吸水種子湿潤低温処理後のトルコギキョウの発芽と生育に及ぼす グロースチャンバーにおける育苗温度の影響

福島啓吾^{1,3*}・梶原真二¹・石倉 聡¹・福田直子²・後藤丹十郎³

¹ 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

² 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 305-0852 茨城県つくば市藤本

³ 岡山大学大学院環境生命科学研究科 700-8530 岡山県岡山市北区津島中

Effects of Growth Chamber Temperature on the Germination and Growth of *Eustoma grandiflorum* after Low-temperature Wet Treatment of Seeds

Keigo Fukushima^{1,3*}, Shinji Kajihara¹, Satoshi Ishikura¹, Naoko Fukuta² and Tanjuro Goto³

¹Hiroshima Prefectural Technology Research Institute, Agricultural Technology Research Center,
Hara, Hachihonmatsu, Higashihiroshima, Hiroshima 739-0151

²Institute of Vegetable and Floriculture Science, NARO, Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-0852

³Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, Tsushimanaka, Kita-ku, Okayama 700-8530

Abstract

This study investigated the effects of the growth chamber temperature on the germination and growth of *Eustoma grandiflorum* after the wet treatment of seeds at 10°C. When the dark-period temperature was 18°C, the germination rates for seeds under light-period temperatures of 22.5 and 25°C were slower than those under a light-period temperature of 30°C. The final germination rate for seeds with a light period at 35°C was significantly lower than those under the other conditions. With the light period at 32.5°C, the numbers of days to bolting, flower budding, and flowering were significantly higher than those at 27.5 or 30°C. When the dark-period temperature was 18°C, the rate and percentage of germination with a light-period temperature of 27.5°C were the same or lower than with a light period temperature at 30°C; however, when the dark-period temperature was set at 26°C, the rate and percentage of germination improved and were the same as with light/dark-period temperatures of 30/18°C. The leaf blade lengths of transplanted seedlings that had received light/dark-period temperatures of 27.5/26°C were significantly longer than those that had received light/dark-period temperatures of 30/18°C. Moreover, the numbers of days to bolting, flower budding, and flowering were significantly lower than in those with light/dark-period temperatures of 30/18°C. When the average temperature was 27.5°C, the germination rate was independent of the light/dark-period temperature under the four different conditions. However, the leaf blade lengths of the third true leaf at 32/14°C were shorter than those receiving the other three treatments. The leaf blade lengths of transplanted seedlings at 30/20°C were the same as those for 28/26°C and 27.5/27.5°C; however, the numbers of days to bolting, flower budding, and flowering at 30/20°C were significantly higher than those at 28/26°C or 27.5/27.5°C. We judged that the optimal light/dark-period temperature for producing *Eustoma grandiflorum* seedlings in the growth chamber was a constant 27.5°C, since changing the light/dark-period temperature requires complicated control.

Key Words : bolting, cut flower characteristic forms, dark period temperature, light period temperature,
time-dependent temperature management

キーワード : 暗期温度, 抽苔, 変温管理, 切り花形質, 明期温度

緒 言

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; 福島ら, 2016; 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/夜温が28/23°Cとした自然光型ファイトロン内で播種後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

2017年11月27日 受付。2018年3月2日 受理。

本報告の一部は、園芸学会平成26年度秋季大会、平成27年度春季大会および秋季大会で発表した。

本研究は、食料生産地域再生のための先端技術展開事業により実施した。

* Corresponding author. E-mail: k-fukushima86375@pref.hiroshima.lg.jp

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(2012)は、‘キングオブスノー’を用いて、吸水種子湿潤低温処理(以下、種子低温処理と略記)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。従って、生産現場において定植後に順調に生育する高品質なトルコギキョウ苗を安定的かつ計画的な生産するためには、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。

現行のトルコギキョウの育苗は、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、トルコギキョウの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, 2003; 横井ら, 2005, 2007), ナス(大山ら, 2001)およびサツマイモ(山田ら, 2000a, b)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。また、閉鎖型育苗システムを用いた苗生産は、トマト、ハ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)が見られるが、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種子低温処理後の育苗温度が発芽、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5週間で生産するための温度条件を明らかにしようとした。種子低温処理は、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。

材料および方法

いずれの実験も、市場で流通する白八重の主力品種である‘レイナホワイト’((株)サカタのタネ)を用いた。成型培養土が充填された288穴(実験1)および200穴(実験2~5)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5週間を10°Cの暗黒条件で種子低温処理を行った。種子低温処理後、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)日本医工器械製作所)内で5週間育苗を行った。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時にセルトレーの上面が平均光合成有効光量子束密度(PPFD) $125 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 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1週間は水道水のみを、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, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=15:8:17$, 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。育苗終了後、定植後の生育と切り花形質を調査するために実験1および5では薄膜水耕栽培(nutrient film technique, 以下 NFT 栽培と略記する)ベンチへ、実験2~4では隔離土耕栽培ベンチへ定植した。隔離土耕栽培には、スーパードレンベッド55(JA全農)を用いた。この時の栽植密度は、株間と条間を12cm(NFT栽培)および10cm(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(ハイテンボAr, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=7.3:0.3$ およびハイテンボCu, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=0.4:5:6.5$, いずれも住友化学(株)), ハイテンボ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, $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=20:0:13$, 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、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1.8mに配置し、16~20時および2~8時に点灯した。

いずれの実験においても、発芽日、定植苗の下位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を調査した。発芽日は、子葉の展開を認めた日とした。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、発芽調査では60セル（実験1）および40セル（実験2～5）の3反復とし、定植苗の節位別の葉身長では10株（実験1）および20株（実験2～5）の3反復、定植後の生育調査では16株（実験1および5）および20株（実験2～4）の3反復とした。なお、発芽率については、アークサイン変換後にTukeyのHSD検定を行った。

1. 明期温度が発芽および定植時と定植後の生育に及ぼす影響

処理区は、暗期を18°Cとし、明期を実験1では30°C、27.5°C、25°Cおよび22.5°C、実験2では35°C、32.5°C、30°Cおよび27.5°Cとした。実験1および2において、それぞれの播種は2014年1月28日および3月12日、育苗開始は3月4日および4月16日、定植は4月9日と5月21日に行った。実験1は定植13週後、実験2は定植14週後に終了した。

2. 暗期温度が発芽および定植時と定植後の生育に及ぼす影響

処理区は、明期を27.5°Cとし、暗期を実験3では22°Cおよび18°C、実験4では26°C、24°Cおよび22°Cとした。両実験ともに明/暗期を30/18°Cとした区を設けた。

実験3および4において、それぞれの播種は2014年4月28日および6月9日、育苗開始は6月2日および7月14日、定植は7月7日と8月18日に行った。実験3は定植10週後、実験4は定植12週後に終了した。

3. 日平均気温が同一となる明/暗期温度が発芽および定植時と定植後の生育に及ぼす影響

実験5として、処理区は、日平均気温が27.5°Cとなる明/暗期が32/14°C、30/20°C、28/26°Cおよび27.5/27.5°Cの4区を設けた。播種は2014年7月28日、育苗開始は9月1日および定植は10月6日に行った。この実験は定植23週後に終了した。

結 果

1. 明期温度が発芽および定植時と定植後の生育に及ぼす影響

発芽率は、実験1では明期温度が高いほど早く高くなり（第1図A）、実験2では30°Cおよび32.5°Cが27.5°Cおよび35°Cと比較して早く高くなった（第1図B）。育苗開始14日後の発芽率は、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°C、30.0°Cおよび27.5°Cにおいて約90%と処理区間に差がなかったが、35.0°Cでは48%と他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°Cと比較して22.5°Cにおいて本葉1および2節の葉身長が小さく、25°Cにおいて本葉2および3節の葉身長が小さく、27.5°Cではいずれの節においても差がなかった（第1表）。実験2では、いずれの節の葉身長も30°Cが最も大きく、27.5°Cおよび32.5°Cが準じた大きさとなり、35°Cが最も小さかった（第1表）。明期を35°Cで育苗した苗は、他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、以後の調査には供試しなかった。

実験1および2において、定植後にロゼット株の発生は

第1図 明期温度が発芽率に及ぼす影響

(A) は実験1, (B) は実験2の結果を示す

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1表 明期温度が5週間育苗した定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

	明／暗期温度 (°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

見られず、すべての株が抽苔した（データ省略）。

抽苔日数は、実験1では30°Cおよび27.5°Cが同等で、27.5°C以下では明期温度が低いほど多かった（第2表）。実験2では30°Cおよび27.5°Cと比較して32.5°Cが多かった。抽苔節数は、実験1では22.5°Cが他3区と比較して少なく、30°C、27.5°Cおよび22.5°Cでは処理区間に差がなかった。実験2では、32.5°Cが他2区と比較して有意に多かった。発蕾日数、発蕾節数および開花日数は、実験1では27.5°Cと比較して30および25°Cでは差がなかったが、22.5°Cでは発蕾日数および開花日数が多く、発蕾節数が少なかった。実験2では、32.5°Cが他2区と比較して多かった。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°Cと比較して22.5°Cで少なかった。

2. 暗期温度が発芽および定植時と定植後の生育に及ぼす影響

実験3において育苗開始9日目の発芽率は、30/18°Cの91.7%、27.5/24°Cの90.8%と比較して27.5/18°Cが76.7%と低かった（第2図（A））。ただし、育苗開始14日後の発芽率は、30/18°C、27.5/24°Cおよび27.5/18°C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4において育苗開始6日後の発芽率は、30/18°Cおよび27.5/26°Cがそれぞれ76.7%および70.0%となり、27.5/24°Cの50.8%および27.5/22°Cの46.7%と比較して高かった（第2図（B））。しかしながら、他の調査日における発芽率は、処理区間に差がなく、育苗開始14日後の発芽率はいずれも90%以上であった。

定植苗の節位別の葉身長は、実験3において、本葉2および3節の葉身長は明／暗期が30/18°Cで他の2区と比較して大きく、27.5/22°Cと27.5/18°Cとは差がなかった（第3表）。実験4において、本葉1節の葉身長は、処理による一定の傾向が見られず、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°Cが他3区と比較して大きくなり、明期を27.5°C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。

実験3および4において、定植後にロゼット株の発生は見られず、すべての株が抽苔した（データ省略）。

抽苔日数は、実験3では明／暗期が27.5/22°Cにおいて、他2区と比較して少なく（第4表）。実験4では、27.5/26°Cが最も少なく、明期を27.5°Cとした3区では暗期温度が高いほど少なくなる傾向を示した。抽苔節数は、実験3および4ともに処理区間に差がなかった。発蕾日数は、実験3では30/18°Cと比較して27.5/22°Cおよび27.5/18°Cが少なかった。実験4では30/18°Cおよび27.5/22°Cと比較して27.5/26°Cが少なく、明期を27.5°Cとした3

第2表 育苗時の明期温度が定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

	明／暗期温度 (°C)	抽苔日数 ^z (日)	抽苔節数 ^y (節)	発蕾日数 ^x (日)	発蕾節数 ^w (節)	開花日数 ^v (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効小花数 ^u (個)
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図 明／暗期温度が発芽率に及ぼす影響

(A) は実験3, (B) は実験4の結果を示す

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)

区では暗期温度が高いほど少なくなる傾向を示した。発蕾節数および開花日数は、実験3では処理区間に差がなかったが、実験4では27.5/26°Cが最も少なく、明期を27.5°Cとした3区では暗期温度が高いほど少な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、実験3および4ともに処理区間に差がなかった。

3. 日平均気温が同一となる明／暗期温度が発芽および定植時と定植後の生育に及ぼす影響

発芽率は、処理にかかわらず育苗開始6日後に一斉に高まった(第3図)。育苗開始14日後の発芽率は、明期／暗期が27.5/27.5°Cにおいて99.2%となり、30/20°Cの90.0%および28/26°Cの92.5%と比較して高かったが、生産現場で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節の葉身長では明／暗期が32/14°Cにおいて他3区と比較して小さかった(第5表)。

第3表 明／暗期温度が5週間育苗した定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

	明／暗期温度 (°C)	本葉節位別葉身長 (mm)		
		1	2	3
実験3	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4	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表 育苗時の明／暗期温度が定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

	明／暗期温度 (°C)	抽苔日数 ^z (日)	抽苔節数 ^y (節)	発蕾日数 ^x (日)	発蕾節数 ^w (節)	開花日数 ^v (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効小花数 ^u (個)
実験3	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4	30 / 18	4.2 c	4.0 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	4.0 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	4.0 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	4.0 a	27.3 c	10.3 c	74.3 b	67.9 a	85.5 a	5.8 a

z, y, x, w, v, u 第2表参照

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図 日平均気温が同一となる明／暗期温度が発芽率に及ぼす影響

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)

実験5において、定植後にロゼット株の発生は見られず、すべての株が抽苔した (データ省略)。

抽苔日数は、明／暗期が32/14°Cおよび30/20°Cと比較して28/26°Cおよび27.5/27.5°Cにおいて少なかった (第6表)。抽苔節数は、32/14°Cが他3区と比較して多かった。発蕾日数および発蕾節数は、32/14°Cおよび30/20°Cと比較して28/26°Cおよび27.5/27.5°Cにおいて少なかった。開花日数は、32/14°Cおよび30/20°Cと比較して27.5/27.5°Cが少なかった。切り花長は、処理区間に差がなかった。切り花重は、28/26°Cおよび27.5/27.5°Cと比較して、開花日数が最も多かった32/14°C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

本研究では、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

第5表 日平均気温が同一となる明／暗期温度が5週間育苗した定植苗の節位別の葉身長に及ぼす影響

明／暗期温度 (°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)

境において育苗開始から5週間で生産するための育苗温度条件を明らかにしようとした。

塚田ら (1981) は、インキュベータを用い 15～35°C の温度が自家採種した種子の発芽に及ぼす影響について検討している。本研究における発芽率に相当する子葉展開率は、明条件では 25°C において約 70% と最も優れ、次いで 20°C であったが、温度が高いほど子葉展開率が低下し、35°C では 0% であった。また、15°C 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、トルコギキョウの種子低温処理後の温度が発芽に及ぼす影響について詳細に検討した報告は見られない。種子低温処理後の発芽は、暗期を 18°C とした場合、明期が 27.5°C 以下では温度が低いほど遅くなり (実験1, 第1図 (A)), 35°C では育苗開始 14 日後の発芽率が著しく低下した (実験2, 第1図 (B))。しかし、35°C における育苗開始 14 日後の発芽率は約 50% と、塚田ら (1981) の報告よりも高かった。塚田ら (1981) が自家採種した種子を用いたのに対して、本研究では F₁ 品種である ‘レイナホワイト’ を供試した。明期が 35°C 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°C で 5 週間の種子低温処理は、無処理と比較して発芽率を高めた (谷川ら, 2002) ように、種子低温処理も本研究と塚田ら (1981) の報告で差が生じた一因と考えられた。明期が 27.5～32.5°C では、発芽遅延や発芽率低下はないと判断した。暗期が 18°C の場合、明期が 32.5°C において、27.5°C

第6表 日平均気温が同一となる明／暗期温度が定植後の生育および切り花形質に及ぼす影響

明／暗期温度 (°C)	抽苔日数 ^z (日)	抽苔節数 ^y (節)	発蕾日数 ^x (日)	発蕾節数 ^w (節)	開花日数 ^v (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	有効小花数 ^u (個)
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	4.0 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	4.0 a	46.9 a	11.0 a	135.0 a	69.0 a	110.6 a	4.3 a

^{z, y, x, w, v, u} 第2表参照

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)

と比較して定植苗の節位別の葉身長は同等（第1表）であったが、抽苔、発蕾および開花は明らかに遅れ、抽苔節数や発蕾節数は1節程度増加していた（第2表）。福島ら（2016）は、自然光型ファイトトロンを用いた実験において、種子低温処理後の育苗昼温が30°Cと比較して40°Cでは抽苔日数、発蕾日数および開花日数が増加したことを報告し、原因として高昼温による低温充足量の減少を指摘している。実験2においても、明期の32.5°Cが低温充足量を減少させ、結果として生育が遅延したと考えられた。

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見られた（第1図、第2図（A））。しかし、27.5/26°Cでは、30/18°Cと同等に発芽勢が改善された（第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、定植後の抽苔、発蕾および開花が早まる傾向が見られた（第3表および第4表）。しかし、実験1、2および3において、明/暗期が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（第1表および第2表）、抽苔、発蕾および開花は同等か遅れた（第2表および第4表）。また、実験4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と比較して抽苔が明らかに遅れ、また27.5/26°Cと比較して抽苔、発蕾および開花が明らかに遅れた（第4表）。これらの結果から、明期の30°Cは、実験2における明期が32.5°Cのように低温充足量を減少させ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見られず、明/暗期が30/18°Cと27.5/26°Cとにおける開花日数の差は、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、実験5では、日平均気温を同じ27.5°Cとした異なる明/暗期温度が発芽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。

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。トルコギキョウの発芽において、日平均気温を27.5°Cとした明/暗期が32/14°C, 30/20°C, 28/26°Cおよび27.5/27.5°Cでは、処理にかかわらず育苗開始6日後に一斉に発芽率が高まった（第3図）。一定温および変温は、トルコギキョウの発芽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利用の閉鎖型育苗環境で生産する場合の発芽温度は、日平均気温に留意するだけでよいといえる。

定植後の生育を見ると、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と比較して有意に増加し、また、抽苔、発蕾および開花が明らかに遅れた（第6表）。このことから、実験2におけ

る明/暗期が32.5/18°Cのように、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遅延したと推察された。育苗開始5週間後の定植苗の節位別の葉身長が同等であった明/暗期が30/20°C, 28/26°Cおよび27.5/27.5°C（第5表）において、27.5/27.5°Cと比較して30/20°Cの抽苔、発蕾および開花は、明らかに遅れ、発蕾節数が増加した（第6表）。実験1, 2, 3および4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。実験5の定植日は、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）。福島ら（2016）は、種子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ことを報告している。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°Cのファイトトロン内ですべてロゼット化したが、20°Cでは96.7%が伸長し、25°C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、種子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°C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と推察された。

実験1～5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2表、第4表および第6表）。このことから、発芽率、育苗開始から5週間後の定植苗の大きさ、抽苔日数、発蕾日数および開花日数に着目し、人工光の閉鎖型育苗環境において育苗開始から5週間の育苗温度を27.5°C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。本研究では、中早生白八重の主力品種である‘レイナホワイト’について報告したが、中晩生白八重の主力品種である‘ハピネスホワイト’および生産現場で‘レイナホワイト’よりもロゼット性が強いといわれる中生紫八重の主力品種である‘ボヤージュII型ブルー’においても、同様の結果を得ている（データ未発表）。また、本研究を実施するに当たり活用した「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」の現地実証圃場では、市販の閉鎖型育苗システムにおいて本研究で得られた温度環境で‘レイナホワイト’を含む十数品種を育苗し、切り花生産を行っており、本研究の成果は多くの品種での適用が期待できる。

本研究では、明期を18時間、PPFDを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、種子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と考えている。

摘 要

本研究は、定植後に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で育てることを意図し、育苗開始から5週間の温度条件を明らかにしようとした。いずれの実験においても、明期を18時間、PPFDを $125\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とした。暗期が18°C条件において、明期が30°Cおよび27.5°Cと比較して、25°Cおよび22.5°Cにおいて発芽の開始が遅れ、35°Cでは育苗開始14日後の発芽率が有意に低下した。また、32.5°Cでは、27.5°Cと同等の大きさの苗であったが、定植後の生育が遅延した。明期が27.5°Cにおいて、暗期を26°Cに高めることで、明／暗期が30/18°Cと比較して、発芽勢は同等に改善された。また、定植苗の本葉3節の葉身長が大きく、定植から抽苔、発蕾および開花までの日数は少なくなった。日平均気温が27.5°Cとなる明／暗期温度が異なる32/14°C、30/20°C、28/26°Cおよび27.5/27.5°Cにおいて、明期と暗期の温度差は発芽に影響を及ぼさなかった。しかしながら、32/14°Cは他3区と比較して定植苗の本葉3節の葉身長が小さく、30/20°Cは28/26°Cおよび27.5/27.5°Cと比較して定植後の抽苔、発蕾および開花までの日数が多くなった。これらの結果から、育苗開始から5週間の温度を27.5°C一定で管理することにより、定植後に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。

引用文献

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.

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. 関東東山病虫研報. 54: 85–88.

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・原田秀人・後藤丹十郎. 2012. 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・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.

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酸アルコール養液処理の影響. 園学研. 6: 277–281.

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. 最新農業技術 花卉 vol. 5. 農文協. 東京.

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. 関東東山病虫研報. 51: 163–166.

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. 関東東山病虫研報. 39: 257–258.

Islam, N., G. G. Patil and H. R. Gislerød. 2005. Effect of photoperiod and light integral on flowering and growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. *Sci. Hortic.* 103: 441–451.

柿崎辰二郎. 1943. 茄子種子の発芽. 農業および園芸. 18: 661–663.

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.

中村俊一郎. 1972. イチゴ種子の発芽. 園学雑. 41: 367–375.

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.

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・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. 植物工場誌. 13: 1–6.

大山克己・真辺幸治・大村好孝・久保田智恵利・古在豊樹. 2003. 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.

岡部克己. 2005. 人工光閉鎖型苗生産装置「苗テラス」による苗生産. 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.

佐藤隆徳・矢澤 進・並木隆和. 1982. トウガラシ属の種

- 子発芽に見られる変温要求性. 京都府大学報 (農). 34: 21–27.
- 佐藤隆徳・矢澤 進・並木隆和. 1984. ポ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.
- 竹崎あかね・吉田裕一・藤井寛也・藤野雅丈・榊田正治. 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・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. 長野野菜花き試報. 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. 長野野菜花き試報. 2: 77–88.
- 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. 2000a. 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. 2000b. 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・後藤英司・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.