Makoto SISA and Haruzo HIGUCHI: STUDIES ON SHORTENING THE JUVENILE PHASE OF TULIPS UNDER CONTROLLED ENVIRONMENTS.

1. On the germination of seed and growth of seedling. (With English summary, p.130) Japan. J. Breeding, Vol. 17, No. 2, 1967.

Synopsis. Germination of tulip seeds was completed in 45 days at 5°C. Optimum temperature for growth of seedlings was maintained at about 13°C, and 70 days after germination tops began to turn yellow. Plants that were moved to a 23°C environment at this stage turned to yellow rapidly and bulbs dormant. The thermoperiodicity may be expressed as follows; 45L+70M+20H in the seedling phase, where L is 5°, M 13°, H is 23°C and the total period of growth from sowing to production of bulbs was about 135 days.

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 (I)

種子発芽および実生の生育

志 佐 誠・樋 口 春 三

(名古屋大学農学部園芸学教室)

I. はじめに

チューリップの播種から開花齢に達するまでの期間、いわゆる juvenile phase は自然環境下において5ないし8年もの長い期間を要する (DOORENBOS, 1954, 樋浦, 1961; 志佐, 1955; 志佐, 1964)。交配育種において、開花齢に達した実生球が花の性状、花色、草姿等のほか、促成感応性、耐病性、分球性等の特性検定を経て、新品種として登場するまでには育成途上何らの支障もなく経過したとしても十数年の歳月を要することになる (志佐, 1964)。

自然環境下におけるチューリップの実生は秋播き後、冬の低温期を経て2月下旬ないし3月上旬に発芽し、球根を形成して5月下旬に地上部が枯れ込み、晩秋の発根期まで5か月位は見かけ上の休眠状態にある。

現在数百をかぞえるチューリップ品種はほとんどがオランダで育成されたものであるが、交配および育成はすべて種苗商によつて実施された関係上、その経過の詳細についてはよるべき資料がない (DOORENBOS, 1954; 樋浦, 1961; 志佐, 1964)。また近年わが国でも水野, 志佐, 富山園試, 新潟園試などによつて新品種の育成がなされているが、いずれも自然環境下で単に栄養世代を反覆することによつて開花齢に達せしめており、生育中の気候反応については報告がない (志佐, 1955)。従来、開花球の生理、生態に関する研究は Blaauw 一派 (HARTSEMA *et al.*, 1930) を始めとして、わが国でも多くの研究 (穂

坂, 1939; 1956 a, b) がなされているが、実生および実生球に関する研究は非常に少なく、明道・望月 (1953) の種子発芽における温度条件および樋浦 (1961) の実生期から第3年目までの生育におよぼす温度、日長等に関する研究しか見当たらない。

チューリップの交雑育種を能率的に推進するには育種年限の短縮方式を確立することが第一の課題であると思われるが、それには先ず実生および実生球の生育における気候反応を詳しく解析する必要がある。

この実験は以上の観点から温度を中心とした2, 3の環境要因が種子発芽および実生の生育におよぼす影響を調べ、チューリップの juvenile phase 短縮に関する基礎的知見を得ようとしたものである。

II. 材料および方法

供試種子 主として William Pitt×The Bishop の交配種子を用い、一部 William Pitt の自殖種子を供試した。採種母本はいずれも新潟県園芸試験場で栽培され、同所で交配されたものである。種子はウスプルン1,000倍液で30分間消毒し、充分水洗した。

播種および施肥 パーミキュライト・川砂の等量混合用土を木箱あるいは素焼鉢に入れ、2×2cm 間隔に播種し、種子がかくれる程度に覆土した。播種後土壌湿度の急変を避けるため、灌水後ポリエチレンフィルムで鉢を覆った。肥料は播種後30日から2週間ごとにハイポネックス1,000倍液を施用した。

発芽の判定 観察は1日1回とし、子葉が地上に現

1966年6月22日受領

れた時を発芽とみなした。

温度 5°C は本学低温実験室 (恒温, 暗黒, ただし発芽後はタングステン電球で人工照明), 13°C および 23°C は本学ファイトトロン (恒温, 自然日照), 35°C は電気定温器 (恒温, 暗黒), 10°C および 15°C は五連式恒温器 (散光) によつて所定温度を設定した。

ホルモン処理 ジベレリン (協和醸酵工業製, 湿展剤, 増量剤混合物), NAA (α -naphthaleneacetic acid, potassium salt) およびカイネチン (武田薬品工業製 lot No. 09-07006) の各水溶液に浸漬および葉面処理をおこなつた。

日長処理 人工気象室の一角を黒ビニールで二分し, 一方は自然日長, 他方は自然日長+5時間補光とした。補光は 100 W タングステン電球によつて植物体上 1m より照射した。

III. 実験結果

1. 種子熟度および温度が発芽におよぼす影響

受粉後 50 日の未熟種子と 70 日の完熟種子を用い, 発芽温度は 5°C, 10°C, 15°C の 3 区を設けて発芽試験をおこなつた。結果は第 1 表に示すとおりであつた。

受粉後 50 日の未熟種子は萌全体が緑色を呈し, 種皮は透明で胚乳は白色であつた。受粉後 70 日の種子は萌が褐変して裂開し始めたもので種皮は, 褐色を呈した完熟種子である。

未熟, 完熟のいずれの種子も 5°C 区が発芽率最も高

く, 播種から発芽開始までの日数は最も短かつた。10°C 区における発芽までの日数は 5°C 区と大差ないが, 発芽率は未熟種子 2.1%, 完熟種子 2.8% で著しく低い。15°C 区は両種子とも播種後 70 日を経過しても全く発芽がみられなかつた。70 日後に 10°C 区の発芽個体を取除いた鉢および 15°C 区の鉢を 5°C へ移し, 発芽行動を観察した。表中 10₇₀→5 および 15₇₀→5 がそれに相当するものである。

発芽率は両種子とも最初から 5°C に保たれた区とはほぼ匹敵するまでに回復し, 発芽開始より終了までの日数も大差がみられなかつた。このことは 10°C あるいは 15°C, 70 日の処理は種子発芽に対して予措的效果はなく, 5°C が単独に影響していると考えられることができる。

2. 生長期における温度要求の変化

幼根の発生した, いわゆる発芽種子が, その後に引き続く子葉の生長に対して温度要求の転換がおこるかどうか, もし転換がおこるとすればその時期はいつか, この 2 点を明らかにするため次の実験をおこなつた。

実験 1 で明らかにした 5°C 恒温を発芽の好適温度とみなし, 播種後 5°C においた鉢を 1 週間間隔で順次 13°C 恒温へ移動し, 発芽におよぼす影響を調べ, 第 1 図に示す結果を得た。

5°C, 0 週区, すなわち播種後ただちに 13°C に移した区は 155 日後に発芽を開始した。しかし発芽の進行が非常に緩慢で発芽開始より終了まで約 100 日を要した。

5°C, 1, 2, 3, 4, 5 週間区は 5°C 期間が長いほど発芽開始は早まり, しかもその変化は急激であつた。しかし, 発芽の進行は緩慢で, 発芽期間は 0 から 4 週まではほとんど差がなく, 5 週間以上になると急激に短縮された。5°C, 6 週間区は播種後約 50 日目より約 20 日間で発芽を終り, 発芽揃いは著しく改善された。0 週より 5 週間区まではいずれも 5°C から 13°C へ移されたのち, ある日数を経て発芽を開始しているが, 5°C, 7 週間以上の区は 5°C 以下で発芽し始め, とくに 10 週間区は発芽始めより終了まで 5°C 下で進行した。ここでいう発芽とは便宜的に子葉が地上にあらわれたとき, すなわち emergence を指標としている。一般に発芽

Table 1. Effects of temperature and maturity on the emergence of tulip seeds (William Pitt selfed)

Maturity of seeds	Temperature °C	Number of seeds	Per cent of emergence	Number of days from sowing to		Duration of emergence
				first emerged	last emerged	
Pre-mature*	5	120	56.4	47	71	59.0
	10	120	2.1	51	70	60.5
	15	120	0.0	—	—	—
	10 ₇₀ →5	120	46.8	106	145	125.5
	15 ₇₀ →5	120	48.2	113	148	130.5
Full-mature**	5	120	73.2	49	68	58.5
	10	120	2.8	52	70	61.0
	15	120	0.0	—	—	—
	10 ₇₀ →5	120	70.4	111	144	127.5
	15 ₇₀ →5	120	66.8	122	151	136.5

* Seeds obtained from 50 days after pollination.

** Seeds obtained from 70 days after pollination.

10₇₀→5, 15₇₀→5; treated for 70 days at 10°C or 15°C and transferred to 5°C subsequently.

Fig. 1. Effects of changing temperature from 5°C to 13°C on the emergence of tulip seeds (William Pitt×The Bishop)

とみなされている幼根の発生期をあてるならば、発芽期はこの時期よりさらにさかのぼることになる。5°C 下に播種された種子を一部掘り上げ調査した結果によると、幼根の発生は子葉が地上に出現する時期、すなわち emergence より7ないし10日前に認められた。したがって5°C 下における幼根の発生期は播種後35ないし40日に相当し、5°C、6週間以上の処理区はいずれも5°C 下で幼根が発生したことになる。

5°C、7週間から10週間までの処理区では播種から発芽開始までの期間および発芽期間は6週間区と大差なく、したがって5°C、約40日以上処理はもはや種子発芽に対して促進的効果が期待されないことが示された。

一方、子葉の生長は5°C、0週より5週間までの処理区では発芽と同様に非常に不齊一な生長を示し、一定の傾向を把握できなかった。しかし、5°C、6週間以上の処理区間で生長速度を比較すると6週間処理区がもつとも早く、処理時間が長くなるにつれておくれた。このことは発芽後におこる子葉の生長に対して5°Cより13°Cがより好適であることを示すものと考えられる。すなわち、チュー

リップ種子の発芽と子葉の生長期の間には好適温度の転換期が存在し、種子発芽には5°C、約40日で満足され、子葉生長期に入ると13°C前後に移行するものと思われる。

3. 生長ホルモンが種子発芽および実生の球根形成におよぼす影響

a. ジベレリン処理と発芽温度

チューリップ種子の発芽は先に述べたように一般の種子に比べて好適温度が低いこと、温度幅が狭いこと、さらに発芽まで長時間かかることが特徴としてあげられる。これは実際の栽培条件設定に対して温度制御の高い精度が要求されることを示すもので、生産コストの面からみて不都合なことといわねばならない。樋浦(1961)はジベレリンによる種子処理が発芽促進効果をもつとともに比較的高温下でも発芽が可能になると報告した。ここではこれらの結果を追試する意味を含めて、いくらか処理方法をかえて試験した。

発芽温度は適温とおもわれる5°Cと、適温域をはづれているとおもわれる10°Cの2区を設けた。種子は15°Cのジベレリン溶液で24時間浸漬処理し、発芽におよぼす影響を調べた(第2表)。

5°Cにおけるジベレリン1ppmおよび10ppm処理区は発芽率および発芽期間とも対照区に対して有意差なく、ジベレリン処理の発芽促進効果は認められなかった。10°C区は5°C区より発芽開始期が2~7日おくれ、発芽期間は約15日延長された。発芽率は対照区2.5%に対してジベレリン処理区はそれぞれ2.8、2.5%を示し、いずれも有意差は認められなかった。以上の結果からジベレリンによる種子処理は、発芽促進、発芽適温の変更ないし適温域の拡大に対する効果はないものとおもわれる。

b. 種子発芽におよぼすNAA、ジベレリンおよびカイネチンの影響

Table 2. Effects of temperature and gibberellin treatment on the emergence of tulip seeds (William Pitt×The Bishop)

Temperature °C	Gibberellin treatment* ppm	Number of seeds tested	Per cent of emergence	Number of days from sowing to		Duration of emergence
				first emerged	last emerged	
5	0	240	69.5	48	69	21
	1	240	72.5	48	70	22
	10	240	72.5	51	68	17
10	0	240	2.5	53	93	40
	1	240	2.8	55	90	35
	10	240	2.5	50	91	41

* Seeds were soaked in gibberellin solution for 24 hours at 15°C

Table 3. Effects of NAA (α -naphthaleneacetic acid), GA (gibberellin) and KT (kinetin) on the emergence of tulip seeds (William Pitt $\times$ The Bishop) at 5°C

Treatment	Concentration ppm	Number of seeds	Per cent of emergence	Number of days from sowing to		Duration of emergence
				first emerged	last emerged	
Control	0	720	73.3	47	70	23
NAA	20	720	66.9	50	71	21
GA	50	720	72.3	50	68	18
NAA+GA	20, 50	720	80.7	45	65	20
KT	10	720	73.3	48	69	21
NAA+KT	20, 10	720	73.8	51	72	21
GA+KT	50, 10	720	73.9	49	72	23
NAA+GA+KT	20, 50, 10	720	70.6	50	74	24
L. S. D.	0.05		6.7	4.6	5.2	2.5

ジベレリン, NAA, およびカイネチンの生長ホルモンが発芽におよぼす影響を知るため, それぞれの単用および併用処理をおこなった。なお, この試験では第2表の結果にもとづき, ジベレリン 10 ppm 以下では低すぎるものが考えられたので 50 ppm に濃度をあげ, NAA お

よびカイネチンはそれぞれ 20, 10 ppm を使用した。結果は第3表に示されたように, 発芽率において NAA 処理は抑制的に作用し, ジベレリンおよびカイネチン処理は影響がみられなかった。併用処理区では NAA+ジベレリン区にのみ促進効果が認められ他はいずれも影響がみられなかった。播種後, emergence 開始までの日数においては処理区間に全く差異がなかった。しかし, emergence 終了日は NAA+ジベレリン

処理区がやや早くなり, emergence の期間はジベレリン単用および NAA+ジベレリン処理の両区が有意に短縮された。以上要するに, 本実験では NAA, ジベレリン, カイネチンの三者とも単用処理は効果なく, NAA 20 ppm, ジベレリン 50 ppm の併用処理が発芽に対して促進的な効果をもつことが認められた。

4. 実生の球根形成におよぼす温度の影響

好適環境下における実生の生長は無限的に継続するのであるか, あるいは温度週期性その他, 外的, 内的要因の支配をうけて齢が進行し, 栄養世代の更新によつて juvenile phase から adult phase へ移行してゆくのか, そして, もし栄養世代の更新によるならばその過程で最も重要な要因と考えられる温度週期性における好適温度の転換はいかなる時期におこるかを明らかにしようとした。

5°C, 45 日処理によつて発芽した種子を子葉生長に対する好適温度と考えられる 13°C へ一斉に移し, 以後一定期間を経てさらに 23°C へ順次移し, 地上部が枯れこむまでの日数および球根の生産量を調べた (第2図)。

I 区は 13°C を経ず, 5°C から直接 23°C へ移したことを示し, II, III, IV, ..., K 区はそれぞれ 1, 3, 6, ..., 15, 17 週間, 13°C においたのち 23°C へ移したことを示している。

5°C 下で幼根が発生した種子を 13°C へ移すと子葉は急速な生長を開始し, 5°C に継続しておいた区より明らかに旺盛な生長を示した。発芽した個体を 13°C で栽培した日数 (X) とその後 23°C

Fig. 2. Influence of the period at 13°C and 23°C on the time of yellowing of leaves and on the yield of bulbs in seedling stage (William Pitt $\times$ The Bishop).

Fig. 3. Roots and bulbs produced from seedlings

へ移してから地上部が枯れこむまでの日数 (Y) との間には第2図に示されるような直線的回帰が存在し、次のような回帰方程式が得られた。

$$Y = -0.57X + 66$$

すなわち、発芽した個体が 13°C 下で栽培された日数が長いほど、23°C へ移されたのち地上部が枯れこむまでの日数は短縮される。その場合、13°C を経ず直接 23°C に移された個体は 66 日後に枯れこみ、また 13°C に 113 日栽培が継続されれば 13°C 下でも完全に枯れこんでしまう。つぎにいろいろな温度週期下における実生の球根形成を一個体あたりの球根重量をみたのが第2図上部に示された曲線であり、枯れこみ直前における球根の形成状態を示したのが第3図の写真である。

13°C, 0 日から 70 日までは 13°C 期間が長いほど球根生産量は多くなり、70 日区 (Ⅵ区) が最大で約 500 mg であった。70 日以上 120 日までの区は収量曲線が横ばい状になり、もはや生産量の増加は期待できないことを示している。

これらの関係を実際的な立場からみるならば 5°C で発芽させた個体を 13°C で約 70 日栽培し、その後 23°C に温度をあげて 20 日ほど処理し、人為的に休眠へ誘導するような管理を施せば、最短の生育期間で最大の球根収量が期待できることを示している。

5. 実生の球根生産におよぼす植物ホルモン処理および日長の影響

a. NAA, ジベレリンおよびカイネチン処理の影響

実生の生育および球根生産に影響する温度以外の要因として植物ホルモン処理の影響をみるため NAA, ジベレリンおよびカイネチンの単独および組み合わせによつて種子を浸漬処理し、さらに 13°C へ移して発芽が揃った時期から 10 日間隔で3回葉面散布し球根生産におよぼ

Table 4. Effect of treatment of seeds by soak method and application to leaves with NAA (α -naphthaleneacetic acid), GA (gibberellin) and KT (kinetin) on the bulb yield of tulip seedlings (William Pitt $\times$ The Bishop)

Treatments	Concentration ppm		Bulb yield per plant mg
	soak method	application to leaves	
Control			477.8
NAA	20	10	479.4
GA	50	50	534.0
NAA+GA	20, 50	10, 50	624.2
KT	10	0.25	437.7
NAA+KT	20, 10	10, 0.25	437.7
GA+KT	50, 10	50, 0.25	531.2
NAA+GA+KT	20, 50, 10	10, 50, 0.25	564.2
L. S. D.	0.05		48.3
	0.01		65.7

す影響を調べ、その結果を第4表に示した。ジベレリンおよびジベレリン+カイネチン処理区は 5% 水準で有意な増加を示し、NAA+ジベレリンおよびNAA+ジベレリン+カイネチンの併用処理区は 1% 水準で有意な増加を示した。ここで球根生産量の有意な増加を示した処理区はいずれもジベレリンを含んでいることに特徴がみられる。以上の結果を、分散分析により第5表にまとめた。これにより各要因の効果をみるとジベレリンは球根生産に対して 1% 水準で有意な主効果を示し、NAA 処理は 5% 水準で有意であった。一方、カイネチン処理は球根生産量を有意に減少させることが示された。ただし本実験では処理濃度および時期等に関して詳しく検討されていないので、これをもつて一般的結論とすることは困難であり、今後検討さるべき一つの課題であろうと

Table 5. Analysis of variance

Source of variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F
Block	3	5,559.9	1,853.3	1.72
NAA	1	7,759.5	7,759.5	7.20*
GA	1	88,576.9	88,567.9	82.21**
NAA $\times$ GA	1	7,432.9	7,432.9	6.90*
KT	1	10,414.9	10,414.9	9.66**
NAA $\times$ KT	1	1,739.0	1,739.0	1.61
GA $\times$ KT	1	177.2	177.2	
NAA $\times$ GA $\times$ KT	1	1,536.0	1,536.0	1.42
Error	21	22,624.5	1,077.2	

* Significant at 5% level

** Significant at 1% level

もわれる。交互作用については NAA とジベレリンの間にのみ有意性が認められた。以上の結果から、実生の球根生産量を高める植物ホルモン処理の方法としては、ジベレリン単用または NAA との混用によつて種子浸漬処理をおこない、発芽後さらに葉面散布を 2 ないし 3 回追加的におこなうことが有効であろう。

b. 植物ホルモン処理に長日処理を組み合わせた場合の影響

樋浦 (1961) は 7 時間と 14 時間日長区における実生の生育を比較し、長日条件が実生の草丈、球根生産量を増加させると報告した。ここでは光条件を 12~13 時間の自然日長区と自然日長+5 時間補光区に分け、実験 a のホルモン処理を組み合わせた場合の球根生産におよぼす影響を明らかにしようとした。

結果は第 6 表に示された通り、植物ホルモン処理の影響は日長と関係なく実験 a と同一の傾向が認められた。日長処理に関してはいずれの処理区も自然日長区と 5 時間補光区の間に有意差はみられなかつた。

Table 6. Effects of plant growth regulators and supplement light treatment on the bulb yield in tulip seedlings (William Pitt × The Bishop)

Treatments	Concentration ppm		Bulb yield in mg per plant	
	soak method	application to leaves	Natural day length	Supplemented
Control	—	—	468.6	457.1
NAA	20	10	459.7	474.7
GA	50	50	539.3	495.7
NAA+GA	20, 50	10, 50	604.2	589.2
KT	10	0.25	422.3	436.7
NAA+KT	20, 10	10, 0.25	427.4	453.7
GA+KT	50, 10	50, 0.25	534.8	527.8
NAA+GA+KT	20, 50, 10	10, 50, 0.25	558.8	494.9

日長処理を実施した時期は 9 月 1 日から 10 月 31 日までの 2 か月間であり、この時期の実験地 (安城) における自然日長は 12~13 時間である。したがって少なくとも 12 時間以上の自然日長下では補光しても球根生産に対して促進的效果を期待することはできないものと思われる。

IV. 考 察

1. チューリップ種子の発芽について

中山 (1960) は種子の休眠を「普通に発芽をおこさせる条件を与えてもなおかつ健全種子がすぐに発芽しない場合」と定義し、HOWARD (1915) は播種後 2 週間以内に発芽しないものを休眠種子として取りあつかつてい

る。このような定義からすれば、チューリップ種子も休眠性種子のカテゴリーに属することになるが、果してそれが妥当かどうかをまづ検討してみよう。

現在、種子休眠の原因として次のような事実が知られている。第 1 は胚に後熟現象がある場合である (MAYER *et al.* 1963; 中山, 1960)。明道ら (1953) がチューリップ種子について採種直後の 8 月 14 日より 11 月 24 日まで 20 日間隔で 6 回発芽試験をおこなつた結果によると、いずれの時期も 5°C で約 60 日後に発芽は完了すると報告した。また本実験でも第 1 表に示した受粉後 50 日の未熟種子と 70 日の完熟種子の発芽行動の比較において本質的な差がみられなかつたことなどから考えて、チューリップ種子に胚の後熟現象があるとは考えられない。第 2 は種皮の不透水性あるいはガスの不透過性など種皮の機械的原因によつて胚の発育・活動が抑制される場合である (MAYER *et al.* 1963; 中山, 1960)。これについては、種子を水に浸漬して室温に放置すれば間もなくぼう潤して見かけ上の不透水性はみられないし、予備的におこなつた種皮の除去試験においてもとくに促進的影響はみられなかつた。また、もし種子の成熟にともなつて不透過性機構が形成されるものとすれば、未熟種子と完熟種子の発芽行動に変化があつて然るべきである。しかし第 1 表の結果はそれに対して否定的とみなせる。したがつてチューリップ種子の発芽遅延の原因をこの不透過性に求めることはできない。第 3 は発芽に対する温度週期効果の問題である (MAYER *et al.* 1963; 中山, 1960)。明道ら (1953) はいろいろな日変化区を設けて試験したが、5°C 恒温がもつとも好適な条件であつたと報じ、日温度週期効果を否定した。また季節的温度週期効果について樋浦 (1961) の結果は否定的であるし、本実験の結果も一致している。したがつて温度週期効果からも発芽遅延の原因を説明できない。第 4 は発芽抑制物質の存在であるが (MAYER *et al.* 1963; 中山, 1960)、これも未熟種子と完熟種子の発芽行動の比較から推して、その存在を考えることは困難である。本実験で得られたチューリップ種子の発芽行動の特徴を列記すると次の通りである。すなわち、1) 自然環境下で受粉後 50 日以内に発芽力を生じ、約 70 日で完熟する。2) 発芽適温は 5°C 前後にあり、10°C 以上ではいちぢるしく発芽が遅延するか、ほとんど発芽しない。すなわち適温の幅は一般の種子に比べて非常に狭い。3) 播種後適温以外の温度 (10°C 以上) におかれた期間は発芽の進行に対して予措的ないしは前処理的效果はなく、ほぼ完全な休止状態にとどまる。また適温以上の温度に遭遇した場合はその遭遇した時間だけ発芽が遅延する。4) 発芽に必要な最少限の温

度は5°C約1,000時間(40~45日)で充足される。

以上の事実からチューリップ種子を休眠性種子として分類することは不適当と思われ、類型はないが、低温発芽性種子として扱った方が適当と考えられる。

つぎに種子のジベレリン処理の効果に関して、樋浦(1961)は種子の発芽をはやめ、発芽に対する高温の悪影響を緩和するとし、ジベレリンの低温代行作用によるものと考えた。しかし本実験では第2表に示されたようにジベレリンによる発芽促進および不適温下における発芽の改善に関しては全く効果が認められず、ただ第3表に示されたようにNAAとジベレリンの併用処理がやや促進的な傾向を得たにすぎなかつた。これは実験条件、とくに処理強度の相違が一つの原因とも考えられるが、同氏の実験結果を詳しくみるとジベレリン処理によつて発芽開始期はやや早まる傾向を示している反面、発芽期間はむしろ延長の傾向がうかがわれる。この原因については不明であるが、実際の栽培管理にあたつては発芽期を早める手段を見いだすことにも増して、発芽揃いをよくすることがさらに重要である。このような見地からすれば、ジベレリン単用の種子浸漬処理が発芽促進に対してそれほど有効な手段とは考えられない。しかし、第4、5表に示したように、ジベレリン単用あるいはジベレリンとNAAの混用による種子処理と葉面散布処理の併用は球根生産量を有意に増加させる効果がある。このように1回の種子処理に加えて、子葉生長期に2、3回の追加施用することによつて球根生産量を増加させ、次世代への旺盛な生育を支える手段としては実用的にも利用できるものと思われる。

2. 子葉の生長と球根生産について

開花球の発育における季節的溫度週期効果についてはすでにHARTSEMAら(1930)によつて詳細に調べられた。しかし実生の生育における溫度週期効果に関してはほとんど知見がない。

チューリップ種子を5°C恒温下に播き、継続してこの溫度を維持すると発芽後の子葉は緩慢な生長を示すが、発芽後のある時期に13°Cに溫度をあげると著しい生長の促進が観察される。この場合、発芽適温の最低継続日数は第1図に示されたように40ないし45日であり、この時期が実生の溫度週期性における週期の轉換期に相当するものと思われる。つぎに、13°Cにおける子葉の生長も無限的なものではなく、13°Cへ移されてから85日目頃から地上部は黄化し始め、それが緩慢な進行を示しながら150日目頃には全体が枯れこんでしまう。これはチューリップが球根を媒介とした栄養世代の反覆によつてjuvenile phaseが進行し、数世代ののちにadult

phaseに到達するという特性を示しているものであらう。

樋浦(1961)の観察によれば、子葉の活発な伸長期に球柄の分化がおこり、根および子葉が最終長に達してはば生長を停止した時期から球柄の先端が肥大して球根が形成され、その後地上部は枯死にいたるといふ。本実験では生長期の細かい途中経過の追跡はおこなわなかつたが、掘り上げた球根が休眠状態にあることから推して、生長期から休眠期への移行期に溫度要求の轉換がおこっていることが考えられた。事実、球根の生産量からみて13°C下の栽培を70日以上継続しても、もはや増加は期待できず、70日後に23°Cに溫度をあげ、積極的に休眠へ誘導することによつて最少の生育期間で最大の球根生産をあげ得たことから裏づけられよう。発芽期から子葉生長期への移行期を第1の溫度要求轉換期とすれば、子葉生長期から休眠期への移行期を第2の轉換期と考えることができる。そして、その時期は第2図から、13°C下における生長が約70日経過した時期とみなすことができよう。しかし、ここで問題としなければならないことは13°C、70日間の生長期における溫度の日週期効果である。本実験に利用した人工気象室は恒温で管理されているため、これを明らかにすることはできなかつたが、より能率的な栽培管理法を確立するには後日解明されねばならぬ重要な課題であらう。したがつて、13°C、70日という条件はこれらの研究の完成によつて若干修正される余地はあるものと思われる。

3. 実生の生育および球根形成におよぼす日長の影響

実生の生育および球根形成におよぼす日長の影響について樋浦(1961)は7時間の短日と14時間の長日区を設けて試験し、長日区が草丈および球根の発達に対してやや促進的であるという成績を得ている。しかし、本実験では12ないし13時間の自然日長区と自然日長に5時間補光した区の比較においては、球根生産量に対して有意な差を見出すことができなかった。このことは樋浦がおこなつた7時間という極端な短日条件は実生の生育に対して抑制的に作用するが、12時間以上の日長下では、その上に補光してもとくに効果があらわれなかつたと解釈されるものと思われる。

4. 実生期の溫度週期性

種子発芽から実生の生育および休眠にいたる生育相の溫度要求を実験結果にもとづいて総括的にまとめると、第4図に示すような模式図が得られる。これをHARTSEMA, LUYTEN, BLAAUW(1930)がWilliam Coplandの開花球について得た、掘り上げから開花までの発育適

Fig. 4. Schematic diagram of thermoperiodicity in seedling phase of tulip

温と比較すると、実生期には花芽分化期に相当する期間が存在しないこと、adult phase におけるノーズ伸長期の適温が 13~23°C に対し、13°C 前後の比較的低い適温をもつこと、さらに生育期間が短いことなどが特徴的な差異として示される。これを外部形態的にみれば、adult phase では球根から開花にいたる過程であり、seedling phase では種子から一枚の葉と一本の根をもつ個体を生じ、花芽を含まない球根の形成にいたる過程である。したがって実生と開花球根の thermoperiodicity の差異は単純な体制と複雑化された体制の差にその原因を求めることができるものと思われる。

また、実生の発育適温のパターンは次報で述べる 2 サイクル目以後のそれとも異っている。この意味から、従来播種から開花にいたる期間を juvenile phase として一括して取り扱われているのを、発芽後の 1 サイクルを実生期 (seedling phase)、2 サイクル目以後、開花にいたる期間を幼少期 (juvenile phase) として分けた方が合理的であり、実際上の取り扱いにも便利とおもわれる。

V. 摘 要

チューリップの交雑育種における juvenile phase 短縮の条件を明らかにするため、1961 年より 1964 年にかけて、制御環境下における種子発芽の条件、実生の生育および形成された球根の休眠に対する温度条件ならびに

2, 3 の外的要因の影響を調べ、つぎのような結果を得た。

チューリップ種子は非休眠性で例外的な低温発芽性種子で、つぎのような特性をもっている。1) 発芽適温は 5°C 前後にあり、その適温の幅は一般の種子に比べて著しく狭い。2) 播種後 10°C 以上のような適温より高い温度に遭遇した場合はその日数だけ発芽が遅延する。発芽に必要な温度は 5°C、約 40~45 日で満たされる。3) 種子の発芽力は受粉後約 50 日で生ずる。これは 70 日後の完熟種子に比べて発芽率はやや低い、発芽勢は大差がない。

NAA とジベレリン混合液による種子浸漬処理の発芽をいくらか促進する傾向がみられる。また、実生の生育期に追加的に葉面散布すると、NAA およびジベレリンは球根生産に対してそれぞれ有意な主効果を示すとともに、両者の交互作用も認められる。

12 時間以上の自然日長期における補光は、球根生産に対して促進的影響をおよぼさない。

種子は 5°C 下で発芽後、子葉の生長期に入る。そのときの適温は 13°C 前後に移行し、球根を形成しながら約 70 日間生長を継続する。このとき、23°C に温度をあげると、形成された球根は急速に休眠状態に誘導され、約 20 日間で収穫期に達する。そして以上の温度週期では播種後 130 ないし 135 日で実生期の 1 サイクルを完結し得る。

本研究を実施するにあたり、研究費の一部は文部省科学研究費の援助をいただいた。また、採種にあたっては新潟県園芸試験場より母本を提供していただき、同場、桜井博氏には貴重な時間をさいて、いろいろご協力いただいた。ここに明記してお礼申し上げる。

引 用 文 献

- DOORENBOS, J. 1954. Notes on the history of bulb breeding in the Netherlands. *Euphytica* 3: 1~11.
- HARTSEMA, A. M., KUYTEN, I. en BLAAUW, A. H. 1930. De optimale temperaturen van bloemaanleg tot bloei (Snelle bloei van Darwin-Tulpen var W. Copland) *Verh. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam Afd. Naturkunde XXVII*: 1~47.
- 樋浦 巖 1961. チューリップの交雑育種に関する研究、とくに juvenile phase における育種年限の短縮および flowering phase における花色の判定基準の設定、島根農科大学育種学研究室業績 1~237.
- 穂坂八郎 1939. 球根類の温度処理と開花との関係 (3) チューリップの活動初期における温度処理の影響、園学雑 10: 349~380.
- 穂坂八郎 1956 a. チューリップの花芽分化前の温度処理が花芽分化完成に及ぼす影響、園芸学会研究発表要旨 37.

- 1956 b. チューリップの花芽分化前の温度の高低が処理後の促成開花に及ぼす影響, 園芸学会研究発表要旨 37.
- HOWARD, W. L. 1915. Mo. Sta. Res. Bull. 17 (中山包; 発芽生理学 1960 より引用)
- MAYER, A. M. and POLJAKOFF-MAYBER, A. 1963. The Germination of Seeds (Pergamon Press Co.)
- 明道 博, 望月正典 1953. チューリップ種子の発芽温度について, 園芸学会研究発表要旨 26.
- MURNEEK, A. E. and WHITE, R. O. 1948. Vernaliza-

- tion and Photoperiodism (Chronica Botanica Co.)
- 中山 包 1960. 発芽生理学 (内田老鶴圃)
- 志佐 誠 1964. 近代における球根の育種, 1. チューリップ・球根栽培新技術 256~264 (戸定会編, 誠文堂新光社)
- 志佐 誠編 1955. 輸出球根に関する研究, 文部省科学試験研究報告 No. 26 (誠文堂新光社)
- WENT, F. W. 1957. The Experimental Control of Plant Growth (Chronica Botanica Co.)

Summary

In order to find out how to shorten the juvenile phase of tulips, the effect of temperature and some external factors on germination of seeds and growth of seedlings under controlled environments were investigated.

Seeds of tulip are non-dormant and usually require very low temperatures for germination. The best temperature for germination is 5°C after sowing, about 40 to 45 days are required for germination. The range of optimum temperature was very limited when the seeds were treated at higher temperatures. Above 10°C, germination was delayed the longer the treatment. Germinative seeds were obtained about 50 days after pollination. The margin of duration of emergence was almost the same for the 50 day seeds and the completely matured seeds.

When the seeds were treated with a mixed solution of α -naphthaleneacetic acid and gibberellin by the immersion or the soak method, there was a little tendency for germination to be promoted.

Large bulbs were obtained when the leaves of seedlings were treated with NAA and GA during the growing period. It was also observed that the combination of these two chemicals had the effect of producing large bulbs.

On the contrary, when the leaves are treated with kinetin small bulbs were obtained. Even after supplementary light treatment during long days over 12 hours, there was not much effect on the production of bulbs.

After germination, the seedlings were maintained at 13°C the tops of leaves began to turn into yellow after 70 days. These seedlings were transferred to 23°C, the bulbs could be harvested. The total period of growth from sowing to lifting of bulbs was found to be about 135 days.

M. SISA

H. HIGUCHI

*Faculty of Agriculture, Nagoya University,
Nagoya*