

球根作物の球根形成に及ぼす温度の影響（第9報） チューリップの鱗茎形成について

青 葉 高

（山形大学農学部蔬菜園芸学研究室）

（昭和50年9月30日受理）

Effects of Temperature on Bulb- and Tuber-formation

in Bulbous and Tuberous Crops

IX. On the Bulb Formation in Tulip

Takashi AOBA

(Laboratory of Olericulture, Faculty of Agriculture, Yamagata University)

I 緒 言

チューリップは切花，花壇など各方面で利用され，球根花きのなかでは栽培面積が最も広い。このため花芽の分化・発育と温度条件との関係については非常に多くの研究がなされている。しかしチューリップの鱗茎（以下球根とする）形成と温度との関係に関する研究は比較的少なく，特に温度の後作用についてはLe NARDの報告^(8,9)以外ほとんどみられない。

筆者はフリージアなど数種の秋植え球根類の球根形成と温度条件との関係について実験を行い，これらの球根類では，球根形成に応ずる生理状態の誘起する過程と，球根の発育過程との二つの温度反応過程が存在し，前者は5～10°Cの低温で誘起され，球根の発育は20°C前後の温暖条件で進むことを報告した。⁽¹⁻⁴⁾

チューリップにおいても球根形成に低温経過の必要なことが知られているが，^(8,9)誘導可能な温度範囲など，なお明らかでない点が多い。以上の点から本実験を行った。

II 材料および方法

実験には山形県立園芸試験場砂丘分場で栽培し，6月中下旬に掘上げた“ウィリアムビット”の，十分開花すると思われる大球を供試した。但し第5実験では1葉展葉し開花しないと思われる小球をも用いた。

球根の温度処理は所定の温度に調節したNK式電気恒温器内で風乾状態のまま行い，器内に水盤をおいてある程度加湿したが湿度は一定ではなかった。処理後の球根は17°(15°)Cの恒温器に移して貯蔵し，母球の鱗葉重，内・外新球重，ノーズの重さ（盤茎を含む）と長さなどを2，3回にわたって調査し，母球鱗葉重と新球重の全重に対する割合を算出し，鱗葉の消耗と新球の発育の程度を判定した。

なお第2実験では，低温処理した球根を植え付け，新球の発育状況を調査する区をも設けた。

1. 球根の恒温貯蔵試験

平均 25 g の球根を供試し、5°C刻みの 5 段階の温度で1973年 7月 5日から貯蔵した。0.5° 5°C区は各40球、その他の区は20球ずつとし、12月30日と翌年 2月10日に 6～10球ずつについて調査した。

2. 処理温度と処理期間

1973年は25 g の球根を用い、7月 5日から 0.5°, 5°Cで60, 105日間処理を行い、その後は 15°C で貯蔵し、新球の形成状況を12月30日と翌年 2月10日に調査した。

1974年は平均 21 g の球根を供試し、0.5°, 5°, 10°, 15°Cで各々 30, 60, 90, 140日間の処理を行い、その後は 17°C の恒温器内で貯蔵した。処理は 7月30日から始めたが、60日間処理区ではさらに 9月10日処理開始区をも設けた。調査は翌年 1月 7日、2月 2日と 3月 5日に行った。

1974年はまた 7～9 g の小球を 5～30°C の 5 段階の温度で90日間処理し、10月28日にパーミキュライトに植え付け、20°C の人工気象室内におき、萌芽と新球形式との状況を調査した。

3. 低温処理後の球根の貯蔵温度

1973年は 7月 5日から60, 105日間 0.5°, 5°C で低温処理した平均25 g の球根を 5°, 10°, 15°C または 20°C の恒温器内で貯蔵した。各区は20～25球とし、12月30日と翌年 2月10日とに新球の形成状態などを調査した。

1974年は 7月 30日から 5°Cで 90日間低温処理した平均21 g の球根を、10°, 15°, 20°, 25° または 30°C の恒温器内で20球ずつ貯蔵し、12月29日、翌年 2月19日と 4月 9日に 5～7球ずつについて新球の形成状況を調査した。

4. 低温処理後の高温処理

21 g 平均の球根を供試し、1974年 7月30日から90日間 5°Cで低温処理し、引続き 30°C で10, 20, 30日間高温処理を行った。各区は15球ずつとし、処理後は 17°C で貯蔵し、翌年 1月10日と 3月 5日とに 4～6球ずつについて新球の形成状況を調査した。

5. 球根の大きさによる差異

花芽を分化していない 7～9 g の小球と、花芽を分化した 21 g の大球とを用い、低温処理を行い、球根の大きさによる差異を調査した。処理は1974年 7月30日から90, 140日間 5°, 10°, 15°C の 3 段階の温度で行い、その後はいずれも 17°C の恒温器内で貯蔵した。各区は15球ずつとし、翌年 2月20日に新球の形成状況を調査した。

Ⅲ 実験結果

1. 球根の恒温貯蔵の影響

1973年7月5日から5段階の温度で球根を貯蔵し新球の形成状況を調査した。12月30日の調査では10°C区でわずかに新球を形成したほかは新球は形成しなかった。15°C区では新球は形成しなかったが、ノーズが他の温度区より伸長し、母球鱗葉重/全重の値は幾分低下した。

翌年2月10日には10°C区と5°C区では外子球が発育し、内子球もまた形成した。0.5°C区ではノーズがほとんど発育せず、新球は全く形成しなかった。15°C区は恒温器の故障のため1月以降調査ができなかった。20°C区では新球を全然形成せず、ノーズもほとんど発育しなかった(第1表)。

Table 1. Effects of the steady storage temperature on bulb formation in tulip. (1973~1974)

Storage temperature (°C)		0.5°	5°	10°	15°	20°
Percentage of scale weight* (%)	Dec. 30	94.7	93.7	90.5	88.8	93.0
	Feb. 10	94.3	85.6	58.0	—	89.8
Nose length (cm)	Dec. 30	1.2	3.8	4.4	5.6	2.8
	Feb. 10	1.2	4.2	4.7	—	—
Diameter of tunic bulb (mm)	Feb. 10	—	6.5	14.2	—	—
Weight of tunic bulb** (g)	Feb. 10	—	1.1	3.1	—	—

* Weight of mother bulb scales / weight of mother- and daughter-bulbs x 100.

** Outermost daughter bulb.

Table 2. Effects of pretreatment temperature and storage temperature on bulb formation within the mother bulb in tulip. (1973~1974)

Storage temperature (°C)		5°	10°	15°	20°	
Observation on Dec. 30						
Diameter of tunic bulb (mm)	60-days' treatment					
	0.5°C	0	—	5.0	0	
	105-days' treatment					
	0.5°C	0	11.8	10.0	3.5	
	5°C	0	14.7	13.3	8.3	
	Observation on Feb. 10					
Percentage of scale weight* (%)						
Diameter of tunic bulb (mm)	60-days' treatment					
	0.5°C	89.2	—	76.8	87.1	
	105-days' treatment					
	0.5°C	89.0	31.9	61.9	86.7	
	5°C	—	26.8	46.4	83.0	

* Weight of mother bulb scales / weight of mother- and daughter-bulbs x 100.

2. 処理温度と処理期間の影響

1973年の実験で、0.5°Cの60日間処理後15°Cで貯蔵した区は12月には新球を形成し、0.5°Cで105日間処理した区では新球形成が一層進んだ。なお5°C区では、0.5°C区より新球形成が幾分進んだが、両区間の差は著しくはなかった(第2表)。

翌年2月10日の鱗葉重の減少程度をみても、同様に60日間処理より105日間処理区の新球形成が進み、5°C区では0.5°C区より鱗葉の消耗が幾分大きかった。

1974年は0.5°, 5°, 10°, 15°Cの4段階の温度で30, 60, 90日間の温度処理を行い、その後はいずれも17°Cで球根を貯蔵した。

その結果、30日間処理ではどの温度区とも新球を形成しなかった。0.5°Cと5°Cの60日間以上の処理区では新球形成が進み、0.5°Cと5°C区との間では明らかな差は認められなかった。10°Cの60日間以上処理区ではある程度新球を形成したが、15°Cでは90日間処理区も新球を形成せず、140日間処理区でわずかの小球を形成した(第3表, 第1図)。なお、どの温度の場合も処理日数が長くなるほど球根形成が進む傾向を示した。

Table 3. Effects of chilling temperature and duration on the bulb formation within the mother bulb in tulip.
The bulbs pretreated with chilling were stored in the thermostat of 17°C and were observed on March 5, 1975.

Treated temperature (°C)	0.5°	5°	10°	15°
Weight of daughter bulbs (g) (Weight of tunic bulb*)				
30-days' treatment	0	0	0	0
60-days' treatment	7.8(2.9)	6.2(2.8)	0.4(0.3)	0
90-days' treatment	12.3(4.5)	11.0(6.0)	2.6(0.5)	0
140-days' treatment	—	11.3(4.7)	8.2(2.6)	0.2
Length of nose (cm)				
60-days' treatment	2.8	4.5	5.5	5.2
90-days' treatment	3.6	4.7	5.6	4.9

* Outermost daughter bulb.

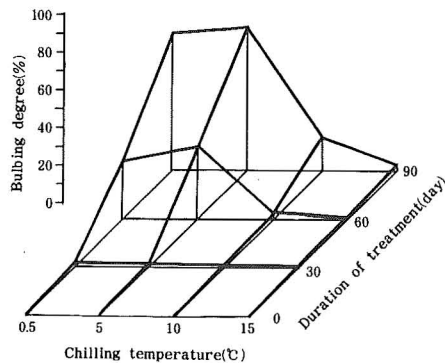


Fig. 1. Effects of the chilling temperature and its duration on the bulbing degree (weight of daughter bulbs / weight of mother- and daughter-bulbs) in tulip stored at 17°C. (1974~1975)

低温処理による新球形成の場合は、まず外子球が発育し、ついで内子球が発育した。従って外子球の発育状態を外部から観察することで新球形成の進行状況が知られた。新球の発育が終った時期の外子球の重さは、全新球重の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ になり、外子球が内子球より重い個体も相当数みられた。なお新球形成の進んだ区では、新球重の合計は調査時の球重の80%前後、当初の球重の50%前後に達した。

新球の形成が進むと母球の鱗葉は次第に萎縮し、やがて乾枯し、母球鱗葉の栄養の転移により新球の発育することが知られた(第2図)。ノーズは 0.5°C で長期間処理した区では短く、 10° 、 15° 区で長かった。そして新球形成の進んだ区ではノーズは発育を停止し、やがて黄変枯死した。

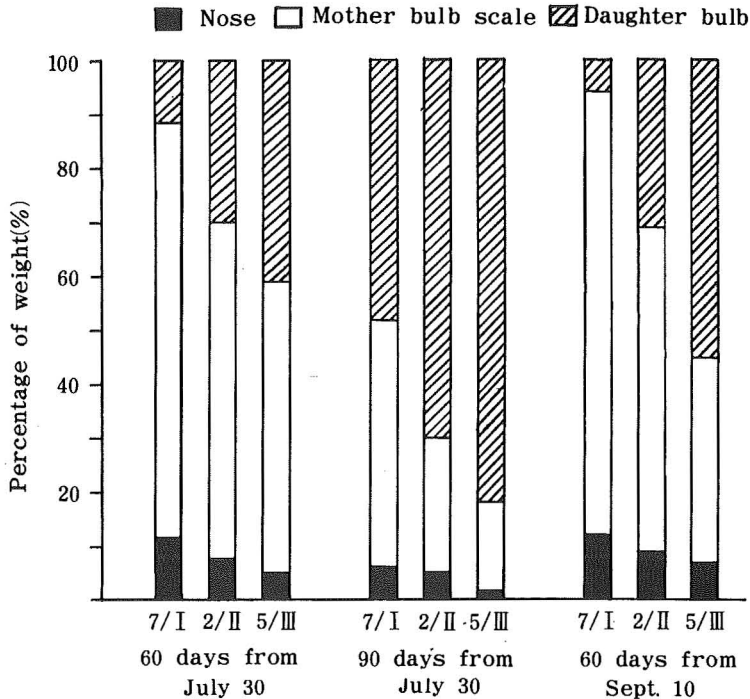


Fig. 2. Effects of duration and period of the chilling treatment on the bulb formation within the mother bulb in tulip.

The seed bulbs pretreated from July 30 or September 10 at 5°C for 60 days or 90 days were stored in thermostat of 17°C and were observed on January 7, February 2 and March 5, 1975.

第2図では低温処理時期の異なる 5°C 60日間処理区と90日間処理の結果を示した。90日間処理区では60日間処理区より鱗葉重比は小さく、新球重は大きく、新球形成が進んでいた。遅く60日間処理した区は第1回の調査では 17°C に移してからの日数が短いため、早い時期から60日間処理した区より新球形成は劣った。しかし第2, 3回の調査では、遅く処理した区では、処理後の日数が比較的短いにも拘らず、新球形成は早い時期に低温処理した区と同程度か、あるいはむしろ進む傾向を示した。

本実験では各種の温度で90日間処理した小球を10月28日に植え付け、 20°C の人工気象

室内で培養する区を設けた。調査の結果、5°、10°C区では萌芽が早く、5°C 90日区では12月中旬には葉は黄変し始め、12月末には新球が発育して葉は黄変した。処理温度の高い区では萌芽が遅く、葉長は短く、25°C区では新球を形成しないで2~4葉の普通葉が展開し、やがて花芽を分化した個体もみられた(第3図)。

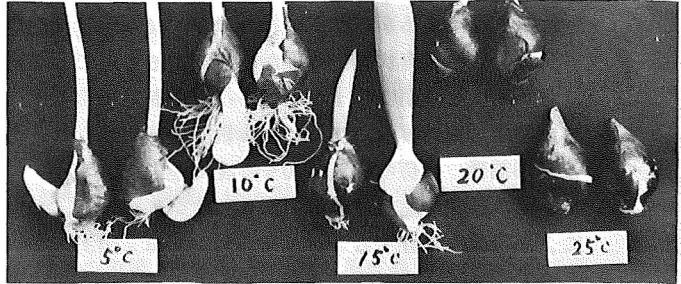


Fig. 3. Effects of temperature on sprouting and bulb formation in tulip. The bulbs pretreated at 5~25°C for 90 days were planted on October 28 in boxes and were grown under 20°C. (Dec. 28, 1974)

3. 低温処理後の球根貯蔵温度の影響

1973年は低温処理した球根を5°、10°、15°、20°Cで貯蔵した。2.5ヵ月後の12月末に10°~20°C貯蔵区では外子球が発育を始め、翌年2月10日には新球は一層発育した。10~20°C区のうち新球が最も発育したのは10°C区、ついで15°C貯蔵区で、20°C貯蔵区では貯蔵期間を長くしても新球はあまり発育しなかった。一方5°C貯蔵区では新球形成が認められなかった(第2表)。

1974年は10°Cから30°Cまでの5段階の温度で貯蔵した。貯蔵60日後の12月末には15°、20°C区では新球形成が進み、鱗葉重比は低下した。貯蔵期間が一層長くなると10°C区でも新球の発育が進んだ。25°C貯蔵区では外子球をある程度形成したが30°C区では新球は全く形成しなかった。なおノーズは新球の発育した区では生長が止まり、やがて枯死し、翌年2月の調査では、10°C区と30°C区だけが緑色を保っていた(第4表)。

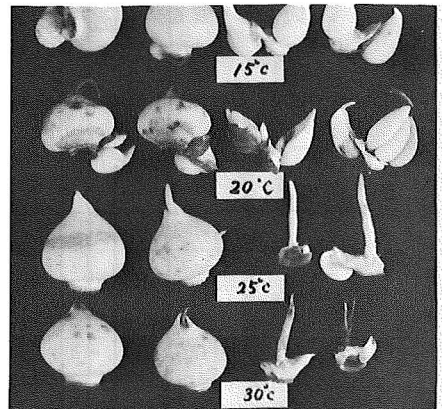


Fig. 4. Effects of storage temperature on bulb formation of tulip bulbs pretreated at 5°C for 90 days. (Dec. 29, 1974) Right two rows show the daughter bulbs formed within the mother bulbs and the noses.

Table 4. Effects of storage temperature on bulb formation of tulip bulbs pretreated with the chilling at 5°C for 90 days from July 30, 1974.

Storage temperature (°C)	10°	15°	20°	25°	30°
Percentage of scale weight* (%)					
Dec. 29	76.5	51.1	37.7	88.0	90.7
Feb. 19	56.7	10.2	36.0	86.3	93.0
Apr. 9	11.6	5.3	—	88.0	—
Weight of daughter bulbs (g)					
Feb. 19 Inside bulbs	3.0	5.8	2.8	0.2	0
Tunic bulb	2.5	6.6	2.8	0.8	0
Total	5.5	12.4	5.7	1.0	0
Nose length (cm)					
Feb. 19	5.1	5.3	2.7	5.1	3.5

* Weight of mother bulb scales / weight of mother- and daughter-bulbs x 100.

4. 低温処理後の高温処理の影響

5°C 90 日間の低温処理後30°Cで 10～30 日間の高温処理を行い、供試球はその後 17°C で貯蔵した。調査の結果、30°Cの10日間処理で新球形成は著しく抑制された。30°Cで20日間以上処理した区では翌年3月の調査でも新球はほとんど形成せず、母球の鱗葉はほとんど消耗されていた。従って母球鱗葉重/球重の値は低温処理を行わず20°Cで貯蔵した区と同程度で90%に近かった。(第5表, 第5図)

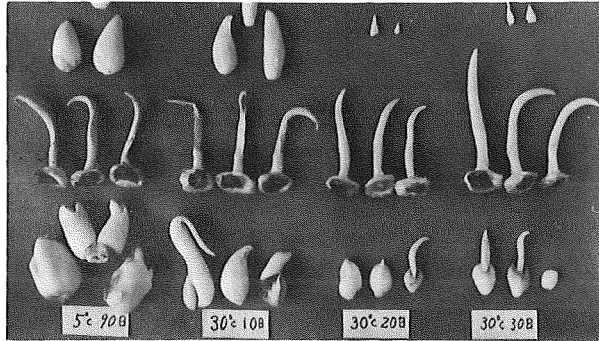


Fig. 5. Effects of chilling and of the subsequent heat treatment on the bulb formation within the mother bulb in tulip. (Jan. 10, 1975) From left toward right, unheated, heated at 30°C for 10, 20 and 30 days, respectively.
 Top : inside daughter bulbs.
 Middle : nose and base plate.
 Bottom : outermost daughter bulbs (tunic bulb).

Table 5. Effects of the subsequent heat treatment on the bulb formation in tulip pretreated with chilling at 5°C for 90 days. (1974~1975)

Duration of heat treatment (days)	0	10	20	30	Control (20°C)
Percentage of daughter bulbs weight*					
Jan. 10	48.2	16.1	—	—	—
Mar. 5	81.6	40.1	4.1	2.6	—
Percentage of scale weight**					
Jan. 10	45.7	77.0	87.9	87.9	86.8
Mar. 5	16.8	53.3	87.3	86.7	84.8
Weight of daughter bulbs (g)					
Mar. 5					
Tunic bulb	3.2	3.2	0.5	0.3	—
Total	9.8	5.7	0.6	0.4	—
Nose length (cm)					
Mar. 5	4.3	4.1	4.4	6.2	4.4

* Weight of daughter bulbs / weight of mother- and daughter-bulbs x 100.

** Weight of mother bulb scales / weight of mother- and daughter-bulbs x 100.

5. 球根の大きさによる差異

植え付けても開花しないと思われる小球と、平均21♀の開花球を用いて低温処理を行った。

調査の結果、小球も大球と同様、低温処理区では母球鱗葉の貯蔵栄養の転移によりまず外子球が発育し、内子球もまた形成した(第6表)。なお小球の低温処理区では、植え付

けた場合に展葉すべき1葉は膜状化し、その内部の頂芽が新球となった個体と、展葉するはずの葉自体がある程度貯蔵葉化した個体とがみられた。

Table 6. Effects of size of bulbs pretreated with various temperatures and stored at 17°C on the bulb formation in tulip. (Feb. 20, 1975)

Treated temperature (°C)	5°	10°	15°
Weight of scales / weight of bulb (%)			
90 days' treatment			
Large seed bulbs	16.8	68.3	82.9
Small seed bulbs	8.8	68.6	84.6
140 days' treatment			
Small seed bulbs	6.5	38.5	81.9
Weight of daughter bulbs (g) (Weight of tunic bulb) (g)			
90 days' treatment			
Large seed bulbs	9.8(3.2)	2.7(0.8)	—
Small seed bulbs	4.1(1.8)	2.0(0.6)	—
140 days' treatment			
Small seed bulbs	5.3	3.3	—

IV 考 察

前記の実験結果からみて、チューリップの球根形成においてもフリージアの球茎形成⁽¹⁾や球根アイリスの鱗茎形成の場合⁽⁴⁾と同様、二つの温度反応過程が存在することが知られた。第一過程の球根形成状態の誘起は20°Cでは起こらず、15°Cの90日間処理でも認められず、140日間処理でわずかに認められ、10°Cよりも0.5°と5°Cで誘導効果の強いことが示された。Le NARDは2~3°Cが10°Cより強く、18~20°Cでは球根形成誘導は起こらないことを報告しており、^(8,9)本実験の結果もこれと一致した。以上の点からみて、チューリップの球根形成の誘導適温は0~5°C程度と思われる。

チューリップでは上記の適温でも30日間処理では球根は形成せず、0.5°, 5°Cの60日間処理で明らかな効果が認められた。従って適温の場合、誘導のための最短期間は45日間前後と推定され、この点はさらに検討したい。

なお本実験の結果からみて、処理温度と処理期間とは球根形成誘導に関して相乗的に働き、ある限度までは処理期間が長いほど誘導が強くなる量的なものと思われた。

第二の球根の発育過程は0.5°Cでは進行せず、20°C以上では発育が劣り、発育適温は10~15°C前後と思われた。なお長期間貯蔵した際は10°と15°C間に差がみられないか、むしろ10°C区が15°C区より勝る場合もみられ、生育期間が長い場合はむしろ10°C前後が適温と思われる。

一方低温処理後30°Cで高温処理した場合、10日間処理で新球形成は著しく抑制され、20, 30日間処理区では新球はほとんど形成しなかった。このように低温の誘導効果が高温で減退し、やがて消去される現象は、フリージア、オキザリス、球根アイリスの球根形成の際にも認められた。^(2,3,4)そしてこの現象は花成の際の春化消去に類似している。

本実験でみられたチューリップの球根形成の際の誘起適温と発育適温は、フリージアや球根アイリスに比べるといずれも5°C前後低く、必要とする処理日数は30日前後長い。従ってチューリップの球根形成ではフリージアなどの球根形成より低温要求性が強いものと思われる。

本実験では低温処理した球根を17°(15°)Cの恒温器内において新球の形成状況を調査する方法を主とした。その結果恒温器内の風乾状態においても新球を形成した。この際の新球は母球鱗葉の貯蔵栄養が直接新球形成部に転移したもので、このことは鱗葉重の減少と新球重の増大が併行して起こることからも明らかである。従ってこの現象はフリージアの二階球形成や⁽¹⁾球根アイリスなどの球内球形成⁽⁴⁾と同質の現象と思われる。

普通栽培の開花株では花茎に近い側芽が最もよく発育して主球になり、早く分化した基部の側芽は発育が劣り、外子球もそれ程は大きくなる。これは頂部優勢によるものとされている。⁽¹¹⁾1975年“ウィリアムピット”のやや早掘り球について調査した場合も内子球重と外子球重との比は78：22であった。

恒温器内で球内に新球を形成した際は、内子球のなかではやはり最上位の側芽が最も大球になったが、内子球に比べ外子球がよく発育し、全新球重の $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{2}$ となり、外子球が内子球より重い例も相当みられた。

これは、普通栽培の場合は茎葉の同化生成物の転移により新球が発育するもので、頂部優勢のためばかりでなく、頂部に近い最上位の側芽が最も発育しやすいものと思われる。一方恒温器内での球根形成は、母球鱗葉の貯蔵栄養が直接新球に転移したもので、栄養貯蔵量の最も多い外部鱗葉に近い外子球がよく発育するように思われる。但し外部鱗葉の内側の側芽は必ずしもよく発育するとは限らない。なお低温処理後風乾状態で貯蔵した球根で外子球のよく発育することは、球根アイリスでも観察された。⁽⁴⁾

いずれにしても新球形成部に栄養が転流することは、その部分に栄養を吸引する生理状態が生じたためと思われる。発育時の果実では、受粉、受精などからオーキシンレベルが高まり、モビライゼーションセンターとなり、栄養吸引力が高まり、その結果他の部分に優先して発育することが知られている。球根形成の場合も同様の生理変化が起こるものと推定され、低温処理で誘起される球根形成誘導とは、一つには新球形成部における栄養吸引力の生起であると思われる。従って新球重/球重の値は球根形成誘導の強さを示すと思われる。

チューリップ球根は5°Cで低温貯蔵すると貯蔵澱粉の糖化が進むことが知られ、^(7,12)糖化を進める酵素活性の変化が考えられる。このような代謝の変化、体内生長物質のレベルの変化など、球根形成の機構については今後さらに検討したい。

本実験ではまた低温処理した球根を植え付けて新球形成状況を調査した。植え付けに伴う加湿により各区は萌芽したが、萌芽期と葉長は球根貯蔵温度により著しい差異がみられた。まず小球の5°、10°Cの90日間処理区では植え付け後間もなく萌芽し、葉長は長く、植え付け2カ月後には新球を形成して葉は黄変した。15°C区は萌芽が10°C区よりも遅く、20～30°C区は萌芽期が遅いばかりでなく葉長が異状に短かった。この矮化現象は一種の休眠とみてよいと思う。従って促成栽培の際に行う球根の低温処理は、上記の休眠を打破し生長を正常にさせる意味をもつものと思われる。この点については別に報告したい。なお開花球の場合も萌芽期や葉長では同様な傾向を示したが、5°Cの90日間処理区では開花

をしない個体をも生じた。

フリージアや球根アイリスなど地中海気候型地帯に自生する球根類では、低温経過により花成誘導と球根形成誘導とが同時並行的におこるものが多い。元来開花結実と球根形成とは、植物の生活史のなかで、共に種族の維持増殖と不適条件からの一時的回避という同じ生物学的意義をもっている。従って温度、降水などの季節変化に対する反応、例えば年温度周期性について、花の形成と球根形成とが類似した特性をもち、同様な時期に並行して行われることは、自生地の季節変化によく適応している特性と思われる。

なお低温による球根形成誘導が春化に類似しているばかりでなく、花成の際の春化消去と再春化に類似した現象がフリージアなどの秋植え球根の球根形成の場合にも認められている。(1,3)

地中海気候型よりも冬の低温がさらに厳しい中近東のステップ地帯に自生する球根類には、厳寒季を経過後発芽し、比較的短期間に生育の終るものが多い。例えばチューリップでは夏の休眠期のうちに花芽が形成され、低温経過によって球根形成状態の誘起と、休眠覚醒による生長の促進とが起こる。この特性は前記地帯の季節変化によく適応している。チューリップの正常な生長のために低温経過を必要とすることは REES も明らかにし、これはその原産地であるイランやトルコ高原の冬季寒冷で夏季は高温で乾燥する気候条件に対する適応であることを指摘している。(10,11)

同様な地域に自生する *Allium rosenbachianum* や *A. moly* も正常な生長と球根形成には低温期の経過を必要とする(未発表)。またクロッカスも花芽形成後の球根が6°C前後、少くも15°C以下の低温を経過することで、始めてその後の生長が正常に進む。(6) チューリップの球根形成の誘起適温と発育適温がフリージアなどの適温より低いことも、自生地の温度の季節変化と関連していると思われる。

BLAAUW 一派は、掘上げ後のチューリップ球根の貯蔵温度とノーズの発育との関係について詳細に研究し、その結果、花芽分化後の球根は低温で貯蔵することで花芽の発育が進むことを明らかにした。このことは現在促成栽培に広く利用され、生育期によって適温を異にする現象は年温度周期性と呼ばれている。この場合の低温経過は、前述のように、休眠覚醒のための適温経過とみることができる。(14)

本実験において、1葉展葉するだけで開花をしない小球を、25°Cで90日間貯蔵した後植付けた区では、数葉の普通葉と花とを分化した個体がみられた。一方同様な小球を5°Cで90日間低温処理後17°Cの恒温器内においた区では、展葉するはずの葉まで鱗葉化した個体があった。以上の点からみて、鱗葉化すべき葉が予め確定しているのではなく、植物体内の生理状態に応じて普通葉あるいは鱗葉になるものと思われる。

本実験で大球を低温処理後恒温器内においた区では、新球の発育に伴ってノーズの発育が抑制され、ノーズはやがて枯死した。これは貯蔵栄養や水分がノーズよりもむしろ新球形成部に移行した結果と思われ、球根の発育とノーズの発育との間に栄養の競合がおこったものと思われる。なお90日間低温処理した大球を植え付けた場合、前述のように開花しない個体を生じた。

低温経過により球根形成状態の誘起される現象の実際栽培への利用は、チューリップでは現在あまり考えられない。ただ開花促進のため球根を冷蔵する際、低温処理期間が長すぎると不開花株を生ずることが従来から知られている。(5) これは、球根形成誘導が強すぎ

た場合、前記のように新球形成とノーズの発育との間に栄養の競合がおり、その結果ノーズの発育が抑制されたものと思われる。従って冷蔵処理の温度と期間を決定する際は、ノーズの発育と球根形成誘導との両面から検討すべきものと思う。

なお低温処理した球根を植え付けると前記のように球根形成が促進される。この現象はチューリップの育種年限を短縮する必要がある際などに利用できると思われる。⁽¹³⁾

V 摘 要

チューリップの球根形成と温度との関係については従来あまり検討されていない。筆者は前報において球根アイリスの球根形成では、形成状態の誘起される過程と、球根の発育する過程との二つの温度反応過程の存在することを報告した。そこでチューリップにおいても同様な事実が存在するかどうかを確かめるため、“ウイリアムピット”の球根を用いて本実験を行った。

1. チューリップの球根を 0.5～20°C の 5 段階の温度の恒温器内で貯蔵した。その結果 5°, 10°C 区では母球内に新球を形成した。しかし 0.5°C と 15°C 以上の区では新球を形成しなかった。

2. 温度と処理期間とを組合せて低温処理を行い、その後球根は 17°(15°)C で貯蔵した。30 日間の処理ではどの温度区も新球を形成しなかった。0.5°, 5°C で 60 日間以上処理した区では母球内に新球を形成し、10°C 区では新球形成があまり進まず、15°C 区では 140 日間処理でもほとんど新球を形成しなかった。なお一般に処理期間が長いほど球根形成が進んだ。

3. 5°C で 90 日間低温処理した球根を各種の温度で貯蔵し、貯蔵温度の球根形成に及ぼす影響を調査した。その結果 10°, 15°C 区で新球形成は最も進み大球が得られた。5°C 区では発育が遅く、20°C 以上では発育が劣り、0.5°C と 30°C 区では新球は形成しなかった。

4. 低温処理に引続き 30°C で 10～30 日間の高温処理を行った。高温処理は新球の形成を抑制し、20 日間以上高温処理した区では新球をほとんど形成しなかった。

5. 大きさの異なる球根を低温処理し、その後 17°C で貯蔵した。その結果開花をしない小球も大球と同様母球内に新球を形成した。

6. 以上の点からみて、チューリップの球根形成においても二つの温度反応過程があり、球根形成誘導の適温は 0～5°C、新球の発育適温は 10°～15°C と思われた。そして球根形成誘導はある範囲内では処理期間の長いほど強く、低温処理後の高温は誘導効果を低下させた。

7. 以上のように、チューリップの球根形成に低温経過を必要とすることは、冬季は寒気が酷しく、夏季が高温で乾燥するチューリップの原産地の気候変化に適応していると思われる。そして低温による球根形成状態の誘起は、越冬後初夏に球根を形成する秋植え球根類に広くみられる特性と思われる。

謝辞、本実験実施に当り山形県立園芸試験場砂丘分場から材料球を提供していただいた。記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. 青葉 高, 1972. 球根植物の球形成に及ぼす温度の影響(第1報). 温度条件がフリージアの二階球形成に及ぼす影響. 園学雑, 41 : 290 - 296.
2. ————. 1972. 同上(第2報) オキザリスの鱗茎形成に及ぼす低温処理の影響. 園学雑, 41 : 393 - 397.
3. ————. 1974. 同上(第3報) フリージアの二階球形成に及ぼす高温処理の影響. 園学雑, 42 : 341 - 346.
4. ————. 1974. 同上(第6報) 球根アイリスの鱗茎形成について. 園学雑, 43 : 273 - 280.
5. 藤田元三郎, 1974. チューリップレッドエンペラーの促成に関する研究(第2報) 高温処理球の冷蔵方法について. 園芸学会春季大会要旨 : 266 - 267.
6. 今西英雄, 1975. *Crocus* 属球根の開花調節(第1報) *Crocus vernus* の開花について. 園芸学会春季大会要旨 : 252 - 253.
7. 伊東秀夫・加藤 徹・豊田篤治, 1960. チューリップのサーモペリオディンティーと球根成分の消長について. 園学雑, 29 : 323 - 330.
8. Le NARD, M., and J. COHAT, 1968. The influence of bulb storage temperature on growth, flowering and bulbing of tulip Ann. Amel. Plantes, 18 : 181-215. (in French with English summary)
9. ————. 1972. Influence of sequences of high and low temperatures on the differentiation of buds, rooting and bulbing in the tulip. Ibid, 22 : 39-59. (in French with English summary)
10. REES, A. R. 1969. Effects of duration of cold treatment on the subsequent flowering of tulips. J. Hort. Sci, 44 : 27-36.
11. ————. 1972. The growth of bulbs. Academic Press.
12. ROAR, MOE., and A. WICKSTROM. 1973. The effect of storage temperature on shoot growth, flowering and carbohydrate metabolism in tulip bulbs. Physiol. Plant, 28 : 81-87.
13. 志佐 誠・樋口春三, 1967. 制御環境下におけるチューリップの Juvenile phase 短縮に関する研究. (Ⅱ) 実生球の thermoperiodicity について. 園学雑, 36 : 315 - 323.
14. 塚本洋太郎, 1969. 花卉汎論, 養賢堂.

Summary

There are little published data on the effects of temperature on the bulb formation in the tulip. In the previous paper, it was reported that there were two thermo-reactive processes, *viz.*, the process of induction of physiological states for bulb formation and the process of development of bulbs for bulb formation of bulbous iris. Hence, the present study was designed to clarify the

effects of temperature on both induction for bulb formation and development of bulbs in the tulip 'William Pitt'.

The results obtained were summarized as follows :

1. When large bulbs were stored in the thermostat at the various steady temperatures, daughter bulbs were formed by 5°C and 10°C storage, respectively, but no daughter bulb was formed at 0.5°C and above 15°C storages.

2. Pretreated by various combination of temperatures (0.5, 5, 10 and 15°C) with durations (30, 60, 90 and 140 days), bulbs were stored at 17°C in the thermostat.

The bulbs exposed to 0.5 and 5°C for above 60 days formed daughter bulbs within the mother bulb. Bulb formation was delayed by 10°C of chilling and bulbs exposed to 15°C scarcely formed daughter bulbs even if treated for 140 days long duration. The longer the period of chilling the more effective, and bulbs treated for 30 days formed no daughter bulb even with optimum temperature.

3. Exposed to 5°C of chilling for 90 days, the bulbs were stored at the various temperatures (5 to 30°C). When the bulbs were stored at 10 and 15°C, bulb formation was accelerated and large bulbs were produced. Whereas, when the bulbs were stored at lower than 5°C and higher than 20°C, bulb formation was delayed and no daughter bulbs were formed under 0.5 and 30°C storage.

4. when the bulbs were exposed to 30°C for 10 to 30 days after the chilling treatment, the development of daughter bulbs was suppressed as the duration of high temperature lengthened.

5. When the bulbs of two sizes (9 and 21g) were stored at 17°C after the chilling treatment, the daughter bulbs were formed within the mother bulb regardless of bulb size.

6. From the results obtained by this experiment, it seems that there were two thermo-reactive processes of bulb formation in tulip.

It was recognized that 0.5 and 5°C of the chilling treatment was apparently effective to induce the physiological states for bulb formation and that somewhat high temperature, 10 to 15°C promoted the development of daughter bulbs. Further, the chilling effect on induction of bulb formation increased with lengthening of chilling duration up to a certain limit. Exposure to 30°C of high temperature after chilling destroyed the physiological states for bulb formation.

7. Based on the results mentioned above, it seems that the optimum temperature for bulb formation in tulip is closely related to the climate of its native habitat, in the mountains of Iran and Turkey, with a cold winter and hot dry summer, The induction of the physiological states for bulb formation by a low temperature is the general characteristic in the bulbous crops which produce the bulbs in early summer.