

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

FEBRUARY 2024

広島県立総合技術研究所 農業技術センター研究報告

トルコギキョウの安定生産を実現する
吸水種子湿潤低温処理を活用した育苗技術の開発

第 100 号
令和 6 年 1 月

広島県立総合技術研究所
農業技術センター
(広島県東広島市八本松町原)

トルコギキョウの安定生産を実現する
吸水種子湿潤低温処理を活用した育苗技術の開発

キーワード：閉鎖型育苗，育苗温度，切り花，プライミング種子，ロゼット

福 島 啓 吾

- 2024 -

目 次

緒言	1
第 1 章 吸水種子湿潤低温処理日数および処理方法	5
第 1 節 ロゼット性の異なる品種への吸水種子湿潤低温処理	6
第 2 節 プライミング種子への吸水種子湿潤低温処理日数	11
第 3 節 吸水種子湿潤低温処理方法の比較	28
第 4 節 吸水種子湿潤低温処理中の乾燥	41
第 2 章 吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度	51
第 1 節 吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温	52
第 2 節 吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温	58
第 3 章 吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥	64
第 1 節 吸水種子湿潤低温処理後の乾燥期間	64
第 2 節 分割して与えた吸水種子湿潤低温処理	73
第 4 章 吸水種子湿潤低温処理後の閉鎖型育苗環境下での苗生産	81
第 1 節 閉鎖型育苗環境下での温度環境	81
第 1 項 明期気温	82
第 2 項 暗期気温	91
第 3 項 日平均気温が同一となる異なる明暗期気温	98
第 2 節 閉鎖型育苗環境下での光環境	106
第 1 項 明期	107
第 2 項 光合成有効光量子束密度	116
総括	128
謝辞	135
引用文献	138

緒 言

トルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum*) は、南アメリカを自生地とするリンドウ科の植物であり (Halevy・Kofranek, 1984 ; 大川, 1987), 日本では園芸的に 1 年生植物として扱われている。

2008 年の農林水産省花き流通統計調査報告 (農林水産省, 2017a) によると, 全国の主要な花き卸売市場におけるトルコギキョウの卸売価額は, 約 132 億円であり, キクの 935 億円, バラの 277 億円, ユリの 269 億円, カーネーションの 216 億円および洋ラン類の 149 億円に次ぐものである。近年は, 全国の主要な卸売市場を対象とした卸売価額について調査が行われていないが, 全国の栽培面積および出荷数量についてみると 2008 年が 466 ha, 1 億 1,140 万本であり, 2016 年が 437 ha, 1 億 90 万本である (農林水産省, 2017b) ことから, 2016 年における卸売価額は減少しているものと推計される。2008 年において切り花類の栽培面積および出荷数量は, 16,840 ha および 47 億 3,400 万本であるのに対して, 2016 年においては, それぞれ 14,590 ha (2008 年比 86.6%) および 37 億 8100 万本 (同 79.9%) と減少した。主要花きの出荷量においても, 2008 年と比較して 2016 年は, キクが 15.5%, カーネーションが 35.1%, バラが 26.0% および洋ラン類が 26.8% 減少したが, トルコギキョウでは減少率が 9.4% に留まっている。このように, トルコギキョウは, 我が国における主要な切り花の一つであり, 比較的生産が維持されている品目であるといえる。

トルコギキョウ切り花の生産を取巻く情勢の特徴として, 輸入切り花の増加, 特に台湾産の増加が挙げられる。台湾からの輸入量は, 1997 年には 4,220 本であったが, 2005 年には 1,271,780 本と 100 万本を超え, 2013 年には国内産出荷量 1 億 210 万本の約 9.3% に相当する 9,504,552 本まで増加している (農林水産省, 2017b ; 植物防疫所, 2017)。2014 年以降の輸入量は減少しており, その理由として, 為替の変動, 台湾での消費量の増加および連作による土壌病害の発生 (平子・小野, 2001 ; 富田ら, 2005 ; 植松ら, 1993) が考えられる。2016 年において輸入量は, 5,063,786 本まで減少しているが, 国内主産地の出荷量と比較すると長野県, 熊本県, 福岡県および山形県

に次ぐ。トルコギキョウ切り花生産は、国内産地の動向だけでなく、輸入切り花の生産動向についても十分に留意する必要がある。

台湾産トルコギキョウの輸入は、11～4月に集中している（植物防疫所，2017）。同時期に国内で切り花生産を行うためには、7～10月の比較的高温期に育苗を行う必要がある。トルコギキョウにおいて、種子の吸水から本葉2対展開期までの育苗中の高温遭遇は、ロゼット化を誘導する（吾妻・犬伏，1988；Harbaughら，1992；Ohkawaら，1991；谷川ら，2001）。この生理的な特性は、高温期に育苗する作型におけるトルコギキョウの切り花生産を困難にしている。事実、広島県におけるトルコギキョウ生産は、高温期の育苗を避けた季咲き作型が中心であった。

トルコギキョウ切り花の周年安定生産が求められる中で、高温によりロゼット化した苗を冷蔵することでロゼット打破させる苗冷蔵処理（二宮ら，1997；大川ら，1996；Ohkawaら，1994；竹田，1995）、ロゼット化を回避する温度で育苗する冷房育苗や夜冷育苗（吾妻・犬伏，1988；吾妻・高野，1996；小林・近藤，1990）が開発されてきた。これらの技術は、周年生産を可能としたが、実施するためには大型な冷蔵庫や冷房施設が必要であるため、広島県においてほとんど実用化されなかった。

トルコギキョウにおいて吸水種子湿潤低温処理は、抽苔を促進することが知られている（景山ら，1990；Ohkawaら，1993；Pergolaら，1992；谷川ら，2001，2002）。トルコギキョウのロゼット性については、品種間差が大きいことが知られている（福田ら，1994；李ら，2002）。谷川ら（2002）は、福田ら（1994）によるロゼット性の分類A（弱）～E（強）においてロゼット性Aに分類される‘あすかの朝’およびロゼット性Bに分類される‘あすかの桜’を用いて、10℃の暗黒で35日間の吸水種子湿潤低温処理を行うことにより処理中の発芽を概ね抑制し、かつ定植後の抽苔および開花を促進できることを報告した。また、福島ら（2003）は、広島県中部地域における秋出荷作型に適した品種選定に供試した96品種・系統において、10℃、暗黒条件で35日間の吸水種

子湿潤低温処理を行うことにより 87 品種・系統が 90%以上の開花率を示したことを報告している。吸水種子湿潤低温処理は、種子を暗黒条件で湿潤低温処理を行うことから、同様に冷蔵庫内で低温処理を行うロゼット苗の冷蔵処理と比較して苗の腐敗防止を目的とした補光（竹田，1995）を行う必要がないため、生産管理上の取り扱いが容易であるうえに、同じスペースで大量の種子を低温処理することが可能である。さらに、育苗期間が高温になってもロゼット化しにくい品種の育成が進展している（福田ら，1994；李ら，2002）ことは、生産現場においてロゼット苗の冷蔵処理の活用を減少させ、比較的ロゼット性の弱い品種に対して抽苔と開花に促進的な効果が得られると報告（谷川ら，2002）されている吸水種子湿潤低温処理の全国的な普及を促していると考えられる。広島県においても、吸水種子湿潤低温処理を活用した高温期に育苗する作型での切り花生産が拡大しつつある。

しかし、生産現場への普及が進む中で、吸水種子湿潤低温処理を行ってもロゼット株が発生する、あるいは生育促進効果が得られない事例がみられるようになった。谷川ら（1999）は、103 品種を用いてトルコギキョウに対する吸水種子湿潤低温処理の効果を検討した結果、90%以上の開花率を示したのは 27 品種であり、吸水種子湿潤低温処理が適用できる品種が限定的であると報告している。福島ら（2003）と谷川ら（1999）の報告は、幾つかの共通品種が含まれていたが、それらの開花率には差がみられた（谷川ら，私信）。このことから、吸水種子湿潤低温処理の品種適用性のみが生産現場でロゼット株が発生する原因であるとは考えにくい。

本研究では、福島ら（2003）と谷川ら（1999）ので異なる結果が生じた要因を明らかにすることで、トルコギキョウの安定的な切り花生産が可能となる吸水種子湿潤低温処理を活用した高温期の育苗技術を開発しようとした。具体的には、第 1 章では第 1 節において、ロゼット性の異なる品種への吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果について再検証した。次いで、第 2 節において、谷川ら（2002）が吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果を得るために重要視した処理

日数について、近年、トルコギキョウにおいても市販化されているプライミング種子への適用を中心に検討した。第3節において、生産現場で行われている幾つかの吸水種子湿潤低温処理方法を比較し、処理方法が生育や切り花形質に及ぼす影響を明らかにしようとした。第4節において、生産現場では吸水種子湿潤低温処理後に冷蔵庫から出庫した際に育苗培地が乾燥している事例がみられることから、吸水種子湿潤低温処理中の乾燥が生育に及ぼす影響を明らかにしようとした。第2章では、トルコギキョウにおいて種子の吸水から本葉2対展開期までの育苗中の高温遭遇は、ロゼット化を誘導することから、第1節では吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温、第2節では育苗昼温がトルコギキョウの生育および切り花形質に及ぼす影響について調査した。第3章では、吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥が生育および切り花形質に及ぼす影響について検討し、種子会社が予め吸水種子湿潤低温処理を行った種子を販売できる可能性について明らかにしようとした。最後に、第4章において、トルコギキョウの苗生産は、自然光を利用したビニルハウスおよびガラス温室などの育苗ハウスで行われているが、安定的かつ計画的なトルコギキョウ苗生産を目指して人工光を利用した閉鎖環境下での温度環境および光環境について検討した。

第1章 吸水種子湿潤低温処理日数および処理方法

トルコギキョウにおいて、吸水種子湿潤低温処理は、抽苔を促進することが知られている（景山ら，1990；Ohkawaら，1993；Pergolaら，1992；谷川ら，2002）。谷川ら（2002）が10℃の暗黒で35日間の吸水種子湿潤低温処理を行うことにより、処理中の発芽を概ね抑制し、かつ定植後の抽苔および開花を促進できることを報告して以降、高温期に育苗する作型において全国的に普及しつつある。生産現場への普及が進む中で、吸水種子湿潤低温処理を行ってもロゼット株が発生する、あるいは生育促進効果が得られない事例がみられるようになった。

この原因として、吸水種子湿潤低温処理が適用できる品種は限定的であることが報告（谷川ら，1999）されている。一方で、福島ら（2003）は高温期に育苗する秋出荷作型において供試した96品種・系統中の87品種・系統が吸水種子湿潤低温処理により90%以上の開花率を示したことを報告している。両者の報告には、幾つかの共通品種が含まれていたが、それらの開花率には差がみられた（谷川ら，私信）ことから、吸水種子湿潤低温処理の品種適用性のみが生産現場でロゼット株が発生する原因であるとは考えにくい。

トルコギキョウ切り花の生産現場では、様々な方法で吸水種子湿潤低温処理が行なわれている。また、処理に用いる種子が、裸種子である場合やコーティング種子である場合、あるいはプライミング種子である場合や無処理種子である場合、作業の都合に合わせて処理日数を変更する事例もみられる。定植後にロゼットが発生する大きな要因の1つとして、吸水種子湿潤低温処理が適切に行われていないことが考えられる。

そこで、本章では、高い生育促進効果を得るための吸水種子湿潤低温処理の留意点を明らかにしようとした。

第1節 ロゼット性の異なる品種への吸水種子湿潤低温処理

トルコギキョウのロゼット性については、品種間差が大きいことが知られている（福田ら，1994；李ら，2002）。谷川ら（1999，2002）は，福田ら（1994）によるロゼット性の分類 A（弱）～E（強）において比較的ロゼット性が弱いと分類される品種群 A の‘あすかの朝’および品種群 B ‘あすかの桜’では，吸水種子湿潤低温処理を行うことにより抽苔および開花を促進できることを報告し，吸水種子湿潤低温処理が適用できる品種が限定的であること報告している。前述したように，福島ら（2003）は供試した 96 品種・系統中の 87 品種・系統が吸水種子湿潤低温処理により 90%以上の開花率を示したことを報告しており，両報告で結果が異なっている。

そこで，本節ではロゼット性の異なる品種に対する吸水種子湿潤低温処理の効果を再検証した。

材料および方法

李ら（2002）による分類法に基づき，ロゼット性が最も強い品種群 E の‘ロココマリン’（（株）ミヨシグループ，中晩生，紫覆輪一重）および中程度のロゼット性を示す品種群 C の‘キングオブスノー’（（株）サカタのタネ，早生，白八重）を用いた。処理区として，無処理と吸水種子湿潤低温処理の 2 水準を設け，1 反復当たり 12 株の 5 反復とし計 60 株を供試した。吸水種子湿潤低温処理は，水道水に浸漬したトルコギキョウ種子を 10℃の暗黒条件下で播種前 35 日間静置する方法により行った。低温処理終了日に育苗培地（メトロミックス 350，（株）ハイポネックスジャパン）を充填した 288 穴セルトレーへ 2004 年 7 月 26 日に播種した。ガラス温室内のなりゆきの温度で 30 日間育苗した後，本葉が 2 対展開した苗を 8 月 25 日に本圃に定植した。栽植方法は，条間および株間をともに 10 cm とし，いずれも中央を 1 条空けた 6 条植えとした。施肥は，基肥として $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ ($kg \cdot a^{-1}$) を施用し，追肥を適宜行った。開花期が冬春季となることから，白熱電球（K-RD100V75W，パナソニック（株））を 10 球・ a^{-1} の密度で畝面上約

1.8 m に配置し、16～21 時および 3～8 時に点灯する 18 時間日長として電照を 2004 年 10 月 8 日から実験終了の 2005 年 3 月 31 日まで行った。加温は、2004 年 10 月 14 日から実験終了まで日最低気温が 15℃を下回らないように行った。

生育調査については、主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔、発蕾および開花率を算出した。

結 果

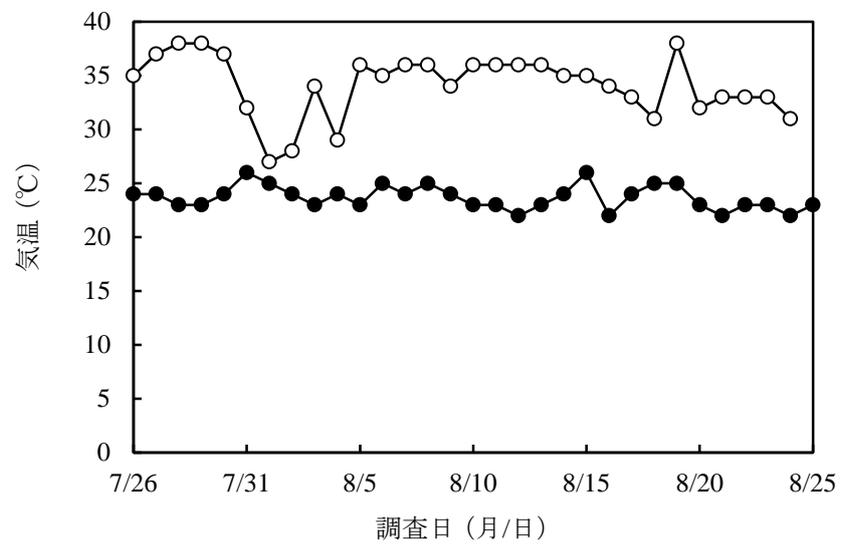
吸水種子湿潤低温処理終了から定植までの日最低気温は、22～26℃の範囲で推移し、平均 23.7℃であった（第 1-1 図）。日最高気温は 27.0～38.0℃の範囲で推移し、平均 34.1℃であった。

抽苔率および発蕾率は、‘ロココマリン’および‘キングオブスノー’ともに無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理において高く、5%水準で品種の影響が、1%水準で吸水種子湿潤低温処理の影響がみられた（第 1-1 表）。抽苔率では、品種と吸水種子湿潤低温処理の交互作用がみられたが、発蕾率ではみられなかった。開花率は、両品種ともに無処理と比較し吸水種子湿潤低温処理において高く、1%水準で吸水種子湿潤低温処理の影響および品種と吸水種子湿潤低温処理との交互作用がみられた。

考 察

育苗中の温度は、Ohkawa ら（1991）がロゼット化を誘導すると報告した平均気温 25℃以上、最低気温 20℃以上よりも高い温度で推移したことから、無処理の抽苔率は、‘ロココマリン’では 21.7%、‘キングオブスノー’では 48.3%と低かった（第 1-1 表）。‘キングオブスノー’の抽苔

率と比較して‘ロココマリン’において低かったことは、李ら（2002）によるロゼット性の分類を支持するものであった。これに対して吸水種子湿潤低温処理の抽苔率は、両品種とも 100%となった。加えて、発蕾率および開花率についても、無処理と比較して明らかに高く、1%水準で吸水種子湿潤低温処理の効果がみられた。この結果から、吸水種子湿潤低温処理は無処理と比較して定植後の抽苔、発蕾および開花率を大幅に向上させ、ロゼット性の強い品種にも適用できることを再検証できた。



第1-1図 育苗中の日最高気温 (○) と日最低気温 (●) の推移

第1-1表 吸水種子湿潤低温処理がロゼット性の異なる2品種の
抽苔率, 発蕾率および開花率に及ぼす影響

品種	吸水種子湿潤 低温処理 ^z	抽苔率 (%)	発蕾率 (%)	開花率 (%)
ロココマリン	-	21.7	20	18.5
	+	100	98.3	98.3
キングオブスノー	-	48.3	43.3	38.3
	+	100	100	87.7
分散分析 ^y				
品種 (A)		*	*	ns
吸水種子湿潤低温処理 (B)		**	**	**
(A) × (B)		*	ns	**

^z 種子低温処理を行わない場合を「-」、行った場合を「+」で示す

^y アークサイン変換後, 二元配置分散分析により**および*はそれぞれ1および5%水準で有意差があることを, nsは有意差がないことを示す

第2節 プライミング種子への吸水種子湿潤低温処理日数

トルコギキョウでは、2009年頃から一部の種苗メーカーがプライミング種子を市販している。プライミングとは、発芽に不適な環境条件において発芽率を高め、早くて均一な発芽を促すための播種前の種子処理（今西，2000）であり、極めて少量の限定した水分の与え方でオスモプライミング、マトリコンディショニングおよびドラムプライミングなどに分類される（丸尾，2015）。葉ネギ（小熊ら，2013）、ハウレンソウ（Masudaら，2005）、ニンジン（鈴木ら，1989）およびナス台木‘トレロ’（飛川，2004）においてプライミングによる発芽促進効果が報告されている。しかし、プライミングは、種苗メーカー独自の非公開技術（丸尾，2015）であることから、どのような処理が行われているかは不明である。

生産現場において、高温期に育苗する作型ではプライミング種子を用いた場合でもロゼット株が発生する事例がみられる。トルコギキョウでは、種子が吸水した後の高温はロゼット化を誘導し、抽苔率を低下させる（吾妻・犬伏，1988；Harbaughら，1992；Ohkawaら，1991；谷川ら，2001）ことから、ロゼット打破のための苗冷蔵処理（二宮ら，1997；大川ら，1996；Ohkawaら，1994；竹田，1995）、ロゼット回避のための冷房育苗や夜冷育苗（吾妻・犬伏，1988；吾妻・高野，1996；小林・近藤，1990）を行う必要がある。トルコギキョウにおいて吸水種子湿潤低温処理は、抽苔を促進する（景山ら，1990；Ohkawaら，1993；Pergolaら，1992；谷川ら2002）ことから西南暖地において広く活用されつつある。プライミング種子においても定植後の抽苔率の低下を防止するために、これらの低温処理を行う必要がある。しかしながら、プライミング種子への吸水種子湿潤低温処理について詳細に検討された知見はみられない。

谷川ら（2002）は、吸水種子湿潤低温処理の光環境や温度および期間について検討し、暗黒で吸水種子湿潤低温処理することにより処理中の発芽を概ね抑制し、10℃で35日間処理することにより、その後の発芽や抽苔率および開花率が最も高まることを報告している。この吸水種子湿潤

低温処理条件では、発芽を早めるための催芽処理と抽苔および開花率を高めるための低温処理が同時に行われているが、その処理期間について興味深い結果が示されている。抽苔率は、吸水種子湿潤低温処理が 35 日間では 100%であったのに対して、49 日間では 68.8%に低下し、長期間の吸水種子湿潤低温処理は生育へ抑制的に作用する可能性が指摘されている。プライミングは、低温で行われることも多い (Dursun・Ekinci, 2010 ; Masuda ら, 2005 ; Masuda・Konishi, 1993) ことから、プライミング種子に対する 35 日間の吸水種子湿潤低温処理は、必ずしも促進的に作用しない可能性があると考えられる。

そこで、トルコギキョウのプライミング種子への適切な吸水種子湿潤低温処理期間を明らかにするために、10℃の暗黒条件における吸水種子湿潤低温処理日数が、処理中の発芽や苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

実験には、‘レイナホワイト’ ((株) サカタのタネ) を用いた。プライミングは、種苗メーカーから購入したプライミング種子および無処理種子を用いて 2 水準、吸水種子湿潤低温処理は 0 日間、7 日間、21 日間、35 日間、49 日間および 63 日間の 6 水準とし、これらを組み合わせた計 12 処理区を設けた。吸水種子湿潤低温処理終了時の発芽率調査は各区 30 粒の反復なし、子葉展開率調査は 1 反復当たり 50 粒の 3 反復で各区 150 粒、定植日の苗の節位別葉身長は各区 20 株の反復なし、定植後の生育および切り花形質調査は 1 反復当たり 20 株の 3 反復で各区 60 株とした。吸水種子湿潤低温処理は、育苗培地 (メトロミックス 350, (株) ハイポネックスジャパン) を充填した 288 穴セルトレーへ播種した後に、10℃の暗黒条件で吸水種子湿潤低温処理終了の 2012 年 8 月 8 日までに所定の日数を経過するよう行った。また、吸水種子湿潤低温処理終了時の発芽率を調査するため、十分に水道水を含ませたろ紙を敷いた 9 cm シャーレに播種し、セルトレーと同様

に低温処理を行った。いずれの処理区も 8 月 8 日から 9 月 6 日まで遮光率 50% の寒冷紗を被覆したなりゆきの温度のミスト室で育苗した。9 月 6 日に栽植方法を株間と条間とも 10 cm として、中央 2 条を空けた 4 条植えて隔離ベッドに定植した。施肥は、基肥として $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ ($kg \cdot a^{-1}$) を施用した。電照は、白熱電球 (K-RD100V75W, パナソニック (株)) を 10 球 $\cdot a^{-1}$ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し、17~22 時および 2~8 時に 20 時間日長になるよう点灯し、10 月 8 日から実験終了の翌年 3 月 31 日まで毎日行った。加温は、10 月 29 日から実験終了まで、最低夜温が $10^\circ C$ を下回らないように行った。

発芽率は、9 cm シャーレで低温処理した種子について実体顕微鏡 (C011, オリンパス (株)) を用いて、吸水種子湿潤低温処理終了時に種皮を破り発根した状態を発芽 (小西, 1991) として算出した。この時、根が 1 mm 以上伸長した種子数についても調査した。子葉展開率は、育苗開始から 14 日後までに子葉が展開した状態を子葉展開として算出した。定植苗の大きさは、下位より番号付けした本葉 1 および 2 節の葉身長を計測した。生育調査については、主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 3 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔、発蕾および開花率を、また定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。切り花形質については、3 輪以上の小花が開花した日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数として開花小花と長さが 1.5 cm 以上の蕾の総数を調査した。なお、育苗開始 14 日後の子葉展開率について、アークサイン変換後に Tukey の HSD 検定を行った (第 1-4 図での統計処理結果の表記は省略)。

結 果

育苗中の日最高気温は、 $32 \sim 38^\circ C$ で推移し、平均最高気温は $34.9^\circ C$ であった (第 1-2 図)。同様

に日最低気温は、22～26℃で推移し、平均最低気温は24.3℃であった。

吸水種子湿潤低温処理終了時の発芽率は、吸水種子湿潤低温処理が0、7 および 21 日間では、無処理種子がそれぞれ0、3.3 および 3.3%、プライミング種子がいずれも0%であった（第1-3図）。吸水種子湿潤低温処理が49 日間および 63 日間では、無処理種子がそれぞれ83.3%および93.3%、プライミング種子がそれぞれ86.7%および96.7%であった。これらに対して、吸水種子湿潤低温処理が35 日間では、無処理種子が36.7%、プライミング種子が83.3%であった。また、根が1 mm 以上伸長した種子は、吸水種子湿潤低温処理が35 日間以上でみられ、49 日間では無処理種子が6.7%であったのに対してプライミング種子が53.3%であり、63 日間ではプライミングにかかわらず86.7%であった。

子葉展開率は、吸水種子湿潤低温処理が0 日間において無処理種子が育苗開始8～9 日後に、プライミング種子が7～9 日後に前日の子葉展開率と比較して5ポイント以上増加した（第1-4図A）。同様に、吸水種子湿潤低温処理が7 日間では無処理種子が7～9 日後に、プライミング種子が6～8 日後に（第1-4図B）、21 日間ではプライミングにかかわらず6～7 日後に（第1-4図C）、35 日間では無処理種子が5～7 日後に、プライミング種子が5～6 日後に（第1-4図D）、49 日間ではプライミングにかかわらず5～7 日後（第1-4図E）および63 日間では無処理種子が5～8 日目に、プライミング種子が6～8 日後に（第1-4図F）、それぞれ子葉展開率が前日と比較して5ポイント以上増加した。育苗開始14 日後の子葉展開率は、吸水種子湿潤低温処理が0 日間において無処理種子が82.7%、プライミング種子が78.0%となった。これらと比較して、吸水種子湿潤低温処理が7～49 日間では無処理種子およびプライミング種子が66.7～90.7%、63 日間では無処理種子が73.3%と差がなかった。しかし、吸水種子湿潤低温処理が63 日間のプライミング種子は29.3%と低かった。

定植苗における本葉1節の葉身長は、吸水種子湿潤低温処理が0 日間と比較して、無処理種子

では 35 日間および 63 日間が、プライミング種子では 7 日間および 21 日間が大きかったが、いずれも吸水種子湿潤低温処理による一定の傾向はなかった（第 1-2 表）。同一の吸水種子湿潤低温処理では、7 日間においてのみ無処理種子と比較してプライミング種子が大きかった。本葉 2 節の葉身長は、吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して無処理種子では 21～63 日間が、プライミング種子では 7～49 日間が大きかった。同一の吸水種子湿潤低温処理では、無処理種子と比較してプライミング種子は吸水種子湿潤低温処理が 0 日間および 7 日間では大きく、63 日間では小さかったが、21～49 日間では差がなかった。

抽苔率は、プライミングにかかわらず吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 7～63 日間が高く、無処理種子では 21 日間以上が、プライミング種子では 7 日間以上が同等であった（第 1-3 表）。同一の吸水種子湿潤低温処理において、無処理種子と比較してプライミング種子は吸水種子湿潤低温処理が 0 日間では 63.4 ポイント、7 日間では 41.6 ポイント高かった。発蕾率および開花率においても、同様の傾向であった。

抽苔までの日数および抽苔節数は、プライミングにかかわらず吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 7～63 日間が小さく、21 日間以上で差がなかった（第 1-4 表）。同一の吸水種子湿潤低温処理において、無処理種子と比較してプライミング種子が 0 日間および 7 日間で小さかったが、21 日間以上では差がなかった。発蕾までの日数は、無処理種子では吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 21 日間以上が小さく、21 日間以上で差がなかった。また、プライミング種子では 7 日間以上が小さく、7 日間以上で差がなかった。同一の吸水種子湿潤低温処理では、7 日間においてのみ無処理種子と比較してプライミング種子が小さかった。発蕾節数は、無処理種子では吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 21 日間以上が小さく、21 日間以上で差がなかった。また、プライミング種子では吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 7 日間以上が小さく、21 日間以上で差がなかった。同一の吸水種子湿潤低温処理では、7 日間においてのみ無処理種子と

比較してプライミング種子が小さかった。開花までの日数は、プライミングにかかわらず吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 21 日間以上が小さく、21 日間以上で差がなかった。同一の吸水種子湿潤低温処理では、7 日間においてのみ無処理種子と比較してプライミング種子が小さかった。切り花長は、処理による差がなかった。切り花重は、無処理種子では吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 7 日間以上が小さく、プライミング種子では吸水種子湿潤低温処理による差がなかった。同一の吸水種子湿潤低温処理ではプライミングによる差はなかった。有効小花数は、吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して無処理種子では 35 日間が小さく、プライミング種子では 63 日間が小さかったが、プライミングにかかわらず吸水種子湿潤低温処理が 7 日間以上の処理区間に差がなかった。また、同一の吸水種子湿潤低温処理ではプライミングによる差はなかった。

考 察

谷川ら（2002）は、吸水種子湿潤低温処理が 35 日間と比較して 49 日間では抽苔率および開花率が低下し、その原因として長期間の低温遭遇が種子の発芽や発芽後の生育を抑制した可能性を指摘している。今村ら（2009）は、受粉から 21 日間経過した未熟果に対して 10℃のインキュベータ内で 21～77 日間低温遭遇させ得られた種子を 8 月中旬に播種し、昼温 40℃換気、夜温 25℃以上のビニルハウスで生育させたところ、抽苔率は低温遭遇が 21 日間において 75%と最も高く、77 日間では 42%にまで低下したことを報告し、原因として過度な低温遭遇による可能性を指摘している。このことから、発芽機能が高まった状態（腰岡，2015）のプライミング種子への過度な湿潤低温処理は、定植後の生育に対して抑制的に作用する懸念がある。そこで、プライミング種子への吸水種子湿潤低温処理が、低温処理終了時の発芽や苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を明らかにしようとした。

トルコギキョウ種子は、暗条件と比較して明条件でよく発芽する光発芽性を示し、発芽率および子葉展開率は25℃で最も優れ、15℃では子葉展開率が著しく低下し、30℃および35℃では発芽率が低下することが報告されている（塚田ら，1981）。しかしながら、塚田ら（1981）は発芽に不適な照度0～3 lx条件においても15℃では播種18日後に約30%の発芽を認めている。本実験の吸水種子湿潤低温処理は10℃の暗黒条件であったことから、吸水種子湿潤低温処理が0日間、7日間および21日間ではプライミングにかかわらず吸水種子湿潤低温処理終了時の発芽率が0～3.3%と低かったが、35日間、49日間および63日間では同条件下でも発芽率が高くなった（第1-3図）。プライミング種子は、無処理種子と比較して吸水種子湿潤低温処理が35日間において発芽率が高く、49日間において根が伸長した種子の比率が高かった。この結果から、プライミングは、発芽に不適な環境である10℃の暗黒条件でも発芽に促進的に作用していることが示唆された。生産者現場において、トルコギキョウの吸水種子湿潤低温処理は、セルトレーに播種後に行う場合と、種子を水中に浸漬した状態で行った後に播種する場合がある。後者では、吸水種子湿潤低温処理中に根が伸長（発芽）するとその後の播種作業が困難になることから、プライミング種子への49日間以上の吸水種子湿潤低温処理は適さないと考えられた。

子葉展開率は、吸水種子湿潤低温処理が0～35日間においてプライミングによる差がなかった（第1-4図A, B, CおよびD）。しかしながら、49日間および63日間（第1-4図EおよびF）を含めて35日間を除くすべての処理で無処理種子と比較してプライミング種子で最終的な子葉展開率が低くなる傾向を示した。この原因は、本実験の結果から明らかにできないが、プライミング後の再乾燥に起因するのかもしれない。この点については、第3章で検討している。発芽および出芽に必要な土壤水分がダイコン、ナタネおよびヒマワリと比較して高いニンジン（松原・杉山，1965）において、プライミングによる出芽率の向上効果は、相対的に低い土壤水分条件で認められることが報告されている（鈴木ら，1989）。この報告から、プライミングによる発芽および

出芽率の向上効果は、好適な環境では小さく、不適な環境では大きいと考えられる。トルコギキョウの発芽は、インキュベータを用いた一定温度条件では 20~25°C が好適だが、7 月播種のガラス温室では地温が 15~41°C でも良好な生育を示したことが報告されている（塚田ら，1981）。本実験において、育苗温度は、日最高気温が 34.0~38.0°C，日最低気温が 24.0~26.0°C で推移した（第 1-2 図）。吸水種子湿潤低温処理が 0~35 日間においてプライミングによる子葉展開率の向上がみられなかった原因は、育苗温度が不適な環境ではなかったためと考えられた。一方、吸水種子湿潤低温処理が 49 日間では育苗開始 14 日後の子葉展開率は、無処理種子の 89.3% と比較してプライミング種子が 66.7% と低くなる傾向がみられ、63 日間では無処理種子の 73.3% と比較してプライミング種子が 29.3% と明らかに低下した（第 1-4 図 E, F）。この子葉展開率の低下は、吸水種子湿潤低温処理が 35 日間においてプライミング種子の発芽率が高いこと、49 日間において根の伸長が認められる比率が高いこと（第 1-3 図）を考慮すると、吸水種子湿潤低温処理が長いほどプライミングにより発芽過程が進展し、育苗開始後の環境条件に順応できなかった個体が枯死したためと推察された。

定植苗における本葉 2 節の葉身長に及ぼすプライミングの影響は、吸水種子湿潤低温処理日数によって異なり、無処理種子と比較して吸水種子湿潤低温処理が 0 日間および 7 日間では促進的に、21 日間、35 日間および 49 日間では差がなく、63 日間では抑制的であった（第 1-2 表）。また、プライミング種子において吸水種子湿潤低温処理が 49 日間および 63 日間の本葉 2 節の葉身長は、35 日間と比較して日数が長いほど小さくなる傾向を示した。吸水種子湿潤低温処理が 63 日間でみられたプライミングによる苗の葉身長に対する抑制的な影響は、無処理種子と比較して子葉展開がわずかに遅かった（第 1-4 図）ことに起因すると考えられた。

抽苔率、発蕾率および開花率は、吸水種子湿潤低温処理が 0 日間ではプライミング種子が無処理種子と比較して、それぞれ 63.4, 53.3 および 45.0 ポイント高かった（第 1-3 表）。また、吸水

種子湿潤低温処理が7日間ではプライミング種子が無処理種子と比較して、抽苔率が41.6、発蕾率が51.6および開花率が55.0ポイント高かった。抽苔率、発蕾率および開花率が90%以上を示した無処理種子の21~63日間およびプライミング種子の7~63日間の計9区(第1-3表)において、プライミング種子の吸水種子湿潤低温処理が7日間の生育は、他の8区と比較して同等かやや遅れた(第1-4表)。これは、他の8区と比較して吸水種子湿潤低温処理が7日間では生育促進のための低温量が不十分であったためと推察した。プライミングにかかわらず、吸水種子湿潤低温処理を21日間以上行った8区は、切り花形質に差がなかった。

トルコギキョウの抽苔は、本葉が概ね2対展開するまでの低温遭遇により促進(景山ら, 1990; Ohkawa ら, 1993; Pergola, 1992; Pergola ら, 1992; 谷川ら, 2001, 2002)され、高温遭遇により抑制(吾妻・犬伏, 1988; Harbaugh ら, 1992; Ohkawa ら, 1991; 谷川ら, 2001)される。これらの研究結果を考慮すると、プライミング種子の抽苔率が、吸水種子湿潤低温処理が0日間および7日間において無処理種子と比較して有意に高い点に疑問が生じる。既往の研究報告において、プライミングの温度および期間は、ニンジンでは20°C・14日間(鈴木ら, 1989)、パセリでは10°C・2日間(Dursun・Ekinci, 2010)、ハウレンソウでは10°C・7日間(Masuda ら, 2005; Masuda・Konishi, 1993)、セルリーでは15~20°C・14日間(中村ら, 1982)、ナス台木では変温30°C(8時間)/20°C(16時間)・15日間(飛川, 2004)、タマネギでは15°C・5日間(堀田・猿山, 2006)および10日間(Dearman ら, 1986)、葉ネギでは15°C・8日間、20°C・6日間および8日間(小熊ら, 2013)で行われている。トルコギキョウのロゼットは、5~20°Cの広い温度範囲で打破される(Ohkawa ら, 1994)ことを考慮すると、吸水種子湿潤低温処理が0日間および7日間において無処理種子と比較してプライミング種子の抽苔率が高かった要因として、種苗会社が行うプライミング中に低温遭遇している可能性が示唆される。

Pergola (1992) は、トルコギキョウ苗が18°C未満の低温に21日間以上遭遇することで抽苔お

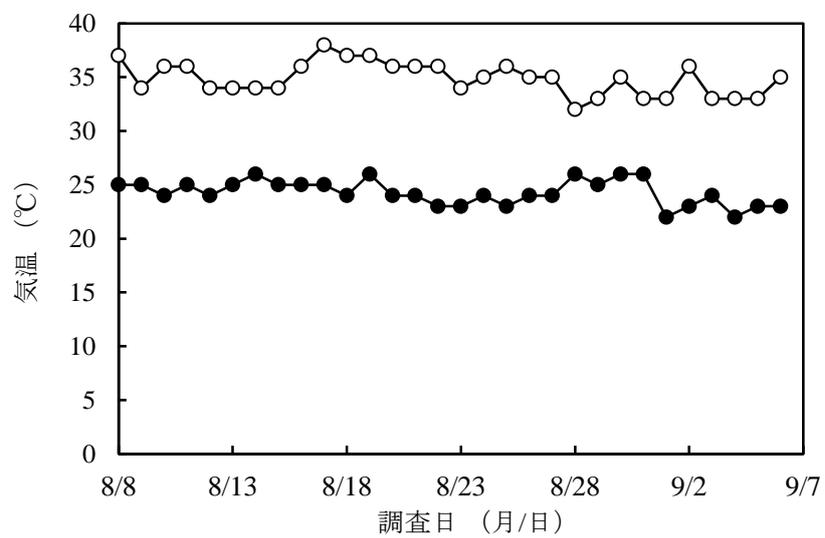
よび開花が早まることをバーナリゼーションとし、小西（1982）は、バーナリゼーションの特徴の一つとして、分割して与えた低温の効果が累積されることを挙げている。Ohkawa ら（1993）は、トルコギキョウにおいて種子を低温で成熟させ、これに吸水種子湿潤低温処理を組み合わせることで、品種にかかわらずロゼット形成を完全に防止できる可能性を示唆し、今村・須藤（2002）は未熟さく果への低温処理および吸水種子湿潤低温処理は組み合わせることで累積的な効果を持つことを発表している。プライミング種子において吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 7 日間以上で抽苔率、発蕾率および開花率が有意に向上したことは、プライミングおよび吸水種子湿潤低温処理中に遭遇した低温の累積効果である可能性が考えられる。なお、トルコギキョウ種子に対する低温の累積効果については、詳細な検討が必要であると考えており、第 3 章第 2 節において分割して与えた吸水種子湿潤低温処理が生育に及ぼす影響について検討した。

トルコギキョウ‘レイナホワイト’において無処理種子では 21 日間、プライミング種子では 7 日間の吸水種子湿潤低温処理を経過していれば、それ以上を経過した場合と同等の抽苔率、発蕾率および開花率の向上効果が得られた（第 1-3 表）。吸水種子湿潤低温処理が 63 日間までは、今村ら（2009）や谷川ら（2002）が指摘した過度な低温遭遇による生育抑制はみられなかった。また、低温処理の長期化に伴う抽苔、発蕾および開花までの日数の遅延もなかった（第 1-4 表）。‘キングオブスノー’を用いて 2011 年に低温処理が 35～56 日間および 2012 年に 0～63 日間で検討した実験でも吸水種子湿潤低温処理の長期化に伴う生育抑制はみられなかった（データ未発表）。宇田・小山（1991）は、春咲きスイートピー‘ダイアナ’に対する吸水種子湿潤低温処理について 0 日間、15 日間、30 日間および 45 日間で検討し、0 日間と比較して 30 日間および 45 日間で着花節位の低下、開花株率および収量の向上がみられ、30 日間と 45 日間に差がないことを報告している。本実験の結果は、宇田・小山（1991）の報告と同様に、必要最低限以上の低温遭遇期間が抽苔、発蕾および開花に対して必ずしも抑制的に作用しない可能性を示した。ただし、前述した

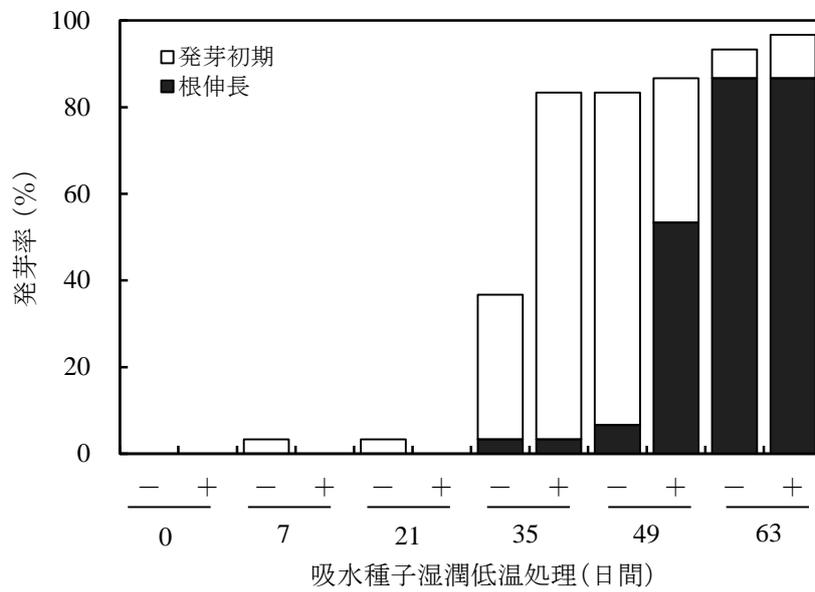
ようにプライミング種子の吸水種子湿潤低温処理が 49 日間および 63 日間において、子葉展開率の低下や定植苗の本葉 2 節の葉身長が小さくなる傾向がみられたことから、吸水種子湿潤低温処理は 35 日間以下が適切と考えられる。

以上の結果から、プライミングされたトルコギキョウ‘レイナホワイト’への吸水種子湿潤低温処理期間は、0～7 日間では抽苔率が低く、49～63 日間では処理終了時に根が伸長している比率が高いことから 21～35 日が適切であることが明らかになった。

生産現場においてプライミング種子と無処理種子は、作業の都合上、区別されることなく吸水種子湿潤低温処理されることが想定される。本実験に供試した‘レイナホワイト’では、無処理種子を用いて吸水種子湿潤低温処理が 21 日間でも切り花生産上の課題となる生育の遅延や開花率の低下は確認されなかった。しかし、‘あすかの桜’において 21 日間の吸水種子湿潤低温では開花率が 81.3%に低下したこと（谷川ら，2002），35 日間では多くの品種・系統で開花率が高まる（福島ら，2003）こと、本節でプライミング種子に対する 35 日間の処理は生育や切り花形質に対して悪影響を及ぼさなかったことを考慮すると、プライミング種子にかかわらず吸水種子湿潤低温処理は 35 日間が適切と考えられる。

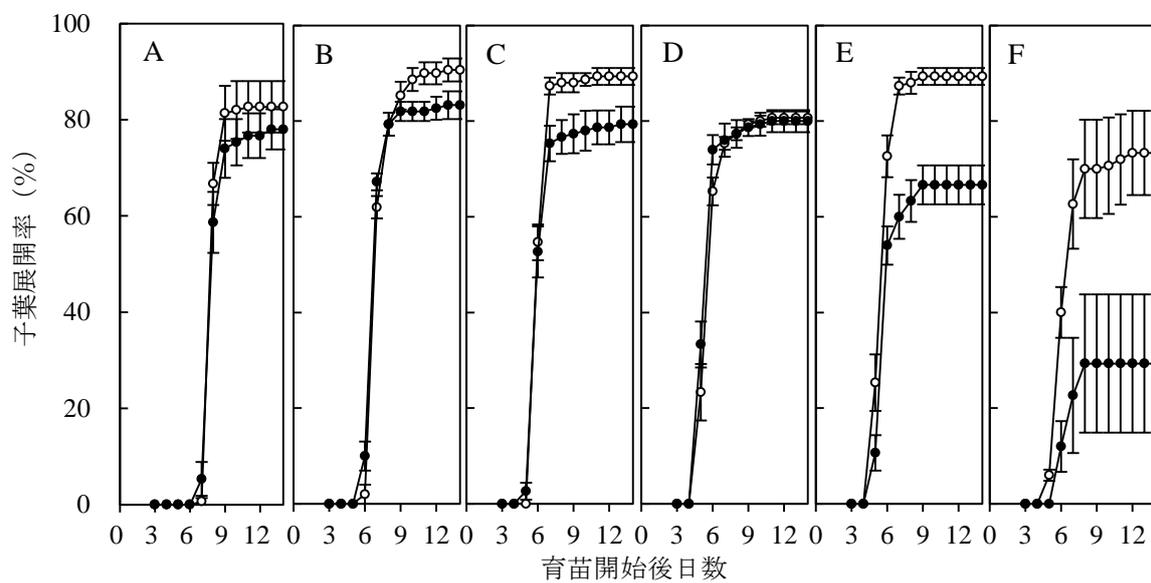


第1-2図 育苗中の日最高気温 (○) と日最低気温 (●) の推移



第1-3図 ‘レイナホワイト’ 種子へのプライミングおよび吸水種子湿潤低温処理が発芽に及ぼす影響

図中の-は無処理種子を，+はプライミング種子を示す



第1-4図 ‘レイナホワイト’ 種子へのプライミング(○;無処理種子, ●;プライミング種子)および吸水種子湿潤低温処理(A;0日間, B;7日間, C;21日間, D;35日間, E;49日間およびF;63日間)が子葉展開率に及ぼす影響
 図中の垂線は標準誤差を示す(n=3)

第1-2表 ‘レイナホワイト’種子へのプライミングおよび吸水種子湿潤
低温処理が定植苗の節位別葉身長に及ぼす影響

プライミング ^z	吸水種子湿潤 低温処理(日間)	本葉節位別葉身長 (mm)	
		1	2
—	0	15.6 ab	9.5 a
—	7	15.0 a	11.1 ab
—	21	16.8 bc	15.3 de
—	35	17.7 c	16.8 ef
—	49	16.0 ab	15.7 def
—	63	17.3 c	16.9 ef
+	0	16.0 ab	12.6 bc
+	7	17.4 c	15.9 def
+	21	17.7 c	16.5 ef
+	35	16.6 bc	17.5 f
+	49	16.7 bc	16.2 def
+	63	16.6 bc	14.3 cd

^z —は無処理種子を, +はプライミング種子を示す

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=20)

第1-3表 ‘レイナホワイト’種子へのプライミングおよび吸水種子湿潤低温処理が
抽苔率, 発蕾率および開花率に及ぼす影響

プライミング ^z	吸水種子湿潤 低温処理(日間)	抽苔率 (%)	発蕾率 (%)	開花率 (%)
—	0	23.3 a	15 a	13.3 a
—	7	56.7 b	46.7 b	38.3 ab
—	21	100 d	98.3 c	96.7 c
—	35	100 d	100 c	100 c
—	49	100 d	100 c	100 c
—	63	100 d	100 c	100 c
+	0	86.7 c	68.3 b	58.3 b
+	7	98.3 d	98.3 c	93.3 c
+	21	100 d	100 c	98.3 c
+	35	100 d	100 c	100 c
+	49	100 d	100 c	100 c
+	63	100 d	100 c	100 c

^z —は無処理種子を, +はプライミング種子を示す

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはアークサイン変換後TukeyのHSD検定により5%水準で
有意な差が存在しないことを示す(n=3)

第1-4表 ‘レイナホワイト’種子へのプライミングおよび吸水種子湿潤低温処理が生育および切り花形質に及ぼす影響

プライミング ^z	吸水種子湿潤 低温処理(日間)	抽苔まで の日数 ^y	抽苔 節数 ^x	発蕾まで の日数 ^w	発蕾 節数 ^v	開花まで の日数 ^u	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^t
—	0	35.0 d	6.2 d	63.3 b	13.0 c	162.5 c	69.9 a	179.5 b	6.7 d
—	7	27.2 c	5.3 c	62.5 b	13.0 c	163.2 c	74.0 a	126.0 a	6.6 cd
—	21	13.6 ab	4.1 ab	43.5 a	11.2 ab	133.2 a	72.6 a	99.3 a	5.7 abcd
—	35	12.2 a	4 a	41.2 a	11.0 a	131.4 a	73.7 a	102.4 a	5.6 abc
—	49	12.3 a	4.0 ab	42.1 a	11.1 a	131.3 a	74.5 a	95.4 a	5.7 abcd
—	63	11.9 a	4 a	41.0 a	10.8 a	126.4 a	70.4 a	100.2 a	6.0 abcd
+	0	25.1 c	5.2 c	58.0 b	12.7 c	156.5 bc	74.9 a	126.6 ab	6.3 bcd
+	7	15.6 b	4.4 b	49.0 a	11.9 b	141.3 ab	76.4 a	112.5 a	5.7 abcd
+	21	12.2 a	4.0 ab	41.2 a	11.0 a	129.2 a	70.9 a	97.2 a	5.8 abcd
+	35	11.8 a	4 a	40.9 a	11.0 a	130.1 a	70.6 a	97.2 a	5.6 ab
+	49	12.5 ab	4.0 a	41.9 a	11.1 a	131.9 a	71.7 a	95.3 a	5.8 abcd
+	63	12.9 ab	4.0 ab	41.4 a	10.9 a	131.5 a	64.0 a	80.8 a	5.2 a

^z —は無処理種子を, +はプライミング種子を示す

^y 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^x 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^w 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^v 頂生花芽までの節数

^u 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^t 収穫日に開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=3)

第3節 吸水種子湿潤低温処理方法の比較

吸水種子湿潤低温処理は、主に西南暖地を中心とする地域における高温期に育苗する秋～春出荷作型で広く活用されつつある。その際、吸水種子湿潤低温処理は、いずれも10℃の暗黒条件で行われるが生産者圃場において様々な方法で取り組まれている。例えば、①種子を水に浸漬した状態で低温処理した後に播種する、②培地を充填した育苗トレーに播種した後にかん水して低温処理する、③播種後にかん水した育苗トレーを黒ビニルで被覆して保湿しつつ低温処理する、④底面給水しつつ低温処理するなどである。しかし、これらの方法で吸水種子湿潤低温処理を行っても抽苔しないロゼット株が発生する事例がみられる。その原因は、未だ特定されておらず、また適切な吸水種子湿潤低温処理方法についても詳細に比較検討された報告はない。吸水種子湿潤低温処理は、トルコギキョウ以外にブプレウム（中島・土居，2007）、スイートピー（土居・鴻野，1990；井上，2002；宇田・小山，1991）およびスターチス・シヌアータ（吾妻ら，1983）においても生育や開花を促進することが報告されている。これらの品目においても、処理温度や期間などの吸水種子湿潤低温処理条件については詳細に検討されているが、生産現場で実際に行う適切な処理方法に関する検討は行われていない。

トルコギキョウに対する吸水種子湿潤低温処理の効果は、品種限定的であるとする見解（谷川ら，1999）と多くの品種で適用可能とする見解（福島ら，2003）がある。これらの報告は、実験年次、実験場所、吸水種子湿潤低温処理方法および栽培方法などが異なり、両報告で異なる結果が生じた要因については明らかではない。幾つかの要因の内、第2節では特に吸水種子湿潤低温処理方法が異なっていることに注目した。前者は、育苗トレーに播種してかん水した後に低温処理を行い、後者は種子を水に浸漬した状態で低温処理を行った後に播種を行っている。この違いが、定植後のロゼットの発生や生育に影響を及ぼしているのかも知れない。

そこで、高温期に育苗する作型におけるトルコギキョウ切り花生産の安定化を目的として、吸

水種子湿潤低温処理方法が生育および切り花形質に及ぼす影響を明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、李ら（2002）がロゼット性について A～E（弱～強）の 5 段階で分類した品種群のうち、ロゼット性が最も強い品種群 E に分類される‘ロココマリン’（(株) ミヨシグループ、中晩生、紫覆輪一重）とロゼット性が中程度の品種群 C に分類される‘キングオブスノー’（(株) サカタのタネ、早生、白八重）を用いた。生産現場で実際に行われている吸水種子湿潤低温処理方法を参考に処理区を設けた。水道水を 100 mL 入れた容量 125 mL の蓋付きガラス瓶に種子を浸漬した状態で低温処理した後に播種する浸漬区、播種後に低温処理を行う無保湿区、保湿区、底面給水区、底面給水+保湿区、途中かん水区および対照として無処理区の計 7 区とした。保湿した 2 区は、育苗トレーを黒ビニルで処理開始から終了まで被覆した。底面給水した 2 区は、水道水を 500 mL 入れたバット（横 58 cm×縦 60 cm×深 28 mm）に育苗トレーを 1 枚ずつ入れて低温処理期間を通して置床した。途中かん水区は、処理開始から 7 日ごとに冷蔵庫外に搬出してかん水を行った後に冷蔵庫に搬入した。調査は、各処理区ともに 1 反復当たり‘ロココマリン’が 18 株、‘キングオブスノー’が 24 株の 3 反復とした。吸水種子湿潤低温処理は、谷川ら（2002）の報告に基づき、10℃の暗黒条件に 2004 年 6 月 21 日～7 月 26 日までの 35 日間静置する方法により行った。播種は、浸漬区と無処理区が 7 月 26 日に、その他の区は 6 月 21 日に育苗培地（メトロミックス 350, (株)ハイポネックスジャパン）を充填した 288 穴セルトレーへ 1 粒ずつ行った。いずれの区も約 50%減光する黒寒冷紗を被覆したガラス温室内において、7 月 26 日からなりゆきの温度で育苗した。本葉が 2 対展開した苗を 8 月 26 日に条間と株間とを 10 cm とし、中央を 1 条空けた 6 条で寒冷紗を被覆していないプラスチックハウス内に定植した。栽培圃場には基肥として、 $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ ($kg \cdot a^{-1}$) を施用し、追肥を適宜行った。電照は、白熱電

球 (K-RD100V75W, パナソニック (株)) を 10 球・a¹ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し, 16~21 時および 3~8 時に 18 時間日長になるよう点灯し, 10 月 8 日から実験を終了した 2005 年 2 月 28 日まで毎日行った。加温は, 10 月 14 日から実験終了まで, 最低夜温が 15℃を下回らないように行った。生育調査については, 主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上に伸長した日を抽苔日, 主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日, 頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した日を開花日とし, それぞれを抽苔株, 発蕾株および開花株として実験終了日における抽苔率, 発蕾率および開花率を, また実験終了日までに開花した株について定植から抽苔, 発蕾および開花までの日数を算出した。切り花形質については, 開花日に地際部から収穫し, 切り花長, 切り花重, 切り花節数および有効小花数として開花小花と長さが 1.5 cm 以上の蕾の総数を調査した。

結 果

吸水種子湿潤低温処理終了から定植までの育苗中の日最低気温は 21.0~25.5℃の範囲で推移し平均 23.0℃, 日最高気温は 26.0~43.5℃の範囲で推移し平均 37.2℃であった (第 1-5 図)。

抽苔率, 発蕾率および開花率は, ‘ロココマリン’ および ‘キングオブスノー’ とともに無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において高く, 吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった (第 1-5 表)。

抽苔までの日数は, 両品種ともに無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において小さかった (第 1-6 表)。吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において, ‘キングオブスノー’ では浸漬区が途中かん水区と比較して大きかったが, ‘ロココマリン’ では差がなかった。抽苔節数は, ‘キングオブスノー’ では無処理と比較して浸漬区において同等であったが, それ以外の吸水種子湿潤低温処理を行った 5 区では小さかった。‘ロココマリン’ では無処理と比較して吸水種

子湿潤低温処理を行った 6 区において小さく，吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった．発蕾までの日数は，‘キングオブスノー’では無処理と比較して浸漬区において同等であったが，浸漬区を除く吸水種子湿潤低温処理を行った 5 区では小さく，‘ロココマリン’では無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において小さく，吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった．発蕾節数は，両品種ともに無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において小さく，吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった．開花までの日数は，‘キングオブスノー’では無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区間に差がなかったが，‘ロココマリン’では無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において小さく，吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった．開花日は，‘ロココマリン’の無処理が 2 月上中旬となり，吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区が 12 月下旬であった（データ省略）．

切り花長は，両品種ともに無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区には差がなかったが，‘ロココマリン’では吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区のうち，底面給水+保湿区と途中かん水区の間に差がみられた（第 1-7 表）．切り花重は，‘キングオブスノー’では無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区に差がなかった．‘ロココマリン’では無処理と比較して無保湿，保湿，底面給水および途中かん水区において小さかったが，吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区間には差がなかった．切り花節数は，両品種ともに無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において小さく，吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった．有効小花数は，‘キングオブスノー’では無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において小さかったが，吸水種子湿潤低温処理区間には差がなかった．‘ロココマリン’では無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区間に差がなかった．

考 察

本節では、谷川ら（1999）と福島ら（2003）の報告の異なる要因のうち、特に吸水種子湿潤低温処理方法について注目した。前者は育苗トレーに播種後に、後者は播種前に水道水に浸漬した状態で低温処理する方法を行っている。

そこで、生産現場で行われている幾つかの吸水種子湿潤低温処理方法を比較することで、実際の栽培に即した吸水種子湿潤低温処理方法が生育や切り花形質に及ぼす影響について明らかにしようとした。

育苗をなりゆきの温度で管理した結果、日最低気温は 21.0～25.5℃の範囲で、日最高気温は 26.0～43.5℃の範囲（第 1-5 図）で推移した。Ohkawa ら（1991）は、平均気温 25℃以上、かつ最低気温 20℃以上でロゼット化が誘導されると報告している。また、佐藤ら（2004）は、本実験に供試した‘キングオブスノー’と同程度のロゼット性 C に分類（李ら，2002）される‘あすかの粧’および‘つくしの雪’においては、Ohkawa ら（1991）の報告よりも低い平均気温（それぞれ 18℃ および 17℃）でロゼット化が誘導されることを報告している。これらの報告は、本実験の育苗温度においてはロゼット化が誘導される、すなわち抽苔率が低くなることを示唆している。実際に無処理の抽苔率は、‘ロココマリン’が 20.4%、‘キングオブスノー’が 30.6%に留まった（第 1-4 表）。品種の違いによる抽苔率の差は、ロゼット性の分類（李ら，2002）を支持する結果であった。一方で、吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区の抽苔率は、両品種の有するロゼット性および吸水種子湿潤低温処理方法にかかわらず、いずれも 100%であった。発蕾率および開花率においても両品種ともに、無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理により有意に高まり、低温処理方法による差がなかった。吸水種子湿潤低温処理により生育や開花が促進されるスターチス・シヌアータにおいては、吸水種子湿潤低温処理終了直後からの高温遭遇により抽苔および開花の促進効果が低下、あるいは完全に消失することが報告されている（吾妻・犬伏，1986；吾妻ら，1983）。しかしながら、トルコギキョウでは、吸水種子湿潤低温処理による抽苔率、発蕾率および開花率を向

上させる効果は、Ohkawa ら（1991）および佐藤ら（2004）がロゼット化を誘導すると報告した温度と比較して高い温度域であるにもかかわらず、いずれの吸水種子湿潤低温処理方法においても高く保持されていた。生産現場においては、吸水種子湿潤低温処理を利用したトルコギキョウの育苗の安定化を図るために冷房あるいは夜間冷房育苗との併用が行われつつある。本実験における育苗温度の推移（第 1-5 図）を考慮すると、吸水種子湿潤低温処理を行う場合には必ずしも昼間に冷房を行う必要はなく、夜間温度についてもこれまでに報告（吾妻・高野，1996；小林・近藤，1990）されている冷房温度である 10～17℃よりも高い条件でも育苗の安定化が図られると考えられる。吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度がトルコギキョウの生育に及ぼす影響については、第 2 章において詳細に検討を行った。

開花率は、抽苔率および発蕾率と比較して低く、また‘ロココマリン’と比較して‘キングオブスノー’において低かった（第 1-5 表）。これは、頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した株を開花株としたこと、また開花期が寡日照期であったためブラスチングが発生したためである。

抽苔までの日数は、両品種ともに無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理により明らかに小さくなった（第 1-6 表）。‘キングオブスノー’の浸漬区は、吸水種子湿潤低温処理を行った他の区と比較して抽苔までの日数が同等か大きかった。また、抽苔節数については、吸水種子湿潤低温処理を行った他の区と比較して同等か大きく、発蕾までの日数については同等か大きく、無処理と同程度であった。しかし、発蕾節数は、無処理と比較して浸漬区が小さく、吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区間に差がなかった。さらに、‘ロココマリン’において吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区の抽苔および発蕾までの日数は、無処理と比較して小さく、同様に抽苔節数および発蕾節数は、無処理と比較して小さくなり、いずれの調査項目でも吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区間に差がなかった。これらの結果から、‘キングオブスノー’の浸漬区でみられた生育の差は、生産技術上問題ないと判断した。

無処理の‘キングオブスノー’および‘ロココマリン’において、それぞれ 16.7%および 13.0%の株が開花した（第 1-4 表）ように、吾妻・犬伏（1988）は、いずれの品種にも高温の影響を受けにくい、あるいは影響をほとんど受けない個体が含まれることを指摘している。この指摘から、吸水種子湿潤低温処理が抽苔、発蕾および開花に対して促進的に作用するのであれば、無処理において正常に開花した株と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区において正常に開花した株の抽苔節数および発蕾節数を減少させ、その結果として抽苔、発蕾および開花までの日数を短縮することが想定される。早生品種である‘キングオブスノー’における吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区では、無処理と比較して抽苔節数が同等か 0.8 節減少し、発蕾節数が 0.8~1.4 節減少した。その結果、抽苔までの日数では 5.7~9.1 日、発蕾までの日数では 4.3~9.8 日程度早まった（第 1-6 表）。しかしながら、開花までの日数では無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区に有意な差がなかった。一方で、中晩生品種である‘ロココマリン’における吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区では、無処理と比較して抽苔節数が 1.2~1.3 節減少し、発蕾節数が 4.8~4.9 節減少した。その結果、無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区の差は、抽苔までの日数において 17.4~19.0 日、発蕾までの日数において 44.7~47.1 日、開花までの日数において 48.4~53.7 日であり、吸水種子湿潤低温処理により有意に短縮された。この 2 品種の結果は、吸水種子湿潤低温処理が抽苔、発蕾に対して促進的に作用し、この効果は早生品種と比較して中晩生品種で顕著な開花促進効果を示す可能性を示唆している。‘キングオブスノー’と比較して‘ロココマリン’において、無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区との差が大きかった要因の一つとして、小西（1975）が秋ギク‘岡山平和’、‘宇宙船’および‘玉織姫’において十分に低温を受けた苗は、その後順調に成長、開花できる温度の範囲が拡大すると報告しているように、トルコギキョウにおいても類似の反応が起きていると考えられる。8 月下旬に定植した本実験では、早生の‘キングオブスノー’においては、無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った 6 区の抽苔節

数および発蕾節数の差は小さく、定植以後が旺盛な生育を示す温度範囲にあったことが推察される。一方で中晩生の‘ロココマリン’においては、無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った6区の抽苔節数でみられた1.2~1.3節の差は、発蕾節数では4.8~4.9節と増加している。これは、旺盛な生育を示す温度域が拡大した吸水種子湿潤低温処理を行った6区では順調に生育し、低温を受けていない無処理では徐々に低温寡日照となる栽培環境の影響を受けたため、生育の差が大きくなったと推察される。

切り花長は、両品種ともに無処理と吸水種子湿潤低温処理を行った6区との間に差がなかった(第1-7表)。吸水種子湿潤低温処理を行った6区の切り花節数は、無処理と比較して‘キングオブスノー’において約1節、‘ロココマリン’において約3節小さいが、切り花長には差がないことから、吸水種子湿潤低温処理が節間伸長に促進的に作用していることが示唆された。‘ロココマリン’において底面給水+保湿区と途中かん水区の間で切り花長に差がみられたが、この原因については明らかではない。しかしながら、他の吸水種子湿潤低温処理との間に差がなく、‘キングオブスノー’では切り花長に差がなかったことから、いずれの吸水種子湿潤低温処理方法でも生産技術上の問題はないと判断した。切り花重や有効小花数は、吸水種子湿潤低温処理を行った6区間に差がなく、吸水種子湿潤低温処理を行った6区と比較して無処理が大きかった。これは、抽苔率および発蕾率(第1-5表)を示したように、ほとんどの株が順調に生育した吸水種子湿潤低温処理を行った6区と比較して無処理区では集団の中で特定の株のみが生育し、それらの株の光環境条件などが良好な状況で経過したためと考えられた。

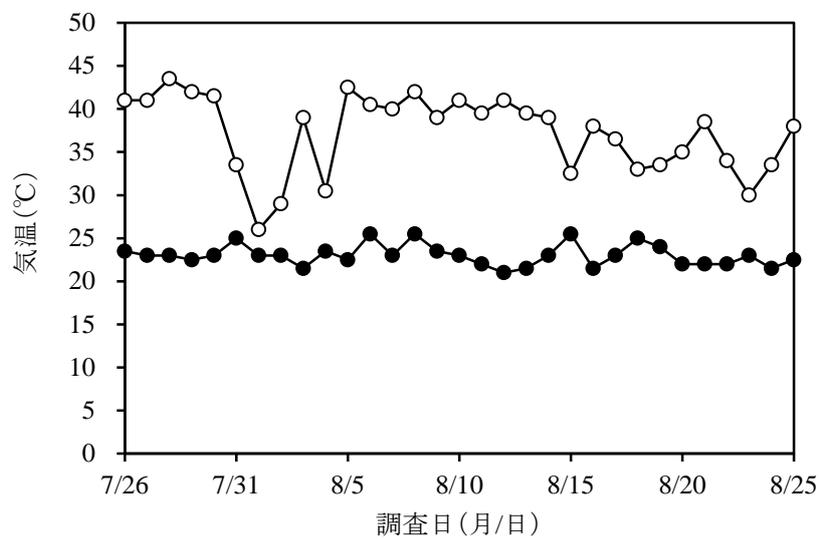
谷川ら(1999)および福島ら(2003)の報告においてみられた90%以上の開花率を示す品種割合の差は、少なくとも吸水種子湿潤低温処理方法に起因するものではないと考えられた。両報告で異なる結果が生じた要因の一つは、実験年次(1998年および2000~2002年)、実験場所(福岡県筑紫野市および広島県東広島市)およびOhkawaら(1991)が高温遭遇によりロゼットを誘導

すると報告した本葉2対展開期までの時期(それぞれ7~8月および6~7月)が異なることから、第2章で後述するように吸水種子湿潤低温処理後の温度と考えられる。

ところで、キク栽培において穂冷蔵および苗冷蔵は、夏の高温により誘導されたロゼット化を防止するための低温処理(小西, 1975, 1980; 小西ら, 1988)や安定的に定植苗数を確保するための苗の貯蔵(樋口・森岡, 1972)を目的に行われている。キクの穂冷蔵と苗冷蔵の低温処理方法を比較した報告(樋口・原, 1974; 松田・万豆, 1975)において、低温処理による定植後の生育への影響は、処理方法による差が小さく、実際の作業性を考慮して選択することを推奨している。

切り花生産に利用されるトルコギキョウ種子の多くは、コーティング加工されており、播種前に水中に種子を浸漬して低温処理する方法においてはコーティングが崩壊するので、その後の播種作業が煩雑になる。このため、作業性を考慮すると、生産現場においては育苗トレーへ播種後に低温処理を行う方法が優れていると示唆される。裸種子を利用する場合においては、播種後に低温処理する方法と比較して播種前に水中に種子を浸漬して低温処理する方法が省スペースで大量の種子を低温処理できる点で優れている。ただし、第1章第4節および第3章第1節で述べるが、吸水種子湿潤低温処理後の乾燥は、子葉展開率を低下させることから、播種作業時の乾燥防止に留意する必要がある。本節においては、いずれの吸水種子湿潤低温処理方法でも処理終了日に育苗培地および種子が湿潤状態であり、このことは吸水種子湿潤低温処理の効果を発揮するうえで重要な要因の一つと考えられる。

以上のことから、高温期に育苗する作型においては、本節で検討したいずれの吸水種子湿潤低温処理方法でも、無処理と比較して開花率が高まるとともに、生育および切り花形質にも問題はないことが明らかとなった。なお、実際の栽培においては、生産規模や所有する冷蔵機器および施設に応じた方法で吸水種子湿潤低温処理を行えばよいと考えられた。



第1-5図 育苗中の日最高気温 (○) と日最低気温 (●) の推移

第1-5表 品種および吸水種子湿潤低温処理方法が抽苔率, 発蕾率および開花率に及ぼす影響

品種	吸水種子湿潤 低温処理方法	抽苔率 (%)	発蕾率 (%)	開花率 (%)
キングオブスノー	無処理	30.6 a	20.8 a	16.7 a
	浸漬	100 b	93.1 b	64.7 b
	無保湿	100 b	97.2 b	66.7 b
	保湿	100 b	98.6 b	72.2 b
	底面給水	100 b	100 b	80.6 b
	底面給水+保湿	100 b	95.8 b	76.4 b
	途中かん水	100 b	98.6 b	83.3 b
ロココマリン	無処理	20.4 a	13.0 a	13.0 a
	浸漬	100 b	100 b	96.3 b
	無保湿	100 b	98.1 b	92.6 b
	保湿	100 b	100 b	96.3 b
	底面給水	100 b	94.4 b	81.5 b
	底面給水+保湿	100 b	92.6 b	90.7 b
	途中かん水	100 b	98.1 b	94.4 b

調査株: 'キングオブスノー'が各処理区24株の3反復, 'ロココマリン'が各処理区18株の3反復とした

同一品種内の同一英小文字間にはアークサイン変換後のTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しない(n=3)

第1-6表 品種および吸水種子湿潤低温処理方法が生育に及ぼす影響

品種	吸水種子湿潤 低温処理方法	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v
キングオブスノー	無処理	29.2 c	5.1 c	55.3 c	11.7 b	123.8 a
	浸漬	23.5 b	4.8 bc	51.0 bc	10.9 a	121.9 a
	無保湿	22.2 ab	4.6 ab	49.9 ab	10.7 a	120.7 a
	保湿	21.2 ab	4.6 ab	47.3 ab	10.4 a	118.5 a
	底面給水	21.2 ab	4.6 ab	46.6 ab	10.4 a	119.2 a
	底面給水+保湿	21.0 ab	4.5 ab	46.9 ab	10.3 a	119.3 a
	途中かん水	20.1 a	4.3 a	45.5 a	10.3 a	115.3 a
ロココマリン	無処理	41.7 b	6.2 b	104.0 b	16.8 b	171.3 b
	浸漬	23.9 a	4.9 a	58.6 a	11.9 a	121.7 a
	無保湿	24.1 a	5.0 a	59.0 a	11.9 a	119.9 a
	保湿	24.3 a	5.0 a	59.3 a	12.0 a	122.9 a
	底面給水	23.6 a	5.0 a	58.6 a	11.9 a	120.8 a
	底面給水+保湿	23.5 a	5.0 a	57.5 a	11.9 a	119.8 a
	途中かん水	22.7 a	5.0 a	56.9 a	12.0 a	117.6 a

調査株: 第1-5表に示した調査株の内, 実験終了日の2005年2月28日までに開花した株

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が4輪以上開花した日までの日数

同一品種内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しない(n=3)

第1-7表 品種および吸水種子湿潤低温処理方法が切り花形質に及ぼす影響

品種	吸水種子湿潤	切り花長	切り花重	切り花	有効
	低温処理方法	(cm)	(g)	節数	小花数 ²
キングオブスノー	無処理	56.6 a	84.8 a	10.5 b	11.4 b
	浸漬	55.9 a	67.9 a	9.4 a	7.6 a
	無保湿	54.5 a	63.9 a	9.5 a	7.3 a
	保湿	58.7 a	68.6 a	9.5 a	7.3 a
	底面給水	58.1 a	68.2 a	9.5 a	7.5 a
	底面給水+保湿	55.9 a	62.4 a	9.4 a	6.6 a
	途中かん水	60.1 a	69.3 a	9.6 a	7.4 a
ロココマリン	無処理	80.3 ab	81.5 b	13.8 b	7.5 a
	浸漬	80.6 ab	62.7 ab	10.4 a	6.6 a
	無保湿	80.7 ab	60.3 a	10.2 a	6.5 a
	保湿	82.1 ab	59.2 a	10.2 a	6.3 a
	底面給水	81.0 ab	60.4 a	10.1 a	6.5 a
	底面給水+保湿	82.6 b	63.3 ab	10.0 a	6.6 a
	途中かん水	74.1 a	52.0 a	10.3 a	6.4 a

調査株: 第1-5表に示した調査株の内、実験終了日の2005年2月28日までに開花した株

² 開花日に開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

同一品種内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定(n=3)により5%水準で有意な差が存在しない

第 4 節 吸水種子湿潤低温処理中の乾燥

本章第 3 節において，‘キングオブスノー’では，検討したいずれの吸水種子湿潤低温処理方法でも，無処理と比較して開花率が高まるとともに，生育および切り花形質にも生産上問題となる差はないことが明らかとなった．いずれの吸水種子湿潤低温処理方法でも処理終了日に育苗培地および種子が湿潤状態であり，このことは吸水種子湿潤低温処理の効果を発揮するうえで重要な要因の一つと考えられた．生産現場では，育苗トレーに播種後に冷蔵庫に搬入し，吸水種子湿潤低温処理に必要な期間を経過した後に冷蔵庫から出庫した際，育苗培地が乾燥している事例がみられる．本章第 2 節において，プライミングが行なわれていない場合には，吸水種子湿潤低温処理が 7 日間と短いと抽苔率，発蕾率および開花率が低くなり，また，定植後の生育が明らかに遅れた．谷川ら（2002）も，10℃，暗黒条件での吸水種子湿潤低温処理 35 日間と比較して 21 日間では抽苔率や開花率が低下することを報告している．すなわち，生産現場において，吸水種子湿潤低温処理を行ったにもかかわらずロゼット株が発生する原因の一つとして，低温処理中に種子が乾燥することで十分な低温遭遇ができていないことが考えられる．

そこで，本節では，吸水種子湿潤低温処理中の人為的な種子の再乾燥が，その後の発芽や定植後の生育に及ぼす影響を明らかにしようとした．

材料および方法

実験には，‘キングオブスノー’（(株)サカタのタネ，早生，白八重）を用いた．処理区として，吸水種子湿潤低温処理と再乾燥処理の総日数が 35 日間となり，吸水種子湿潤低温処理が 0 日間，5 日間，10 日間，15 日間，20 日間，25 日間，30 日間および 35 日間とする 8 処理区を設けた．各区とも子葉展開率については 100 粒の反復なしとし，定植後の生育については 1 反復当たり 30 株の 3 反復とし計 90 株を供試した．吸水種子湿潤低温処理は，水道水に浸漬したトルコギ

キョウ種子を 10°C の暗黒条件下で播種前に静置する方法により行った。再乾燥処理は、所定の日数に吸水種子湿潤低温処理を行った後、種子表面の水分を拭き取り、2 枚重ねの乾燥ろ紙を敷いた 9 cm シャーレに移し、吸水種子湿潤低温処理と同じインキュベータ内の通風条件下で行った。子葉展開率の調査用に 5 mL の蒸留水を加えて過湿した 2 枚のろ紙を敷いた 9 cm シャーレおよび生育調査用に育苗培地（メトロミックス 350, (株) ハイポネックスジャパン）を充填した 288 穴セルトレーへ 2005 年 9 月 14 日に播種した。播種後、最低気温が 25°C を下回らないよう加温したガラス温室内で育苗した後、10 月 14 日に本圃へ定植した。栽植方法は、条間および株間をともに 10 cm とし、中央を 1 条空けた 6 条植えとした。施肥は、基肥とし $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ ($kg \cdot a^{-1}$) を施用し、追肥を適宜行った。開花期が冬春季となることから、白熱電球（K-RD100V75W, パナソニック（株））を $10 \text{ 球} \cdot a^{-1}$ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し、16~21 時および 3~8 時に点灯する 18 時間日長として電照を定植から実験を終了した 2006 年 6 月 30 日まで行った。加温については、定植から実験終了まで日最低気温が 15°C を下回らないように行った。

子葉展開率は、育苗開始から 13 日後までに子葉が展開した状態を子葉展開として算出した。生育調査については、主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔率、発蕾率および開花率を、また定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。本節では、定植 60 日後までに抽苔しなかった株をロゼットと定義したが、それ以後も生育調査を継続した。

結 果

育苗中の日最高気温は、26~28°C の範囲で推移し平均 32.2°C、日最低気温は 23~27°C の範囲で推移し平均 24.8°C であった（第 1-6 図）。

子葉展開率は、吸水種子湿潤低温処理-再乾燥日数が 35-0 では播種 4 日後にプラトーに達したのに対し、吸水種子湿潤低温処理後に再乾燥を行った他の 6 区および吸水種子湿潤低温処理を行わなかった 0-35 では、播種 7 日後以降にプラトーに達した（第 1-7 図）。播種 13 日後の子葉展開率は、35-0 では 98%であったのに対して、0-35 では 84%、5-35 と 10-25 では 100%、15-20 では 84%、20-15 では 72%、25-10 では 66%および 30-5 では 38%となった。

ロゼット率は、吸水種子湿潤低温処理-再乾燥処理日数が 0-35 および 5-30 では、それぞれ 92.2% および 91.0%であった（第 1-8 図）。5-30、10-25、15-20 および 20-15 では、吸水種子湿潤低温処理日数が大きいほどロゼット率が低下する傾向となり、0-35 と比較して吸水種子湿潤低温処理を 15 日以上行った 5 区のロゼット率は有意に低かった。

定植後の生育が非常に緩慢でロゼットと判定された株を含む定植した株のほとんどは、実験終了までには開花し、抽苔率、発蕾率および開花率において処理区間に有意な差はなかった（第 1-8 表）。

抽苔までの日数は、吸水種子湿潤低温処理-再乾燥処理日数 0-35 および 5-30 が他の 6 区と比較して有意に大きかった（第 1-9 表）。吸水種子湿潤低温処理日数が 5～30 日間までの 6 区では低温処理日数が長いほど抽苔までの日数が小さくなる傾向がみられ、低温処理日数が 25 日間以上の 3 区では処理区間に差がなかった。抽苔節数は、吸水種子湿潤低温処理-再乾燥処理日数 0-35 および 5-30 が他の 6 区と比較して大きかった。吸水種子湿潤低温処理日数が 5～30 日間までの 6 区では低温処理日数が大きいほど抽苔節数が小さくなる傾向がみられ、低温処理日数が 20 日間以上の 4 区では処理区間に差がなかった。発蕾までの日数は、吸水種子湿潤低温処理-再乾燥処理日数 0-35 および 5-30 が他の 6 区と比較して有意に大きかった。吸水種子湿潤低温処理日数が 5～30 日間までの 6 区では低温処理日数が大きいほど発蕾までの日数が小さくなる傾向がみられ、低温処理日数が 30 日間および 35 日間では処理区間に差がなかった。発蕾節数は、吸水種子湿潤低温処理日

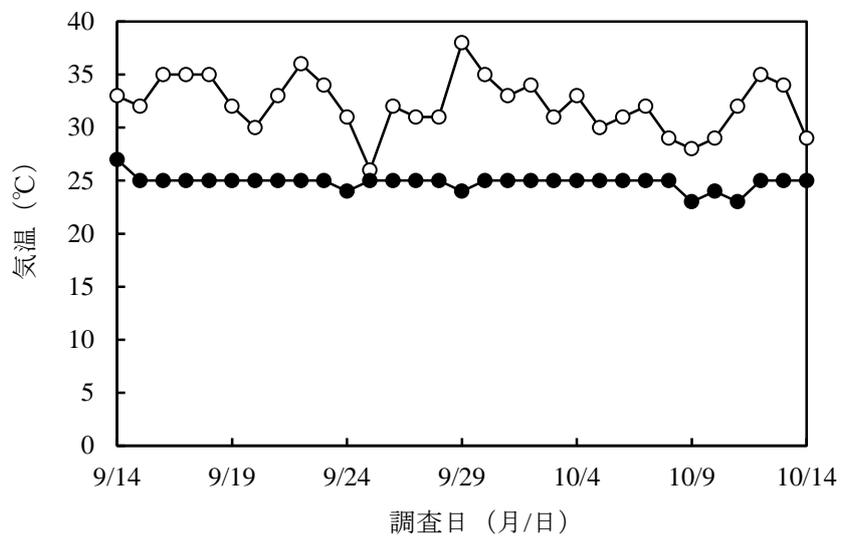
数が 15 日間以上の 5 区と比較して 0 日間および 5 日間において大きかった。吸水種子湿潤低温処理日数が 5～30 日間までの 6 区では低温処理日数が大きいほど発蕾節数が小さくなる傾向がみられ、低温処理日数が 20 日間以上の 4 区では処理区間に差がなかった。開花までの日数は、吸水種子湿潤低温処理日数が 0 日間、5 日間および 10 日間の 3 区が他の 5 区と比較して大きかった。吸水種子湿潤低温処理日数が 5～30 日間までの 6 区では低温処理日数が大きいほど開花までの日数が小さくなる傾向がみられ、低温処理日数が 25 日間以上の 3 区では処理区間に差がなかった。

考 察

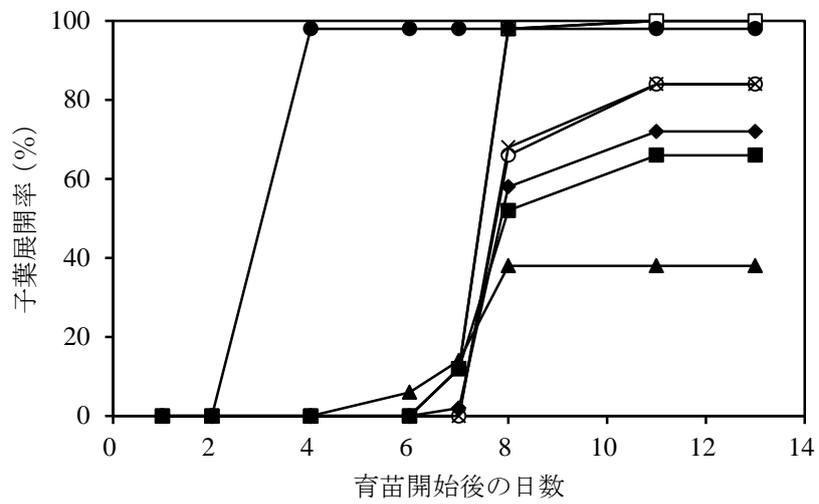
谷川ら (2002) は、吸水種子湿潤低温処理が 35 日間であれば抽苔率が 100%であったのに対して、低温処理日数が 21 日間または 49 日間である場合には、抽苔率がそれぞれ 87.5%および 68.8%に低下したことを報告している。この結果は、吸水種子湿潤低温処理により高い抽苔率を得るためには、低温処理日数が非常に重要であることを示唆している。吸水種子湿潤低温処理中に人為的に再乾燥させた本節においても、再乾燥までの吸水種子湿潤低温処理の日数がロゼット率に影響した (第 1-8 図)。再乾燥前の吸水種子湿潤低温処理の日数が 15 日間以上であれば、低温処理日数が 0 日間および 5 日間と比較して小さくなった。本節では、定植後 60 日以内に抽苔しなかった株をロゼットと定義したが、定植後順調に生育しても開花までに 180 日程度を要する 10 月定植作型においては、ロゼットと判断された株を含めたほとんどの株が実験終了までに開花した。Ohkawa ら (1991) は、‘福紫盃’において、播種から本葉が 2 対展開するまでの苗は、25℃以上の高温によってロゼット化が誘導され、播種後 14 日間に昼/夜が 33/28℃に遭遇すると抽苔が完全に抑制されたことを報告している。また、Ohkawa ら (1994) は、本葉が 2 対展開した苗において、高温によって誘発されたロゼット化は、5～20℃の温度に遭遇することによって打破され、ロゼット打破に最も有効な温度および期間が 15℃および 28 日間であったことを報告している。

これらの報告から、本節では、育苗中の高温によりロゼット化が誘導され、定植後の栽培期間中の低温遭遇によりロゼット打破されたと示唆された。本章第3節では、吸水種子湿潤低温処理方法が生育や切り花特性に影響しないことを明らかにしたが、低温処理方法の違いに由来する種子の水分条件の違いが生育に及ぼす影響を明らかにすることはできなかった。第1-9表に示したように、再乾燥処理までの吸水種子湿潤低温処理が0日および5日間と比較して、10日以上吸水種子湿潤低温処理を行った場合には、抽苔節数が小さくなり、抽苔および発蕾までの日数が小さくなった。さらに、15日以上吸水種子湿潤低温処理を行った場合には、発蕾節数および開花までの日数が小さくなった。これらの結果は、吸水種子湿潤低温処理の開始から10日未満で種子が乾燥した場合には、生育促進のための低温遭遇として作用しなかったことを示唆した。従って、トルコギキョウ生産者は、吸水種子湿潤低温処理を活用して安定した切り花生産を行うためには、低温処理中に種子が乾燥しないよう留意しなければならないといえる。

本節において、吸水種子湿潤低温処理の日数が大きいほど再乾燥処理後も吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果が高く維持されたという非常に興味深い結果が得られた(第1-9表)。しかしながら、長期間の吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥は、子葉展開率を低下させる(第1-7図)という課題も明らかになった。これらについては、第3章において検討を行った。

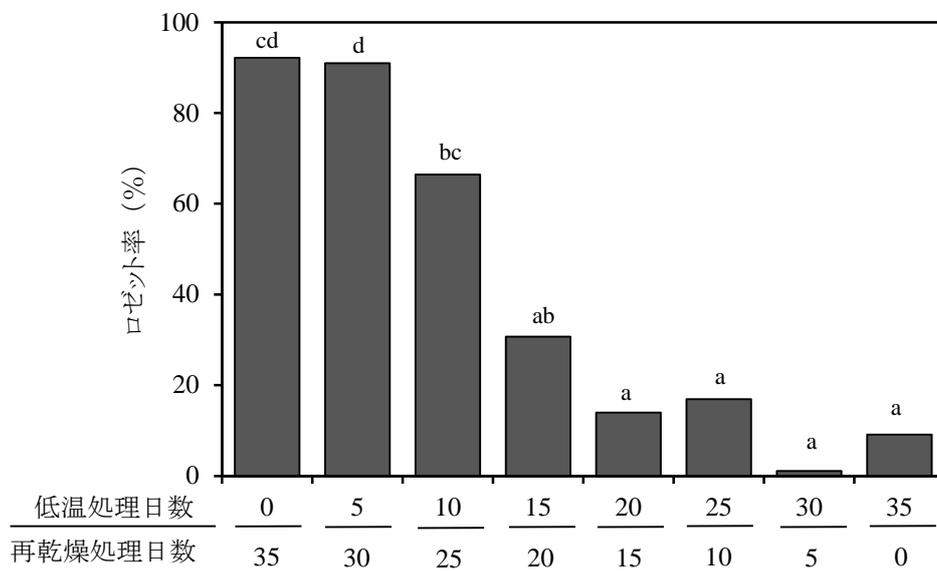


第1-6図 育苗中の日最高気温 (○) と日最低気温 (●) の推移



第1-7図 総処理日数が35日となる吸水種子湿潤低温処理と再乾燥処理が‘キングオブスノー’の子葉展開率に及ぼす影響

図中の○は0-35(吸水種子湿潤低温処理-再乾燥処理日数), △は5-30, □は10-25, ×は15-20, ◆は20-15, ■は25-10, ▲は30-5および●は35-0を示す



第1-8図 吸水種子湿潤低温処理とその後の再乾燥処理が‘キングオブスノー’のロゼット率に及ぼす影響

図中の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により有意な差が存在しない(n=3)

第1-8表 総処理日数を35日とする吸水種子湿潤低温処理と再乾燥処理が‘キングオブスノー’の抽苔率, 発蕾率および開花率に及ぼす影響

吸水種子湿潤 低温処理日数	再乾燥 処理日数	抽苔率 (%)	発蕾率 (%)	開花率 (%)
0	35	100	98.9 a	98.9 a
5	30	100	100 a	100 a
10	25	100	97.7 a	93.3 a
15	20	100	100 a	90.5 a
20	15	100	98.9 a	98.9 a
25	10	100	100 a	98.9 a
30	5	100	100 a	86.1 a
35	0	100	98.7 a	98.7 a

同一カラム内の同一英小文字間にはアークサイン変換後のTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しない(n=3)

第1-9表 総処理日数を35日とする吸水種子湿潤低温処理と再乾燥処理が‘キングオブスノー’の抽苔，発蕾および開花に及ぼす影響

吸水種子湿潤 低温処理日数	再乾燥 処理日数	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v
0	35	105.8 e	9.0 d	188.2 d	25.5 d	234.1 c
5	30	104.1 e	9.1 d	182.6 d	24.7 d	231.6 c
10	25	80.1 d	7.5 c	160.3 c	23.0 cd	217.5 c
15	20	58.6 c	6.1 b	138.8 b	20.9 bc	197.7 b
20	15	52.4 bc	5.6 ab	136.8 b	20.3 abc	199.3 b
25	10	47.6 abc	5.5 ab	128.3 b	19.5 ab	193.4 ab
30	5	37.8 a	5.0 a	106.9 a	17.1 a	178.4 a
35	0	45.2 ab	5.4 ab	122.3 ab	18.8 ab	188.7 ab

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が4輪以上開花した日までの日数

同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しない(n=3)

第2章 吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度

前章において、Ohkawa ら（1991）および佐藤ら（2004）がロゼット化を誘導すると報告した温度と比較して高い温度域で育苗したにもかかわらず、吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果は処理方法にかかわらず高く保持されていた。谷川ら（1999）および福島ら（2003）の報告においてみられた90%以上の開花率を示す品種割合の差は、少なくとも品種の有するロゼット性および吸水種子湿潤低温処理方法に起因するものではないと考えられた。

スターチス・シヌアータでは、吸水種子湿潤低温処理の終了直後から高温に遭遇すると脱春化し、抽苔率が低下するとともに抽苔までの日数が増加するとされている（吾妻・犬伏，1986；吾妻ら，1983）。また、春咲き系スイートピーでは、吸水種子湿潤低温処理後の温度が高いほど発蕾節数や発蕾までの日数が増加し、処理効果が低下するとされている（土居・鴻野，1990）。トルコギキョウにおいても、吸水種子湿潤低温処理を行わない場合ではあるが、育苗中の高温遭遇によって、抽苔率および開花率が低下することが報告されている（吾妻・犬伏，1988；Harbaugh ら，1992；Ohkawa ら，1991）。これらの知見から、トルコギキョウの吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果の品種間差異に関する前述の両報告（福島ら，2003；谷川ら，1999）で結果が異なった原因として、育苗温度の影響が大きいと考えられる。谷川ら（2002）は、‘あすかの桜’において、吸水種子湿潤低温処理後に昼（7～19時）／夜（19～7時）を30/25℃で育苗し、11月下旬に定植した作型では抽苔率が85%であったのに対して、吸水種子湿潤低温処理後になりゆきの温度で育苗し、7月下旬に定植した作型では抽苔率が100%となり、吸水種子湿潤低温処理後の温度、日長および日射量が抽苔率に影響する可能性を示唆している。しかしながら、吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度による影響について詳細に調べた報告はみられない。

そこで、本章では、吸水種子湿潤低温処理後の育苗中における昼夜温が定植後の生育に及ぼす影響を明らかにすることによって、暖地で高温期に育苗する秋～春出荷作型における定植後の抽

苔率および開花率を高めるための育苗中の温度条件を特定しようと試みた。

第1節 吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温

吾妻・高野（1996）は、2週間育苗して発芽したトルコギキョウ苗を、昼間がなりゆきの温度（25～35℃）で夜間（17～6時）のみを15～17℃の冷房条件で育苗した苗（夜冷育苗）と、育苗開始から昼間が25～27℃で夜間が15～17℃の冷房条件で育苗した苗（冷房育苗）とを比較したところ、高知県における8月5日播種、10月5日定植の作型でも夜冷育苗と冷房育苗にかかわらず、供試した‘あずまの雪’他5品は、定植後直ちに抽苔、発蕾し、いずれも1月中～2月下旬に開花したことを報告している。このように、トルコギキョウのロゼット回避および生育促進に対して、育苗中の夜温が重要であるといえる。吸水種子湿潤低温処理後の育苗においても、育苗夜温が重要と考えられるが、この点について詳細に検討した報告はない。

そこで本節では、吸水種子湿潤低温処理および育苗夜温がロゼット性の異なる2品種の生育および切り花形質に及ぼす影響について調査し、吸水種子湿潤低温処理によるロゼット回避および生育促進効果を安定的に発現させるための育苗夜温を明らかにしようとした。

材料および方法

供試品種のロゼット性については、李ら（2002）による分類法に基づき、品種群A～E（弱～強）の5段階で示した。ロゼット性が最も強い品種群Eの‘ロココマリン’（（株）ミヨシグループ、中晩生、紫覆輪一重）と谷川ら（2002）が供試した品種と同じ中程度のロゼット性を示す品種群Cの‘キングオブスノー’（（株）サカタのタネ、早生、白八重）を用いた。処理区として、吸水種子湿潤低温処理を無処理と処理の2水準、育苗夜温を22℃、25℃、28℃および31℃の4水準とし、品種、吸水種子湿潤低温処理および育苗夜温を組み合わせた16処理区を設けた。各区

とも1反復当たり12株の5反復とし計60株を供試した。吸水種子湿潤低温処理は、谷川ら(2002)の報告に基づき、水道水に浸漬した種子を10°Cの暗黒条件で播種前の35日間静置する方法により行った。吸水種子湿潤低温処理を終了した2004年7月26日に処理種子および無処理の種子を育苗培地(メトロミックス350, (株)ハイポネックスジャパン)を充填した288穴セルトレーに播種した。播種後、昼間(7~19時)を36°C, 夜間(19~7時)を所定の温度とした自然光型フアイトトロン((株)広島設備開発)内で30日間育苗した後、本葉が2対展開した苗を8月25日に本圃へ定植した。栽植方法は、条間および株間をともに10cmとし、中央を1条空けた6条植えとした。施肥は、基肥として $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ (kg・a⁻¹)を施用し、追肥を適宜行った。開花期が冬春季となることから、白熱電球(K-RD100V75W, パナソニック(株))を10球・a⁻¹の密度で畝面上約1.8mに配置し、16~21時および3~8時に点灯する18時間日長として電照を10月8日から実験を終了した2005年3月31日まで行った。加温については、10月14日から実験終了まで日最低気温が15°Cを下回らないように行った。

生育調査については、主茎のいずれかの節間が5mm以上伸長した日を抽苔日、主茎に5mm以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く4輪以上の小花が開花した日を開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔率、発蕾率および開花率を、また定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と1.5cm以上に発達した蕾の総数とした。

結 果

抽苔率および発蕾率は1%水準で、開花率は5%水準で品種の影響がみられた(第2-1表)。抽苔率、発蕾率および開花率は、いずれも1%水準で吸水種子湿潤低温処理および育苗夜温の影響

がみられ、‘ロココマリン’ および ‘キングオブスノー’ とともに同一の育苗夜温では無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理が高く、吸水種子湿潤低温処理を行った4区を比較すると育苗夜温が高いほど低くなる傾向を示した。また、品種と吸水種子湿潤低温処理および吸水種子湿潤低温処理と育苗夜温に交互作用がみられた。

抽苔までの日数、抽苔節数、発蕾までの日数、発蕾節数および開花までの日数は、1%水準で品種および育苗夜温による影響がみられ、22℃と比較して31℃が大きく、育苗夜温が高いほど大きくなる傾向であった(第2-2表)。抽苔節数および発蕾までの日数では、品種および育苗夜温の交互作用がみられた。切り花長、切り花重および有効小花数は、1%水準で品種の影響がみられた。切り花長は、品種の影響とともに1%水準で育苗夜温の影響がみられ、同一の品種では22℃において最も大きく、育苗夜温が高いほど小さくなる傾向であった。

考 察

Ohkawaら(1991)が本葉2対までの高温遭遇がロゼット化を誘導することを報告したように、吸水種子湿潤低温処理を行わなかった無処理の抽苔率、発蕾率および開花率は、育苗夜温が高いほど低下した(第2-1表)。一方で、ロゼット性の異なる‘ロココマリン’および‘キングオブスノー’の吸水種子湿潤低温処理の開花率は、いずれも育苗夜温が高いほど低下したが、育苗夜温が22℃および25℃では90%以上となり、同一の育苗夜温に設定した無処理における21.7~51.7%と比較して大きく向上した。また、育苗夜温が高いほど抽苔節数、発蕾節数や抽苔、発蕾および開花までの日数が増加する傾向もみられた(第2-2表)。吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温が22~31℃の範囲において、夜温が高いほど低温処理の効果に抑制的に影響し、その結果として開花までの日数が増加することは、スターチス・シヌアータにおける吸水種子湿潤低温処理の終了直後からの高温遭遇による脱春化(吾妻・犬伏, 1986; 吾妻ら, 1983)に類似の現象と推察され

た。さらに、吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温は、切り花長にも1%水準で影響を及ぼした(第2-2表)。トルコギキョウにおける低温遭遇と茎伸長との関係性について、Minoら(2003)は、ロゼット化した苗に対する21~35日間の低温遭遇では、遭遇期間が長いほど茎の伸長量が大きいことを報告している。トルコギキョウへの低温処理の効果は5~20℃の範囲でみられる(Ohkawaら, 1994)が、本節の育苗温度はこれよりも高いことから育苗中に低温遭遇したとは考えにくい。従って、吸水種子湿潤低温処理による低温の充足量が育苗中の高夜温に遭遇したことによって減少し、結果として切り花長は、育苗夜温が高いほど小さくなったと考えられた。これらの結果から、吸水種子湿潤低温処理により開花率が100%となる安定した処理効果を得るためには、育苗夜温の上限値が22~25℃の範囲に存在すること、加えて22℃を目安とすることでロゼット性にかかわらず吸水種子湿潤低温処理を適用できることが明らかとなった。

第2-1表 吸水種子湿潤低温処理および育苗夜温がロゼット性の異なる2品種の抽苔率、
発蕾率および開花率に及ぼす影響

品種	吸水種子湿潤 低温処理 ^z	育苗夜温 (°C)	抽苔率 (%)	発蕾率 (%)	開花率 (%)
ロココマリソ	-	31	1.7	1.7	1.7
		28	13.3	10	10
		25	31.7	25	21.7
		22	40	30	25
	+	31	69.8	47.8	49.5
		28	100	95	81.5
		25	98.3	98.3	96.7
		22	100	100	100
キングオブスノー	-	31	15	15	10
		28	46.7	41.7	38.3
		25	51.7	46.7	38.3
		22	66.7	58.3	51.7
	+	31	73.3	48.3	40
		28	100	95	78.3
		25	100	98.3	91.7
		22	100	100	100
分散分析 ^y					
品種 (A)			**	**	*
種子低温処理 (B)			**	**	**
育苗夜温 (C)			**	**	**
(A) × (B)			**	**	**
(A) × (C)			ns	ns	ns
(B) × (C)			**	**	**
(A) × (B) × (C)			ns	ns	ns

^z 吸水種子湿潤低温処理を行わない場合を「-」、行った場合を「+」で示す

^y アークサイン変換後、三元配置分散分析により**および*は、それぞれ1%および5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す

第2-2表 吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温がロゼット性の異なる2品種の生育および切り花形質に及ぼす影響

品種	育苗夜温 (°C)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
ロココマリン	31	31.2	5.2	104.2	15.1	163.7	64.7	68.5	6.4
	28	23.4	5.0	63.1	12.5	127.4	69.6	65.0	6.7
	25	23.5	4.9	59.8	12.1	121.4	75.2	66.4	6.8
	22	21.3	4.3	53.4	11.3	112.0	85.5	65.1	7.4
キングオブスノー	31	28.4	5.3	68.9	13.1	147.2	50.7	88.9	9.4
	28	19.6	4.5	48.0	10.6	120.1	56.9	79.4	8.6
	25	19.8	4.3	48.1	10.2	120.2	61.6	84.7	9.1
	22	16.6	4.0	39.4	9.4	108.2	67.0	85.9	10.4
分散分析 ^t									
品種 (A)		**	**	**	**	**	**	**	**
育苗夜温 (B)		**	**	**	**	**	**	ns	ns
(A) × (B)		ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が4輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

^t **および*は、二元配置分散分析によりそれぞれ1%および5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す

第2節 吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温

本章第1節において、吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温は、トルコギキョウの生育や切り花形質に影響することを明らかにした。また、吸水種子湿潤低温処理により開花率が100%となる安定した処理効果を得るためには、育苗夜温の上限値が22~25℃の範囲に存在すること、加えて22℃を目安とすることで品種の有するロゼット性にかかわらず吸水種子湿潤低温処理を適用できることが明らかとなった。しかしながら、吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温の影響については、十分に明らかにできていない。

吾妻・高野(1996)は、夜間(17~6時)を15~17℃で冷房する場合において、昼間の温度や強日射は、トルコギキョウのロゼット化や生育に対して影響を及ぼさないと報告している。一方で、Ohkawaら(1991)は、‘福紫盃’を用いて、自然光型ファイトトロン内で播種後の昼/夜が28/23℃で生育した場合、抽苔率は6月播種では約30%、10月播種では約60%および2月播種では約90%と大きく異なったことを報告している。この原因として、2月播種と比較して6月播種において、強日射により葉温が高まる可能性を示唆している。また、竹崎ら(2003)は、‘つくしの雪’を用いて、高日射条件において培地含水率25%を灌水点とした場合、培地の乾燥により生じる水ストレスのために葉温が上昇し、ロゼット化を助長することを報告している。これらの報告から育苗中の昼温、日長および日射がトルコギキョウの生育に及ぼす影響は、夜温が低い条件では生育に対する影響が小さく、夜温が高い条件では影響が大きくなると推察した。

そこで本節では、育苗夜温が25℃において吸水種子湿潤低温処理および育苗昼温がロゼット性の異なる2品種の生育および切り花形質に及ぼす影響について調査し、吸水種子湿潤低温処理によるロゼット回避および生育促進効果を安定的に発現させるための育苗昼温を明らかにしようとした。

材料および方法

供試品種のロゼット性については、李ら（2002）による分類法に基づき、品種群 A～E（弱～強）の 5 段階で示した。実験には、ロゼット性が最も強い品種群 E の‘ロココマリン’（（株）ミヨシグループ、中晩生、紫覆輪一重）とロゼット性が最も弱い品種群 A の‘ロココホワイト’（（株）ミヨシグループ、中生、白一重）を用いた。処理区として、吸水種子湿潤低温処理を無処理と処理の 2 水準、育苗昼温を 30℃および 40℃の 2 水準とし、品種、吸水種子湿潤低温処理および育苗昼温を組み合わせた 8 処理区を設けた。各区とも 1 反復当たり 12 株の 4 反復とし計 48 株を供試した。吸水種子湿潤低温処理は、谷川ら（2002）の報告に基づき、水道水に浸漬した種子を 10℃の暗黒条件で播種前の 35 日間静置する方法により行った。低温処理が終了した 2003 年 6 月 27 日に処理種子および無処理種子を育苗培地（メトロミックス 350,（株）ハイポネックスジャパン）を充填した 200 穴セルトレーに播種した。播種後、夜間（19～7 時）を 25℃、昼間（7～19 時）を所定の温度とした自然光型ファイトトロン（（株）広島設備開発）内で 30 日間育苗した後、本葉が 2 対展開した苗を 7 月 28 日に本圃へ定植した。栽植方法は、条間および株間をともに 12 cm とし、いずれも中央を 1 条空けた 6 条植えとした。施肥は、基肥として $N : P_2O_5 : K_2O = 2.0 : 1.7 : 1.7$ ($kg \cdot a^{-1}$) 施用し、追肥を適宜行った。本実験では、定植から実験を終了した 12 月 1 日までを自然日長とした。10 月 3 日から実験終了まで日最低気温が 10℃を下回らないよう加温した。

生育調査については、主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔率、発蕾率および開花率を、また定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と 1.5 cm 以上に発達した蕾の総数とした。

結 果

抽苔率，発蕾率および開花率は，‘ロココマリン’ および ‘ロココホワイト’ とともに吸水種子湿潤低温処理を行うことでいずれも 100%となり，1%水準で品種，吸水種子湿潤低温処理の影響およびこれらの交互作用がみられたが，育苗昼温の影響はみられなかった（第 2-3 表）。

吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温が生育および切り花形質に及ぼす影響ついてみると，抽苔までの日数，抽苔節数，発蕾までの日数，開花までの日数，切り花長および切り花重は，同一の育苗昼温では ‘ロココマリン’ と比較して ‘ロココホワイト’ において小さく，1%水準で品種の影響がみられた（第 2-4 表）。また，抽苔，発蕾および開花までの日数では 1%水準で，切り花長では 5%水準で育苗昼温の影響がみられ，発蕾および開花までの日数では 1%水準で品種と育苗昼温の交互作用がみられた。有効小花数は，品種や育苗昼温の影響がみられなかった。

考 察

本節において，吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温が抽苔率，発蕾率および開花率に及ぼす影響はみられなかった（第 2-3 表）。しかし，吸水種子湿潤低温処理を行った区の抽苔，発蕾および開花までの日数は，育苗昼温 30℃と比較して 40℃が 2.4～8.5 日大きかった（第 2-4 表）。育苗昼温 40℃は，発蕾節数を増加させるほど強く影響しないが，前節で報告した育苗夜温と同様に低温の充足量を減少させ，その結果として発蕾および開花までの日数が増加したと推察された。ロゼット性が強い品種群 E の ‘ロココマリン’ においても，吸水種子湿潤低温処理を行った区の抽苔率，発蕾率および開花率はすべて 100%となり，無処理の 23～40%と比較して大きく向上することが示された。このように，吸水種子湿潤低温処理は，育苗中の夜温が 25℃で昼温が 40℃であっても，無処理と比較して抽苔率，発蕾率および開花率を大きく向上させることが可能であり，なおかつ品種の有するロゼット性にかかわらず適用可能な技術であることが検証できた。加えて，

育苗昼温が高いほど発蕾および開花が遅れる傾向にあることも明らかとなった。

前述のように、谷川ら（1999）と福島ら（2003）の報告では、90%以上の開花率を示す品種割合に違いが生じたが、この要因を本章の結果を考慮して推察すると以下のようなになる。谷川ら（1999）の実験場所が福岡県筑紫野市であったのに対し、福島ら（2003）は広島県東広島市であった。さらに、高温の影響を受けなくなるとされる本葉2対展開期までの時期は、谷川ら（1999）が7～8月、福島ら（2003）が6～7月であり、この期間の温度は後者において低かったものと推察される。これらのことから、両報告において結果が異なった要因としては、吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度、特に夜温の影響が大きく、90%以上の開花率を示す品種割合が大きく異なったものと推察される。なお、なりゆきの温度条件においても育苗夜温が25℃を超える場合は、夜冷育苗技術の併用が必要となるが、従来の夜冷育苗技術（吾妻・高野，1996；小林・近藤，1990）に基づく10～17℃の育苗夜温よりも高い22℃でも生育促進効果が得られることを明らかにした。これは、生産コストを低減するうえで有益な知見であると考えている。

第2-3表 吸水種子湿潤低温処理および育苗昼温がロゼット性の異なる2品種の抽苔率，
発蕾率および開花率に及ぼす影響

品種	吸水種子湿潤 低温処理 ^z	育苗昼温 (°C)	抽苔率 (%)	発蕾率 (%)	開花率 (%)
ロココマリン	-	40	39.6	33.3	22.9
		30	39.6	37.5	27.1
	+	40	100	100	100
		30	100	100	100
ロココホワイト	-	40	100	100	100
		30	100	100	97.9
	+	40	100	100	100
		30	100	100	100
分散分析 ^y					
品種 (A)			**	**	**
種子低温処理 (B)			**	**	**
育苗昼温 (C)			ns	ns	ns
(A) × (B)			**	**	**
(A) × (C)			ns	ns	ns
(B) × (C)			ns	ns	ns
(A) × (B) × (C)			ns	ns	ns

^z 吸水種子湿潤低温処理を行わない場合を「-」，行った場合を「+」で示す

^y アークサイン変換後，三元配置分散分析により**および*は，それぞれ1%および5%水準で有意差があることを，nsは有意差がないことを示す

第2-4表 吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温がロゼット性の異なる2品種の生育および切り花形質に及ぼす影響

品種	育苗昼温 (°C)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
ロココマリン	40	17.3	4.4	38.0	10.3	82.8	67.7	46.1	8.3
	30	14.0	4.4	33.2	10.1	74.3	70.7	44.7	7.2
ロココホワイト	40	14.6	4.0	34.7	10.1	71.8	48.9	30.9	7.1
	30	12.2	4.0	30.0	10.1	66.1	51.2	34.2	7.0
分散分析 ^t									
品種 (A)		**	**	**	ns	**	**	**	ns
育苗昼温 (B)		**	ns	**	ns	**	*	ns	ns
(A) × (B)		ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が4輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

^t **および*は、二元配置分散分析によりそれぞれ1%および5%水準で有意差があることを、nsは有意差がないことを示す

第3章 吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥

吸水種子湿潤低温処理は、広島県を含む西南暖地を中心とする地域において高温期に育苗する秋～春出荷作型で広く活用されつつある。第1章第3節において示したように、吸水種子湿潤低温処理は、播種前に水中に浸漬した状態で低温処理を行っても、育苗トレーに播種後に低温処理を行っても同等の生育促進効果が得られる。播種前に水中に種子を浸漬して低温処理する方法は、育苗トレーへ播種後に低温処理を行う方法と比較して、省スペースで大量の種子を低温処理できる点で優れている。しかしながら、切り花生産に利用されるトルコギキョウ種子の多くは、コーティング加工されており、播種前に水中に種子を浸漬して低温処理する方法においてはコーティングが崩壊するので、その後の播種作業が煩雑になる。このため、作業性を考慮すると育苗トレーへ播種後に低温処理を行う方法が優れている。実際に、ほとんどの生産者は、セルトレーおよびペーパーポットへ播種後、十分にかん水した状態で冷蔵庫に搬入する方法で吸水種子湿潤低温処理を行っている。すなわち、現状では、吸水種子湿潤低温処理の活用は、大型の冷蔵庫を保有する生産者に限定的であるといえる。

ハウレンソウ（Masuda ら，2005）において、室温でシリカゲルを入れたデシケーター内で10ヶ月間保存したプライミング種子の発芽率は、無処理の種子よりも高いことが報告されているように、発芽促進を目的としたプライミングでは、再乾燥後も発芽改善効果が維持される。吸水種子湿潤低温処理を行ったトルコギキョウ種子を再乾燥することができれば、より多くの栽培者が当該技術を活用した切り花生産に取り組めると考えた。

第1節 吸水種子湿潤低温処理後の乾燥期間の影響

第1章第4節において、吸水種子湿潤低温処理後に再乾燥処理を行った場合、低温処理日数が大きいほど高い生育促進効果が維持される可能性が示唆された。しかし、吸水種子湿潤低温処理

と再乾燥処理の総日数が 35 日間となるように処理区が設定されていたため、どちらの処理の影響であるかを明確に区別できなかった。

そこで、本節では、吸水種子湿潤低温処理を谷川ら（2002）の報告で最も生育促進効果が高かったとされる 10℃の暗黒条件で 35 日間とし、以後の再乾燥処理日数が子葉展開、生育および切り花形質に及ぼす影響について明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、‘キングオブスノー’（(株)サカタのタネ、早生、白八重）を用いた。処理区として、吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理日数が 0 日間、7 日間、14 日間、28 日間および両処理とも行わない無処理の計 5 区を設けた。区制は、子葉展開率については 1 反復当たり 100 粒の 2 反復、定植苗の下位より番号付けした節位別の葉身長については 1 反復あたり 10 株の 3 反復、定植後の生育については 1 反復当たり 30 株の 3 反復とした。吸水種子湿潤低温処理は、5 mL の蒸留水を加えて過湿した 2 枚のろ紙を敷いた 9 cm シャーレ内に種子を静置し、10℃、暗黒条件で 35 日間に行った。吸水種子湿潤低温処理の開始日は、すべての処理区を 2011 年 9 月 5 日に播種するため、再乾燥処理日数に応じて変更した。再乾燥処理は、吸水種子湿潤低温処理の終了日に種子表面の水分を拭き取り、2 枚重ねの乾燥ろ紙を敷いた 9 cm シャーレに移し、吸水種子湿潤低温処理と同じインキュベータ内の通風条件下で所定の日数に行った。子葉展開率の調査用に 5 mL の蒸留水を加えて過湿した 2 枚のろ紙を敷いた 9 cm シャーレ内および生育調査用に育苗培地（メトロミックス 350、(株)ハイポネックスジャパン）を充填した 288 穴セルトレーへ 9 月 5 日に播種した。播種後、なりゆきの温度のガラス温室で育苗した後、10 月 17 日に本圃へ定植した。栽植方法は、条間および株間をともに 10 cm とし、中央を 1 条空けた 6 条植えとした。施肥は、基肥とし $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ ($kg \cdot a^{-1}$) を施用し、追肥を適宜行った。開花期が冬春季

となることから、白熱電球（K-RD100V75W，パナソニック（株））を 10 球・a⁻¹ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し、16～22 時および 2～8 時に点灯する 20 時間日長として電照を定植から実験を終了した 2012 年 6 月 4 日まで行った。11 月 15 日から実験終了日まで日最低気温が 10℃を下回らないよう加温した。

子葉展開率は、育苗開始から 15 日後に子葉が展開した状態を子葉展開として算出した。生育調査については、主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔率、発蕾率および開花率を、また定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と 1.5 cm 以上に発達した蕾の総数とした。

結 果

育苗を行ったなりゆきの温度のガラス温室における日最高気温は、22～39℃の範囲で推移し平均 32.4℃、日最高気温は 14～28℃の範囲で推移し平均 19.1℃であった（第 3-1 図）。

播種 15 日後の子葉展開率は、無処理および再乾燥処理が 0 日間において、それぞれ 90.5% および 89.0% であり、処理区間に差がなかった（第 3-2 図）。再乾燥処理が 0 日間と比較して再乾燥処理が 7 日間、14 日間および 28 日間の子葉展開率は、それぞれ 74.5%、68.5% および 70.5% と低かった。

定植苗における本葉 1 節の葉身長は、処理区間に差がなかった（第 3-1 表）。本葉 2 節の葉身長は、再乾燥処理が 0 日間において他の 4 区と比較して大きかったが、無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った 4 区が同等もしくは大きく、再乾燥処理による一定の傾向はなかった。

抽苔までの日数は、無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った4区が小さく、再乾燥日数が0日間と比較して7日間では大きかったが、14日間および28日間では差がなかった(第3-2表)。抽苔節数、発蕾までの日数および発蕾節数は、無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理を行った4区が小さく、吸水種子湿潤低温処理を行った4区間に差がなかった。定植した株のほとんどは、実験終了までには開花した。開花までの日数は、無処理が最も大きく、再乾燥処理が0日間において最も小さく、吸水種子湿潤低温処理した4区間には差がなかった。切り花長、切り花重および有効小花数は、吸水種子湿潤低温処理および再乾燥処理による差がなかった。

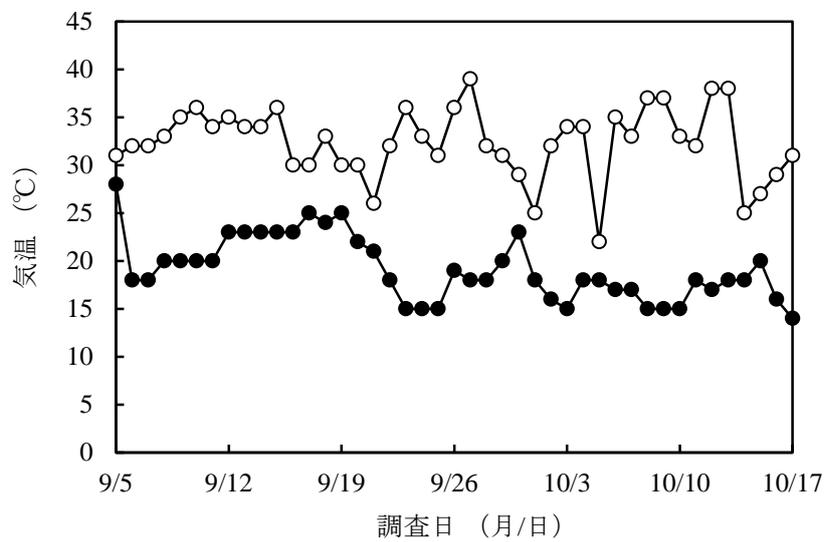
考 察

第3-2表に示したように、抽苔までの日数、抽苔節数、発蕾までの日数および発蕾節数は、無処理と比較して35日間の吸水種子湿潤低温処理を行った4区が小さく、また、吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥日数が0日間と28日間とに差がなかった。この結果から、吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果は、再乾燥処理日数にかかわらず維持されていることが明らかになった。これまでに、トルコギキョウにおいて、吸水種子湿潤低温処理後に再乾燥させても生育促進効果が維持されたという報告事例はなく、非常に興味深い結果であった。

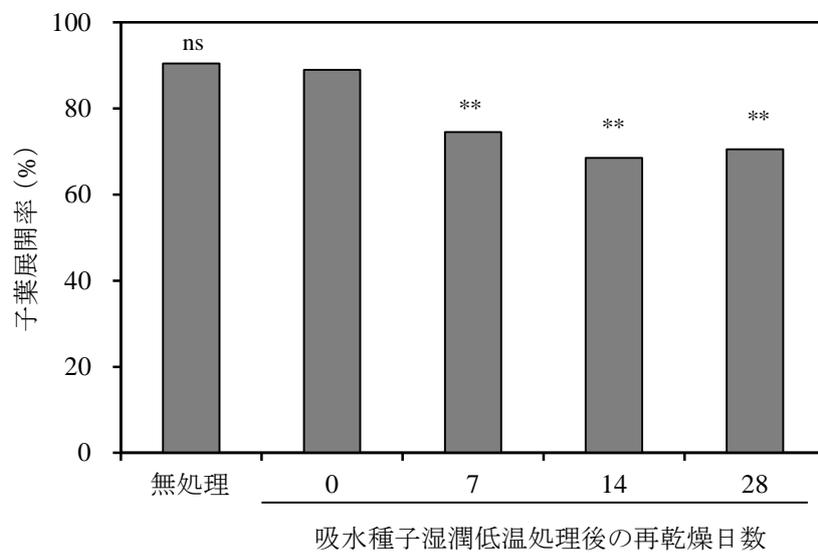
しかしながら、吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥は、子葉展開率を低下させるという結果が再確認された。第1章第4節においても、無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理が20日間以上であった時に子葉展開率が小さくなる傾向がみられた(第1-7図)。本節においても子葉展開率は、吸水種子湿潤低温処理を35日間行った後に再乾燥処理を行った3区において低下した(第3-2図)。この再乾燥による子葉展開率の低下は、第1-3図に示したように、35日間の吸水種子湿潤低温処理後には、種皮を破り発根した状態の種子が多くみられたことから、再乾燥処理により発根した根が致命的な障害を受けたためと考えられる。

発芽に好ましくない条件での発芽率の改善を目的としたプライミングの処理日数は、タマネギ (Dearman ら, 1986), ホウレンソウ (Masuda ら, 2005) およびパセリ (Dursun・Ekinci, 2010) において, それぞれ 10 日間, 7 日間および 2 日間である。一方で, トルコギキョウの生育促進に効果的な吸水種子湿潤低温処理日数は, 35 日間である (谷川ら, 2002)。この再乾燥処理前の日数の違いは, 再乾燥処理後の子葉展開率に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

プライミング種子のように, 種苗会社で予め吸水種子湿潤低温処理を行った種子を市場に流通させるためには, この課題についても解決策が必要であり, 第 3 章第 2 節において検討を行った。



第3-1図 育苗中の日最高気温 (○) と日最低気温 (●) の推移



第3-2図 ‘キングオブスノー’種子への吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理が播種15日後の子葉展開率に及ぼす影響

図中のnsおよび**は、アークサイン変換後のt-検定により吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理0日と比較して有意差なしおよび1%水準で有意差ありを示す

第3-1表 ‘キングオブスノー’種子への吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理が定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理日数	本葉節位別葉身長 (mm)	
	1	2
無処理	16 a	21 a
0	17 a	29 d
7	17 a	24 bc
14	16 a	23 ab
28	16 a	26 c

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=3)

第3-2表 ‘キングオブスノー’種子への吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理が生育および切り花形質に及ぼす影響

再乾燥処理日数	抽苔までの日数 ^z	抽苔節数 ^y	発蕾までの日数 ^x	発蕾節数 ^w	開花率 (%)	開花までの日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効小花数 ^u
無処理	19 c	4.5 b	81 b	12.4 b	96.7 a	188 b	71 a	92 a	7.9 a
0	12 a	4.0 a	58 a	11.6 a	100 a	172 a	66 a	82 a	7.3 a
7	15 b	4.0 a	64 a	11.6 a	100 a	177 ab	70 a	86 a	7.2 a
14	14 ab	4.0 a	61 a	11.3 a	100 a	174 a	66 a	82 a	7.0 a
28	14 ab	4.0 a	64 a	11.5 a	100 a	175 ab	68 a	85 a	8.0 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が4輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す (n=3)

第 2 節 分割して与えた吸水種子湿潤低温処理

前節において吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果は、低温処理後に種子を再乾燥させても高度に維持されていることが明らかになった（第 3-2 表）。同時に、35 日間の吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥は、子葉展開率を有意に低下させることも明らかになった（第 3-2 図）。

これまでに、第 1 章第 4 節においても、無処理と比較して吸水種子湿潤低温処理が 15 日間以下であれば、それ以後を再乾燥させても子葉展開率が低下しない傾向を確認している（第 1-7 図）。しかしながら、15 日間以下の吸水種子湿潤低温処理では十分な生育促進効果を得ることができない（第 1-8 図および第 1-9 表）。

Ohkawa ら（1993）は、トルコギキョウにおいて種子を低温で成熟させ、これに吸水種子湿潤低温処理を組み合わせることで、品種にかかわらずロゼット化を完全に防止できる可能性を示唆し、今村・須藤（2002）は未熟さく果への低温処理および吸水種子湿潤低温処理は組み合わせることで累積的な効果を持つことを発表している。また、第 1 章第 2 節において、吸水種子湿潤低温処理を行わない場合に無処理種子と比較してプライミング種子で抽苔率、発蕾率および開花率が有意に高く、また、プライミング種子において吸水種子湿潤低温処理が 0 日間と比較して 7 日間において抽苔率、発蕾率および開花率が有意に高かった（第 1-3 表）ことは、プライミングと吸水種子湿潤低温処理中に遭遇した低温の累積効果である可能性を示唆している。

そこで、本節では、トルコギキョウに対して吸水種子湿潤低温処理を分割して与えても、連続して低温を与えた場合と同等の生育促進効果が得られるかを明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、‘キングオブスノー’（(株)サカタのタネ、早生、白八重）を用いた。処理区として、吸水種子湿潤低温処理も再乾燥処理も行わない無処理、吸水種子湿潤低温処理を連続した 28

日間行う 28D, 吸水種子湿潤低温処理を 14 日間行った後に 21 日間再乾燥処理する 14D および吸水種子湿潤低温処理を 14 日間行い, その後 7 日間に再乾燥処理を行い, 次の 14 日間に再度吸水種子湿潤低温処理を行った 14D×2 の計 4 区を設けた. 区制は, 子葉展開率については 1 反復当たり 100 粒の 2 反復, 定植苗の下位より番号付けした節位別の葉身長については 1 反復あたり 10 株の 3 反復, 定植後の生育については 1 反復当たり 30 株の 3 反復とした. 吸水種子湿潤低温処理は, 5 mL の蒸留水を加えて過湿した 2 枚のろ紙を敷いた 9 cm シャーレ内に種子を静置し, 10°C, 暗黒条件で所定の日数に行った. 吸水種子湿潤低温処理の開始日は, すべての処理区を 2011 年 9 月 12 日に播種するため, 吸水種子湿潤低温処理および再乾燥処理日数に応じて変更した. 再乾燥処理は, 低温処理終了日に種子表面の水分を拭き取り, 2 枚重ねの乾燥ろ紙を敷いた 9 cm シャーレに移し, 低温処理と同じインキュベータ内の通風条件下で所定の日数に行った. 子葉展開率調査用に 5 mL の蒸留水を加えて過湿した 2 枚のろ紙を敷いた 9 cm シャーレ内および生育調査用に育苗培地 (メトロミックス 350, (株) ハイポネックスジャパン) を充填した 288 穴セルトレーへ 9 月 12 日に播種した. 播種後, なりゆきの温度のガラス温室内で育苗した後, 10 月 24 日に本圃へ定植した. 栽植方法は, 条間および株間をともに 10 cm とし, 中央を 1 条空けた 6 条植えとした. 施肥は, 基肥とし $N : P_2O_5 : K_2O = 1.0 : 0.86 : 0.86$ ($kg \cdot a^{-1}$) を施用し, 追肥を適宜行った. 開花期が冬春季となることから, 白熱電球 (K-RD100V75W, パナソニック (株)) を 10 球 $\cdot a^{-1}$ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し, 16~22 時および 2~8 時に点灯する 20 時間日長として電照を定植から実験を終了した 2012 年 6 月 25 日まで行った. 加温については, 11 月 15 日から実験終了まで日最低気温が 10°C を下回らないように行った.

子葉展開率は, 育苗開始から 14 日後までに子葉が展開した状態を子葉展開として算出した. 生育調査については, 主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日, 主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日, 頂生花芽を除く 4 輪以上の小花が開花した日を

開花日とし、それぞれを抽苔株、発蕾株および開花株として、実験終了日における抽苔率、発蕾率および開花率を、また定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と 1.5 cm 以上に発達した蕾の総数とした。

結 果

育苗を行ったなりゆきの温度のガラス温室における日最高気温は、22～39℃の範囲で推移し平均 32.0℃、日最高気温は 12～25℃の範囲で推移し平均 18.3℃であった（第 3-3 図）。

子葉展開の開始は、28 日間に吸水種子湿潤低温処理を行い、その後に再乾燥処理を行わなかった 28D において育苗開始 6 日後からみられ、他の 3 区と比較して早かった（第 3-4 図）。14D×2 の育苗開始から 10 日後の子葉展開率は 85.2%であり、28D の 91.0%と比較して差がなく、無処理の 0.5%および 14D の 23.5%よりも高かった。14D の子葉展開率は、育苗開始から 10 日後において無処理の子葉展開率よりも高かったが、異なる調査日において無処理と差がなかった。無処理、28D、14D および 14D×2 の育苗開始から 15 日後の子葉展開率は、それぞれ 83.0%、94.0%、87.5% および 91.0%となり、処理区間に差がなかった。

抽苔までの日数は、無処理と比較して他の 3 区が小さく、14D と比較して 28D および 14D×2 が小さかった（第 3-3 表）。抽苔節数は、無処理と比較して 14D×2 が小さく、28D、14D および 14D×2 の間には差がなかった。発蕾までの日数は、無処理と比較して 28D および 14D×2 が小さかった。発蕾節数は、処理による差がなかった。定植した株のほとんどは、実験終了までに開花した。開花までの日数は、無処理と比較して 28D および 14D×2 が小さかった。切り花長、切り花重および有効小花数は、処理による差がなかった。

考 察

プライミング技術は、いくつかの植物種子において、好ましくない環境条件下における発芽を改善するために利用されてきた。プライミングの処理期間は、トルコギキョウの吸水種子湿潤低温処理の期間よりも短い。例えば、ハウレンソウ (Masuda ら, 2005) では7日間、パセリ (Dursun・Ekinci, 2010) では2日間、タマネギでは10日間 (Dearman ら, 1986) である。一方、トルコギキョウの生育促進に最も効果的とされる吸水種子湿潤低温処理の期間は、10°Cの暗期条件下で35日間である (谷川ら, 2002)。乾燥処理前の吸水種子湿潤低温処理期間の差は、乾燥後の子葉展開率に影響を与える可能性がある。実際に、前節では、吸水種子湿潤低温処理を35日間行った後の乾燥処理により子葉展開率が低下したが、本節では湿潤低温処理14日間後に乾燥処理を行った14Dにおいて子葉展開率は低下しなかった。乾燥処理前の吸水種子湿潤低温処理の期間は、子葉展開率を低下させないための重要なポイントであると考えられた。

育苗開始前の種子が乾燥状態であった無処理および14Dの2区の子葉展開は、育苗開始前の種子が湿潤状態であった14D×2および28Dと比較して遅かった (第3-4図)。この結果は、子葉展開率を早期に高めるには、育苗開始時における種子の吸水状態が重要である可能性を示唆した。

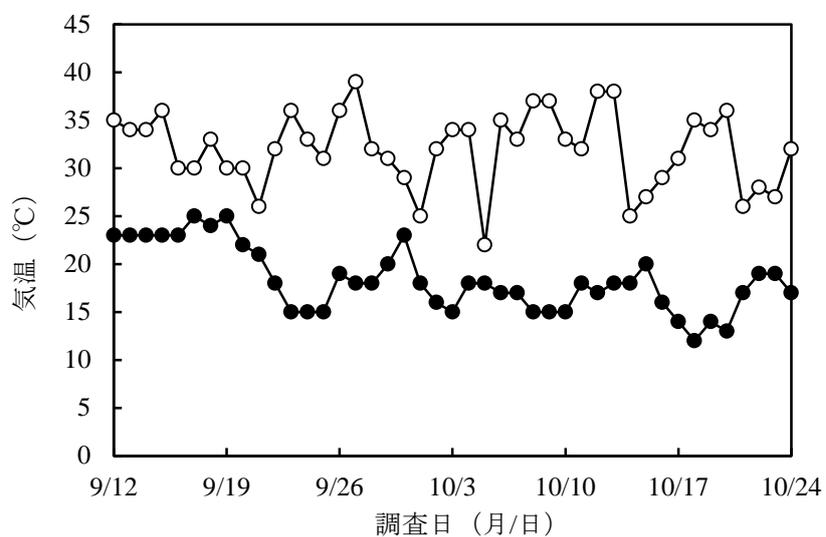
14日間に吸水種子湿潤低温処理を行い、以後の21日間に再乾燥処理した14Dは、無処理と比較して抽苔までの日数が小さく、発蕾および開花までの日数についても同等か小さかった (第3-3表)。これは、吸水湿潤低温処理による生育促進効果は、再乾燥後も維持されているという前節での結果を支持するものであった。14Dにおける抽苔、発蕾および開花までの日数は、28Dおよび14D×2と比較して同等か大きかった。これは、低温遭遇の不足による結果と考えられた。

Ohkawa ら (1993) は、トルコギキョウにおいて、昼/夜が23/18°Cで種子が成熟すると、33/28°Cで成熟したときと比較してロゼット率が低下することを指摘した。さらに、未熟種子の低温熟成と吸水種子湿潤低温処理とを組み合わせることにより、品種にかかわらずロゼット化を完

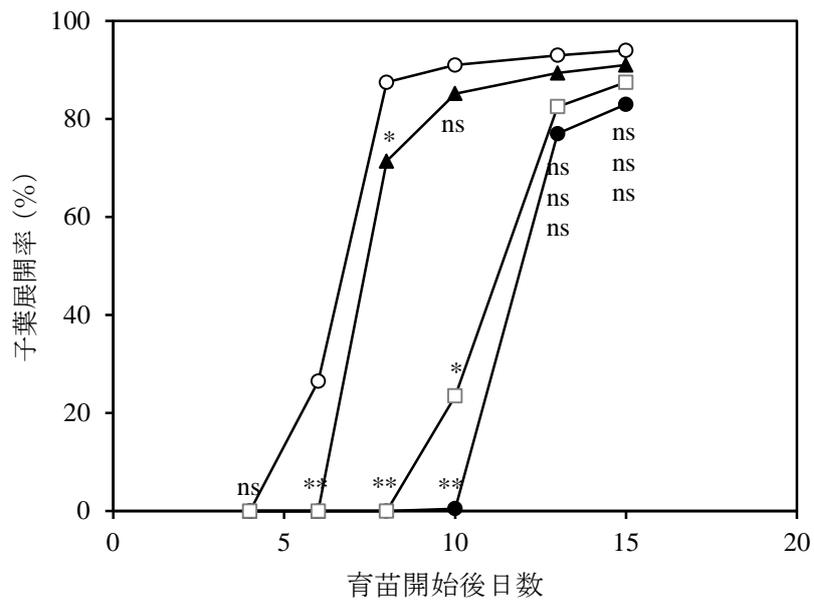
全に防止できる可能性を指摘した。今村・須藤（2002）は、切り離した未熟さく果ならびに吸水種子への低温がトルコギキョウのロゼット化に及ぼす影響について調査し、母植物で成熟した種子と比較して、人工低温条件下（ $11.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ で2ヶ月）で未熟さく果を成熟させることにより抽苔率が高まり、吸水種子湿潤低温処理を組み合わせることにより、抽苔率がさらに高まることを報告している。本節においても14D×2では、最初の14日間に吸水種子湿潤低温処理し、次の7日間に再乾燥させ、最後の14日間に再び吸水種子湿潤低温処理を行った。この処理は、28日連続して吸水種子湿潤低温処理した28Dと同等の生育促進効果を示した。これは、分割して与えた低温がトルコギキョウの生育に対して促進的に作用することを示唆している。

結論として、吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果は、低温遭遇の総日数に依存し、吸水種子湿潤低温処理後に再乾燥されても生育促進効果は維持されることが明らかになった。長期間の吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥は、子葉展開率を低下させることから、吸水種子湿潤低温処理は、14日間程度を目途に複数回与えることで高い子葉展開率と生育促進効果を維持できると考えられた。

今後、再乾燥処理後の保存方法や期間あるいは品種について、さらに検討する必要があると考えられるが、本章で得られた吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥処理技術は、高温期に育苗する作型において多くの生産者の切り花生産の安定化に貢献できることを期待する。



第3-3図 育苗中の日最高気温 (○) と日最低気温 (●) の推移



第3-4図 分割して与えた吸水種子湿潤低温処理が‘キングオブスノー’の子葉展開率に及ぼす影響

図中の●は無処理, ○は28D(連続28日間吸水種子湿潤低温処理), □は14D(14日間に吸水種子湿潤低温処理を行い, 以後の21日間は再乾燥処理)および▲は14D×2(14日間に吸水種子湿潤低温処理, その後の7日間に再乾燥処理, 最後の14日間に再度吸水種子湿潤低温処理)を示す
 ns, * および ** は, アークサイン変換後のt-検定により28Dと比較して較して有意差なし, 5%水準もしくは1%水準で有意差ありを示す

第3-3表 分割して与えた吸水種子湿潤低温処理が‘キングオブスノー’の生育および切り花形質に及ぼす影響

処理区	抽苔までの 日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾までの 日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花率 (%)	開花までの 日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
無処理	19.6 c	4.1 b	111.2 b	14.4 a	98.9 a	196.1 b	89.0 a	114.2 a	10.0 a
28D	14.0 a	4.0 ab	86.1 a	12.9 a	100 a	184.3 a	79.6 a	101.2 a	9.3 a
14D	17.0 b	4.0 ab	102.9 ab	13.8 a	100 a	192.9 ab	83.2 a	106.3 a	9.1 a
14D×2	13.6 a	4.0 a	81.6 a	12.5 a	100 a	184.0 a	79.4 a	105.8 a	8.6 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が4輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=3)

第4章 吸水種子湿潤低温処理後の閉鎖型育苗環境下での苗生産

第1節 閉鎖型育苗環境下での温度環境

トルコギキョウにおいて種子の吸水から本葉2対展開期までの高温遭遇は、ロゼット化を誘導する(吾妻・犬伏, 1988; Harbaugh ら, 1992; Ohkawa ら, 1991; 谷川ら, 2001). しかしながら, 定植後にロゼット化するか抽苔するかを苗の外観から判別することはできない. このため, 苗がどのような温度履歴で生産されたかが, 定植後の生育を予測する最も重要な判断基準と考えられる.

Ohkawa ら(1991)は, ‘福紫盃’を昼/夜を28/23°Cとした自然光型ファイトトロン内で播種後7週間管理した後に移植した場合, 抽苔率は6月播種では約30%, 10月播種では約60%および2月播種では約90%と大きく異なったことを報告している. この原因として, 2月播種と比較して6月播種において, 強日射により葉温が高まる可能性を示唆している. また, 竹崎ら(2003)は, ‘つくしの雪’を用いて, 高日射条件において培地含水率25%を灌水点とした場合, 培地の乾燥により生じる水ストレスのために葉温が上昇し, ロゼット化を助長することを報告している. さらに, 福島ら(2012b)は, ‘キングオブスノー’を用いて, 吸水種子湿潤低温処理後の育苗中の白熱電球による長日処理は, 定植後の生育を促進する可能性を示唆している. このように, 温度以外の環境要因もロゼット化やその後の生育に影響を及ぼすことが知られている. 生産現場において, 定植後に順調に生育する高品質な苗を安定的かつ計画的に生産するためには, 育苗温度だけでなく, 日射量, 育苗培地の水分量および日長を考慮する必要がある.

現行の育苗は, 一般に自然光を利用したビニルハウスおよびガラス温室などの育苗ハウス内で行われる. 育苗ハウス内は, 暖房, 冷房, 換気, 調湿, 遮光および電照することで環境調節が行われるが, 天候に大きく影響を受けるため必ずしもトルコギキョウにとって好適な環境に維持されているわけではない. また, 幼苗を食害するクロバネキノコバエ類(堀江・南, 2004; 伊村,

1992) やウイルスを媒介するアブラムシ類, アザミウマ類 (藤永ら, 2007) およびコナジラミ類 (大西・西野, 2017) などによる攻撃に常に曝されている状況にある. このように, 育苗環境が不安定であることは, 生産現場においてトルコギキョウの苗生産および切り花生産を困難にする一因と考えられる.

苗の安定的, 計画的な生産を目的に, トマト (林ら, 2007; 大山ら, 2003a; 横井ら, 2005, 2007), ナス (大山ら, 2001) およびサツマイモ (山田ら, 2000a, 2000b) をモデル植物として, 閉鎖型育苗システムの開発が進められている. 閉鎖型苗生産システムを用いた苗生産は, トマト, ホウレンソウおよびパンジーなどにおいて実用化されている (岡部, 2005). トルコギキョウにおいても, 先進的な生産者の取組み事例 (樋口, 2013) や閉鎖型育苗システムにおける光量, 二酸化炭素施用および日長に関する実験結果 (山田ら, 2009) がみられるが, 知見は十分に蓄積されていない.

そこで, 閉鎖型育苗システムでのトルコギキョウ苗の安定的かつ計画的な生産の実現を将来的な目標とし, 本研究では制御環境下における吸水種子湿潤低温処理後の育苗気温が発芽, 苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査して, 定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を, 育苗開始から 35 日間で生産するための気温条件を明らかにしようとした. 吸水種子湿潤低温処理は, 無処理と比較して抽苔率を高めるとともに発芽率を早期に高め (谷川ら, 2002), 同じ育苗期間では苗の成長が優れる (福島ら, 2018) ことから, 育苗開始前に予措した.

第 1 項 明期気温

吾妻・高野 (1996) は, 吸水種子湿潤低温処理を行わず, 夜間 (17~6 時) のみを 15~17°C で冷房育苗する場合において, 昼間の温度や強日射は, トルコギキョウのロゼット化や生育に対して影響を及ぼさないと報告している. 第 2 章第 2 節において, 育苗夜温を 25°C とした自然光型フ

ァイトトロンを用いて吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温がロゼット性の異なるトルコギキョウ 2 品種の生育および切り花形質に及ぼす影響について調査し、抽苔率、発蕾率および開花率は、昼温およびロゼット性にかかわらず吸水種子湿潤低温処理により概ね 100%となることを報告した(第 2-3 表)。この結果は、吾妻・高野(1996)の報告を支持するものであった。しかしながら、昼温が 30℃と比較して 40℃では、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数が大きくなり、また、切り花長が小さくなった。高昼温は、生育および切り花形質に対して影響する可能性を示唆している(第 2-4 表)。

閉鎖型環境においてトルコギキョウ苗を生産するための報告は、前述したように非常に少なく、十分に蓄積されていない。また、吸水種子湿潤低温処理後の育苗気温が発芽に及ぼす影響について、詳細な報告もないことから、本節では、吸水種子湿潤低温処理後の人工光を利用した制御環境下における育苗中の明期気温がトルコギキョウの発芽と生育に及ぼす影響について明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、‘レイナホワイト’((株)サカタのタネ、中早生、白八重)を用いた。処理区として、暗期を 18℃とし、明期を実験 1 では 30℃、27.5℃、25℃および 22.5℃の 4 水準、実験 2 では 35℃、32.5℃、30℃および 27.5℃の 4 水準を設けた。実験 1 および 2 において播種は、それぞれ 2014 年 1 月 28 日および 3 月 12 日に行った。成型培養土が充填された 288 穴(実験 1) および 200 穴(実験 2) セルトレー(プレフォーマ・プラントプラグ®、(株)サカタのタネ)に 1 粒ずつ播種し、育苗開始までの 35 日間に 10℃の暗黒条件で吸水種子湿潤低温処理を行った。低温処理後、所定の温度に設定された 4 台のインキュベータ(LP-210-E-CT、(株)日本医化器械製作所)内で 35 日間育苗を行った。この時の明期は、3 波長形昼光色蛍光灯(FL20SEX-N-HG、NEC ライティ

ング（株）を 4~22 時にセルトレー上面の光合成有効光量子束密度（photosynthetic photon flux density, 以下 PPF_D と略記）が 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ となるよう点灯して 18 時間とした。育苗中の養水分管理は、育苗開始から 7 日間は水道水のみを、以後は月、水および金曜日に 1,000 倍に希釈した配合肥料（OK-F-1, N : P₂O₅ : K₂O = 15: 6: 17, OAT アグリオ（株））を、その他の日には水道水のみを底面給水で与えた。育苗終了後、実験 1 では 4 月 9 日に薄膜水耕栽培（nutrient film technique, 以下 NFT 栽培と略記する）ベンチへ、実験 2 では 5 月 21 日に隔離土耕栽培ベンチへ定植した。この時の栽植方法は、株間と条間を 12 cm（NFT 栽培）および 10 cm（隔離土耕栽培）として、中央 1 条（NFT 栽培）または 2 条（隔離土耕栽培）を空けた 4 条植えとした。施肥は、NFT 栽培において、培養液の EC は、液状複合肥料（ハイテンポ Ar, N : P₂O₅ : K₂O = 7.3: 0: 3 およびハイテンポ Cu, N : P₂O₅ : K₂O = 0: 4.5: 6.5, いずれも住友化学（株）, ハイテンポ Ar および Cu を 1 : 2 で混入）を用いて定植時を 1.6 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ とし、以後は 0.4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ を下回らないよう適時液肥を追加した。また、隔離土耕栽培では、基肥として被覆複合肥料（NK エコロング, N : P₂O₅ : K₂O = 20: 0: 13, ジェイカムアグリ（株））を用いて窒素分量が 1.0 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ となるように施用した。温度管理は、30°C を目安に換気を行い、NFT 栽培では 15°C を、隔離土耕栽培では 10°C を下回らないように加温した。長日処理は、実験時期や栽培法にかかわらず定植から実験終了まで白熱電球（K-RD100V75W, パナソニック（株））を 10 球 $\cdot\text{a}^{-1}$ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し、16~20 時および 2~8 時に点灯した。実験 1 は定植 13 週後、実験 2 は定植 14 週後に終了した。

いずれの実験も、子葉展開日、定植苗の下位節より番号付けした節位別の葉身長、抽苔日、発蕾日、開花日および切り花形質について調査した。子葉展開日は、育苗開始から 14 日後までに子葉の展開を認めた日とし、子葉展開率を算出した。主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 3 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。

主茎の頂生花芽は、発蕾調査後に切除した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数とした。

区制は、子葉展開調査については1反復当たり実験1が60セルおよび実験2が40セルの3反復とし、定植苗の節位別の葉身長および定植後の生育調査については1反復当たり実験1が16株および実験2が20株の3反復とした。なお、子葉展開率については、アークサイン変換後にTukeyのHSD検定を行った。

結 果

子葉展開率は、実験1では明期気温が高いほど早く高くなり（第4-1図A）、実験2では30℃および32.5℃が27.5℃および35℃と比較して早く高くなった（第4-1図B）。育苗開始から14日後の子葉展開率は、実験1において、いずれも約90%と処理区間に差がなかった。実験2では、32.5℃、30℃および27.5℃において約90%と処理区間に差がなかったが、35℃では48%と他の3区と比較して低かった。

定植苗の節位別の葉身長は、実験1では30℃と比較して22.5℃において本葉1および2節の葉身長が小さく、25℃において本葉2および3節の葉身長が小さく、27.5℃ではいずれの節においても差がなかった（第4-1表）。実験2では、いずれの節の葉身長も30℃が最も大きく、27.5℃および32.5℃が準じた大きさとなり、35℃が最も小さかった。明期を35℃で育苗した苗は、他の3区と比較して本葉1および2節の葉身長が著しく小さかったため、以後の調査に供試しなかった。

両実験において定植後にロゼット株の発生はみられず、すべての株が抽苔した。抽苔までの日数は、実験1では30℃および27.5℃が同等で、27.5℃以下では明期温度が低いほど大きくなった（第4-2表）。実験2では30℃および27.5℃と比較して32.5℃が大きかった。抽苔節数は、実験1

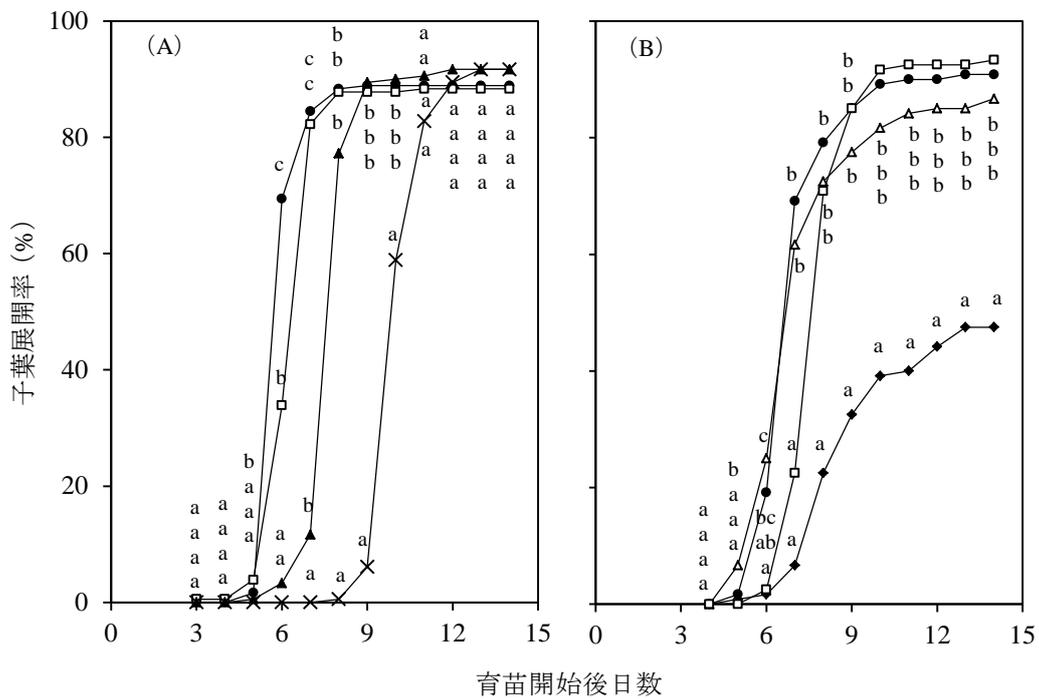
では 22.5℃が他の 3 区と比較して小さく、30℃、27.5℃および 22.5℃では処理区間に差がなかった。実験 2 では、32.5℃が他の 2 区と比較して有意に大きかった。発蕾までの日数、発蕾節数および開花までの日数は、実験 1 では 27.5℃と比較して 30 および 25℃では差がなかったが、22.5℃では発蕾および開花までの日数が大きく、発蕾節数が小さかった。実験 2 では、32.5℃が他の 2 区と比較して大きかった。切り花長および切り花重は、実験 1, 2 ともに処理区間に差がなかった。有効小花数は、実験 1 において 30℃と比較して 22.5℃で小さかった。

考 察

塚田ら (1981) は、インキュベータを用いた 15~35℃の温度が自家採取した種子の発芽および子葉展開に及ぼす影響について検討している。子葉展開率は、明条件では 25℃において約 70%と最も優れ、次いで 20℃であったが、25~35℃では温度が高いほど子葉展開率が低下し、35℃では 0%であった。また、15℃では播種 18 日後の子葉展開率が 13%であったことを報告している。これまでに、吸水種子湿潤低温処理後の温度が子葉展開に及ぼす影響について詳細に検討した報告はみられない。吸水種子湿潤低温処理後の子葉展開は、暗期を 18℃とした場合、明期が 27.5℃以下では気温が低いほど遅くなり (実験 1, 第 4-1 図 (A)), 35℃では育苗開始 14 日後の子葉展開率が著しく低下した (実験 2, 第 4-1 図 (B))。しかし、35℃における育苗開始 14 日後の子葉展開率は約 50%と、塚田ら (1981) の報告よりも高かった。塚田ら (1981) が自家採取した種子を用いたのに対して、本節では F1 品種である 'レイナホワイト' を供試した。明期が 35℃における発芽率の差は、品種の発芽適温や雑種強勢の差による影響が大きいと推察された。また、'天竜ホワイト' において、暗黒の 11℃で 35 日間の吸水種子湿潤低温処理は、無処理と比較して発芽率を高めた (谷川ら, 2002) ように、吸水種子湿潤低温処理も塚田ら (1981) の報告と差が生じた一因と考えられた。明期が 27.5~32.5℃では、発芽遅延や発芽率低下はないと判断した。

暗期が 18℃の場合、明期が 32.5℃において、27.5℃と比較して定植苗の節位別の葉身長は同等（第 4-1 表）であったが、抽苔、発蕾および開花までの日数は有意に大きく、抽苔節数や発蕾節数は 1 節程度増加していた（第 4-2 表）。また、実験 1 および 2 において、明期が 30℃では 27.5℃と比較して定植苗の節位別の葉身長は同等か大きかった（第 4-1 表）が、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数は同等であった（第 4-2 表）。第 2 章第 2 節において、吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温が 30℃と比較して 40℃では抽苔、発蕾および開花までの日数が増加したことを報告し、原因は高昼温による低温充足量の減少と推察したように、閉鎖型育苗環境において 30℃を超える明期気温は、低温充足量を減少させたと考えられた。

以上の結果から、人工光を利用した閉鎖型育苗環境でトルコギキョウ苗を生産する場合の明期は、27.5℃が適切であると判断した。明期が 30℃と 27.5℃とでみられたの差は、すべての株が抽苔し、開花していること、抽苔、発蕾および開花までの日数に有意な差がないことから、生産現場で大きな問題となる差ではないのかも知れない。本章第 2 節では、本節で最も子葉展開率の増加が早かった明／暗期が 30／18℃についても引き続き検討することとした。



第4-1図 人工光を利用した制御環境における明期気温が‘レイナホワイト’の子葉展開率に及ぼす影響

(A)は実験1, (B)は実験2の結果を示す. また, 図中のシンボルは, それぞれ明/暗期温度(°C)が
 ◆;35/18, △;32.5/18, ●;30/18, □;27.5/18, ▲;25/18および×;22.5/18を示す
 同一実験内において同一育苗開始後日数の同一英小文字間にはアークサイン変換後のTukeyの
 HSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=3)

第4-1表 人工光を利用した制御環境における明期気温が‘レイナホワイト’
定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

	明／暗期気温 (°C)	本葉節位別葉身長 (mm)		
		1	2	3
実験1	30 / 18	19.2 b	40.4 c	36.9 b
	27.5 / 18	19.3 b	36.7 c	27.5 b
	25 / 18	17.2 b	21.1 b	4.3 a
	22.5 / 18	12.1 a	6.4 a	nd ^z
実験2	35 / 18	6.5 a	1.8 a	nd
	32.5 / 18	15.4 b	27.8 b	9.5 a
	30 / 18	17.9 c	33.2 c	18.2 b
	27.5 / 18	17.3 bc	27.7 b	11.1 a

表中の同一実験内において同一カラムの同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

^z not detectedを示す

第4-2表 人工光を利用した制御環境における育苗時の明期気温が‘レイナホワイト’の定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

	明／暗期気温 (°C)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
実験1	30 / 18	5.6 a	4.0 b	47.9 ab	12.2 b	87.5 ab	63.0 a	74.1 a	5.5 b
	27.5 / 18	5.5 a	4.0 b	45.6 a	11.9 b	84.7 a	62.5 a	67.8 a	5.1 ab
	25 / 18	9.9 b	4.0 b	49.1 ab	11.3 ab	87.0 ab	61.5 a	70.0 a	5.2 ab
	22.5 / 18	13.1 c	3.3 a	52.5 b	10.6 a	91.9 b	57.7 a	58.5 a	4.6 a
実験2	32.5 / 18	20.0 b	4.9 b	46.5 b	12.6 b	79.9 b	71.2 a	79.5 a	5.2 a
	30 / 18	11.6 a	4.1 a	37.1 a	11.6 a	71.3 a	72.1 a	88.5 a	5.4 a
	27.5 / 18	9.9 a	4.0 a	36.7 a	11.6 a	70.1 a	73.7 a	87.8 a	5.7 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一実験内において同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

第 2 項 暗期気温

トルコギキョウにおいて種子の吸水から本葉 2 対展開期までの育苗中の高温遭遇は、ロゼット化を誘導する（吾妻・犬伏，1988；Harbaugh ら，1992；Ohkawa ら，1991；谷川ら，2001）。しかし，夜間（17～6 時）のみを 15～17℃で冷房育苗することでロゼット回避することができる（吾妻・高野，1996）。また，第 2 章第 1 節での自然光型ファイトトロンを用いた実験において，育苗中の高夜温は，吸水種子湿潤低温処理を行う場合においてもロゼット化を誘導すること，さらに切り花長を小さくすることを明らかにした（第 2-1 および 2 表）。これらのことから，育苗夜温は高品質な切り花を生産するうえで重要な要因であるといえる。

前節において，吸水種子湿潤低温処理後の人工光を利用した制御環境下における育苗中の暗期が 18℃の場合，明期を 27.5℃とすることで，定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を，育苗開始から 35 日間で生産できることが明らかになった。本節では，吸水種子湿潤低温処理後の制御環境下における育苗中の明期が 27.5℃の場合の暗期温度が発芽と生育に及ぼす影響について明らかにしようとした。また，明／暗期が 30／18℃と比較して 27.5／18℃では，わずかに発芽が遅れる傾向がみられたことから，30／18℃についても，同時に比較検討することとした。

材料および方法

実験には，‘レイナホワイト’（(株)サカタのタネ，中早生，白八重）を用いた。処理区として，明期を 27.5℃とし，暗期を実験 1 では 22℃および 18℃の 2 水準，実験 2 では 26℃，24℃および 22℃の 3 水準とし，両実験に明／暗期が 30／18℃とする区を設けた。実験 1 および 2 において播種は，それぞれ 2014 年 4 月 28 日および 6 月 9 日に行った。成型培養土が充填された 200 穴セルトレー（プレフォーマ・プラントプラグ®，(株)サカタのタネ）に 1 粒ずつ播種し，育苗開始までの 35 日間に 10℃の暗黒条件で吸水種子湿潤低温処理を行った。低温処理後，所定の温度

に設定された3~4台のインキュベータ (LP-210-E-CT, (株) 日本医化器械製作所) 内で35日間育苗を行った。この時の明期は、3波長形昼光色蛍光灯 (FL20SEX-N-HG, NEC ライティング (株)) を4~22時にセルトレー上面のPPFDが $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ となるよう点灯して18時間とした。育苗中の養水分管理は、育苗開始から7日間は水道水のみを、以後は月、水および金曜日に1,000倍に希釈した配合肥料 (OK-F-1, N:P₂O₅:K₂O = 15:6:17, OAT アグリオ (株)) を、その他の日には水道水のみを底面給水で与えた。育苗終了後、実験1では7月7日に、実験2では8月18日に隔離土耕栽培ベンチへ定植した。この時の栽植方法は、株間と条間を10 cmとして、中央2条を空けた4条植えとした。施肥は、基肥として被覆複合肥料 (NK エコロング, N:P₂O₅:K₂O = 20:0:13, ジェイカムアグリ (株)) を用いて窒素成分量が $1.0 \text{ kg}\cdot\text{a}^{-1}$ となるように施用した。温度管理は、30°Cを目安に換気を行い、10°Cを下回らないように加温した。長日処理は、定植から実験終了まで白熱電球 (K-RD100V75W, パナソニック (株)) を $10 \text{ 球}\cdot\text{a}^{-1}$ の密度で畝面上約1.8 mに配置し、16~20時および2~8時に点灯した。実験1は定植10週後、実験2は定植12週後に終了した。

両実験とも、子葉展開日、定植苗の下位節より番号付けした節位別の葉身長、抽苔日、発蕾日、開花日および切り花形質について調査した。子葉展開日は、育苗開始から14日後までに子葉の展開を認めた日とし、子葉展開率を算出した。主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日を抽苔日、主茎に5 mm以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く3輪以上の小花が開花した日を開花日とし、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。主茎の頂生花芽は、発蕾調査後に切除した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数とした。

区制は、子葉展開調査について1反復当たり40セルの3反復とし、定植苗の節位別の葉身長

および定植後の生育調査については 1 反復当たり 20 株の 3 反復とした。なお、子葉展開率については、アークサイン変換後に Tukey の HSD 検定を行った。

結 果

実験 1 において育苗開始から 9 日後の子葉展開率は、明／暗期が 30／18℃の 91.7%、27.5／24℃の 90.8%と比較して 27.5／18℃が 76.7%と低かった（第 4-2 図（A））。ただし、育苗開始から 14 日後の子葉展開率は、30／18℃、27.5／24℃および 27.5／18℃において、それぞれ 94.2%、90.8%および 89.2%となり、処理区間に差がなかった。実験 2 において育苗開始から 6 日後の子葉展開率は、30／18℃および 27.5／26℃がそれぞれ 76.7%および 70.0%となり、27.5／24℃の 50.8%および 27.5／22℃の 46.7%と比較して高かった（第 4-2 図（B））。しかしながら、他の調査日における子葉展開率は、処理区間に差がなく、育苗開始から 14 日後の子葉展開率は、いずれも 90%以上であった。

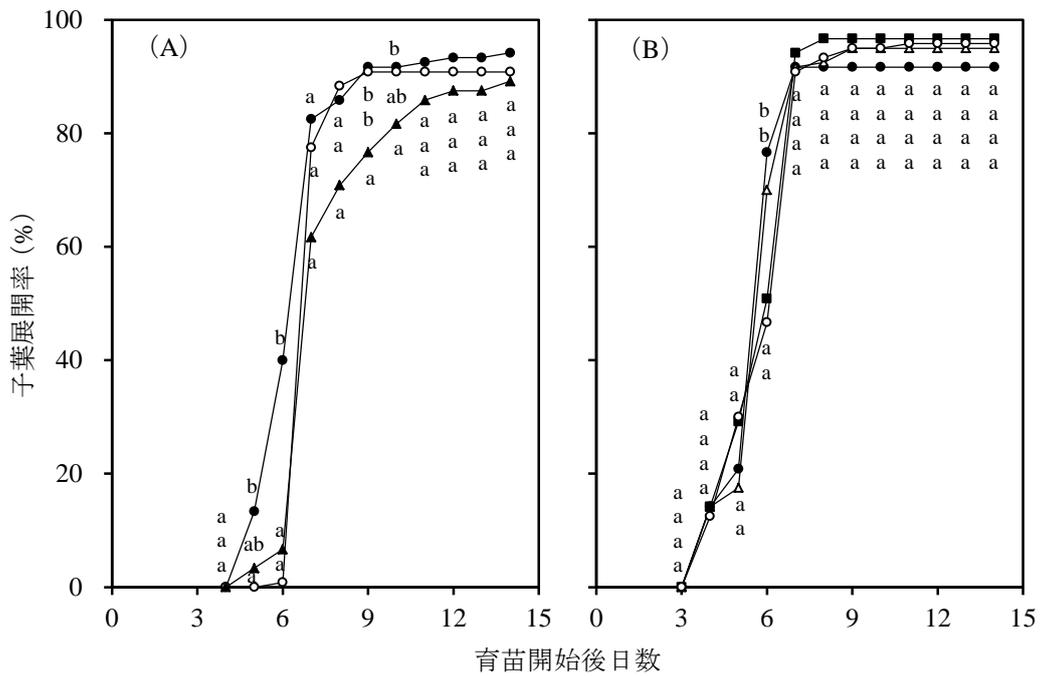
定植苗の節位別の葉身長は、実験 1 において、いずれの節の葉身長も明／暗期が 30／18℃で最も大きく、27.5／22℃と 27.5／18℃とは差がなかった（第 4-3 表）。実験 2 において、本葉 1 節の葉身長は、処理による一定の傾向がみられず、本葉 2 節の葉身長は、処理区間に差がなかったが、本葉 3 節の葉身長は、27.5／26℃が他の 3 区と比較して大きくなり、明期を 27.5℃とした 3 区では暗期温度が高いほど大きくなる傾向を示した。

両実験において定植後にロゼット株の発生はみられず、すべての株が抽苔した。抽苔までの日数は、実験 1 では明／暗期が 27.5／22℃において、他の 2 区と比較して小さかった（第 4-4 表）。実験 2 では、27.5／26℃が最も小さく、明期を 27.5℃とした 3 区では暗期気温が高いほど小さくなる傾向を示した。抽苔節数は、実験 1 および 2 ともに処理区間に差がなかった。発蕾までの日数は、実験 1 では 30／18℃と比較して 27.5／22℃および 27.5／18℃が小さかった。実験 2 では

30/18°Cおよび27.5/22°Cと比較して27.5/26°Cが小さく、明期を27.5°Cとした3区では暗期気温が高いほど小さくなる傾向を示した。発蕾節数および開花までの日数は、実験1では処理区間に差がなかったが、実験2では27.5/26°Cが最も小さく、明期を27.5°Cとした3区では暗期気温が高いほど小さくなる傾向を示した。切り花長、切り花重および有効小花数は、両実験ともに処理区間に差がなかった。

考 察

本節第1項でもみられたように、明/暗期が30/18°Cと比較して27.5/18°Cでは、わずかに発芽が遅れる傾向がみられた(第4-2図(A))。しかし、27.5/26°Cでは30/18°Cと同等に子葉展開率が高まった(第4-2図(B))。明期を27.5°Cとした場合、暗期が22~26°Cの範囲において温度が高いほど定植苗の本葉3節の葉身長が大きく、抽苔、発蕾および開花までの日数が小さくなる傾向がみられた(第4-3および4-4表)。しかし、実験1において、30/18°Cの定植苗の葉身長は、27.5/18°Cと比較して同等かやや大きいにもかかわらず、抽苔、発蕾および開花までの日数は同等かやや大きかった。また、実験2において30/18°Cは、節位別の葉身長が同等であった27.5/24°Cと比較して抽苔までの日数が大きく、また27.5/26°Cと比較して抽苔、発蕾および開花までの日数が大きかった。これらの結果から、明期の30°Cは、本節第1項の実験2における明期が32.5°Cと同様に低温充足量を減少させ、その結果として生育が遅れる可能性を示唆した。しかし、定植後にロゼット株の発生はみられず、30/18°Cと27.5/26°Cとにおける開花までの日数の差は、3.5日程度であったことから、実用上大きな問題ではないかも知れない。30/18°Cと27.5/26°Cの育苗期間中の平均気温は、それぞれ27.2°Cと27.0°Cと同程度であった(データ省略)ことから、次項では、日平均気温を27.5°Cとした異なる明暗期温度が子葉展開や定植苗の大きさおよび定植後の生育に及ぼす影響を明らかにしようとした。



第4-2図 人工光を利用した制御環境における明暗期気温が‘レイナホワイト’の子葉展開率に及ぼす影響

(A)は実験3, (B)は実験4の結果を示す。また、図中のシンボルは、それぞれ明/暗期温度(°C)が●;30/18, △;27.5/26, ■;27.5/24, ○;27.5/22および▲;27.5/18を示す
 同一実験内において同一育苗開始後日数の同一英小文字間にはアークサイン変換後のTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=3)

第4-3表 人工光を利用した制御環境における明暗期気温が
 ‘レイナホワイト’定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

	明/暗期気温 (°C)	本葉節位別葉身長 (mm)		
		1	2	3
実験1	30 / 18	19.2 a	35.4 b	23.3 b
	27.5 / 22	18.2 a	30.8 a	16.0 a
	27.5 / 18	17.9 a	30.3 a	14.5 a
実験2	30 / 18	20.3 ab	38.2 a	34.1 b
	27.5 / 26	20.8 b	39.0 a	38.5 c
	27.5 / 24	19.1 a	35.7 a	31.9 ab
	27.5 / 22	19.3 ab	35.4 a	27.6 a

表中の同一実験内において同一カラムの同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

第4-4表 人工光を利用した制御環境における育苗時の明暗期期気温が‘レイナホワイト’の定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

	明／暗期気温 (°C)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
実験1	30 / 18	7.1 b	4.0 a	26.1 b	10.4 a	58.7 a	68.1 a	54.1 a	5.5 a
	27.5 / 22	6.3 a	4.0 a	25.0 a	10.3 a	57.3 a	68.5 a	52.1 a	5.7 a
	27.5 / 18	7.1 b	4.0 a	25.2 a	10.2 a	58.1 a	68.7 a	51.9 a	5.7 a
実験2	30 / 18	4.2 c	4 a	26.4 bc	10.0 ab	74.0 b	66.7 a	81.3 a	5.8 a
	27.5 / 26	2.7 a	4 a	25.1 a	9.9 a	70.5 a	64.4 a	76.7 a	5.7 a
	27.5 / 24	3.5 b	4 a	26.1 ab	10.2 bc	72.4 ab	67.6 a	80.4 a	5.8 a
	27.5 / 22	4.1 bc	4 a	27.3 c	10.3 c	74.3 b	67.9 a	85.5 a	5.8 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一実験内において同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

第3項 日平均気温が同一となる異なる明暗期気温

本節第1項において、暗期が18℃では明期を27.5℃とすることで定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を、育苗開始から35日間で生産できることが明らかになった。明/暗期が27.5/18℃では、30/18℃と比較して子葉展開率の高まりが遅れる傾向がみられたが、本節第2項において暗期を26℃に高めることにより同等に改善された。27.5/26℃と30/18℃における日平均気温は、それぞれ27.2℃と27.0℃と同程度であったことから、人工光を利用した閉鎖型育苗環境でトルコギキョウ苗を生産する場合、日平均気温に留意するだけでよい可能性が示唆された。しかしながら、一定温および変温管理は、植物の発芽（柿崎，1943；中村，1972；佐藤ら，1982，1984）や茎伸長（Erwinら，1989；Itoら，1997；Kubotaら，2000；佐々木ら，2007）に影響を及ぼすことが知られている。

そこで、本節では、日平均気温が同一となる異なる明暗期気温が子葉展開と生育に及ぼす影響について明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、‘レイナホワイト’（(株)サカタのタネ，中早生，白八重）を用いた。処理区として、日平均気温が27.5℃となる明/暗期が32/14℃，30/20℃，28/26℃および27.5/27.5℃の4水準を設けた。成型培養土が充填された200穴セルトレー（プレフォーマ・プラントプラグ®，(株)サカタのタネ）に1粒ずつ2014年7月28日に播種し、育苗開始までの35日間に10℃の暗黒条件で吸水種子湿潤低温処理を行った。低温処理後、所定の温度に設定された4台のインキュベータ（LP-210-E-CT，(株)日本医化器械製作所）内で35日間育苗を行った。この時の明期は、3波長形昼光色蛍光灯（FL20SEX-N-HG，NECライティング（株））を4～22時にセルトレー上面のPPFDが $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ となるよう点灯して18時間とした。育苗中の養水分管理は、育

苗開始から 7 日間は水道水のみを、以後は月、水および金曜日に 1,000 倍に希釈した配合肥料 (OK-F-1, N : P₂O₅ : K₂O = 15: 6: 17, OAT アグリオ (株)) を、その他の日には水道水のみを底面給水で与えた。育苗を終了した 10 月 6 日に NFT 栽培ベンチへ定植した。この時の栽植方法は、株間と条間を 12 cm として、中央 1 条を空けた 4 条植えとした。NFT 栽培において培養液の EC は、液状複合肥料 (ハイテンポ Ar, N : P₂O₅ : K₂O = 7.3: 0: 3 およびハイテンポ Cu, N : P₂O₅ : K₂O = 0: 4.5: 6.5, いずれも住友化学 (株), ハイテンポ Ar および Cu を 1 : 2 で混入) を用いて定植時を 1.6 dS・m⁻¹ とし、以後は 0.4 dS・m⁻¹ を下回らないよう適時液肥を追加した。定植後の温度管理は、30℃を目安に換気を行い、15℃を下回らないように加温した。長日処理は、定植から実験終了まで白熱電球 (K-RD100V75W, パナソニック (株)) を 10 球・a⁻¹ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し、16~20 時および 2~8 時に点灯した。実験は、定植 23 週後に終了した。

いずれの実験も、子葉展開日、定植苗の下位節より番号付けした節位別の葉身長、抽苔日、発蕾日、開花日および切り花形質について調査した。子葉展開日は、育苗開始から 14 日後までに子葉の展開を認めた日とし、子葉展開率を算出した。主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日、主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く 3 輪以上の小花が開花した日を開花日とし、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。主茎の頂生花芽は、発蕾調査後に切除した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と 1.5 cm 以上に発達した蕾の総数とした。

区制は、子葉展開調査については 1 反復当たり 40 セルの 3 反復とし、定植苗の節位別の葉身長および定植後の生育調査については 1 反復当たり 20 株の 3 反復とした。なお、子葉展開率については、アークサイン変換後に Tukey の HSD 検定を行った。

結 果

子葉展開率は、処理にかかわらず育苗開始から6日後に一斉に高まった(第4-3図)。育苗開始から14日後の子葉展開率は、明/暗期が27.5/27.5℃において99.2%となり、30/20℃の90.0%および28/26℃の92.5%と比較して高かったが、実用上問題となる差ではなかった。

定植苗の本葉1および2節の葉身長は、処理区間に差がなかったが、本葉3節の葉身長は明/暗期が32/14℃において他の3区と比較して小さかった(第4-5表)。

定植後にロゼット株の発生はみられず、すべての株が抽苔した(データ省略)。抽苔までの日数は、明/暗期が32/14℃および30/20℃と比較して28/26℃および27.5/27.5℃において小さかった(第4-6表)。抽苔節数は、32/14℃が他3区と比較して大きかった。発蕾までの日数および発蕾節数は、32/14℃および30/20℃と比較して28/26℃および27.5/27.5℃において小さかった。開花までの日数は、32/14℃および30/20℃と比較して27.5/27.5℃が小さかった。切り花長は、処理区間に差がなかった。切り花重は、28/26℃および27.5/27.5℃と比較して、開花までの日数が最も大きかった32/14℃において大きかった。有効小花数は、処理区間に差がなかった。

考 察

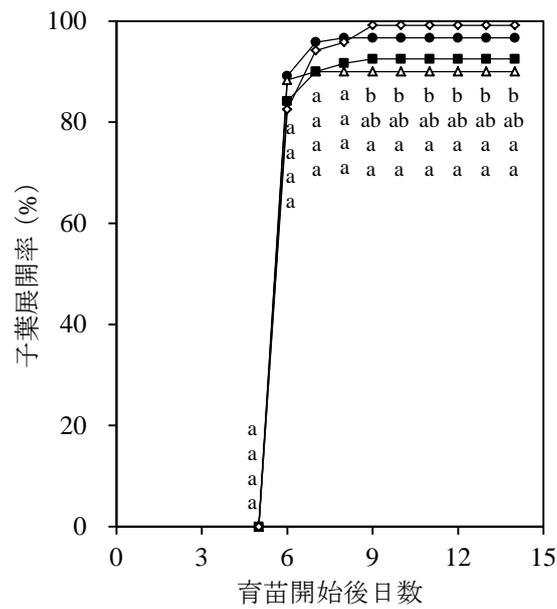
ナス(柿崎, 1943)やトウガラシの一部系統(佐藤ら, 1982, 1984)およびイチゴ(中村, 1972)の種子は、一定温度と比較して変温で発芽が優れることが知られている。トルコギキョウにおいて、日平均気温を27.5℃とした明/暗期が32/14℃、30/20℃、28/26℃および27.5/27.5℃では、処理にかかわらず育苗開始6日後に一斉に子葉展開率が高まった(第4-3図)。一定温および変温は、子葉展開に対して影響を及ぼさなかったことから、トルコギキョウ苗を人工光の閉鎖型育苗環境で生産する場合の子葉展開させる温度は、平均気温に留意するだけでよいといえる。

明期と暗期の温度差 (Difference between the day temperature and the night temperature, 以下, DIF と略記) は, テッポウユリ (Erwin ら, 1989), デルフィニウム (佐々木ら, 2007), ペチュニア (Kubota ら, 2000), ストック, キンギョソウ, パンジーおよびインパチェンス (Ito ら, 1997) において, 草丈や節間長に対して正の差は促進的に, 負の差は抑制的に作用する. トルコギキョウにおいても, 自然光型ファイトトロン内で ‘ボレロホワイト’ を夜温 15°C一定とした場合, 昼温が 25°Cと比較して 30°Cで茎伸長が促進されることが報告されている (工藤ら, 2012). 本実験において DIF 処理が終了した育苗開始 35 日間後の定植苗は, いずれも未抽苔であり, 正の DIF による茎伸長への影響はみられなかった.

定植後の生育をみると, 明/暗期が 32/14°Cにおいて, 抽苔節数および発蕾節数は, 27.5/27.5°Cおよび 28/26°Cと比較して大きく, また, 抽苔, 発蕾および開花までの日数についても大きかった (第 4-6 表). 本節第 1 項における明/暗期が 32.5/18°Cと同様に, 明期の 32°Cが低温充足量を減少させ, その結果として生育が緩慢となったと推察された. 育苗開始から 35 日間後の定植苗の節位別の葉身長が同等であった 30/20°C, 28/26°Cおよび 27.5/27.5°C (第 4-5 表) において, 30/20°Cの抽苔までの日数, 発蕾までの日数, 発蕾節数および開花までの日数は, 27.5/27.5°Cと比較して有意に大きかった (第 4-6 表). 本節第 1 項の実験 1, 2 および本節第 2 項の実験 1, 2 において定植日は, それぞれ 4 月 9 日, 5 月 21 日, 7 月 7 日および 8 月 18 日であり, 定植から開花までの期間が高温多日照期に向かう作型, あるいは高温多日照期の作型であった. 本項における定植日は 10 月 6 日であり, 定植から開花までの期間が低温寡日照期に向かう作型であった. トルコギキョウは, 量的長日植物 (Halevy・Kofranek, 1984 ; Islam ら, 2005 ; 塚田ら, 1982) であり, 高温に遭遇していない本葉 2 対展開苗に対する定植後の高温は抽苔に促進的に作用する (Ohkawa ら, 1991). また, 第 2 章において報告したように, 吸水種子湿潤低温処理を行った場合でも低温処理後の育苗中の高夜温および高昼温がトルコギキョウの生育に抑制的に作用

する．小西（1980）は，ロゼット性が強い秋ギク‘新東亜’において，十分な低温に遭遇していない苗は，15℃のファイトトロン内ですべての株がロゼット化したが，20℃では96.7%が伸長し，25℃では96.7%が発蕾し，栽培温度を高めることでロゼット株の発生を軽減できることを報告している．これらの報告を考慮すると，吸水種子湿潤低温処理したトルコギキョウにおいて，育苗中の明期の30℃は，低温充足量を減少させるため，定植後の栽培環境が高温多日照である作型では生育の遅延が潜在化し，低温寡日照に向かう作型ではそれが顕在化した可能性があるかと推察された．

本節第1～3項に行った実験において，定植後にロゼット株の発生はなく，同一の実験において処理区間で切り花形質に著しい差はなかった（第4-2，4-4および4-6表）．このことから，子葉展開率，定植苗の節位別葉身長，抽苔，発蕾および開花までの日数に着目し，人工光を利用した閉鎖型育苗環境において育苗開始から35日間の育苗温度を27.5℃一定で管理することにより，いずれの季節においても定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を生産できると判断した．本節では，明期が18時間，PPFDが $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ として検討した．谷川ら（2002）は，吸水種子湿潤低温処理を行った‘あすかの桜’において，11月下旬から育苗した場合の抽苔率が85.7%であったのに対して，6月下旬から育苗した場合の抽苔率が100%となった原因として，吸水種子湿潤低温処理後の温度条件だけでなく，日長および日射量の影響を示唆している．従って，人工光利用の閉鎖型育苗環境で効率的に苗を生産するためには，これらの光環境要因についても検討する必要がある．



第4-3図 人工光を利用した制御環境における日平均気温が同一となる明暗期気温が‘レイナホワイト’の子葉展開率に及ぼす影響

図中のシンボルは、それぞれ明/暗期温度(°C)が●; 32/14, △; 30/20, ■; 28/26, ◇; 27.5/27.5を示す

同一育苗開始後日数における同一英小文字間にはアークサイン変換後のTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=3)

第4-5表 人工光を利用した制御環境における日平均気温が同一となる明暗期気温が‘レイナホワイト’定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

明／暗期気温 (°C)	本葉節位別葉身長 (mm)		
	1	2	3
32 / 14	19.5 a	33.3 a	18.4 a
30 / 20	19.4 a	35.9 a	29.4 b
28 / 26	19.8 a	33.3 a	30.1 b
27.5 / 27.5	19.8 a	33.0 a	27.7 b

表中の同一実験内において同一カラムの同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=3)

第4-6表 人工光を利用した制御環境における日平均気温が同一となる明暗期気温が‘レイナホワイト’の定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

明／暗期気温 (°C)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
32 / 14	17.1 c	4.4 b	75.9 b	14.3 b	157.3 c	70.6 a	138.7 b	5.4 a
30 / 20	9.0 b	4.0 a	65.2 b	13.3 b	146.8 b	71.3 a	126.3 ab	5.4 a
28 / 26	6.9 a	4 a	51.0 a	11.6 a	138.8 ab	69.1 a	112.8 a	4.7 a
27.5 / 27.5	6.9 a	4 a	46.9 a	11.0 a	135.0 a	69.0 a	110.6 a	4.3 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 主茎の頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^u 開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一実験内において同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=3)

第2節 閉鎖型育苗環境下での光環境

第2章に示したように、トルコギキョウにおいて吸水種子湿潤低温処理を行っても本葉2対展開期までの高温遭遇、特に25℃以上の高夜温に遭遇することによりロゼット化が誘導されることから、生産現場では吸水種子湿潤低温処理と冷蔵育苗あるいは夜冷育苗を併用した育苗が行なわれつつある。

しかしながら、吸水種子湿潤低温処理を行い、育苗温度に留意してもロゼット株が発生する事例が少なくない。トルコギキョウの育苗は、自然光を利用した育苗ハウス内で行われ、暖房、冷房、換気、調湿、遮光および電照することで環境調節が行われているが、天候に大きく影響を受けるため必ずしも好適な環境に維持されているわけではない。苗生産の不安定さが切り花の生産量を不安定にしていると考えられる。

苗の安定的、計画的な生産を目的に閉鎖型育苗システムの開発（古在ら，1990；古在・大山，2008；大山ら，2003b；渋谷ら，2003）が進められ、トマト、ホウレンソウおよびパンジーなどにおいて実用化されている（岡部，2005）。

本章第1節において、人工光を利用した閉鎖型育苗システムでのトルコギキョウ苗の安定的かつ計画的な生産の実現を将来的な目標として、制御環境下における吸水種子湿潤低温処理後の育苗気温が子葉展開、苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査した。その結果、明暗期を27.5℃の一定温度で育苗することにより、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を、育苗開始から35日間で生産できることを明らかにした。しかし、育苗中の明期およびPPFDについては、18時間日長および125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ という一定条件でしか検討を行っていない。谷川ら（2002）は、吸水種子湿潤低温処理を行った‘あすかの桜’において、11月下旬から育苗した場合の抽苔率が85.7%であったのに対して、6月下旬から育苗した場合の抽苔率が100%となった原因として、吸水種子湿潤低温処理後の温度だけでなく、日長および日射量がトルコギキョウ

ウの生育に対して影響する可能性を指摘している。

本節では制御環境下における吸水種子湿潤低温処理後の明期および PFD が子葉展開、苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査して、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を、育苗開始から 35 日間で生産するための明期長および PFD を明らかにしようとした。吸水種子湿潤低温処理は、無処理と比較して抽苔率を高めるとともに発芽率を早期に高め（谷川ら、2002）、同じ育苗期間では苗の成長が優れる（福島ら、2018）ことから、育苗開始前に予措した。

第 1 項 明期

自然光を利用した育苗ハウスにおける明期、特に長日処理については、苗の成長や定植後の生育に対して影響を及ぼすことが報告されている。具体的には、青色蛍光ランプを用いて 18～6 時までの 12 時間に $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で補光することにより、無処理、赤色蛍光灯および白色蛍光灯と比較して苗の成長を促進し、育苗期間の短縮が図られること（志田原・太田、2004）、吸水種子湿潤低温処理後、ベンチ上 45 cm に設置した白熱電球もしくは昼光色蛍光灯を 17～22 時および 3～7 時に点灯して 19 時間日長で育苗すると、無処理と比較して苗の成長が優れる傾向となる（城戸ら、2014）ことが報告されている。また、福島ら（2012b）は、‘キングオブスノー’を用いて、吸水種子湿潤低温処理後の育苗中の白熱電球による長日処理は、定植後の生育を促進する可能性を示唆している。

しかしながら、人工光を利用した閉鎖型育苗システムによるトルコギキョウ苗の生産については、先進的な生産者の取組み事例（樋口、2013）や光量、二酸化炭素施用および日長に関する実験結果（山田ら、2009）がみられるが、知見は十分に蓄積されていない。

谷川ら（2002）は、吸水種子湿潤低温処理を行った‘あすかの桜’において、11 月下旬から育苗

した場合の抽苔率が 85.7%であったのに対して、6 月下旬から育苗した場合の抽苔率が 100%となった原因として、吸水種子湿潤低温処理後の温度だけでなく、日長および日射量の影響を示唆している。従って、人工光利用の閉鎖型育苗環境で効率的に苗を生産するための明期長および PPFD を決定するためには、苗の成長量だけでなく、定植後の生育にも留意する必要がある。

そこで、本項では、制御環境下における吸水種子湿潤低温処理後の育苗中の明期が子葉展開、苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査して、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を、育苗開始から 35 日間で生産するための明期長を明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、‘レイナホワイト’((株)サカタのタネ、中早生、白八重)を用いた。処理区として、明期長を 12 時間、16 時間、20 時間および 24 時間の 4 水準を設けた。成型培養土が充填された 200 穴セルトレー (プレフォーマ・プラントプラグ®, (株)サカタのタネ)へ 2014 年 12 月 1 日に 1 粒ずつ播種し、育苗開始までの 35 日間で 10°C の暗黒条件で吸水種子湿潤低温処理を行った。低温処理を終了した 2015 年 1 月 5 日から、明暗期ともに 27.5°C に設定された 4 台のインキュベータ (LP-210-E-CT, (株)日本医化器械製作所)内で 35 日間育苗を行った。この時の明期は、3 波長形昼光色蛍光灯 (FL20SEX-N-HG, NEC ライティング (株))を用い、セルトレー上面の PPFD が $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ となる所定の明期長で点灯した。育苗中の養水分管理は、育苗開始から 7 日間は水道水のみを、以後は月、水および金曜日に 1,000 倍に希釈した配合肥料 (OK-F-1, N : P₂O₅ : K₂O = 15: 8: 17, OAT アグリオ (株))を、その他の日には水道水のみを底面給水で与えた。育苗開始から 35 日間後の 2 月 9 日に NFT 栽培ベンチへ定植した。この時の栽植方法は、株間と条間を 12 cm として、中央 1 条を空けた 4 条植えとした。栽培時の培養液の EC は、液状複合肥料 (ハイテンポ Ar, N : P₂O₅ : K₂O = 7.3: 0: 3 およびハイテンポ Cu, N : P₂O₅ : K₂O = 0: 4.5:

6.5, いずれも住友化学(株), ハイテンポ Ar および Cu を 1:2 で混入) を用いて定植時を $1.6 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ とし, 以後は $0.4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ を下回らないよう適時液肥を追加した. 定植後の温度管理は, 30°C を目安に換気を行い, 最低気温が 15°C を下回らないよう加温を行った. 定植後は, 実験終了まで白熱電球 (K-RD100V75W, パナソニック(株)) を $10 \text{ 球} \cdot \text{a}^{-1}$ の密度で畝面上約 1.8 m に配置し, 16 ~20 時および 2~8 時に点灯した.

発芽日, 定植苗の下位節より番号付けした節位別の葉身長, 抽苔日, 発蕾日および開花日および切り花形質を調査した. 子葉展開日は, 育苗開始から 14 日後までに子葉の展開を認めた日とし, 子葉展開率を算出した. 主茎のいずれかの節間が 5 mm 以上伸長した日を抽苔日, 主茎に 5 mm 以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日, 頂生花芽を除く 3 輪以上の小花が開花した日を開花日とし, 定植から抽苔, 発蕾および開花までの日数を算出した. 主茎の頂生花芽は, 発蕾調査後に切除した. 切り花形質については, 開花日に地際部から収穫し, 切り花長, 切り花重および有効小花数を調査した. 有効小花数については, 開花している小花と 1.5 cm 以上に発達した蕾の総数とした.

区制は, 子葉展開率の調査については, 1 反復当たり 40 セルの 3 反復とした. 定植苗の節位別葉身長については, 20 株の 3 反復とし, 定植後の生育調査については, 1 反復当たり 16 株の 3 反復とした. なお, 子葉展開率については, アークサイン変換後に Tukey の HSD 検定を行った. 定植から 19 週後に実験を終了した.

結 果

子葉展開率は, いずれの処理区も育苗開始 6 日後から高くなり, 育苗開始 8 日後にはプラトーに達した (第 4-4 図). 育苗開始から 6 日後の子葉展開率は, 明期が 12 時間では 16.7% となり, これと比較して 16 時間では 5.8% と差がなく, 20 時間では 46.7% と高く, 24 時間では 26.7% と

差がなかった。育苗開始から 7 日後の子葉展開率は、12 時間、16 時間、20 時間および 24 時間で、それぞれ 95.8%、85.8%、98.3 および 93.3% となり、12 時間と他の 3 処理との間には差がなかった。育苗開始から 8 日後の子葉展開率は、すべての処理で 98% 以上と差がなかった。

育苗開始から 35 日間後の本葉 1 および 2 節の葉身長は、明期が 12 時間と比較して他の 3 処理が大きく、明期が長いほど大きくなる傾向となった（第 4-7 表）。本葉 3 および 4 節の葉身長は、12 時間と比較して 20 時間および 24 時間が大きく、明期が長いほど大きくなる傾向となった。本葉 1、3 および 4 節の葉身長において、20 時間と 24 時間には差がなかった。

定植後にロゼット株の発生はみられず、すべての株が抽苔し、その後に開花した。抽苔までの日数は、明期が 12 時間と比較して他の 3 処理が小さく、20 時間と 24 時間には差がなかった（第 4-8 表）。抽苔節数は、12 時間と比較して他の 3 処理が小さく、他の 3 処理間には差がなかった。発蕾までの日数は、12 時間と比較して 20 時間および 24 時間が小さく、20 時間と 24 時間には差がなかった。発蕾節数は、12 時間と比較して 24 時間が小さく、明期が長いほど小さくなる傾向となり、20 時間と 24 時間には差がなかった。開花までの日数は、12 時間と比較して 20 時間および 24 時間が小さく、20 時間と 24 時間には差がなかった。切り花長、切り花重および有効小花数は、2 月上旬に定植した本実験において差がなかった。

考 察

本項では、定植後にロゼット化することなく速やかに生育するトルコギキョウ苗を、人工光利用の閉鎖型育苗環境において育苗開始から 35 日間で生産するための育苗時の明期を明らかにしようとした。

塚田ら（1981）は、温度が 25℃ のインキュベータにおいて蛍光灯を用いて、明期が自家採取した種子の子葉展開に及ぼす影響について検討している。子葉展開率は、明期が 0 時間では 0% で

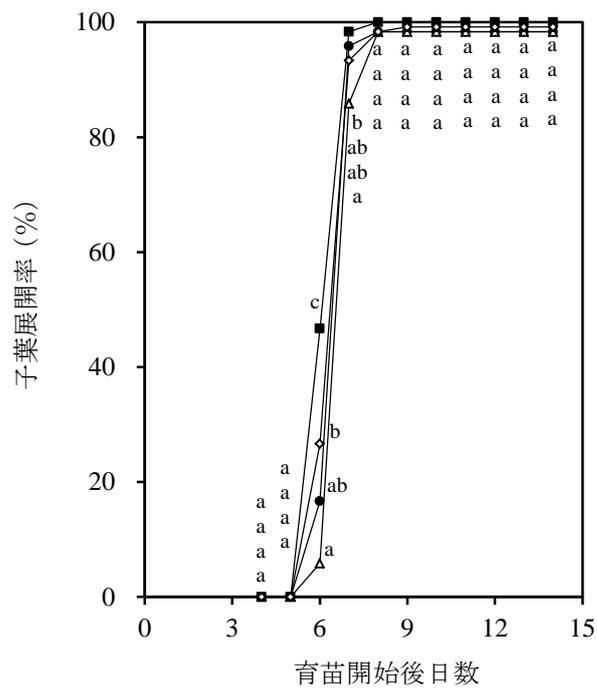
あったのに対して、2時間では約40%、4時間では約50%、6~24時間では約60~70%であったことを報告し、胚軸の徒長していない苗を得るための明期は6時間以上と結論付けている。本項において、吸水種子湿潤低温処理後の子葉展開率は、育苗温度を明暗期ともに27.5℃とし、明期のPPFDを $125\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とした場合、育苗開始から6日後において明期が12時間の16.7%と比較して20時間が46.7%と有意に高かった。しかし、子葉展開率の差は明期の長さに依存せず、また、育苗開始から7日後の子葉展開率は、12時間の95.8%と他の3処理との間には差がなかった(第4-4図)。育苗中の明期が12時間以上であれば、吸水種子湿潤低温処理したトルコギキョウの子葉展開率に対して実用上問題となる差はないと判断した。

トルコギキョウは、量的長日植物(Halevy・Kofranek, 1984; Islam ら, 2005; 塚田ら, 1982)であり、定植後の長日処理により生育促進が図られる(佐藤ら, 2009; 山田ら, 2008)ため、西南暖地の秋~春期に出荷する作型において電照栽培が行なわれている。育苗中の長日処理は、生産現場ではあまり行われていないが、苗の成長や定植後の生育に促進的に作用する可能性が指摘されている(福島ら, 2012b; 城戸ら, 2014; 志田原・太田, 2004)。第4-7表に示したように、育苗開始から35日間後の節位別の葉身長は、明期が12時間と比較して、明期が長いほど大きくなる傾向となり、20時間および24時間が有意に大きかった。20時間と24時間とでは差がなかったが、育苗中においても明期が長いほど成長が促進される傾向を確認できた。

前述したように、谷川ら(2002)は、吸水種子湿潤低温処理を行ってもロゼット株が発生する要因として、育苗中の温度だけでなく、日長および日射量が影響している可能性を指摘している。本項では、明期長が12時間と短い条件においても、ロゼット株の発生はみられず、定植したすべての株が順調に抽苔し、その後に開花した。少なくとも、谷川ら(2002)の報告でみられた、11月下旬から育苗した場合の抽苔率が85.7%と6月下旬から育苗した場合の抽苔率が100%の差が生じた原因は、育苗中の短日の単独の影響ではないことが示唆された。

定植後の生育についてみると、抽苔、発蕾および開花までの日数は、育苗中の明期が 12 時間と比較して 20 時間および 24 時間が小さかった（第 4-8 表）。また、明期が 12～24 時間の範囲では、切り花形質への影響はみられなかった。

以上の結果から、育苗開始から 35 日間後の苗の大きさ、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数に着目し、明暗期温度が 27.5℃、PPFD が $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の人工光利用の閉鎖型育苗環境では、育苗中の明期を 20 時間以上にすることで、定植後にロゼット化することなく速やかに生育するトルコギキョウ苗を生産できると判断した。



第4-4図 人工光を利用した制御環境における明期が
 ‘レイナホワイト’の子葉展開率に及ぼす影響

図中の●は12時間を、△は16時間を、■は20時間を、
 ◇は24時間を示す
 同一育苗開始後日数における同一英小文字間には
 アークサイン変換後のTukeyのHSD検定により5%水準
 で有意な差がないことを示す (n=3)

第4-7表 人工光を利用した制御環境における明期が‘レイナホワイト’
定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

明期 (時間)	本葉節位別葉身長 (mm)			
	1	2	3	4
12	13.4 a	18.6 a	6.2 a	0.0 a
16	16.2 b	25.3 b	15.1 ab	1.1 a
20	17.0 bc	28.7 b	22.6 bc	5.2 b
24	19.0 c	35.5 c	29.8 c	8.4 b

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

第4-8表 人工光を利用した制御環境における育苗中の明期が‘レイナホワイト’の定植後の生育および開花に及ぼす影響

明期 (時間)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
12	23.8 c	5.0 b	73.8 b	14.7 b	120.4 b	67.9 a	116.4 a	5.6 a
16	10.7 b	4.0 a	67.9 ab	14.5 b	115.1 ab	68.5 a	129.5 a	5.6 a
20	4.6 a	4.0 a	59.6 a	13.6 ab	107.2 a	63.8 a	118.9 a	5.6 a
24	2.8 a	4.0 a	57.0 a	13.2 a	106.6 a	64.2 a	126.4 a	5.6 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^u 開花日に開花している小花数と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=3)

第2項 光合成有効光量子束密度

谷川ら（2002）は、吸水種子湿潤低温処理を行った‘あすかの桜’において、11月下旬から育苗した場合の抽苔率が85.7%であったのに対して、6月下旬から育苗した場合の抽苔率が100%となった原因として、吸水種子湿潤低温処理後の温度だけでなく、日長および日射量がトルコギキョウの生育に対して影響する可能性を指摘している。前項において、明期が12時間と短い条件においても、ロゼット株の発生はみられず、定植したすべての株が順調に抽苔し、その後に開花した。少なくとも、谷川ら（2002）の報告でみられた、11月下旬から育苗した場合の抽苔率が低下した原因は、育苗中の短日の単独の影響ではないことが示唆された。山田ら（2009）は、明（8～20時）／暗期（20～8時）を25／15℃とした閉鎖型育苗装置内において、PPFDが100, 200および380 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の条件では、吸水種子湿潤低温処理の終了から42日間後の苗の形質をみるとPPFDが大きいほど地下部重量、地上部重量および苗径が大きいことを報告しているが、異なるPPFDが定植後のトルコギキョウの生育に及ぼす影響については明らかにされていない。

そこで、本項では、制御環境下における吸水種子湿潤低温処理後の育苗中のPPFDが子葉展開、苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査して、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を、育苗開始から35日間で生産するためのPPFDを明らかにしようとした。

材料および方法

実験には、‘レイナホワイト’（(株)サカタのタネ、中早生、白八重）および‘ハピネスホワイト’（(株)ミヨシグループ、中晩生、白八重）を供試した。処理区として、セルトレー上面のPPFDが50, 75, 100および125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の4水準を設けた。インキュベータ内のPPFDは、光量子計（センサLI-190SAおよび本体LI-189, LI-COR（株））を用いて測定し、目的のPPFDとなるよう設定した。この時の明期は、3波長形昼光色蛍光灯（FL20SEX-N-HG, NECライティン

グ(株))を24時間点灯した。成型培養土が充填された200穴セルトレー(プレフォーマ・プラントプラグ®,(株)サカタのタネ)へ2015年4月27日に1粒ずつ播種し、育苗開始までの35日間を10°Cの暗黒条件で吸水種子湿潤低温処理を行った。低温処理が終了した6月1日から、27.5°Cに設定された4台のインキュベータ(LP-210-E-CT,(株)日本医化器械製作所)内で35日間育苗を行った。育苗中の養水分管理は、育苗開始から7日間は水道水のみを、以後は月、水および金曜日に1,000倍に希釈した配合肥料(OK-F-1, N:P₂O₅:K₂O=15:8:17, OATアグリオ(株))を、その他の日には水道水のみを底面給水で与えた。育苗開始から35日間後の7月6日にNFT栽培ベンチへ定植した。この時の栽植方法は、株間と条間を12 cmとして、中央1条を空けた4条植えとした。栽培時の培養液のECは、液状複合肥料(ハイテンポ Ar, N:P₂O₅:K₂O=7.3:0:3およびハイテンポ Cu, N:P₂O₅:K₂O=0:4.5:6.5, いずれも住友化学(株), ハイテンポ ArおよびCuを1:2で混入)を用いて定植時を1.6 dS・m⁻¹とし、以後は0.4 dS・m⁻¹を下回らないよう適時液肥を追加した。定植後の温度管理は、30°Cを目安に換気を行い、最低気温が15°Cを下回らないよう加温を行った。また、実験終了まで白熱電球(K-RD100V75W, パナソニック(株))を10球・a⁻¹の密度で畝面上約1.8 mに配置し、16~20時および2~8時に点灯した。

子葉展開日、定植苗の下位節より番号付けした節位別の葉身長、抽苔日、発蕾日および開花日および切り花形質を調査した。子葉展開日は、育苗開始から14日後までに子葉の展開を認めた日とし、子葉展開率を算出した。主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日を抽苔日、主茎に5 mm以上に発達した頂生花芽が視認できた日を発蕾日、頂生花芽を除く3輪以上の小花が開花した日を開花日とし、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数を算出した。主茎の頂生花芽は、発蕾調査後に切除した。切り花形質については、開花日に地際部から収穫し、切り花長、切り花重および有効小花数を調査した。有効小花数については、開花している小花と1.5 cm以上に発達した蕾の総数とした。

区制は、子葉展開調査については、1反復当たり‘レイナホワイト’では56セル、‘ハピネスホワイト’ではおおよび48セルの3反復とした。定植苗の節位別の葉身長については、20株の3反復とし、定植後の生育調査については、1反復当たり16株の3反復とした。なお、子葉展開率については、アークサイン変換後にTukeyのHSD検定を行った。定植から10週後に実験を終了した。

結 果

子葉展開率は、‘レイナホワイト’では、いずれの処理区も育苗開始6日後から高まり、育苗開始から7日後には概ねプラトーに達した(第4-5図(A))。‘ハピネスホワイト’では、50および75 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が育苗開始6日後から、100および125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が育苗開始7日後から高まり、処理にかかわらず育苗開始から8日後には概ねプラトーに達した(第4-5図(B))。育苗開始から6日後の子葉展開率は、‘レイナホワイト’、‘ハピネスホワイト’ともに50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ がそれぞれ79.8%と54.9%と最も高く、PPFDが高いほど低くなる傾向を示した。育苗開始から7日後の子葉展開率は、‘レイナホワイト’においては93.5~98.8%と処理間に差がなく、‘ハピネスホワイト’においては50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の91.0%と比較して100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が76.4%と低かったが、50、75および125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の3区間に差がなかった。また、育苗開始から8日後の子葉展開率は、両品種ともに処理による差はなく、概ね90%以上となった。

育苗開始から35日間後の本葉3および4節の葉身長は、両品種ともに、50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較してPPFDが高いほど大きくなる傾向を示し、100および125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の間に差がなかった(第4-9および4-10表)。

両品種ともにいずれの処理においても定植後にロゼット株の発生はみられず、すべての株が抽苔し、その後に開花した。抽苔までの日数は、両品種ともに50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較してPPFDが

高いほど小さくなる傾向を示し、100 および 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の間に差はなかった（第 4-11 および 4-12 表）。抽苔節数は、両品種ともに 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較して他の 3 処理が小さく、‘レイナホワイト’ では、75 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ との間に差がみられたが、実用上問題となる大きな差ではなかった。‘ハピネスホワイト’ では 75, 100 および 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の 3 処理の間に差がなかった。発蕾までの日数は、両品種ともに 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較して 100 および 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が小さかった。発蕾節数は、‘レイナホワイト’ では 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較して他の 3 処理が小さく、75, 100 および 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の 3 処理には差がなかった。‘ハピネスホワイト’ では 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と他の 3 処理の間に差がなかった。開花までの日数は、両品種ともに 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較して他の 3 処理が小さく、75, 100 および 125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の 3 処理には差がなかった。切り花長、切り花重および有効小花数は、両品種ともに 7 月上旬に定植した本実験において有意な差がなかった。

考 察

本項では、定植後にロゼット化することなく速やかに生育するトルコギキョウ苗を、人工光利用の閉鎖型育苗環境において育苗開始から 35 日間で生産するための育苗中の PPF D を明らかにしようとした。

塚田ら（1981）は、温度が 25°C のインキュベータにおいて蛍光灯を用いて、照度が自家採取した種子の子葉展開に及ぼす影響について検討している。10 lx 以下では子葉展開率が 0% であったのに対して、100 lx では約 30%、1000 lx では約 60% および 5000 lx 以上ではほとんど差がなく約 80% であったことを報告し、胚軸の徒長していない苗を得るための照度は 5000 lx は必要と結論付けている。本研究において吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度を 27.5°C とし、明期を 24 時間とした場合、育苗開始から 6 日後の子葉展開率は、‘レイナホワイト’ および ‘ハピネスホワイト’

ともに $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ がそれぞれ 79.8%と 54.9%と最も高く、PPFD が高いほど小さくなる傾向を示した。しかし、‘レイナホワイト’の育苗開始から7日後の子葉展開率および‘ハピネスホワイト’の育苗開始から8日後の子葉展開率は、処理による差はなかった（第4-5図）。これらの結果から、育苗中のPPFDが $50\sim 125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の範囲であれば、吸水種子湿潤低温処理したトルコギキョウの子葉展開率に対して実用上問題となる差はないと判断した。

育苗開始から35日間後の本葉3および4節の葉身長は、PPFDが $50\sim 125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の範囲において、 $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較してPPFDが高いほど大きい傾向を示し、 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ および $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が有意に大きかった。しかし、 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ との間では差がなかった（第4-9および4-10表）。山田ら（2009）は、明期を8～20時、暗期を20～8時とし、明／暗期を25／15℃とした閉鎖型育苗装置内において、PPFDが大きいほど6週間後の苗の地下部重量、地上部重量および苗径が大きいことを報告している。本項では、 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とで育苗開始から35日間後の本葉3および4節の葉身長に差がなかったのに対して、山田ら（2009）では $100\sim 380 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ まではPPFDが大きいほど苗の形質が優れた点で本項の結果と大きく異なった。この差が生じた要因について、山田ら（2009）は、明暗期を12時間とした25／15℃で育苗を行っており、本稿では明期が24時間、温度が27.5℃としていることから、育苗中の明期と温度が影響していることが推察される。本項では、使用した機器の能力の都合上、PPFDが最大で $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ までの検討となったが、より高いPPFDでの検討も必要と考えられた。一方で、人工光利用の閉鎖型育苗環境において、電気エネルギー消費量に占める照明器具、空調器具および室内設備の電気エネルギー消費量の積算値の比は、それぞれ76%、16%および8%であり照明器具が占める割合が高い（大山ら、2000）。閉鎖型育苗環境において照明器具により消費される電気エネルギーの約99%は、熱エネルギーに変換され、明期における空調器具の電気エネルギー消費量は、照明に由来する電気エネルギーと空調器具の冷房時成績係数の商で求

めることができる(大山ら, 2005)。すなわち, 安易に高い PPF_D を確保することは生産コストを増大させる可能性が高いと考えられるため, 苗の形質と併せて生産コストに留意して技術開発を行う必要がある。

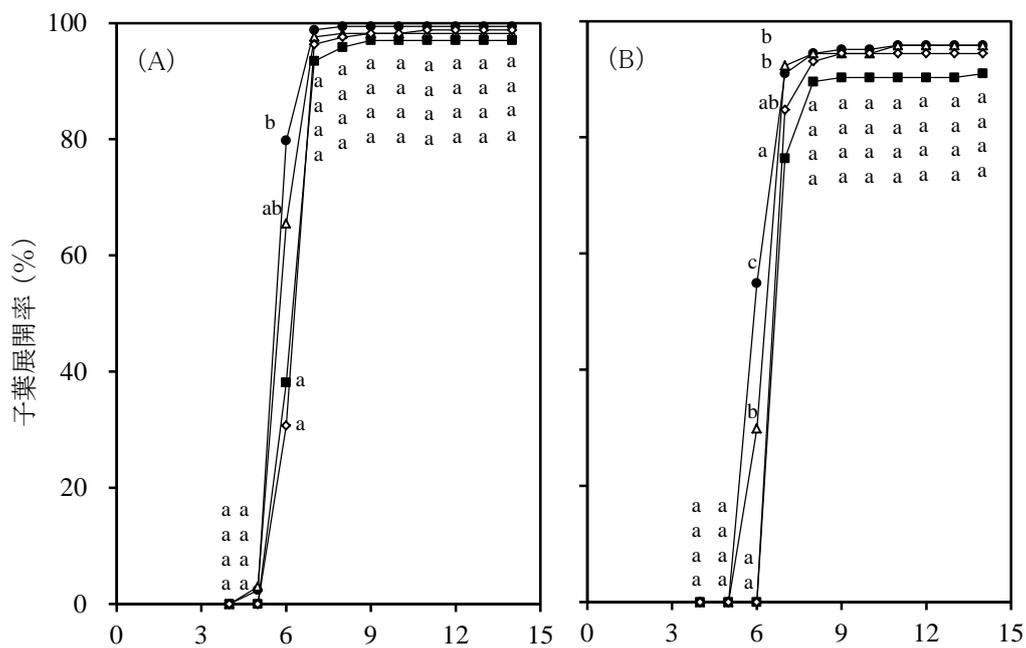
前述したように, 谷川ら(2002)は, 吸水種子湿潤低温処理を行ってもロゼット株が発生する要因として, 育苗中の温度だけでなく, 日長および日射量が影響する可能性を指摘している。本項では, PPF_D が $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と低い条件においても, ロゼット株の発生はみられず, 定植したすべての株が順調に抽苔し, その後に開花した。少なくとも, 谷川ら(2002)の報告でみられた, 11月下旬から育苗した場合の抽苔率が 85.7%と6月下旬から育苗した場合の抽苔率が 100%の差が生じた原因は, 育苗中の低日射量の単独の影響ではないことが示唆された。

第2章第1項において, 7~19時を 36°Cとした自然光型ファイトトロンを用いて吸水種子湿潤低温処理後の育苗夜温(22~31°C)がトルコギキョウの生育および切り花形質及ぼす影響を報告した。この中で, 高夜温は, 吸水種子湿潤低温処理による低温充足量を減少させ, 開花率や切り花長を小さくさせる(第2-1および2-2表)こと, 開花率が 100%となる安定した処理効果を得るための育苗夜温の上限値は 22~25°Cに存在することを明らかにした。第2章第2節において, 19~7時を 25°Cとした自然光型ファイトトロンを用いて吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温の影響を調査し, 昼温を 40°Cとした場合, 30°Cと比較して抽苔, 発蕾および開花までの日数が大きくなる(第2-4表)ことを明らかにし, 夜温が 25°C条件において高昼温が吸水種子湿潤低温処理による低温充足量を減少させ, 結果として生育が緩慢になったと推察した。本章第1節第1項においても, 明期を 18時間, 暗期が 6時間, 18°Cとした人工光を利用した閉鎖型育苗環境で明期を 32.5°Cに高めた場合, ロゼット株の発生はないものの, 明期が 27.5°Cと比較して生育が緩慢になったことを確認している(第4-2表)。前項では明期を 12~24時間, 本項では明期を 24時間とし, いずれも育苗中の温度は 27.5°C一定としたが, 第2章第1節で検討した明期が 36°Cと比較して低い温

度であったことから、明期における低温充足量の減少が小さかったため、すべての株が開花したと考えられる。Ohkawa ら（1991）は、吸水種子湿潤低温処理を行っていない、すなわち低温充足が十分でない場合においてロゼット株が発生する条件は、本葉 2 対展開までの平均気温が 25°C 以上かつ最低気温が 20°C 以上であることを報告している。吸水種子湿潤低温処理により十分に低温充足されている場合においては、低温充足を減少させる最高温度に注目する必要がある、併せて Ohkawa ら（1991）のように日平均気温を把握することが、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を生産するうえで重要であると考えられた。

定植後の生育についてみると、育苗中の PPFD が $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と比較して、供試した両品種ともに $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ および $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ が抽苔、発蕾および開花までの日数が小さかった（第 4-11 および 4-12 表）。ただし、定植後が高温期となる 7 月 6 日定植作型では、育苗時の PPFD を $75 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ としても開花までの日数については、 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ および $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ と同等であった。また、PPFD が $50\sim 125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の範囲では、切り花形質への影響はみられなかった。

以上の結果から、育苗開始から 35 日間後の苗の大きさ、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数に着目し、育苗温度が 27.5°C、明期長が 24 時間の人工光利用の閉鎖型育苗環境では、育苗時の PPFD を $100\sim 125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ にすることで、定植後にロゼットすることなく速やかに生育するトルコギキョウ苗を生産できると判断した。



第4-5図 人工光を利用した制御環境における光合成有効光量子束密度が
 ‘レイナホワイト’ (A)および‘ハピネスホワイト’ (B)の子葉展開率に及
 ぼす影響

図中の●は $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を, △は $75 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を, ■は $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を,
 ◇は $125 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を示す

同一育苗開始後日数における同一英小文字間にはアークサイン変換後のTukeyの
 HSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=3)

第4-9表 人工光を利用した制御環境における光合成有効光量子束密度 (PPFD) が‘レイナホワイト’定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	本葉節位別葉身長 (mm)			
	1	2	3	4
50	16.6 a	28.9 a	15.3 a	1.3 a
75	18.7 b	34.9 b	26.7 b	4.3 b
100	19.1 b	37.3 b	34.3 c	8.0 c
125	19.2 b	37.0 b	33.2 c	7.9 c

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

第4-10表 人工光を利用した制御環境における光合成有効光量子束密度 (PPFD) が、ハピネスホワイト定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	本葉節位別葉身長 (mm)			
	1	2	3	4
50	16.6 a	28.9 a	15.3 a	1.3 a
75	18.7 b	34.9 b	26.7 b	4.3 b
100	19.1 b	37.3 b	34.3 c	8.0 c
125	19.2 b	37.0 b	33.2 c	7.9 c

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差がないことを示す (n=3)

第4-11表 人工光を利用した制御環境における育苗中の光合成光量子束密度 (PPFD) が‘レイナホワイト’の定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
50	11.7 c	4.4 c	32.1 b	10.4 b	63.1 b	65.3 a	48.1 a	5.2 a
75	6.3 b	4.0 b	28.4 ab	9.8 a	58.8 a	62.7 a	42.0 a	4.8 a
100	4.2 a	4.0 ab	25.3 a	9.7 a	56.3 a	63.7 a	49.4 a	5.3 a
125	4.1 a	3.9 a	25.5 a	9.9 a	55.8 a	63.8 a	50.3 a	5.4 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^u 開花日に開花している小花数と1.5 cm以上に発達した蕾の総数

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=3)

第4-12表 育苗時の光合成光量子束密度 (PPFD) がトルコギキョウ‘ハピネスホワイト’の定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

PPFD ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	抽苔まで の日数 ^z	抽苔 節数 ^y	発蕾まで の日数 ^x	発蕾 節数 ^w	開花まで の日数 ^v	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効 小花数 ^u
50	10.3 c	4.2 b	31.6 b	10.3 ab	64.3 b	62.5 a	47.7 a	4.7 a
75	6.2 b	4.0 a	28.3 ab	10.0 a	60.1 a	62.1 a	50.4 a	5.0 a
100	5.1 ab	4.0 a	27.3 a	10.2 ab	59.3 a	62.4 a	51.5 a	5.2 a
125	4.0 a	4.0 a	27.8 a	10.5 b	59.1 a	63.2 a	54.8 a	5.6 a

^z 定植日から主茎のいずれかの節間が5 mm以上伸長した日までの日数

^y 主茎の節間が5 mm以上伸長を開始した最下位の節位までの節数

^x 定植日から主茎に5 mm以上の頂生花芽を視認できた日までの日数

^w 頂生花芽までの節数

^v 定植日から小花が3輪以上開花した日までの日数

^u 開花日に開花している小花数と1.5 cm以上に発達した蕾の和

表中の同一カラム内の同一英小文字間にはTukeyのHSD検定により5%水準で有意な差が存在しないことを示す(n=3)

総 括

トルコギキョウは、種子の吸水から本葉 2 対展開期までの育苗中の高温遭遇によりロゼット化が誘導される（吾妻・犬伏，1988；Harbaugh ら，1992；Ohkawa ら，1991；谷川ら，2001）。この生理的な特性は、高温期に育苗する作型におけるトルコギキョウの切り花生産を困難にしている。谷川ら（2002）は、10℃の暗黒で 35 日間の吸水種子湿潤低温処理を行うことにより処理中の発芽を概ね抑制し、かつ定植後の抽苔および開花を促進できることを報告した。近年、吸水種子湿潤低温処理は、高温期に育苗する作型において全国的に普及しつつあるが、生産現場への普及が進む中で、吸水種子湿潤低温処理を行ってもロゼット株が発生する、あるいは生育促進効果が得られない事例がみられるようになった。本研究では、トルコギキョウの安定的な切り花生産を実現する吸水種子湿潤低温処理を活用した高温期の育苗技術を開発しようとした。また、吸水種子湿潤低温処理後に再乾燥させることにより、より多くの生産者が当該技術を利用できる可能性について、さらに、安定的かつ計画的な苗生産に向けた閉鎖型育苗環境下での育苗条件についても検討した。

第 1 章では、ロゼット性の異なる品種への吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果について再検証し、次いで生産現場で行われている様々な吸水種子湿潤低温処理日数や処理方法について検証し、高い生育促進効果を得るための吸水種子湿潤低温処理の留意点を明らかにしようとした。

第 1 節において、李ら（2002）による分類法に基づき、ロゼット性が最も強い品種群 E の‘ロココマリン’および中程度のロゼット性を示す品種群 C の‘キングオブスノー’に対する吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果について再検証した。その結果、吸水種子湿潤低温処理は、無処理と比較して品種の有するロゼット性にかかわらず抽苔率、発蕾率および開花率を著しく高めることが明らかになった。

第 2 節において、2009 年頃から一部の種苗メーカーが市販しているプライミング種子への適切

な吸水種子湿潤低温処理日数を明らかにするために、吸水種子湿潤低温処理が 0 日間、7 日間、14 日間、21 日間、35 日間、49 日間および 63 日間において、処理中の発芽や苗の成長および定植後の生育に及ぼす影響を調査した。その結果、プライミング種子への吸水種子湿潤低温処理期間は、21～35 日間がよいことが明らかになった。生産現場においてプライミング種子と無処理種子は、作業の都合上、区別されることなく吸水種子湿潤低温処理されることが想定される。実験に供試した‘レイナホワイト’では、吸水種子湿潤低温処理が 21 日間でも切り花生産上の課題となる生育の遅延や開花率の低下は確認されなかった。しかし、‘あすかの桜’において 21 日間の吸水種子湿潤低温では開花率が 81.3%に低下したこと（谷川ら、2002）、35 日間では多くの品種・系統で開花率が高まる（福島ら、2003）こと、プライミング種子に対する 35 日間の処理は生育や切り花形質に悪影響を及ぼさなかったことを考慮すると、プライミング種子にかかわらず吸水種子湿潤低温処理は 35 日間が適切であると考えられる。

第 3 節において、生産現場で実際に行われている様々な吸水種子湿潤低温処理方法が生育および切り花形質に及ぼす影響を明らかにしようとした。具体的には、種子を水中に浸漬した状態で低温処理した後に播種する方法と播種後に低温処理を行う方法、播種後に低温処理を行う方法においては低温処理中の保湿や底面給水および途中でかん水する必要性について検討する区を設け、同時に吸水種子湿潤低温処理を行わない無処理を設けて比較検討を行った。その結果、いずれの吸水種子湿潤低温処理方法でも、無処理と比較して開花率が高まるとともに、生育および切り花形質に切り花生産上の課題となる差はないことが明らかとなった。実際の栽培においては、生産規模や所有する冷蔵機器および施設に応じた方法で吸水種子湿潤低温処理を行えばよいと考えられた。

第 4 節において、生産現場では育苗トレーに播種後に冷蔵庫に搬入し、吸水種子湿潤低温処理に必要な期間を経過した後に冷蔵庫から出庫した際に育苗培地が乾燥している事例がみられるこ

とから、吸水種子湿潤低温処理と人為的な再乾燥処理の総日数が 35 日間となり、吸水種子湿潤低温処理が 0 日間、5 日間、10 日間、15 日間、20 日間、25 日間、30 日間および 35 日間とする 8 処理区を設け、その後の子葉展開や定植後の生育に及ぼす影響を明らかにしようとした。その結果、再乾燥前の吸水種子湿潤低温処理の日数が大きいほどロゼット率が低くなることが明らかとなった。従って、トルコギキョウ生産者は、吸水種子湿潤低温処理を活用して安定した切り花生産を行うためには、低温処理中に種子が乾燥しないよう注意しなければならないと考えられた。

次に、第 2 章では、定植後の抽苔率、発蕾率および開花率を高める吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度条件を明らかにしようとした。

第 1 節において、昼間（7～19 時）を 36℃とした自然光型ファイトトロンを用いて育苗夜温の 22℃、25℃、28℃および 31℃が生育および切り花形質に及ぼす影響を調査した。その結果、品種の有するロゼット性にかかわらず吸水種子湿潤低温処理により開花率が 100%となる安定した処理効果を得るためには、育苗夜温の上限値が 22～25℃の範囲に存在すること、加えて 22℃を目安とすることでロゼット性にかかわらず吸水種子湿潤低温処理を適用できることが明らかになった。

第 2 節において、夜間（19～7 時）を 25℃とした自然光型ファイトトロンを用いて育苗昼温の 30℃および 40℃が生育および切り花形質に及ぼす影響を調査した。その結果、品種の有するロゼット性にかかわらず吸水種子湿潤低温処理後の育苗昼温は、開花率を低下させなかったが、発蕾および開花までの日数を増加させ、切り花長を小さくすることが明らかになった。

第 3 章では、吸水種子湿潤低温処理を行ったトルコギキョウ種子を再乾燥することができれば、低温処理施設を所有しない栽培者が当該技術を活用した切り花生産に取り組めると考え、吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥の可能性を明らかにしようとした。

第 1 節において、吸水種子湿潤低温処理後の 0 日間、7 日間、14 日間および 28 日間の再乾燥が子葉展開、生育および切り花形質に及ぼす影響について明らかにしようとした。その結果、吸

水種子湿潤低温処理による生育促進効果は、再乾燥処理の日数にかかわらず維持されていることが明らかになった。同時に、吸水種子湿潤低温処理後の再乾燥は、子葉展開率を有意に低下させるという課題が明らかになった。

第2節において、吸水種子湿潤低温処理を14日間の2回に分割して与えることで、連続して28日間に低温を与えた場合と同等の生育促進効果を維持しつつ、子葉展開率の低下を防止できるかを明らかにしようとした。その結果、吸水種子湿潤低温処理は、14日間の2回与えることで高い子葉展開率と生育促進効果を維持できることが明らかになった。

最後に、第4章では、閉鎖型育苗システムでのトルコギキョウ苗の安定的かつ計画的な生産の実現を将来的な目標とし、人工光を利用した制御環境下における吸水種子湿潤低温処理後の育苗環境が生育に及ぼす影響を明らかにしようとした。

第1節第1項において、暗期（22～4時）が18℃の制御環境下における育苗中の明期（4～22時）の22.5～35℃が、第2項において、明期が27.5℃の制御環境下における育苗中の暗期の18～26℃が、および第3項において、日平均気温が27.5℃となる異なる明暗期気温が生育に及ぼす影響について検討した。その結果、人工光利用を利用した閉鎖型育苗環境において育苗開始から35日間の27.5℃一定で管理することにより、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を生産できると判断した。

第2節第1項において、明暗期を27.5℃とした制御環境下における育苗中の明期が、第2項において、育苗中の光合成有効光量子束密度（PPFD）が生育に及ぼす影響について検討した。その結果、明暗期が27.5℃の人工光を利用した閉鎖型育苗環境では、育苗中の明期を20時間以上、PPFDを100～125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ にすることで、定植後にロゼット化することなく速やかに生育する苗を生産できることが明らかになった。

Pergola (1992) は、本葉が3～4対展開したトルコギキョウ苗に対する18℃未満の低温に21日

間以上遭遇することにより抽苔や開花が早まったことをバーナリゼーションとしたが、トルコギキョウにおいて高温遭遇によるディバーナリゼーションやバーナリゼーションのもう一つ特徴である分割して与えた低温が累積されること（小西，1982）については十分に明らかにされていなかった。本研究において，第1章では吸水種子湿潤低温処理による低温遭遇は，トルコギキョウの生育を促進し，低温処理日数の不足や低温処理中の乾燥は，低温充足量を不足させ，その結果として十分な生育促進効果が得られないことが明らかになった。また，第2章において吸水種子湿潤低温処理後の育苗中の高温遭遇，特に高夜温への遭遇は，抽苔率，発蕾率および開花率を低下させるとともに生育を緩慢にする。さらに，節間伸長が小さくなり，結果として切り花長が小さくなることが明らかになった。第3章において，分割して与えた吸水種子湿潤低温処理（14日間を2回）は，連続して28日間に吸水種子湿潤低温処理と同等の生育促進効果があることを明らかにした。これらの結果は，トルコギキョウに対する吸水種子湿潤低温処理は，スイートピー（土居・鴻野，1990；井上，2002；宇田・小山，1991）およびスターチス・シヌアータ（吾妻ら，1983）と同様に種子バーナリゼーション処理として作用していることを示唆した。ロゼット化したトルコギキョウ苗に対する低温遭遇は，ロゼットを打破し，生育を促進する（二宮ら，1997；大川ら，1996；Ohkawaら，1994；竹田，1995）ことから，トルコギキョウは，スターチス・シヌアータ（吾妻ら，1983；藤田・西谷，1982），ダイコン（松原ら，1990；野村ら，1996）およびハウレンソウ（香川，1956,1957）と同じように種子でも緑色体でも低温を感受する植物といえる。吸水種子湿潤低温処理を行わなくても抽苔，発蕾および開花に至る作型，例えば5月に播種し，8月に収穫する作型があることから，トルコギキョウに対する吸水種子湿潤低温処理をバーナリゼーション処理と位置付けるには疑問が生じるかもしれない。トルコギキョウは，種子を低温登熟することによりロゼット株の発生が少なくなること（今村ら，2009；Ohkawaら，1993），また5～20℃の広い温度域を低温として感応すること（Ohkawaら，1994）から，吸水種子湿潤低温処理を行

わなくても登熟中および育苗中にロゼット株が発生しない程度の低温が充足されていると考えられる。また、ハウレンソウの抽苔および開花は、必ずしも低温を必要としない（高尾，1998）が、種子に対する低温処理は、バーナリゼーションと位置付けられている。トルコギキョウの生育に対する低温の作用をバーナリゼーションと位置付けることにより、苗冷蔵処理（二宮ら，1997；大川ら，1996；Ohkawa ら，1994；竹田，1995）、冷房育苗や夜冷育苗（吾妻・犬伏，1988；吾妻・高野，1996；小林・近藤，1990）および吸水種子湿潤低温処理（景山ら，1990；Ohkawa ら，1993；Pergola ら，1992；谷川ら，2002）とトルコギキョウの生育促進との関係性について理解が深まり、生産現場においてロゼット株が発生した場合、低温充足量を中心に考察することで早期に原因を究明できると考えられる。

吸水種子湿潤低温処理を活用して高温期に育苗したトルコギキョウ苗を用いて切り花生産を行うためには、まずは適切な吸水種子湿潤低温処理により低温量を充足させる必要がある。そのためには、プライミングの有無にかかわらず 35 日間の低温処理を行い、この間に種子が乾燥すると低温量が不足する可能性が高まるため、種子が湿潤状態にあることが重要である。育苗期間中の高温は低温量を減少させ、ロゼット株の発生や生育遅延を引き起すことから、自然光を利用した育苗施設においては、特に夜間温度が 22～25℃を上回らないよう留意する必要がある。この夜間温度を上回る地域や作型では、冷房育苗または夜冷育苗との併用が望ましい。吸水種子湿潤低温処理による生育促進効果は、再乾燥後も維持されることが明らかとなった。再乾燥処理後の保存方法や期間あるいは品種について、今後、さらに検討する必要がある。吸水種子湿潤低温処理後、温度が 27.5℃、明期が 20 時間以上および PPF_D が 100～125 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とした制御環境下で育苗することにより、ロゼット化することなく速やかに生育する苗を生産できることが明らかになった。人工光を利用した制御環境下でのトルコギキョウ苗生産については、開発の途に就いたばかりであるが、生産の大規模化、経営の合理化が一層図られる中で安定的かつ計画的な苗生

産の重要性は増大すると考えられる。

今後は、本研究で十分に解決できなかった課題に積極的に取り組むとともに、本研究を基盤としたトルコギキョウの安定生産技術の開発および普及に努めていきたいと考えている。

謝 辞

本論文をとりまとめるにあたり，岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の後藤丹十郎博士には，著者がトルコギキョウに関する研究を開始した当初から深いご理解を頂き，岡山大学大学院環境生命科学研究科在籍前から研究計画などの相談に真摯に向き合い，終始懇切丁寧，かつ熱意のこもったご指導とご助言および綿密なご校閲を賜った．心より感謝の意を表します．岡山大学大学院環境生命科学研究科教授の吉田裕一博士，岡山大学大学院環境生命科学研究科准教授の安場健一郎博士には，ご校閲の労をおとりいただいた．深く感謝の意を表します．また，岡山大学大学院環境生命科学研究科准教授の田中義行博士には，大学院在席中において本論文のとりまとめにあたり，多くの有益な示唆と暖かい激励を賜った．ここに記し，深く感謝の意を表します．

本研究の一部は，筆者が広島県立総合技術研究所に勤務しつつ，岡山大学大学院環境生命科学研究科に在籍して実施した．社会人としての大学在籍にあたって，寛大なご配慮をいただいた広島県立総合技術研究所農業技術センター長の新田浩通氏，次長の平尾晃氏および元 栽培技術研究部部長の前田光裕氏には，厚く感謝の意を表します．元 広島県立総合技術研究所農業技術センター技術支援部担当部長の勝谷範敏博士，広島県立総合技術研究所農業技術センター生産環境研究部部長の梶原真二博士および栽培技術研究部部長の石倉 聡博士には，公設の農業試験場における研究員としても心構え，研究の基礎から応用に至るまで，公私ともに多大なご指導とご鞭撻を頂いた．元 広島県立総合技術研究所農業技術センター技術支援部長の那波邦彦博士，今井俊二博士および元 広島県立総合技術研究所農業技術センター生産環境研究部総括研究員の伊藤純樹博士には，高い見識と豊富な経験に基づく多くの有益なご助言と常に暖かい激励を頂いた．厚く感謝の意を表します．

本研究の一部は，農林水産省 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「トルコギキョウの種子冷水浸漬による超低コストロゼット防止技術の開発」，農林水産省 新たな農林水産政策を

推進する実用技術開発事業「今こそチャレンジ！国産花きの周年効率安定生産システムの構築」および農林水産省 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「周年安定生産を可能とする花き栽培技術の実証研究」において実施したが、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門主席研究員の福田直子博士および国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター上級研究員の今村 仁氏には、共同研究者として本研究の推進を力強く支えて頂いた。ここに記し、深く感謝の意を表します。

元一般社団法人日本種苗協会技術主幹の戸苅久光氏、一般社団法人審査会担当の平山祐嗣氏には、平成8～17年にかけて全日本花卉種苗審査会を委託して頂いた。この事業のおかげで、多くの品種・系統で吸水種子湿潤低温処理によるトルコギキョウの生育促進効果を確認することができ、本技術の生産現場への普及を促すことができた。ここに記し、深く感謝の意を表します。

圃場における実験では、広島県立総合技術研究所農業技術センター栽培技術研究部副主任研究員の原田秀人氏（現 広島県西部農業指導所）、研究員の時安美奈氏、藤原朋子氏（現 食品工業技術センター）、田部 大氏（現 広島県東部農業指導所）には、多大なご協力を頂いた。圃場における栽培管理や調査補助では、広島県立総合技術研究所農業技術センター管理課の西尾 聡氏、山田孝宏氏、野村紀子氏、元 管理課職員の齊藤廣司氏、山元行成氏、竹林 亨氏、東脇 秀氏、宮本芳則氏、山口正明氏、土田正信氏および山田 勉氏には、多くのご助力を頂いた。そして、元 広島県立農業技術センター島しょ部研究部技術員の村上 淳氏には、農業の基本的な作業についてご指導を頂き、ご退職後はトルコギキョウ生産者として本研究に対して有益な批評と普及に際して多大なご協力を頂きながら暖かく見守って頂いた。ここに記し、関係者各位に深く感謝の意を表します。

岡山大学大学院環境生命科学研究科作物開花制御研究室の皆さまには温かい激励を頂いた。また、同大学院の先輩や同輩として、兵庫県立農林水産技術総合センター主席研究員兼研究主幹の

山中正仁博士，和歌山県農業試験場栽培部長の島 浩二博士，岡山県農林水産総合センター主任
研究員の森 義雄博士，奈良県農業研究開発センター総括研究員の仲 照史博士，奈良県農業研究
開発センター総括研究員の西本登志博士，千葉県農林総合研究センター研究員の中島 拓氏には，
多くのご助言，激励を頂いた．ここに記し，深く感謝の意を表します．

最後に，岡山大学大学院環境生命科学研究科への在籍や本論文をとりまとめるにあたり，常に
心身を支えてくれた妻 千恵美と家族に感謝する．

引用文献

- 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の関係. 園学雑. 55: 221-227.
- 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.
- 吾妻浅男・島崎純一・犬伏貞明. 1983. 種子の低温処理によるスターチス・シヌアータの開花促進について. 園学雑. 51: 466-474.
- 吾妻浅男・高野恵子. 1996. トルコギキョウの開花調節に関する研究（第2報）冷房あるいは夜冷育苗による冬～早春出し栽培. 高知農技セ研報. 5: 58-65.
- Dearman, J., P. A. Brocklehurst and R. L. K. Drew. 1986. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *Ann. Appl. Biol.* 108: 639-648.
- Dursun, A. and M. Ekinici. 2010. Effects of different priming treatments and priming durations on germination percentage of parsley (*Petroselinum crispum* L.) seeds. *Agr. Sci.* 1: 17-23.
- 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.
- Erwin, J. E., R. D. Heins and M. G. Karlson. 1989. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum*. *Amer. J. Bot.* 76: 47-52.
- 藤永真史・小木曾秀紀・宮本賢二・宮坂昌実・塚田晃久・佐藤勇人・守川俊幸・米山千温・夏秋知英. 2007. 長野県内のトルコギキョウに発生しているウイルス病の発生実態. 関東病虫研報. 54: 85-88.
- 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）各種苗齢における温度反応と低温要求量. 和歌山農試研報. 9: 15-22.
- 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: 845-856.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・後藤丹十郎. 2018. プライミング種子への吸水種子湿潤低温処理がトルコギキョウ‘レイナホワイト’の生育および切り花形質に及ぼす影響. 園学研. 17: 79-85.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・後藤丹十郎・福田直子. 2014. 制御環境下における明期の温度がトルコギキョウ‘レイナホワイト’の発芽と苗の大きさに及ぼす影響. 園学研. 13 (別 2) : 502.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・後藤丹十郎・福田直子. 2015. 制御環境下における暗期の温度がトルコギキョウ‘レイナホワイト’の発芽と苗の大きさに及ぼす影響. 園学研. 14 (別 1) : 215.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・後藤丹十郎・福田直子. 2015. 制御環境下での明期と暗期の温度差がトルコギキョウ‘レイナホワイト’の発芽と苗の大きさに及ぼす影響. 園学研. 14 (別 2) : 534.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・後藤丹十郎・福田直子. 2016. 制御環境下における明期長がトルコギキョウ‘レイナホワイト’の発芽と苗の大きさに及ぼす影響. 園学研. 15 (別 1) : 227.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・原田秀人・福田直子・川勝恭子・後藤丹十郎. 2012 a. 春出荷作型のトルコギキョウ‘キングオブスノー’の生育と切り花形質に及ぼす吸水種子湿潤低温処理後の乾燥の影響. 園学研. 11 (別 2) : 253.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・原田秀人・後藤丹十郎. 2012 b. 春期に出荷するトルコギキョウの生育および切り花形質に及ぼす育苗中の長日処理の影響. 園学研. 11 (別 2) : 578.

福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・勝谷範敏・後藤丹十郎. 2017. トルコギキョウの生育および切り花形質に及ぼす吸水種子湿潤低温処理方法の影響. 園学研. 16: 177-184.

- Fukushima, K., S. Kajihara, S. Ishikura, N. Katsutani and T. Goto. 2018. Effect of re-drying seeds after wet treatment at 10°C on the germination and growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Hort. J. : in press
- 福島啓吾・梶原真二・石倉 聡・勝谷範敏・今村 仁・後藤丹十郎. 2016. トルコギキョウの生育と切り花形質に及ぼす吸水種子湿潤低温処理後の育苗温度の影響. 園学研. 15: 377-382.
- 福島啓吾・勝谷範敏・梶原真二. 2003. 秋季出荷に適したトルコギキョウ品種の選定. 広島農技セ研報. 75: 25-32.
- 福島啓吾・時安美奈・石倉 聡・梶原真二・後藤丹十郎・福田直子. 制御環境下における光合成有効光量子束密度がトルコギキョウの発芽と苗の大きさに及ぼす影響. 園学研. 15 (別2) : 454.
- Halevy, A. H. and A. M. Kofranek. 1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. HortScience 19: 845-847.
- Harbaugh, B. K., M. S. Roh, R. H. Lawson and B. Pemberton. 1992. Rosetting of lisianthus cultivars exposed to high temperature. HortScience 27: 885-887.
- 林 利夫・鈴木忠幸・古在豊樹. 2007. 閉鎖型苗生産システム内のトマト苗の成長に及ぼす高級脂肪族アルコール養液処理の影響. 園学研. 6: 277-281.
- 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.
- 樋口春三・森岡公一. 1972. ポットマムのさし穂貯蔵に関する研究. 愛知農総試研報 B. 4: 88-90.
- 樋口俊輔. 2013. 5つの作型と品種の使い分けで長期出荷. p. 61-69. 農山漁村文化協会編. 最新農業技術花卉 vol. 5. 農山漁村文化協会. 東京.
- 飛川光治. 2004. ナス台木‘トレロ’種子のポリエチレングリコール処理と低温処理による発芽

- 促進. 園学研. 3: 143-147.
- 堀江博道・南 晴文. 2004. 幼苗期のトルコギキョウにおける各種殺虫剤の薬害. 関東病虫研報. 51: 163-166.
- 堀田 貢・猿山晴夫. 2006. トレハロース, ラフィノースによるタマネギ種子の発芽促進. 園学研. 51: 75-78.
- 今村 仁・須藤憲一. 2002. 切り離れた未熟さく果ならびに吸水種子への低温がトルコギキョウのロゼット化に及ぼす影響. 園学雑. 71 (別2) : 433.
- 今村 仁・須藤憲一・池田 広. 2009. トルコギキョウ種子の登熟期における低温遭遇に対する抽だい反応. 園学研. 8: 41-46.
- 今西英雄. 2000. 花卉園芸学. p. 76-85. 川西書店. 東京.
- 伊村 務. 1992. チビクロバネキノコバエ (*Bradysia agrestis* SASAKAWA) 幼虫によるリンドウ及びトルコギキョウの葉の被害. 関東病虫研報. 39: 257-258.
- 井上知昭. 2002. 夏咲き, 春咲きおよび冬咲き系スイートピーの開花に及ぼす種子春化と日長の影響. 園学雑. 71: 127-132.
- Islam, N., G. G. Patil and H. R. Gislerød. 2005. Effect of photoperiod and light integral on flowering and growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shin. Sci. Hortic. 103: 441-451.
- Ito, A., T. Hisamastu, N. Soichi, M. Nonaka, M. Amano and M. Koshioka. 1997. Effect of diurnal temperatures alternations on the growth of annual flowers at nursery stage. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65: 809-816.
- 香川 彰. 1956. 晩抽型ホウレン草の開花促進に関する研究 (第1報) Chemical vernalization 及び低温処理の効果について. 園学雑. 25: 173-180.
- 香川 彰. 1957. 晩抽型ホウレン草の開花促進に関する研究 (第2報) 低温処理温度及び期間並

- びに処理後種子の乾燥が開花・結実に及ぼす影響. 園学雑. 26: 230-235.
- 柿崎辰二郎. 1943. 茄子種子の發芽. 農及園. 18: 661-663.
- 景山詳弘・福島洋子・小西国義. 1990. 涼温育苗と種子の低温処理によるトルコギキョウのロゼット化回避. 園学雑. 59 (別 1) : 496-497.
- 城戸麻里・野村哲也・田浦一成・遠城道雄・橋本文雄. 2014. 冬季無加温栽培における種子冷蔵および電照処理がトルコギキョウ (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.) の發芽, 生育並びに開花に及ぼす影響. 鹿児島大学農場研報. 36: 7-13.
- 小林泰生・近藤英和. 1990. 一, 二年生草花の生育開花調節に関する研究トルコギキョウの夜冷育苗が抽台・開花に及ぼす影響. 福岡農総試研報 B-10: 47-50.
- 小熊光輝・井出 治・石松敬章. 2013. 夏季の高温条件における葉ネギの出芽促進のための種子吸水処理技術. 福岡農総試研報. 32: 59-62.
- 小西国義. 1975. さし芽苗の低温処理によるキクのロゼット化防止. 園学雑. 44: 286-293.
- 小西国義. 1980. キクのロゼット化に関する研究. 園学雑. 49: 107-113.
- 小西国義. 1982. 植物の生長と發育. p. 137-148. 養賢堂. 東京.
- 小西国義. 1991. 花の園芸用語事典. p. 134-135. 川島書店. 東京.
- 小西国義・今西英雄・五井正憲. 1988. 花卉の開花調節. p. 40-72. 養賢堂. 東京.
- 腰岡政二. 2015. 發育生理. p. 43-61. 腰岡政二編著. 花卉園芸学の基礎. 農文協. 東京.
- 古在豊樹・佐瀬勘紀・G. Giacomelli・KC Ting・W. Roberts. 1990. 苗生産システムの将来. 農業および園芸. 65: 97-103.
- 古在豊樹・大山克己. 2008. 園芸施設の周年利用推進のための環境制御と苗生産 [2]. 農業および園芸. 83: 375-378.
- Kubota, S., T. Yamato, T. Hisamatsu, S. Esaki, R. Oi, M. S. Roh and M. Koshioka. 2000. Effects of red-

and far-red-rich spectral treatments and diurnal temperature alternation on the growth and development of *Petunia*. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 403-409.

工藤陽史・山口 茂・福田直子・菊池竜也・佐渡 旭・深井誠一. 2012. トルコギキョウの冬出し栽培における生育初期の昼温が生育速度と主茎伸長および花芽分化に及ぼす影響. *園学研*. 11: 343-349.

李 潔・能津葉子・小川真貴子・大野 始・大川 清. 2002.異なる播種時期における抽だい特性に基づくトルコギキョウのロゼット性の品種分類. *生物環境調節*. 40: 229-237.

丸尾 達. 2015.種子の処理技術. p. 370-375. 日本施設園芸協会編. *施設園芸・植物工場ハンドブック*. 農文協. 東京.

Masuda, M., N. Hata, F. K. Ombwara and S. G. Agong. 2005. Effects of Acid scarification, priming with PEG, NaCl or sea water as osmoticum and dehydration on spinach seed germination at 30°C. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74: 134-138.

Masuda, M. and K. Konishi. 1993. Improvement of high-temperature germination of spinach seed with acid scarification and priming with polyethylene glycol 6000. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62: 419-424.

松原尚生・杉山直儀. 1965. 種子の発芽・発生に及ぼす土壤水分の影響. *園学雑*. 34: 105-112.

松原幸子・三木典子・村上賢治・内田郷子. 1990. ダイコンの採種のための春化处理. *園学雑*. 59: 137-142.

松田岑夫・万豆剛一. 1975. 秋ギクの加温電照栽培に関する研究（第1報）さし穂または苗冷蔵に対する反応の品種間差異. *静岡農試研報*. 20: 84-96.

Mino, M., M. Oka, Y. Tasaka and M. Iwabuchi. 2003. Thermoinduction of genes encoding the enzymes of gibberellin biosynthesis and a putative negative regulator of gibberellin signal transduction in *Eustoma grandiflorum*. *Plant Cell Rep.* 22: 159-165.

- 中島 拓・土居典秀. 2007. ブブレウラムの 1 月上旬播種における種子の湿潤低温処理が生育および開花に及ぼす影響. 近畿中国四国農研. 11: 52-55.
- 中村俊一郎. 1972. イチゴ種子の発芽. 園学雑. 41: 367-375.
- 中村俊一郎・寺西武夫・青木美珠代. 1982. ポリエチレングリコール処理によるセルリー及びホウレンソウ種子の発芽促進. 園学雑. 50: 461-467.
- 二宮千登志・高野恵子・吾妻浅男. 1997. ロゼット苗の低温処理によるトルコギキョウの冬～早春出し栽培法 (第 1 報) 苗の低温処理期間が低夜温栽培での生育・開花に及ぼす影響. 高知農技セ研報. 6: 31-36.
- 野村和成・米田和夫・内山 寛・小山鐵夫. 1996. タイ北部より導入したサヤダイコン (*Raphanus sativus*) のわが国における生育特性と抽苔・開花に対する低温要求. 熱帯農業. 40: 63-67.
- 農林水産省. 2017a. 統計情報. 花き流通統計調査報告. 全国の品目別卸売数量、卸売価額及び卸売価格 (平成 20 年). <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaki_orosi/index.html>
- 農林水産省. 2017b. 統計情報. 作況調査 (花き). 都道府県別の作付 (収穫) 面積及び出荷量. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kaki/index.html>
- 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.
- 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. Sci. Hortic. 48: 171-176.
- 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*. Sci. Hortic. 53: 225-230.
- 大川 清・山口繁雄・三次 学・山崎 文. 1996. トルコギキョウのロゼット苗の低温処理による促成栽培. 生物環境調節. 34: 45-52.
- Ohkawa, K., T. Yoshizumi, M. Korenaga and K. Kanematsu. 1994. Reversal of heat-induced resetting in

Eustoma grandiflorum with low temperatures. HortScience 29: 165-166.

大西 純・西野 実. 2017. トルコギキョウに発生したトマト黄化葉巻ウイルス・マイルド系統の配列解析. 関西病虫研報. 59: 47-49.

大山克己. 2005. 閉鎖型苗生産システムの開発およびその利用に関する研究例. p. 115-144. 古在豊樹・板木利隆・岡部克己・大山克己共著. 最新の苗生産実用技術. 農業電化協会. 東京.

大山克己・藤原雅哉・古在豊樹・全 昶厚. 2001. 閉鎖型苗生産システムのナスセル成型育苗時における電気エネルギーおよび水消費量. 植物工場学会誌. 13: 1-6.

大山克己・古在豊樹・全 昶厚. 2003 b. 閉鎖型育苗システムの開発およびその利用. 植物工場誌. 15: 1-10.

大山克己・真辺幸治・大村好孝・久保田智恵利・古在豊樹. 2003 a. 閉鎖型苗生産システムと開放型苗生産システムの夏季におけるトマトセル成型苗の品質と資源消費量の比較例. 生物環境調節. 41: 57-61.

大山克己・吉永慶太・古在豊樹. 2000. 閉鎖型苗生産システムのエネルギーおよび物質収支（第1報）—エネルギー収支—. 植物工場誌. 12: 160-167.

岡部克己. 人工光閉鎖型苗生産装置「苗テラス」による苗生産. 2005. p. 81-114. 古在豊樹・板木利隆・岡部克己・大山克己共著. 最新の苗生産実用技術. 農業電化協会. 東京.

Pergola, G. 1992. The need for vernalization in *Eustoma russellianum*. Sci. Hortic. 51: 123-127.

Pergola, G., N. Oggiano and P. Curir. 1992. Effects of seeds and seedlings temperature conditioning on planting, bolting and flowering in *Eustoma russellianum*. Acta Hortic. 314: 173-177.

佐々木和也・西島隆明・本多和茂・嵯峨絃一・鮫島正純. 2007. 昼夜温度差および短時間変温がシネンシス系デルフィニウムの生育に及ぼす影響. 園学研. 6: 577-583.

佐藤隆徳・矢澤 進・並木隆和. 1982. トウガラシ属の種子発芽にみられる変温要求性. 京府大

学報 農. 34: 21-27.

佐藤隆徳・矢澤 進・並木隆和. 1984. ボリビア産トウガラシ ‘No.3341’ (*Capsicum chinense*) の発芽特性. 生物環境調節. 22: 25-31.

佐藤武義・工藤則子・森山巖與・大川秀樹・金山喜則・金浜耕基. 2009. トルコギキョウの秋冬出し作型における遠赤色光電球型蛍光ランプを利用した日長延長による開花促進. 園学研. 8: 327-334.

佐藤武義・西村林太郎・小野恵二. 2004. トルコギキョウの寒冷地秋冬出荷作型におけるロゼット化回避と品種の開花反応. 山形園研報. 16: 43-60.

植物防疫所. 2017. 統計情報. 輸入植物品目別・国別調査票. <<http://www.maff.go.jp/pps/j/tokei/index.html>>

渋谷俊夫・山口健一・猪田博子・清田 信. 2003. 農業用閉鎖型施設の多目的利用を目的とした多段式育苗装置の簡易ユニット化. 植物工場誌. 15: 239-244.

志田原 崇・太田勝巳. 2004. カラー蛍光灯の夜間補光によるトルコギキョウ育苗期間の短縮. 生物環境調節. 42: 95-98.

鈴木晴雄・尾林誠一・小泉元三. 1989. ニンジンの出芽に対する数種の播種前種子処理の効果. 園学雑. 58: 407-414.

平子喜一・小野光代. 2001. トルコギキョウ青かび根腐れ病の発生条件. 北日本病虫研報. 52: 95-97.

高尾保之. 1998. ホウレンソウの生育および抽だいに及ぼす夜間照明の影響と品種の限界照度. 園学雑. 67: 778-784.

竹田 義. 1995. 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. 園学雑. 64: 359-366.

竹崎あかね・吉田裕一・藤井寛也・藤野雅丈・梶田正治. 2003. 強日射条件下での培地の乾燥が

- トルコギキョウの葉温上昇とロゼット化に及ぼす影響. 園学研. 2: 89-92.
- 谷川孝弘・小林泰生・國武利浩. 1999. トルコギキョウの高温期定植における吸水種子の低温処理方法と抽だい・開花株率の品種間差異. 園学雑. 68 (別 2) : 378.
- 谷川孝弘・小林泰生・松井 洋・國武利浩. 2001. 苗齡, 苗の高温および低温遭遇, 並びに低温遭遇後の生育温度がトルコギキョウの抽だいに及ぼす影響. 園学雑. 70: 501-509.
- 谷川孝弘・黒柳直彦・國武利浩. 2002. トルコギキョウの発芽と抽だいを促進する吸水種子の低温処理方法. 園学雑. 71: 697-701.
- 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. 長野野花試報. 1: 39-46.
- 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. 長野野花試報. 2: 77-88.
- 富田恭範・小河原孝司・市村 勉・長塚 久. 2005. トルコギキョウの土壌病害虫に対する太陽熱消毒と熱水消毒の防除効果. 茨城農総セ園研報. 13: 43-47.
- 宇田 明・小山佳彦. 1991. 種子の低温処理がスイートピーの開花に及ぼす影響. 兵庫淡路農技セ研報. 3: 11-18.
- 植松清次・白石俊昌・庄司俊彦・赤山喜一郎・中村靖弘. 1993. *Pythium irregulare* 及び *P. spinosum* によるトルコギキョウ根腐病の関東地方における発生と薬剤による防除. 関東東山病虫研報. 40: 167-170.
- 山田明日香・谷川孝弘・巢山拓郎・松野孝敏・國武利浩. 2008. トルコギキョウの冬春出し栽培における開花促進のための長日処理方法. 園学研. 7: 407-412.
- 山田明日香・巢山拓郎・佐伯一直・谷川孝弘・中村知佐子. 2009. 閉鎖型育苗装置を活用したトルコギキョウ苗の生育期間短縮および切り花品質向上. 園学研. 8 (別 2) : 336.

山田千佳子・大山克己・古在豊樹. 2000 a. 閉鎖型苗生産システムにおけるサツマイモ植物個体群の純光合成速度の経日変化. 生物環境調節. 38: 247-254.

山田千佳子・大山克己・古在豊樹. 2000 b. 閉鎖型苗生産システムにおける電気エネルギー消費量削減のための光合成有効光量子束調節. 生物環境調節. 38: 255-261.

横井真悟・後藤栄司・古在豊樹・西村将雄・田口勝教・石神靖弘. 2007. 閉鎖型苗生産システムにおける栽植密度および気流速度がセル成型トマト実生苗の生育およびその均一性に及ぼす影響. 植物環境工学. 19: 159-166.

横井真悟・古在豊樹・長谷川智行・全 昶厚・久保田智恵利. 2005. 閉鎖型苗生産システムの CO₂ および水利用効率に及ぼすトマト実生個体群の葉面積指数および換気回数の影響. 植物環境工学. 17: 182-191.

広島県立総合技術研究所農業技術センター研究報告 第100号

令和6年1月 発行

編集
発行 広島県立総合技術研究所農業技術センター

〒739-0151 広島県東広島市八本松町原 6869

Tel (082)429-0522

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER
No. 100

CONTENTS

Development of Raising Seedling Method by Low-Temperature Treatment of Imbibed Seeds to Achieve Stable Production in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn

Keigo FUKUSHIMA

Hiroshima Prefectural Technology Research Institute
Agricultural Technology Research Center
(Higashihiroshima, Hiroshima Prefecture, 739-0151 Japan)
January, 2024