

プリムラ・ポリアンタの電照栽培に関する研究 (第2報)
花芽分化、発達および開花相に及ぼす補光の光質、光量の影響

西村元男・ト部昇治

The Studies on Lightning Culture in *Primula polyantha*. 2.

The effects of supplemental light quality and quantity on *Primula polyantha* flower bud differentiation and development, and flowering phase.

Motoo NISHIMURA and Shoji URABE

緒 言

著者らは前報⁶⁾で白熱灯による長日処理がプリムラ・ポリアンタの開花を促進すると報告した。この場合、開花促進効果は日長時間が長いほど、また処理開始が早いほど優れた。一方、商品性から問題となる葉長(開花時)は18時間日長で最大となり、また10月上中旬までは処理開始が遅くなるほどかえって著しくなることを認めた。長日処理打ち切り時期については11月以降まで継続すると明らかに差が認められるほどに伸長した。したがって、白熱灯を用いて長日処理を行なう場合、処理日長としては16時間が好適で、なるべく早期(8月下旬~9月上旬)に開始し、葉が過度に伸長してくるようであれば処理を中止すればよいことを明らかにした。

長日処理にともなう葉の伸長の原因としては日長による効果、弱光下での細胞の伸長生長、遠赤色光による光軟化現象⁹⁾が考えられる。葉の伸長に対する日長の影響は開花に対するそれとは様相を異にしよう。一般には日長が長いほど茎葉がよく生長する¹⁾といわれているが、前報では開花促進効果は日長時間が長いほど優れたのに対し、開花時の葉長は18時間日長で最大となっている。これと同様の現象はケイトウ⁷⁾、ストック⁴⁾でも認められている。また、フクシアでは赤色光あるいは赤色光+遠赤色光による2時間の光中断(23-1時)が16時から1時までの延長照明と同等の開花促進効果を示したが、茎の伸長は後者の方が著しかった¹²⁾と報告されている。弱光下での細胞の伸長生長および遠赤色光による光軟化現象については光質、光量のほか照射時間も問題となる。これらの原因は葉の伸長に対して複合的に作用し、光環境そのものの要因として光質、光量、照射時間、照射時刻が掲げられよう。そして、その効果発現に対して

は前報の結果より温度や苗令が関係すると考えられる。実際栽培では4~6月には種されているが、これより早めると夏までに花芽分化し、8~9月に貧弱な花を咲かせてしまうことがあるので、苗令の調節はかなり限定されよう。

以上のことから、開花促進効果と葉の伸長効果との関連を解明すべく、補光条件(光質、光量、補光時間帯)について一連の実験を行ない、2、3の知見が得られたのでその結果を報告する。

実験1. 補光強度が花芽分化、発達および開花相に及ぼす影響

実験材料および方法

品種“ストレート・カーマインローズ”を1974年4月15日には種、5月28日に第1回移植、6月15日に第2回移植、8月30日に4号ばちにて定植したものを9月12日より各々100W, 60W, 40W, 20W白熱灯を用いて16時間日長処理(自然日長+補光)した。各電球による植物体上の水平照度は第1表のとおりであった。また、対照として自然日長区を設けた。花芽分化、発達状況の調査は9月19日より約1週間おきにはく皮法により調査した。また、開花調査には各区とも約40個体供試した。

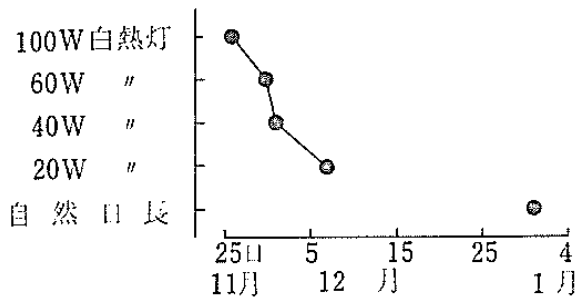
第1表 補光の電球と照度の関係

補光の電球	植物体上の水平照度
100W 白熱灯	110~180 lx
60W " "	70~120
40W " "	60~100
20W " "	20~27

実験結果

第2表にみられるように、いずれの電球で補光しても花芽分化、発達促進効果は認められた。照度が高くなるほど促進効果が強いようで、平均開花日は照度が高くなるにしたがい、1~6日早まった（第1図）。

開花時の草姿は第3表にみられるように長日処理区は自然日長区より草たけ、葉群径、葉長、花茎+花柄の長



第1図 補光の照度と開花期の関係

さはいずれも大きくなった。葉幅については明らかな差は認められなかった。照度による葉の伸長の差は明らかでなかった。

実験2. 補光の光源およびその照度が花芽分化、発達および開花相に及ぼす影響

実験材料および方法

品種“プチ・ゴールド”を1975年4月25日には種、6月8日と7月5日に移植、8月30日に4号ばちにて定植したものをを用い、8月30日より白熱灯（日立ソフトシリカLd100V—100WS）、植物育成灯（ナショナルFL—20PG）、バラストレス水銀灯（ナショナルBH100V—100WC）によって16時間日長処理（自然日長+補光）した。補光は植物体上で各光源とも115~130μW/cm² および20~45μW/cm²（300—800mμ）とした。各光源のエネルギーの調節はクラインのデータ（白熱灯100W0.542μW/cm²・lx, Gro—Lux 0.809μW/cm²・lx)⁵⁾ および ISCO 社のスペクトロラジオメータ・モデル SR を用いて測定したエネルギー分布により照度に換算して行なった（白熱灯：0.542μW/cm²・lx, 植物育成灯：0.809μW/cm²・lx, バラストレス水銀灯：0.436μW/cm²・lx）。各光源のエネルギー分布およびエネルギーと照度の関係は第

第2表 補光照度が花芽分化、発達に及ぼす影響

	調査時期 月 日	花芽分化発達段階						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
100W 白熱灯	9.19	6						
	28	2	3	1				
	10.3		5	1				
	12		3			1	1	1
	17		1	1		1	1	2
	24				2	1		3
31							6	
60W 白熱灯	9.19	6						
	28	2	2	2				
	10.3	2	4					
	12		2	2	1			1
	17		1	2				3
	24				1		2	1
31							6	
40W 白熱灯	9.19	6						
	28	2	2	2				
	10.3	1	3	1		1		
	12		2			1		3
	17		1	1		1	1	2
	24		1		1			4
31							6	
20W 白熱灯	9.19	6						
	28	5	1					
	10.3	3	1	2				
	12		3		1			2
	17					2		4
	24			2		2		2
31			1			1	4	
自然 日 長	9.19	6						
	28	6						
	10.3	6						
	12	3	3					
	17	1	3	1	1			
	24		3	2		1		
31		2	1	1	1		1	

I 未分化
II 生長点肥大期
III 花房分化期
IV がく片形成期
V 花弁形成期
VI 雄ずい形成期
VII 雌ずい形成期以降

第3表 補光照度が開花時の草姿に及ぼす影響

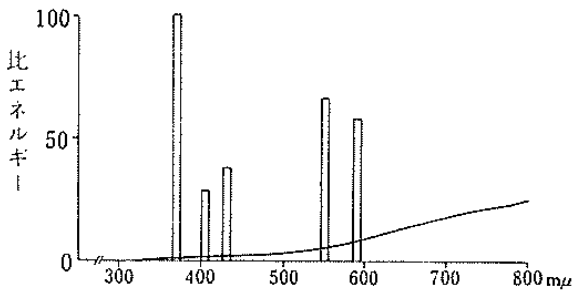
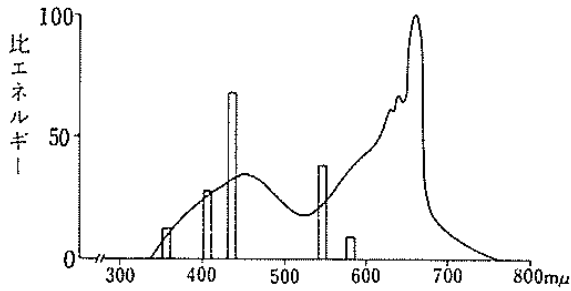
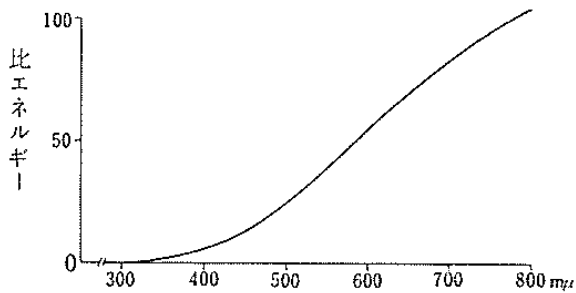
	葉数 枚	草たけ cm	最大葉群径 cm	最大葉長 cm	最大葉幅 cm	花茎+花柄の長さ [※] cm
100W白熱灯	20.8	12.4	30.7	18.7	6.5	9.8
60W "	21.9	13.3	31.3	18.9	6.3	11.1
40W "	22.4	13.2	31.3	19.1	6.9	9.8
20W "	22.2	13.6	31.0	18.6	6.7	8.4
自然日長	25.3	10.2	25.7	14.2	6.3	5.0

※花茎長と第1花花柄長の和

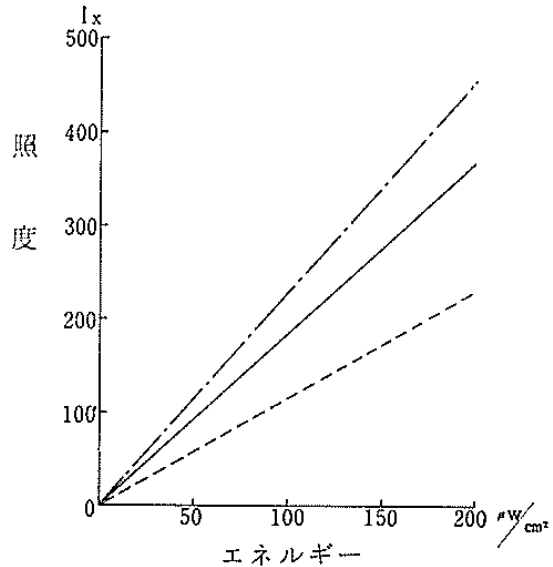
2, 3図のとおりである。なお、各光源のエネルギー分布のデータは製造社のカタログより引用した。花芽分化、発達調査は9月26日より2週間おきに調査した。また、開花調査には35個体供試した。

実験結果

花芽分化、発達に対する促進効果は第4表、第4図に



第2図 補光の使用電球のエネルギー分布 (300—800mμ)

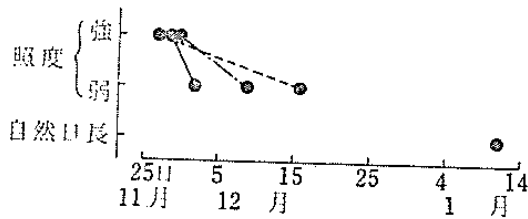


第3図 補光の使用電球の照度とエネルギーの関係 (注) — 白熱灯 (300—800mμ) --- 植物育成灯 -.- パラストレス水銀灯

第4表 補光の使用電球とその照度が花芽分化、発達に及ぼす影響

補光の電球	照度	調査時期 月 日	花芽分化発達段階							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
白熱灯	強	9.26 10.9	5							5
	弱	9.26 10.9	3							7
植物育成灯	強	9.26 10.9	8				1			1
	弱	9.26 10.9	7							3
パラストレス水銀灯	強	9.26 10.9	8							2
	弱	9.26 10.9	3	1					1	5
自然日長	強	9.26 10.9	10							
	弱	24	8	2						
				3	3	2				2

みられるように、高照度の場合には光源による差は認められず、平均開花日はいずれも11月27～29日であった。



第4図 補光の使用電球およびその照度と開花期の関係

注) —— 白熱灯
 ---- 植物育成灯
 -.- バラストレス水銀灯

が認められず、自然日長下よりは大きかった。一方、照度との関係を見ると、光源により異なった傾向が認められたが、いずれの光源においても照度による差は明らかでなかった。

実験3. 補光の光源とその時間帯が花芽分化、発達および開花相に及ぼす影響

実験材料および方法

品種“プチ・ゴールド”を1975年4月25日には種、6月8日と7月5日に移植、8月30日に4号ばちに定植したものをを用い、8月30日より処理を行なった。補光の光

第5表 補光の使用電球とその照度が開花時の草姿に及ぼす影響

補光の電球	照度	葉数 枚	草たけ cm	最大葉群径 cm	最大葉長 cm	最大葉幅 cm	花茎+花柄の長さ [※] cm
白熱灯	強	24.7±5.0	10.1±1.2	27.4±2.5	15.8±1.2	7.1±0.8	4.3±1.9
	弱	24.1±4.4	10.9±2.2	27.5±3.1	16.5±1.5	7.5±1.0	4.5±2.1
植物育成灯	強	23.0±3.9	8.9±2.0	24.7±2.2	14.5±1.3	6.9±0.7	3.7±1.7
	弱	25.3±4.0	9.0±1.9	23.7±2.1	14.0±1.2	7.2±0.7	2.8±1.0
バラストレス水銀灯	強	23.4±3.7	9.3±1.5	25.4±2.5	14.8±1.4	6.9±0.7	3.4±1.9
	弱	24.5±3.9	8.2±1.4	23.7±1.8	14.1±1.4	6.6±0.7	2.8±1.2
自然日長		33.3±4.1	9.6±1.6	23.4±1.8	13.8±1.1	6.9±0.8	2.2±0.6

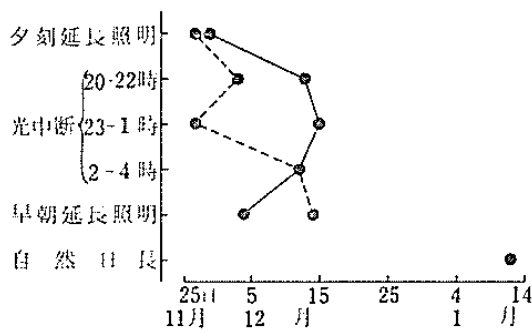
注) 平均値と標準偏差 ※花茎長と第1花花柄長の和

一方、低照度の場合には、白熱灯では高照度下とほとんど差のない12月2日であったが、バラストレス水銀灯、植物育成灯はそれより1、2週間遅く、それぞれ12月9日、16日であった。

開花時の草姿は第5表にみられるように草たけ、葉群径、葉長、葉幅、花茎+花柄の長さはいずれも白熱灯で補光した場合に最大となった。とくに、葉の伸長は白熱灯が最大で、植物育成灯とバラストレス水銀灯間には差

源には白熱灯と植物育成灯を用い、各々夕刻および早朝延長照明(いずれも自然日長+補光による16時間日長)、20—22時、23—1時、2—4時の光中断処理を行なった。各光源とも植物体上で115~130μW/cm² (300—800nm)となるように調節した(照度 白熱灯: 210~240lx, 植物育成灯140~160lx)。その他は実験2に準じた。

実験結果



第5図 補光の使用電球およびその時間帯と開花期の関係

注) —— 白熱灯
 ---- バラストレス水銀灯

第6表、第5図にみられるように、花芽分化、発達に及ぼす補光時間帯の影響は光源によって異なり、白熱灯では延長照明で効果が高く、光中断はそれより劣った。植物育成灯では20—22時、23—1時の光中断でも夕刻延長照明と同等の効果がえられた。すなわち、平均開花日は白熱灯の夕刻延長照明および植物育成灯による夕刻延長照明と23—1時の光中断が11月27～29日で最も早かった。ついで、白熱灯の早朝延長照明と植物育成灯の20—22時の光中断、さらに白熱灯による光中断処理全区および植物育成灯による2—4時の光中断と早朝延長照明の順であった。

葉の伸長も光源によって異なり、白熱灯での夕刻延長照明が最も著しく、ついで白熱灯および植物育成灯によ

第6表 補光の使用電球と

その時間帯が花芽分化、発達に及ぼす影響

補光の電球	補光時間帯	調査時期 月 日	花芽分化発達段階						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
白熱灯	夕刻延長	9.26	5						5
		10.9	3						7
	20-22時	9.26	9						1
		10.9	6						4
	23-1時	9.26	8		2				
10.9		6	2					2	
2-4時	9.26	9	1						
	10.9	7				1		2	
早朝延長	9.26	9						1	
	10.9	6	1					3	
植物育成灯	夕刻延長	9.26	8				1		1
		10.9	7						3
	20-22時	9.26	8					1	1
		10.9	9				1		
	23-1時	9.26	7			2			1
10.9		5	1				1	3	
2-4時	9.26	10							
	10.9	7					1	2	
早朝延長	9.26	9						1	
	10.9	7						3	
自然日長		9.26	10						
		10.9	6	4					
		24	3	4	1	1		1	

る早朝延長照明で、その他の処理区間には差が認められなかった。しかし、いずれの処理でも自然日長下より明

からに伸長した(第7表)。

考 察

1.花芽分化、発達について

実験2にみられるように、高照度では光源間に開花促進効果の差はなかった。また、照度が低くなればいずれの光源においてもその効果は低下した。しかし、その低下程度は光源により差が認められ、植物育成灯が最も低下した。ついで、バラストレス水銀灯、白熱灯の順であった。この現象は各光源の分光エネルギー組成の違いに基づくもので(白熱灯は赤色光と遠赤色光を多く含み、バラストレス水銀灯はこの白熱灯に350~450mμ, 550~600mμでいくつかのスペクトル線が加えられたものである。また、植物育成灯は遠赤色光をほとんど含まず、大部分が可視光域で青色光部と赤色光部にピークがある(第2図)。)、とくに赤色光と遠赤色光の量の影響が大きいものと考えられる。延長照明の場合、遠赤色光を含まずに赤色光だけではあまり効果的でないことがしばしばみられ、遠赤色光が加えられると効果が発揮される¹²⁾。シュルギン⁸⁾は延長照明あるいは太陽光への追加照明における開花促進効果に対して0.1%の遠赤色光は99.9%の赤色光に相当すると指摘している。プリムラ・ポリアンタの場合、ある程度の光量があれば赤色光だけでも効果的であるが、その量が少なくなれば赤色光の効果が低下し、遠赤色光の有無(量)が開花促進効果に対しかなり影響を及ぼすものとも考えられる。しかし、本実験は単色光を使用しておらず、他の光とくに青色光の影響も推察される。

第7表 補光の使用電球とその時間帯が開花時の草姿に及ぼす影響

補光の電球	補光時間帯	葉 数 枚	草 丈 cm	最大葉群径 cm	最大葉長 cm	最大葉幅 cm	花茎+花柄の長さ ^{**} cm
白熱灯	夕 刻 延 長	24.7±5.0	10.1±1.2	27.4±2.5	15.8±1.2	7.1±0.8	4.3±1.9
	20 - 22 時	26.0±5.5	10.1±1.9	25.5±2.6	14.5±1.3	7.3±0.8	3.8±2.4
	23 - 1 時	27.1±4.5	10.6±1.7	26.1±2.0	14.8±0.9	7.6±1.0	3.1±1.4
	2 - 4 時	24.9±3.9	10.5±1.8	25.5±2.6	14.5±1.4	7.5±0.9	3.6±1.6
	早 朝 延 長	25.3±4.3	11.6±1.6	26.2±2.0	15.4±1.4	7.6±0.9	4.6±2.0
植物育成灯	夕 刻 延 長	23.0±3.9	8.9±2.0	24.7±2.2	14.5±1.3	6.9±0.7	3.7±1.7
	20 - 22 時	24.2±2.8	10.5±2.3	25.8±2.3	14.7±1.5	7.4±0.9	3.5±1.3
	23 - 1 時	24.7±4.0	10.5±2.5	24.3±2.2	14.4±1.3	7.3±1.0	4.3±1.8
	2 - 4 時	25.4±4.4	10.7±1.7	25.0±2.7	14.4±1.6	7.6±0.7	3.6±1.3
	早 朝 延 長	26.3±4.0	11.2±1.8	26.1±2.1	15.3±1.4	7.6±1.0	4.2±2.4
自 然 日 長		33.1±4.8	10.1±1.3	22.8±1.6	13.0±1.2	7.2±0.8	2.5±1.1

注) 平均値と標準偏差

**花茎長と第1花花柄長の和

さらに、この光質の影響は、実験3でみられるようにその処理時間帯によって大きく異なる。すなわち、白熱灯では光中断処理区間には差が認められず、延長照明ほどの効果が得られなかったのに対し、植物育成灯では23—1時の光中断で夕刻延長照明と同等の効果が得られ、20—22時の光中断もかなり効果が認められた。このことと短日植物のキクでは明期の中間よりもむしろ夜明けにかたよった方が効果的である¹¹⁾ことは、ビューニング³⁾の提唱した内在リズムにおける好光期のピークすなわち光中断の最適期は長日植物の方が短日植物より0—2時間くらい早いという考えに一致する。そして、短日植物、長日植物いずれにおいても光中断に最も有効な光は赤色光である²⁾。また、滝本ら¹⁰⁾はアサガオを用いて遠赤色光の開花阻害効果は暗期の初期に最も効果があり、暗期開始後8—10時間における赤色光と遠赤色光の開花阻害効果はその比率よりも総エネルギー量と関係があると指摘しており、また遠赤色光の比率が高まるほど処理時間帯による効果差は小さくなることがうかがえる。本実験でも遠赤色光を多く含む白熱灯では光中断処理区間に差が認められなかったとも考えられる。植物育成灯による延長照明において夕刻延長照明の方が早朝延長照明よりも効果的であったことはドクムギにおいて8時間自然光+8時間暗黒+8時間赤色光の方が8時間自然光+8時間赤色光+8時間暗黒よりも効果的であった結果¹²⁾と一致しない。前述のように本実験では単色光を用いておらず、赤色光以外とくに青色光の影響もあったと推察されようが、植物の種類により反応に差異があるとも考えられる。

2. 葉の伸長について

光源については白熱灯で葉が最もよく伸び、植物育成灯とバラストレス水銀灯間には差が認められなかったが、いずれも自然日長下より長くなった。これは白熱灯の場合遠赤色光の作用が強くあらわれたものとみられる。そして、同様に遠赤色光を含むバラストレス水銀灯ではそれほど伸長しなかったのは紫外線との拮抗作用によるものと推察される。実験3においていずれの光源でも光中断ではそれほど伸長が認められなかったことはフクシアにおける報告¹²⁾と一致する。そして、実験1、2においていずれの光源でも照度により葉の伸長に明らかな差が認められなかったことから、照度よりもむしろ1日当りの照射時間の方が葉の伸長に対し大きく影響するように考えられる。また、植物育成灯による早朝延長照明でかなりの伸長がみられたのは開花が遅れたため、その処理期間が長かったことによるものと考えられる。

以上より、経済性を考慮して実用的には次のように結

論づけられる。

1. 光源としては葉の伸長作用を示す遠赤色光を含まないものかあるいはそれと拮抗的に伸長を抑制する紫外線を発するものがよい。例：育物育成灯（昼光色および白色蛍光灯も含む）、バラストレス水銀灯
2. 植物育成灯の場合、夕刻延長照明（16時間日長）で開花促進効果は著しいが、葉の伸長程度や経済性を考慮すれば、同等の開花促進効果を発揮する23—1時の光中断がよい。
3. 経済的に白熱灯を用いざるをえない場合、充分な開花促進効果は期待し難いが、葉はそれ程伸長しないと考えられる光中断かあるいはかなりの開花促進効果が期待できる夕刻延長照明（16時間日長）を採用する。とくに後者の場合は葉の過伸長が予想され、葉が過剰に伸長してくるようであれば処理を途中で中止する。
4. バラストレス水銀灯については光中断の効果を確認していないが、分光組成からみて白熱灯と植物育成灯との中間的な現象を示すものと考えられ、どちらかといえば光中断（23—1時）を採用する方がよい。
5. いずれの方法を採用してもなるべく早期（8月下旬～9月上旬）に開始し、途中で中止せざるを得ない場合が生じることを念頭におく必要がある。また、開花促進効果は、一定照度まで照度と比例すると考えられるが、葉の伸長に対しては照度により著しい差が認められないのでそれほど配慮しなくてもよいようである。

摘 要

波長組成の異なる3種類の光源（白熱灯、植物育成灯、バラストレス水銀灯）を用いて、補光の照度と時間帯がプリムラ・ポリアンタの花芽分化、発達および開花相に及ぼす影響について調べた。

1. いずれの光源においても、照度の低下にともない開花促進効果は低下した。その低下程度は光源により異なり、植物育成灯が最も大きく、ついでバラストレス水銀灯、白熱灯の順であった。また、光質の影響は補光時間帯によって異なり、白熱灯では夕刻延長照明で最も効果があり、光中断は延長照明よりも効果が劣った。一方、植物育成灯では23—1時の光中断で夕刻延長照明と同等の効果が得られた。
2. 夕刻延長による16時間日長の場合、白熱灯下で最も葉が伸長した。また、照度による差はいずれの光源においても明らかでなかった。1日当たりの照射時間の短い光中断では白熱灯下においても緩和され、植物育成灯の夕刻延長・16時間日長、光中断と差がなかった。

引用文献

1. BONNER, J. and A. W. GALSTON 1955. 栄養的生長に対する光週期の影響. 高宮篤・小倉安之訳. 植物の生理. 岩波書店. 363.
2. BORTHWICK, H. A., S. B. HENDRICKS and M. W. PARKER 1948. Action spectrum for photoperiodic control of floral initiation of long-day plant, wintex barley (*hordeum vulgare*). Bot. Gaz. 110: 103-118.
3. BÜNNING E. 1950. Über die photophile und skotophile Phase der engen Tagesrhythmik. Planta. 38: 521-540.
4. 藤田政良 1974. ストックの作付体系に関する研究. 第4報. 異なった温度条件における無分枝系品種の日長反応. 昭和49年園芸学会発表要旨(秋) 276-277.
5. KLEIN, R. M. 1973. Determining radiant energy in different wavelengths present in white light. Hortscience. Vol. 8(3): 210-211.
6. 西村元男・ト部昇治 1977. プリムラ・ポリアンタの電照栽培に関する研究.(第1報) 花芽分化, 発達および開花相に及ぼす長日の影響. 奈良農試研報. 8: 47-53
7. PIRINGER, A. A. and H. A. BORTHWICK, 1961. Effects of photoperiod and kind of supplemental light on growth, flowering and stem fasciation on *Celosia*. Amer. Jour. Bot. 48: 588-592.
8. SHULGIN, I. A. 1970. 光エネルギーの波長別組成の影響. 内嶋善兵衛訳, 太陽光と植物. 東大出版会. 28-38.
9. ——— 1970. 光エネルギーと植物の形態形成. 内嶋善兵衛訳, 太陽光と植物. 東大出版会. 28-38.
10. TAKIMOTO, A. and R. C. HAMNER 1965. Effect of far-red light and its interaction with red light in the photoperiodic response of *Pharbitis nil*. Plant Physiol. 40: 859-864.
11. 塚本洋太郎・坂西義洋・妻鹿加年雄 1953. 光中断による切花の促成と抑制. 園学誌 22: 177-182.
12. VINCE, D. 1969. The regulation of flowering in long-day plants. Acta Hort. 14: 91-95.

Summary

This experiment was carried out to investigate the influence of supplemental light intensity and time on *Primula polyantha* flower bud differentiation and development, and flowering phase, by means of three kinds of lighting sources (incandescent lamp, plant growth lamp and ballastless mercury lamp) which had different wavelength composition from each other.

1. As for every lighting source, the lower the light intensity was, the less noticeable the effect was. Those lowering degrees varied with from one lighting source to another. The plant growth lamp had the most restraining effect, followed by the ballastless mercury lamp and then by the incandescent lamp. The influence of light quality varied with every supplemental lighting time. Under the incandescent lamp, the prolonged lighting after sunset (day extension) was most effective, and light break was not so effective as it. But under the plant growth lamp, the light break from 11 p.m. to 1. a.m. was as effective as the prolonged lighting after sunset.

2. Leaf elongation became the most remarkable under the incandescent lamp. The differences made by light intensity were not clearly observed by means of any lighting sources. Under the treatments of light break whose the lighting time was shorter, the leaf elongation wasn't so obvious as that under day extension at every lighting source.