

Crocus 属の種および栽培品種における 花芽の発育過程と発育に及ぼす貯蔵 ならびに栽培温度の影響

今 西 英 雄*†

(令和5年2月15日受付/令和5年7月14日受理)

要約：開花期が秋から春に分かれるクロッカスの10種および5種の栽培品種を用い、室温条件下における花芽の発育経過を観察するとともに、花芽の発育および開花に及ぼす温度の影響について調べた。いずれの種や栽培品種においても、花芽の分化は球茎貯蔵中の5月下旬～7月下旬に始まった。秋咲き種ではその後の花芽の発育が速やかに進み開花に至るのに対し、冬から春に開花する種や栽培品種では雌ずい形成期に達するのは1か月前後の遅れであったが、雌ずい形成期後の発育が遅いため開花が冬以降になることが示された。また多くの種や栽培品種で夏期に花芽の発育停止がみられた。貯蔵温度の影響をみたところ、いずれの種や栽培品種においても雌ずい形成期までの発育は20℃下で速やかに進み、30℃下ではほとんど進まないこと、その後花粉形成期までの発育は秋咲き種では20℃、他のものでは15℃で早く進むことが明らかにされ、夏期にみられた花芽の発育停止は高温のためであることが分かった。栽培温度の影響をみたところ、いずれの種や栽培品種も15℃に近い温度で開花し、20℃に近い温度で開花したものは5種であった。また、1品種で低温経過後に20℃の温度域で開花が促進された。なお、適温下での到花日数は、早春から春に開花する種や栽培品種では秋～冬咲き種に比べて著しく長くなり、このため開花が春まで遅れることが分かった。

キーワード：花芽の分化開始, 雌ずい形成期, 花粉形成期, 発育適温, 到花日数

1. 緒 言

クロッカスは春の訪れを告げる花として、ヨーロッパでは広く公園などに植えられ、早春に可憐な花を咲かせる。早春に開花する種類だけではなく、秋に開花するものや12～2月の冬に開花するものも知られている。

本属 (*Crocus*) の自生種の収集と、それらを用いた形態学的、細胞学的研究がイギリスのKew 植物園において長年にわたり進められ、得られたデータ類を集大成する形で Mathew (1982) の著書が出版された¹⁾。それによると、本属には80種の存在が知られ、西経10°から東経80°および北緯30°から50°の範囲に分布し、その大部分はバルカンとトルコに自生している。

自生種の中には、花色の異なるもの、花が大きいものなど優れた品質をもつ変異株がみられ、栽培品種（以後、品種とする）として選抜されてきた。また限られた例であるが、種内での自生地が異なる個体間の交雑、あるいは近縁の種間との交雑により品種が作出されてきた¹⁾。しかしながら、開花生理に関する研究はほとんどみられない^{2,3)}。

1970年代には、これら開花期の異なるクロッカスの種や品種が海外より導入され、ガーデニング用として形態上は球茎である球根が流通していた。同じ属でありながら種に

よって開花期が異なるのは、種により自然環境下における花芽の分化開始時期、あるいはその発育過程が異なるのか、花芽の発育適温に違いがみられるためと考えられる。そこで、入手できる種や品種を集め、これらの点について調べた結果を資料としてまとめるとともに、得られた花芽の発育適温に基づき一部の種類について開花促進の可能性を検討した。

2. 材料および方法

実験に供試した種や品種は秋咲きの5種、冬から早春に開花する5種、および冬から春に開花する7品種である(表1)。

実施前年の10月中旬に業者より購入した球茎を圃場に植え付けて養成し、翌春に地上部が枯死した後の5月中旬に掘り上げ、乾燥調製した球茎を供試した。また実験の一部では、購入球をそのまま使用した。

球茎の栽培にはまき土、ピートモス、砂を2:2:1(容積比)の割合で配合し、苦土石灰と肥料を適宜加えた用土を用い、12cm鉢に5球植えとした。ただし、*C. sativus*は大球のため、パーミキュライトを入れたプラスチック製育苗箱(32cm×25cm×6cm)に植え付けた。なお、栽培試験では各区10または15球を供試した。

* 元東京農業大学農学部農学科・大阪府立大学名誉教授

† Corresponding author (E-mail: h_ima_904@yahoo.co.jp)

表 1 供試した種と栽培品種、それらの開花期および実施年

種・栽培品種	開花期 ²	実施年
秋咲きの種		
<i>C. speciosus</i>	10月中旬	1979
<i>C. kotschyanus</i> var. <i>leucopharynx</i> ³	10月下旬	1979
<i>C. sativus</i>	11月上旬	1972
<i>C. medius</i>	11月中旬	1979
<i>C. ochroleucus</i>	11月中旬	1979
冬から早春に開花する種		
<i>C. laevigatus</i>	12月下旬	1988
<i>C. ancyrensis</i>	2月中旬	1985
<i>C. sieberi</i>	2月中旬	1977
<i>C. imperati</i>	2月下旬	1988
<i>C. flavus</i> subsp. <i>flavus</i>	2月下旬	1977
冬から春に開花する栽培品種		
<i>C. chrysanthus</i> 'Cream Beauty', 'Lady Killer' および 'Blue Pearl'	1月中旬	1988
<i>C. biflorus</i> subsp. <i>weldenii</i> 'Fairy'	2月下旬	1985
<i>C. flavus</i> 'Large Yellow'	2月下旬	1975
<i>C. tommasinianus</i> 'Ruby Giant'	3月中旬	1988
<i>C. vernus</i> 'Jeanne d'Arc'	3月中旬	1974

² 本研究が実施された大阪府立大学（堺市）の圃場で実験を行った実施年に観察された開花初めの時期を示す。

³ *C. karduchorum* の名で誤って市場に流通・入手。

花被片が初めて開いたときを開花とみなし、その日を記録するとともに、鉢土表面から花被および葉の先端までの長さを測定し、その平均値をそれぞれ開花日、花被長、葉長として表示した。また1球あたりの花数も調査し、その平均値を花数として表示した。

(1) 室温条件下における花芽の発育過程（実験1）

室温で乾燥貯蔵した球茎を5月下旬～6月上旬より2週間ごとに5～9球ずつ取り出し、実体顕微鏡下で花芽の発育状態を調査した。ただし、一部の種では残された球数の関係で、雌ずい形成期以後の観察球数が若干少なくなる場合があった。また *C. sativus* を除く秋咲きの4種については、慣行の栽培法にしたがい8月中・下旬に鉢植えし、戸外で栽培した株を掘り上げ、以後の観察材料とした。

花芽の発育段階は、佐野ら⁴⁾の球根アイリスの場合を参考にして、I：未分化、II：茎頂膨大期、III：苞形成期、IV：三原基形成期、V：雄ずい・外花被形成期、VI：内花被形成期、VII：雌ずい形成期、VIII：花粉母細胞形成期、IX：四分子形成期およびX：花粉形成期の10段階とした。VIII～Xの段階については、実体顕微鏡下で取り出した薬を押しつぶしアセトカーミンで染色後、光学顕微鏡を用いて花粉の形成状態を観察した。また1球茎の中で最大の主芽を対象に解剖し、複数の花芽が分化していた場合は最大の花芽の状態を発育段階とした。なお、I～VIIの発育段階については、*C. sativus* を材料に走査電子顕微鏡を用いた詳しい観察結果が紹介されている⁵⁾。

(2) 花芽の発育に及ぼす球茎の貯蔵温度の影響（実験2）

室温下で貯蔵しておいた *C. imperati* および *C. tommasinianus* 'Ruby Giant' を除く全種類の球茎を、花芽の分化開始前後より10、15、20、25および30℃もしくは室温の各温度下で乾燥貯蔵し、2週間隔で取り出し花芽の発育状態を観察した。このうち8種類では、室温で雌ずい形成期に達した球茎を10、15、20および25℃に移して貯蔵し、2週間隔で花粉形成期に達するまで花芽の状態を調べた。

(3) 開花に及ぼす栽培温度の影響（実験3）

室温で貯蔵しておいた球茎が雌ずい形成期に達した後に鉢植えし、昼温-夜温が20-18℃と15-13℃もしくは20-17℃と14-11℃に制御された自然光型人工気象室、10、15、20、25℃、あるいは12、17、22℃定温の弱自然光型恒温器、または最低夜温を10、15、20℃に維持した温室か無加温室のいずれかの条件で栽培し、開花状況を調査した。

3. 結果および考察

(1) 室温条件下における花芽の発育過程（実験1）

a) 秋咲きの種

秋咲きの種の中で開花（表1に示す大阪府堺市における開花初めの時期）が10月中旬と最も早い *C. speciosus* では、5月下旬にはすでに花芽の分化が始まり、6月上旬の観察では茎頂膨大期（II）から雄ずい・外花被形成期（V）の段階に達していた（表2a）。その後も発育を続け7月中旬には雌ずい形成期（VII）に、9月中旬には花粉形成期（X）に達した。

10月下旬に開花する *C. kotschyanus* var. *leucopharynx* は、5月下旬には未分化（I）であったが、6月中旬には花芽の分化を開始し、その後発育を続け7月下旬には雌ずい形成期に達した（表2b）。以後8月下旬まで同じ段階にとどまった後、発育が進み9月中旬には花粉形成期に達した。

開花が *C. speciosus* に比べ1か月遅い *C. medius* でも、5月下旬にはすでに一部の個体で、6月上旬には全個体で茎頂膨大期に達していた（表2c）。その後花芽は発育を続け、8月中旬には雌ずい形成期、さらに9月下旬には花粉形成期に達した。この結果は、これら2種の開花期の違いが花芽分化開始から雌ずい形成期までの発育速度の違いによることを示している。

C. medius と同時期に開花する *C. ochroleucus* では、7月下旬の調査で茎頂膨大期の個体が認められ花芽の分化が始まっていたが、8月下旬まで発育はみられなかった（表2d）。9月以降、花芽の発育は速やかになり、9月中旬には雌ずい形成期、10月中旬には花粉形成期に達した。

11月上旬に開花する *C. sativus*（サフラン）については、実験に用いた球茎が小さく花芽を分化したものが一部であったため表示しなかったが、7月下旬には茎頂膨大期、9月中旬には雌ずい形成期、10月中旬には四分子形成期（IX）に達しており、*C. ochroleucus* とほぼ同様の経過をたどるといって結果を得ている。

b) 冬から早春に開花する種

開花が12月下旬に始まる *C. laevigatus* では、6月下旬

表 2 室温条件下における秋咲き種の花芽の発育過程

調査日 (月・日)	花芽の発育段階									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
a <i>C. speciosus</i>										
5.23	2	2	1		1					
6.6		1	3	2	1					
6.20		1		2	1		3			
7.4						7				
7.18							7			
8.1							3	2		
8.15							3	2		
8.29								3	1	1
9.12										5
b <i>C. kotschyanus</i> var. <i>leucopharynx</i>										
5.30	5									
6.13	1	3	1							
6.27	1		1	1	1	1				
7.11					2	2	1			
7.25							5			
8.8							5			
8.22							5			
9.5								2	3	
9.19										5
c <i>C. medius</i>										
5.23	4	3								
6.6		7								
6.20			2	4		1				
7.4			2	1	1	3				
7.18					1	3	3			
8.1						2	5			
8.15							7			
8.29							7			
9.12									2	4
9.26										7
d <i>C. ochroleucus</i>										
7.11	5									
7.25	1	4								
8.8	1	4								
8.22	1	3	1							
9.5			3	1	1					
9.19						1	4			
10.3							1	4		
10.17										5

花芽の発育段階 I：未分化，II：茎頂膨大期，III：苞形成期，IV：三原基形成期，V：雄ずい・外花被形成期，VI：内花被形成期，VII：雌ずい形成期，VIII：花粉母細胞形成期，IX：四分子形成期，X：花粉形成期。

表中の花芽の発育段階の欄に示す数字はそれぞれ各発育段階にある個体数を表す。

の調査開始時から8月上旬まで1個体を除き全てが茎頂膨大期にあり，花芽の発育はみられなかった（表3a）。それ以降花芽の発育は速やかになり，9月下旬には雌ずい形成期，10月下旬には花粉形成期に達した。このため，本種の開花が秋咲き種に比べ遅いのは，茎頂膨大期における花芽の発育停止によるものと思われる。

2月中旬に開花がみられる2種の内，*C. ancyrensis* では，7月上旬には花芽の分化が始まり下旬まで発育が徐々に進んだが，8月中はほとんど停止していた（表3b）。9月以

表 3 室温条件下における冬から早春に開花する種の花芽の発育過程

調査日 (月・日)	花芽の発育段階									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
a <i>C. laevigatus</i>										
6.25	9									
7.8	8	1								
7.22	9									
8.5	5	4								
8.19		7	2							
9.2			4	5						
9.16						3	6			
9.30						1	8			
10.14							9			
10.28									1	8
11.11										9
b <i>C. ancyrensis</i>										
6.19	4	1								
7.3	1	1	3							
7.17	3	1	1							
7.31		2	2			1				
8.14		2	1	1	1					
8.28		1	3	1						
9.11					1	4				
9.25						1	4			
10.9							5			
10.23							2	1	2	
11.6								3	2	
11.20									1	4
12.4										5
c <i>C. sieberi</i>										
7.1	5									
7.15	3	2								
7.29	2	3								
8.12		1	4							
8.26			5							
9.9				2	3					
9.23					1	2	2			
10.7							5			
11.18									4	1
12.2									2	3
d <i>C. imperati</i>										
6.25	1	6								
7.8		1	3	3						
7.22							7			
8.5									7	
10.14									7	
10.28										3
11.11										7
e <i>C. flavus</i> subsp. <i>flavus</i>										
7.1	5									
7.8	1	2	2							
8.5		3	1	1						
8.19		2	3							
9.2			4	1						
9.16				2	1	1	1			
9.30						2	3			
10.14							5			
11.18									4	1
12.2									2	3

花芽の発育段階および発育段階の欄に示す数字については表2の脚注を参照。

降は発育が進み、9月下旬には雌ずい形成期、11月下旬には花粉形成期に達した。

*C. sieberi*では、花芽の分化は7月下旬に始まり、8月の間は発育が緩やかであった(表3c)。それ以降発育が進み10月上旬には雌ずい形成期に達し、12月上旬には花粉形成期に達している個体がみられた。

開花が2月下旬となる2種の内、*C. imperati*では、調査開始時の6月下旬には花芽の分化が始まり。その後の発育は速やかで8月上旬には雌ずい形成期に達した(表3d)。この段階で10月中旬まで発育を停止した後、発育が再開され11月中旬に花粉形成期に達した。

C. flavus subsp. *flavus*では、花芽の分化開始は7月上旬にみられ、夏期の間は発育がほとんど停止していた(表3e)。9月中旬以降花芽の発育は速やかになり、10月中旬に雌ずい形成期に、12月上旬には四分子～花粉形成期に達した。

これらの結果、2月中旬および下旬に開花する上述の4種では、11月に開花する*C. sativus*と*C. ochroleucus*の花芽の分化開始時期が7月下旬であるのに比べて同じか早かった。しかし、その後の花芽の発育が緩やかであったり停止するため花粉形成期までの花芽の発育が遅れ、開花が2月になったと思われる。

c) 冬から春に開花する品種

1月中旬、暖冬では12月下旬から開花することがある*C. chrysanthus*は、20世紀になり主としてオランダで選抜・交雑が進み、色彩豊富な品種が多数作出されている。本実験では‘Cream Beauty’と‘Lady Killer’の2品種について花芽の発育経過を調査し同様の結果が得られたので、前者の結果のみを表示した(表4a)。両品種ともに6月下旬の調査開始時には花芽の分化がみられ、その後発育は進み8月上旬に雌ずい形成期に達したが、以後、発育は停止した。10月中旬以降発育は再開され、11月中旬には‘Cream Beauty’では四分子～花粉形成期、‘Lady Killer’では花粉形成期に達した。

2月下旬から開花する*C. biflorus* subsp. *weldenii* ‘Fairy’は、5月下旬の調査では全個体で花芽は未分化であったが、6月中旬には花芽の分化がみられ、以後発育が進み8月中旬には雌ずい形成期に達した(表4b)。その後9月下旬まで発育がほとんどみられず、10月以降発育が進み11月には花粉形成期に達する個体がみられた。

黄色の代表的品種であり2月下旬から開花する*C. flavus* ‘Large Yellow’では、花芽分化は調査開始時の7月上旬に始まっており、夏期の間緩やかに発育し、9月中旬に全個体が雌ずい形成期に達した(表4c)。その後10月中旬まで発育はみられなかったが、11月中旬に花粉形成期に達した。

*C. tommasinianus*の選抜種で、3月中旬から開花する‘Ruby Giant’では、6月下旬の調査開始時には半数以上の個体で、7月上旬には全個体で花芽の分化が始まっていたが、その後8月中旬まで発育はほとんどみられなかった(表4d)。9月上旬以降に発育がみられ、10月中旬に雌ずい形成期、11月中旬には花粉形成期に達した。

表4 室温条件下における冬から春に開花する品種の花芽の発育過程

調査日 (月・日)	花芽の発育段階									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
a <i>C. chrysanthus</i> ‘Cream Beauty’										
6.25		8	1							
7.8		3	6							
7.22					5	4				
8.5						1	8			
8.19							9			
9.30							9			
10.14								9		
10.28								5	4	
11.11									6	3
b <i>C. biflorus</i> subsp. <i>weldenii</i> ‘Fairy’										
5.22	5									
6.12	2	3								
6.19	1	3	1							
7.3			2	1		2				
7.17					1	4				
7.31						2	3			
8.14						1	4			
8.28							5			
10.9								2	3	
10.23									5	
11.6								2	2	1
11.20									2	3
12.4									1	4
c <i>C. flavus</i> ‘Large Yellow’										
7.4	3	3	1							
7.18		3	3	1						
8.1		1	6		1					
8.15		1	3	2	2					
8.29				2		3	3			
9.5					4		4			
9.19							8			
10.16							6			
10.30								3	3	
11.13										6
d <i>C. tommasinianus</i> ‘Ruby Giant’										
6.25	3	5								
7.8		5	3							
7.22			8							
8.5			7	1						
8.19			6	2						
9.3			4	1		3				
9.16						6	2			
9.30						5	3			
10.14							8			
10.28								2	2	4
11.11										8
e <i>C. vernus</i> ‘Jeanne d’Arc’										
6.26	7									
7.1			6	1						
7.24		1	5	1						
8.7			2	1	1	3				
8.21				2		2	3			
9.4						1	6			
9.18							7			

花芽の発育段階および発育段階の欄に示す数字については表2の脚注を参照。

春咲きの代表種であり、ダッチクロッカスと呼ばれ多数の品種が知られる *C. vernus* では、3月中旬に開花する 'Jeanne d'Arc' を実験に用いた。調査開始時の6月下旬には花芽の分化は始まっていなかったが、1週後の7月上旬には苞形成期に達していた(表4e)。その後夏期の間も発育は進み、9月上旬に雌ずい形成期に達した。なお、別の年の実験で、11月下旬には花粉形成期に達したことを確かめている。

これらの結果、1~3月に開花する品種でも花芽の分化開始時期は11月咲きの種とほぼ同じであり、'Ruby Giant' を除き雌ずい形成期に達する時期にも変わりがなく、それ以降の発育が遅いことにより開花が冬以降になることが示された。

これまでクロッカスの花芽の発育過程については、21世紀になり *C. sativus* を用いて調査され、スペイン国内での栽培地域により差があるが、6月上旬~7月上旬に花芽分化を始め発育することが報告されているのみで^{5,6)}、ふつうは掘り上げ後の貯蔵中に進むと記されている³⁾。本調査により初めて詳細が明らかにされたことになる。

(2) 花芽の発育に及ぼす球茎の貯蔵温度の影響(実験2)

実験1において多くの種や品種で、室温貯蔵中に花芽の発育が途中で停止する期間が認められた。これには貯蔵中の温度の影響があると考え、雌ずい形成期までと雌ずい形成期以後に分けて種々の温度で球茎を貯蔵し、その影響を調べた。結果は、雌ずい形成期あるいは花粉形成期に至るまでの時期において、貯蔵温度区間の差異が明確に認められた貯蔵週数でのみ示した。

a) 秋咲きの種

花芽の分化開始直後の段階にあった球茎を10~30℃で貯蔵し雌ずい形成期に至るまでの発育をみた。その結果、表5に示すように、*C. speciosus* では雌ずい形成期に達する個体数は20℃下で最多であり、雌ずい形成期までの発育が最も速やかに、10℃、15℃、25℃下ではやや遅れて進むのに対し、30℃下では進まないことが観察された。*C. kotschyanus* var. *leucopharynx* と *C. medius* では、20℃下で最も速やかに、次いで25℃、15℃、10℃下の順で発育が進み、30℃下では遅れた。*C. sativus* では20℃下で最も速やかに、次いで25℃下で発育が進み、15℃下ではかなり遅れ、真夏の室温下ではほとんど進まなかった。なお、*C. ochroleucus* では20℃と室温でのみ比較したところ、20℃下では10週後に雌ずい形成期に達したが、夏期の室温下ではほとんど発育がみられないことが観察された。

表6に示されるように、雌ずい形成期以後の発育についてみると、*C. speciosus* では2週後に20℃下で3個体、15℃下で1個体が四分形成期に達し発育が進んでいたのに対し、他の温度下では発育が遅れていた。ただ、4週後には15~25℃下でいずれも花粉形成期に達し差がみられなかった。*C. medius* では20℃下で全個体が花粉形成期に達しており最も速やかに、次いで15℃、10℃、25℃下の順に発育が進み、室温下では雌ずい形成期の段階に止まったままであった。*C. sativus* では20℃下で最も速やか

表5 秋咲き種における雌ずい形成期までの発育に及ぼす貯蔵温度の影響

温度 (°C)	花芽の発育段階						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>C. speciosus</i> (貯蔵開始 5月23日, 6週後)							
10						3	4
15						3	4
20						1	6
25						3	4
30	3	3			1		
<i>C. kotschyanus</i> var. <i>leucopharynx</i> (貯蔵開始 6月13日, 4週後)							
10				1	3	1	
15				1	2	2	
20						1	4
25						2	3
30		1	4				
<i>C. medius</i> (貯蔵開始 5月23日, 8週後)							
10					2	5	
15					1	3	3
20							7
25						3	4
30			1	3	2	1	
<i>C. sativus</i> (貯蔵開始 7月11日, 4週後)							
15					2	3	
20							5
25						4	1
室温	2	3					

花芽の発育段階 I~VII は表2と同じ。

発育段階の欄に示す数字はそれぞれ各発育段階にある個体数を表す。

表6 秋咲き種における雌ずい形成期より花粉形成期までの発育に及ぼす貯蔵温度の影響

温度 (°C)	花芽の発育段階			
	VII	VIII	IX	X
<i>C. speciosus</i> (貯蔵開始 7月18日, 2週後)				
10		5		
15		4	1	
20		2	3	
25	1	4		
室温	3	2		
<i>C. medius</i> (貯蔵開始 8月1日, 4週後)				
10		2	4	1
15		1		6
20				7
25		5		2
室温	7			
<i>C. sativus</i> (貯蔵開始 9月5日, 3週後)				
10		5		
15			2	3
20				5
25	1	4		

花芽の発育段階 VII~X は表2と同じ。

発育段階の欄に示す数字はそれぞれ各発育段階にある個体数を表す。

に、次いで15℃下で花粉形成期までの発育は進んだ。

以上の結果、供試された秋咲き種では、雌ずい形成期までの発育は20℃下で速やかに進み、30℃下ではほとんど進まないか遅れること、また20℃が花粉形成期までの発育適温であることが示された。

b) 冬から早春に開花する種

表7に示すように、雌ずい形成期に至るまでの発育についてみると、*C. laevigatus*では、20℃下で全個体が雌ずい形成期に達して最も速やかに、次いで25℃、15℃、10℃下の順で発育が進み、30℃下では分化直後の状態で止まっていた。*C. ancyrensis*でも同様に20℃下で発育が速やかに、次いで15℃、25℃、10℃下の順に進んだ。これに対し、*C. sieberi*では15℃、20℃下で速やかに発育が進み、25℃、10℃下では遅れた。また、*C. flavus* subsp. *flavus*でも*C. sieberi*と同様の結果が観察された。

表8に示すように、雌ずい形成期から花粉形成期に至るまでの発育については、*C. ancyrensis*、*C. sieberi*のいずれでも、花粉形成期に達するのは15℃下で最も速やかで、次いで10℃、20℃、25℃下の順に発育が進んだ。

c) 冬から春に開花する品種

表9に示すように、雌ずい形成期に至るまでの発育についてみると‘Cream Beauty’では15℃および20℃下で全個体が雌ずい形成期に達し最も速やかに、次いで25℃、10℃下の順で発育が進み、30℃下では分化直後の状態に止まっていた。‘Fairy’では20℃下で最も早く発育が進み、次いで25℃、15℃、10℃、30℃下の順に進んだ。‘Large Yellow’および‘Jeanne d’Arc’は‘Cream Beauty’と同様であった。

表10に示すように、雌ずい形成期から花粉形成期に至るまでの発育については、‘Cream Beauty’では四分子形成期に達した個体が10℃下で最多で最も速やかに、次いで

表7 冬から早春に開花する種における雌ずい形成期までの発育に及ぼす貯蔵温度の影響

温度 (℃)	花芽の発育段階						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>C. laevigatus</i> (貯蔵開始 7月17日, 4週後)							
10				1	4		
15					2	2	1
20							5
25					1		4
30		2	2		1		
<i>C. ancyrensis</i> (貯蔵開始 6月19日, 4週後)							
10					4	1	
15						1	4
20							5
25						3	2
30		3	2				
<i>C. sieberi</i> (貯蔵開始 6月17日, 6週後)							
10				2	1	2	
15							5
20							5
25					2	3	

花芽の発育段階および発育段階の欄に示す数字については表5の脚注を参照。

15℃、20℃下ではほとんど差がなく発育が進み、25℃下では少し遅れた。‘Fairy’では15℃下で発育は最も速やかに進み、次いで20℃、10℃、25℃下の順であった。‘Large Yellow’では15℃下で最も速やかに、次いで10℃下で発育が進んだ。

表8 冬から早春に開花する種における雌ずい形成期より花粉形成期までの発育に及ぼす貯蔵温度の影響

温度 (℃)	花芽の発育段階			
	VII	VIII	IX	X
<i>C. ancyrensis</i> (貯蔵開始 8月14日, 6週後)				
10		1	2	2
15			1	4
20			3	1
25	1	4		
<i>C. sieberi</i> (貯蔵開始 10月13日, 5週後)				
10	1		4	
15			3	2
20			3	2
25	5			

花芽の発育段階および発育段階の欄に示す数字については表6の脚注を参照。

表9 冬から春に開花する品種における雌ずい形成期までの発育に及ぼす貯蔵温度の影響

温度 (℃)	花芽の発育段階						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>C. chrysanthus</i> ‘Cream Beauty’ (貯蔵開始 6月25日, 6週後)							
10						7	1
15							8
20							8
25						5	3
30		6	2				
<i>C. biflorus</i> subsp. <i>weldenii</i> ‘Fairy’ (貯蔵開始 6月12日, 6週後)							
10				5			
15			1		3	1	
20				1		3	1
25					3	2	
30			3	2			
<i>C. flavus</i> ‘Large Yellow’ (貯蔵開始 7月4日, 4週後)							
10					2	4	2
15							8
20							8
25						2	6
30		3	4	1			
<i>C. vernus</i> ‘Jeanne d’Arc’ (貯蔵開始 6月6日, 4週後)							
10					2	2	3
15							7
20							7
25						7	
30		3	3	1			

花芽の発育段階および発育段階の欄に示す数字については表5の脚注を参照。

以上の結果、冬から春に開花する種や品種では多少の違いはあるが、雌ずい形成期までは20℃、それより花粉形成期までは15℃が発育適温であること、また7~8月に花芽の発育が室温下で停止するのは30℃に達する夏の高温による影響であることが示された。

(3) 開花に及ぼす栽培温度の影響 (実験3)

開花期の異なるクロッカスは、種や品種により栽培温度の影響が異なると考えられるので、多くの種や品種について、20℃あるいは15℃に近い温度で栽培し開花に対する影響を調べた。なお、結果の表示は一部の種や品種のみとした。

a) 秋咲きの種

表11に示すように、室温下で雌ずい形成期に達した球茎を植え付け、昼温-夜温が15-13℃と20-18℃の温度条件で栽培したところ、*C. speciosus*、*C. kotschyanus* var. *leucopharynx* および *C. ochroleucus* の3種では、両方の温度で開花することが認められた。一方、*C. medius* では15-13℃で93%の開花がみられたのに対し、20-18℃では開花率が60%と低く、しかも一部は花被が開かない奇形であった。*C. sativus* でも、栽培温度は異なるが、15、20℃でのみ高い開花率が得られたが、20℃では奇形花の発生が認められた。なお、秋咲き種の開花適温下における定植から開花までの到花日数は51~68日であった。

b) 冬から早春に開花する種

C. laevigatus と *C. ancycensis* (表12) では、15、20℃の両温度で開花し、後者では20℃で開花がやや遅くなっ

表10 冬から春に開花する品種における雌ずい形成期より花粉形成期までの発育に及ぼす貯蔵温度の影響

温度 (°C)	花芽の発育段階			
	VII	VIII	IX	X
<i>C. chrysanthus</i> 'Cream Beauty' (貯蔵開始 9月3日, 6週後)				
10		2	6	
15		7	1	
20		6	2	
25		8		
<i>C. biflorus</i> subsp. <i>weldenii</i> 'Fairy' (貯蔵開始 8月14日, 6週後)				
10		3	2	
15			1	4
20		1	2	2
25		2	3	
<i>C. flavus</i> 'Large Yellow' (貯蔵開始 9月18日, 4週後)				
10	2	2	2	
15		2	1	3
20	5	1		
25	6			

花芽の発育段階および発育段階の欄に示す数字については表6の脚注を参照。

た。一方、*C. sieberi* (表13) と *C. flavus* subsp. *flavus* を14-11℃と20-17℃の温度で栽培したところ、14-11℃でのみ100%の開花がみられた。また開花適温下における到花日数は、冬咲きの *C. laevigatus* では70日前後であったが、それ以外の早春に開花する3種では106~125日と秋咲き種に比べ倍近く長くなった。

表11 秋咲き種における雌ずい形成期後の栽培温度が開花に及ぼす影響

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月. 日)	到花 日数	花数	花被長 (cm)
<i>C. speciosus</i> (栽培開始 7月18日)					
15-13 ^z	100	9. 10	54	2. 7	15. 4
20-18 ^z	100	9. 7	51	2. 2	17. 6
<i>C. kotschyanus</i> var. <i>leucopharynx</i> (栽培開始 7月25日)					
15-13 ^z	93	9. 24	61	4. 0	14. 1
20-18 ^z	100	9. 23	60	4. 5	12. 5
<i>C. medius</i> (栽培開始 8月1日)					
15-13 ^z	93	10. 8	68	2. 4	11. 1
20-18 ^z	60 ^y	10. 11	71	1. 6	9. 7
<i>C. ochroleucus</i> (栽培開始 9月19日)					
15-13 ^z	83	11. 13	54	4. 2	12. 4
20-18 ^z	82	11. 16	57	5. 7	12. 1
<i>C. sativus</i> (栽培開始 9月14日)					
10	0	—	—	—	—
15	80	11. 14	61	1. 4	6. 4
20	80 ^y	11. 18	65	2. 3	11. 7
25	0	—	—	—	—

^z 昼温-夜温。

^y 一部で花被が開かない奇形花発生。

表12 雌ずい形成期後の栽培温度が開花に及ぼす影響

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月. 日)	到花 日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
<i>C. laevigatus</i> (栽培開始 8月28日)						
15	100	11. 9	73	8. 9	8. 0	13. 4
20	100	11. 5	69	9. 0	7. 7	15. 5
<i>C. ancycensis</i> (栽培開始 7月31日)						
15	100	11. 27	119	9. 3	6. 3	8. 5
20	100	12. 6	128	7. 2	4. 5	9. 0

25℃貯蔵球が雌ずい形成期に達した段階で定植・栽培開始

表13 開花期の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. sieberi*)

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月. 日)	到花 日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
14-11 ^z	100	1. 30	107	3. 3	4. 3	5. 5
20-17 ^z	50	1. 25	102	2. 4	3. 7	4. 7

^z 昼温-夜温。

購入球が雌ずい形成期に達した10月15日に定植し戸外で栽培、12月15日に各栽培温度に移動。

c) 冬から春に開花する品種

C. chrysanthus の 'Cream Beauty' と 'Lady Killer' を無加温ハウスと最低 10, 15 および 20°C に加温した温室で栽培したところ、両品種ともに無加温と最低 10°C では 93~100% の開花率が得られた (表 14)。しかし、最低 15°C では 'Lady Killer' で 90% 開花するのに対し、'Cream Beauty' で 60% しか開花しないという違いがみられた。最低 20°C では両品種ともに開花率は 20% 以下となった。また開花率の高かった温度区 (無加温, 最低 10°C) で比較すると、加温による開花促進効果もわずかであった。'Fairy' では 15°C の栽培温度で 100% の開花がみられたが、20°C では 30% の開花であった (表 15)。また 'Large Yellow' では 14-11°C と 20-17°C で栽培すると 14-11°C 下のみで開花がみられた (表 16)。さらに上述の品種では、開花率の高かった温度下における到花日数は 119~146 日であった。なお 'Large Yellow' では、戸外で栽培し自然低温にあわせたあとでも 17°C の栽培温度では開花しなかった (表 17)。

これに対し、'Jeanne d'Arc' を 12, 17 および 22°C で栽培

表 14 開花期の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. chrysanthus*)

品種	栽培温度	開花率 (%)	開花日 (月・日)	到花日数	花数
Cream Beauty	無加温	93	2. 13	122	2. 6
	最低10°C	93	2. 10	119	1. 9
	最低15°C	60	2. 3	118	2. 0
	最低20°C	7	1. 22	100	1. 0
Lady Killer	無加温	100	3. 3	140	3. 8
	最低10°C	100	2. 27	136	3. 2
	最低15°C	90	2. 23	132	2. 4
	最低20°C	20	2. 22	131	1. 0

室温貯蔵球を10月14日に定植し戸外で栽培、翌年1月8日に各栽培温度に移動。

表 15 雌ずい形成期後の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. biflorus* subsp. *weldenii* 'Fairy')

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	到花日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
15	100	12. 10	146	3. 3	5. 5	10. 2
20	30	12. 6	142	1. 2	3. 8	9. 8

25°C貯蔵球が雌ずい形成期に達した7月17日に定植・栽培開始。

表 16 雌ずい形成期後の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. flavus* 'Large Yellow')

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	到花日数	花数	花被長 (cm)
14-11 ^z	100	1. 22	139	2. 8	9. 5
20-17 ^z	0	—	—	—	—

^z 昼温 - 夜温。

購入球が雌ずい形成期に達した9月5日に定植・栽培開始。

すると、12°Cでのみ100%の開花率が得られた (表 18)。しかし、自然低温経過後であればいずれの温度でも100%開花し、しかも17および20°Cでは開花が1か月近く早まるという違いがみられた (表 19)。オランダでは *C. vernus* に由来するダッチクロッカスと呼ばれる品種群を用い、収穫後34°Cで1週間、次いで20°Cで2週間後17°Cに移す。その後、9°Cで8月10日から10月1~7日まで乾燥貯蔵し、鉢植え後9°Cの発根室で育てる。12月上旬より昼温16°C - 夜温13~16°Cに制御された温室に入室し、クリスマスに開花させ出荷している³⁾。低温を経過すれば比較的高温で開花が促進されるというこの特性を利用し、促成法が確立されたとみなされる。他の種や品種で同じような温度反応を示すものがあるか、今後の検討を要する課題であろう。

これらの結果、20°C、15°Cの両温度域で開花が可能な種類は原種9種中、*C. speciosus*, *C. kotschyanus* var. *leucopharynx*, *C. ochroleucus*, *C. laevigatus* および *C. ancyrensis* の5種であり、開花時まで15°C以下の温度域で栽培を必要とするものは *C. medius*, *C. sativus*, *C. sieberi*, *C. flavus* subsp. *flavus* の原種4種と *C. chrysanthus* の 'Cream Beauty' および 'Blue Pearl', *C. biflorus* subsp. *weldenii* の 'Fairy', *C. flavus* の 'Large Yellow', *C. vernus* の 'Jeanne d'Arc' の5品種であることが明らかになった。また、'Jeanne d'Arc' は、低温経過後に20°Cの温度域で開

表 17 低温経過後の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. flavus* 'Large Yellow')

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	到花日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
12	100	2. 18	44	3. 0	10. 9	11. 1
17	0	—	—	—	—	—

購入球を9月10日に定植し戸外で栽培、翌年1月5日に各栽培温度に移動。到花日数は栽培温度に移動後の日数。

表 18 雌ずい形成期後の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. vernus* 'Jeanne d'Arc')

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	到花日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
12	100	1. 31	143	1. 9	9. 1	5. 9
17	40	2. 5	148	1. 0	6. 8	4. 1
22	0	—	—	—	—	—

購入球を9月10日に定植・栽培開始。

表 19 低温経過後の栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. vernus* 'Jeanne d'Arc')

温度 (°C)	開花率 (%)	開花日 (月・日)	到花日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
12	100	3. 9	63	2. 2	6. 4	4. 4
17	100	2. 10	36	1. 7	6. 8	4. 1
22	100	2. 7	33	1. 2	5. 5	4. 2

購入球を9月10日に定植し戸外で栽培、翌年1月5日に各栽培温度に移動。到花日数は栽培温度に移動後の日数。

花が促進されるという温度反応を示すことが確かめられた。

(4) 開花促進の可能性

a) *C. sativus* (サフラン)

柱頭部を乾燥したものが薬用や食品の着色料・スパイスとして利用されるため、柱頭部採取の時期を拡大する目的で開花時期を調節し、花数を増加させる研究がスペインで進められている^{5,6)}。本研究でも、未分化の7月14日より雌ずい形成期と花粉形成期を目安に、10~25℃の球茎貯蔵温度を変換させて開花に対する影響を調べたところ(表20)、7月14日から25℃5週貯蔵後に20℃に移し3週後に20℃に、または20℃7週貯蔵後に10℃に移せば、室温貯蔵した対照区に比べ高い開花率で3週間以上開花が早まることが示された。

この結果は7月中旬から真夏の高温を避け20~25℃の温度で球茎の貯蔵を順次開始すれば、外気温が低下するにつれ順次開花がみられ、柱頭部採取の作業期間を拡大できる可能性があることを示している。さらに9月中旬以降は27~30℃で球茎を貯蔵すれば、開花を遅らせることが可能と考えられ^{5,7)}、さらに検討が望まれる。

b) *C. chrysanthus*の品種と*C. flavus* 'Large Yellow'

*C. chrysanthus*の品種は多数作出されている。多くが、高い栽培温度では開花率が低下し、開花も早まらない(表14参照)。そこで、7月11日より表21の脚注に示す、適温下とみなされる温度と期間で2品種の球茎を貯蔵し、室温貯蔵球とともに10月3日に定植して31日から最低13℃の温室で栽培したところ、開花が約40日促進されることが示された(表21)。

'Large Yellow'も開花時の栽培適温が14~11℃と低く(表16参照)、低温経過後も17℃下で開花することがなく(表17参照)、自然開花期の2月を年内に早めることは難しい。そこで6月29日より雌ずい形成期までの発育適温20℃で貯蔵を開始し、8週間後に10℃に移し7~9週間貯蔵後に定植して、無加温ハウスで栽培した。その結果、球根が小さすぎたためと考えられ開花率は低いが、12月末~1月初旬に開花を早めることができた(表22)。

この結果、夏の高温を避けて20℃の適温下で球茎を貯蔵しておくことで開花の促進が可能であり、貯蔵終了時が定植

表 20 種々の発育段階における貯蔵温度と期間および栽培温度が開花に及ぼす影響 (*C. sativus*)

各段階における温度と期間			開花率 (%)	開花日 (月.日)	到花日数	花数
雌ずい形成まで	雌ずい~花粉形成まで	花粉~開花まで				
		20℃	92	10.15	39	2.3
25℃5週	20℃3週	15	79	10.10	34	1.9
		10	69	10.20	44	2.0
20℃4週	20℃3週	20	70	10.13	42	2.3
		15	85	10.4	34	2.5
室温8週	室温	10	100	10.13	44	2.0
		室温	100	11.6	67	2.0

7月14日貯蔵開始、花粉形成期に達した段階で定植。
室温貯蔵区は雌ずい形成期の段階で定植。

するのに高温すぎる場合は10℃に移して貯蔵を続けた後に植え付けるとよいことが示された。

c) *C. vernus*の品種 (ダッチクロッカス)

オランダでは*C. vernus*に由来する品種(ダッチクロッカス)を用い、前述のようにクリスマスに出荷しているが³⁾、わが国では乾燥で低温処理した球根を植え付けて促成栽培を行うのがふつうである。そこで、室温下で雌ずい形成期に達した購入球を6~20℃で9月14日から8~12週間貯蔵し、定植後最低15℃の温室で栽培した。その結果、6℃および10℃で10週間以上貯蔵すれば100%の開花率が得られ開花も促進されることが示された(表23)。また9月1日から6℃で6~10週間貯蔵し品種間差異をみたところ、'Pick Wick'では6週間、'Jeanne d'Arc'、'Purple Beauty'および'Snowstorm'では10週間の処理で100%の開花率とクリスマス前の開花が得られ、適用できる品種を選べばクリスマス出荷が可能であることが証明された。

冬から春に開花する多くの種や品種では開花時の栽培適温が低く、しかも到花日数が長いことから開花期を早める

表 21 貯蔵温度が開花に及ぼす影響 (*C. chrysanthus*)

品種	貯蔵温度	開花率 (%)	開花日 (月.日)	到花日数	花数
Cream	適温 ^{z)}	85	1.7	68	1.9
Beauty	室温	87	2.17	109	1.9
Blue	適温 ^{z)}	100	1.2	63	2.1
Pearl	室温	100	2.13	105	2.4

^{z)}適温:25℃4週+20℃4週+15℃4週貯蔵、7月11日に貯蔵開始。

10月3日まで貯蔵した球茎を定植し戸外で栽培、最低13℃の温室に10月31日搬入。

表 22 20℃ 8週貯蔵後の10℃乾燥貯蔵期間が開花に及ぼす影響 (*C. flavus* 'Large Yellow')

期間 (週)	定植日 (月.日)	開花率 (%)	開花日 (月.日)	到花日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
7	10.12	71	12.30	144	1.3	5.6	8.0
9	10.26	64	1.3	133	1.7	6.0	9.1
11	11.9	71	1.6	126	1.3	6.3	9.5

6月29日より20℃で乾燥貯蔵開始、8週後の8月24日に10℃に移動、定植後戸外で、11月9日以降は無加温ハウスで栽培。

表 23 低温処理の温度と期間が開花に及ぼす影響 (*C. vernus* 'Jeanne d'Arc')

温度 (℃)	期間 (週)	定植日 (月.日)	開花率 (%)	開花日 (月.日)	到花日数	花数	花被長 (cm)	葉長 (cm)
10	8	11.9	80	1.16	68	1.1	5.9	6.0
	10	11.23	100	1.13	51	1.9	7.7	7.4
6			100	1.15	29	1.1	10.6	10.0
	10	12.7	100	1.19	43	1.5	8.3	7.0
15			100	2.6	61	2.3	7.2	4.7
20			30	2.22	77	1.3	6.6	5.0

9月14日貯蔵開始、定植後は最低15℃の温室で栽培。

には、さらに今後の検討が必要であろう。

謝辞：本研究に卒業論文の実験としてご協力いただいた大阪府立大学農学部花弁学研究室の専攻生，的場 猛，橋本優，中道徹三郎，合田 稔，松廣 仁，渡辺洋子の諸氏および栽培を支援していただいた川並定吉教務技師に対し深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) MATHEW B (1982) The Crocus. A revision of the genus Crocus (Iridaceae). B.T. Batsford Limited, London, United Kingdom, 224 p.
- 2) WILKINS HF (1985) "*C. vernus* and *C. sativus*". Handbook of Flowering. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. 2 : 350-355.
- 3) BENSCHOP M (1993) "Crocus" The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier, Amsterdam. pp.257-272.
- 4) 佐野 泰. 林 幸男. 高月経子. 長田憲一 (1961) 球根アイリスの花芽分化について. 香川大農学報. 13 : 41-50.
- 5) MOLLINA R V, VALERO M, NAVARRO Y, GUARDIOLA J.L. GARCIA-LUIS A (2005) Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.) (2005) Scientia Hort. 103 : 361-379.
- 6) MOLLINA R V, GARCIA-LUIS A, COLL V, FERRER C, VALERO M, NAVARRO Y, GUARDIOLA J L (2004) Flower formation in the saffron crocus (*Crocus sativus*). The role of temperature. Acta Hort. 650 : 39-47.
- 7) 市川貴美代. 稲本勝彦. 土井元章. 今西英雄 (2003) 植え付け前の温度処理による景観形成用秋植え球根植物の開花期拡大. 日緑工誌. 29 : 141-146.

The Progress of Formation of Flower Buds and Effects of Storage and Growing Temperature on their Development in *Crocus* Species and Cultivars

By

Hideo IMANISHI*[†]

(Received February 15, 2023/Accepted July 14, 2023)

Summary : This study was carried out to observe the progress of flower formation at room temperatures and to investigate the effect of storage temperature on the initiation and development of flower buds in 10 *Crocus* species and 6 cultivars originated from 5 species which have different flowering time from October to March. Also the effect of growing temperature on flowering was studied. In all species and cultivars used, flower initiation occurred during corm storage after harvest from late May to late July irrespective of their flowering time. In many crocuses, further development of flower buds was suspended during summer. In autumn flowering crocuses, development of flower buds progressed rapidly and came to flower earlier as compared with winter and spring flowering crocuses which reached stage 7, i.e. carpel formation stage about one month later, but required a longer period to flower. When corms were stored at various temperatures from 10°C to 30°C, the differentiation of floral organs to stage 7 progressed most rapidly at 20°C and was suspended at 30°C. The optimum temperature for the development of flower buds from stage 7 to stage 10, i.e. pollen formation stage, was 20°C in autumn flowering crocuses and 15°C in other crocuses. These results indicate that the suspension of development of flower buds observed during summer is due to high temperature. When corms after reaching stage 7 were planted and grown at various temperatures from 10°C to 20°C, all crocuses flowered at temperatures near 15°C and only 5 crocuses did so at temperatures near 20°C. In one cultivar, *C. vernus* 'Jeanne d'Arc' flowering was accelerated when corms were exposed to natural low temperatures and thereafter moved to 22°C. Days to flowering after planting at optimum temperatures were much longer in spring flowering crocuses and this fact resulted in delayed flowering. Furthermore, acceleration of flowering in some species and cultivars were discussed based on results obtained.

Key words : flower initiation, carpel formation stage, pollen formation stage, optimum temperature for development, days to flowering

* formerly Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Professor emeritus at Osaka Prefecture University

[†] Corresponding author (E-mail : h_ima_904@yahoo.co.jp)