの種においても種子春化の開花促進効果が高いのは、発芽段階で低温に反応することで生殖生長への移行が最も速やかに起こるためであろうと推測される。

花卉栽培で種子春化の効果が明らかにされ、実用レベルで吸水種子の低温処理によって開花促進が図られている植物はスターチス・シヌアータ (10, 68, 70), スイートピー (39, 44, 91), イエローサルタン (81) 程度であり、秋播き花卉で種子春化の効果が確認されている種類は多くない。しかし、本実験の結果からこれまで開花生態について調査されていなかった秋播き一年草の中には、種子春化される植物が多く存在することが明らかになった。土井 (20) はスターチス・シヌアータの変種とされるスターチス・ボンジェリーも催芽種子の低温処理によって抽だいが促進されることを報告しているが、本実験に供試した範囲

で低温処理に対して上述の一年草に準じた生育を示す多年草は認められず、スターチス・シヌアータの開花生態は多年草としてはきわめて例外的ではないかと考えられる。

ところで、本実験では低温処理を2℃または4℃で行ったが、種子の低温処理後の発芽状況に植物による差が観察されたため、発芽状態の観察結果を第8表にまとめた。種子処理区はかん水から数時間後に冷蔵庫に搬入したが、冷蔵中に発芽が進行する植物があり、その程度は種類によって異なった。通常秋播き一年草は15～20℃に発芽適温をもつものが多いが(1, 102), 2～4℃の低温下でも4週間以内に非常によく発芽する植物のあることが明らかになった。分類Cとした植物は低温処理中にすでに胚軸が徒長するほどに発芽が進んだ種類で、分類Aとした植物は外観上発芽が認められなかった種類であった。この表から、低温条件下で発芽する性質が強いものには処理によって抽だい、開花が促進される一年草が多いことがわかる。低温下で発芽が認められなかった植物でも、ホワイトレースフラワー

Table 8. Germination after low temperature treatment for 4 weeks at 2 or 4℃.

Species	Temperature (°C)	
	2	4
<i>Brassica rapa</i>	C	C
<i>Centaurea cyanus</i>	C	C
<i>Centaurea suaveolens</i>	C	C
<i>Chrysanthemum multicaule</i>	C	C
<i>Godetia hybrida</i>	C	C
<i>Nemophila menziesii</i>	C	C
<i>Linaria bipartita</i>	C	C
<i>Calendula officinalis</i>	B	C
<i>Chrysanthemum paldosum</i>	B	C
<i>Papaver rhoeas</i>	B	C
<i>Vaccaria pyramidata</i>	B	C
<i>Gypsophila elegans</i>	B	C
<i>Agrostemma githago</i>	-	C
<i>Gilia leptantha</i>	-	C
<i>Centaurea moschata</i>	B	B
<i>Nemophila maculata</i>	B	B
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	B	B
<i>Lupinus hirsutus</i>	A	B
<i>Lupinus luteus</i>	A	B
<i>Lupinus polyphyllus</i>	A	B
<i>Papaver nudicaule</i>	A	B
<i>Bellis perennis</i>	-	B
<i>Clakia concinna</i>	-	B
<i>Papaver orientale</i>	-	B
<i>Ammi majus</i>	A	A
<i>Armeria maritima</i>	A	A
<i>Centaurea americana</i>	A	A
<i>Chrysanthemum parthenium</i>	A	A
<i>Eschscholzia californica</i>	A	A
<i>Hesperis matronalis</i>	A	A
<i>Myosotis alpestris</i>	A	A
<i>Nigella damascena</i>	A	A
<i>Nigella orientalis</i>	A	A
<i>Phlox drummondii</i>	A	A
<i>Silene orientalis</i>	A	A
<i>Anchusa capensis</i>	A	-
<i>Briza maxima</i>	A	-
<i>Chrysanthemum inodorum</i>	A	-
<i>Lagurus ovatus</i>	A	-
<i>Orychophragmus violaceus</i>	A	-
<i>Centranthus ruber</i>	-	A
<i>Iberis amara</i>	-	A

A: No observation of visible germination.

B: Visible germination.

C: Hypocotyl elongation.

とケンタウレア・アメリカナのように春化の効果を認めた植物もあったが、低温下での発芽の進行程度と春化感受性になんらかの関連性が示唆される。

次に日長に対する反応であるが、Aに分類された植物には長日によっても抽だい、開花が著しく促進される分類1ないし2のタイプの植物が多く、長日の開花促進効果が判然としなかったのはヒメキンギョソウだけであった。長日下では低温期を経るまでに抽だいを開始したヤグルマギクなどのケンタウレア属植物、カスミソウ、サボナリアなどは、低温処理して自然日長下で栽培された株よりも抽だい、開花とも早く、これらの植物では長日下で栽培された場合には抽だいに低温を必要としないと考えられた。

A-1に分類した植物の中で、ホワイトレースフラワーについては吾妻ら(9)、土屋(144)の報告があり、吾妻らによると長日が開花を著しく促進し、育苗期に10日だけ長日条件におけばその後冬季の自然日長下で開花を続けるとしている。さらに土屋ら(145)は種子の低温処理による抽だい促進効果も認めており、本実験と同じ結果を得ている。

また、岩波(57)は、カスミソウは8時間日長の短日下では抽だいは起こらないが、16時間の長日処理を行うことにより抽だいが誘導され、生育、開花に対して日長の影響が大きいことを報告している。

本実験においても、これら両種は本葉が数枚展開した若齢苗の段階で長日に反応して抽だいが始まることを観察しており、その効果は低温処理よりも大きかった。このような生育、開花反応はホワイトレースフラワー、カスミソウだけでなくA-1に分類した植物に共通して認められるものであり、これらの植物の開花には低温は必須ではなく、低温遭遇あるいは長日のどちらか一方の条件が与えられれば花成誘導が起こると考えられる。

春化は活動中の分裂組織において(77, 152)、また、日長反応は展開葉において環境刺激が受容されるという違いはある(140)が、Wellensiekは類似の開花生態を示すと考えられる一年草のシレネ・アルメリアについて詳細な研究を行い、それぞれの誘導条件における花芽形成のプロセスは同じであり、花芽形成を誘導するホルモン生成のブロックングが中温域で起こるとして本種の開花生理を説明している(154, 158)。

したがって、これらの植物において通常秋に播種された株が春まで節間伸長せず、ロゼッ

トを形成する主たる環境要因は、播種後中低温域における短日ではないかと考えられる。そして、長日下では低温遭遇しなくても開花する長日植物であるが、春化された場合には冬季の短い日長下で抽だい、開花が可能になるものと考えられる。これは、十分に低温遭遇して休眠、ロゼットが打破されたキク、シュッコンカスミソウなどの宿根草が、より低温、短日条件下で節間伸長と抽だいが可能になる現象と類似している。

Lysenkoによって確立された発育段階説は秋播き性の穀類を用いて導かれた説であるが(47, 122, 123)，ここに分類した植物は感光相に移行する条件として感温相の通過を必須とはしなかった。本実験の結果からは、種子春化される植物全体からするとむしろこのような開花生態を示す植物の方が多いのではないかと推察される。

3. 苗の低温処理による開花促進効果が高い一年草

一年生植物において種子春化の効果がなく、緑植物春化によってのみ開花が促進される植物はこれまで報告されていない。抽だいと開花に対して低温処理の効果が認められた一年草はほとんどが種子、苗の両方の発育段階において低温に反応する植物であったが、供試した植物で唯一ムラサキハナナだけは苗の段階においてのみ低温を感受する緑植物春化であることが明らかになった。キバナルピナスも苗処理区の方が開花は早かったが、処理区間の差はムラサキハナナほど明確ではなかった。

ムラサキハナナは一年生植物のなかでは低温下で発芽しにくい植物であり、前項でも述べたように、催芽させた状態かあるいは発芽過程が進行するやや高い低温域でなければ種子春化が起こらないことも考えられる。スターチス・シヌアータについては生産現場では催芽種子を低温処理中に発芽が進行しないように0℃近い低温処理が行われ、スイートピーでは、30日間の低温処理を行うと処理中に発芽し、吸水種子でも催芽種子と同様の春化効果が得られるとされている(24)。上述のように種子春化可能な多数の一年生植物の存在が明らかになったことから、より効果的な春化処理方法を解明するため、低温条件下での発芽および催芽の程度と春化の関係について今後検討する必要があると思われる。

キバナルピナスについては、五井ら(37)が‘ゴールドラッシュ’を用いた実験で、日長

に関係なく開花し、生長期における低温はその後の生育に影響を及ぼさないとして、低温の影響に関して本実験と異なる結果を得ている。しかし、A-1に分類した植物のように花芽形成に低温を必要としない植物であっても、低温処理による開花促進効果が認められる植物もあり、本種の開花生態についてはさらに検討を要する。

苗の低温処理によって開花が最も促進された多年草は、本実験の範囲ではワスレナグサだけであった。低温処理の効果を認めなかった種類も含めて次項で考察する。

4. 低温処理による開花促進効果が明確ではなかった多年草

本実験ではワスレナグサ以外にも数種の種子繁殖する多年草を供試したが、種子、苗ともに低温による開花促進効果が認められた種類はなかった。

アルメリア・マリティマに近縁なアルメリア・ラティフォリアの栄養繁殖系の株では抽だい、開花のために低温要求があり(162)、ラッセル・ルピナスも展開葉9枚以上の苗が低温に反応する緑植物春化であるとされる(38, 115)。第5表において6月に播種した場合には、大部分の一年草が開花したのに対して、アルメリア・マリティマとシレネ・オリエンタリスは開花しなかったことから、実験1, 2で開花しなかった他の多年草もワスレナグサと同様に緑植物での低温要求をもつものと推定される。花芽形成誘導されなかった原因としては、低温処理時に苗がjuvenile phaseにある、低温要求が充されていない、調査期間中に抽だいが起こる大きさの株に達していない、および栽培温度が抽だいを誘起するには低すぎるなどの原因が想定され明確な結論を下すことはできない。しかし、少なくとも種子繁殖した多年草には、一年草にみられるような種子あるいは若齢苗の低温処理によって抽だい開始までの栄養生長期間が著しく短縮される生育反応を示す植物は認められないといえる。

これまで種子繁殖性花卉で緑植物春化が明らかにされている植物としては、ストック(45, 71)、ヒゲナデシコ(12)、カンパニュラ・メデイウムをはじめとしたカンパニュラ属(3, 55, 60, 65, 90, 151)、などがあり、低温を感受できる苗齢はノンブランチング系のストックでは本葉10枚以上、カンパニュラ・メデイウムでは播種後3~5か月とされ、いずれも288穴のトレイで育苗できる大きさではない。本実験でワスレナグサでのみ成型苗で

の春化が可能であった理由は、本種は植物体そのものが小型であり、また自然開花期も早春の低温期であるため、288穴の育苗トレイで育苗可能な本葉4.7枚の苗ですでにJuvenile phaseが終了し、無加温ハウスの低温条件下でも開花が促進されたのではないかと考えられる。

5. 低温処理が開花に影響しない一年草

ここに分類された植物は、冬から春の低温下で開花する種類と気温が上昇する4~5月に開花する種類に大別される。気温が上昇するまでに開花した植物にはクリサンセマム・ムルチコーレ、クリサンセマム・バルドスムおよびキンセンカが該当し、いずれも6月播種でも開花したことから、低温要求のない植物であると判断される。キンセンカについては、小林ら(69)が開花に低温を必要としないとする同様の結果を得ており、これらの植物では低温が開花に質的に影響することはないと考えられる。小林らの報告では長日によってキンセンカの開花が早まるとしているが、本実験では花茎伸長を促進したものの、開花に対する影響はそれほど大きくなかった点が異なった。

一方、ゴデチア、セイヨウマツムシソウ、コバンソウおよびラグラス・オバタスなどでは低温処理は開花にほとんど影響しなかったが、長日によって著しい開花促進が認められ、これらの植物は生育に対して日長への依存度の高い長日植物であるとみなされる。

従来、秋播き種子繁殖性花卉の開花生態に関して、質的な低温要求をもつ植物に関心が払われてきた。しかし、多数の種類を調査してみると、秋播き一年草のなかにもクリサンセマム・ムルチコーレやクリサンセマム・バルドスムのように低温や日長がその生育に質的に影響しない植物や、ゴデチアやセイヨウマツムシソウのように長日開花性は非常に強いが、低温は生育に対して質的に影響しない植物が存在する。本実験結果からは、秋播き一年草は低温に遭遇した後長日によって開花が促進される、という従来の開花生態に関する一般的な見解に該当しない植物のほうが多く、秋播き一年草の開花生態について見直す必要があると思われる。

低温要求を示す多年草では低温遭遇が不十分な場合、長日が低温の一部を代替するが、深い休眠やロゼット状態にある株に対しては長日が伸長を促進することはない(148)。本実験

においても、一年草にはごく若い苗の段階で長日に反応し、開花が著しく促進される植物が多く観察されたが、多年草には類似の反応を示す植物がなかったことから、低温に感応できない若い齡にある多年草の実生苗は、長日に対しても反応しにくいものと推察される。

栄養繁殖系の多年草では、休眠やロゼットなど主として温度に規定される発育相が存在し、低温を受けることにより休眠、ロゼット相が終了した後、ないしは終了に近い段階になってはじめて日長に反応する。多年草を種子繁殖した場合にも、これと同様に低温、日長に反応しない発育段階が存在するものと考えられ、この点が発芽後の若い苗が長日に鋭敏に反応し、かつ種子春化も有効な一年草との低温、日長に対する反応における大きな相違点であるといえる。

本章では無処理と4週間の低温処理、および自然日長と24時間日長区でその生育の違いを論議してきたが、最も開花が促進される処理が必ずしも実用的であるとは限らない。冬咲き系スイートピーの種子を低温処理して植え付けると、生殖生長への移行が早すぎて草勢が維持されず、結果として収量が劣る。品質のよい花を得るためには、栄養生長と生殖生長のバランスがとれる程度の低温処理を施さねばならず、適切な低温処理期間、日長条件は品種の自然開花時期によって異なる。同様の問題は本実験で取り上げたネモフィラやハナナなどでも観察された。ネモフィラは吸水種子の低温処理により、一番花が第7節程度で開花するが、その草姿は花壇苗としては非常に貧弱である。苗の低温処理は種子処理より花芽形成促進効果は明らかに劣るが、ある程度分枝してから一番花が開花するため実用的な苗の品質としては優れる。花壇用花卉のように長期にわたって開花を継続させなければならないものでは、栄養生長と生殖生長がバランスよく継続されるように処理する必要がある。また、ハナナは無処理でも冬季に開花するが、吸水種子あるいは苗に低温処理を施すことによって、非常に小さい草姿で開花させることができる。目的によって必要とされる植物のサイズ、形は当然異なり、それぞれの植物の用途に応じた低温処理方法と日長処理の方法が検討されねばならない。

また、本実験では、一年草の日長反応が幼苗の段階で認められることを明らかにしたが、植物の生育ステージと日長反応との関係については検討していない。

A-1に分類された植物のなかで、ホワイトレースフラワーについては吾妻(9)が日長反応について詳細に検討し、長日による開花促進効果が非常に高いが、継続した長日下では切り花収量が劣るため、展開葉4枚の苗に10日間の長日処理を行うことによって収量が増加していると述べている。種子、苗の低温処理だけでなく、長日による開花促進効果が高いA-1、A-2およびC-1、C-2に分類された植物の中には、生育期のある段階に短期間長日処理を行うことによって実用的に十分な開花促進効果が得られる可能性があり、種子の低温処理期間とあわせて長日処理を行う時の苗齢と長日処理が必要な期間、および適切な日長時間について検討する必要がある。それによって、施設栽培では本圃における日長処理設備が不要になるだけでなく、定植後の日長処理が困難な花壇用植物ではとくに有効な手段となり得る。

近年、成形苗の普及に伴い、これの一時的な貯蔵は輸送、植え付けの分散などにおいて都合であることから、Kaczperski・Armitage(66)はペチュニアなどの花壇苗を材料とした5℃の低温貯蔵について報告している。また、磯部・大江(56)は、成型苗育苗において発芽率を高め発芽揃いをよくするため、播種後の種子を5～15℃の温度で発芽直前まで保管する低温貯蔵を検討している。しかし、本実験によって、多くの秋播き一年草、とくにAに分類された種類では低温が春化として影響することが明らかになり、種類によっては低温貯蔵によってその後の生育が質的に変化することが考えられる。したがって、これらの技術を秋播き一年草に適用する際には、植物による低温に対する反応の違いについて考慮する必要がある。その際本実験の結果が役立つと考えられる。

苗の低温反応が明確でなかった多年草の苗齢と低温要求性の関係についてはさらに検討されねばならないが、低温要求のある種子繁殖性多年草の開花調節において、実用的見地から採用した288穴のトレイで育苗した成型苗の低温処理が適用できるケースは多くないと判断される。また、苗の低温処理が開花促進に効果を示した一年草においても、吸水種子の低温処理の方が簡便であることから、ムラサキハナナなど一部の例外を除き、成型苗の低温処理による開花調節への利用場面は多くないと考えられる。一年草では、種子処理では開花が促進されすぎて品質が劣るといった場合に成型苗の低温処理が採用されよう。

花卉の育種においては、生産性向上のため多少とも生態的な選抜が加えられている。した

がって、本章で取り上げた花卉の種について供試した品種がその種の開花特性を代表しているかどうかは疑問が残るところである。供試した種類は今のところ生産量が多くはないマイナークロップといえる種類が多く、品種分化も少ない。供試植物ではヤグルマギク、キンセンカ、ハナナ、マトリカリア、デージーなどが比較的品種数の多い花卉であり、いずれも早晩性を異にする品種が育成されていて、ヤグルマギク、キンセンカ、ハナナでは早生の寒咲き性の品種が存在する。

ハナナを例に挙げると、供試品種は9月播種で年末から開花を始め、一見低温要求がないようにもみえる。しかし、低温処理することによって開花節位が一層低下し、春化の効果が認められる。生態育種の結果として寒咲性に改良されたハナナではあるが、完全に春化された場合の栄養生長量はさらに小さく、寒咲き性品種は秋播きの一般的な栽培において年内に開花するのに必要な程度に低温要求性を小さく改良されているものと考えられる。

ストックでは花芽形成可能な最低温度により、品種間の栄養生長量に大きな差が生じるにも関わらず、幼苗期から花芽形成に好適な低温条件におかれた場合のJuvenile phaseには差がないとされる(29)。ハナナの場合、晩生品種に対する低温処理の開花促進効果はより大きいものと推察され、寒咲き性ハナナにみられるこのような低温処理の効果は量的な春化反応と捉えることができる。以上のことから、生態育種が行われている場合であっても、その植物にとっての最小栄養生長量で開花するほどに早生化が図られた品種でない限り、本実験で認められた処理に対する反応にはそれぞれの植物の開花生態が反映されていると考えられる。

切り花市場では概して切り花長の長い生産物が有利に取引される傾向にあるが、昨今ホームユースを目的としたカジュアルフラワーに対する関心が高まっている。低コスト生産が前提となるこの分野では種苗費が安い種子繁殖性花卉の利用場面が増大すると考えられる。本章で検討した花卉のなかには比較的低温下でも栽培でき、しかも晩秋から季咲きにかけての開花調節が容易な種類が多く含まれている。それらはカジュアルフラワーとしての需要にも対応可能であり、実用化に際して本実験の結果が寄与できるものと考えられる。

摘 要

種子、苗の低温処理および日長に対する反応は、種によって多様であったが、低温処理に関しては種子の低温処理による開花促進効果が高い植物、苗の低温処理による開花促進効果が高い植物、開花に対して低温が必要ではない植物に大別され、それぞれについて日長の開花への影響が大きい植物と小さい植物があった。

低温処理と日長の開花への影響の仕方は、一年生か多年生であるかによって大きな違いがあり、種子低温処理による開花促進効果が高かった植物はすべて一年生植物であり、二年草と多年草では種子の低温処理は開花に影響しなかった。

種子の低温処理によって開花が促進される一年草の大部分は苗でも低温に反応し、長日によって開花が非常に促進される種類が多かった。一年草で苗の低温処理効果の方が開花促進効果が高かった植物はムラサキハナナとキパナルピナスの2種のみであり、このような開花生態を示した一年草は例外であった。

低温処理に関係なく冬期の低温下で開花し、開花に対して低温要求がないと考えられる植物や、低温処理の影響は判然としないが、長日によって開花が著しく促進される植物があり、このような生態を示す植物にも一年草が多かった。

供試した多年草には種子低温処理によって開花が促進された植物はなく、苗処理効果が高かったのもワスレナグサだけであった。

第2章 代表的な種の生長、開花に及ぼす温度と日長の影響

緒言

第1章では秋播き一年草と多年草は、種子、苗の低温処理および日長に対する生育反応の違いから、開花に対して温度と日長が質的に影響しない植物、低温要求はないが長日によって開花が促進される植物、種子春化の効果が高い植物、苗の低温処理の効果が低い植物に分類できることを明らかにした。

樋口ら(50)が提唱した観賞植物の開花生態の類型化は、植物の発育が感温相と感光相からなるとするLysenkoの発育段階説に基づき、これに幼若相、花熟相を加え、種子の発芽から成熟にいたる過程を相的に捉えたモデルに発展させたものである。第1章でも述べたように、秋播き一年草および多年草ではスイートピーとトルコギキョウがこの型を代表する植物として取り上げられているが、これらの植物とは開花生態が明らかに異なる植物が存在し、秋播き一年草、多年草の開花生態をこの2種の植物で代表させるには無理があると思われる。

本章では低温処理と日長に対する反応に基づき、分類されたそれぞれのグループから数種の植物を選んで、温度、日長およびジベレリンが生育と開花に及ぼす影響について詳細に検討を行った。

第1節では生育、開花に対して低温と日長が質的に影響しないと考えられる植物としてゴデチアを供試し、播種時期および冬季の栽培温度と日長が生育に及ぼす影響を調べた。

次に、低温処理の影響が認められた植物ではごく一部の例外を除いて、冬型一年草は種子春化、種子繁殖系多年生植物は植物体春化と明確な区別性のあることがわかったが、これらの植物では低温処理の程度および栽培温度と日長が、植物の形態と生理状態に相互に影響しあっていることが考えられる。

そこで、供試植物として生育期に明確なロゼットの期間をもち、抽だいとの発育相の変化がとらえやすい植物のなかで、冬型一年草としては春化要求の弱いカスミソウならびに長日による春化要求の代替効果が顕著なサボナリアとケンタウレアを取り上げた。

種子繁殖性の多年生植物としては、第1章では取り上げなかったが、ダイアンサス類と、近年生産が飛躍的に伸びている植物で種子繁殖性の花卉としてはこれまで前例がなかった実

生苗のロゼット化が生産上の障害となっているトルコギキョウをあらたに材料として加え、
発育段階を規定する環境要因、苗齢との関係を詳しく検討した。

第1節 ゴデチア *Godetia hybrida*

ゴデチアは北アメリカ原産の一年草で、園芸品種は *Godetia amoena* (Lehm.) G. Don と *Godetia grandiflora* Lindl. の交雑によって育成されたものである。冬季でも完全なロゼットの形態を示さない植物であるが、露地栽培では節間が短縮した形態を呈する。

第1章では本種の開花に対して、種子、苗の低温処理の影響は認められず、長日が著しく開花を促進する植物であることを明らかにしたが、これ以外に本種の開花生態に関する報告は見当たらない。そこで、まず周年にわたって播種を行い播種時期が生育に及ぼす影響を調べ、次いで秋播き栽培において栽培温度と日長条件を組み合わせる生育、開花に及ぼす影響を検討した。

第1項 播種時期と生育、開花の関係

実験1 播種時期が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

供試品種として「ミス長崎」を用い、2月3日から12月1日まで第16図に示した7回播種した。本葉が2～3枚展開したときに9cm径のポットに1株ずつ仮植し、本葉が10～12枚のときに18cm径のポットに2株ずつ定植した。

栽培はガラス室で行い、10月中旬から4月下旬までガラス室の最低気温を15℃、日中の換気温度を25℃に設定して暖房した。なお、以下の実験において温度設定は実験によって異なり、そのつど記載したが、暖房期間およびその他の管理方法は同じとした。調査は主茎の開花日、草丈、葉数について行った。

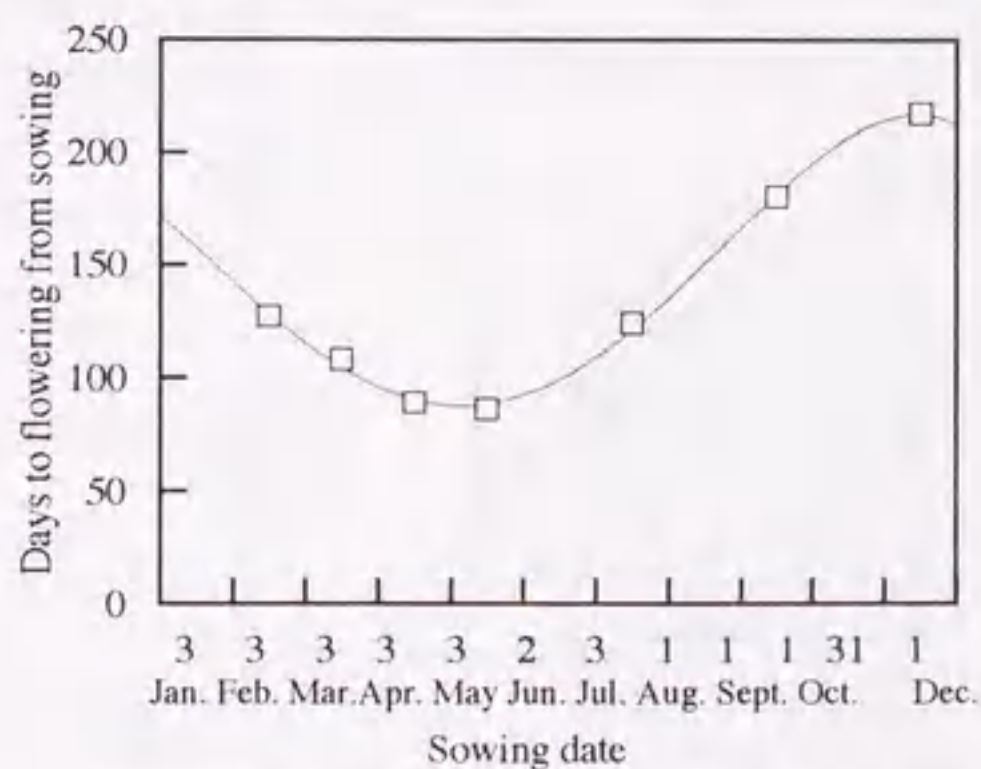


Fig. 16. Effect of sowing date on days to flowering from seeding of *Godetia hybrida* 'Miss Nagasaki' grown at minimum temperature 15℃.

結 果

播種後の到花日数は播種時期によって大きな差があり、4～5月に播種した場合に80～90日と短かったのに対して、10月1日播種では217日を要した（第16図）。草丈は到花日数と関連があり、5月播種区は48.9cmと短く、10月と2月播種区が86.8、77.0cmと長かった（データ省略）。

第2項 栽培温度および日長と生育、開花の関係

実験1 栽培温度と日長が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

10月15日に播種し無加温ハウスで栽培した苗を、11月15日に9cm径のポットに仮植した。12月20日に定植後最低気温10および15℃に設定したガラス室と二重被覆を行った無加温ハウスに搬入し、それぞれの温度区について自然日長、16、24時間の日長区を設定して栽培した。

結 果

処理開始日の苗の大きさは草丈11.2cm、葉数7.8枚であった。処理開始後の到花日数は15℃、24時間日長区の68.9日から無加温、自然日長区の134.7日の範囲で、栽培温度が高く長日ほど短かった（第17図）。自然日長区では栽培温度によって到花日数にかなりの差があったが、長日条件では栽培温度による差は小さかった。

草丈は最低気温15℃では24時間日長区が71.1cm、自然日長区が82.6cmと栽培温度が同じときには日長が長いほどやや短かった（第18図）。

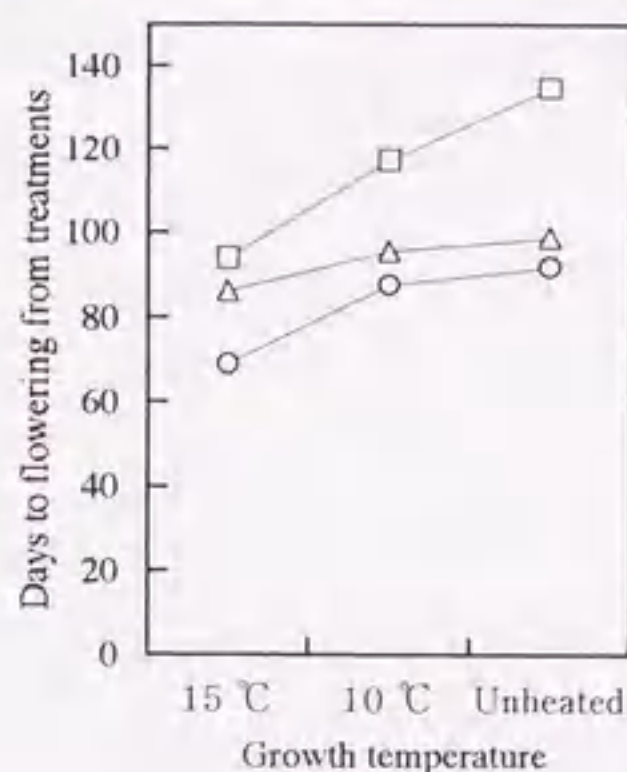


Fig.17. Interaction of temperature and day length on flowering of *Godetia hybrida* 'Miss Nagasaki'. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec.20.

□— ND △— 16h ○— 24h

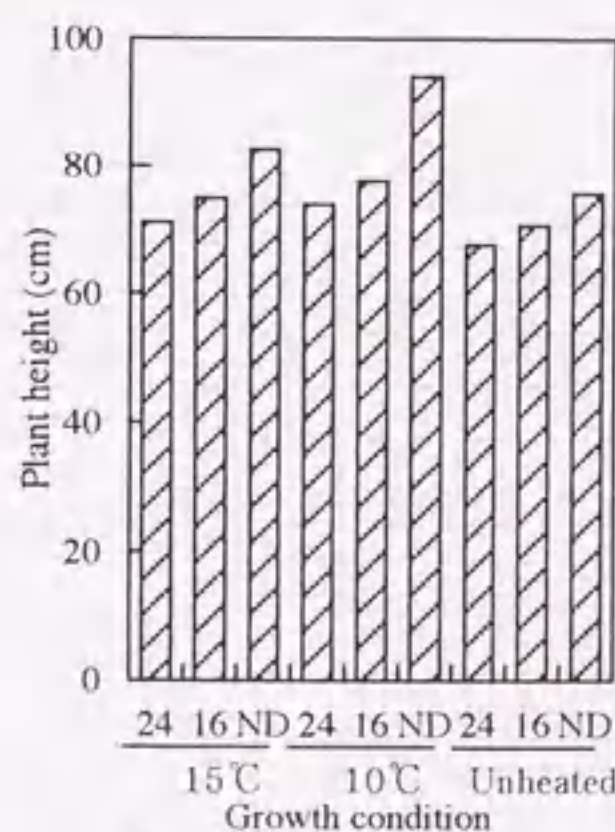


Fig. 18. Effect of temperature and day length on plant height of *Godetia hybrida* 'Miss Nagasaki'. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec.20.

考 察

本種は播種後ロゼットの形態をとることなく、露地栽培では節間が短い状態で分枝する。第1章および上記の実験結果から本種は花芽形成に低温要求をもたない量的長日植物であることが確かめられた。一年草と多年草の違いはあるが、花芽形成に低温要求をもたず長日が開花を促進するキンギョソウ(80)、ユウギリソウ(36, 161)の開花生態と類似している。

播種時期をかえることによって開花時期の調節が可能であることが分かったが、夏の高温が発芽、生育の障害となるため栽培可能な時期は限定される。春以降に播種すると高温、長日のため著しく開花が促進され、暖地で高温期に品質のよい生産物を得ることは難しい。

10℃に加温すると茎が軟弱になりやすく、栽培の適温は最低気温10℃以下であると考えられる。平坦地における秋播きの自然開花期は5月と遅いが、低温で栽培可能な植物である。低温下での長日による開花促進効果は非常に大きいものの、24時間日長では花茎が湾曲しやすくなることが観察され、16時間程度の日長条件で栽培することが望ましいと思われる。

摘 要

ゴデチアは開花に低温を必要としない長日植物であり、周年いつ播種しても開花した。春以降に播種すると、高温長日のため短い草丈で開花した。促成栽培における加温温度は10℃以下が適した。

第2節 カスミソウ *Gypsophila elegans*

カスミソウはウクライナ南部，コーカサス，イラン北部原産の耐寒性のある一年草で，切り花や花壇に利用される。シュッコンカスミソウの生産が飛躍的に伸びたためカスミソウはそれほど注目されていないが，長期出荷が可能になれば生産コストをそれほど要しないことから栽培が増加すると考えられる。

種子，苗の低温処理が生育に及ぼす影響は種子春化型の植物のなかでは小さく，長日による抽だい，開花促進が高い植物である。岩浪（57）は3品種のカスミソウを用いて日長反応について検討し，秋播きでは16時間の長日処理によって抽だいと開花が促進され，春播きでは8時間の短日処理によって抽だいが抑制されることを報告している。また，大江（92）は多種類の秋播き草花の生育と開花に及ぼす温度と日長の影響を調べた実験において，暗期中断4時間の長日処理がカスミソウの開花を促進することを報告し，生育に対して日長の影響が大きいことが共通して観察されている。

冬型一年草には発芽後冬の低温期を経過するまでロゼットの状態で生育する植物が多く，カスミソウも生育期に明確なロゼットの形態をとる植物である。ロゼットについては，キク，シュッコンカスミソウを始めとした宿根草での報告が多いが，冬型一年草のロゼット，抽だいに関しては研究例が少なく，カスミソウのロゼットについての報告も見あたらない。

そこで，ロゼット，抽だい，開花に至る本種の発育とそれを規定する温度，日長条件の影響ならびに生育に対するジベレリンの影響について検討した。

第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響

カスミソウを短日に播種するとロゼットになる。低温処理した種子，苗では短日にも抽だいが起こるが，長日条件下では低温処理に関係なく抽だいし，生育に対して低温遭遇と日長が相互に関連して影響を及ぼしていることが考えられる。そこで，本節では生育と開花に及ぼす低温遭遇と日長の影響，および両者の交互作用について検討した。

実験1 播種時期が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

以下の実験も含め供試品種として‘コベントガーデンマーケット’を用い、第19図に示したように1月3日から12月1日まで毎月1回播種した。本葉が約2節展開したときに9cm径のポットに1株ずつ仮植し、その後18cm径のポットに2株ずつ定植した。播種および栽培はガラス室で行い、冬季はガラス室の最低気温を15℃、日中の換気温度を25℃に設定し、それ以外の時期は側窓を開放した。

播種時期によって長期間ロゼット状に生育した後抽だいした株があったため、播種後3か月目に抽だい状況について調べた。外観的に節間伸長が認められなかった株をロゼット、節間伸長していない基部の最上位の節と伸長を開始した最初の節との節間長が約1cmになった株を抽だいとして区別した。生育調査は抽だい率が約50%以上あった区においては抽だいした株について、抽だい率が低かった区ではロゼット状の株を継続して栽培し開花が認められたときに行った。約30%の小花が開花した日を開花日として、主茎の開花日、草丈および節数を調査した。以下の実験では、記述がない場合播種、栽培、調査の方法は本実験と同じ要領で行った。供試株数は1区12～20株であった。

結 果

1～7月までに播種した区では、85～100%の株が播種後3か月以内に抽だいした（第19図）。播種時期が8月1日以降の区で抽だい率が著しく低下し、8月1日播種区は45%、9月1日播種区では10%であった。10月1日と10月31日播種区では、播種後3か月目にはすべての株がロゼット状の生育を示していた。12月1日に播種すると抽だい率は再び高くなった。なお、7～8月に播種した区では、主茎がロゼットの状態で側枝が抽だいした株や、主茎よりも側枝の伸長のよい株が多かった。

開花と生育は、播種時期によって著しく異なった（第9表、第20図）。1月3日播種区は到花日数126日で、5月9日に開花した。2月3日以降5月3日播種まで、播種時期が遅くなるにしたがって順次到花日数が減少し、5月3日播種区は播種後50日で開花した。6月2日以降の播種区は到花日数が増加に転じた。9月1日から12月1日に播種した区は秋から冬にかけてロゼッ

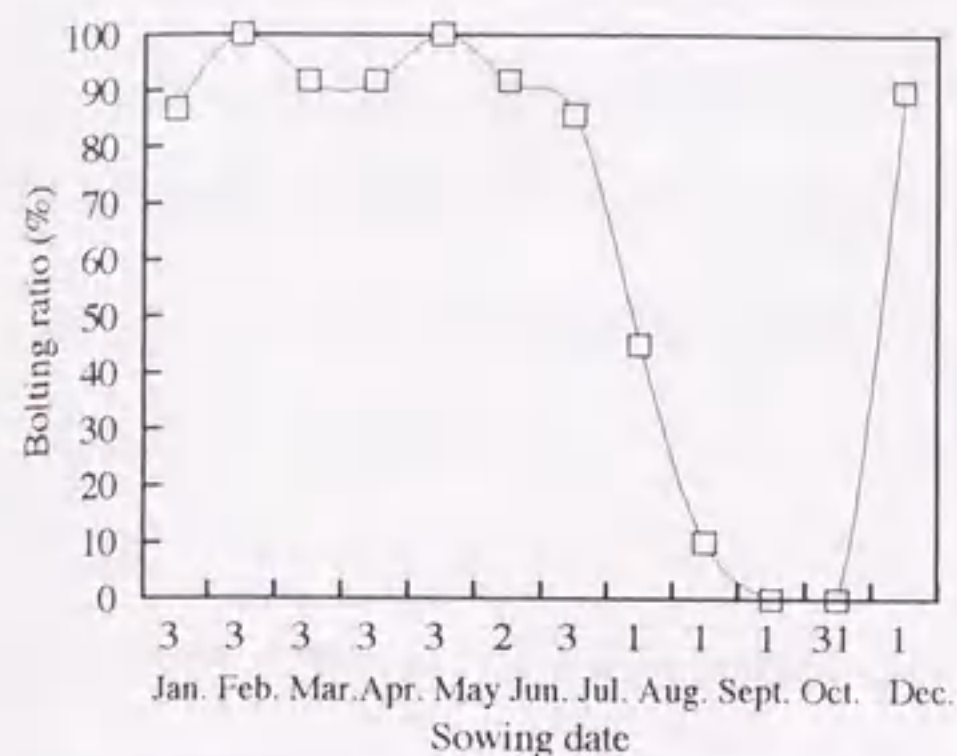


Fig. 19. Percents of bolting plants of *Gypsophila elegans* within three months from sowing in the greenhouse warmed at min. temperature 15°C.

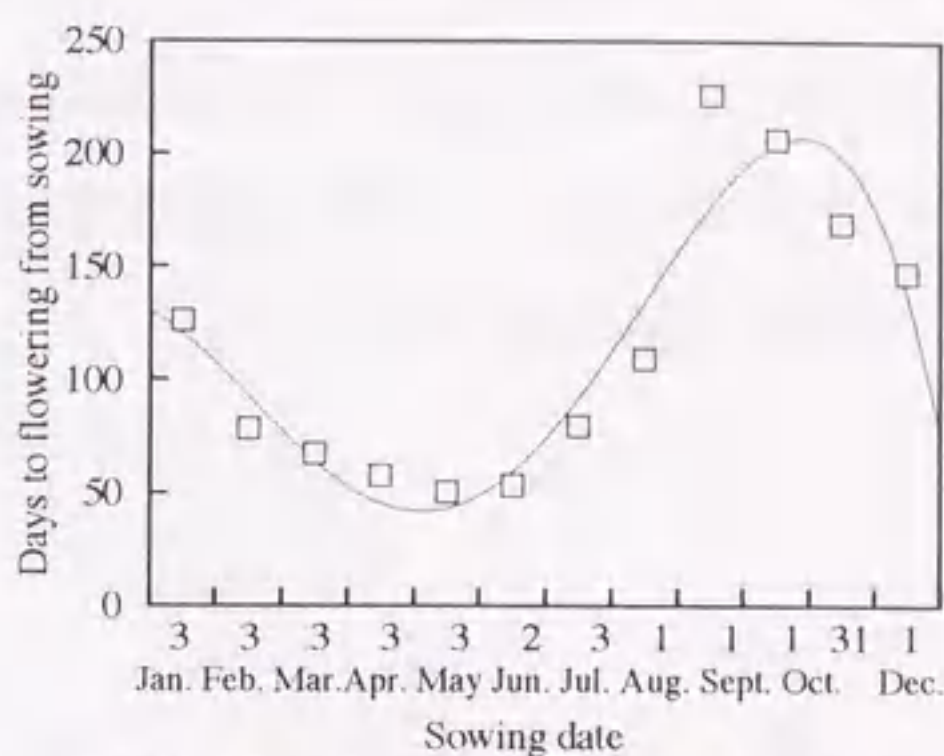


Fig. 20. Effect of sowing date on days to flowering of *Gypsophila elegans* grown at min. temperature 15°C.

Table 9. Influence of sowing date on flowering and growth of *Gypsophila elegans* cv. Covent Garden Market.

Sowing date	Flowering date ^z	Plant height (cm)	No. of nodes ^y
Jan. 3	May. 9	64.5	21.5
Feb. 3	Apr. 22	46.5	14.4
Mar. 3	May. 9	54.2	12.8
Apr. 3	May. 30	60.0	13.4
May. 3	Jun. 22	52.9	12.4
Jun. 2	Jul. 25	44.0	15.7
Jul. 3	Sep. 20	50.9	21.0
Aug. 1	Nov. 18	44.6	31.9
Sep. 1	Apr. 15	61.7	33.6
Oct. 1	Apr. 25	70.1	27.4
Oct. 31	Apr. 18	79.1	21.5
Dec. 1	Apr. 27	74.2	22.7

Greenhouse was heated at minimum temperature of 15°C.

^z Data was taken when about 30% of florets opened.

^y No. of nodes to bract leaf of 1 cm length.

ト状の生育を続け、翌年の2月下旬に抽だいを始めて4月に開花した。9月1日播種区の到花日数は226日で、8月1日播種区の約2倍要した。

草丈は2月3日から8月1日播種区が短く、10月31日播種区が79.1cmで最も長かった（第9表）。節数は到花日数が短かった2～6月播種区で12.4～15.7と少なく、最も到花日数を要した9月1日播種区では33.6

となった。9月1日以降2月までは、播種時期が遅いほど節数が減少した。

実験2 日長時間が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

3月25日、7月3日および9月30日に播種し、本葉が2～3節展開した5月1日、8月1日、11月2

日に18cm径のポットに植え付けた。植え付けと同時にそれぞれの播種時期について、8, 10, 12, 14および16時間の日長条件を設定した施設に搬入し、生育を比較した。栽培は二重被覆の無加温ハウスで行い、5月1日から10月20日の間側面を開放し、それ以外の期間は保温した。開花した株の生育調査を行った後、7月17日、10月24日、3月15日に抽だい率を調べて調査を打ち切った。

結 果

日長処理開始時の苗の展開葉節数は約3.5, 分化節数は9~10であった。

各播種日における日長と抽だい率の関係は、第21図、第22図に示したようにすべての播種日において8時間区と10時間区は抽だいが起こらず、抽だい率は日長時間が長いほど高かった。12時間区と14時間区の抽だい率は播種時期によって異なり、3月25日と9月30日播種区に比べて7月3日播種区で低かった。

到花日数は3月25日播種区が33~44日と最も短く、9月30日播種区が長かった。播種日が同じ場合には、日長が長いほど短かった。草丈、ロゼット節数、節数は3月25日播種区が少ない値を示し、7月3日に播種して14時間日長で栽培した区のロゼット節数が多かった(データ省略)。

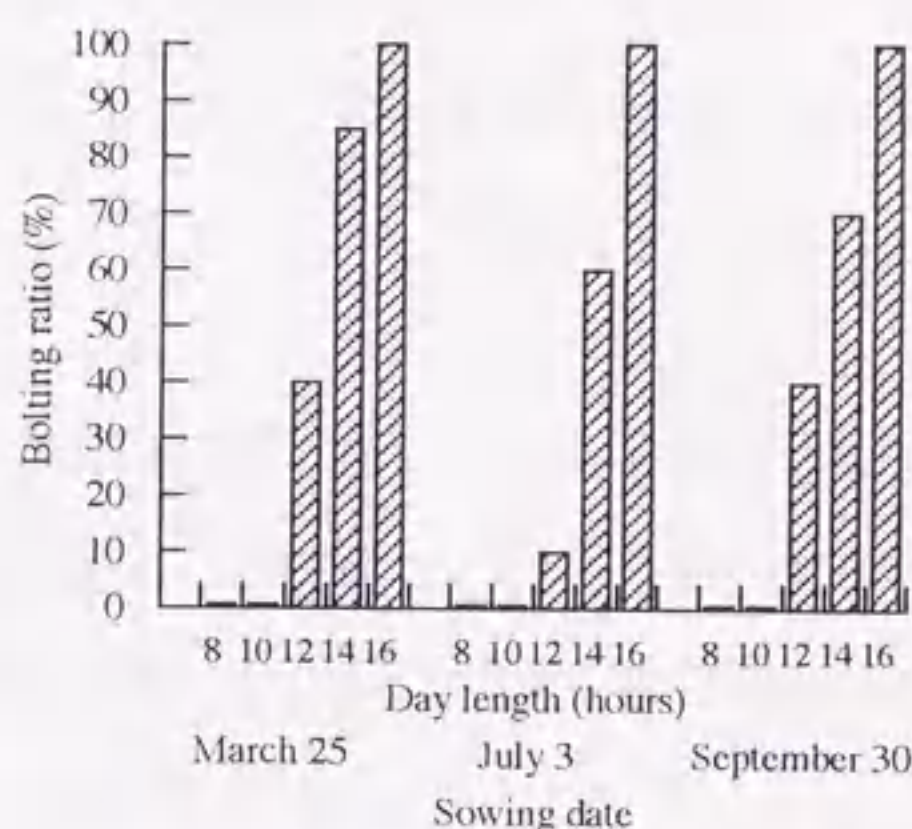


Fig. 21. Effect of photoperiods on bolting of *Gypsophila elegans* sown on different time of a year. Data was recorded four (May 25 and Jul. 3) to five (Sept. 30) months after sowing.

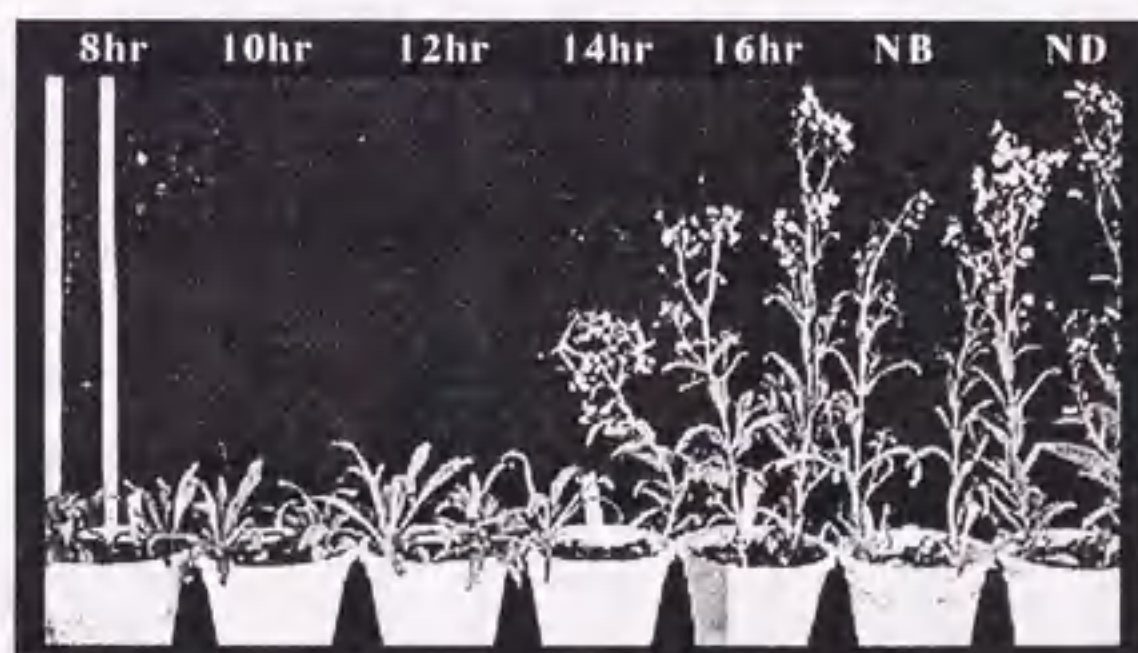


Fig. 22. Growth of *Gypsophila elegans* under different day length. Sowing date: May 25 NB: night break, ND: natural day length. Photo was taken 16 weeks later from sowing.

実験3 高温期の日長条件が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

実験2において、高温期に播種した場合に抽だい率が低い傾向があったことから6月2日、7月16日および9月1日に播種し、自然日長、16、20および24時間の各日長条件で栽培して、高温期の日長が抽だいと開花に及ぼす影響について検討した。

9月1日に播種した区については、播種後自然日長下で栽培してロゼット状に生育している株を、播種の1、2および3か月後に16時間と24時間の長日条件下へ移す区を設け、ロゼット株の抽だいに対する影響を調べた。栽培はガラス室で行い、10月中旬から最低気温15℃に加温した。

結 果

抽だいと生育調査の結果を第10表に示した。自然日長での抽だい率は、6月2日播種から順に90、45、10%であった。6月2日と9月1日播種区は、16時間以上の日長で100%の株が抽だいたが、7月16日播種区の抽だい率はやや低かった。24時間区は播種時期に関係なく、100%抽だいたした。

いずれの播種日においても、日長時間が長くなるほど連続的に到花日数、草丈、節数とも少なくなった。

6月2日と7月16日に播種した24時間区と6月2日に播種した20時間区は、節数7.6～10.1、草丈29.8～32.9cmで播種後34～37日の短期間に開花した。16時間日長は24時間日長に比べて開花促進の効果が低く、7月16日播種では16時間区の到花日数は24時間区の約

Table 10. Effect of day length over critical photoperiod on flowering and growth of *Gypsophila elegans*.

Sowing date	Day length (hour)	Bolting ratio (%)	Flowering date	Day to ² flowering	Plant height (cm)	No. of nodes
Jun. 2	24	100	Jul. 7	35	29.8	7.6
	20	100	Jul. 9	37	30.1	8.6
	16	100	Jul. 16	44	36.4	11.8
	ND ³	90	Jul. 24	53	44.0	15.7
Jul. 16	24	100	Aug. 19	34	32.9	10.1
	20	90	Sep. 2	48	49.7	15.5
	16	85	Sep. 28	74	40.7	20.7
	ND	45	Oct. 1	77	52.2	20.4
Sep. 1	24	100	Oct. 25	54	39.2	9.6
	20	100	Nov. 8	68	58.9	13.6
	16	100	Nov. 29	89	59.4	17.6
	ND	10	-	-	-	-

¹Greenhouse was heated at minimum temperature of 15°C.

²Days after photoperiodic treatments were started.

³ND: natural day length

2倍の74日、同じく9月1日播種でも2倍近い89日を要した。

節数は同じ日長時間でも播種日によって相当の差があり、自然日長区を除くと7月16日に播種した場合に節数が多く、次いで9月1日であり、6月2日播種区の節数が最も少なかった。日長が長いほど播種日による節数の差が小さくなった。

ロゼット状に生育している株に対する16時間、24時間の長日処理は、播種後の育苗期間に関係なく抽だいと開花を促進した（第11表）。その効果は16時間に比べて24時間の方が高く、長日処理開始後の到花日数は16時間が49～72日、24時間では30～31日であった。9月1日に播種して自然日長で2～3か月間栽培した株に、24時間日長の電照を行うことによって冬季に草丈約70cmの切り花を得ることができた。

Table 11. Effects of long day treatments to rosetted seedlings of *Gypsophila elegans* on flowering.

Growing days in natural day length (No. of nodes) *	16 hours					24 hours				
	Flowering ratio (%)	Flowering date	Days from [†] L.D. treatments	Plant height (cm)	No. of leaf pairs	Flowering ratio (%)	Flowering date	Days from [†] L.D. treatments	Plant height (cm)	No. of leaf pairs
0 (0)	100	Dec. 1	91	59.8	18.1	100	Oct. 28	57	39.2	9.6
30 (3.5)	100	Dec. 9	69	67.3	18.6	100	Nov. 9	39	47.7	11.0
61 (8.4)	100	Jan. 12	72	75.6	18.8	100	Dec. 19	48	70.9	16.4
91 (10.0)	100	Jan. 18	48	68.4	21.5	100	Jan. 13	43	68.0	18.6

Greenhouse was heated at minimum temperature of 15°C.

Seeds were sown September 1.

* Number of rosetted leaf pairs.

† Data was taken when about 30% of florets opened.

第2項 生育、開花に及ぼす低温の影響

実験1 種子の低温処理期間が抽だいに及ぼす影響

第1章の実験において種子の低温処理による開花促進効果が認められたことから、低温処理の期間が生育に及ぼす影響について検討した。

実験方法

9月11日から毎週1回播種を行い、数時間吸水させたあと、2°Cの冷蔵庫で1～4週間低温処理す

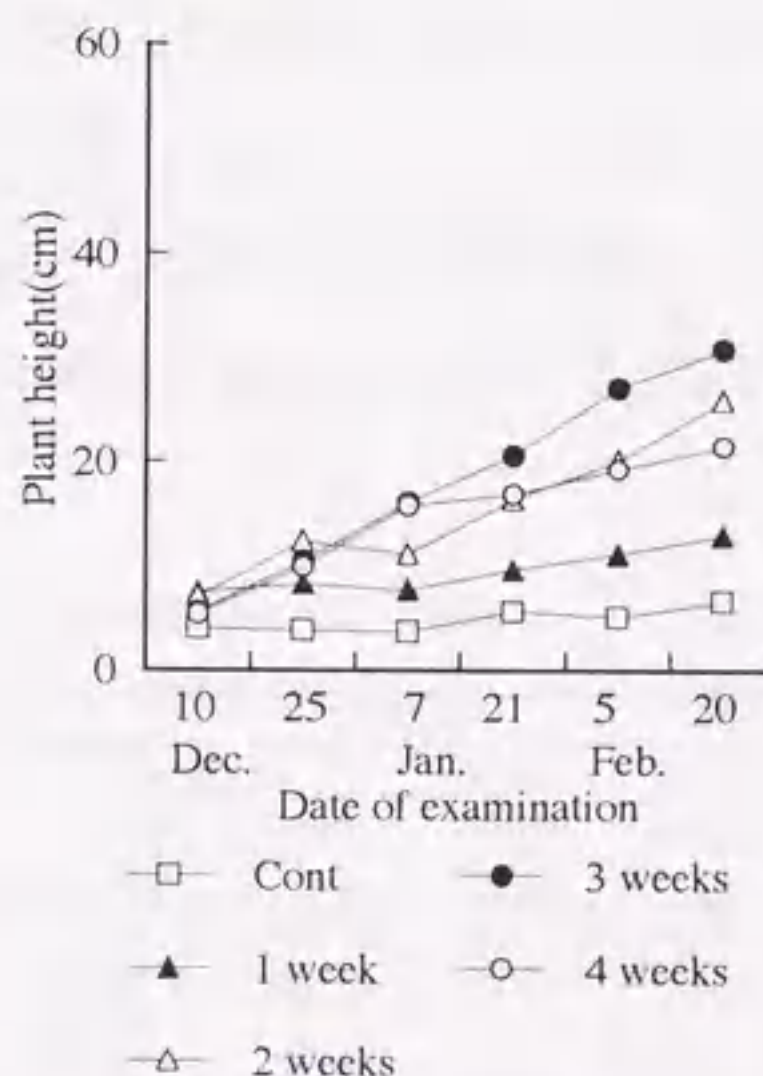


Fig. 23. Effects of duration of low temperature to imbibed seeds on stem elongation of *Gypsophila elegans*. Low temp.: 2°C.

The plastic house was unheated.

る区を設定し、10月9日に播種した無処理区と抽だい状況を比較した。栽培は自然日長の無加温ハウスで行った。

結 果

無処理区は調査終了日まで全株ロゼット状態であった。低温処理した区は抽だいが促進され、1週間処理でも低温の影響が認められたが（第23図）、処理期間が長いほど抽だいは早かった。

実験2 苗の低温処理期間が抽だい、開花に及ぼす影響

実験方法

8月25日から2週間間隔で4回播種した。ガラス室で6週間育苗した苗を3℃の冷蔵庫に搬入し、8月25日播種区から順に6、4、2および0週間低温処理を行った。11月17日に一斉に低温処理を終え、18cm径のポットに定植後もとのガラス室に戻して、自然日長と16時間日長の区を設定して栽培した。ガラス室は10月中旬から最低気温が10℃になるように加温した。

結 果

長日区は低温処理の有無に関係なく100%開花したが、自然日長下での開花率は低温無処理区が25%であり、低温処理した区は67~75%とやや高かったが100%には至らなかった（第12表）。自然日長では、4、6週間区で到花日数がやや短縮され、節数も無処理、2週間区に比べて減少した。これに対し、長日区ではいずれの区も節間伸長が良好で、草丈55~60cm、節数約10で開花した。

Table 12. Effect of low temperature durations and daylength to seedlings on flowering of *Gypsophila elegans*.

Durations of low temp. (weeks)	ND ^z				LD ^y			
	Flowering ratio (%)	Date	Plant height (cm)	No. of nodes	Flowering ratio (%)	Date	Plant height (cm)	No. of nodes
0	25	Mar. 9	31.7	21.1	100	Jan. 13	61.5	10.2
2	75	Mar. 3	49.9	21.0	100	Jan. 7	57.3	10.2
4	67	Feb. 15	36.8	16.3	100	Jan. 4	56.6	9.9
6	75	Feb. 18	33.0	16.5	100	Jan. 5	62.3	9.9

The greenhouse was warmed at 10 °C (minimum temperature).

Low temperature treatments were finished Nov. 17.

^z ND: 9.5-11 hour day length

^y LD: 16 hr.

苗の低温処理は開花をやや促進するように作用したが、生育、開花に対しては日長の影響の方が大きかった。

実験3 苗の温度遭遇が抽だい可能な日長時間に及ぼす影響

実験方法

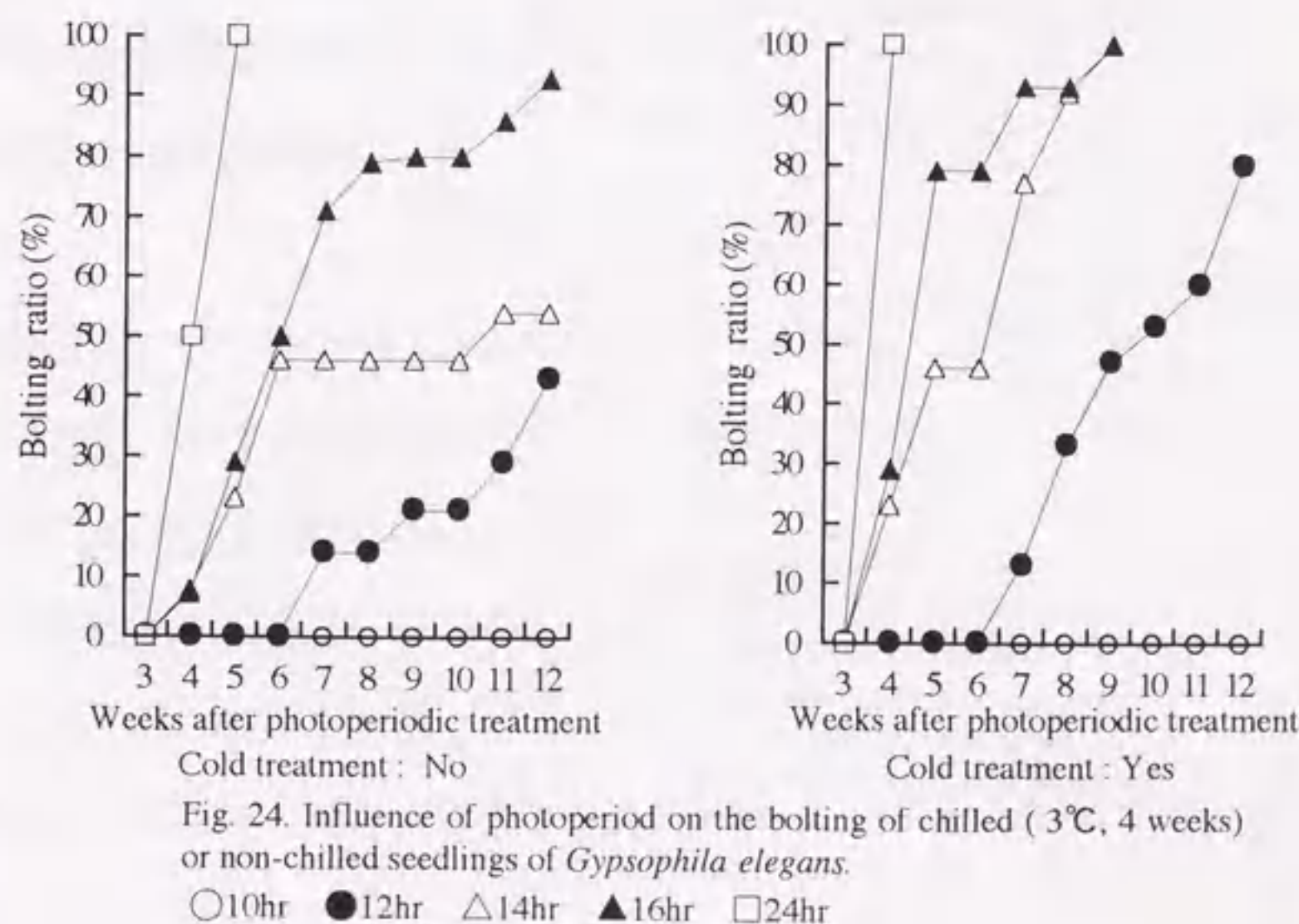
9月30日に6cm径のポットに数粒ずつ播種し、子葉が展開した10月14日から高温（最低気温25℃，換気温度35℃に設定した小型ハウスで栽培）で8週間栽培する高温区と、10月14日から側面を開放した無加温ハウスで4週間栽培した苗を3℃の冷蔵庫で4週間低温処理する低温区を設けた。高温区は11月11日に10.5cm径のポットに仮植し、低温区は播種に使用した6cm径のポットの状態で低温処理を行った。12月9日に二重被覆を行った無加温ハウス内の80cm幅のベッドに15cm×15cmの間隔で1区15株ずつ定植し、10、12、14、16および24時間の日長条件下で栽培した。

結 果

10時間日長区は、低温処理の有無に関係なくロゼット状態を続け抽だいしなかった（第24図）。24時間日長では、高温区、低温区も処理開始後4～5週間目に100%抽だいした。

日長が12～14時間

の範囲において、抽だいに対して育苗温度の影響が認められた。高温区は調査打ち切り日の3月3日まで抽だい率が55%にとどまったのに対して、低温区は12時間日長でも80%抽だいした。



24時間日長では低温処理の有無に関係なく，日長処理開始後76.9～82.9日で開花した（データ省略）．24時間日長区の草丈は，低温区が102.5～109.6cmと高温区の118.4～121.8cmに比べてやや短かった．節数は低温区が14.4と高温区の17.0より少なかった．

第3項 栽培温度，日長と生育，開花の関係

実験1 栽培温度と日長が生育，開花に及ぼす影響

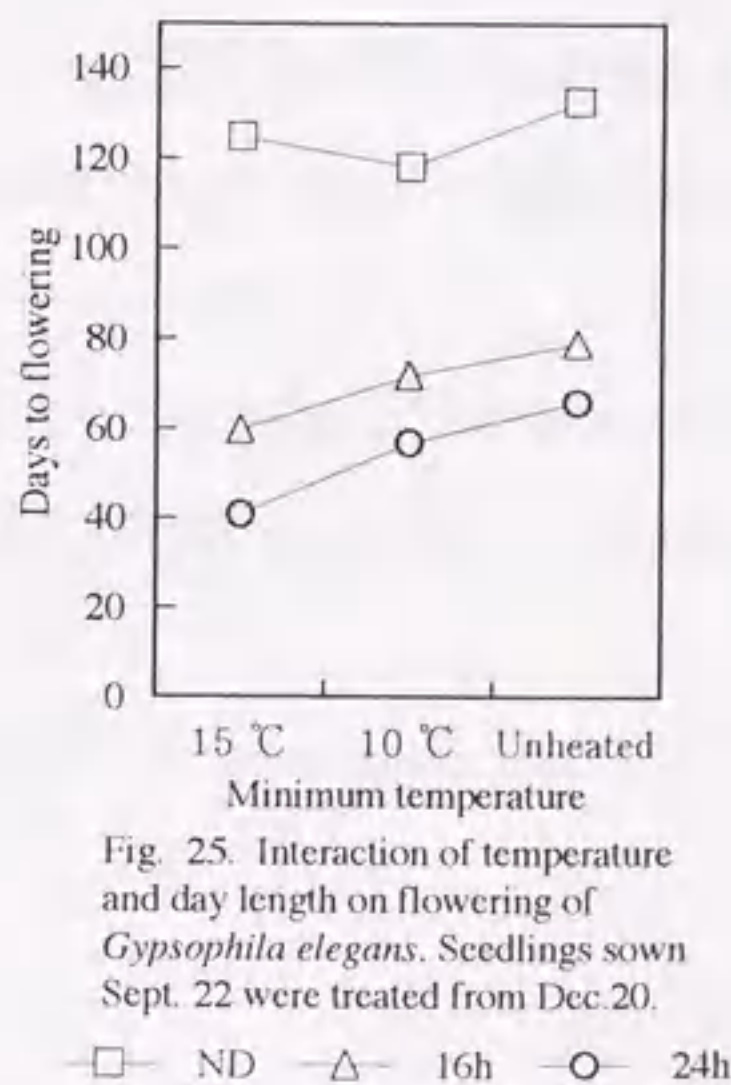
実験方法

10月15日に播種し無加温ハウスで栽培した苗を，11月15日に9cm径のポットに仮植した．12月15日に18cm径のポットに定植した後，12月20日から最低気温10℃および15℃に設定したガラス室と二重被覆を行った無加温ハウスに搬入し，それぞれの温度区について自然日長，16時間，24時間の日長区を設定して生育，開花状況を比較した．

結 果

12月20日の処理開始時の苗はいずれもロゼット状態で，展開葉節数は5.6であった．抽だい，開花は長日条件で栽培温度が高い場合に促進され，15℃24時間区は処理開始後約40日で開花した（第25図）．自然日長では最低気温15℃でも2月下旬まで抽だいせず，温度条件にあまり関係なく，到花日数120～130日を要して4月下旬に開花した．長日条件では無加温でも抽だいが早く，24時間区は2月23日に，16時間区は3月8日に開花した．

草丈は15℃区が60.2～68.9cm，10℃区が78.5～87.2cm，無加温区が89.9～102.7cmで，加温区に比べて無加温区が長かった（第26図）．節数は24時間区が14.3～14.6，自然日長区では25.2～26.2と栽培温度間では差がなかった（第27図）．ロゼット節数は24時間区，16時間区に対して自然日長区が多かった．



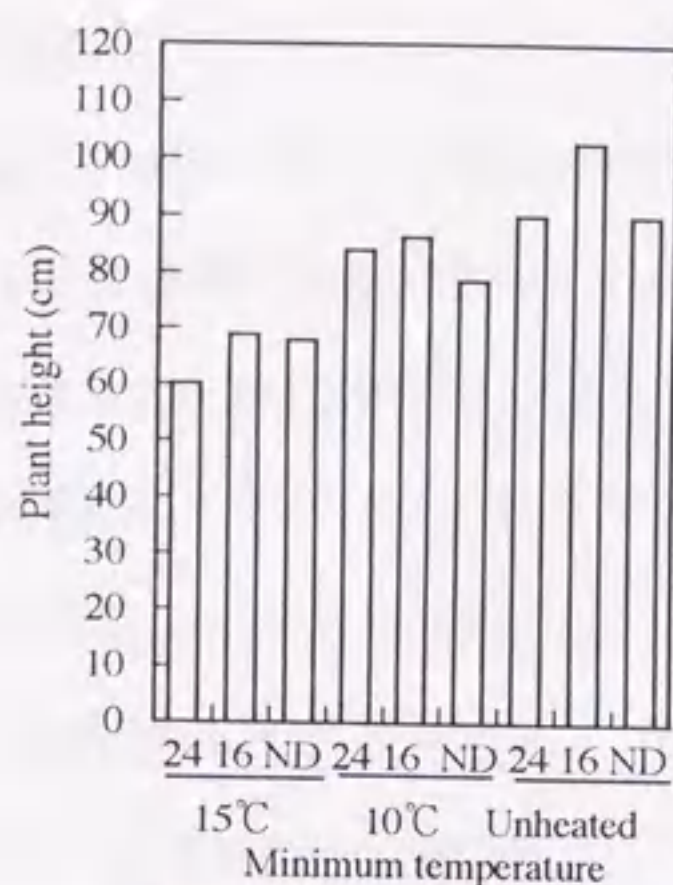


Fig. 26. Interaction of temperature and day length on plant height of *Gypsophila elegans*. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec. 20.

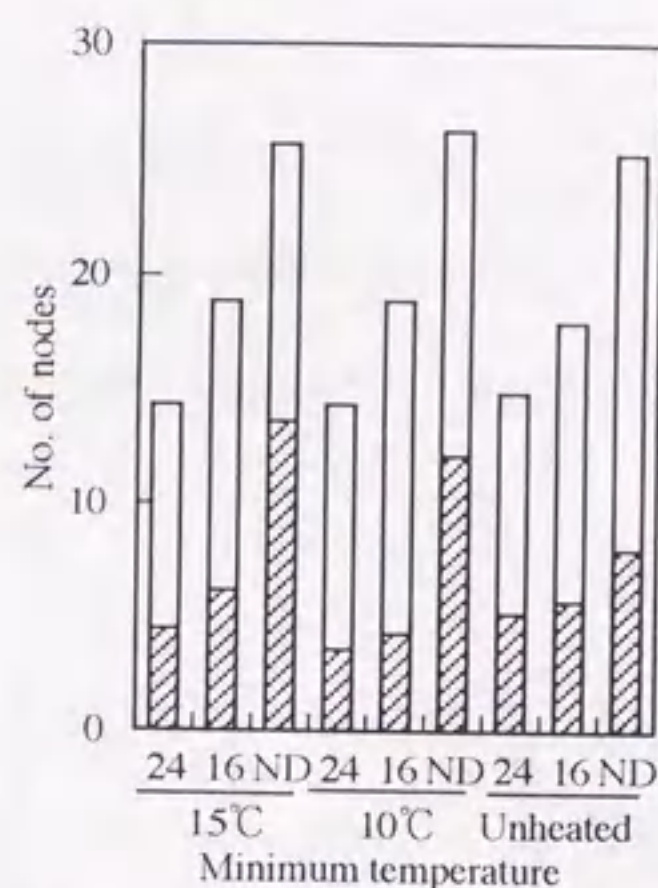


Fig. 27. Interaction of temperature and day length on no. of nodes of *Gypsophila elegans*. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec. 20.

▨ rosetted nodes

□ Nodes with stem elongation

第4項 生育、開花に対するジベレリンの影響

カスミソウは10時間以下の短日条件下ではロゼット状態で栄養生長を続け、14時間以上の日長条件下では速やかに生殖生長に移行し開花する長日植物である。類似した開花生態を示すと考えられるシレネ・アルメリアの開花に対するジベレリンの影響について、Wellensick (155, 156, 157) は一連の研究を行っている。それによると、GA₃処理した本種のわい性と高性の系統はともに花芽形成が誘導されるが、わい性系統では節間伸長を促さず、花芽形成と節間伸長は別々に制御できるとしている。

ここでは、花芽形成の誘導条件と非誘導条件におかれたカスミソウの開花に及ぼすジベレリンの影響について検討を行った。

実験1 短日および長日下におけるジベレリン処理が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

2月4日に288穴のトレイを用いて播種し、最低気温16℃に設定したガラス室で自然日長下で育苗した。本葉が約2~3節展開したときに9cm径のポットに植え付け、3月26日に無加温ハウスに移し、8時間と24時間日長の2つの日長条件で栽培した。それぞれの日長区について、GA₃100ppm水溶液を3月26日に1

回散布する区と同日から2週間ごとに4回散布する区を設定した。GA₃溶液は水道水を用いて調製し、茎葉の表面全体が濡れる程度に散布した。開花日、草丈、葉数を調査し、調査終了日とした5月12日に開花に至らなかった株については出らい状況、草丈、葉数を調査した。

結 果

処理開始日の3月26日にはすべての株がロゼット状に生育していた。8時間日長区では、無処理区はロゼット状に栄養生長を続け、抽だいしなかった(第28図)。1回処理区は無処理と同様抽だいしなかった。4回処理区もわずかに節間の伸長が認められた程度で、処理後42日目に草丈9.5cmにとどまり開花した株はなかった。

一方、24時間日長区ではジベレリン処理の有無、処理回数に関係なく抽だいして、処理後42日目までに全株開花した。開花時の草丈、節数には処理による差はなかった(データ省略)。

考 察

播種時期の影響を調べた実験1では、到花日数は播種時期によって173日もの大きな差があることが明らかになった。春に播種した場合には短期間に抽だいして開花するが、8月以降

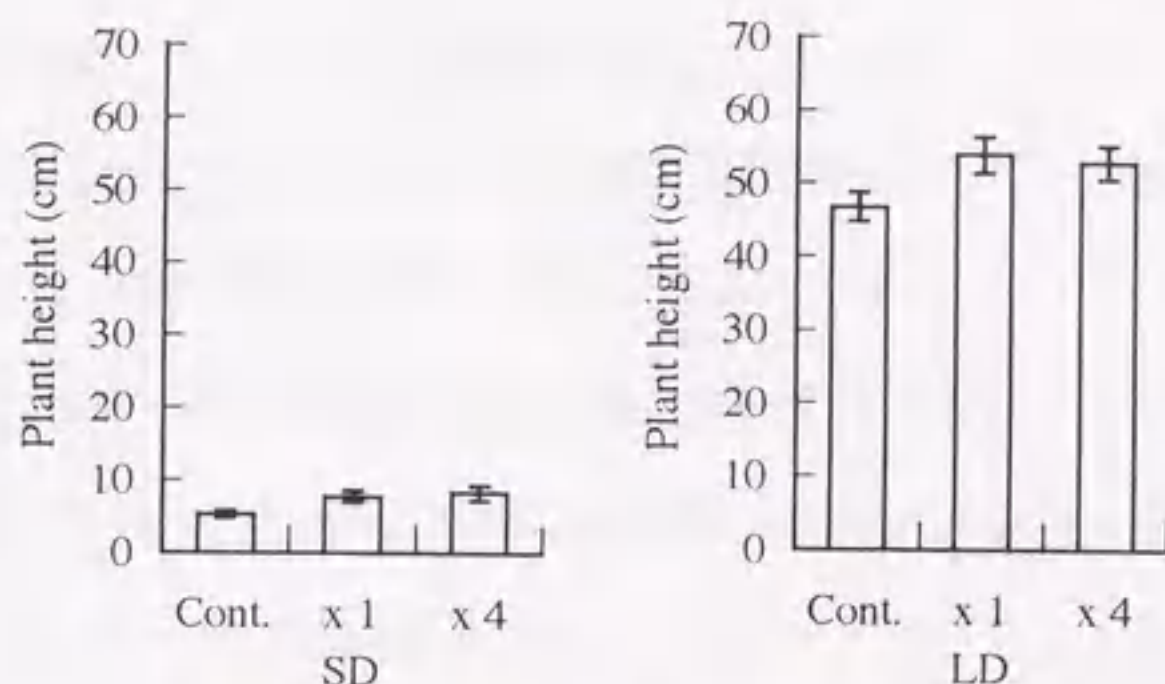


Fig. 28. Effect of GA₃ on plant height of *Gypsophila elegans* in SD(8 hours) and LD(continuous light). n : 20

に播種するとロゼットで栄養生長を続け、そのような株は2月下旬頃から抽だいすることから、カスミソウの生育は日長に強く影響されることが考えられた。

岩浪(57)は、カスミソウが8時間の短日条件では抽だいが起こらず、16時間では抽だいと開花が促進されることを報告しているが、本実験の結果から、抽だいを抑制する日長が10時間以下であること、12時間でも抽だい率が低いことが明らかになった。また、抽だい速度や栄養生長期間は、抽だいが促進される長日域において日長の長さに鋭敏に反応し、長日の開花促進効果は日長時間が長いほど連続的に増大することが判明した。

これらの結果から、カスミソウは短日条件ではロゼットで栄養生長を続け、抽だいと開花のための限界日長を10~12時間の間にもつ絶対的長日植物であると考えられた。

ロゼット問題について研究された宿根草では、母株や苗が高温に遭遇することによって伸長生長しにくい生理状態が誘導され、その後の短日や低温条件が形態的なロゼット化の要因になるキクやシュッコンカスミソウなどと、高温が直接ロゼット化を促すアキレアなどの植物(4, 5)があり、これらの植物ではともにロゼット打破に低温を必要とすることが明らかにされている。また、スターチス・シヌアータでは低温を受けていない株はロゼットで栄養生長し(79, 116)、種子あるいは苗が低温を感受することによって抽だい、開花する。長日は低温を受けた後の開花を促進するが、低温を受けていない株の花芽形成を促すことはない(109, 113, 114)。このようにこれまでロゼットについて研究されてきた多くの植物では、ロゼットあるいは抽だいの生育様相を決める主たる環境要因は温度であると考えられる。

これに対して、カスミソウでは生育を規定する主たる要因は日長であり、ロゼットは短日によって誘導された。また、ロゼット株は、育苗期の温度条件(本実験では播種時期)や苗齢に関係なく長日処理によって抽だいし、ロゼットから抽だいへの発育相の転換にも日長が強く影響していることが分かった。一年草であるカスミソウの場合、自生地では種子の状態ですばるため植物体で高温期を経過することはないと思われ、このことから高温がロゼット化の誘導要因であるとは考えにくい。第1章においてAに分類した秋播き一年草には、カスミソウ同様に主として日長が生育を規定し、ロゼットは短日によって誘導される植物が多いと推察される。

12~14時間日長では、高温期に播種した場合に抽だい率が低いことから、抽だいするかどうかの限界日長付近では、温度が生育に対して副次的に影響を及ぼすものと考えられる。

また、冬期に温度と日長を変えて栽培を行った場合も、抽だいと開花は温度より日長の影響を強く受けることが明らかになった。大江(92)は暗期中断4時間の長日処理の開花促進効果が高いことを報告しているが、本実験の結果、長日の効果は24時間まで日長が長いほど大きいことが分かった。

わが国では、長日植物に対する長日処理の影響について16時間日長や暗期中断で検討されてきた例が多いが、シュッコンカスミソウでは日長延長や4時間の暗期中断に比べて、24時間日長とした場合の開花促進効果が高く(117)、カスミソウでも同様に日長が長いほど高い開花促進効果が認められる。高緯度地域原産の植物は、自生地における開花期の日長が長いいため、16時間より長い日長にも反応することが考えられ、長日植物に対する日長処理の方法は今後検討を要する課題である。

本実験の結果から、カスミソウは抽だいと開花に低温を必要とせず、10時間と12時間の間に限界日長をもつ質的長日植物であること、短日下ではロゼット状に栄養生長を続け、ロゼット株の抽だいにも低温は必要でなく、抽だいと開花は長日によって促進されること、日長時間が長いほどその作用性が大きいことが明らかになった。種子、苗に対する低温は短日下での開花を促進するが、作用性の大きさは日長に比べて小さいといえる。

ジベレリンは多くの植物において茎の伸長を促す作用をもつが、花芽形成が花茎伸長と相前後しておこる長日植物では花茎伸長と花芽形成誘導に対する処理の影響を区別しにくい。カスミソウの場合、抽だい、花芽形成の非誘導条件である8時間日長ではジベレリンを与えても節間伸長さえ誘導されなかった。一方、24時間日長下ではジベレリン処理に関係なく開花節位は同じであり、花芽形成の誘導、非誘導のいずれの条件下においても、ジベレリンはカスミソウの花芽形成には影響しないと思われた。

シュッコンカスミソウではジベレリンは長日下において低温の代替作用をもつが、短日下で花成を誘導することはないことから(118)、ジベレリンに対する反応はシュッコンカスミソウとカスミソウで似ている。*Brassica* では内生ジベレリンの生成が少ないわい性の遺伝子型

の系統でも、外部から与えたジベレリンによって普通の遺伝子型の株と同じように節間伸長する(110)。カスミソウと同じ開花生態を示すシレネ・アルメリアでは、ジベレリン処理によって100%ではないが短日下で花芽形成が起こり(16)、開花可能な日長が短くなる(157)。しかし、系統によってジベレリンに対する反応には差があり、ジベレリンに反応しない系統では短日下における花芽形成誘導効果は低い(155)。

ジベレリンに対する反応は、温度や日長などの環境に対する依存性の大きさによって異なり、生育に対する日長の影響が非常に大きいカスミソウでは、極端な短日下では日長が制限要因となってジベレリンの効果を表現させないものと考えられる。12~14時間の日長域で低温処理苗と無処理苗の抽だい状況に差が生じたのと同様に、特定の日長域ではジベレリン処理の影響が発現することも予想される。

摘 要

1~5月の間に播種されたカスミソウは、100%の株が播種後3か月以内に抽だいた。播種時期が8月以降になると抽だい率は急速に低下し、9~10月に播種された株は冬季ロゼット状の生育を続け、2月下旬に抽だいた。到花日数は1~6月まで播種時期が遅くなるにしたがって減少し、9月に播種した場合に最も長かった。

8時間と10時間日長では播種時期に関係なくロゼットで栄養生長を続け、24時間まで日長時間が長いほど抽だい率が高かった。長日の抽だい、開花促進効果は日長時間が24時間まで長いほど増大し、24時間日長下では播種後5~8週間の短期間に開花して生育を終了した。また夏以降ロゼット状態にある株は、長日処理によって抽だいと開花が促進され、その効果は16時間日長に比べて24時間日長の方が高かった。

冬季、温度と日長を変えて栽培すると、抽だい、開花は高温、長日条件で促進された。短日下には最低気温15℃に加温しても抽だいてせず、自然日長下では2月下旬から抽だいて4月に開花した。茎長の長い切り花を得るためには、加温温度は最低気温10℃以下が適すると思われた。

カスミソウは10時間と12時間の間に抽だい、開花のための限界日長をもつ質的長日植物で

あり，ロゼット化および抽だい，開花は主として日長に規定され，温度の影響は小さかった。

GA₃100ppmの茎葉散布は，抽だい，花芽形成の誘導条件，非誘導条件のいずれにおかれた株に対しても，開花に及ぼす影響は小さかった。

第2節 サボナリア *Vaccaria pyramidata*

サボナリアはヨーロッパ南部原産の耐寒性一年草で、草姿、花容はカスミソウに類似し、切り花や花壇に利用される。第1章では本種が種子の低温処理による開花促進効果が高い植物であり、カスミソウと同様に長日条件でも開花が著しく促進されることを明らかにした。秋播き栽培では高温、長日で開花が促進されることは小林(69)、大江(92)も認めているが、開花に及ぼす低温の影響については検討されていず、本種の開花生態に関して十分な情報があるとはいえない。そこで、生育に及ぼす低温および栽培温度と日長の影響について検討した。

第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響

実験1 播種時期が抽だい、開花に及ぼす影響

実験方法

供試品種として‘バッカリア・ローズ’を用い、1月3日から12月1日まで毎月1回播種した。栽培および調査の方法はカスミソウで行った播種時期の実験に準じた。

結 果

サボナリアはカスミソウと異なり、冬季にもわずかに節間伸長を継続し完全なロゼットを呈することはなかった。播種後の到花

日数は4~6月に播種した区では短く、

9~10月に播種した区では長かった

(第29図)。播種時期による到花日数は60~135日で、その差はカスミソウより

も小さかった。生育は6~7月播種区

が草丈約50cmと短く、10~2月播種区が

70~80cmと長かった。節数は15.4~

27.6の範囲であった(データ省略)。

サボナリアは長日下では花芽形成に

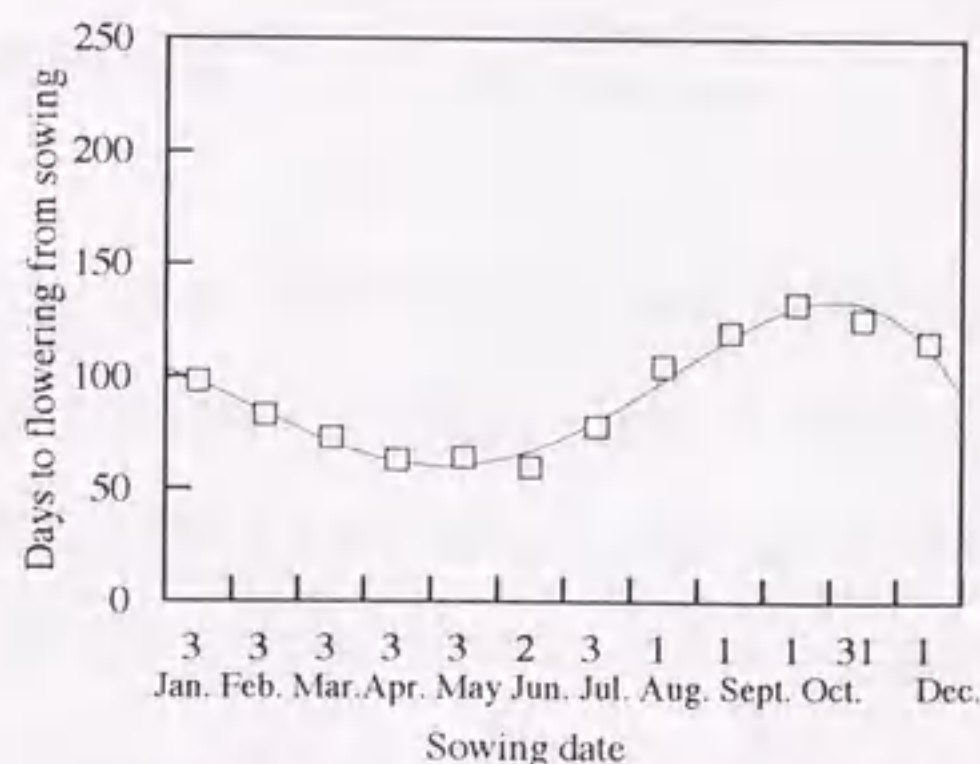


Fig. 29. Effect of sowing date on days to flowering from seeding of *Vaccaria pyramidata* grown at min. temperature 15°C.

低温を必要としない点はカスミソウと同じであったが、カスミソウよりも種子の低温処理による開花促進効果が高かった。

第2項 生育、開花に及ぼす低温の影響

実験1 種子の低温処理が抽だいに及ぼす影響

実験方法

9月11日から毎週1回播種を行い、常温で数時間吸水させたあと、2℃の冷蔵庫で1～4週間低温処理する区を設定し、10月9日に播種した無処理区と抽だい状況を比較した。栽培は自然日長の無加温ハウスで行った。

結 果

第30図のように、無処理でも冬季節間伸長が認められたが、低温処理の期間が長いほど抽だいは早かった。4週間区は調査を打ち切った2月上旬に草丈が約60cmに伸長した。

実験2 苗の低温処理が抽だい、開花に及ぼす影響

実験方法

8月25日から2週間間隔で4回播種した。ガラス室で6週間育苗したポット苗を3℃の冷蔵庫に搬入し、8月25日播種区から順に6、4、2および0週間低温処理を行った。11月17日に一斉に低温処理を終え、18cm径のポットに定植後もとのガラス室に戻して、自然日長と16時間日長の区を設定して栽培した。ガラス室は10月中旬から最低気温が10℃になるように加温した。

結 果

自然日長区、16時間日長区とも100%開花し、低温処理期間が長いほど開花は促進された。

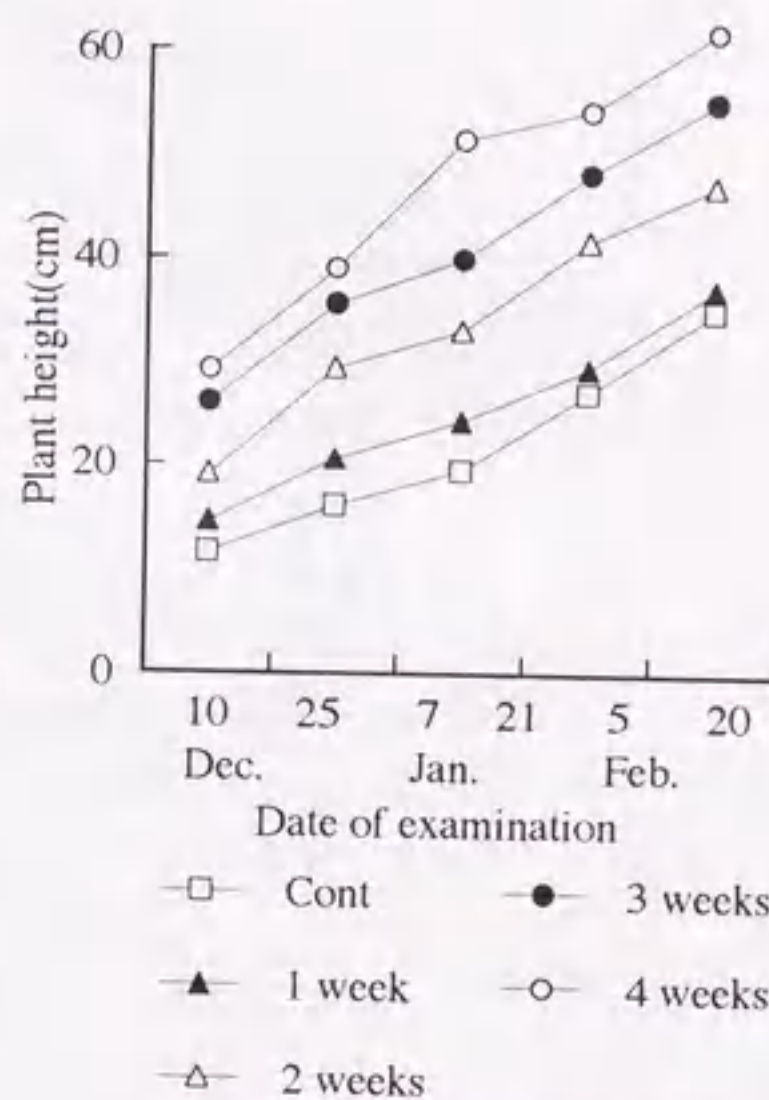


Fig. 30. Effects of duration of low temperature to imbibed seeds on stem elongation of *Vaccaria pyramidata*. Low temp. : 2 °C. The plastic house was unheated.

(第13表) , 各低温処理区において, 16時間日長区の開花は自然日長区よりも約1か月早かった。自然日長区の方が全般的に草丈が長かった。節数は自然日長区では16.3~22.9の範囲で無処理区が多く, 16時間日長区では11.0~13.0と少なかったが, 低温処理区間では無処理区が多かった。

サボナリアの生育は日長の影響を強く受けたが, 冬季の自然日長下での栽培において苗の低温処理による開花促進効果も認められた。

Table 13. Effect of low temperature duration and daylength to seedlings on flowering of *Vaccaria pyramidata*.

Durations of low temp. (weeks)	ND ^x				LD ^y			
	Flowering		Plant height (cm)	No. of nodes	Flowering		Plant height (cm)	No. of nodes
	ratio (%)	Date			ratio (%)	Date		
0	100	Feb. 27	86.5	22.9	100	Jan. 15	68.7	13.0
2	100	Feb. 18	84.3	18.8	100	Jan. 8	56.8	11.9
4	100	Feb. 13	75.6	17.8	100	Jan. 4	55.9	11.0
6	100	Feb. 5	71.8	16.3	100	Jan. 5	64.9	11.5

The greenhouse was warmed at 10 °C (minimum temperature).

Low temperature treatments were finished Nov. 17.

^x ND: 9.5 - 11 hr day length

^y LD: 16 hr

第3項 栽培温度, 日長と生育, 開花の関係

実験1 栽培温度と日長が生育, 開花に及ぼす影響

実験方法

10月15日に播種し無加温ハウスで栽培した苗を, 12月20日から最低気温10°Cおよび15°Cに設定したガラス室と二重被覆を行った無加温ハウスに搬入し, それぞれの温度区について自然日長, 16時間および24時間の日長区を設定して栽培した。

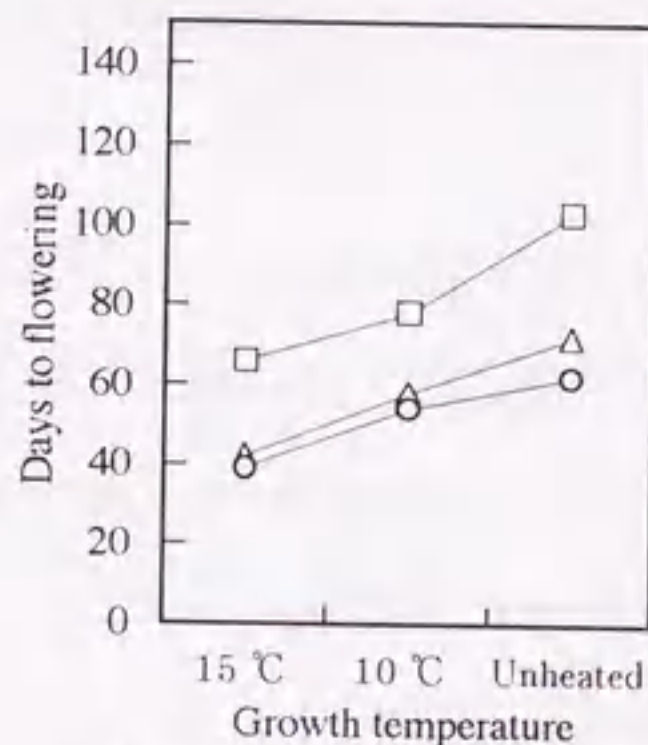


Fig. 31. Interaction of temperature and day length on flowering of *Vaccaria pyramidata*. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec. 20.

□ ND △ 16h ○ 24h

結 果

12月20日の処理開始時の苗は、展開葉節数4.7であった。開花は長日条件で栽培温度が高い場合に促進され、最低気温15℃24時間区は処理開始後38.8日で開花した（第31図）。

草丈は栽培温度が高く、日長が長い場合に短く（第32図）、節数もそのような条件下で減少した（第33図）。自然日長下における節数は23～25で、温度による差はほとんどなかった。

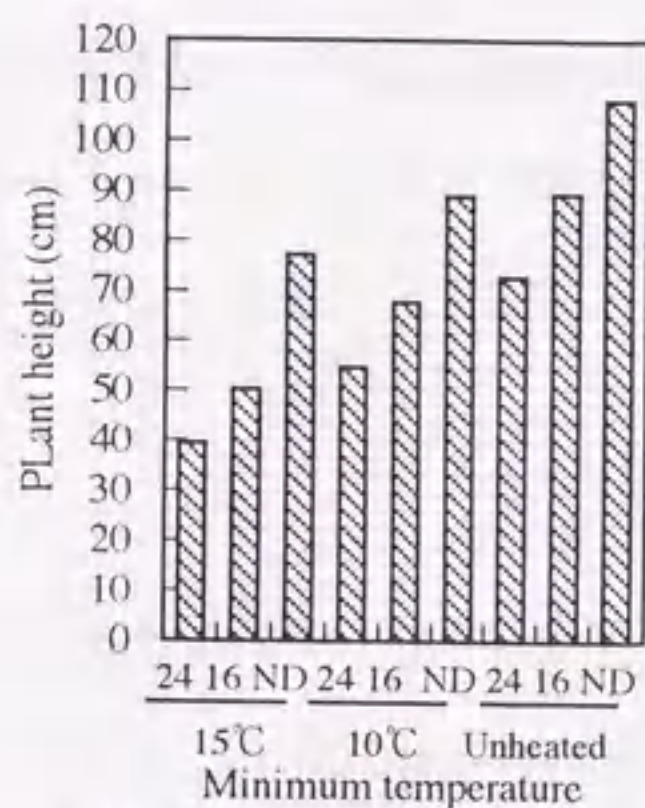


Fig. 32. Interaction of temperature and day length on plant height of *Vaccaria pyramidata*. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec. 20.

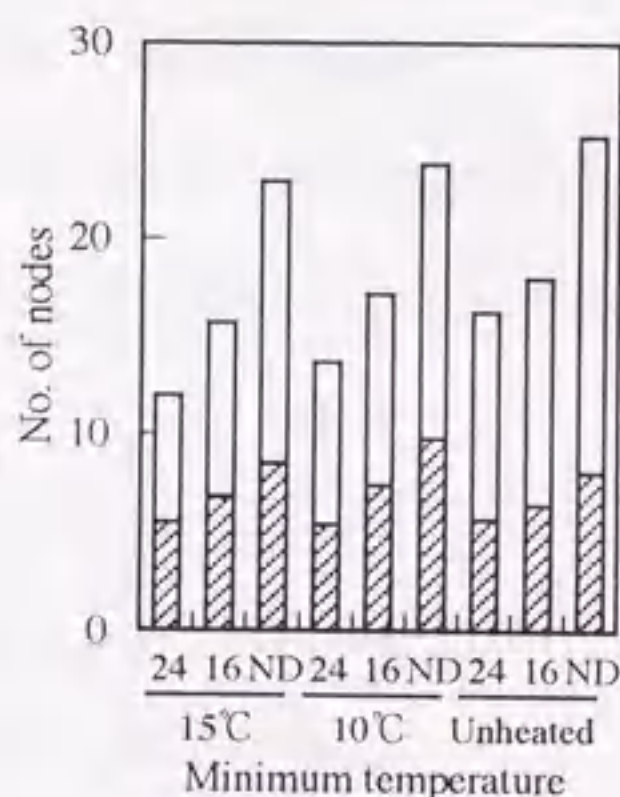


Fig. 33. Interaction of temperature and day length on no. of nodes of *Vaccaria pyramidata*. Seedlings sown Sept. 22 were treated from Dec. 20.

□ Nodes with stem elongation
 ▨ rosetted nodes

考 察

本種の生育、開花は、栽培温度と日長に同じ程度に依存した。花芽形成に低温を必要とせず、長日が開花を促進する植物である点はカスミソウと同じであったが、加温条件下では2月に開花することから、カスミソウほど長日性の強くない量的長日植物であると判断された。

一方、低温処理による開花促進効果はカスミソウよりも大きく、6週間低温処理した苗では冬季の自然日長下で開花し、長日条件を必須とするカスミソウより、生育に対して温度依存性がやや強い植物であった。両種は第1章において同じ開花生態を示す植物に分類したが、温度と日長への依存度には差があると考えられた。

温周性と光周性が相互に影響する現象は多くの植物で報告され、短日植物には限界日長が

温度によって変化する植物が多い。森田らは観賞樹木の生長に及ぼす温度と日長の関係について研究を行い、サンゴジュでは低温刺激によって光周反応が絶対的な長日性から相対的な短日性に転換するとし(84, 86)、ハイドラングアでも低温遭遇とその後の栽培温度によって光周反応が異なる(85, 87)。また、キクや多くの宿根草では低温遭遇した株は、より低温条件下で節間伸長が可能となる。

サボナリアは吸水種子の低温処理によって開花が早まる種子春化植物である。春化と上記の多年草における低温の効果は生態的には区別すべき現象であるが、一年草における春化が低温遭遇によってその後の抽だい、開花が可能な環境条件が低温短日側に広がると考えれば、多年生植物における温周性と光周性相互依存の関係と類似した現象であると考えられる。

摘 要

サボナリアは冬季に節間は短くなるが、完全なロゼット状態を呈することはなかった。周年にわたって播種した場合の到花日数の範囲は60~135日であった。

種子の低温処理によって開花が促進され、処理期間が4週間まで長いほど開花促進効果は高かった。苗の低温処理が開花に及ぼす影響は、種子に対する効果よりも小さかったが、6週間程度低温処理した苗では冬季の自然日長下で開花した。

秋播き栽培において温度と日長条件を変えて栽培すると、開花は高温、長日条件で促進された。草丈は開花が促進される条件下で短くなり、節数も減少した。

低温処理による開花促進の程度はカスミソウよりも大きく、冬季の開花には長日条件を必須とするカスミソウより、温度依存性がやや強い量的長日植物であると考えられた。

第3節 ケンタウレア *Centaurea* spp.

ケンタウレア属は北半球に500~600種を含む大きな属であるが、園芸的に重要な種には一年草が多く、多年草ではオウゴンヤグルマソウとケンタウレア・モンタナがまれにガーデン用として栽培される程度である。第1章で取り上げた4種の一年生ケンタウレアは、種子および苗の低温処理と日長に対してどれも似た反応を示し、長日条件下ではロゼットの形態をとることなく抽だいて開花したが、種子、苗を低温処理した場合には冬季の自然日長下でも抽だいた。ケンタウレアの低温に対する感受性は、カスミソウやサボナリアに比べて一層大きかった。

イエローサルタン、スイートサルタン、ケンタウレア・アメリカナは品種数が少なく、ヤグルマギクは草丈や早晚性を異にする品種が育成されているが、暖地における露地栽培が主体であるため、開花生態に関する研究はわずかしかない(松川, 81)。いずれも秋に播種し、露地あるいは無加温で栽培すると典型的なロゼットの形態を呈して越冬する。ヤグルマギクは栽培が容易で繁殖性にも優れるため、近年急速に普及したワイルドフラワーにもよく利用される。

本章では第1章において種子の低温処理に対して特に敏感に反応する植物として分類された一年生ケンタウレアについて、比較的生産の多いイエローサルタンとヤグルマギクを取り上げ、低温処理、栽培温度と日長およびジベレリンが生育と開花に及ぼす影響について調べた。

第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響

実験1 播種時期がイエローサルタンの生育、開花に及ぼす影響

実験方法

2月3日から約1か月間隔で10月31日まで播種し、播種直後から自然日長と24時間日長とした長日条件で栽培して生育状況を比較した。育苗、栽培ともガラス室で行い、10月下旬から最低気温を10℃に設定した。調査は一番花が開花したときに行った。

結 果

自然日長区の播種から3か月経過したときの生育状態を表した結果を、第34図に示した。自然日長では5月播種までは播種後3か月以内に抽だいがみられたが、6月以降ロゼットになる株が急激に増え、7～9月に播種した区では全個体がロゼット状態であった。到花日数は3～5月に播種したときに短く、7～8月に播種した場合に長かった（第35図）。

播種時期による生育様相の違いは自然日長下で栽培したときに大きく、2～4月に播種した場合には草丈50cm程度で短期間に開花したのに対して、播種時期が遅くなるにしたがい葉数が増加し到花日数が長くなった（第14表）。開花時の葉数は2月3日播種区が17.4と最も少なく、最も多かった7月3日播種区の52.0と約3倍の差があった。草丈は温度の高い時期に播種した区で短かった。到花日数は3～5月播種区で短かった。

一方、長日区ではロゼット状態の栄養生長期が存在せず、子葉展開後主茎が節間伸長を始めた。草丈は17.7～35.3cmと短く、3～6月播種区では葉数5.7～7.3枚で播種後2か月以内に開花した。7～9月の高温期に播種した区は葉数が増加した。

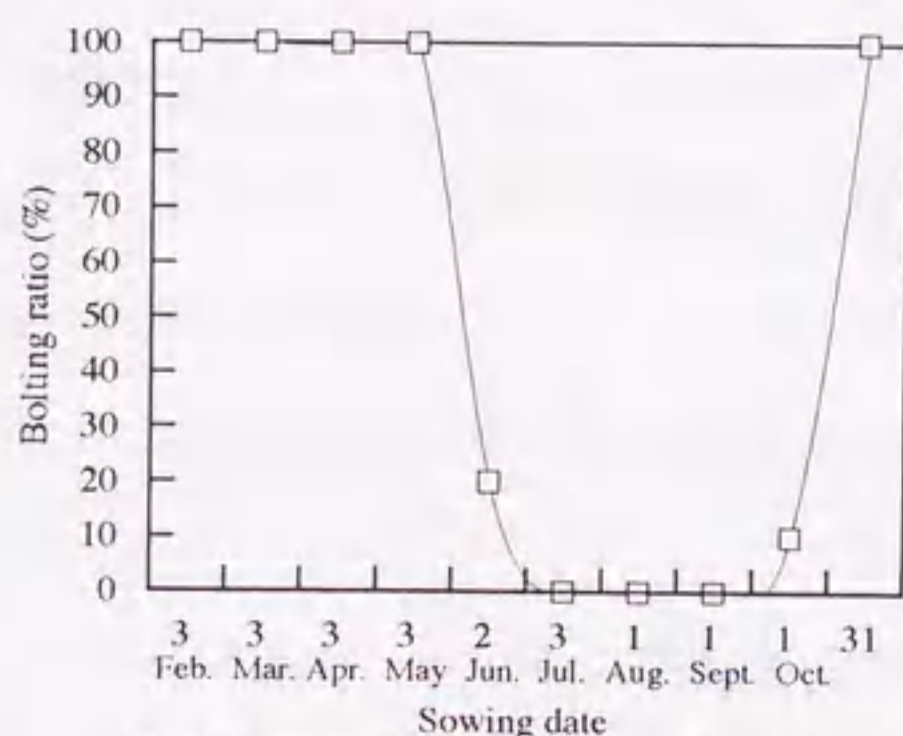


Fig. 34. Percents of bolting plants of *Centaurea suaveolens* within three months from sowing in a greenhouse warmed at min. temperature 15°C.

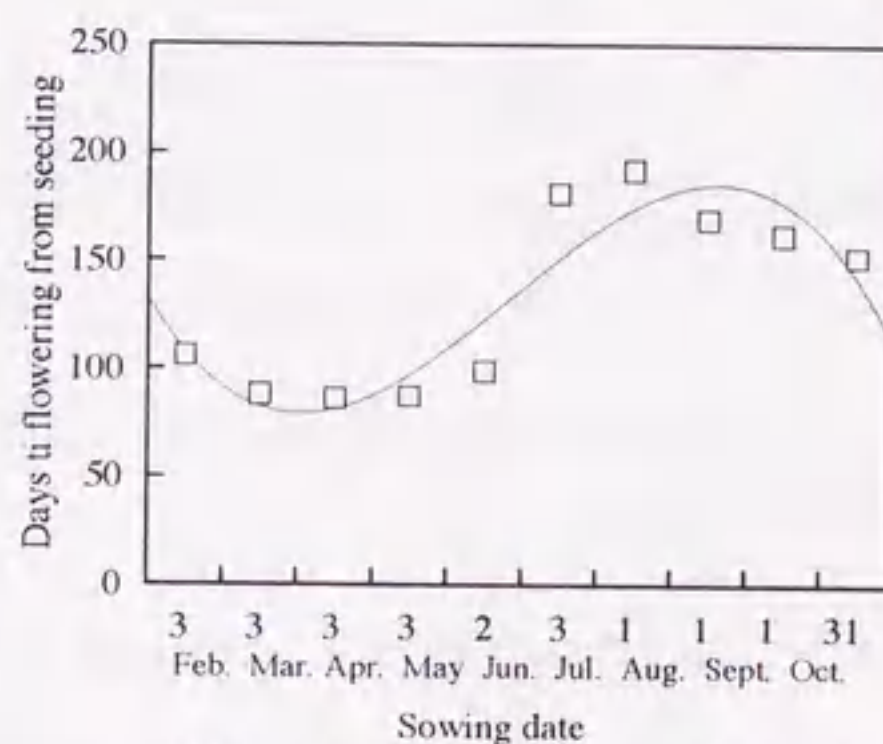


Fig. 35. Effect of sowing date on days to flowering from seeding of *Centaurea suaveolens* grown at min. temperature 15°C.

Table 14. Influence of sowing date on growth and flowering of *Centaurea suaveolens*.

Sowing date	Natural day length			Long day length		
	Flowering date	Plant height (cm)	No. of leaves	Flowering date	Plant height (cm)	No. of leaves
Feb.3	May.20	48.6	17.4	Apr.21	21.3	7.7
Mar.3	May.30	49.9	21.8	May.1	25.8	6.4
Apr.3	Jun.28	50.0	19.2	May.26	19.7	5.7
May.2	Jul.28	35.3	21.1	Jun.27	23.5	6.0
Jun.2	Sep.9	27.1	39.1	Jul.15	20.4	7.3
Jul.3	Dec.31	33.8	52.0	Sep.10	17.8	14.3
Aug.1	Feb.9	31.6	37.0	Oct.17	35.3	19.0
Sep.1	Feb.17	33.1	42.9	Oct.28	32.4	12.0
Oct.1	Mar.11	37.8	31.4	Dec.15	26.6	8.3
Oct.31	Mar.31	49.8	20.8	Jan.26	17.7	5.7

Greenhouse was heated at minimum temperature of 10°C.

実験2 高温期の日長条件が生育、開花に及ぼす影響

実験1においてイエローサルタンの生育が主として日長に依存するが、高温条件では花芽形成が遅れる傾向が認められたため、夏季に播種時期を変え高温遭遇程度と日長が生育に及ぼす影響を調べた。

実験方法

6月1日、7月16日、9月1日に播種し、発芽と同時に自然日長、16、20および24時間の各日長条件に移して栽培した。さらに、9月1日に播種した株を自然日長下で0、1、2および3か月間栽培したあと、16時間日長と24時間日長下に移し、抽だいと開花状況を調査した。

結 果

どの時期に播種しても到花日数は日長時間が長いほど短く、24時間日長では50～75日、16時間日長では90～130日であった（第36図）。播種時期と到花日数の関係についてみると、6月1日播種区が最も短く、ついで9月1日、7月16日であった。葉数は到花日数との関連が強く、日長時間が短い区および到花日数を多く要した7月16日播種区が多かった（第37図）。

長日処理開始時期と生育、開花の関係については第15表に示した。いずれの区も処理を開始したときにはロゼット状態であったが、長日処理開始時期に関係なく、16時間区、24時間

区ともすべての株が出らいして開花した。長日処理開始後開花までの日数は、16時間区に比べて24時間区が短かったが、長日処理開始が遅いほどその差は小さかった。イエローサルタンはロゼット状に生育しているどのステージの株に対しても長日は抽だいと花芽形成を誘導し、長日の効果は16時間日長に比べて24時間日長の方が大きかった。

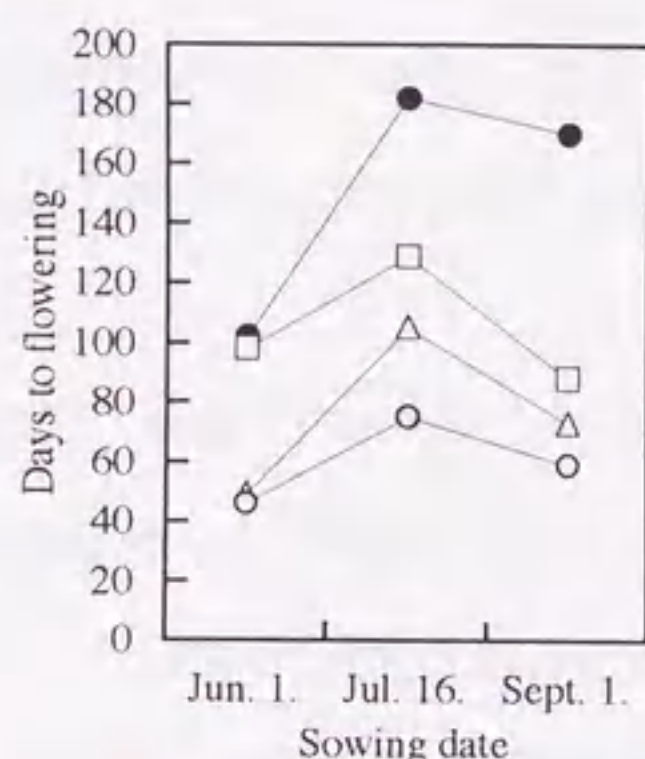


Fig. 36. Effects of sowing date during summer months and long day on flowering of *Centaurea suaveolens*. Long day treatments were started at germination. Greenhouse was heated at mini. temp. of 15°C.

—●— ND —△— 20hr
—□— 16hr —○— 24hr

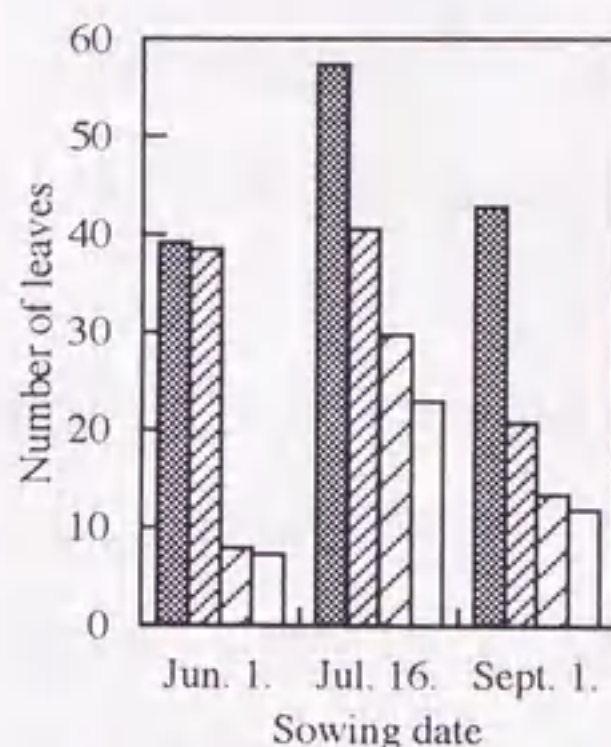


Fig. 37. Effects of sowing date during summer months and long day on growth of *Centaurea suaveolens*. Long day treatments were started at germination. Greenhouse was heated at mini. temp. of 15°C.

■ ND ▨ 16hr ▤ 20hr □ 24hr

Table 15. Effects of long day treatments to rosetted seedlings of *Centaurea suaveolens* on flowering.

Growing days in natural day length (Seedling ages) ^z	16 hours				24 hours			
	Flowering date	Days from ^z L.D. treatments	Plant height (cm)	No. of leaves	Flowering date	Days from ^z L.D. treatments	Plant height (cm)	No. of leaves
0 (0)	Nov.27	87	49.0	20.8	Oct.28	57	32.4	12.0
30 (6.1)	Dec.10	70	33.9	23.0	Nov.9	39	39.3	17.6
61 (14.6)	Dec.29	58	53.3	32.3	Dec.19	48	56.0	29.1
91 (17.6)	Jan.20	50	60.2	28.4	Jan.13	43	55.1	33.7

Greenhouse was heated at minimum temperature of 15°C.

Seeds were sown September 1.

^z No. of leaves

第2項 生育、開花に及ぼす低温の影響

イエローサルタンとヤグルマギクは開花に低温を必要としない植物であるが、種子、苗の低温処理が開花を促進する。ここでは低温処理期間および苗齢と開花との関係を調べた。

実験1 ヤグルマギクとイエローサルタンの種子の低温処理が抽だいに及ぼす影響

実験方法

イエローサルタンとヤグルマギクの品種「青輝」を供試し、9月11日から毎週1回播種を行い、数時間吸水させたあと、2℃の冷蔵庫で1～4週間低温処理する区を設定し、10月9日に播種した無処理区と抽だい状況を比較した。栽培は自然日長の無加温ハウスで行った。

結 果

第38図、第39図のように、ヤグルマギクは無処理区でも徐々に抽だいが進んだが、2週間以上低温処理した区は著しく抽だいが促進された。3週間区と4週間区の差はほとんどなかった。イエローサルタンの無処理と1週間処理区はロゼット状態であり、2週間以上の低温処理によって抽だいが促進され、低温処理の期間が長いほど効果は大きかった。

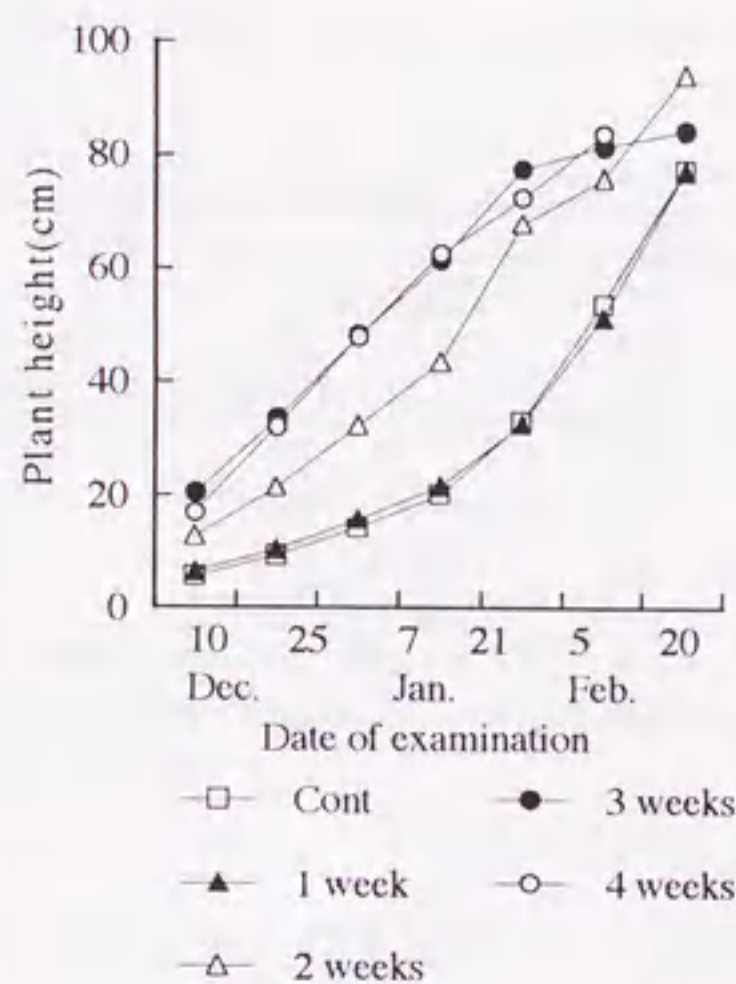


Fig. 38. Effects of duration of low temperature to imbibed seeds on stem elongation of *Centaurea cyanus*. Low temp.: 2 °C. The plastic house was unheated.

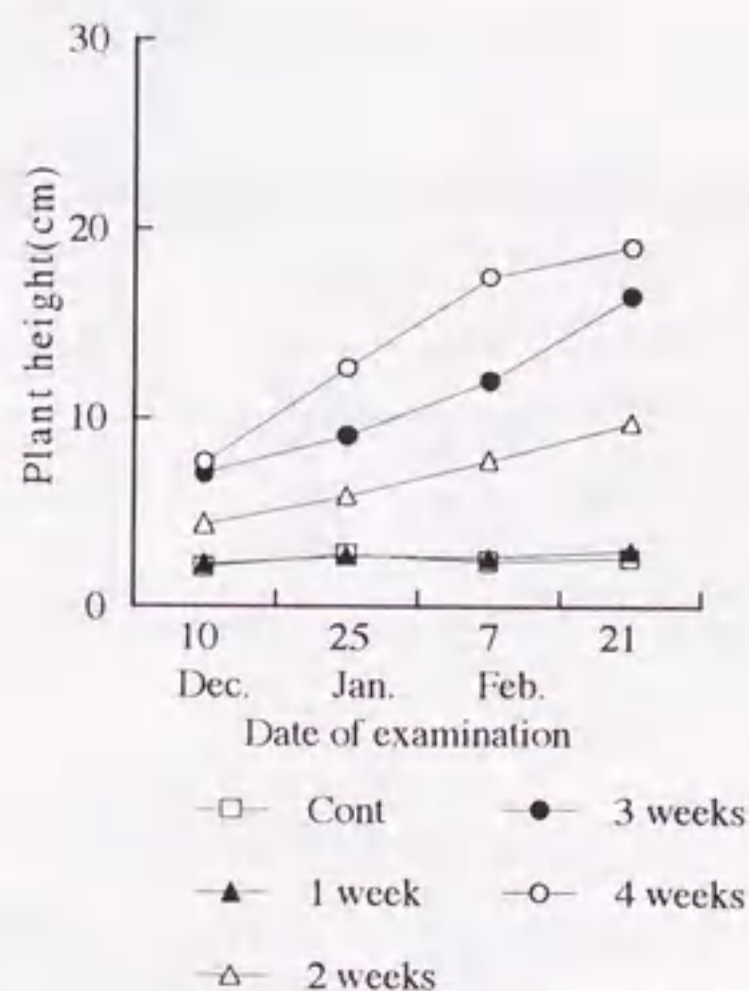


Fig. 39. Effects of duration of low temperature to imbibed seeds on stem elongation of *Centaurea suaveolens*. Low temp.: 2 °C. The plastic house was unheated.

実験2 イエローサルタンの苗の低温処理が抽だい、開花に及ぼす影響

実験方法

イエローサルタンを8月25日から2週間間隔で4回播種した。ガラス室で6週間育苗したポット苗を3℃の冷蔵庫に搬入し、8月25日播種区から順に6、4、2および0週間低温処理を行った。11月17日に一斉に低温処理を終え、18cm径のポットに定植後もとのガラス室に戻して、自然日長と16時間日長の区を設定して栽培した。ガラス室は10月中旬から最低気温が10℃になるように加温した。

結 果

低温処理時の苗は本葉6～7枚展開したロゼット状態であった。自然日長区、長日区とも100%開花し、自然日長区では4週間以上の低温処理によって開花が無処理区より約1か月早まったが、4週間区と6週間区は差がなかった（第16表）。開花時の草丈は43.8～48.6cmと処理間に差がなかったが、無処理区は低温処理区に比べて葉数が多かった。

長日区の開花は、いずれの低温処理区とも自然日長区より早かった。2週間以上低温処理した区では開花日に差はなかった。長日区の無低温区はロゼット葉数が3.3と自然日長区より少なかったが、2週間以上の低温処理した区では日長間に差はなかった。

Table 16. Effect of low temperature duration and daylength to seedlings on flowering of *Centaurea suaveolens*.

Durations of low temp. (weeks)	ND					LD ²				
	Flowering ratio (%)	Date	Plant height (cm)	No. of rosetted nodes	No. of nodes	Flowering ratio (%)	Date	Plant height (cm)	No. of rosetted nodes	No. of nodes
0	100	Feb. 26	47.5	8.0	19.8	100	Jan. 22	53.6	3.3	16.4
2	100	Feb. 4	48.6	2.5	13.8	100	Jan. 11	45.8	2.2	13.7
4	100	Jan. 23	43.8	1.0	11.4	100	Jan. 8	44.7	2.0	11.5
6	100	Jan. 25	44.7	0.7	14.0	100	Jan. 9	47.7	1.7	13.0

The greenhouse was warmed at 10 °C (minimum temperature).

Low temperature treatments were finished Nov. 17.

² LD: 16 hour.

第3項 生育、開花に対するジベレリンの影響

実験1 短日および長日下におけるジベレリン処理がヤグルマギクの生育、開花に及ぼす影響

実験方法

1月7日に播種し、2℃の冷蔵庫で4週間の低温処理を行う種子低温処理区と、4週間後の2月4日に播種し最低気温16℃、自然日長のガラス室で育苗する無低温区を設定した。本葉が約3枚展開した3月3日に9cm径のポットに植え付けたあと無加温ハウスに移し、3月26日から8時間と24時間の2つの日長条件で栽培した。低温処理の有無および日長条件の異なるそれぞれの区について、GA₃100ppm水溶液を3月26日に1回散布する区と同日以後2週間間隔でさらに3回合計で4回散布する区を設定した。

開花日、草丈、葉数を調査し、調査終了日とした5月12日に開花に至らなかった株については出らい状況、草丈、葉数を調査した。

結 果

短日区では、ジベレリン処理を行わなかった区は種子低温処理、無処理とも当初ロゼット葉の展開を続け、およそ本葉11枚目からわずかに節間伸長した。茎が伸長した個体は引き続いて出らいを認めた。ジベレリンは1回処理でも節間伸長に高い効果があり、反復処理では徒長気味に伸長して長日区と同じ程度の草丈になった(第40図)。

長日区は、種子の低温処理の有無、ジベレリン処理の有無に関係なく、処理開始後42～46日で開花した。どの区もロゼット状態にとどまる期間がほとんどなく、本葉2～3枚目から抽だいを始めた。草丈は種子の低温処理をしなかった区ではGA₃処理回数が多い区ほどやや長い傾向であったが、葉数は種子の低温処理区間に差はなかった(第17表)。

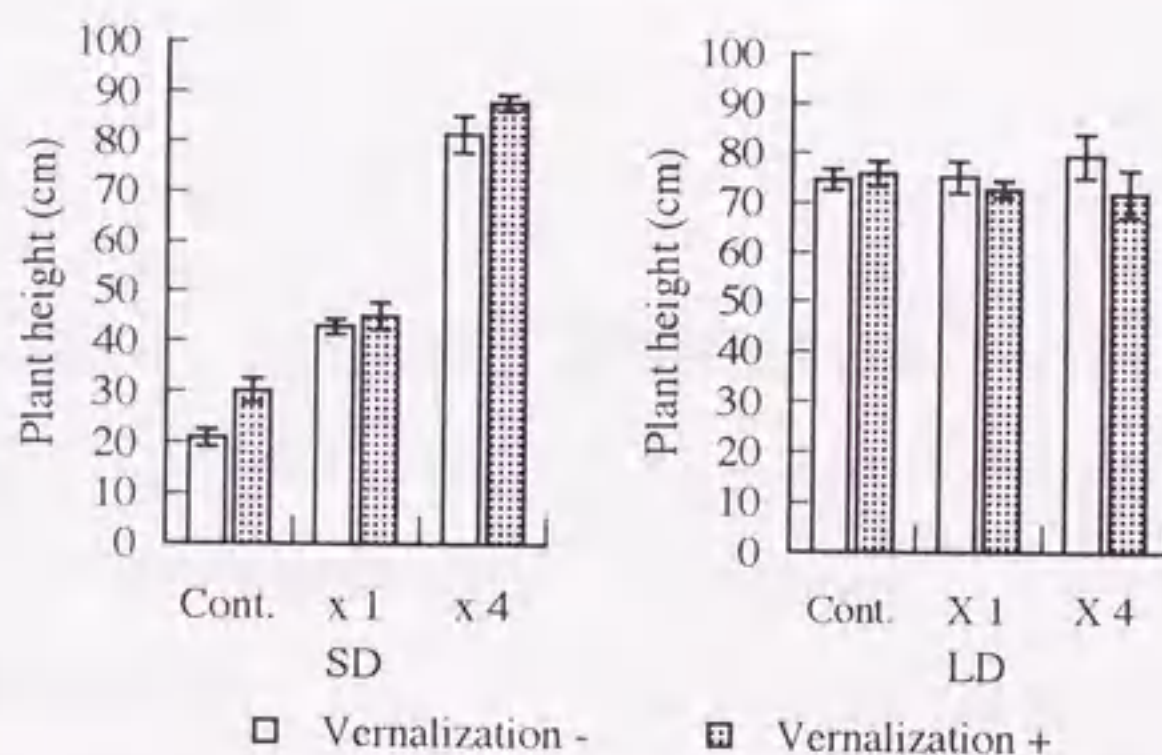


Fig. 40. Effect of seed vernalization and GA₃ on plant height of *Centaurea cyanus* in SD(8 hours) and LD(continuous light). n: 20

Low temperature treatment to imbibed seeds: 2℃, 4weeks

Table 17. The effect of seed vernalization and GA₃ on flowering of *Centaurea cyanus* in SD and LD.

Photo-period	Vernalization	GA ₃ treatment	Budding Plants (%)	Flowering Plants (%)	Flowering date	Plant height (cm)	No. of basal dense nodes	No. of elongated nodes
SD	no	-	33	0	-	20.8	10.6	34.4
	no	x 1	92	0	-	42.8	0.0	46.3
	no	x 4	100	0	-	81.4	0.0	47.7
	yes	-	85	0	-	30.1	10.2	30.3
	yes	x 1	92	0	-	44.9	0.0	41.0
	yes	x 4	100	0	-	87.7	0.0	43.8
	yes	x 4	100	0	-	87.7	0.0	43.8
LD	no	-		100	May 11	74.6	0.0	39.7
	no	x 1		100	May 10	75.1	0.0	38.7
	no	x 4		100	May 7	79.4	0.0	41.3
	yes	-		100	May 11	75.8	0.0	38.3
	yes	x 1		100	May 7	72.7	0.0	37.4
	yes	x 4		100	May 7	71.8	0.0	36.3
	yes	x 4		100	May 7	71.8	0.0	36.3

Measurements were taken on 12 May.

Low temperature treatment to imbibed seeds : 4 weeks at 2°C.

Photoperiod : SD = 8 hour ; LD = 24 hour.

考 察

イエローサルタンの生育は温度と日長によって影響を受け、秋播き栽培におけるロゼットの形成はカスミソウ同様短日によるものと考えられた。長日下ではロゼット葉を形成することなく抽だい、開花し、最低気温10℃以上の中温条件下では温度は開花節位にほとんど影響を及ぼさないが、夏に播種された株は葉数が増加することから、極端な高温は花芽形成を阻害するものと考えられる。

種子を低温処理した場合、あるいは播種直後から長日下で栽培した場合にはロゼットを形成することなく節間伸長を始め、発芽前後の非常に早い段階で環境に反応して生育相が転換する植物である。

また、短日下でいったんロゼット状態に生育を始めた株の抽だい、開花も低温あるいは長日の一方の条件を与えることによって達成された。環境に対する反応はイエローサルタンでとくに顕著であるが、低温と長日の効果の大きさに差はあるものの、カスミソウ、サボナリアに共通している。これら3種の開花生態から、第1章でAに分類した一年草は類似の開花生

態を示すのではないかと推察される。低温によって開花が促進されるが、長日下で栽培した場合に花芽形成に低温を必要としないこれらの植物では、発育段階における感温相と感光相を区別することは困難であり、低温や日長に反応しない栄養生長期は存在しないと思われる。

*Centaurea diffusa*では、抽だい可能な最小の展葉数には個体によって4~20枚と大きな差があり、平均本葉13枚でJuvenile phaseが終わるとされる(133)。幼若期の個体による長短により、*Centaurea diffusa*はカナダではAnnual, Biennial, Triennial(開花までに3年を必要とする)としての生態を示すとされる。

一年草と二年草の区別は抽だい可能な最小の苗齢に達するまでの幼苗期の長さの違いであるとされ、本来二年草であるカンパニュラ・メデイウムやジギタリス・ブルブレアでは幼苗期の短い一年草化された品種がある。しかし、一年草化されていても低温に反応できない幼苗期が存在することになりなく、そのような期間をもたない上述の一年草の開花生態と一線を画することができる。

次に、ヤグルマギクを供試して春化、日長およびジベレリンの相互作用を調べた実験から、生育を規定する最も大きな要因は日長時間であり、次いでジベレリン、低温処理の順であると判断された。吸水種子の2℃、4週間の低温処理は冬季の自然日長下で開花を誘導する高い春化効果を示す処理にも関わらず、8時間の短日下では抽だいは不良であり、極端な短日下では春化状態にある苗でも節間伸長の程度が限定されるものと考えられる。

低温無処理区が短日条件下で33%出らいしたため、完全な花芽形成非誘導条件下での効果は判定できなかったが、無処理区の出らい株の葉数がジベレリン処理区と差がなく、誘導条件においても葉数には差がないことから、ジベレリン処理が花芽分化を促進したとは考えられない。

ヤグルマギクはカスミソウと異なり、短日条件におけるジベレリンの節間伸長促進効果は非常に大きい。しかし、両種とも花芽形成が誘導される条件では生育に対して影響はほとんどなく、非誘導条件においても、ジベレリンはその環境における本来の節間伸長の量を単に増幅させるだけであると考えられる。

長日性のケンタウレア・モンタナ(17)、スターチス・シヌアータ(160)では低温に遭

遇していない株の開花をジベレリンによって促進させることができる。また、*Centaurea diffusa*では本葉13枚を境界として反応に違いがみられ、小苗はジベレリンに反応しないが、13枚以上の苗では反応し、抽だいに必要な低温を完全に代替する(149)。短日条件下でジベレリン処理したヤグルマギクは、種子春化した場合および発芽直後から長日下におかれた場合と同様にロゼット葉を展開することなく処理に反応して抽だいし、*Centaurea diffusa*で報告されたジベレリンに反応できない幼若期は存在しないか、非常に短いと思われる。

このことから、一年草と二年草および多年草の間にみられる幼若期の有無あるいは長さの違いは、低温や日長刺激の感受としてだけでなく、ジベレリンに対する反応においても存在するものと考えられる。

摘 要

イエローサルタンの生育様相は播種時期によってまったく異なり、6月下旬以降に播種するとロゼットになる株が多かった。長日条件下では周年いつ播種してもロゼットの状態を経過することなく抽だい、開花した。ロゼットの形態を誘導する環境要因は短日であると考えられた。抽だいが促進される長日下で栽培した場合、夏季の高温下では開花節位が上昇し、花芽分化を阻害するように作用した。

夏以降に播種してロゼット状態で生育している株は、長日条件とすることで容易に抽だい、開花した。その際、16時間日長に比べて24時間日長の効果が大きかった。

ヤグルマギク、イエローサルタンともに種子の低温処理によって抽だいが促進され、両種とも2週間の処理で抽だい促進効果が認められたが、ヤグルマギクは3週間以上の処理で、イエローサルタンでは4週間まで処理期間が長いほど開花促進効果は高かった。

イエローサルタンでは種子の低温処理より効果は劣るが、4~6週間の苗低温処理によっても抽だい、開花が促進された。長日条件下では低温を受けなくても開花した。

ヤグルマギクの生育を規定する最も大きな要因も日長時間であり、長日下ではロゼット葉を展開することなく開花した。しかし、8時間日長でもわずかに節間伸長して、出らいする株があり、同じ条件下でまったく抽だいしなかったカスミソウよりも生育に対して日長依存性

は小さいと考えられた。

また、8時間日長では種子春化された株であっても花茎の伸長は不良であった。ジベレリンは短日下において、抽だいを促進する効果は非常に高かったが、出らいした株における節位には差がなく、ジベレリンが花芽形成を誘導することはないと考えられた。

第4節 ダイアンサス *Dianthus* spp.

ダイアンサスの原種はすべて多年生であるが、種子繁殖で切り花用として利用される種類としてはヒゲナデシコとミカドナデシコの生産が多く、わが国に自生するカワラナデシコやハマナデシコも栽培される。花壇用としてはセキチクおよび四季咲き性に改良されたセキチクとヒゲナデシコの種間雑種が多く栽培されている。

藤野 (33) は切り花用のヒゲナデシコ10品種を用い夜温を変えた実験によって、花芽形成可能な温度に品種間差のあることを報告している。また、広範なダイアンサスの種、品種の開花生態を検討した武田ら (128, 129, 130) の報告によると、四季咲きから一季咲きに及ぶ開花生態の違いには主として花芽形成に必要な低温要求性の大小が関係し、日長に対してはCheng・Langhans (15), Harris・Ashford (42), Hoeven (51), Sparnaaij and Demmink (119) がカーネーションで報告しているのと同じように、相対的長日性を示すとされる。

一方、わが国で育種の進展をみたミカドナデシコは、生産地ではヒゲナデシコに準じた栽培が行われていることから、類似した開花生態を有すると思われるが、その開花生態に関する報告はこれまで皆無である。また、他のダイアンサスに比べて開花時期が遅く、開花生態に特異性を認めるカワラナデシコとハマナデシコについても充分検討されているとはいえない。

そこで、種子繁殖される多年草としてダイアンサスを取り上げ、開花生態が明確ではないミカドナデシコ、カワラナデシコおよびハマナデシコについて、実生から育成した株の開花に及ぼす栽培温度と日長の影響、低温要求性および苗齢と低温感応との関係などについて検討し、開花生態に関する基本的な知見を得ようとした。さらに、わが国独自に育成され、相当数の品種が生産に用いられているヒゲナデシコについては、開花生態に関する基礎的な事項とともに低温要求性の品種間差を検討した。

第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響

実験1 播種時期が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

ミカドナデシコ (*D. × Mikadonadeshiko*) の品種 ‘ミスビワコ’ , ヒゲナデシコ (*D. barbatus*) の品種 ‘黒川早生’ およびハマナデシコ (*D. japonicus*) の品種 ‘夏紅撫子高性赤色’ を供試し, 1月16日~12月18日まで毎月1回播種した。本葉が2~3節展開したときに7.5cm径のポットに移植し, 6~7節のときに18cm径のポットに定植した。栽培はガラス室で行い, 10月中旬から4月下旬の間最低気温7℃に加温し, それ以外の時期は無加温とした。播種5か月後に生育状況を調査した。

結 果

‘ミスビワコ’ 1月15日播種区は5か月以内に80%の株が抽だいたしたが, 播種時期が遅くなるにしたがい抽だい率は低下し, 6月14日播種区は抽だいたしなかった(第41図)。7月以降抽だい率が増加に転じ, 10~12月播種では100%抽だいたした。

‘黒川早生’ も ‘ミスビワコ’ と似た傾向を示し, 5, 6月に播種した区は播種後5か月目には全株ロゼット状態であった(第42図)。

ハマナデシコの生育様相は ‘ミスビワコ’ , ‘黒川早生’ とは異なり, 12~8月の間に播種すると播種後5か月以内に100%したが, 9月播種区と10月播種区はすべてロゼットになった(データ省略)。1~5月までに播種した区はいずれも7月に開花し, この間の開花日の違いは15日以内で, 到花日数は60~146日であった(第43図)。草丈は到花日数と連動し, 2月18日播種の63.6cmに対して5月15日播種区では18.2cmと短かった(第44図)。節数も同様の傾向を示した。6, 7月播種区では到花日数は60日と短く, 6~7節葉を分化して低い草丈で開花した。8月播種区は到花日数が増加に転じ, 11月中旬に開花した。

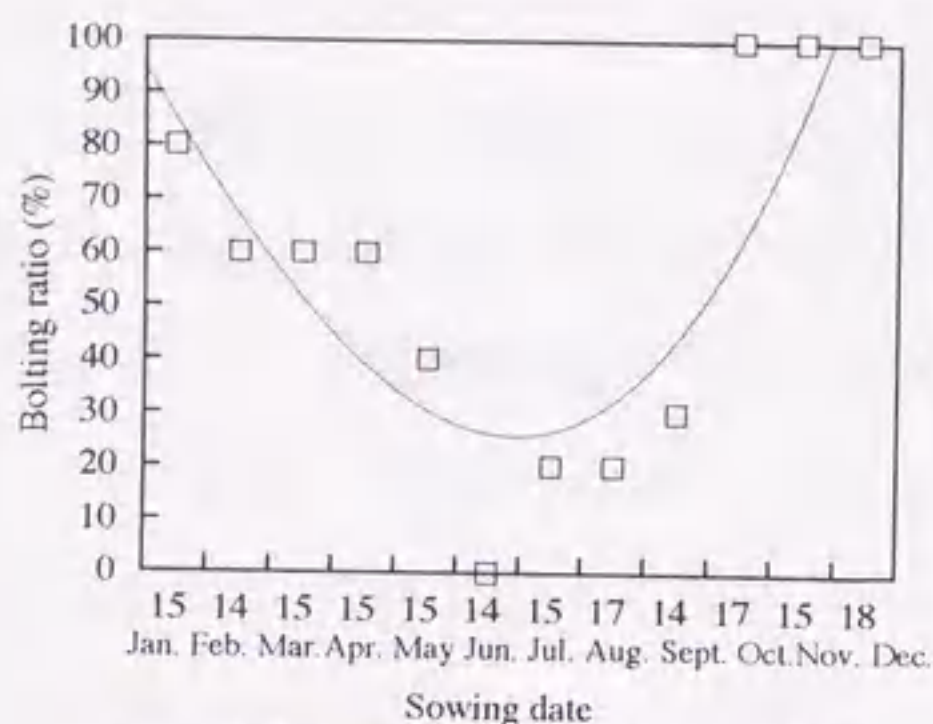


Fig. 41. Percents of bolting plants of *Dianthus* cv. Miss Biwako at five months from sowing in a greenhouse warmed at min. temperature 7°C.

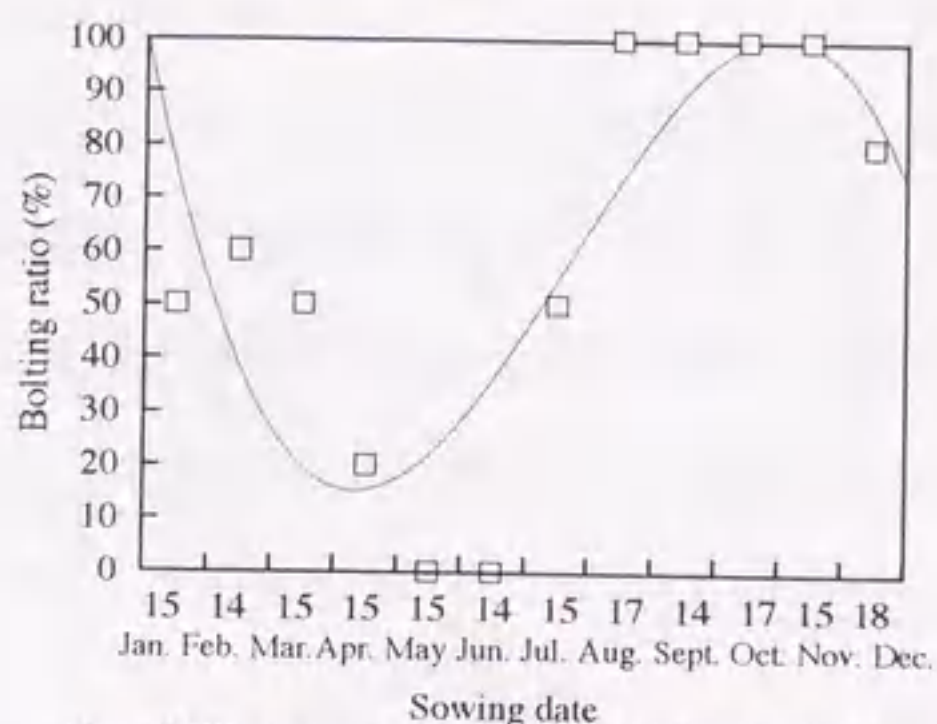


Fig. 42. Percents of bolting plants of *Dianthus barbatus* cv. Kurokawawase at five months later from sowing in a greenhouse warmed at min. temperature 7°C.

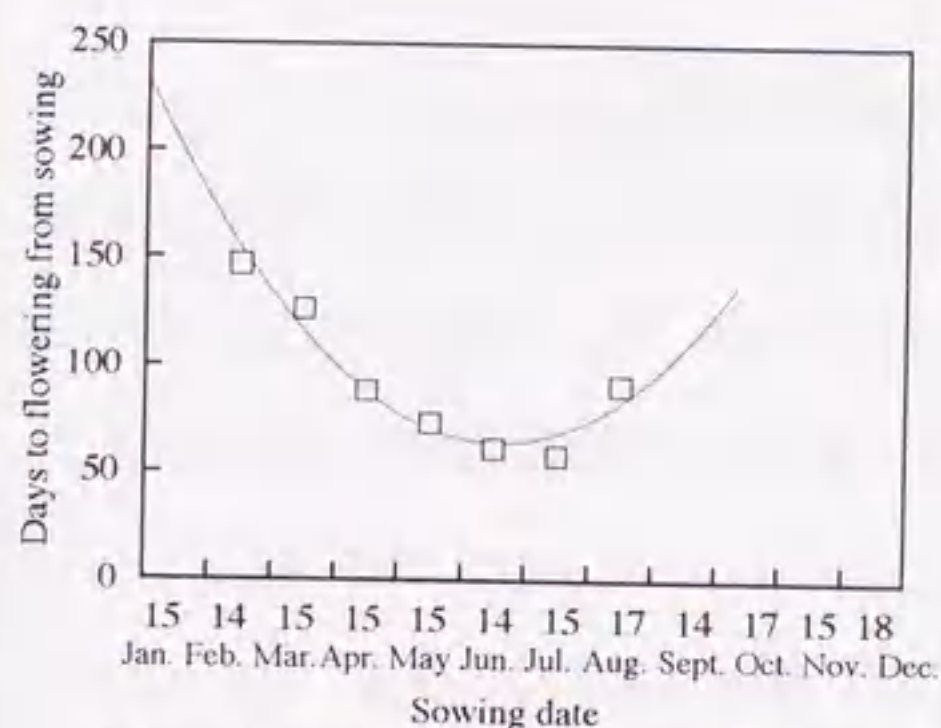


Fig. 43. No. of days to flowering of *Dianthus japonicus* sown through a year in a greenhouse warmed at minimum temperature of 14°C.

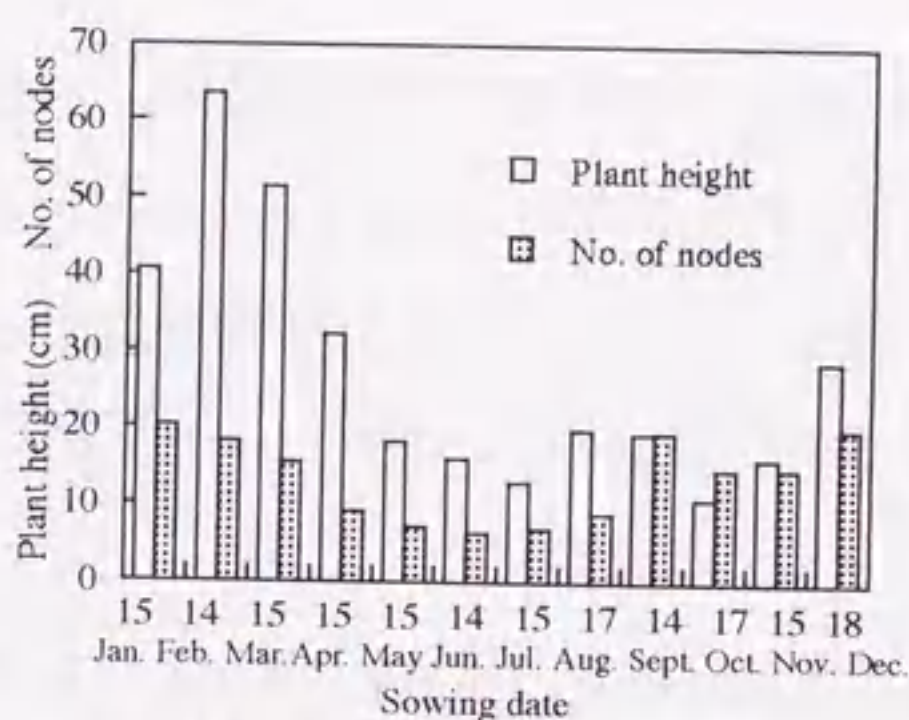


Fig. 44. Growth of *Dianthus japonicus* sown through a year in a greenhouse warmed at minimum temperature of 14°C.

実験2 低温遭遇、栽培温度および日長が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

‘ミスビワコ’、‘黒川早生’、ハマナデシコおよびカワラナデシコの品種‘改良河原撫子赤色’を供試し、9月15日にバーミキュライトを入れた育苗箱に播種した。本葉が4枚展開したときに9cm径のポットに1株ずつ移植し、その後15cm径のポットに1株ずつ定植した。

屋外のベンチ上で栽培した株を11月15日、12月15日、1月14日および2月13日に最低気温を14°Cに設定したガラス室に搬入し、低温遭遇期間の異なる処理区を設定した。それぞれの低温処理区について、自然日長区と長日区（日没前から午後10時まで電照）を設定した。低

温処理1月14日区の‘ミスビワコ’については8時間日長区を加えた。

また、栽培温度の影響を調べるため、‘ミスビワコ’はそれぞれの低温処理区に、最低気温14℃に加えて最低気温7℃のガラス室と二重被覆した無加温に搬入する区を設けた。ハマナデシコについては低温処理11月15日区についてのみ、同様に温度を変える処理区を設定した。

‘ミスビワコ’と‘黒川早生’は1区5株供試して主茎と各株5番目までに開花した側枝（5本にみたなかった株はすべての側枝）を、カワラナデシコとハマナデシコは1区10株供試して主茎を調査の対象とした。

5月15日まで開花茎率、開花日、草丈および節数を測定した。節間が約2cm以上伸長した花茎を抽だい茎とみなし、抽だい茎上の節と地際部のロゼットの節を区別して調査した。

結 果

‘ミスビワコ’の主茎はいずれの低温処理区も100%開花した（第18表）。側枝の開花率は低温処理期間が短かった11月15日区で低く、自然日長区と長日区ではそれぞれ71%、40%と自然日長区の方が高かった。側枝の開花率は低温処理期間が長いほど高く、処理終了が12月15日以降の区では日長間で差はなかった。開花しなかった側枝はいずれも節間がつまったロゼット状態であった。

‘黒川早生’の11月15日区は主茎の開花率が低く、自然日長区の80%に対し長日区では開花しなかった。調査終了日までに開花しなかった株の主茎の茎頂を実体顕微鏡下で観察したところ、ロゼット状態で57.8節まで葉分化し花芽は形成されていなかった（データ省略）。カワラナデシコとハマナデシコは低温処理の期間に関係なく開花率は100%であり、抽だいと開花に対して低温要求性は認められなかった。

‘ミスビワコ’と‘黒川早生’では11月15日区で到花日数が著しく長く、低温処理期間が長くなるほど短くなった。自然日長区と長日区を比較すると、開花率が低かった長日区の方が到花日数は5～7日短かった。カワラナデシコとハマナデシコは低温処理終了後それぞれ40～50日、70～80日で開花し、生育、開花に対して低温処理期間と日長の影響をほとんど受けなかった（第45図）。

Table 18. Effect of chilling exposure and day length on flowering of *Dianthus* spp.

Species and cultivars	Termination of chilling exposure	Main shoots		Lateral shoots	
		ND	LD	ND	LD
<i>D. × Mikadonadeshiko</i> cv. Miss Biwako	Nov. 15	100 %	100 %	71 %	40 %
	Dec. 15	100	100	77	80
	Jan. 14	100	100	88	88
	Feb. 13	100	100	100	100
<i>D. barbatus</i> cv. Kurokawawase	Nov. 15	80	0	0	0
	Dec. 15	100	100	100	100
	Jan. 14	100	100	100	100
	Feb. 13	100	100	100	100
<i>D. superbus</i> var. <i>longicalicinus</i> cv. Kairyokawaranadeshiko akairo	Nov. 15	100	100	-	-
	Dec. 15	100	100	-	-
	Jan. 14	100	100	-	-
	Feb. 13	100	100	-	-
<i>D. japonicus</i> cv. Natsubeninadeshiko kouseiakairo	Nov. 15	100	100	-	-
	Dec. 15	100	100	-	-
	Jan. 14	100	100	-	-
	Feb. 13	100	100	-	-

Growth temp. : mini 14°C

ND: natural day length (10 - 14 hr), LD: day extension till 22:00

Examination ended on May 15.

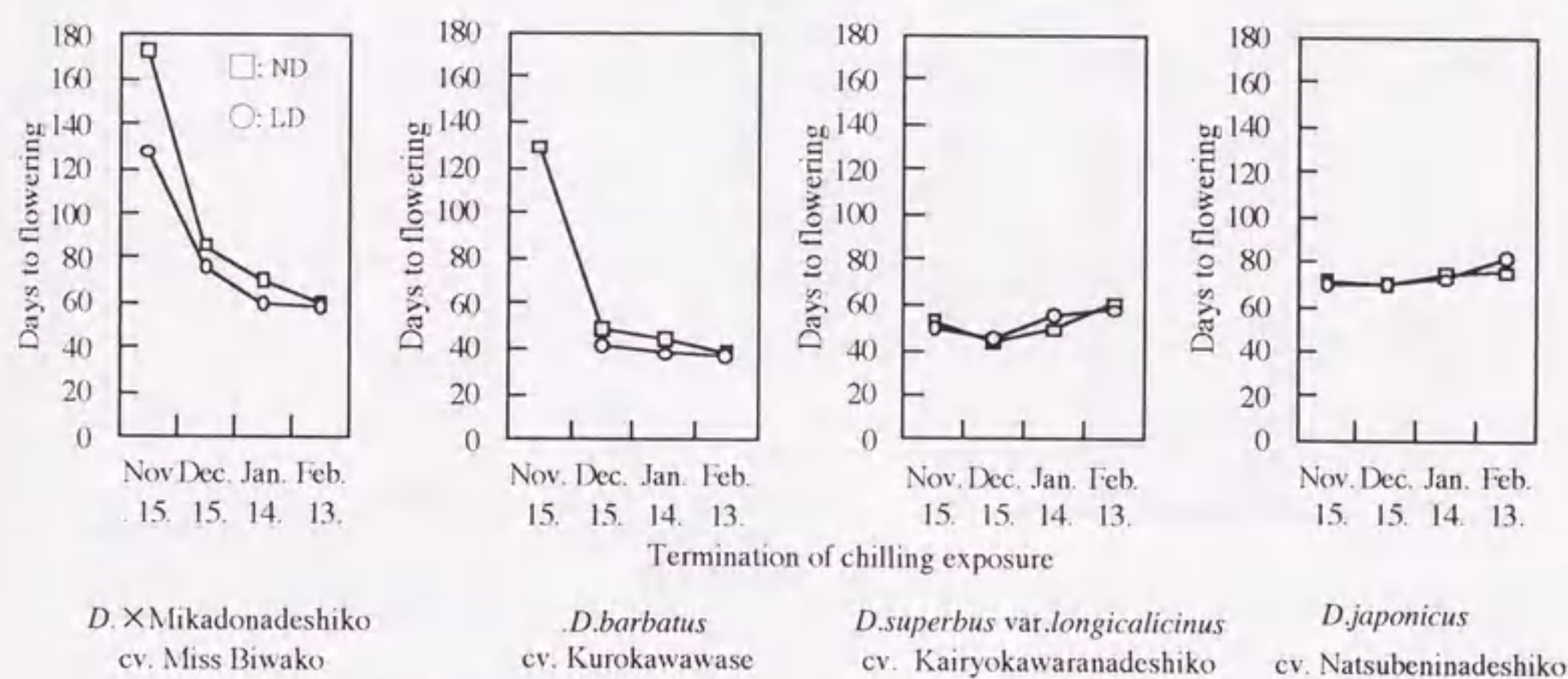


Fig. 45. Effect of chilling exposure and day length on the no. of days to flowering. After chilling exposure, plants were grown at minimum temperature of 14°C.

第46図には、1月14日加温区の‘ミスビワコ’の開花に対する日長の影響を示した。日長が長いほど到花日数が短く草丈が長くなる傾向があったが、8時間日長でも正常に開花した。

次に栽培温度の影響について、‘ミスビワコ’とハマナデシコの生育調査の結果を第19表と第20表に示した。‘ミスビワコ’は側枝について得たデータであるが、開花は12月15日に

最低気温14℃に加温した区が最も早く、草丈は
いつ加温しても14℃区が短かった。節数は11月
15日から14℃に加温した区が21と多く、12月
15日以降の加温区の間には差がなかった。

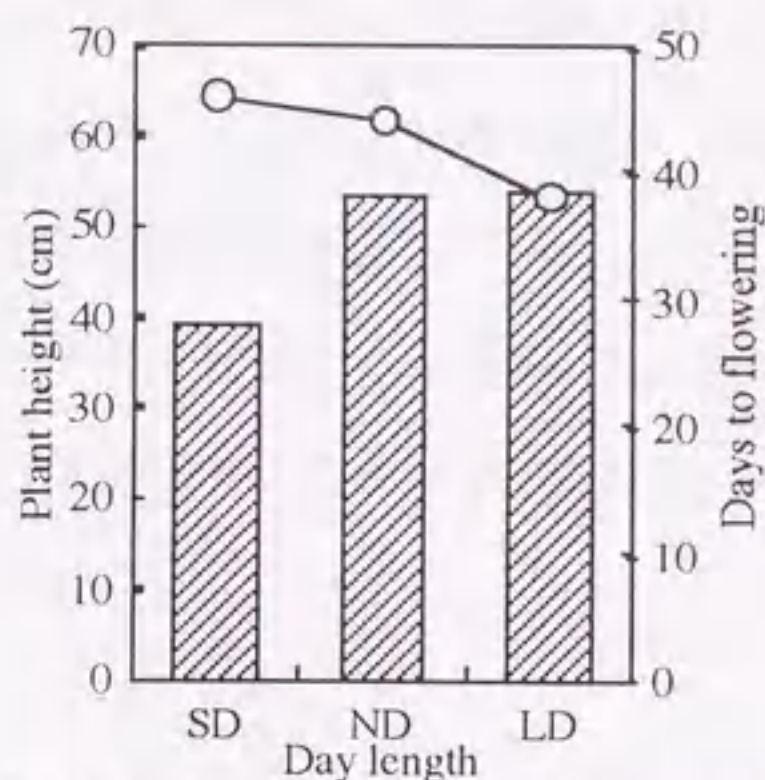


Fig. 46. Effect of day length on flowering of *D.*
×Mikadonadeshiko cv. Miss Biwako exposed
to prerequisite chilling till Jan. 15 for bolting.
SD:8hr, LD:protracted lighting till 22:00.

▨ Plant height —○— Days to flowering

Table 19. Effects of chilling exposure and growth temperature on flowering of *D.* ×Mikadonadeshiko cv. Miss Biwako.

Termination of chilling exposure	Growth ^z temperature(°C)	Flowering (%)	Flowering date	Days to ^y flowering	Stem length(cm)	No. of nodes	No. of rosetted nodes
Nov. 15	14	71	May. 7	173	43.5	21.0	5.1
	7	100	Apr. 22	158	71.2	16.0	6.6
	Unheated	100	Apr. 22	158	78.8	13.9	8.2
Dec. 15	14	77	Mar. 10	86	50.0	9.8	4.0
	7	96	Apr. 17	123	62.5	12.2	6.1
	Unheated	100	Apr. 29	136	80.1	12.9	4.6
Jan. 14	14	88	Mar. 25	70	59.5	10.7	4.2
	7	100	Apr. 12	89	70.9	10.8	3.8
	Unheated	100	Apr. 22	99	81.3	11.9	4.1
Feb. 13	14	100	Apr. 14	60	51.7	9.4	3.0
	7	100	Apr. 22	69	68.7	10.6	3.6
	Unheated	100	May. 1	78	58.3	10.1	3.4

Data was taken from five lateral shoots of each plant.

^z Figures mean minimum temperature in greenhouses.

^y Days from termination of chilling exposure.

Table 20. Effects of chilling exposure and growth temperature on flowering of *D. japonicus* cv. Natubeninadeshiko Kohseiakairo.

Termination of chilling exposure	Growth ^z temperature(°C)	Flowering (%)	Flowering date	Days to ^y flowering	Stem length(cm)	No. of nodes
Nov. 15	14	100	Jan. 28	74	36.4	14.3
	7	100	Jun. 18	215	71.8	27.9
	Unheated	100	Jun. 24	221	89.4	32.7

Data was taken from main shoot of each plant.

^z Figures mean mini. temp. of greenhouses.

^y Days from termination of chilling exposure.

ハマナデシコは14℃区の到花日数が加温開始後74日であり、7℃区と無加温区の215日、221日との間に著しい差があった。草丈は開花が早かった14℃区で36cmであったが、無加温区では約90cmと長かった。14℃では頂花までの丈が短く小花柄が発達した。

ハマナデシコは開花に低温を必要とせず、高温条件下で開花が著しく促進された。最低気温14℃では短日期（1月）に開花し、生育に対しては温度の影響が大きいと考えられる。

第2項 生育、開花に及ぼす低温の影響

ヒゲナデシコは緑植物春化植物であるとされるが、ミカドナデシコについては研究例がない。そのため、両者の開花生態に違いがあるかどうかを明らかにすることを目的として、低温感応と苗齢との関係、および開花に必要な低温要求性とその品種間差について検討した。

実験1 吸水種子および苗に対する低温処理の影響

1-1 吸水種子に対する低温処理

実験方法

‘ミスビワコ’，‘黒川早生’，‘夏紅撫子高性赤色’および‘改良河原撫子赤色’を供試し、5月22日から2週間間隔で5回、288穴の育苗トレイに播種した。播種後十分かん水したあとポリエチレンフィルムで覆って2℃の冷蔵庫へ搬入し、2，4，6および8週間の低温処理を行った。7月17日にトレイを冷蔵庫から取り出して、同日播種した無処理区とともにガラス室で育苗、栽培を行った。10月中旬から最低気温14℃となるように暖房した。

結 果

吸水種子の低温処理ではいずれの品種も処理期間の影響が認められなかったため、無処理区と低温8週間区について結果を示した（第21表）。‘ミスビワコ’と‘黒川早生’は低温処理の有無に関係なくロゼット葉の展開を続け、低温処理終了後12週間目まで抽だいしなかった。これに対して、カワラナデシコとハマナデシコは無処理区、低温処理区ともに100%抽だいし9月下旬に開花した。開花時の草丈はカワラナデシコは31～32cm、ハマナデシコは約23cmと短く、節数もそれぞれ9～10，5～6と少なかった。この両種は盛夏に播種しても開花に至り、抽だいと開花に対して低温要求性は認められなかった。

Table 21. Growth of *Dianthus* spp. as a result of low temperature exposure of imbibed seeds.

Species and Cultivars	Weeks of low ² temperature treatment	Flowering		Stem length (cm)	No. of nodes	
		Ratio(%)	Date		Total	Rosetted
<i>D. × Mikadonadeshiko</i>	no	0	-	9.6	23.7	23.7
cv. Miss Biwako	8 w	0	-	9.7	23.6	23.6
<i>D. barbatus</i>	no	0	-	9.6	25.2	25.2
cv. Kurokawawase	8 w	0	-	9.7	24.9	24.9
<i>D. superbis</i> var. <i>longicalicinus</i>	no	100	Sep. 28	32.1	9.1	0.0
cv. Kairyokawaranadeshiko	8 w	100	Sep. 24	31.0	9.8	0.0
<i>D. japonicus</i>	no	100	Sep. 20	23.4	5.9	0.0
cv. Natsubeninadeshiko	8 w	100	Sep. 21	23.1	5.7	0.0

Growing temperature : minimum 14°C. Cultivation started on July 17.

² Low temperature treatment : 8 weeks at 2°C.

1-2 苗齢の異なる苗に対する低温処理

実験方法

‘ミスビワコ’ とヒゲナデシコの品種 ‘石井早生’ を供試した。8月7日に288穴のトレイに播種し、14°C以下の温度に遭遇させないように暖房したガラス室で育苗した。播種後3, 6, 9および12週間育苗した齢の異なる苗を、2°Cの冷蔵庫に搬入して9週間低温処理を行った。3週間育苗区は播種に用いたトレイの苗を、6～12週間育苗区は本葉が2～3節展開したときに移植した9cmポットの苗をそれぞれ1区15株低温処理した。処理終了後、最低気温14°Cのガラス室に移して栽培した。処理開始日に苗の節数を調査し、低温処理終了後12週間経過したときに抽だい状況を調べた。

結 果

低温処理開始時の苗齢は3, 6, 9, 12週間育苗区の順に ‘ミスビワコ’ は2.0, 5.0, 9.3, 11.8節, ‘石井早生’ は2.0, 4.7, 8.4, 12.1節であった。結果は第47図に示したように, ‘ミスビワコ’, ‘石井早生’ とともに節数5以下の苗は、全株ロゼット状の生育を続け抽だいたしなかった。節数8～9の苗では90%以上が開花し、節数12の苗では100%開花した。両種とも低温感受可能な最小の苗齢は主茎の本葉が9～10節であると判断された。

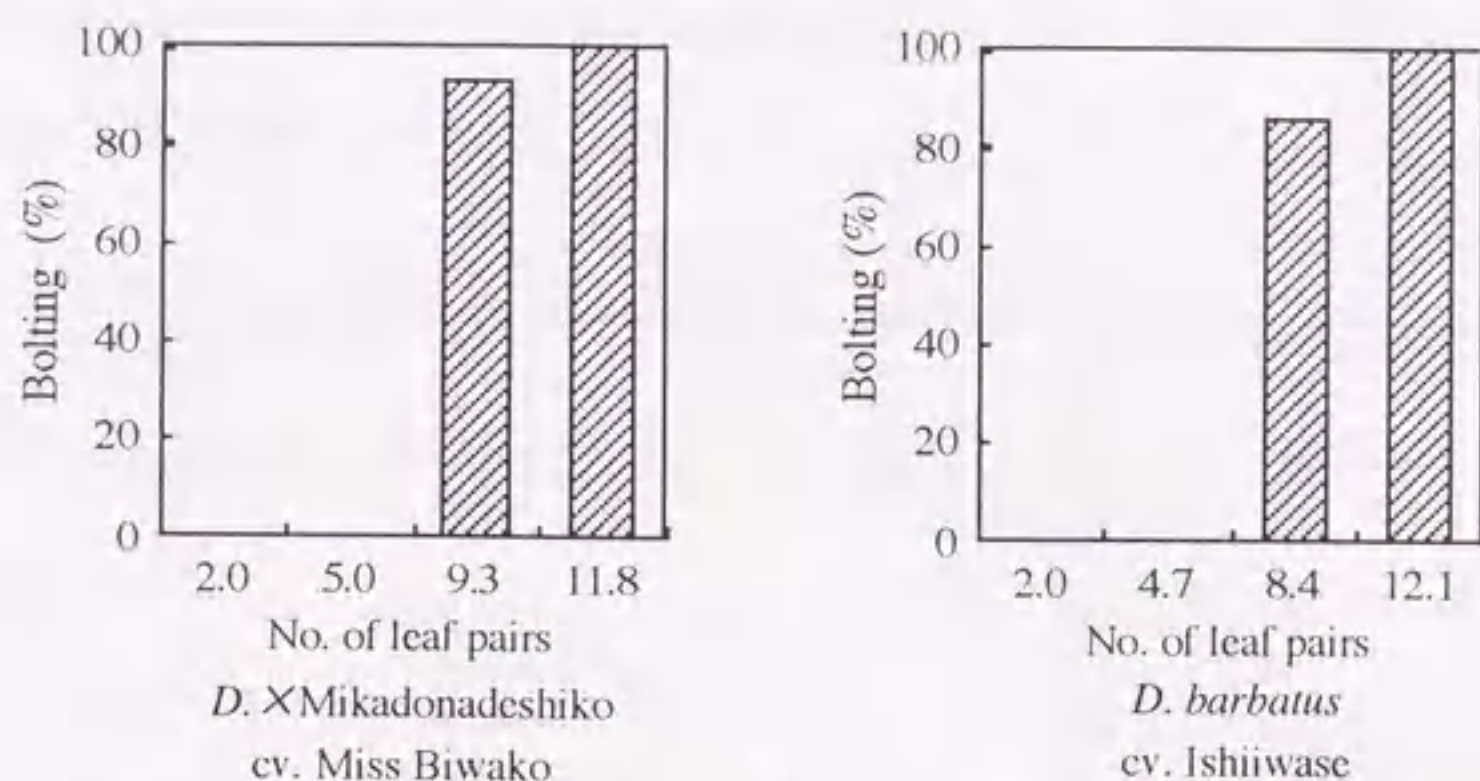


Fig. 47. Effect of the leaf number at low temperature treatment on the bolting in *Dianthus* spp. No. of leaf pairs were counted at the low temperature treatment. Data were recorded 12 weeks after 2°C, 9 weeks.

実験2 苗の低温処理期間が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

第22表に示すミカドナデシコ2品種とヒゲナデシコ7品種を供試した。7月25日に播種してガラス室で育苗した苗を、10月10日に5°Cに設定した冷蔵庫に搬入してそれぞれ3, 6, 9週間低温処理を行った。無処理区は10月13日に、低温処理区は処理が終了した日にそれぞれ15cm径のポットに1株ずつ定植して、最低気温14°C、換気温度25°Cとしたガラス室で栽培した。供試株数は1区15株とし、3月31日に調査を打ち切った。

結 果

低温処理をしなかった区の開花率はミカドナデシコでは‘ミスビワコ’は13%、‘大文字スカーレット’は47%であった。‘ミスビワコ’は低温処理期間が長くなるほど開花率が高まったが、‘大文字スカーレット’では3週間以上の低温処理では開花率に差がなく、‘ミスビワコ’より低温要求性が少なかった(第22表)。

ヒゲナデシコでは低温処理をしないで100%開花した‘脚光’から、9週間区でも開花率が67%であった‘有馬’まで、低温要求性に明瞭な品種間差があった。‘花車’は無処理区の開花率が60%であったが、6週間区でも87%にとどまり低温要求性の品種内でのバラツキが大きかった。

‘黒川早生’と‘石井早生’は3週間以上の低温処理によって100%開花し、‘寒咲蛇の目’は6週間以上の処理で100%開花した。

Table 22. Effect of duration of 5°C treatment on flowering percentage of *Dianthus* spp.

Species and Cultivars		Weeks of 5°C			
		0	3	6	9
<i>D. × Mikadonadeshiko</i>	Daimonji Scarlet	47 %	93 %	87 %	93 %
	Miss Biwako	13	73	87	93
<i>D. barbatus</i>	Kyakko	100	100	100	100
	Kurokawawase	13	100	100	100
	Ishiiwase	13	100	100	100
	Kanzakijanome	0	87	100	100
	Hanaguruma	60	73	87	100
	Kanzakishiranui	0	40	67	100
	Arima	0	0	53	67

Seedlings grown for 11 weeks were treated from Oct. 10.

Growing temperature : minimum 14°C.

第3項 低温処理後の高温遭遇

実験1 低温処理した苗に対する高温処理が生育、開花に及ぼす影響

低温要求性を示す植物には、低温遭遇後の環境によっては低温の効果が打ち消される場合があるが、第1章で調査したいくつかの秋播き一年草では脱春化現象が認められず、植物による反応の違いが何に起因するのかは明確ではない。第1章から秋播き草花のなかでも開花生態がいくつかのタイプに分類され、高温の影響の仕方の相違は開花に対する低温の作用性と関連があるのではないかと推測した。そこで、緑植物春化であるミカドナデシコを用い、開花に必要な低温を与えた苗に対して高温処理を行い、その反応を調査した。

実験方法

12月21日に播種した‘ミスビワコ’を最低気温16°Cのガラス室で栽培し、本葉が10~12枚展開した4月22日に2°Cの冷蔵庫に入れ9週間の低温処理を行った。低温処理終了後、2週間の高温処理を行った後中温で栽培する区と、高温を与えずに中温で栽培する区を設定した。

中温区の栽培条件は最低気温16°C、最高気温26°Cに設定した冷房ガラス室（日中約60%遮光）内とし、高温処理は冷房ガラス室内に設置し最低気温30°Cに加温したガラスケース内に2週間置くことによって与えた。

結 果

冷房ガラス室の気温は、日中26℃以下、日没後はほぼ16℃一定で推移した。高温処理に使用したガラスケース内の気温は最低気温が30℃に維持され、晴天日には日中40℃まで上昇した。

開花率は両区とも100%であった。低温処理後の到花日数、草丈は高処理区がやや短かったが、節数には差がなかった。開花に必要な9週間の低温処理を行ったミカドナデシコの苗に対して、最低気温30℃の高温は脱春化として作用しなかった（第23表）。

Table 23. Response of vernalized *Dianthus* Miss Biwako seedlings to followed high temperature.

Temperature treatments	Flowering Ratio(%)	Days to flowering	Stem length (cm)	No. of nodes	
				Total	Rosetted
Medium ^z	100	45	57.3	20.6	12.7
High ^y	100	40	46.2	19.3	11.8

^z Grew in the air conditioned greenhouse controlled max. / mini. temperature (26 / 16℃)

^y Mini. temperature at 30℃ for 2 weeks followed plant vernalization (8 weeks at 2℃).

Cv. *D.* × Mikadonadeshiko Miss Biwako.

Low temperature treatment finished June 24.

第4項 生育、開花に対するジベレリンの影響

実験1 ジベレリン処理が低温処理苗と無低温処理苗の生育、開花に及ぼす影響

‘ミスビワコ’はヒゲナデシコ同様緑植物春化の開花生態をもつ植物であることが明らかになった。このタイプの開花生態を示す植物について、花芽形成誘導状態と非誘導状態にある株に対するジベレリンの影響を知るため、低温処理した苗と低温に遭わせない苗に対するジベレリン処理を行い抽だいと開花に及ぼす影響を調べた。

実験方法

‘ミスビワコ’を供試し、低温処理する区は1月21日に播種して最低気温16℃のガラス室で育苗した苗を、5月20日から9週間2℃に設定した冷蔵庫へ搬入した。低温無処理区は、低温処理区の播種日から11週間後の4月8日に播種し、同じガラス室で16℃以下の温度に遭遇させないようにして育苗した。両区とも本葉が2, 3節展開したときに9cm径のポットに植え付

け、低温処理はポットの状態で行った。無処理区は準備した96株のうち84株が、節間伸長は不良であるものの7月22日にすでに出らいし、12株が完全なロゼット状態であった。そのため、無低温区としてはロゼット状態にある12株を実験に用いた。

低温処理が終了した7月22日に無低温区の苗とともにハウスに移し、それぞれの区についてGA₃100ppmの水溶液を7月22日から2週間間隔で4回茎葉散布した。

結 果

低温処理した株はジベレリン処理に関係なく、処理後約35日で開花した。草丈、節数にも処理による差は認められなかった（第24表）。

低温を受けていない株では、無処理区はロゼット状態でほとんど節間伸長しなかった。ジベレリン処理株は第52図に示したように節間は伸長したが、開花しなかった。節間伸長の仕方は低温を十分受けた株のそれとは異なった（第48図）。

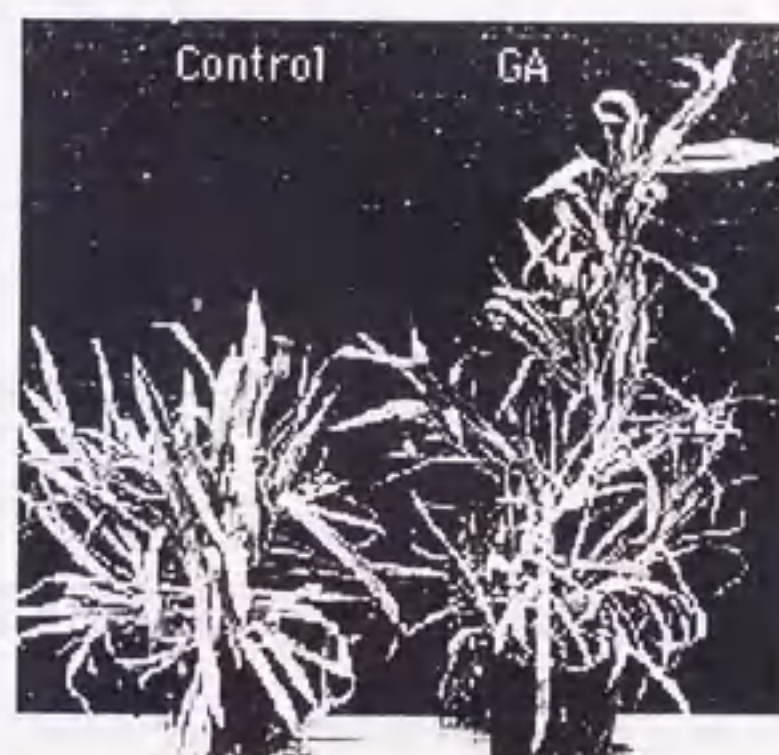


Fig. 48. Effect of GA₃ treatment on the growth of unchilled plants. Photo was taken 6 weeks later from starting GA₃ spray.

Table 24. Effect of GA₃ on flowering of vernalized and unvernallized seedlings.

Low temp. treatments	GA ₃ treatments	Flowering Ratio(%)	Days to flowering	Stem length (cm)	No. of nodes	
					Total	Rosetted
yes	no	100	35	42.1	20.4	8.6
yes	yes	100	36	44.1	20.6	6.9
no	no	0	-	17.7	21.2	20.2
no	yes	0	-	35.3	24.8	4.3

Cv. *D. × Mikadonadeshiko* Miss Biwako.

Grew in the air conditioned greenhouse controlled max. / mini. temperature (26 / 16°C)

Low temperature treatment finished Jul. 7.

考 察

武田ら (128, 129, 130) はダイアンサスの開花期を支配する最も大きな要因は低温要求性の違いであり、ヨーロッパ原産のダイアンサスは明確な低温要求性を示す種類が多いのに対して、セキチクに代表されるアジア原産の種は低温要求性が小さい傾向があるとしている。本報告で取り上げた種類はいずれも武田らが検討の余地が残るとした種類であり、戸外での開花期はミカドナデシコとヒゲナデシコは5月、カワラナデシコは6~9月、ハマナデシコは7~8月と種類によって相当差がある。

ミカドナデシコは切り花用カーネーションとセキチクの交雑により育成されたとされるが (124), これまでミカドナデシコの開花生態に関する報告はなく、代表的な品種である‘ミスビワコ’は拙だい、開花に低温要求性をもつ植物であることが明らかになった。本種は14℃以下の温度に遭遇させなければほとんど開花しないし、開花しても低温遭遇した株に比べて多くの到花日数を要することから、14℃は低温として感受されにくい温度であると考えられる。一般に低温要求性植物において、春化として作用する温度は種類によって-5℃~+15℃の範囲にあるとされ (77), ‘ミスビワコ’では最低気温7℃で栽培するとこれ以下の低温に遭わせなくても100%開花することから、7℃は有効な低温とみなすことができる。2~5℃の低温処理では高い開花促進効果を認め、この温度範囲はヒゲナデシコの品種‘黒川早生’もほぼ同じである。

正常な開花に必要な低温は、2~5℃の低温処理で‘ミスビワコ’は9週間、‘黒川早生’では3週間である。

次に、開花に対する日長の影響であるが、カーネーションでは日長は花芽分化を促進するが、分化後開花までの影響は小さいとされる (46)。また、カーネーションの系統によっても日長に対する反応には差があり、*Diantini*の品種や*Chinensis*の種間雑種は短日下で花芽形成しやすい (19)。低温要求性をもつダイアンサスの場合、‘黒川早生’の主枝および‘ミスビワコ’の側枝の開花率の違いからわかるように、日長の影響の仕方は株が遭遇した低温の程度によって異なる。低温に遭遇し春化された状態にある苗条の開花は長日によってやや促

進されるが、14℃以下の低温をまったく受けていない苗条では自然日長下の方が花芽形成しやすい。

緑植物春化植物であるカンパニュラ・メデイウムでは、短日が低温を代替する短日春化 (SD vernalization) が報告されている (151)。一方、不十分な低温を受けた場合には逆に長日が低温の一部を代替するとの報告もある (55)。低温を受けていない‘ミスビワコ’と‘黒川早生’の苗条が、長日下より自然日長下において花芽形成しやすかったのは、この時期の短日から長日への日長変化が、カンパニュラ・メデイウムにみられる短日春化に類似の現象を誘導しているのではないかと考えられる。

低温に対する反応は吸水種子の段階では認められず、低温感応可能な最小の苗齢は本葉が約10節展開したときである。本葉10節展開時の未展開節数は約5節で、このときには花芽は未分化であることから (竹田, 未発表) , ‘ミスビワコ’はヒゲナデシコ同様播種後一定期間栄養生長をした段階ではじめて低温に反応する緑植物春化の開花生態をもつといえる。苗齢がある程度すすんでいなければ低温に感受しない点は、挿し芽苗から栽培を始めた場合も同じである (54, 130)。

種子や苗の低温処理によって花芽形成が誘導されるスターチス・シヌアータ (10, 30, 31) では、いったん春化された株は高温期を経過するまで開花を継続する。低温を感受した分裂組織において春化状態が維持される結果つぎつぎと花芽分化するのか、秋以降の栽培温度が春化として感応可能な温度であるため開花を継続するのは未解明の問題であるが、ダイアンサスでは低温処理によって抽だい、開花するのは低温感応可能な齢に達している苗条部分だけである。これより若い苗条は低温に反応せず、処理後に形成されるえき芽もロゼットになり春化された状態にはならない。

ヒゲナデシコの低温要求性の品種間差については、藤野 (33) が1月5日まで自然の低温に遭遇させたあと温度を変えて栽培した実験で、開花率は‘脚光’に比べて‘石井早生’、‘黒川早生’および‘寒咲蛇の目’で高いとしている。しかし、本実験で播種後14℃以下の低温に遭遇させずにその生育をみたところ、‘脚光’は100%開花したものの他の品種では未開花株が発生し結果に相違がみられた。低温処理期間と開花率の関係から供試品種の低温要

求性を評価すれば、早生の‘脚光’には低温要求性がないといえ、次いで‘花車’の低温要求性が小さく、‘黒川早生’，‘石井早生’，‘寒咲蛇の目’，‘寒咲不知火’，‘有馬’の順に大きい。このような低温要求性に明確な差のある品種群の存在は、ストックにもみられるように、早晩性の異なる品種の育成が行われた結果として生じたものと推察される。

‘ミスビワコ’は平坦地で自然低温を利用した栽培における開花期は、12月中旬から最低気温14℃に加温して2月下旬以降であり、草丈を確保するため加温を7℃とすると開花期は3月上旬になる。一方、苗を9週間低温処理することにより、任意の時期に開花させうるが、株当たり複数本の切り花を収穫するには側枝も低温反応可能な齢に生長させておかねばならない。

ヒゲナデシコは品種により5℃、3～9週間の低温処理によって低温要求がみたされ、低温遭遇後の到花日数が短いという違いを除けば‘ミスビワコ’と同じ方法で開花調節が可能である。

カワラナデシコとハマナデシコの開花特性は上記の2種のダイアンサスと異なり、低温遭遇程度と日長条件の影響をあまり受けず加温開始後一定期間で開花した。夏に播種された場合には短期間に抽だいして開花し、同日播種したヒゲナデシコとミカドナデシコがロゼット状態にあったのと対照的であった。これら2種では、冬季の節間の短縮は単に気温が節間伸長の適温を下回ることに起因すると考えられ、低温期のロゼット形成はそれが解除されるために低温を必要とするミカドナデシコ、ヒゲナデシコと生態的意義を異にすると考えられる。

ハマナデシコは自然開花期が6月以降の高温期であり、7℃程度の加温では開花がほとんど促進されないことから高温性の植物であるといえるが、草丈の長い切り花を得るためには、栄養生長状態を維持するため生育前期に低温で栽培される期間を必要とする。

以上の実験によって、種子繁殖で栽培されるダイアンサスのなかで、ミカドナデシコはヒゲナデシコ同様緑植物春化であること、ヒゲナデシコには低温要求性を示さない品種が存在すること、それらと異なりカワラナデシコ、ハマナデシコには本来低温要求性がなく、開花生態に本質的な違いのあることが明らかになった。

第1章において、Cに分類された多年草は開花に対して低温要求性があると考えられるが、

288穴のトレイで育苗可能な小さい苗ではその効果が認められなかった種類は、低温に対してヒゲナデシコやミカドナデシコと似た反応を示すものと考えられる。

開花に必要な低温が満たされていない場合には、ジベレリンは節間伸長を促すように作用したが、花芽形成を誘導することではなく、これは14℃以下の低温を受けていないヒゲナデシコはジベレリンによって開花が促進されないとしたHarris and Atherton (41)の結果と同じであった。Michniewicz and Lang (82)は誘導条件と非誘導条件にある5種類の植物の開花に対するジベレリンの影響を調べた実験において、低温要求性のあるワスレナグサは花芽形成に対してGA₇とGA₁の効果が、ケンタウリウムではGA₃の効果が高いとしている。さらに、長日植物であるシレネ・アルメリアではGA₇、クレピスではGA₄とGA₇の効果が高いとし、花茎の伸長と花芽形成は必ずしも連動して起こるものではないと結論している。

ミカドナデシコの場合も、GA₃による花茎の伸長は低温を受けた株の花茎伸長の様相とは明らかに異なるものであり、ジベレリンによる花茎伸長と花芽形成は別個のプロセスで起こると考えられる。低温を受けたときと同じような花茎伸長を起こさせる作用性をもつジベレリンであれば、ワスレナグサ同様花茎伸長に続いて花芽形成が誘導される可能性もあり、大川 (94) が指摘しているようにジベレリンの種類をかえて検討してみる必要がある。

次に、開花に必要な低温を受けたミカドナデシコでは、直後に遭遇する最低気温30℃、最高気温40℃の高温によって、低温の効果が失われることはなかった。本葉10~12枚よりも小さい苗は低温には反応せず、ミカドナデシコの場合この苗齢が低温を感受して開花可能な最小の苗齢である。スターチス・シヌアータでは種子春化後本葉が約10~12枚展開すれば、その後の高温は脱春化としては作用しないことが報告されており (7, 70)、種子春化と緑植物春化の違いはあるが、花芽形成誘導が可能な最小の苗齢を経過していれば受けた低温がその後の高温によって打ち消されないと考えられる。

摘 要

主に切り花用として利用される種子繁殖性ダイアンサスであるミカドナデシコ、ヒゲナデシコ、カワラナデシコおよびハマナデシコの開花に対する低温と日長の影響を調べた。

ミカドナデシコ‘ミスビワコ’とヒゲナデシコ‘黒川早生’は抽だい、開花に対して低温を必要とした。14℃は低温として感受されなかったが、7℃は有効な温度であった。

長日は低温を受けた株の抽だい、開花を促進したが、14℃以下の低温を受けていない株に対しては栄養生長を促した。

ミカドナデシコはヒゲナデシコ同様吸水種子の段階では低温に反応せず、本葉が9～10節展開する苗齢に達してはじめて低温に反応する植物体春化型植物であった。

低温要求性には明確な品種間差があり、100%の抽だい率に要する低温量は、5℃で0～9週間以上に及ぶ差があった。

カワラナデシコとハマナデシコには低温要求性がなく、長日も開花に対してほとんど影響しなかった。両種の生育を規定する主要因は温度であり、高温下では短期間に生殖生長に移行した。

花芽形成に低温要求性をもつミカドナデシコでは、低温を受けていない苗に対してGA₃は節間伸長を促したが、花芽形成を誘導する作用は認められなかった。

また、花芽形成に必要な低温を受けた苗に対して、低温処理直後の高温は脱春化として作用しなかった。

第5節 トルコギキョウ *Eustoma grandiflorum*

*Eustoma*属には3種が知られており、北アメリカ中央部に分布している。北アメリカではカリフォルニア周辺の地中海性気候区を原産とする花卉は多いが、中央部を原産とするの種類は多くない。塚田ら(135, 136, 137, 138)は本種の生態について基礎的な研究を行い、種子は休眠がほとんどない好光性種子で発芽適温は20~25℃であること、植え付け後は相対的長日性を示す植物であることを明らかにしている。近年暖地での栽培が増加し、高冷地や秋播き栽培では問題にはならなかった苗のロゼット化や促成栽培における温度管理など生態上の問題点が生じている。

現在の園芸品種は *E. grandiflorum* (Raf.) Shinnarsから成立したものと考えられているが、自生地において *E. grandiflorum* と *E. exaltatum* および *E. barkleyi* の間で交雑が起こっている。*E. grandiflorum* は年平均気温約10℃の冷涼地から20℃の暖地まで気象条件の異なる広い地域に分布し、温暖な地域に自生するものは多年生となる(95)。自生地では5月に発芽した実生は、ロゼット状態で夏から冬を経過し翌春抽だいて6~9月に開花する2年草としての生活環をもつとされる。

これまで検討してきたように、冬季ロゼット状態で生育する秋播き一年草には低温が春化として作用する種類が多く、ミカドナデシコやヒゲナデシコのような緑植物春化要求をもつ植物では、実生苗は低温感受できる苗齢に達するまで栽培温度に関係なくロゼット状態で生育する。これに対し、トルコギキョウでは実生世代においてロゼット化する場合と抽だいて育つ場合があり、ロゼット化と抽だいに関しこれまで取り上げた多数の種子繁殖性の花卉とは異なった生態を有する可能性がある。

そこで、本節ではロゼット化と打破の要因、日長と温度に対する反応など生育、開花に関する基礎的な生態を調査するとともに、品種特性など実用的見地に立った開花調節について検討を行った。

第1項 ロゼット化と抽だいに及ぼす温度と日長の影響

トルコギキョウは種子が微細で通常覆土を行わないため、育苗のむずかしい植物である

(137) . 本節の実験では育苗にペーパーポット、成型トレイなどを使用したか、いずれの方法でも播種後は底面吸水法によってかん水し、本葉が展開する頃から通常の上からのかん水に切り替えた。1穴に数粒ずつ播種し、子葉が展開したときにポット当たり1株に間引き、本葉が4枚展開したときに定植した。

実験1 播種時期が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

極早生品種の‘山の紫’と‘若紫’および晩生品種の‘福紫盃’を供試し、5月1日から9月11日までの期間約10日間隔で14回播種した。本葉が展開するまで底面吸水させて育苗した。ポット当たり1株に間引き、18cm径のポットに2株ずつ植え付けた。栽培は24時間日長下で行い、10月から最低気温が10℃になるように加温した。

8月11日以前に播種した区については播種から4か月後に、それ以降に播種した区は播種から5か月後に生育状態を調査し抽だい率を求めた。調査時に抽だいしていた株については継続して栽培し、開花率、開花時期、草丈、節数について調査した。供試株数は1区当たり20~40株であった。

結 果

供試した‘山の紫’、‘若紫’、‘福紫盃’の3品種とも、播種時期別の抽だい率はほぼ同じように推移した(第49図)。5月に播種した場合は、いずれの品種も100%近く抽だいたし開花したのに対し、播種時期が6月以降になると抽だい率は急激に低下した。抽だい率は7月に播種した場合に最も低く、7月10日播種区の‘山の

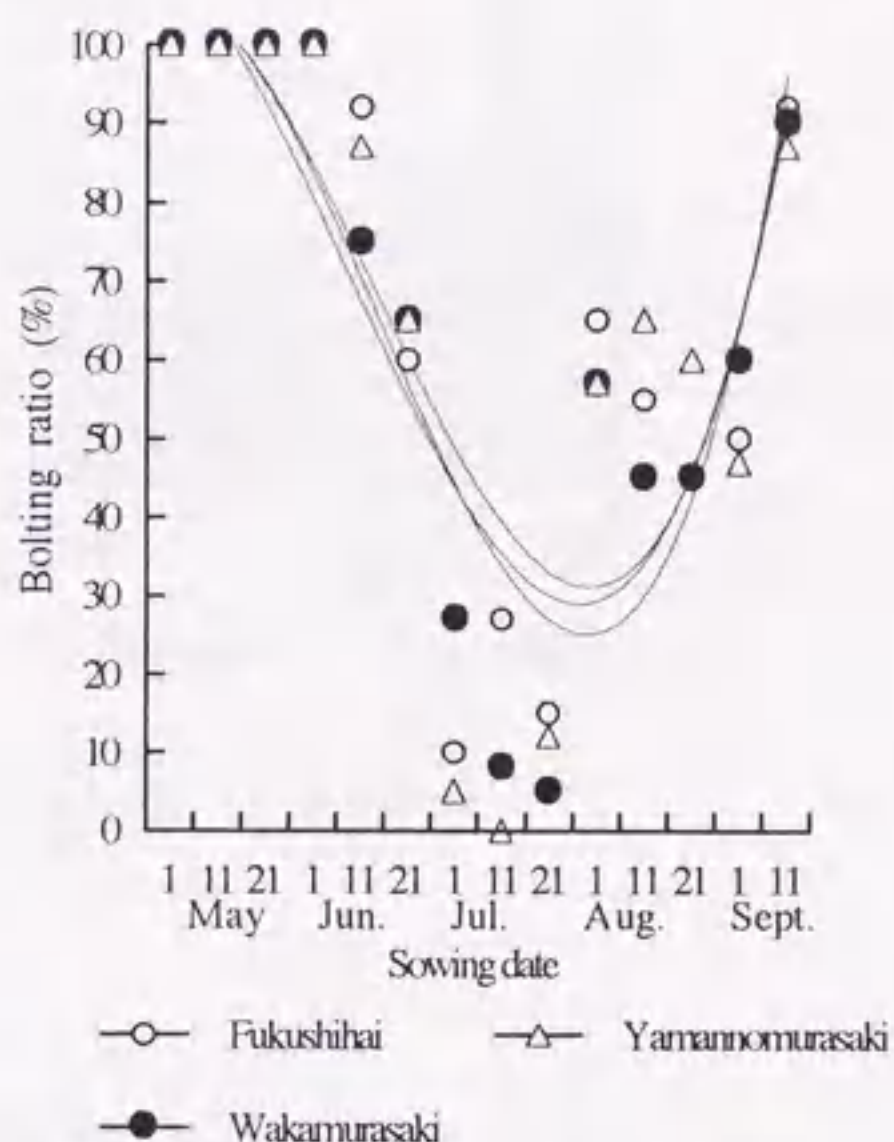


Fig. 49. Ratio of bolting plants of *Eustoma* cultivars sown on different time of a year. Data was taken 4 (sown before Aug. 1) or 5 months from sowing in the greenhouse kept at minimum temperature at 10℃ under LD condition (continuous lighting).

紫' は100%ロゼット化した。8月1日以降に播種すると抽だい率がやや高まったが、9月1日までは50%程度で推移した。9月11日に播種した区は3品種とも約90%の個体が正常に抽だいした。

若紫' と '福紫盃' のロゼット化しなかった株の到花日数と生育調査の結果を第50図に示した。5~6月に播種した区は、若紫' , '福紫盃' とともに播種から100~120日後に開花し、開花節位は7~8節程度で差がなかった。7月以降播種時期が遅くなるにしたがって到花日数が長くなり、8月21日播種区の '若紫' は276日、'福紫盃' は290日を要した。多くの到花日数を要した8月21日播種区は、'若紫' が16.2節、'福紫盃' が20.4節と増加し、品種間差が増大した。9月1日と11日に播種した区は、到花日数が減少に転じ、開花節位も低下した。

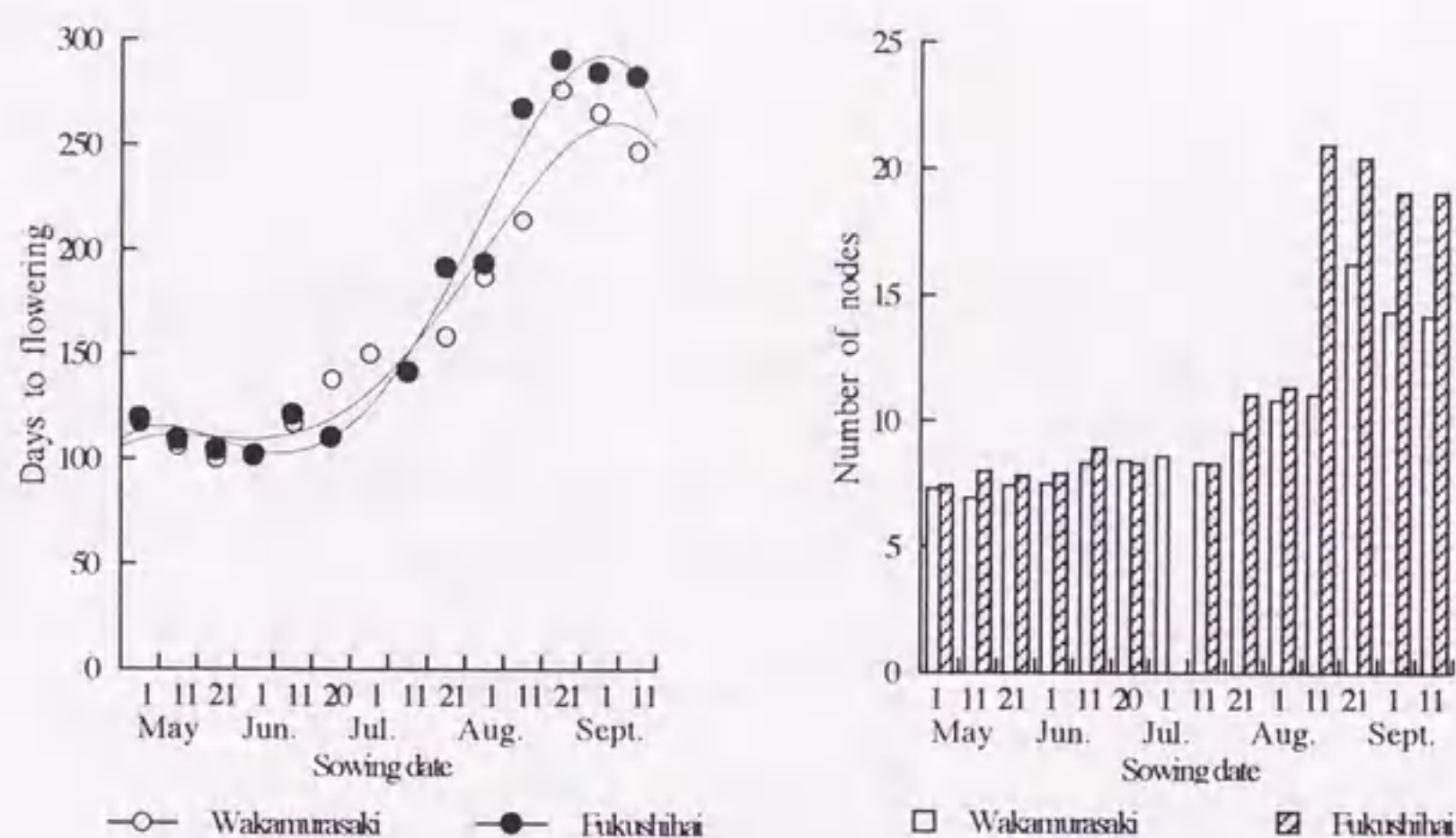


Fig. 50. Effect of sowing time on flowering and number of nodes in early and late flowering *Eustoma* cultivars sown on different time of a year in the greenhouse kept at minimum temperature at 10°C under LD condition (continuous lighting).

実験2 播種期、栽培温度および日長条件が生育、開花に及ぼす影響

実験方法

極早生品種の '若紫' を供試し、育苗期の温度条件が異なる7月10日、7月31日、8月20日、9月11日に播種し、ガラス室内のベンチ上で育苗した。それぞれの時期に播種した苗につい

て、9月16日から最低気温10、15、20℃（換気温度はいずれも30℃）に設定したガラス室に搬入し、長日（22時から4時間の暗期中断）と自然日長下で栽培した。11月から翌年の6月まで各月の切り花本数と草丈、節数を調査した。

結 果

7月10日播種の20℃区はロゼットの程度が弱い株から抽だいを始め、早期に抽だいたした株は11月に、ロゼット化した株は翌年の1～2月に抽だいて3～4月に開花した（第51図）。ロゼット化した株は、最低気温10℃で栽培すると冬の間ロゼット状に生育し、3月以降抽だいて5～6月に開花した。

9月11日に播種した区は大半の株が本葉を約3節展開して速やかに花茎伸長を開始し、20℃長日区は1、2月に開花した。開花が遅かった10℃自然日長区との開花期の差は4か月以上に及んだ。

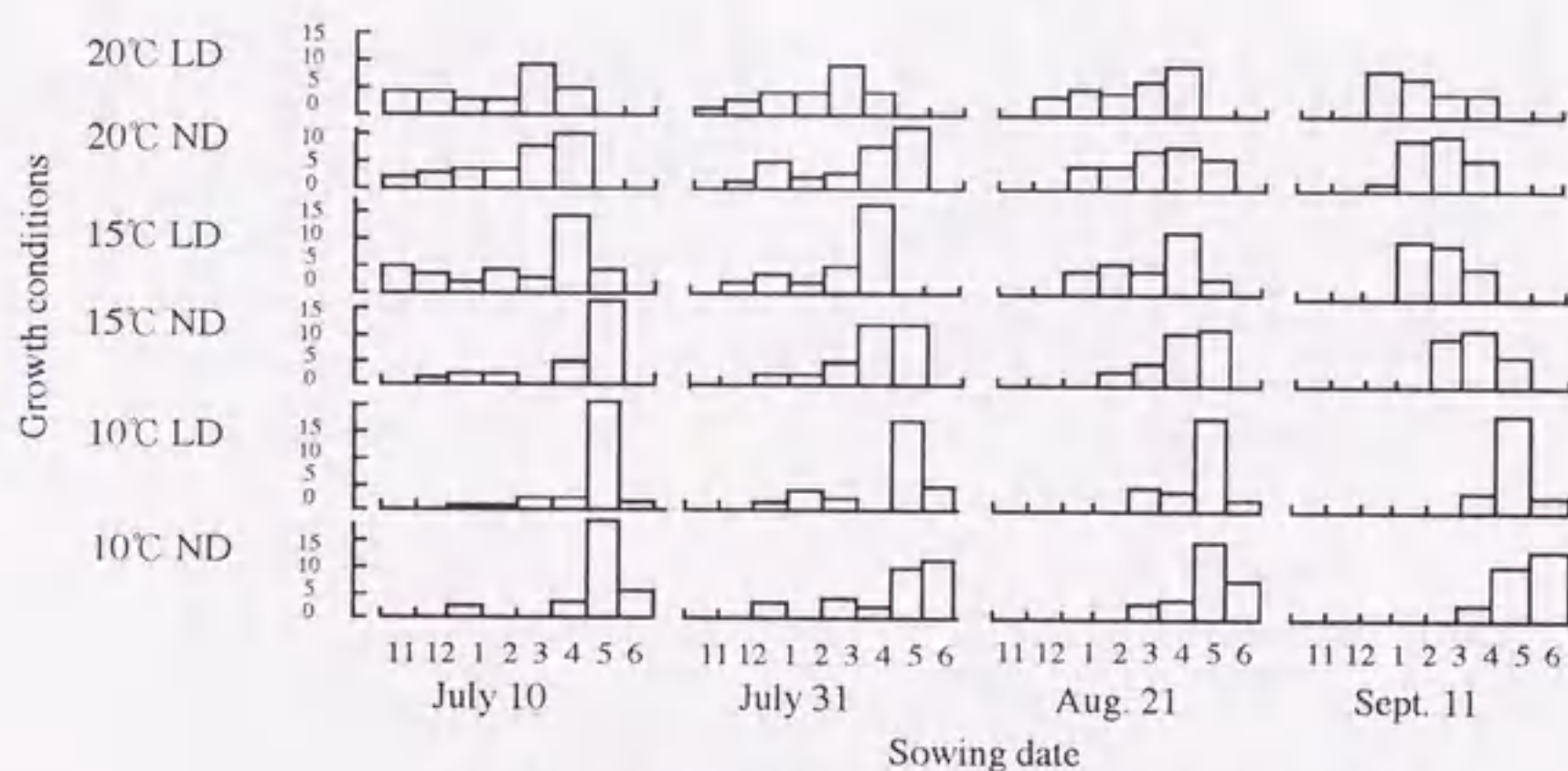


Fig. 51. Effects of sowing date, temperature and daylength on flowering time of *Eustoma grandiflorum* cv. Wakamurasaki. LD: Night break of 4 hr, ND: Natural daylength.

7月10日と9月11日播種の定植後の到花日数と切り花形状の違いを第52図に示した。7月10日に播種した株は、両日長区とも栽培温度が低いほど開花時の草丈が長く、最低気温20℃の自然日長区と長日区はそれぞれ43.7cm、43.8cmであり、最低気温10℃のそれは63.9cmおよび53.7cmであった。節数は栽培温度が低い区で多く、また、長日区は自然日長区に比べて節

数が少なく、20℃長日区は18節で、10℃自然日長区は23.8節で開花した。全節数のうち、10～13節が節間伸長しなかったロゼット状の節数であった。

9月11日播種区の到花日数は7月10日播種区に比べて著しく短かった。20℃長日区は草丈50.9cm、節数12.7で、10℃自然日長区は草丈81.4cm、節数19.8で開花し、栽培温度と日長による生育差は7月10日播種区よりも大きかった。

ロゼット化しなかった株は主茎が抽だいしたが、ロゼット化した株のなかには、主茎が抽だいせずに地際部に発生した側枝が1～数本抽だいした株が含まれた。7月10日播種区の株当たりの開花茎数は、栽培温度が低いほど多く、10℃では2.0～2.2本、20℃では1.3～1.4本であった。9月11日播種区は、大部分の株がロゼット化することなく主茎が抽だいしたため、株当たりの開花茎数は1本であった（データ省略）。

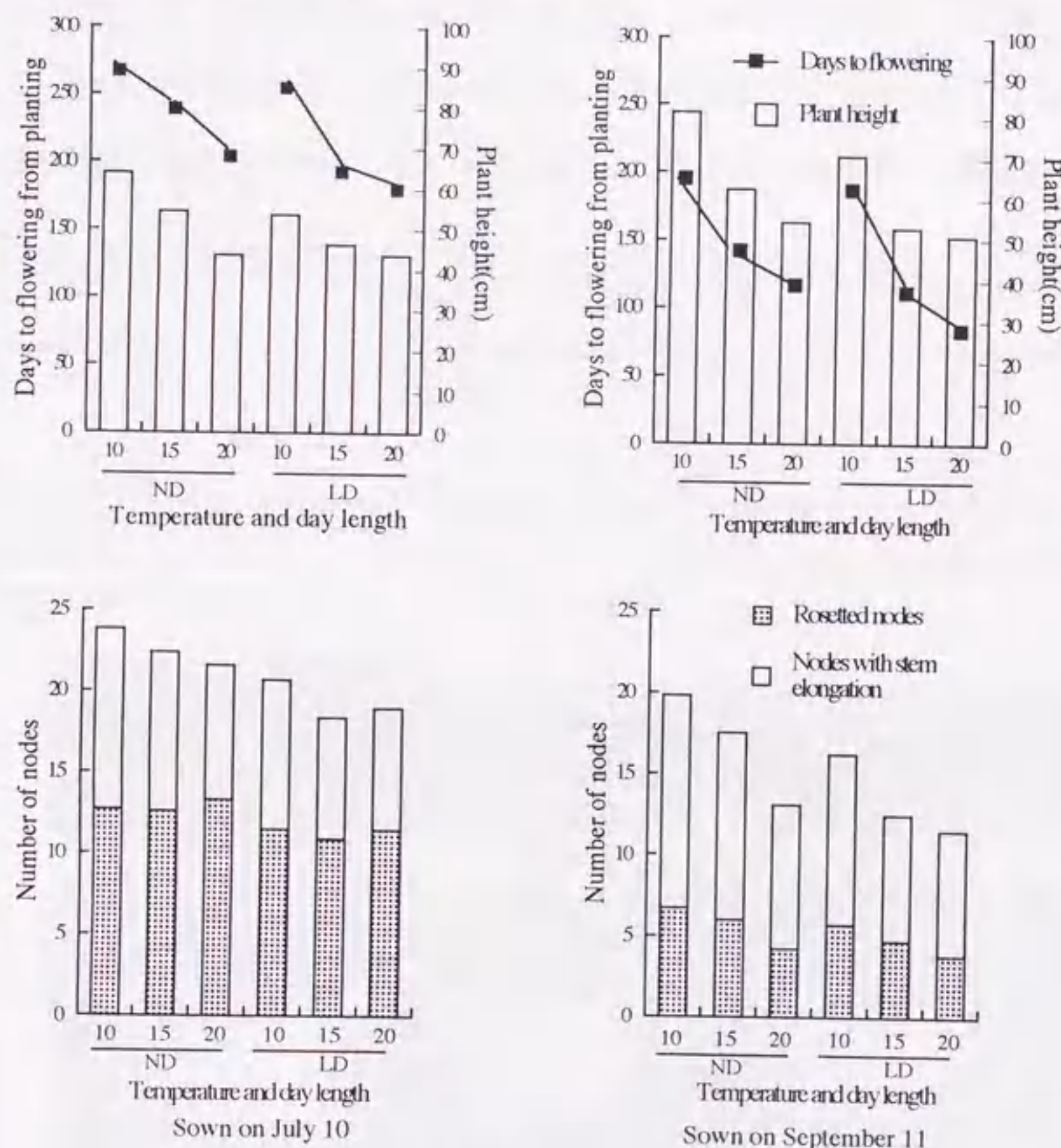


Fig. 52. Effects of growing temperature and day length on Growth and flowering of early flowering *Eustoma grandiflorum* cv. Wakamurasaki sown in summer and autumn.

実験3 育苗温度が抽だいに及ぼす影響

実験方法

‘翠盃’を9月30日に37mm角の連続ポットに播種した。播種後ただちに最低気温/換気温度を25/35℃（以下25/35℃と表記する）、20/30℃、15/30℃および10/30℃に設定したガラス室に搬入し、自然日長下で育苗、栽培を行った。本葉が6枚展開したときに18cm径のポットに2株ずつ定植した。播種後20週間目に1区30株について抽だい状況を調査した。

結 果

25/35℃区は87.5%がロゼット化し、抽だいたした株はなかった（第25表）。完全なロゼットではないが、基部に多数のロゼット葉を展開した後抽だいする株が認められたため、これを半ロゼットとした（第53図）。25/35℃区では12.5%が半ロゼット状態であった。20/30℃区では55.0%が抽だいし、ロゼット株は17.5%であった。15/30℃および10/30℃で育苗、栽培を行った区はロゼット化することなく、第3ないし第4節目から節間伸長した。

Table 25. Effects of temperatures on bolting of seedlings of *Eustoma grandiflorum* cv. Suihai.

Temperatures night/day (°C)	Bolting (%)	Semirosetted (%)	Rosetted [*] (%)
25/35	0.0	12.5	87.5
20/30	55.0	27.5	17.5
15/30	100.0	0.0	0.0
10/30	100.0	0.0	0.0

Data recorded 12 weeks from sowing.

^{*} Rosetted: No visible stem elongation, Semirosetted: stem elongation with a basal cluster of leaves

Bolting: stem elongation with 2 or 3 basal rosetted leaves.

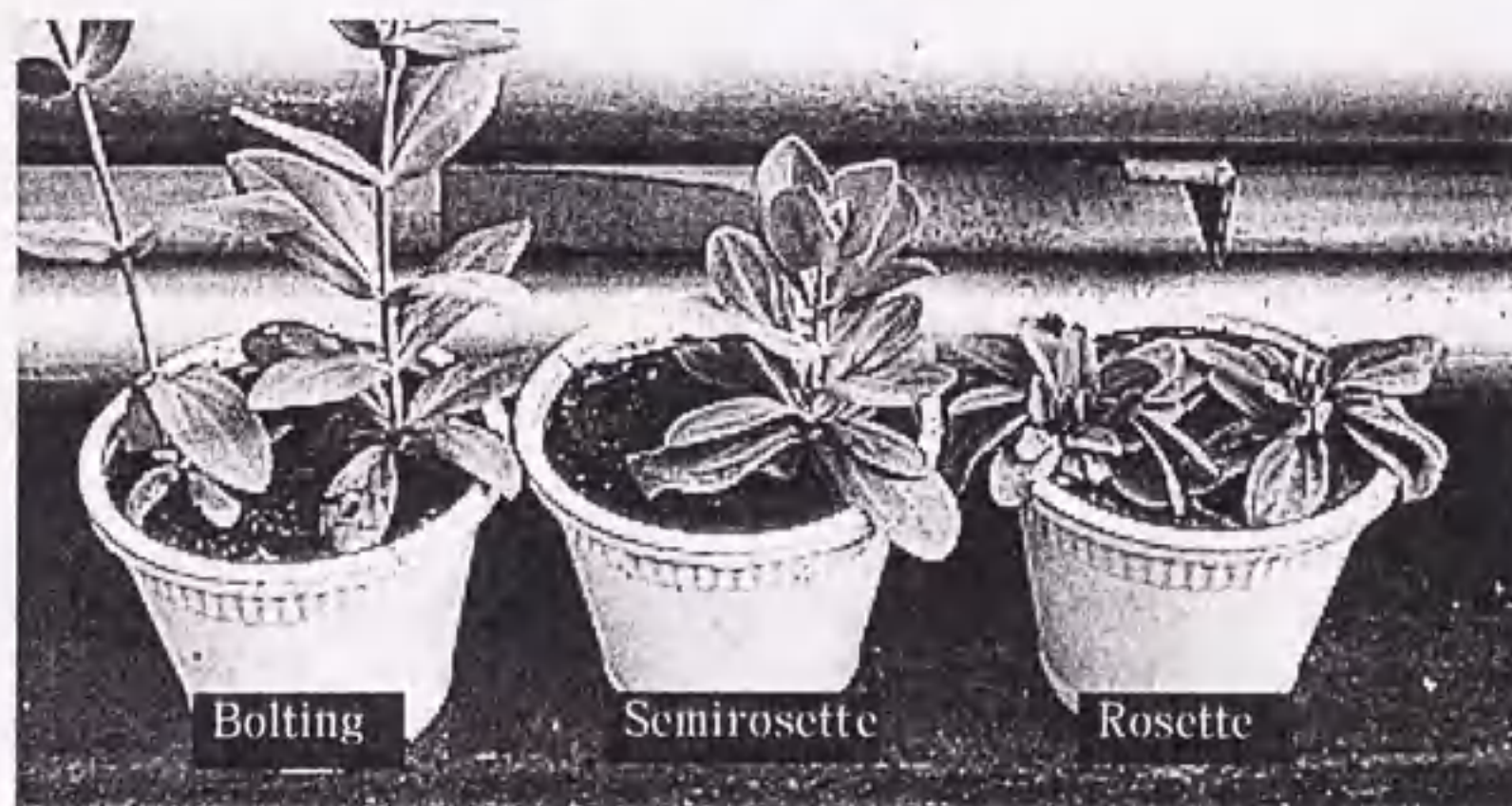


Fig. 53. Growth patterns of *Eustoma* seedlings exposed to high temperatures

実験4 播種後の高温遭遇期間がロゼット化に及ぼす影響

トルコギキョウは最も節間伸長が促進される条件で栽培した場合には品種にもよるが、播種後6~7週間目に第3ないし第4節位から伸長を開始する。このことはロゼット化するかどうかがこの苗齢に達するまでの播種から幼苗期に決定されることを示している。そのため、播種後の高温遭遇時期とロゼット化の関係について調査した。

実験方法

‘翠盃’を供試し、3月1日に播種した。最低気温20℃、換気温度30℃に設定したガラス室で育苗した苗を、播種後2週間単位でガラス室内に設けた最低気温25℃、換気温度35℃に設定した小型ビニルハウスに移し高温処理を行った。処理区は播種直後から2週間単位で10週間目まで高温処理を行う区と、播種後0、2、4、6、8週間目からそれぞれ2週間高温処理する区を設けた。処理終了後はもとのガラス室に戻して栽培した。播種後8週間目から毎週1回抽だい率を調査し、開花日に草丈と節数を調査した。

結 果

高温処理時における苗の大きさは、播種後2週間が子葉展開期、4週間が第1節本葉展開初期、以下2週ごとに第2節本葉展開期、第3節本葉展開初期であり、10週間目には第4節本葉展開初期であった。

20/30℃で育苗、栽培した区は、播種後10~11週間目に100%抽だいした。高温処理期間が長いほどロゼット株が増加し、抽だい開始が遅れた。3月1日の播種日から7月5日まで25/35℃で育苗、栽培を行った区は、播種後15週間目の抽だい率は33%であった（第54図、第55図）。

播種後6週目までに遭遇する高温は、どの生育段階にある苗に対しても抽だいを妨げるように作用し、20/30℃区よりも抽だいが遅れた。これに対し、播種後6週間目から高温に移した区は最も抽だいが早かった。20/30℃で育苗した区の播種後6週間目の苗の大きさは展開節数2.0節、分化節数5.2節、株張り（長径2.5cm、短径1.5cm）であった。

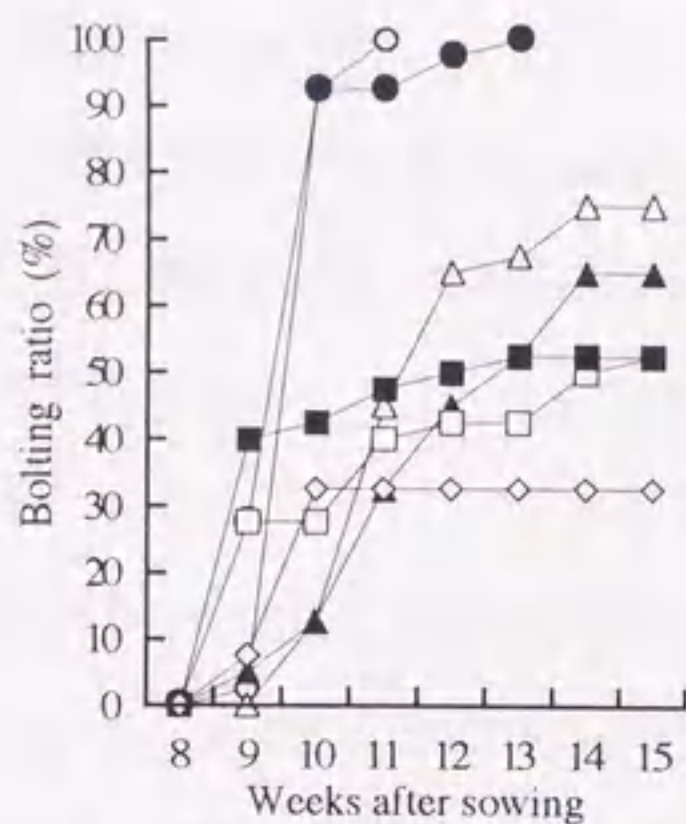


Fig. 54. Effects of durations of exposure to 25/35°C from sowing on bolting.

—○— 0w —▲— 6w —■— 10w
 —●— 2w —□— 8w —◇— 12w
 —△— 4w

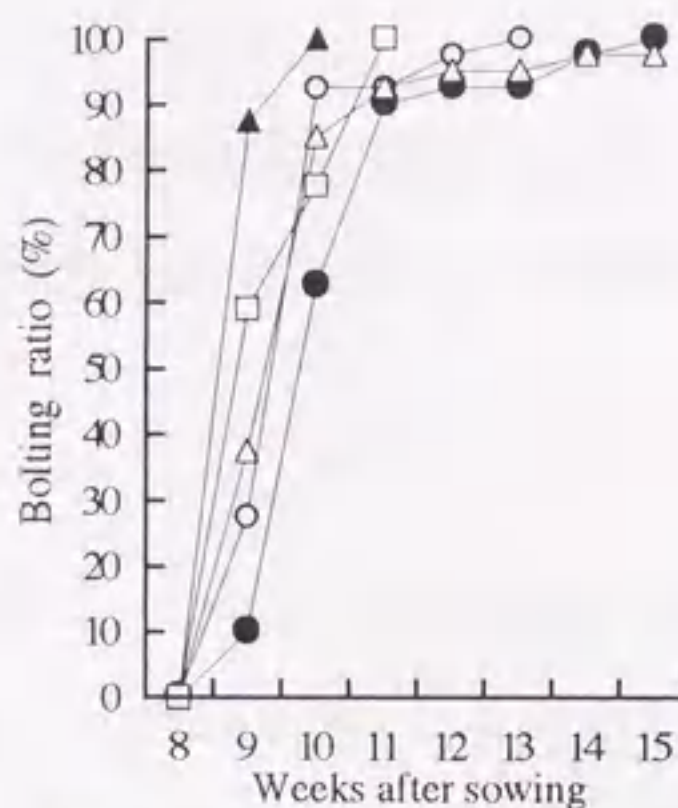


Fig. 55. Effects of 25/35°C temperatures of 2 weeks given at different time of growth of seedling development after sowing on bolting.

—○— 0-2w —▲— 6-8w
 —●— 2-4w —□— 8-10w
 —△— 4-6w

実験5 定植後の栽培温度が切り下株の側芽のロゼット化に及ぼす影響

実験方法

‘翠盃’を9月30日に播種し、最低気温20°Cのガラス室で育苗した。12月5日に18cm径のポットに定植した後、最低気温/換気温度を25/35°C、20/30°C、15/30°Cおよび10/30°Cに設定したガラス室に搬入し、長日条件（22時から4時間の暗期中断）で栽培した。25/35°C区と20/30°C区は、それぞれほぼ咲き揃った3月4日と4月26日に、株元に2~3節残して採花し、15/30°C区と10/30°C区は2~3輪開花した時に採花した。定植後25/35°C、20/30°Cで栽培した区については、採花後の温度を25/35°C、20/30°C、15/30°Cに変えて栽培した。

また、主茎の生育期間中の高温遭遇時期と切り下株の側芽の生育の関係を知るため、12月5日に定植した後、1月17日（草丈17.3cm、節数8.8）までの期間25/35°Cで栽培し、その後20/30°Cに移す区と、12月5日から2月4日（草丈12.2cm、節数8.4）まで20/30°Cで栽培し、

その後25/35℃に移す区を設けた。そして、栽培温度を変更した時に、花芽の形成状態を実体顕微鏡で観察した。

一番花を切り花した後、切り下株に生じる側芽の生育状態を調査した。1株のなかに、抽だいた側芽とロゼット化した側芽が混在したときは0.5株として扱い、全個体に占めるロゼット株率を求めた。

結 果

12月5日に定植した株は、いずれの栽培温度区ともロゼット化することなく抽だいた。抽だいは、栽培温度が高いほど早かった。定植後、一番花を収穫するまで25/35℃で栽培した区は、一番花収穫後の栽培温度が25/35℃、20/30℃、15/30℃のいずれの場合も、切り下株に生じる側芽はロゼット化した(第26表、第56図)。

一番花を収穫するまでの栽培温度が20/30℃の区は、収穫後の栽培温度が切り下株の側芽の生育に影響し、側芽の抽だいた率は25/35℃区が77.8%、20/30℃区は60.0%であった。これに対し、15/30℃区はロゼット化せずに、すべての側芽が抽だいたした。

一番花を収穫するまでの栽培温度が15/30℃、10/30℃の場合には、切り下株の側芽は100%抽だいたした。

一番花の栽培温度を25/35℃から20/30℃に変更した1月17日、20/30℃から25/35℃に変更し

Table 26. Effects of temperatures on bolting of lateral buds of *Eustoma grandiflorum* cv. Suihai.

Temperatures(night/day℃)		
From planting to cutting flowers	After cutting flowers	Bolting ratio(%)
25/35	25/35	0.0
	20/30	0.0
	15/30	0.0
20/30	25/35	77.8
	20/30	60.0
	15/30	100.0
15/30	15/30	100.0
10/30	10/30	100.0

Cut flowers on March 4 (25/35℃), April 26 (20/30℃) and when the first flower and/or the third flower opened (15/30℃, 10/30℃). Data was taken on March 31(25/35℃) and June 14(others).



Fig. 56. Effect of temperature during main shoot development on growth of lateral shoots.

た2月4日には、ともに花芽が未分化の状態であった。

切り下株の側芽の抽だい率は、定植から開花までの栽培期間の前半に当たる12月5日から1月17日まで25/35℃の高温条件で栽培し、その後20/30℃に移した区が65.4%で、逆に12月5日から2月4日までを20/30℃で栽培し、その後開花までを25/35℃で栽培した区は63.3%で、両区に差はなかった(第27表)。

Table 27. Effects of the duration of exposure to high temperatures on bolting of lateral buds of *Eustoma grandiflorum* cv. Suihai.

Temperature regime		Plant size at changing temperatures		Bolting ratio(%)
Planting	Cutting flowers	No. of nodes	Height(cm)	
Dec. 5 === Jan. 17	----- Mar. 26	8.8	17.3	65.4
Dec. 5 ---- Feb. 4	=== Mar. 31	8.4	12.2	63.3

===25/35℃, --- 20/30℃.

考 察

平坦地の自然条件下においてロゼットになる時期は、6月から9月中旬頃に播種した場合であり、7月に播種した場合最も高率にロゼット化することが明らかになった。抽だい率の推移は、‘紫の峰’と‘紫の簪’を供試した吾妻・犬伏(8)の実験結果と類似していたが、本実験の供試品種の方が全体的に抽だい率が低く推移した。高温遭遇後の抽だい特性から、ロゼット性について品種分類を行った福田ら(35)が‘若紫’と‘福紫盃’は‘紫の峰’、‘紫の簪’よりもロゼット化しやすい品種にランクした分類の結果と一致した。

ロゼット化の主たる要因は育苗期の高温であり、育苗温度が最低気温20℃、最高気温30℃を越えるとロゼット化する株が発生し、最低気温25℃、最高気温35℃ではほとんどの株がロゼット化すると考えられた。これはわが国の関東以西の平坦地の夏季に相当する温度であり、そのため6～8月に播種すると育苗期の高温のため高率にロゼットが発生するものと思われる。

ロゼット化誘導の温度条件については大川ら(97)、Ohkawaら(98)、大川・内山(101)およびHarbaugh(40)の報告があり、大川はロゼット化が誘導されるかどうかの限界温度付近である昼温28～30℃、夜温20～23℃程度の温度域では温度以外の強光、短日、など

の環境要因がロゼット化を助長するとしている。

トルコギキョウが播種後最も早く抽だいする場合には、3ないし4節目の本葉から節間伸長を始めることから、ロゼット化するか抽だいするかはこの苗齢になる前にすでに決まっている。播種後2週間単位で高温（25/35℃）に遭遇させると、播種直後の2週間の高温処理でロゼットが発生し、その後高温条件に長くおかれるほどロゼット化率が増加する。しかし、高温がロゼット化の要因として強く影響するのは、本葉4枚展開期まで（20/30℃で播種後6週間、分化葉節数5.2節、株張り長径2.5cm、短径1.4cm）であり、その後の高温の影響の仕方はこの苗齢に達するまでの栽培温度によって異なる。すなわち、本葉4枚期以降に遭遇する高温は幼苗期を高温におかれた苗に対してはロゼット化を一層深めるが、涼温で育成された苗に対してはロゼット化としては作用しない。このように、トルコギキョウの実生では本葉4枚展開期が、ロゼット化と抽だいの発育相を分ける生態上重要な発育段階であるとみなすことができる。

大川ら（97）はこの点について人工気象室を用いて検討し、播種後5日間の高温（28/33℃）、すなわち播種後種子が吸水して胚が活動を開始してから発芽が始まるまでの期間も高温に感応して、子葉展開時まで高温下におくと50%以上がロゼット化することと、その後高温に遭遇する期間が長いほどロゼット化率が高くなることを認め、播種後平均気温25℃以下でかつ夜温20℃以下で栽培すると本葉4枚展開後は、高温は抽だいを促進するとしている。

本葉4枚が展開するまでの高温の影響は播種直後が最も大きい。この間、苗がどのステージにあっても高温は抽だいを抑制するように働くことが、本実験の結果から確かめられた。

吾妻（4）は多年草の休眠とロゼット問題に関して一連の研究を行い、トルコギキョウのロゼット化はキクで明らかにされているのと同様に、高温に遭遇して活性の低下した幼苗がその後の涼温、短日におかれることによって形態的なロゼット化が誘導されるとしている。しかし、本実験では播種直後から継続して高温で栽培された場合にロゼット化の程度が深く、生理的な活性の低下と形態的なロゼット化の誘導要因を区別することはできなかった。本実験の結果からは高温下で育苗された苗は、その後の環境条件に関係なくロゼット化し、むしろ高温はロゼット化を一層深めるように作用すると判断された。

トルコギキョウの発芽適温は25℃前後と高く(135)、発芽および発芽後の苗の生育が促進される温度条件で育苗するとロゼット化する。これはトルコギキョウでは発芽適温とロゼット誘導温度がきわめて近い、ないしは発芽適温そのものがロゼット誘導温度であると考えられるからで、自生地において5月に発芽した実生は、その頃の温度に感応してロゼット化するものと推測される。

切り下株の側芽の生育は、一番花の生育期間中の温度の影響を受け、涼温条件では、切り花後側芽は速やかに伸長するのに対して、高温条件(25/35℃)で栽培された場合にはロゼット化する。側芽のロゼット化が誘導される限界温度域で栽培した場合は、採花後の栽培温度がロゼット化に影響を与え、高温ほどロゼット化率が高くなる。以上から、切り下株の側芽が抽だいするか、あるいはロゼット化するかを規定する温度は、播種直後の実生苗の生育パターンを規定する温度とほぼ同じであろうと推察される。

トルコギキョウの開花時期を決める生態的要因はロゼットだけではなく、抽だい後の温度、日長条件による栄養生長量の変動であり、品種による反応の違いも非常に大きい。

早生系と晩生系品種を用いて、栽培温度と日長の影響を調べた塚田ら(136)の報告によると、最低気温10℃では到花日数、節数の差が小さく、20℃長日区では早生系の節数が15節に減少したが、晩生系は開花日は遅れるものの節数は10℃と差がないとした。しかし、塚田らの実験に使用された苗は、7、8月の高温期に播種されたものであり、調査結果に対してロゼット化の影響が懸念される。定植後の栽培温度に対する反応は、育苗期に苗が受けた高温の程度によって異なるため、環境条件と生育の関係は、育苗期と抽だい後の環境条件に対する反応を分けて考えなければならない。

実験2では高温の影響が小さいと考えられた9月11日に播種したが、いくぶんロゼットの生育を示す株が含まれたため、開花期と節数は平均値から標準偏差を引いた値がロゼット化しなかった株についての値であるとみなした。その結果、節数は20℃長日区が9.6節、10℃自然日長区が17.1節であり、塚田らが早生系の20℃長日区で示した節数15に比べて相当少ない。このことから、苗が高温の影響を受けていない場合、早生品種の到花日数、生育と栽培温度、日長の関係は本実験の結果により近いものと考えられる。

摘 要

開花の早晩性の異なる品種を用いて、自然条件下におけるロゼット誘導時期と開花期を調べた。次いで、高温期に播種した株の生育様相を秋冬季の栽培条件との関係で検討した。

さらに、一番花の生育期間中の温度と一番花収穫後の栽培温度が、切り下株の側芽の生育に及ぼす影響について検討した。

自然条件では、6月下旬～8月下旬の高温期に播種すると高率にロゼット化した。高温の影響が大きい時は株が完全にロゼット化した。小さい場合にはわずかに抽だいた後節間伸長を停止し、抽だいに対する高温の影響の仕方は連続的であった。

7月10日と9月11日に播種して温度と日長を変えて栽培すると、ロゼット化した株は栽培温度が高いほど多くのロゼット葉を展開し、遅れて抽だいた。9月11日に播種した区は、ほとんどロゼット化しなかった。

高温期に播種してロゼット化した株を最低気温10℃で栽培するとロゼットが打破され、春に抽だいを始めて5～6月に開花した。ロゼット化していない株は、定植後の温度、日長に鋭敏に反応し、高温、長日条件下で開花が促進された。極早生品種は最低気温20℃の長日条件下では、定植後80日程度で開花した。

切り下株に生じる側芽の生育は、一番花の栽培期間中の温度の影響を受け、実生がロゼット化を誘導される高温条件では切り下株の側芽も高率にロゼット化した。高温の影響は栽培期間を通して認められた。

第2項 ロゼット苗の生育、開花に及ぼす低温処理の影響

第1章で供試した多年草には種子春化される植物はなかったが、スターチス・シヌアータのように多年草でも種子春化される植物が報告されているため(10)，まず吸水種子の低温処理の影響について検討した。

実生と多年生世代の両方において高温感応して誘導されるトルコギキョウのロゼット化は越冬するための生理的適応とみなすことができ、多くの夏半期に生育する多年草と同じようにロゼット打破のために低温要求があると考えられる。これらの点を解明するために以下の

実験を行った。

実験1 種子の低温処理が生育に及ぼす影響

実験方法

‘若紫’を高温期の7月10日と、低温期に向かう9月10日に播種し、それぞれ1週間室温で催芽した後冷蔵庫に搬入して10℃、5週間の低温処理を行った。無処理区は低温処理区の播種日から5週間後に播種した。最低気温20℃に設定したガラス室で育苗、栽培を行い、生育を比較した。1区当たり30株ずつ供試した。

結 果

7月10日に播種した無処理区の開花率は27%と低く、他の株はロゼット化した。低温処理区は43%開花し、無処理区よりも開花率がやや高かった。開花した株の生育には差がなかった(第28表)。

9月10日に播種した実験では両区とも100%開花し、ともに定植後100~110日で開花した。生育は草丈が約60cm、節数13~14で両区に差はなかった。

吸水種子の低温処理は生育、開花には影響しなかったが、高温期に播種した場合には若干ロゼット化を回避するように作用した。

Fig.28. Effect of low temperature to imbibed seeds on flowering of *Eustoma grandiflorum* cv. Wakamurasaki

Sowing date	Cold treatment	Flowering ratio	Days ^z to flowering from planting	Plant height (cm)	No. of rosetted nodes	No. of nodes with stem elongation
Jul. 10	no	27	78	44.8	4.7	7.1
	yes	43	74	45.3	4.4	6.8
Sept. 11	no	100	112	59.3	4.3	9.2
	yes	100	110	58.2	4.1	9.6

Imbibed seeds for a week were treated for 5 weeks at 10℃.

Flowering date is the day when the first flower opened.

A greenhouse was kept at 20℃(minimum temperature).

^z PLants that did not rosette were recorded.

実験2 低温処理の温度がロゼット苗の生育に及ぼす影響

実験方法

6月23日に播種し6週間育苗した‘翠盃’の苗を、8月5日から9月4日までの30日間、2、5、10および15℃に設定した暗黒条件の冷蔵庫に搬入して低温処理を行った。低温処理は1区当たり98株ずつ育苗トレイの状態で行い、低温処理期間中毎週1回夕方冷蔵庫から取り出して日陰でかん水し、1～2時間後に再び冷蔵庫に戻した。低温処理終了後、日陰に4～5日間おき18cm径のポットに2株ずつ定植した。

低温処理中に枯死した苗および低温処理終了時には外観的に健全であったが定植後に枯死した株が発生したため、枯死苗の数を低温処理した苗数で除して枯死苗率を求めた。定植した苗数は5℃区の84株から15℃区の9株まで区によって異なった。無処理区として、8月5日に40株定植した。

9月16日からガラス室の温度を最低気温が20℃、換気温度が30℃になるように設定し、自然日長下で栽培した。

11月25日に生育状態を観察し、株の形状の違いからロゼット、伸長不良および抽だいを区別し、調査日に健全に生育していた株数からそれぞれの率を求めた。

結 果

2℃区は低温処理中に萎ちようする苗が多く、49.6%が枯死した。5℃区と10℃区の低温処理中の枯死苗率は、それぞれ14.3%、16.3%であったが、5℃区では植え付け後に当初の17.3%の苗が枯死した。15℃区は冷蔵庫内で苗が軟弱に徒長して最終的に90.8%の苗が枯死した（第29表）。

低温処理中に苗の状態を観察したところ、5℃区と10℃区では2節目の本葉がやや黄緑色を帯びて立ち上がり、その傾向は10℃区で著しかった。無処理区と2℃区の抽だい率にはほとんど差が認められず、5℃区ではロゼット株率は減少したが、節間伸長が不良な株は32.8%と多かった。抽だい率が最も高かったのは10℃区であり、95.9%の株が抽だいに至った。15℃区は大部分の苗が枯死したが、生存した6株のうち5株が抽だいた。

Table 29. Effect of different temperature treatments on bolting of rosetted seedlings of *Eustoma grandiflorum* cv. Suihai.

Temperatures (°C)	No. of dead seedlings ^z (%)		Total ^y	No. of plants (%)		
	During low temperature treatments	After planting		Rosetted	Semirosetted ^x	bolting ^w
Control	0 (0.0)	3 (7.5)	37	13 (35.1)	3 (8.1)	21 (56.8)
2	46 (46.9)	9 (9.2)	43	15 (34.9)	7 (16.3)	21 (48.8)
5	14 (14.3)	17 (17.3)	67	8 (11.9)	22 (32.8)	37 (55.3)
10	16 (16.3)	8 (8.2)	74	0 (0.0)	3 (4.1)	71 (95.9)
15	89 (90.8)	3 (3.1)	6	0 (0.0)	1 (16.7)	5 (83.3)

Sowing date : June 23.

Rosetted seedlings grown for six weeks after sowing were treated in cold storages for 30 days.

After the treatment, the seedlings were grown in a greenhouse kept at 20°C (minimum temperature) under natural day length.

^z Data were recorded after temperature treatments.

^y Number of grown plants on Nov. 25 when data were recorded.

^x Bolting after producing basal cluster of leaves.

^w Percentages of initial seedling population.

実験3 低温処理期間がロゼット苗の生育、開花に及ぼす影響

実験方法

7月10日に極早生品種の「若紫」を播種し、6週間育苗した。本葉が約4枚展開した苗を、8月21日から5℃と10℃に設定した暗黒条件の冷蔵庫に搬入し、2、3、4および5週間の低温処理を行った。低温処理を行った株数は1区68～98株であった。処理終了後、健全に生育している苗を選んで各区30株定植した。

定植後、暗期中断4時間とした長日条件のガラス室で栽培した。ガラス室は9月15日まで側窓を開放し、9月16日から最低気温が20℃、換気温度が30℃となるように設定した。無処理区は8月21日に定植して自然日長下で栽培した後、9月16日から処理した材料と同じ上記の条件で栽培した。

定植した苗については、10月19日から約1週間ごとに抽だい率を調べた。1月14日に調査を打ち切り、抽だい率、開花率および生育状況を調査した。

結 果

5℃区、10℃区ともに処理期間が4週間以上になると、10.7～19.7%の枯死苗が発生した(第30表)。10℃では低温処理3週間で抽だい率が100%に達したのに対し、5℃では73.3%

で4週間でも86.7%にとどまった。1月14日までに100%の開花率が得られた区は、10℃5週間区だけであった。

Table 30. Effects of low temperatures and durations on bolting and flowering of rosetted seedlings of *Eustoma grandiflorum* cv. Wakamurasaki.

Treatments ¹	Temp. (°C)	Durations (weeks)	No. of		Bolting ² (%)	Flowering ³ (%)	Days to ⁴ flowering (cm)	Plant height	No. of rosetted leaf pairs	No. of leaf pairs
			treated plants	dead plants (%)						
Control			0	0 (0.0)	45.0	25.0	107	43.8	5.4	11.8
5		2	96	0 (0.0)	43.3	33.3	91	39.6	4.8	11.0
		3	80	0 (0.0)	73.3	50.0	84	43.9	4.7	11.1
		4	76	15 (19.7)	86.7	70.0	92	43.4	4.3	10.4
		5	94	94 (100.0) ⁵	-	-	-	-	-	-
10		2	75	0 (0.0)	86.7	56.7	90	38.4	5.4	11.5
		3	98	0 (0.0)	100	96.7	87	48.0	5.3	11.5
		4	75	8 (10.7)	100	90.0	98	49.6	4.7	10.7
		5	68	12 (17.6)	100	100.0	79	60.0	4.3	11.0

Greenhouse was kept at 20°C and ventilated at 30°C under a long photoperiod (Supplementary light; 22:00-2:00)

¹ Sown on July 10, and temperature treatments were started six weeks later.

² Percentages of planting seedlings Jan. 14.

³ Ratios of flowering plants on Jan. 14. Flowering date is the day when the first flower opened.

⁴ Days after low temperature treatments.

⁵ Standard deviation.

⁶ All seedlings wilted because of trouble with the cooling system.

10℃の処理期間を0～5週間と変えて、抽だいを調べた結果を第57図に示した。2週間の低温処理でも無処理区に比べると抽だいが早く、処理期間が長いほど促進された。4週間区では処理後34日目の10月29日に抽だ率が76.7%になったが、それ以降の抽だり率の増加は緩慢であった。5週間区は各個体の抽だいの揃いがよく、低温処理後41日目の11月5日に100%抽だいたした。

低温処理終了後の到花に必要な日数は10℃5週間区が最も短く、開花時期の個体差も小さかった。草丈は4週間以内の区では40～

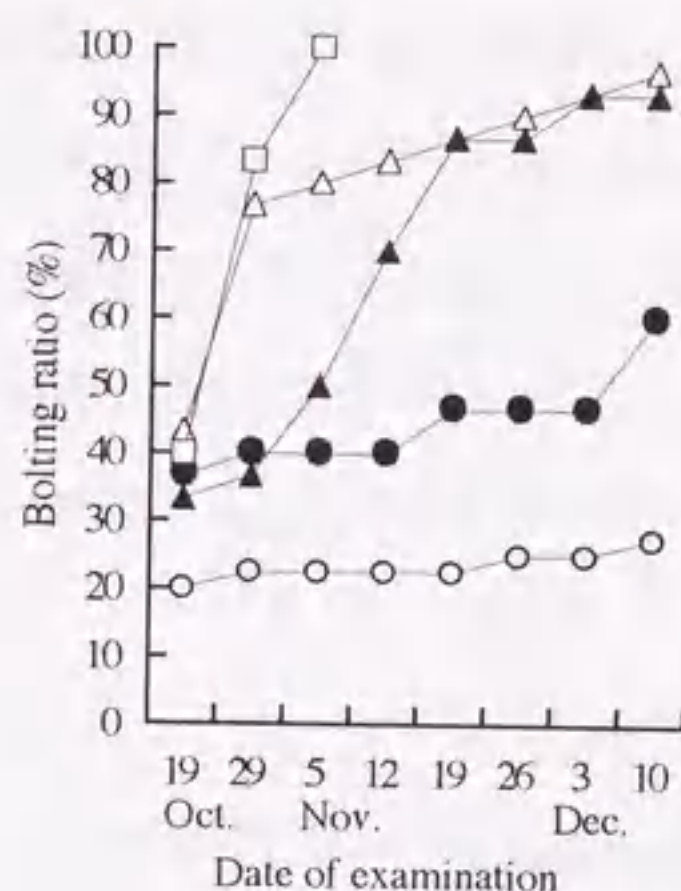


Fig. 57. Effects of durations of low temperature exposure (10°C) to cv. Wakamurasaki seedlings with four rosette leaves on bolting.

○ Cont. △ 3w □ 5w
● 2w ▲ 4w

Durations of low temperature exposure (weeks).

50cmであったが、10℃5週間区は60.0cmと長かった。ロゼット節数は低温処理期間が長い区で少なく、区内の個体差も小さかった。抽だいを開始した最初の節から第1花が着生した節までの節数は、6.0～6.7で差がなかった（データ省略）。

実験4 低温処理が苗齢の異なるロゼット苗の生育、開花に及ぼす影響

実験方法

晩生品種の‘フレッシュホワイト’を5月30日、6月13日、6月27日に連続ポリポットに播種した。5月30日と6月13日に播種した区については、ガラス室内の気温が苗のロゼット化を誘導するほど高くないと考えられたため、ガラス室に設けた最低気温25℃、換気温度35℃に設定した小型のビニルハウス内で6月27日まで育苗してロゼット化を促した。本葉が約4枚展開したときに、5月30日に播種した区は10.5cm径のポットに、6月13日に播種した区は6cm径のポットにそれぞれ移植し、6月27日に側窓を開放したガラス室内のベンチに移した。6月27日に播種した区はガラス室内で育苗し、移植を行わなかった。

8月8日から10℃に設定した冷蔵庫で、それぞれの齢の苗について、0、2、3、4、5および6週間の低温処理を行った。低温処理は5月30日に播種した区と6月13日に播種した区は移植したポットで、6月27日に播種した区は播種に用いたポットの状態で行い、低温処理後各区40株処理した中から20～30株を定植した。ガラス室は10月20日まで無加温とし、その後最低気温20℃、換気温度28℃に設定した。栽培時の日長条件は自然日長とした。

低温処理に用いた冷蔵庫内には植物体の上約30cmの高さに白色蛍光灯を取り付け、処理期間中連続して照明を行った。

結 果

播種後低温処理を開始するまでの育苗日数は、6、8、10週間であり、処理時の苗の大きさはそれぞれ本葉4、6、8枚、最上位の対生葉の葉端から葉端の長さは2.6、4.1、5.8cmであった。

実験2、3では4週間以上の低温処理によって苗の枯死が認められたが、処理中の苗に補光を行ったところ、処理期間を6週間と延長しても苗の枯死は認められなかった。

第58図に10℃で2～4週間低温処理した場合の抽だい速度を、齢の異なる苗について比較した。どの齢の苗も処理期間が長いほど抽だいが早く、抽だい率の推移には苗齢による差はなかった。2週間区は定植後15週間目の抽だい率は5～20%であった。

実験5 低温処理したロゼット苗の生育、開花に及ぼす栽培温度と日長の影響

実験方法

‘福紫盃’の自殖種子を6月16日に播種し、8月1日に6cm径のポットに1株ずつ移植した。9月13日にすべての葉がロゼット

状に生育していた本葉8枚の苗を200個体選び、5℃に設定した暗黒条件の冷蔵庫に入れ4週間の低温処理を行った。低温処理が終了した10月11日に健全な苗を定植し、最低気温を10、15および20℃に設定したガラス室（換気温度はいずれも30℃）に搬入して、それぞれの栽培温度について自然日長区と長日区（24時間日長）を設定して栽培した。1区当たり20株を供試した。

結 果

開花は20℃長日区が最も早く、処理後の到花日数は90日と、20℃自然日長区の175日と2倍近い差があった。10℃では両日長区とも開花までに200日以上要し、栽培温度が低いほど日長間の到花日数の差が小さかった（第31表）。

草丈は10℃長日区と20℃自然日長区が70cm以上で長く、15℃と20℃の長日区で短かった。節数は20℃長日区が14.4で最も少なく、20℃自然日長区と5.1節の差があった。15℃では長日区の節数18.1に対して自然日長区は27.2で、両者の差が大きかった。10℃では節数が

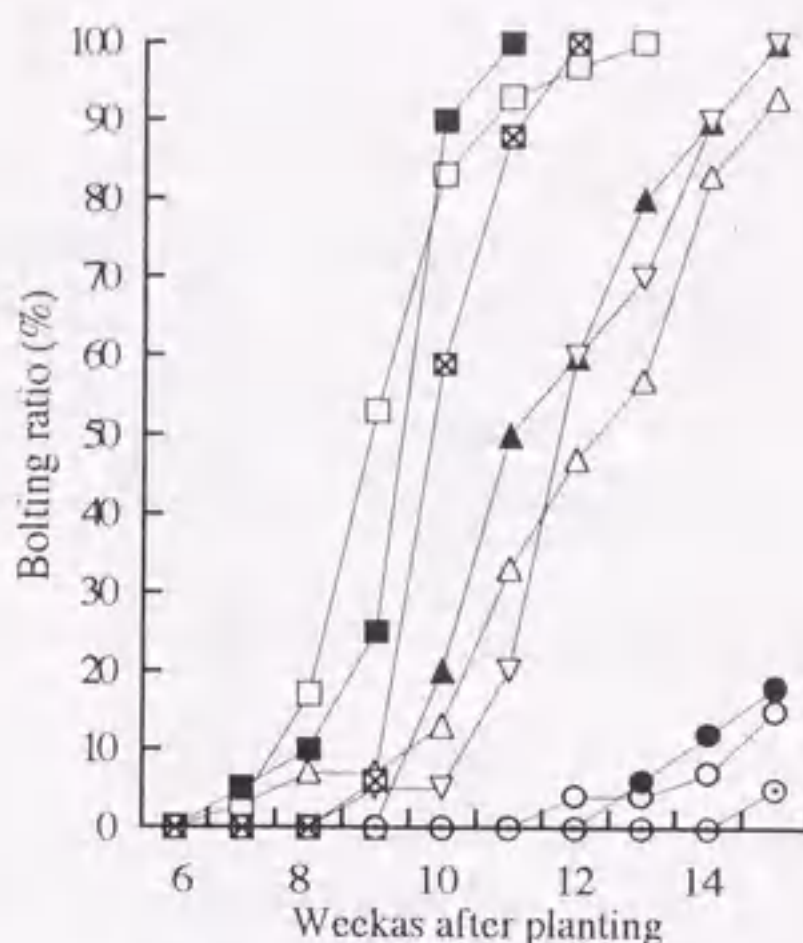


Fig. 58. Relations between seedling ages and durations of low temperature exposure (10℃) to rosetted cv. Fresh White seedlings.

○ 6-2w ● 8-2w ⊙ 10-2w
△ 6-3w ▲ 8-3w ▽ 10-3w
□ 6-4w ■ 8-4w ⊠ 10-4w

Seedling age (No. of leaf pairs)-Durations of low temperature exposure (weeks).

23.2～25.7節で、日長による差はほとんどなかった。

Table 31. Responses of rosetted seedlings of *Eustoma grandiflorum* cv. 'Fukushihai' under different growing conditions. The seedlings were exposed to 5°C for 4 weeks before transplanting.

Culture conditions		Flowering	Days ^x	Plant	No. of
Temperature ^z	Day length ^y (°C)	period (from) (to)	to flowering	height (cm)	leaf pairs to first flower
10	ND	May 25 - Jun. 1	228	61.8	25.7 ± 2.6 ^w
15	ND	Apr. 23 - May 10	204	58.9	27.2 ± 2.5
20	ND	Mar. 19 - Apr. 20	175	71.1	19.5 ± 2.9
10	LD	Apr. 20 - May 27	217	74.4	23.2 ± 3.3
15	LD	Mar. 7 - Apr. 20	168	53.5	18.1 ± 1.8
20	LD	Dec. 20 - Jan. 22	90	57.6	14.4 ± 1.6

Sowing date : June 16.

Low temperature treatments were started September 13; n = 20 plantlets per treatment.

Each greenhouse ventilated at 30°C.

^z Minimum temperatures at night.

^y LD : 24-hr day ; ND : natural day length.

^x Days after temperature treatments.

^w Standard deviation.

Flowering date is the day when the first flower opened.

考 察

トルコギキョウの実生は発芽後20°C以下の低温に遭遇しなくても開花し、えき芽の抽だい、開花にも低温を要しない。しかし、生育期間中に高温を受けるとロゼット化し、それが打破されるために低温が必要なことは本節の実験から明らかである。

ロゼット打破に必要な低温処理量は供試した「若紫」「フレッシュホワイト」では10°C、4～5週間であり、人工気象室を用いて調べたOhkawaら (103)、Pergola (106) の実験結果とほぼ一致する。Ohkawaら (103) は苗齢によって低温要求に差があり、本葉4枚の苗では15°Cが好適であるとしたが、本実験で冷蔵庫を利用した低温処理では処理中に枯死する苗が多く、低温処理の温度は10°Cが適すると思われた。この差は低温処理中の光強度に起因するものであり、15°Cでは弱光下で苗の徒長が起こりやすいためであると考えられる。一方、2°Cでは低温処理中に苗が障害を受けて枯死するケースが多く、生存した苗に対しても抽だいを促進する効果はほとんど認められない。

一般的にロゼット打破のための適温は10°C以下で0°Cに近いほど効果が大きいとされるが

(78), トルコギキョウのロゼット打破のための低温域が10~15℃と高く, かつ期間も4~5週間と短いのは, 本種が冬季温暖な地域に自生する植物であり(95, 100), ロゼット打破として作用する温度が自生地冬季の気温に近いためであると考えられる。

低温遭遇によって活性化された生長点の状態は, 正常に生活環を終了したとき, すなわち開花し種子が形成されたときや, 多巡植物では芽が休眠あるいはロゼット化したときに消去されてあらたな低温要求を示すとされる(77)。トルコギキョウでは高温に遭遇したときに抽だい, 開花する能力が失われ, 再び低温要求を示すようになるといえる。

しかし, 種子春化や緑植物春化として抽だいと開花に低温が影響する植物のなかには, トルコギキョウのように低温要求が高温によるロゼット化の結果として発現する植物は認められなかった。春化に有効な温度より高い温度で栽培された場合, 一年草では主として短日下で, 多年草ではダイアンサスで認められたように温度や日長に関係なく, 低温を感受できるある苗齢までロゼット状態になり, 低温要求の獲得に関して高温は影響しないと考えられた。高温によって誘導されるトルコギキョウのロゼットとその打破のための低温要求性は, 種子春化や緑植物春化に対する低温の効果とは生態的に異なり, 春に節間伸長を開始し秋から冬に地上部が枯死する宿根草に類似の生理現象ではないかと思われる。

冷蔵庫を使用した苗の低温処理は, 暗黒条件では3週間が処理の限界であったが, 低温処理中の苗に光を照射することによって生存率を顕著に高めることができた。第1章でも多種の草花苗の低温処理に補光が有効であることを明らかにしたが, この技術は緑葉をもった植物体の低温処理に際し広く適用できるのではないかと考えられる。ストックでは低温処理中の光が春化の効果を高める(143)とする報告がある。苗の生存に必要な光量と春化やロゼット打破として作用する低温域における呼吸, 光合成特性など, 低温処理期間中の補光が苗の生理状態に及ぼす影響についてはさらに検討を要する。

ロゼット打破に必要な低温処理を受けた苗は処理後41~49日で抽だいしたが, 低温処理期間が短かったり処理温度が不適切な場合はしばらくロゼット状態を維持し, 低温処理後茎基部に節間伸長を伴わない葉が増加して抽だいが遅延した。生育状態は完全にロゼット化が誘導されない程度的高温を受けた株のそれと類似した。

ロゼット化のしやすさには明確な品種間差があり‘フレッシュホワイト’は‘若紫’に比べてロゼット化しやすい品種にランクされる(35)。しかし、ロゼット化した苗のロゼット打破に要する低温量は 10°C 、5～6週間と両品種にほとんど差がなく、ロゼット打破に必要な低温処理期間には、ロゼット化のしやすさにおいて認められるほどの明確な品種間差はないものと思われる。

以上のことから、冷蔵庫を使用したロゼット苗の低温処理では、播種後約6週間育苗した本葉4枚展開期の苗を、育苗トレイの状態で補光した冷蔵庫内に搬入し、 10°C 5～6週間の低温処理を行うことによってロゼット打破が可能であると結論づけられる。

低温処理によってロゼット打破した苗の生育は、ロゼット化していない苗のそれと同様栽培温度と日長の影響を強く受けることは明らかであり、本実験の結果は、塚田らが報告したトルコギキョウの相対的長日開花性を支持した。

冬季の加温栽培において、‘若紫’、‘福紫盃’とも最低気温 10°C では開花はあまり促進されず、 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲では、‘福紫盃’に比べて‘若紫’の開花促進程度が大きい。しかし、到花日数が最短になる5月に播種した場合には、両品種の節数は7～8節と差がなく、花芽形成可能な最小の栄養生長量には品種の早晩性による差は小さい。

このことから、早晩性を異にする品種の生育差は、最低気温 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲で強く表現され、この温度域において日長反応も大きくなるものと推察される。

早生品種はより低温短日側まで花芽形成可能であり、環境による栄養生長量の変動が比較的小さいのに対して、晩生品種は低温短日になるにしたがって栄養生長量が急激に増加し花芽形成できなくなると考えられる。

トルコギキョウの育種は秋播きで初夏に開花させる作型で行われ、品種の早晩性はこの頃の開花時期の違いで決められている。この作型では抽だい開始が長日期であり、花芽分化可能な温度がいかなる品種であっても気温の上昇に伴って花芽形成する。秋播き栽培では開花の早晩性は品種選定の指標となり得るが、低温、短日期に花芽分化する作型では、品種、栽培条件によって開花期、生育量に著しい違いが生じる。したがって、冬季に開花させる栽培には高温と長日に対する要求性が強い晩生品種より、‘若紫’のような極早生品種が適して

いるといえるが、栽培温度と日長の影響についてはより多くの品種で検討する必要がある。

摘 要

吸水種子の低温処理は生育、開花には影響しなかったが、高温期に播種した場合には若干ロゼット化を回避するように作用した。

ロゼットが打破されるには低温が必要であり、平坦地の自然条件では12月上旬頃までの低温遭遇によって打破された。低温処理の適温は10℃と高く、2℃では低温による障害を受けた。低温処理の期間は5週間が適当であり、品種による低温要求性の差はほとんどなかった。

冷蔵庫を使用した苗の低温処理では処理中に苗が傷みやすいが、苗の品質維持のために低温処理中の補光の効果が高かった。

低温処理によってロゼット打破した苗は、ロゼット化していない苗と同じように定植後の温度条件によく反応し、高温、長日条件下で開花が促進された。

トルコギキョウでは節間伸長と花芽形成が別の要因で起こると考えられ、晩生品種はロゼットを打破することによって抽だいさせることは可能であったが、冬季最低気温15℃程度では葉分化を継続し花芽形成は誘導されなかった。晩生品種は花芽形成に対する高温と長日要求性が非常に強いと考えられ、冬季に開花させる栽培には適さなかった。

第3項 低温処理後の高温遭遇

トルコギキョウでは、本葉4枚展開期までに遭遇する高温はロゼット化として作用するが、涼温下でこの苗齢に達した苗に対して、高温は抽だいを促進し脱春化的な作用を示さないことを第1項で明らかにした。一方、Ohkawaら(103)は苗齢の異なるロゼット苗の打破に要する低温要求について検討し、若い苗ほど少ない低温量でロゼット打破が可能であるとしている。小苗で低温処理が可能であれば効率よく低温処理が可能であるが、低温処理した苗に対する高温の影響については明らかにされておらず、この点について検討する必要がある。

実験1 ロゼット打破した苗齢の異なる苗に対する高温の影響

実験方法

‘福紫盃’を5月27日、6月10日、6月28日、7月8日の4回に播種し、ロゼット化が誘導されるように播種日から4週間最低気温30℃に設定した小型のガラス室（日中の気温は最高40℃まで上昇した）で育苗した。高温処理終了後、側面を開放したビニルハウスで育苗した。7月22日に10℃に設定した冷蔵庫に搬入し、8月26日まで5週間低温処理を行った。低温処理期間中の苗には、実験9と同様に補光を行った。

低温処理後、上記の高温条件としたガラス室に戻して栽培し、抽だい状況を調査した。本葉が4枚展開したときに72穴の育苗トレイに移植し、その状態で調査終了まで栽培した。

結 果

低温処理開始時の苗は、本葉展開節数で2.4、1.8、1.1および子葉展開期であり、葉の大きさは第32表に示したとおりであった。

抽だい率は本葉2.4節展開苗では95.8%であったのに対して、1.8節苗では58.3%、1.1節苗では54.2%と低温処理時の苗齢が小さいほど抽だい率は低下し、子葉展開期の苗ではまったく抽だいしなかった。

Table 32. Effects of high temperature on bolting of seedlings broken rosettes by low temperature.

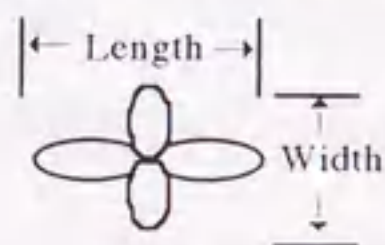
Seedling at low temperature treatment			Bolting ratio (%)
No. of leaf pairs	length(cm) ²	width(cm) ²	
2.4	3.5	2.1	95.8
1.8	2.1	1.6	58.3
1.1	1.6	0.9	54.2
0	0.4	0.1	0.0

Rosetted seedlings grown for 56, 42, 24 and 14 days from sowing respectively under high temperature(mini. 30℃) were exposed to chilling(5 weeks at 10℃) .

No. of bolted plants were counted after growth for 60 days under high temperature(mini. 30℃).

N.= 24 plantlets per treatment.

z



考 察

ロゼット打破に十分な低温処理を行った苗であっても、本葉4枚展開期に達していない苗では低温処理後の高温が低温の効果を打ち消すように作用することが明らかになった。高温の影響は苗齢が小さい苗ほど大きく、本葉が4枚展開期した苗では認められなかった。高温に対する感受性と苗齢の関係は、播種後中温で育苗された実生が高温の影響を受けなくなる時期と同じであると考えられた。

トルコギキョウは春化要求植物ではなく低温はロゼット打破だけのために作用するが、若齢苗において観察された低温処理後の高温による再ロゼット化は、春化植物の一部にみられる脱春化に類似の現象ではないかと考えられた。

低温の効果は処理後一定期間中温条件におかれることによって安定するとされる (108) が、トルコギキョウでは低温の効果が安定する期間が存在するのではなく、低温処理時にどの苗齢であっても、本葉4枚期に達することによって高温による打ち消し作用がなくなるものと推察される。

第4項 生育、開花に対するジベレリンの影響

実験1 ジベレリン処理がロゼット化した株の生育、開花に及ぼす影響

実験方法

7月10日に播種した「若紫」をガラス室で育苗し、本葉が4枚展開した8月24日に18cm径ポットに2株ずつ定植した。定植後2週間目、第3節の本葉が展開しロゼット化したことが確認された9月7日に、GA₃ 50ppm溶液を1回散布する区と定植日から2週間間隔で10回散布する区を設定し、無散布区と生育を比較した。1区30株ずつ供試し、最低気温15℃に設定したガラス室で栽培した。

結 果

無処理区はロゼット状態を長く継続して、2月から抽だいを始める株が多かった (第33表)。抽だいするまでに茎軸基部に多数のロゼット葉を展開し、開花の生育は草丈52.0cmで全節数22.4のうち13.9がロゼット状態の節であった。

GA₃50ppm溶液の茎葉散布によってロゼット株を伸長させることができたが、1回処理では第3ないし4節目から1~2節伸長した後高所ロゼットとなった。高所ロゼットから上位の節は無処理と似た生育を示し、223節で開花した。2週間間隔で散布した区は節間伸長を続け草丈101.4cmで開花したが、開花はわずかに促進されただけで節数は無処理区と差がなかった。

Table 33. Effect of GA₃ on growth of rosetted seedlings of *Eustoma grandiflorum* cv. Wakamurasaki.

Replications ²	Percentage of flowering plants till March (%)	Plant height (cm)	No. of rosetted nodes	No. of nodes with stem elongation
Cont.	26.7	52.0	13.9	8.5
1	20.0	53.2	12.3	10.0
10	73.3	101.4	4.3	19.4

Sowing date : July 10.

The greenhouse heated at 15°C ventilated at 30°C.

Flowering date is the day when the first flower opened.

GA₃ was applied at the concentration of 50ppm.

² Intervals of 2 weeks

考 察

シベレリンの茎葉散布はロゼット株の節間伸長に有効であったが、処理の効果は一次的なもので、株の内生的な状態を変化させることはできなかった。継続して処理すると節間伸長を継続させることができるが、最低気温15°Cでは‘福紫盃’の花芽形成を誘導することはできないと考えられた。しかし、実験12から明らかなように‘福紫盃’はロゼット打破した苗であっても最低気温15°Cでは葉分化を続け花芽分化が遅れることから、ロゼット化していない株あるいはロゼット打破した株の花芽形成が誘導される温度条件においてジベレリンの影響を検討する必要があると思われる。

摘 要

低温処理後の高温の影響は苗齢によって異なり、本葉4枚展開期より小さい苗を低温処理した場合には高温が低温の効果を打ち消すように作用し、春化植物の一部にみられる脱春化に類似の現象が認められた。高温の影響は苗齢が小さい苗ほど大きく、子葉展開期の苗では、低温処理後の高温によって100%ロゼット化した。

GA₃50ppm溶液の茎葉散布はロゼット化した株の節間伸長を促したが、節間伸長を継続するのは与えたジベレリンが効いている約2週間であり、効果が切れると高所ロゼットになった。継続して処理すると茎軸の伸長が続くが、最低気温15℃では‘福紫盃’の花芽形成を誘導する効果はなかった。

第3章 総合考察および結論

1 自生地気象条件と開花生態

植物は熱帯から寒帯にまで生育し、それぞれの自生地の気候、土壌など環境条件に適応しながら種を維持し、また進化しながら分布を拡大している。顕花植物では有性生殖によって、遺伝的な変異を保ちつつ、種の維持が図られている。野生植物から改良された園芸植物である花卉は、原産地が広い範囲にわたるため生育開花特性は種により多様である。

そのなかで、本実験で開花生態を検討した秋播き一年草および種子繁殖性多年草の原産地を調べると第59図のようにプロットされる。植物全体でみると多年生植物が大半を占め、秋播き一年草は夏に乾燥する地中海性気候型に適応した特殊な生態をもつ植物群であるとみなされている。

自生地における生活環は種を維持していくために獲得した環境への生態的な適応の結果であると考えられ、塚本は主要な一年草の原産地をまとめ(141)、気候条件と生育、開花生態について紹介している(140)。しかし、秋播き一年草および多年草については、主要品目で開花生態が解明されているが、生産量が少ない種類については開花生態そのものが未解明であるため、種間の関連性、自生地気象条件と開花生態の関係等については系統立てた考え方は今のところ示されていない。

本実験で供試した植物はアンチューサ・カペンシスを除き北半球の温帯およびそれに準じた地方が原産で、地域としてはヨーロッパ中部、地中海沿岸ヨーロッパ側、同アフリカ側、北アメリカ、日本、中国、シベリアが含まれる。気候区としては地中海気候区と大陸東岸および西岸気候区が主であり、種数では地中海沿岸が原産の植物が圧倒的に多い。

植物の生活環において、種子形成やロゼット形成は本来、自生地における不良環境を克服するための形態的な適応であり、開花についても種を維持するために適した時期に起こると考えるのが妥当である。したがって、これらの形態形成を決定する要因は、自生地における環境との関係が密接であると考えべきであり、生育に不適当な時期は、冬季比較的温暖で夏に乾燥する地中海気候区においては夏、冬季寒冷となる大陸東岸および西岸気候区においては冬と異なるが、この点に関して従来あまり関心が払われてこなかった。

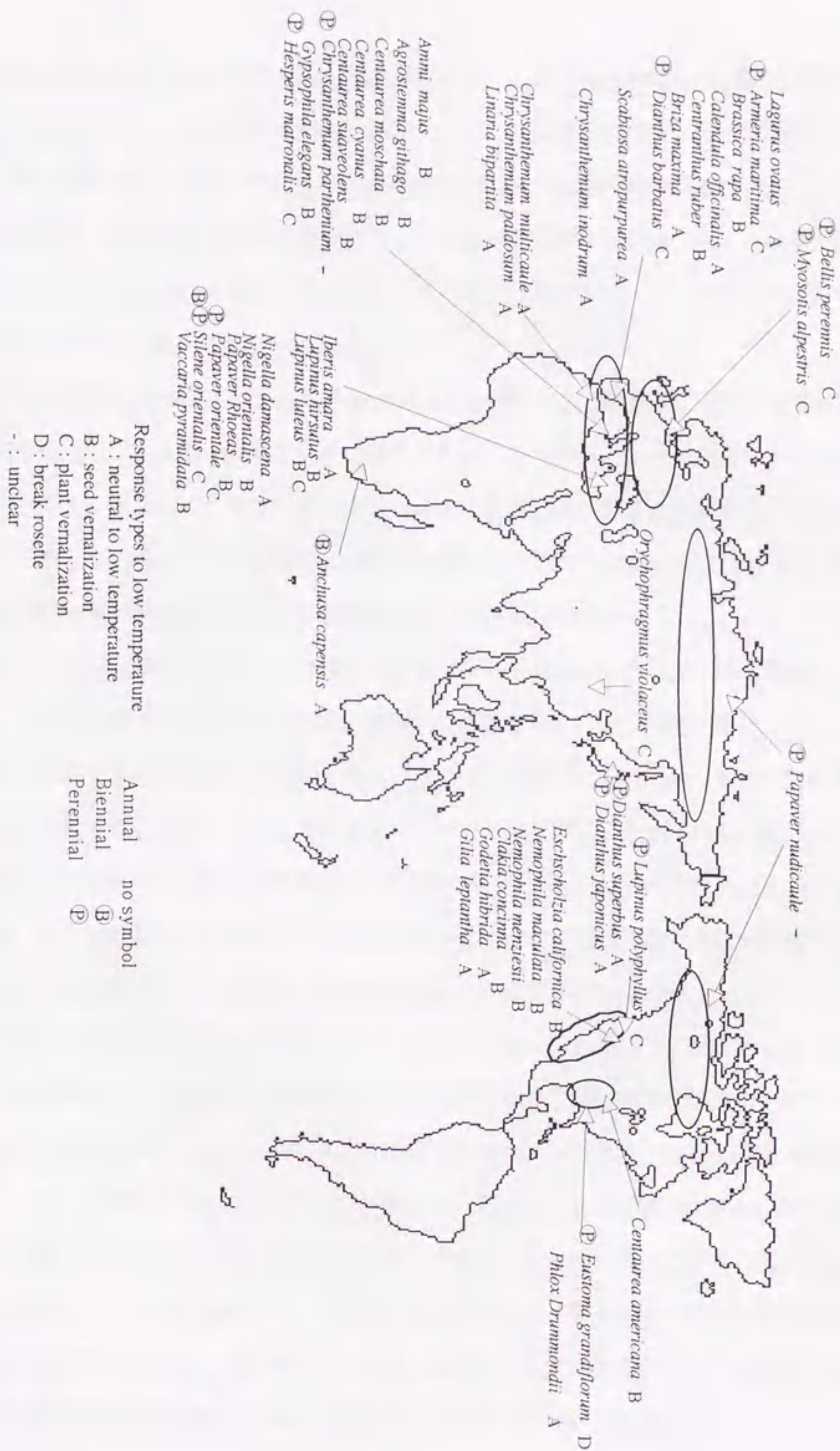


Fig. 59. Relations between distribution and flowering habitat of tested plants.

秋播き一年草には地中海気候区原産の種が多く、これらの植物は自生状態では秋に発芽して冬季節間が詰まった状態で越冬し、気温の上昇、日長時間の増大に伴って抽だい、開花する。夏までに結実して種子で高温、乾燥期を経過するため植物体が高温を受けることはない。したがって、高温が株の生理状態に作用して抽だいを抑制する要因になるとは考えにくく、カスミソウで明らかにしたように秋播き一年草では日長がロゼット、抽だいを規定する主たる要因となっているのではないかと推察される。

冬から春にかけて気温が上昇する前に開花する植物では、低温の効果が春化であるのか花芽形成の適温であるのか判然としない場合がある(47, 73)。クリサンセマム・ムルチコーレとクリサンセマム・バルドスム、キンセンカは低温処理が開花に影響せず、気温の低い時期から開花を始めたことから低温下で花芽形成が進む植物であると考えたが、6月に播種しても開花し低温が花芽形成を誘導する植物であるとは断定できなかった。

同じ地中海気候区の秋播き一年草の中にも、花芽形成に低温を必要とする植物としない植物、低温が春化として作用する植物と花芽分化適温と考えられる植物があり、ストックのように(28)その区別が難しい植物もある。このような違いは、自生地の冬季の気温と関連があるものと推察され、クリサンセマム・ムルチコーレとクリサンセマム・バルドスムの原産地はアルジェリアで、地中海気候区のなかでも冬期の平均気温が10℃を上回る温暖な地域である(72)。低温が必要ではない、あるいは低温域が花芽分化適温である植物は、明確な春化要求を示す植物より冬季温暖な地域を原産地とする植物ではないかと考えられる。

次に、地中海性気候区原産の宿根草であるが、これらは冬半期が主たる生育期であり、冬季に緑葉を保ち、大陸東岸、西岸気候区原産の宿根草のように明確な休眠期をもたない。本実験で緑植物春化であることを明らかにしたミカドナデシコおよびこの気候区原産のヒゲナデシコでは、高温はロゼット化の要因ではなく、種子から栽培を始めた場合には一定の苗齢になるまでロゼットとなる。低温処理によって開花しても開花後に発生する側枝は温度条件に関係なくロゼット状態になり、その開花には新たな春化要求を示す。地中海性気候区原産の多年草は一年草同様、高温がロゼット化の要因になるとは考えにくく、高温は春化状態の喪失に、低温は春化状態の獲得として作用するのではないかと考えられる。

小西はキク、シュツコンカスミソウなどの宿根草における休眠、ロゼットの現象を内生的な生長活性の問題として捉え、高温遭遇によって生長活性が低下し、低温によって活性が高まるとしている(77, 78)。生長活性が高い場合はより低温、短日下で節間伸長や開花が可能になる。夏の高温が、秋に訪れる温度的には生育に好適な季節に、次代のシュートを節間伸長させないようにするための生理的適応と考えることができる。

トルコギキョウは実生世代だけでなく、多年草としての世代にも高温に反応してロゼットが誘導されることは本実験から明らかになったが、これは上記の宿根草に類似した特性であると考えられる。生理的状态の変動の大きさは、栽培される場所の温度周期の振幅に関連があり、振幅が大きいほど生理状態の変化も大きくなるのではないかと推察される。高温遭遇が多いとロゼットが深くなり打破に要する低温量が多く、逆に高温遭遇が少ないと打破に要する低温も少なくなる。そして、高温に遭遇しなければロゼット化することなく、下位に形成されるシュートはロゼット状態にならずに抽だいを継続するものと考えられる。

栽培温度が次代のシュートの生育に影響し、ロゼット化の程度や休眠の深さを規定する現象は、キクやシュツコンカスミソウなど宿根草だけでなく、テッポウユリ(146)、カノコユリ(93)などでも報告され、高温と低温がロゼットおよび休眠とその打破を規定するのは大陸東岸および西岸気候区原産の多年草に広く認められる生理現象ではないかと考えられる。この点が、ロゼット化に関し、高温がその誘導要因とならないヒゲナデシコなど地中海性気候区原産の低温要求をもつ多年草との開花生態上の大きな相違点であると考えられる。

2 秋播き一年草の開花生態の類型化

田口(122)は蔬菜類の抽だいに對する温度と日長の作用性から越冬一年生植物型(ダイコン、ハクサイ)、二年生植物型(カンラン、タマネギ)、一年生長日植物型(ホウレンソウ)、一年生中性植物型(レタス)の4つのタイプに分けている。本実験で供試した植物にはこれのすべてのタイプが含まれ、本章ではこれ以外に種子繁殖性の多年草も加えて分類を試みた。

自生環境と開花生態との関連性を念頭におき、供試植物の開花生態をロゼット、抽だい、

花芽形成などの発育相とこれを規定する要因に基づいて分類すると以下のように整理することができた。

1) 開花に低温を必要としない植物

- ① 播種後節間伸長しない状態で生育し、環境の影響をあまり受けずに一定の栄養生長期を経た後抽だいし開花する。
- ② 播種後低温短日下では節間伸長しない状態で生育し、1、主として長日が開花に対して促進的に作用する、2、主として高温が開花に対して促進的に作用する。

2) 低温遭遇によって開花が促進される植物

- (1) 発芽中の種子、苗ともに低温に反応し、開花が促進される。冬季の節間の短縮は主として短日によって誘導される。
- ③ 長日の開花促進効果が非常に大きく、長日が開花に必要な低温を完全に代替する。
- ④ 低温遭遇後の長日が開花を促進するが、長日による低温の完全な代替は認められない。
- (2) 開花に低温が必要であり、株が一定の大きさに生長した段階で低温に反応する。
- ⑤ 低温遭遇後は長日が開花をやや促進する。

発芽後環境条件にあまり影響されずに一定期間栄養生長する。低温に反応するのは低温感応可能な齢に達している苗条部分だけで、これより若い苗条は低温に反応せず、処理後に形成されるえき芽も春化された状態にはない。低温遭遇後は長日が開花を促進する。開花のためには栄養生長→低温のサイクルを必要とする。

3) 花成に低温を必要としない植物

- ⑥ 抽だい、開花とロゼットのサイクルが植物体の高温遭遇と低温遭遇によって決まる。高温遭遇した株およびそれに形成されるえき芽が伸長生長しにくい生理状態になり、ロゼットが誘導される。ロゼット化した株が伸長生長するために低温遭遇が必要であるが、花芽形成そのものには低温を必要としない。高温に遭遇しなければ、下位節位に形成されるえき芽は節間伸長を繰り返す。ロゼット化していない株およびロゼット打破された株は長日条件下で開花が促進される。

本実験では供試しなかったが、開花生態が明らかにされている主な秋播き花卉をこの分類に当てはめると②のグループとして一年草ではベニバナ (109) , 多年草ではキンギョソウ (13, 80) , ユウギリソウ (36, 161) , スカビオサ・コーカシカ (131, 132) など, ③のグループとしてスイートピー (27, 43, 44, 91) , ラークスパー (23, 25, 29) など, ⑤のグループとしてカンパニュラ・メデイウム (55, 59, 65) など, ⑥としてはデルフィニウム (61, 62, 63, 64) , マトリカリア (134) が該当すると考えられる。

播種後低温期を迎えるまでに花芽分化するアイスランドポピー (18) , ミヤマオダマキ (53) , セイヨウオダマキ (159) などの種子繁殖性の多年草では、低温は花芽の発達と花茎の伸長に作用すると考えられ、より広範に分類を行うためには、別の開花生態を示すタイプとして加える必要があるかもしれない。

上述の開花生態の違いを模式的に図示したものが第60図である。

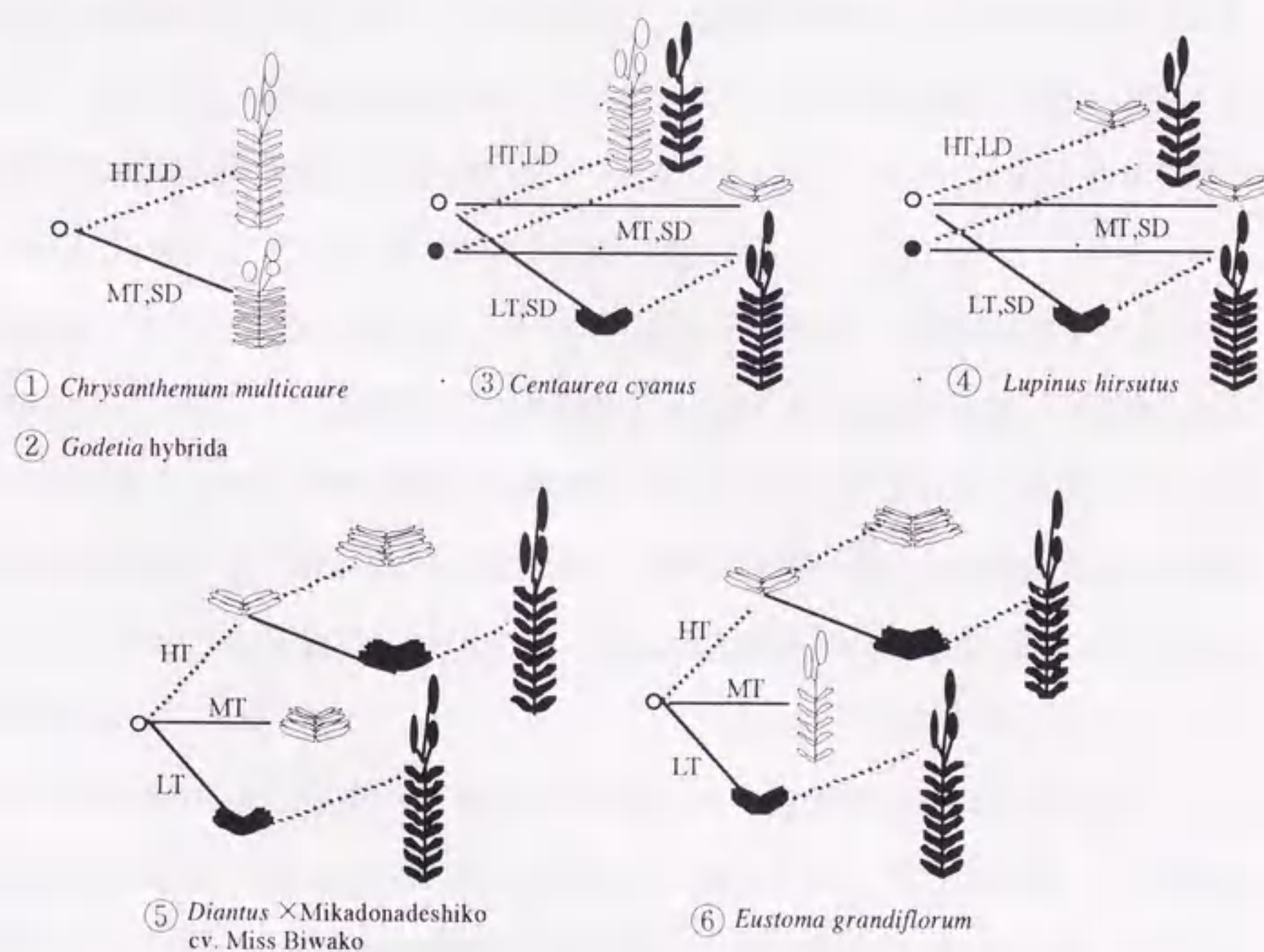


Fig. 60. Growth patterns of representative plants from each group.

○ Not exposed to low temp. ● Exposed to low temp.
HT: high temperature, MT: medium temperature, LT: low temperature,
LD: long day, SD: short day

いずれの種類も栄養生長期に低温を経過する栽培では、十分に栄養生長したあと開花するため草丈は長くなり、基本的には高温、長日によって開花が促進される。開花調節の実際にあたって考慮すべき特性を分類の根拠となった点に基づいて説明を加えると以下のようになる。

①のタイプは開花に先だって要求する条件がないため、周年いつの時期に播種してもある栄養生長期を経過したあと開花する。秋に播種したときに到花日数を多く要し、春に播種したときに到花日数が短縮される。平坦地の高温期には株の生存そのものが問題であるが、冷涼な環境を維持することができれば秋から開花する。

②のタイプの植物は秋播きでは到花日数を要するが、草丈は長くなる。長日処理によって容易に開花が促進される長日性の強いものと高温を要する温度依存性の強いものがある。感温相と感光相を明確に区別しにくい一年生植物では、播種直後から花芽形成誘導条件下におかれた場合、非常に短い栄養生長期を経過して花芽形成し、花芽形成誘導されない栄養生長期をもつ多年生植物のように栄養生長段階にとどめることが難しい。そのため、春から夏にかけての播種でも開花はするが、草丈が短く葉数が減少する。

③、④のタイプでは開花期の前進は、種子の低温処理あるいは一定期間栄養生長させたあと長日処理することによって達成される。低温処理と長日への依存度の大きさは植物によって異なり、低温処理の効果が高い種類は吸水種子、苗の低温処理によって、日長依存度の高い植物は長日処理によって促成栽培が可能である。生育の適温は低く、高温では開花が促進されすぎ切り花長が短く葉数が減少するため、栽培温度は最低気温10℃ないしそれ以下が適する種類が多い。

③のタイプの植物を春に播種すると短い草丈で開花し、②と同じような反応を示す。しかし、播種期が7月以降になると、短日のため節間伸長しなくなる点が②と異なる。抽だいには長日条件を与えることによって容易に誘導されるため、一定期間短日下で栄養生長させた株に長日処理することによって秋に開花させることができる。低温処理した種子、苗を定植することによっても秋季の開花は容易である。高温期に定植しても多くの植物には脱春化現象は

ないと考えられるが、温度が高いと開花が促進されすぎ品質の低下を招く。

栄養生長、低温反応、日長反応というように明確な発育相の変化がある⑤の緑植物春化の植物では、開花に先だって必ず低温遭遇が必要である。自然の低温に遭遇させる栽培では開花時期の前進が2～3か月であり、開花時期をより早めるには人為的な苗の低温処理が必要となる。冬季に播種した場合気温が上昇する前に株がある程度の大きさに達していれば開花するが、播種時期が遅くなると低温感受可能な苗齢になるまでに気温が上昇するため開花しない。苗の養成と低温処理を組み合わせることによって周年生産は可能である。

⑥のトルコギキョウでは低温が花芽形成に直接作用しない点が③とは異なり、長日による開花促進の程度は③ほど顕著ではないが、秋から春にかけて播種する栽培における生育様相は似ている。この間は播種時期が遅くなるにしたがって、播種後の到花日数、草丈が短くなる。夏以降の播種では、高温によってロゼットが誘導される結果開花しなくなる。いったんロゼット化した株のロゼット打破には低温を必要とする。夏に高温を与えないことでロゼット化を回避でき、秋から開花させることができる。株が高温に遭遇しないかぎり、切り下株の側枝は抽だいと開花を継続する。

3 春化と脱春化

春化は低温の後作用として花芽形成が誘導される現象と定義されているが、研究者によってその定義する範囲に差がある(139)。最初は種子繁殖性植物で使われたが、キク(111)やユリ類(93, 150)などにも範囲を広げて使用されている。春化を一年草だけでなく、多年草の実生世代から多年生世代にも当てはめたことにより、低温を受ける前段階で花芽が存在するか否かによって春化、休眠打破、ロゼット打破と使い分ける必要が生じている。

本実験で供試した植物のなかで、花芽形成に先だって必ず低温を必要としたのは種子春化植物の一部と緑植物春化の植物だけであった。

本実験の結果は、一年草(winter annual)は量的低温要求をもつ種子春化植物であり、二年草と多年草は質的低温要求をもつ緑植物春化植物であるとする見解(12)を強く支持したが、低温や日長の影響をあまり受けない植物や、低温には反応しないが長日によって開花が

著しく促進される植物の存在が解明され、より広範な開花生態を示す植物を含めた分類のなかで、耐寒性および半耐寒性草花における春化現象の位置づけを明確にできたと考える。

低温処理後の栽培温度によっては二年草のカンラン (89)、ハナヤサイ類 (32) でも種子春化の効果が認められるとする報告もあるが、単独では花芽形成の効果は微弱で、緑植物春化の補完的な作用が認められているにすぎない。本実験の結果も含め、今のところ多年草で種子春化が認められるのは、第1章でも述べたようにスターチス・シヌアータのみであるといえる。

苗でしか低温に反応しなかったムラサキハナナは、一年草の分布が少ない中国原産であり、これも例外的な開花生態をもつ植物であると考えられる。

トルコギキョウの場合、低温要求は花芽形成に関して植物が絶対的にもっている特性ではなく、自然条件で変化する温度と日長によって規定された結果、具体的には高温を受けた結果獲得した低温要求であるといえる。Pergola (106) はロゼット化した苗の開花促進に対する低温の効果を春化としたが、低温の作用性を花芽形成誘導の効果と区別する意味において、ロゼット打破のための低温要求を春化とするのは適切ではないと思われる。

同じ属の植物で一年草と二年草、多年草が存在する場合、一年草と二年草、多年草の間で開花生態に明確な差があり、本実験ではルピナス、パパベル属で両者を供試している。一年草であるカサバルピナス、キバナルピナス、ヒナゲシは種子の低温処理によって開花が促進されたのに対して、多年草であるラッセルルピナス、オリエンタルポピー、アイスランドポピーは種子の低温処理の効果が認められない。本実験でいずれか一方を供試した結果と既往の成果を含めて考察するとシレネ、ケンタウレアについてもそのことがいえる。一年草であるシレネ・アルメリア、一年生ケンタウレアは種子の低温処理の効果が認められるが、多年草であるシレネ・オリエンタリスは低温要求があり、春播きしなければ翌年開花しない多年草のオウゴンヤグルマソウも低温要求をもつものと思われる。

本実験では取り上げなかったが、比較的研究例の多いラクスパークとデルフィニウムの開花生態の違いもこの考え方で説明することができる。すなわち、ラクスパークは種子の低温処理によって開花促進されるが、長日条件で栽培した場合には開花に低温を必要としない

(23, 25, 26) . 一方、デルフィニウムはロゼット化しなければ抽だい、開花に低温を必要としないが、ロゼット化した場合にはその打破に低温を必要とする (63, 88) . また、*Mattiola incana*の二年生の原種から改良されたコモンストックは低温要求があるが、一年生の変種である *Mattiola incana* var. *annua* から育成されたテンウイーク系ストックは質的な低温要求がないとされ、両者の開花生態の違いも同様に説明される (2) .

完全な二年草は多くはなく、短命な多年草であることが多い。開花生態が明らかにされている代表的な二年草であるカンパニュラ・メディウムでは、低温反応可能な最小の栄養生長期間が育種的に短縮された結果、一年草化された品種も育成されている。一年草と二年草の違いは幼若期の長さの違いであるとされるが、二年草の定義については見直しも求められるとされる (102) . 幼若期は栽培環境によって変動する要素であるから、開花調節の観点からは上述のように低温処理あるいは長日処理などによる花芽形成誘導条件が与えられたときに、反応できない苗齢が存在するかどうかによって区別する方がよいと思われる。カンパニュラ・メディウムのように播種後1年以内に開花する品種が育成されたとしても、低温を感受できない幼苗期が存在することには変わらない。これと、第1章でAにランクした一年草の開花生態は異なり、開花調節の方法にも差があることからこの点に区別性を求めた方が実用場面での価値が高いと考えられる。

本研究で供試した植物は程度の差はあるが、ほとんどが長日植物である。長日による花芽形成の抑制が観察されたのは、低温に遭わせていないミカドナデシコとヒゲナデシコを長日下で栽培したときだけであり、この場合も低温遭遇後は長日が開花を促進した。また、カスミソウは長日下では低温に遭遇しなくても開花するが、低温処理した株ではより短い日長で抽だいし、低温処理したヤグルマギクでも冬季の自然日長下でよく伸長するが、8時間の短日とすると著しく節間伸長が劣る。

温度反応と日長反応が相互に依存することは既往の研究例から明らかであり、本研究を通じても多く事例が観察された。両者は相対的に変化する関係にあって、例えば夏の高温や冬の低温の程度などのある栽培地の絶対的な値が代入されたとき、それに対応して引き続いて生育できる温度や日長の範囲が決まり、春化やロゼット打破のための低温要求として発現

するのではないかと考えられる。

種子が登熟する過程の温度条件が形成された種子の生理状態、種子の休眠程度と種子の春化程度に影響することがいくつかの植物で報告されている。冬穀物、豆では成熟しつつある胚が低温によって春化され(12)、トルコギキョウでは受粉後登熟期間中の気温が低いと形成された種子がロゼット化しにくい(99)。種子が形成される過程の温度が、発芽後の生育可能な環境の範囲を規定していると考えると同じ理論で説明される。

拙だい、開花に低温要求性をもつ植物では花芽形成誘導に有効な低温の効果が引き続いて遭遇する高温によってその効果が低下したりあるいは完全に消失したりする場合があります。春化植物ではこれを脱春化と呼んでいる。Gregory and Purvisによって冬ライムギ(108)で報告され、ビート、ヒヨス、セルリ、ヒゲナデシコ、ケイランサスなど(12)、スターチス・シヌアータ(7)、テッポウユリ(83)でも脱春化が起こるとされる。

Purvisら(108)は春化過程に2つの段階、低温遭遇直後生理的に不安定で高温により脱春化が起こる段階と、中温の期間を経て安定する段階を想定している。スターチス・シヌアータは本葉が約10枚展開すると脱春化しなくなるが、シュッコンカスミソウ(21)では低温遭遇の安定化の段階は存在しないとされる。また、モモでは低温期間中に与えられた中温が休眠打破の効果を安定化させる働きをする(27)。

本研究では開花に対して低温の作用性が異なる数種を選んで、30℃以上で1週間以上の高温を与え低温の効果の消失について検討したが、カサバルピナスを除き吸水種子を低温処理したヤグルマギク、アグロステンマなどの一年草(種子春化)、低温処理した本葉約12枚展開期のミカドナデシコ(緑植物春化)など供試した植物には脱春化現象は認められなかった。植物による反応の違いが何に起因しているのかは今のところ明確ではないが、少なくとも正常な開花に必要な低温が与えられた低温要求植物において、脱春化が普遍的な現象ではないことは確かである。

トルコギキョウでは低温はロゼット打破として作用するが、本葉4枚に満たない若齢苗では低温処理後の高温が処理の効果を完全に打ち消す。低温の効果は処理後一定期間中温条件におかれることによって安定するとされるが(108)、トルコギキョウの場合には、本葉4枚

展開期を境にして高温の影響が認められなくなり、このような安定化のプロセスは存在しない。生理的な安定化が起こる過程においては、苗齢の進行が伴うのであるから、春化植物における脱春化現象においても、低温処理後の苗齢との関係が大きいものと考えられる。

4 基本的な栄養生長量

春化と同様にJuvenile phase (幼若相) という用語についても、研究者によってその概念に差がある。一つは花芽形成が起こり得る最小の栄養生長量であり、一つは花芽形成誘導条件に反応しない栄養生長期間である。一般には、木本植物などで花熟に至るまでの長さとして前者の意味で解釈されることが多いが、キクでは吸枝と挿し芽 (67, 147) あるいは実生と挿し芽した場合 (58) の、短日条件における花芽形成までの葉数の差を幼若性として評価している。

しかし、種子繁殖性で開花が環境の影響をあまり受けない植物や、種子春化される一年草では、花芽形成の誘導条件に反応しない栄養生長期は存在せず、これらの植物では、幼若相は播種後開花が最も促進される条件下で栽培されたときの最小の栄養生長量でしか評価できない。

ミカドナデシコとヒゲナデシコのような緑植物春化の場合は、低温感応可能な最小の苗齢と抽だい開始後開花するまでの栄養生長量の和がそれに当たる。

トルコギキョウでは栽培を開始する苗条の形態によって異なり、実生ではロゼット化していない本葉4枚の苗を高温長日条件下で栽培したときに栄養生長量が最小になる。側枝の場合は母株の経験温度、すなわちロゼット化したか否かによって異なり、ロゼット化した場合には側枝の発生から開花に至る間の栄養生長期の間にロゼット相が加わる。

キクとトルコギキョウでは節間伸長を始めたあとの花芽形成に対する日長反応に違いはあるが、栽培環境だけでなく苗条が遭遇する高温と低温の相対的な関係によって栄養生長量が変動する点は同じである。

栄養生長期を構成する要素の違いは第60図からも明らかであり、環境条件により質的に大きく変動する。したがって、開花生態の分類は環境条件によって変化する発育相よりも、環

境に対する反応の違いから類型化したほうが利便性が高いと考えられる。

以上、本実験の結果と既往の研究成果とを対比しながら秋播き一年草、多年草の開花生態について考察してきた。本報告で得られた成果は検討した個々の植物の開花調節技術として実用化されるだけでなく、整理した開花生態の類型化が、開花調節技術をパターン化できるという点で活用できると考えられる。

本研究は多数の種子繁殖性花卉の開花生態における相違点と類似点から、これらの植物の開花生態についてより幅広い知識を得たいとの考えから始めたが、供試できた植物は限定され、内容も単に現象面を調べたにすぎない。開花生態が明らかになっている植物は、園芸植物のごく一部であり、将来より広範な植物について調査される必要がある。本研究がそのひとつのステップとして、また生理面からのアプローチの一助として役に立てば幸いである。

引用文献

- 1) 安藤敏夫・農耕と園芸編集部. 1993. 種子の発芽特性一覧. 花の成型苗生産と利用 pp. 56-59.
- 2) 浅平端. 1975. 1・2年草の開花習性と開花調節. 新花卉 88:19-24.
- 3) 浅野昭・駒形智幸. 1992. 鉢花用宿根性カンパニュラ類の開花調節に関する研究. 茨城園試研報 17:101-113.
- 4) 吾妻浅男. 1990. 宿根花きの開花調節に関する研究. 高知園試特別報告 1:92-94.
- 5) 吾妻浅男・犬伏貞明. 1986. アキレア (*Achillea filipendulina* Lam.) の開花調節に関する研究. 高知園試研報 3:47-54.
- 6) 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. 高知園試研報 3:55-64.
- 7) 吾妻浅男・犬伏貞明. 1986. スターチス・シヌアータの種子春化苗が高温を受けるときの苗齢と脱春化との関係. 園学雑 55:221-227.
- 8) 吾妻浅男・犬伏貞明. 1988. トルコギキョウの開花調節に関する研究 (第1報) ロゼット化の要因とロゼット化防止について. 高知園試研報 4:19-29.
- 9) 吾妻浅男・犬伏貞明. 1990. ホワイトレースフラワーの開花調節に関する研究. 高知園試研報 5:35-45.
- 10) 吾妻浅男・島崎純一・犬伏貞男. 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(4):466-474.
- 11) Bailey L. H. and E. Z. Bailey. 1976. Hortus Third. Macmillan. New York.
- 12) Bernier. G., J. M. Kinet and R. M. Sachs. 1981. The physiology of flowering vol. 1 The initiation of flowers. p69-81, p106. CRC Press, Inc. Florida.
- 13) Carpenter, W. J. 1964. Response of snapdragons and chrysanthemums to supplemental reflective sunlight. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84:624-629.
- 14) Cathey, H. M. and A. A. Piringer. 1961. Relation of phosfon to photoperiod, kind of supplemental light

and night temperature on growth of garden annuals. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77:608-619.

- 15) Cheng, L. H. and Langhans, R. W. 1971. Floral initiation, development, and associated phenomena of *Dianthus caryophyllus* L. Part I-Effect of photoperiod. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(4):504-509.
- 16) Cleland, C. F. and Zeevaart, J. A. D. 1970. Gibberellins in relation to flowering and stem elongation in the long day plant *Silene armeria*. Plant Physiol. 46: 392-400.
- 17) Cox, D. A. 1987. Gibberellic acid induced flowering of containerized *Centaurea montana* L. Acta Hort. 205:233-236.
- 18) Dalla Guda and E. Scordo. 1988. Data on growth in *Papaver nudicaule* L. Acta Hort. 252:253-256.
- 19) Demmink, J. F., H. J. J. Koehrst and L. D. Sparnaaij. 1987. Classification of carnation cultivars according to their response to long day treatment under controlled low light conditions. Acta Hort. 216:313-314.
- 20) 土井元章・森田隆史・西島隆明・浅平 端. 1986. *Limonium* 属数種の生育様相と抽だいに及ぼす温度の影響. 園学要旨 356-357.
- 21) 土井元章. 1993. シュツコンカスミソウの低温要求性に関する研究. Bulletin of the University of Osaka Prefecture. Vol. 45:107-154.
- 22) 土井元章・森田隆史・武田恭明・浅平 端. 1991. シュツコンカスミソウシュートの異なる生育段階における高温遭遇がロゼット化および奇形花発生に及ぼす影響. 園学雑 59(4):795-801.
- 23) 土居典秀. 1994. ラークスパーの新しい栽培技術. 新花卉 161:28-33.
- 24) 土居典秀・鴻野信輔. 1990. スイートピーの低温処理による春化法. 岡山農試研報 8:9-17.
- 25) 土居典秀・鴻野信輔・石井靖子. 1993. ラークスパーの開花調節に関する研究 (第1報) 低温短日照における日長と夜温が開花に及ぼす影響. 園学中四国支部要旨 32:696.
- 26) 土居典秀・鴻野信輔・石井靖子. 1993. ラークスパーの開花調節に関する研究 (第2報) 低温短日照における長日処理法. 園学中四国支部要旨 32:697.

- 27) Erez, A. and G. A. Couvillon. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in Peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(4):677-680.
- 28) 藤田政良. 1978. ストックの作付体系に関する研究 (第3報) 無分枝系品種における開花の早晩と低温および中温に対する開花反応. 園学雑 47(2): 217-226.
- 29) 藤田政良. 1978. ストックの作付体系に関する研究 (第6報) 若齡期の低温処理が花芽分化, 開花に及ぼす影響. 園学雑 48(3): 327-335.
- 30) 藤田政良. 1986. スターチス・シヌアータの促成栽培に関する研究 (第2報) 苗冷蔵及び長日処理の開花及び収量に及ぼす影響. 和歌山農総試研報 11:13-22.
- 31) 藤田政良・西谷年生. 1982. スターチス・シヌアータの促成栽培に関する研究 (第1報) 各種苗齡における温度反応と低温要求性. 和歌山農総試研報 9:15-22.
- 32) 藤目幸弘・広瀬忠彦. 1979. ハナヤサイ類の花らい形成並びに發育の温度条件に関する研究. 園学雑 48: 82-90.
- 33) 藤野守弘. 1980. アメリカナデシコの開花に及ぼす夜温の影響. 農および園 55 (2) : 95-96.
- 34) 福田正夫・樋口春三. 1979. キク幼苗の低温処理による花成阻害とその解消の温度条件. 愛知農総試研報 11:75-80.
- 35) 福田康浩・大川 清・兼松功一・是永 勝. 1994. トルコギキョウの高温遭遇後の抽だい特性に基づくロゼット性の品種分類. 園学雑62(4):845-856.
- 36) Geertsen, V. and N. Bredmosa. 1986. The effect of daylength and temperature on growth and flowering of *Trachelium caeruleum*. Acta Hort. 205:97-99.
- 37) 五井正憲・長谷川日喜・小岩桂子・庵原 遜. 1982. 黄花ルピナスの生長および開花特性. 香川大農学報 33:109-113.
- 38) 五井正憲・平田良美・田中道男. 1989. ラッセル・ルピナス” ミナレット” の鉢栽培 (第1報) 播種時期と開花の関係. 園学雑58別2:714.
- 39) 浜田 豊. 1992. スイートピー *Lathyrus odoratus* L. に関する研究 催芽種子の低温処理が生育・開花および品質に及ぼす影響 東京農試研報 24:19-40.

- 40) Harbaugh, B. K., M. S. Roh., R. H. Lawson., and B. Pemberton. 1992. Rosetting of *Lisianthus* Cultivars exposed to high temperature. HortScience. 27(8):885-887.
- 41) Harris, G. P. and G. Atherton. 1976. Gibberellin-like substances obtained from chilled plants of *Dianthus barbatus* L. by an agar diffusion technique. Ann. Bot. 40:531-536.
- 42) Harris, G. P. and M. Ashford. 1966. Promotion of flower initiation in the glasshouse carnation by continuous light. J. Hort. Sci. 41:397-406.
- 43) Haut, I. C. 1930. The photoperiodic response of the sweet pea. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 27:314-318.
- 44) 林 勇・大川 清・山元恭介. 1986. スイートピーの生育, 開花習性に関する研究
(第1報) 生態型の異なるスイートピーの生育・開花習性. 神奈川園試研報 33:36-44.
- 45) Heide, O. M. 1963. Juvenile phase and flower initiation in brilliant stock (*Matthiola incana* R. Br.). J. Hort. Sci. 38:4-14.
- 46) Heins, R. D., Wilkins, H. F. and Healy, W. E. 1979. The effect of photoperiod on lateral shoot development in *Dianthus caryophyllus* L. cv. Improved White Sim. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (3):314-319.
- 47) 樋口春三・小西国義. 1993. 生長・開花の生理・生態と発育相. 農業技術体系花卉編
1 生長・開花とその調節. pp.3-64. 農文協. 東京.
- 48) 樋口春三・福田正夫. 1976. キク・弥栄幼苗の低温処理が生育と開花に及ぼす影響.
愛知農総試研報 B 8:54-58.
- 49) 樋口春三・原 幹博. 1974. 秋ギク幼苗の低温処理が生育と開花に及ぼす影響.
愛知農総試研報 B 6:62-67.
- 50) 樋口春三・川田穰一・小西国義. 1993. 観賞植物における発育相の類型化.
園学雑62別1:406-407.
- 51) Hoeven, A. P. van der. 1987. The influence of daylength on flowering of carnations. Acta. Hort. 216:315-319.
- 52) Howland, J. E. 1944. Preliminary studies on low temperature vernalization of Column stocks.

Matthiola incana. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 44:518-520.

- 53) 稲葉久仁雄・松本慎吾・淡路聡旨. 1988. ミヤマオダマキの開花に対する低温処理の影響 (予報) 当年生株と2年生株の反応の違いについて. 園学要旨 昭63秋:446-447.
- 54) 稲本勝彦・武田恭明・浅平 端. 1990. 低温遭遇時の側枝の齢と低温遭遇期間がダイアンサス属植物の開花に及ぼす影響. 園学雑95別2:564-565.
- 55) 石坂 宏・植松盾次郎. 1988. フウリンソウの開花調節に関する研究 (第1報) 開花に及ぼす播種期, 加温開始時期, 加温程度, 日長の影響. 埼玉園試研報 16:13-18.
- 56) 磯部武志・大江正温. 1992. 花き苗プラグの育成における播種後の冷温貯蔵が発芽に及ぼす影響. 大阪農技セ研報 28:29-34.
- 57) 岩浪清高. 1987. 一年草切り花の作期拡大に関する研究 (第1報). 一年生カスミソウの日長反応について. 宮城農短大学報 35:9-13.
- 58) Jong, J. de. 1981. Effects of irradiation and juvenility on the selection of chrysanthemums. Euphytica. 30:493-500.
- 59) 勝谷範敏・原 敬和. 1994. カンパニュラ・メジウム 'メイ・ブルー' の幼若期について. 園学中四国支部要旨 33:65.
- 60) 勝谷範敏・原 敬和. 1995. 切り花用宿根性カンパニュラの生育特性について. 園学雑64別1:462-463.
- 61) 勝谷範敏・岩佐直明・船越建明. 1988. デルフィニウムの周年生産に関する研究 (第1報) 播種時期の違いが生育, 収量に及ぼす影響. 園学要旨昭63秋:442-443.
- 62) 勝谷範敏・岩佐直明・船越建明. 1989. デルフィニウムの周年生産に関する研究 (第2報) 種子の発芽について. 園学雑58別2:466-467.
- 63) 勝谷範敏・岩佐直明・船越建明. 1990. デルフィニウムの周年生産に関する研究 (第3報) ロゼット化とロゼット化防止について. 園学雑59別1:500-501.
- 64) 勝谷範敏・岩佐直明・船越建明. 1991. デルフィニウムの周年生産に関する研究 (第4報) ロゼットの季節変化. 園学雑59別2:546-547.
- 65) 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) 苗齡と冷蔵期間が開花に及ぼす影響. 園学雑60別1:498-499.
- 66) Kaczperski, M. P. and A. M. Armitage. 1992. Short-term storage of plug-grown bedding plant seedlings. HortScience 27:798-800.
- 67) 川田穰一・豊田 努・宇田昌義・沖村 誠・柴田道夫・亀野 貞・天野正之・中村幸男・松田健雄. 1988. キクの開花期を支配する要因. 野菜・茶試研報 A1:187-222.
- 68) 小林泰生・近藤英和. 1989. 一・二年生草花の生育開花調節に関する研究 スターチス・シヌアータの低温処理による開花促進. 福岡農総試研報 B-9:43-46.
- 69) 小林泰生・松川時晴・豆塚茂実. 1983. 1・2年生草花の生育開花調節に関する研究 福岡農総試研報 2:47-54.
- 70) 小林泰生・松川時晴・豆塚茂実・近藤英和. 1984. スターチス・シヌアータの生育開花調節に関する研究. 福岡農総試研報 B-3:109-114.
- 71) Kohl, H. C. 1958. Flower initiation of stocks grown with several temperature regimes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72:481-484.
- 72) 国立天文台編. 1992. 理科年表. pp.310-311. 丸善. 東京.
- 73) 小西国義. 1972. 花卉栽培における低温処理問題. ミチューリン生物学研究 8(1):42-49.
- 74) 小西国義. 1975. 挿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.
- 75) 小西国義. 1980. キクのロゼット化に関する研究. 園学雑 49(1):107-113.
- 76) 小西国義. 1982. 宿根草の開花調節 (II) ロゼットとロゼット打破. 昭和57園芸学会秋季大会シンポジウム講演要旨:97-86.
- 77) 小西国義. 1982. 植物の生長と発育. pp.122-148, 184-202. 養賢堂. 東京.
- 78) 小西国義. 1984. 宿根花卉のロゼット, 休眠問題. 園学雑 53(1):96-99.
- 79) Krizek, D. T. and P. Semeniuk. 1972. Influence of day/night temperature under controlled environments on the growth and flowering of *Limonium* 'Midnight Blue'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:597-599.
- 80) Maginnes, E. A. and R. W. Langhans. 1961. The effect of photoperiod and temperature on initiation

and flowering of snapdragon(*Anterrhinum majus* var. Jackpot). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77:600-607.

- 81) 松川時春・菊本忠士・小原 赴. 1961. イエローサルタンに対する種子バーナリゼーション効果について. 園学要旨 昭36春37.
- 82) Michniewicz, M. and A. Lang. 1962. Effect of nine different GAs on stem elongation and flower formation in cold-requiring and photo periodic plants grown under non-inducing conditions. *Planta*. 58:549-563.
- 83) Miller, R. O. and D. C. Kiplinger. 1966. Reversal of vernalization in Northwest Easter Lilies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88:646-650.
- 84) 森田正勝・岩本重治・樋口春三. 1978. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響 (第1報) 温度処理によるサンゴジュの生長に対する光周反応の変化. 園学雑 46:495-500.
- 85) 森田正勝・岩本重治・樋口春三. 1978. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響 (第2報) ハイドランジアの栄養生長期における温度と日長がその後の開花に及ぼす影響. 園学雑 47:71-78.
- 86) 森田正勝・岩本重治・樋口春三. 1978. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響 (第3報) 低温処理によるサンゴジュとクロマツの生長に対する温度と光周反応の変化. 園学雑 47:425-430.
- 87) 森田正勝・岩本重治・樋口春三. 1980. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響 (第5報) 温度処理によるハイドランジアの光周反応の変化. 園学雑 48:488-494.
- 88) 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.
- 89) 中村英司. 1961. カンラン類の種子低温感応について (第1報) 種子低温処理がカンランの抽苔開花に及ぼす影響. 園学雑 30:57-62.
- 90) 中村新一・田中幸孝・小林泰生・豆塚茂実・近藤英和. 1988. 一・二年生草花の生育

開花調節に関する研究. スターチス・シヌアータ及びカンパニユラ・メジウムの催芽種子, 苗の低温処理. 福岡農総試研報B-7:75-78.

- 91) 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及ぼす影響. 神奈川園試研報 26:91-95.
- 92) 大江正温. 1984. 秋播き草花の生長, 開花に及ぼす日長, 温度の影響. 大阪農技研報 21:23-28.
- 93) 大川 清. 1977. アカカノコユリの開花生理ならびに開花制御に関する研究. 神奈川園試特別研報.
- 94) 大川 清. 1982. 宿根草の開花調節 (IV) 宿根草に対する生長調節物質の利用. 昭和57園芸学会秋季大会シンポジウム講演要旨:97-86.
- 95) 大川 清. 1987. トルコギキョウの自生地における生育状況. 園学要旨 昭62春:456-457.
- 96) 大川 清. 1995. 花卉園芸総論. 第1版. pp.11-15. 養賢堂. 東京.
- 97) 大川 清・兼松功一・是永 勝・狩野 敦. 1990. トルコギキョウのロゼット化に及ぼす高温の範囲と処理期間並びに苗齢の影響. 園学雑59別1:498-499.
- 98) 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 Hortic.* 48:171-176.
- 99) Ohkawa, K., M. Korenaga and T. Yoshizumi. 1993. Influence of temperature prior to seed ripening and at germination on rosette formation and bolting of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Scientia Hortic.* 53:225-230.
- 100) 大川 清・内山仁志. 1988a. トルコギキョウの自生種の生態的特性. 園学要旨 昭63秋:572-573.
- 101) 大川 清・内山仁志. 1988b. トルコギキョウのロゼット化に及ぼす温度と光量の影響. 園学要旨 昭63秋:578-579.
- 102) 大久保敬. 1995. 一・二年草. 今西英雄. 花卉園芸. 第1版. pp.17-70. 文永堂. 東京.
- 103) Ohkawa, K., T. Yoshizumi, M. Korenaga and K. Kanematsu. 1994. Reversal of heat-induced

- rosetting in *Eustoma grandiflorum* with low temperatures. HortScience 29(3):165-166.
- 104) 岡崎幸吉・安藤明子・小野恵二・今野 周. 1988. ベニバナの開花調節. 山形農試研報 23:79-95.
- 105) Peat, J. R. and Summerfield, R. J. 1977. Environmental and cultural effects on vegetative growth and flowering of selected "bedding" ornamentals. 2. Night-break lighting and gibberellic acid application. Sci. Hortic. 7: 81-89.
- 106) Pergola G. 1992. The need for vernalization in *Eustoma russellianum*. Scientia Hortic. 51:123-127.
- 107) Purvis, O. N. 1947. Studies in the vernalization of cereals. X. The effect of depletion of carbohydrate on the growth and vernalization response of excised embryos. Ann. Bot. 11:269-283.
- 108) Purvis, O. N. and F. G. Gregory. 1952. Studies in vernalisation XII. The reversibility by high temperature of the vernalized condition in Petkus Winter Rye. Ann. Bot. 16:1-21.
- 109) Raulston, J. C. 1970. Influence of photoperiod and nutrition on flowering of annual statice (*Limonium sinuata*). HortScience. 5:345.
- 110) Rood, S. B. Zanewich, K. P. and Bray, D. F. 1990. Growth and development of *Brassica* genotypes differing in endogenous gibberellin content. II. Gibberellin content, growth analyses and cell size. Physiologia Plantarum 79:679-685.
- 111) Schwabe, W. W. 1954. Factors controlling flowering in chrysanthemum. IV. The site of vernalisation and translocation of the stimulus. J. Exp. Bot. 5:389-400.
- 112) Schwabe, W. W. 1955. Factors controlling flowering in chrysanthemum. V. Devernalization in relation to high temperature and low light intensity treatments. J. Exp. Bot. 6:435-450.
- 113) Semeniuk, P. and D. T. Krizek. 1972. Long days and cool night temperature increase flowering of greenhouse grown *Limonium* cultivars. HortScience 7:293.
- 114) Semeniuk, P. and D. T. Krizek. 1973. Influence of germination and growing temperature on flowering of six cultivars of annual statice (*Limonium* cv.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 8:140-142.
- 115) Shedron, K. G. and T. C. Weiler. 1982. Regulation of growth and flowering in *Lupinus* Russel hybrid. HortScience 17:807-809.

- 116) Shillo, R. 1976. Controll of flower initiation and development of statice (*Limonium sinuatum*) by temperature and daylength. *Acta Hortic.* 64:197-203.
- 117) Shillo, R. and Halevy, A. H. 1982. Interaction of photoperiod and temperature in flowering control of *Gypsophila paniculata* L. *Sci. Hortic.* 16:385-393.
- 118) Shlomo, E., Shillo, R. and Halevy, A. H. 1985. Gibberellin substitution for the high night temperatures required for the long-day promotion of flowering in *Gypsophila paniculata* L. *Sci. Hortic.* 26:69-76.
- 119) Sparnaaij, L. D., and J. F. Demmink and H. J. J. Koehorst-van Putten. 1987. Factors influencing the response to photoperiod (LD treatment) during the winter in an autumn-planted carnation crop. *Acta. Hortic.* 216:303-311.
- 120) 須藤憲一・国重正昭・西尾小作. 1987. 気温, 日長, 日射量がシュッコンカスミソウの生育に及ぼす影響. *野菜・茶試研報* A1:235-247.
- 121) Summerfield, R. J., Dawson, E. M. and Peat J. R. 1977. Environmental and cultural effects on vegetative growth and flowering of selected "bedding" ornamentals. 1. Night temperature. *Sci. Hortic.* 7: 67-79.
- 122) 田口良平. 1958. 作物生理学 pp.601-643. 養賢堂. 東京.
- 123) 田口良平. 1964. 植物生理学大要 pp.252. 養賢堂. 東京.
- 124) 高木 誠. 1986. ダイアンサス. 花卉園芸の事典 第2版 pp.137-141. 朝倉書店. 東京.
- 125) 武田恭明・土井元章・浅平 端. 1981. シュッコンカスミソウのロゼット化に及ぼす温度, 光, 及び苗齢の影響. *園学要旨* 昭56秋:377-378.
- 126) 武田恭明・土井元章・浅平 端. 1982. シュッコンカスミソウのロゼット化に及ぼす前歴の低温及び高温の影響. *園学要旨* 昭57春:304-305.
- 127) 武田恭明・土井元章・浅平 端. 1982. シュッコンカスミソウのロゼット化の抑制に及ぼす温度, 光, および生長調節物質の影響. *園学要旨* 昭57秋:382-383.
- 128) 武田恭明・位田晴久・土井元章. 1984. 省エネルギー型施設園芸を目的とした宿根花卉導入に関する基礎的研究. 昭和58年度科研 (一般研究B) 研究成果報告書:28-68.

- 129) 武田恭明・八木 隆・浅平 端・蒲田圭子, 1894. ダイアンサス属開花特性に関する種または品種間の比較. 園学要旨59秋:320-321.
- 130) 武田恭明・八木 隆・浅平 端, 1895. ダイアンサスの生育に及ぼす苗齡, 日長および低温遭遇の影響. 園学要旨60春:346-347.
- 131) 谷川孝弘・小林泰生・坂井康弘, 1993. スカビオーサの生育に及ぼす温度と日長の影響. 園学雑62別1:404-405.
- 132) 谷川孝弘・小林泰生・坂井康弘・近藤英和, 1994. スカビオーサの生育に及ぼす播種期, 長日及び温度処理の影響. 福岡農総試研報B-13:29-34.
- 133) Thomson, D.J. and Atout, D.G. 1991. Duration of the juvenile period in diffused Knapweed (*C. diffusa*). Canadian journal of Botany. Vol. 69(2): 368-371.
- 134) 富田 広, 1994. マトリカリアの品種と栽培. 新花卉161:72-75.
- 135) 塚田晃久・小林 隆・長瀬嘉迪, 1981. トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第1報) 種子の発芽生理と育苗. 長野野菜花き試報 1:39-46.
- 136) 塚田晃久・小林 隆・長瀬嘉迪, 1982. トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第2報) 生育・開花に及ぼす温度, 日長の影響. 長野野菜花き試報 2:77-88.
- 137) 塚田晃久・宮沢洋一・大塚文夫, 1986. トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第3報) 生育・開花に及ぼす定植後または切り花後の短日処理の影響. 長野野菜花き試報 4:43-45.
- 138) 塚田晃久・宮沢洋一・大塚文夫, 1989. トルコギキョウの生理的特性と栽培に関する研究 (第4報) 育苗期の環境条件が生育・開花に及ぼす影響. 長野野菜花き試報 5:65-74.
- 139) Tsukamoto, Y. and Konishi, K. 1960. Effect of light during vernalization on flowering stocks (*Matthiola incana*). J.Jap. Soc. Hort. Sci. 29: 70-76.
- 140) 塚本洋太郎, 1971. 花きにおける低温処理の諸問題. 1. 花きにおける低温処理効果の類別. 昭46園学秋大会シンポジウム講演要旨:61-70.
- 141) 塚本洋太郎, 1977. 花卉総論. 第10版 pp.47-85, 333-343. 養賢堂, 東京.

- 142) 塚本洋太郎. 1984. 1. 春まき一・二年草, pp.20-23. 朝日園芸百科. 朝日新聞社. 東京.
- 143) 塚本洋太郎. 1989. 園芸植物大事典. 小学館. 東京.
- 144) 土屋照二. 1990. ホワイトレースフラワーの生育と開花に及ぼす日長の影響. 石川農短大研報 20:13-17.
- 145) 土屋照二・松井真理子. 1989. ホワイトレースフラワーの生育と開花に及ぼす種子冷蔵処理の影響. 石川農短大研報 19:12-16.
- 146) Tuyl, J. M. 1985. Effect of temperature on bulb growth capacity and sensitivity to summer sprouting in *Lilium longiflorum* Thunb. Scientia Hort. 25:177-187.
- 147) 宇田昌義・天野正之・柴田道夫・川田穰一. 1988. キク品種の幼若性と自然開花期との関係. 野菜・茶試研報 A2:239-244.
- 148) 植松盾次郎. 1982. 宿根草の開花調節 (IV) 日長温度による開花調節. 昭和57園芸学会秋季大会シンポジウム講演要旨:86-92.
- 149) Upadhyaya, M. K. 1986. Induction of bolting by gibberellic acid in rosettes of diffuse (*Centaurea diffusa*) and spotted (*C. maculosa*) knapweed. Canadian journal of Botany. Vol. 69(2):368-371.
- 150) Weiler T. C. and R. W. Langhans. 1967. Determination of vernalizing temperatures in the vernalization requirement of *Lilium longiflorum* (Thunb.) cv Ace. Amer. Soc. Hort. Sci. 623-629.
- 151) Wellensiek, S. J. 1960. Flower formation in *Campanula medium*. Meded. Land. Wageningen. 60 (7):1-18.
- 152) Wellensiek, S. J. 1964. Dividing cells as the prerequisite for vernalization. Plant Physiol. 39:832-835.
- 153) Wellensiek, S. J. 1966. The interchange of long day by low temperature in *Silene armeria*. Proc. of Sym. Praha - Nitra 299-303.
- 154) Wellensiek, S. J. 1967. The relations between the flower inducing factors in *Silene armeria* L. Z. Pflanzenphysiol. 56:33-39.
- 155) Wellensiek, S. J. 1973. Gibberellic acid, flower formation and stem elongation in *Silene armeria*

Neth. J. Agric. Sci. 21:245-255.

- 156) Wellensiek, S.J. 1976. The influence of photoperiod and of GA_3 on flower development and stem elongation of *Silene armeria* L. Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Amsterdam. C79: 84-89.
- 157) Wellensiek, S.J. 1978. The double function of external gibberellic acid in the floral induction of *Silene armeria*. Z. Pflanzenphysiol. 87:199-209
- 158) Wellensiek, S.J. 1978. The mechanism of the flower forming actions of daylength and gibberellic acid in *Silene armeria* L. Views on Physiology of Flowering:135-152.
- 159) White, J. W. , D.J. Beattie and E.J. Holcomb. 1988. Flowering studies with *Aquilegia* cultivars. Acta Hort. 252:219-226.
- 160) Wilfret, G. J. and J. C. Raulston. 1975. Acceleration of flowering of statice (*Limonium sinuatum* Mill.) by gibberellic acid (GA_3). HortScience 10:37-38.
- 161) 横井邦彦. 1988. ユウギリソウの開花調節. 農と園 9:148-149.
- 162) 横井邦彦. 1985. 宿根切り花の開花調節に関する研究. 1. 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.

Summary

Studies on the flowering of hardy annuals, half hardy annuals and seed propagation perennials.

by

Tadashi Takeda

1. Introduction

We have a little information about flowering habits of hardy annuals, half hardy annuals and seed propagation perennials except of some major horticultural crops such as stocks, annual static, sweet pea, snapdragon, or a few other plants of which reserchers have given much attention to their flowering habits. They are mainly native to the temperate zone, some of which occasionally form rosettes in the first term of growth. This habit is contemplated as adaptation passing an inappropriate season in their native lands. Generally speaking it is considered that they require a low temperature for flower initiation, and long days accelerate the development.

Despite numerous examinations, knowledge of flowering habits still remain fragmentary because too much attention has been concentrated to the main crops above mentioned. As a result there is a sizable gap in the accumulation of information among crops concerning their flowering habits. We have no clear idea of the general aspects of the flowering habits nor of the universality among plants and particularity of each.

The present studies were designed to distinguish the flowering habits of many species of hardy or half hardy annuals consisting of winter annals, biennials and seed propagation perennials, and to demonstrate the classification of responses to temperature and day length.

Interest in the investigations is focused on environmental factors on flowering and the interrelation between thermoperiodism and photoperiodism, the classification of plants by flowering habits in connection with the climates of their habitats.

Responses of 42 species of imbibed seeds and seedlings to a low temperature (2-4 °C, 4 weeks) and to long day (24 hours) were investigated simultaneously in chapter 1, and further investigations were conducted representative plants that exhibited different responses to environmental factors diversely in chapter 2. In addition, *Eustoma* and *Dianthus* spp. that regarded to have other growth characteristics such as seedlings rosetting in preliminary examinations were examined. The design of the experiments are described in the results of the respective plants.

2. Results and discussion

Concerning with the responses to temperatures and day lengths, plants were essentially divided into 6 types as shown below.

1) : No requirement of low temperatures for inducing flowering

① Little or no effect of day length

② Long days accelerate flowering

2): Low temperatures promote flowering

(1) Low temperatures to imbibed seeds promote flowering. Seedlings also can accept low temperature stimulus. A short day causes rosette growth.

③ Long days substitute completely for low temperatures.

④ Long days promote explicit or subtle flowering after exposing low temperature.

(2) Seedlings reaching certain ages can accept low temperature.

⑤ Long days promote the flowering of the plants experiencing low temperatures.

3): No prerequisite requirement of cold for inducing flowering.

⑥ High temperatures cause rosette growth, which is broken by low temperature.

Illustrative responses of representative plants are recounted.

① : Plants in which both temperature and day length do not have a quantitative effect on flowering.

Chrysanthemum paldosum flowered in a cool greenhouse during the period of winter. Either low temperature treatments or long photoperiods had little influence on growth, but the latter promoted the extension of internodes. Plants sown in June also flowered after very short vegetative growth. Thus, as seen in *Chrysanthemum paldosum* the plants reach flowering after a certain vegetative growth regardless of growth conditions. These results demonstrate an existence of winter annals in which low temperatures have no functions for both the direct effects and the more general inductive effects.

As the plants that exhibit the same responses to environmental factors, *Chrysanthemum multicaule*, *Anchusa capensis*, *Iberis amara*, *Calendula officinalis*, *Phlox Drummondii* are enumerated.

D. superbus var. *longicalicinus* and *D. japonicus* have no cold requirements to flower but high temperatures were effective in flowering.

② : Plants in which low temperatures do not affect flowering but long days accelerate flowering.

Godetia hybrida also has no cold requirement for flower formation, but these plants eminently promoted in flowering by long photoperiods. Plants sown during periods of high temperatures also flowered following very short vegetative growth the same as plants classified in ①.

A discrepancy with division ① in terms of photoperiodic influence was whether long day treatment is efficient as a practical forcing method or is not expedient.

As a result of no clear locus that induces vegetative or reproductive growth, plants which sown during a warm season with a long photoperiod end premature flowering. Consequently, it is difficult to control environmental factors to obtain cut flowers with satisfactory quality.

Lagurus ovatus, *Briza maxima*, *Chrysanthemum parthenium*, *Chrysanthemum inodorum*, *Nigella damascena* and *Scabiosa atropurpurea* are classified into this group.

③ Low temperatures to imbibed seeds induce flowering, but this requirement disappears in long photoperiods.

Gypsophila elegans as a representative of division ③ required cold. Plants sown from spring to early summer bolted quickly after producing several leaf pairs, whereas plants sown from late summer to autumn remained vegetative with increasing rosette leaves until early the following spring.

Plants that grew under a short photoperiod remained in a vegetative rosette phase irrespective.

Photoperiods in excess of critical daylength have a quantitative effect; the longer the day length, the greater the degree of flower promotion. Long days also had a promotive effect on the plants remaining rosettes under natural day length.

The results mentioned above indicate that *Gypsophila elegans* is a qualitative long-day plant. Rosette plants induced by short day lengths had no low temperature requirement for bolting and flowering.

The functions of low temperatures to both imbibed seed and seedlings are regarded as vernalization. Vernalized plants bolted and flowered under naturally short days during winter where as unvernallized plants remained vegetative.

On the other hand flowering of unvernallized plants occurred under long photoperiods, which substituted completely the low temperatures.

Centaurea cyanus, *Centaurea suaveolens* and *Vaccaria pyramidata* had similar reactions to low temperatures and long day lengths but a little different influence in both factors. In this group the influence of thermoperiodism and photoperiodism depends on the plants to a certain degree.

④ The degree of flower promotion by long day was smaller than the plants divided into ③. Expedient plants that accelerated flowering by continuous light less than 2 weeks listed below.

Lupinus hirsutus, *Gilia reptans*, *Eschscholzia californica*, *Nemophila maculata*, *Nemophila menziesii*, *Nigella orientalis*, *Papaver rhoeas*, *Brassica rapa* and *Linaria bipartita* exhibited the same response to treatments.

⑤ Plants that responded to low temperatures when they reach at certain stages. Seed propagation perennials raised in 288 cells plug tested in chapter 1 did not

respond to the low temperature treatment which seed vernalization plants did except *Myosotis alpestris*. The other perennials considered to have cold requirements such as *Silene orientalis* and *Armeria maritima* are presumed that they did not reach mature sizes for attainment of responsiveness to cold, or were given insufficient cold.

Orychophragmus violaceus is the only annual plant that vernalized at the stages of not imbibed seeds but seedlings, and this behavior was highly exceptional among the examined plants.

With *Dianthus* spp. such as *D. × Mikadonadeshiko* and *D. barbatus* which require low temperatures, a juvenile phase that can not respond to cold normally elapsed 9 weeks from seeding till the time they produce 9 to 10 leaf pairs on the main stems.

The cold requirements of both cv. Miss Biwako and cv. Kurokawawase, representative cultivars of *D. × Mikadonadeshiko* and *D. barbatus* were evaluated 9 weeks at 5°C by low temperature treatment.

Long days promoted flowering and stem elongation for the suboptimally or optimally vernalized plants but avoided flower initiation for non vernalized plants. The latter had enhanced flower initiation under natural day length (SD-LD) during winter, rather than long days.

With this type of plant rosetting during vegetative phase did not cause environmental factors, and last till the sizes of seedlings which reached a mature phase could accept cold stimulus.

⑥ No prerequisite requirement of cold for inducing flowering. High temperatures cause rosette formations, which are broken by low temperatures.

In *Eustoma grandiflorum* low temperatures are not a prerequisite for inducing flowering, and low temperature treatments on imbibed seeds had no influence on flowering except for avoiding rosetting slightly.

The most considerable occasions derived from high temperatures during seedling developments specifically at the stage from imbibing to unfolding cotyledons. The influence of high temperatures causing rosettes last till the time that two true leaf pairs open. As if germinating seedlings are highly induced by heat, prolonged exposure deteriorated more.

Not only the main shoots of seedlings but the lateral shoots develop on basal nodes cause rosetting, when they are influenced by high temperatures as an external origin.

Once inducing rosettes, they required low temperatures to be broken. It is considered that the affair of inducing rosette by heat and breaking rosette by chilling in *Eustoma* is external origin either.

Fundamental differences on rosetting or bolting behavior exist between *Eustoma* and the other perennials in division ⑤. Seed propagation perennials are considered to

have obligate requirements to cold, remaining rosette until a certain stage irrespective of environmental factors during seedling development.

In the youngest plants that could accept low temperature, only the main stems bolted. Lateral shoots that did not develop a mature size at chilling and developed after chilling, and both remained vegetative. This exemplified that the stimulus of cold on flowering distributed in the site of shoot which reached a mature phase. Consequently lateral shoots in juvenile phase and produced later have to meet another chilling at the stage to be induced respectively.

Whereas in *Eustoma* seedlings and lateral shoots essentially have no cold requirements, in the case of inducing rosettes by heat, they are required to bolt and flower. So we may esteem those characteristics extorted due to the seasonal changes of temperatures.

Influence of immediate heat to induced state was examined for representative plants from each group.

The reversibility of vernalization was not found in winter annuals which are regarded as the facultative seed vernalization such as *Agrostemma githago*, *Centaurea cyanus*, *Linaria bipartita* and *Vaccaria pyramidata*. On the other hand *Lupinus hirsutus* that are qualitative cold requirements were devernalized by the heat treatment (2 weeks at 30-40°C).

In *D.×Mikadonadeshiko* completely vernalized seedlings with 10 to 12 leaf pairs was not devernalized.

Experiments varying the seedling ages at exposing to high temperatures gave considerable evidence that low temperature effects can be reversed in *Eustoma*.

With the seedlings unhold cotyledons, an immediate heat following appropriate chilling annulled induced state. According as developing seedlings, sensitivity to heat diminished, and it vanished when chilled seedlings at the stage of 4 true leaves.

The phase that induced states stabilizes is considered the same one that heat becomes ineffective for rosetting on the process of seedling development.

Thus the effects of high temperatures follow low temperatures varie plants. What difference arises from is still unclear. Results of the experiments suggest that high temperature may not reverse induced state if each plant reaches at the minimum age that can initiate flower.

3. Conclusion

A manner of classification which is based on flowering response to the environmental factors in hardy or half hardy annuals including winter annuals and biennials and seed propagation perennials is proposed.

The types of response to temperatures and day lengths are divided into 6 groups as above state.

Results of the experiments sustained a diagnosis that winter annuals can be vernalized as imbibed seeds, whereas biennials and perennials cannot and must reach a certain size for attainment of responsiveness to cold. However all the plants regarded as winter annuals, biennials and seed propagation perennials cannot be circumscribed to have cold requirements. Annual plants with a qualitative cold requirement exist. Complete substitution of low temperature requirement by long daylength in some of winter annuals clarify that a short day is a main factor to lead vegetative observed. This is the reason that seed vernalization have been considered as facultative.

In *Eustoma* high temperatures induce vegetative rosettes. Response to temperatures that alternation between temperatures directs bolting or rosetting may be identical among perennials native to the east or west continental climates in that the winter is an inappropriate season for growth. The characteristics that require no low temperatures unless heat induced rosetting are distinctive of those Mediterranean native perennials have as a necessity in the motive to lead.

Winter annuals having the origin in regions with Mediterranean climates set seeds prior to an arid summer. High temperatures do not affect the growth of them qualitatively because plants in a vegetative phase virtually do not come across heat in their habitats.

Thus, it is recognized that low temperatures play the role of inducing reproduction respectively, but the cause of vegetation depends on the groups as proposed above.

