

塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖に関する研究

中山 昌明

信州大学農学部 蔬菜花卉研究室

目 次

緒 言	10	第 1 項 塊茎の齡による不定芽形成の差異	31
第 1 章 実験の経過	11	第 2 項 品種による不定芽形成の差異	32
第 2 章 塊茎分割の方法	12	第 3 項 考 察	34
第 3 章 不定芽形成と外的条件	12	第 4 項 摘 要	35
第 1 節 塊茎切断面のいつ泌作用に及ぼすはち内土壌湿度の影響	12	第 5 章 不定芽形成に及ぼす植物生長調節物質の影響	36
第 1 項 いつ泌停止点と土壌湿度	13	第 1 節 塊茎分割時の NAA, TIBA 及びアデニン処理	36
第 2 項 いつ泌作用と土壌湿度調節期間	13	第 2 節 塊茎頭部切除後 NAA, TIBA 及びカイネチン処理までの日数	39
第 2 節 不定芽形成に及ぼす温度の影響	14	第 3 節 根部を切除した塊茎分割組織の器官形成に対する NAA, TIBA 及びカイネチン処理	40
第 3 節 不定芽形成に及ぼすゆ傷処理の影響	15	第 4 節 ゆ傷処理と NAA 及び BA 処理	44
第 1 項 ゆ傷組織の発達と温度	15	第 5 節 考 察	49
第 2 項 スペリン化細胞層の厚さと温度及び湿度	16	第 6 節 摘 要	52
第 3 項 不定芽形成とゆ傷処理	17	第 6 章 分割繁殖株の生育	53
第 4 節 考 察	18	第 1 節 分割繁殖 1 代株の生育	53
第 5 節 摘 要	20	第 1 項 実生株との生育比較	53
第 4 章 不定芽形成と内的条件	20	第 2 項 品種間差異	55
第 1 節 実生株の生育経過と 2・3 の体内成分の変化	20	第 2 節 分割繁殖 2 代株の生育	59
第 1 項 生育経過	20	第 3 節 分割繁殖 2 代株からの採種	64
第 2 項 乾物率及び炭水化物含量の変化	22	第 4 節 考 察	65
第 3 項 考 察	23	第 5 節 摘 要	66
第 4 項 摘 要	25	第 7 章 塊茎組織における不定芽形成の解剖学的観察	67
第 2 節 不定芽形成に及ぼす塊茎頭部切除の位置及び塊茎分割の大きさの影響	25	第 1 節 不定芽原基の発生位置とその発達	67
第 1 項 塊茎頭部切除の位置と不定芽形成	25	第 2 節 考 察	69
第 2 項 塊茎分割の大きさと不定芽形成	28	第 3 節 摘 要	71
第 3 項 考 察	30	第 8 章 総 括	71
第 4 項 摘 要	31	謝 辞	76
第 3 節 塊茎の齡及び品種による不定芽形成の差異	31	引用文献	76
		Summary	81

緒 言

シクラメンは、わが国では冬期のはち物花きとして重要な位置を占めており、近年は第1表⁵⁵⁾に示すように生産、需要ともに著しい進展をみつつある。また経営的には比較的安定した花きとして扱われており、はち物花き経営における主要な品目の一つに数えられている。今後花きに対する趣向の変化向上に伴って、その重要性はますます増大するものと考えられる。

Table 1. Changes of cyclamen production in the last eight years in Japan.

Year	1971	1973	1975	1977	1979
Planted area (10a)	714	856	896	967	1167
Number of shipped plants (×1000)	—	876	920	956	928
Total value of production (million yen)	1906 (19.9)	2317 (15.6)	3513 (15.5)	4846 (17.8)	6306 (16.4)

Figures in parentheses indicate the percentage of cyclamen production to total production of pot plants.

現在、一般に栽培されているシクラメンは *Cyclamen persicum* Mill. に属し、地中海東南部沿岸及びその海域に散在するキプロス、クレタなどの島々並びにチュニジアの西部が原産地とされている⁷⁶⁾。

このシクラメンは1730年ごろからイギリス、フランス、オランダなどの国々で改良が行われ、1870年代には今日の大輪系品種の基本が確立されたといわれている⁶⁴⁾。わが国には明治初期にもたらされたといわれているが、詳しい導入の経緯については明らかでない。

今日わが国において栽培されている品種又は系統は、ほとんどがドイツ、オランダからの輸入によるものであるが、最近わが国でも品種の改良が進められつつある。

ところで、シクラメンの塊茎は自然に分球することや子球を生ずることはなく、自然状態のままでは増殖することはない。したがって繁殖はもっぱら種子によってきた。しかし、多くの園芸研究者や育種家が指摘しているように、今日のシクラメンの系統や品種の多くは雑種性が強く、優れた形質の親株でも次代では異なった形質の個体が多く発現する。

シクラメンのこうした性質は長年の交雑によってできた異型接合によるものであり、加えて品種の多くがその品種分化の過程で染色体の倍加(同質4倍体 $2n=96$)を伴って分化してきたことによるといわれている。それゆえに、多くの球根花き類がそうであるように、栄養系苗の商業的生産、優れた後代を生産する母本や育種素材の栄養増殖もしくは維持の必要性が古くから指摘されてきた。そして今日までにいくつかの方法が多くの研究者によって試みられている。

1956年、Mayer^{37,38)}は“さいの目”に切った塊茎組織を無菌的に培養することによって、幼植物体の再生が可能であることを見出した。この方法は、その後 Stichel⁷²⁾ (1959)、Oku-

motoら⁵⁸⁾(1969), Pierik⁶⁰⁾(1975), Geier²¹⁾(1977)らによって追試され、再生率を高めるいくつかの知見が加えられた。

また, Riethmanら⁶³⁾(1965), 狩野ら²⁹⁾(1967)は葉柄の基部に塊茎組織の一部を付けてさす葉ざし法を案出した。さらに, Vries⁷⁹⁾(1975)は休眠中の塊茎をいくつかの切片にしてさすさし木法を考え出した。

また, Loewenberg³³⁾(1969)は塊茎組織から得たカルスを, Morel⁴³⁾(1975)は葉柄の輪切り薄片からのカルスを培養することによって増殖の可能性を指摘した。

しかし, これらの方法は現在のところ実用化されるまでには至っていない。その理由については, いろいろな立場からの見方があるが, 現実的には Vries の方法を除いては高度な専門的技術や設備が要求されること, またこれらの方法の個体再生率が低く, 最も高い Vries の方法ですら60% (ただし Loewenberg, Morel の方法については不明) 程度に過ぎないこと, などがあげられる。

そこで, 本研究ではこれまでに事例がない塊茎分割による栄養繁殖について究明し, 実用化への可能性を明らかにしようとした。

第1章 実験の経過

本研究は1967年から1981年における実験結果^{44, 45, 46, 47, 48, 49)}をまとめたもので, その間の実験は必ずしも段階的に行ったものではなく, したがって年次を追っての記述ではない。

まず, 本研究に入った動機から述べる。1920年, Hill²⁶⁾は成体期のシクラメンの塊茎頭部を切除すると, その切断面の中心部附近から不定芽を形成し, 完全な植物に再生すると報告している。

筆者はこの点に着目し, 1965年, 開花後の1年生塊茎の頭部をはちに植えたままの位置で切除し, 不定芽がその切断面に形成されるかどうかを試したところ, 腐敗を免れた塊茎の切断面に多数の不定芽の形成をみた。さらに, 1966年, 開花後の塊茎を'65年の場合と同様, 頭部を切除し, その切断面を小球は中心部を軸に放射型に, 大球は約1cmの方形に切れ目を入れ, 室内で管理したところ, 各切片から不定芽の形成がみられた。この2年間の観察が, 本研究に入った直接の動機である。

1967年以降, 上記2年間の観察を踏まえ, 以下に示す項目について研究した。

1 不定芽形成と外的条件

1968年, はち内土壌湿度の調整について, 1969年, 温度の影響について, 1971~1973年, ゆ傷処理の影響について調べた。

2 不定芽形成と内的条件

1970~1971年, 塊茎の頭部切除の位置, 切れ目の大きさ, 塊茎の齢及び品種の影響について調査した。また, 1971~1973年, 実生株の生育経過と体内成分の変化について調べた。

3 不定芽形成と植物生長調節物質の処理

1967年, 塊茎分割時における NAA, TIBA 及びアデニン処理の影響について, 1970年, 塊茎の頭部切除後日数と NAA, TIBA 及びカイネチン処理の関係について, また, 根部を切除した塊茎切片に対する NAA, TIBA 及びカイネチン処理の影響について, 1981年,

NAA と BA 処理の影響について調べた。

4 分割個体の生育

1968～1969年、分割繁殖1代株の生育について、1971～1972年、分割2代株の生育について、また、分割2代株からの採種について調査した。

5 塊茎組織からの不定芽形成の解剖学的観察

1981年、不定芽原基の発生位置とその発達について観察した。

本論文は上述した項目の順序にしたがってまとめた。

第2章 塊茎分割の方法

十分に肥大充実した塊茎をはちに植えたままの位置で塊茎部分を露出させ、ついで塊茎上部約3分の1を切除する(第1図-A)。そしてその切断面を約1cmの方形に切れ目を入れる(第1図-B)。塊茎が小さい場合には球の中心を軸に放射型に切れ目を入れる。切れ目の深さは、塊茎部分が完全に分断されるまで切り込む。ただし根部を傷つけてはならない。なお、塊茎の頭部切除の位置及び切れ目(以下分割と呼ぶ)の大きさについては、第4章、第2節で詳しく述べる。

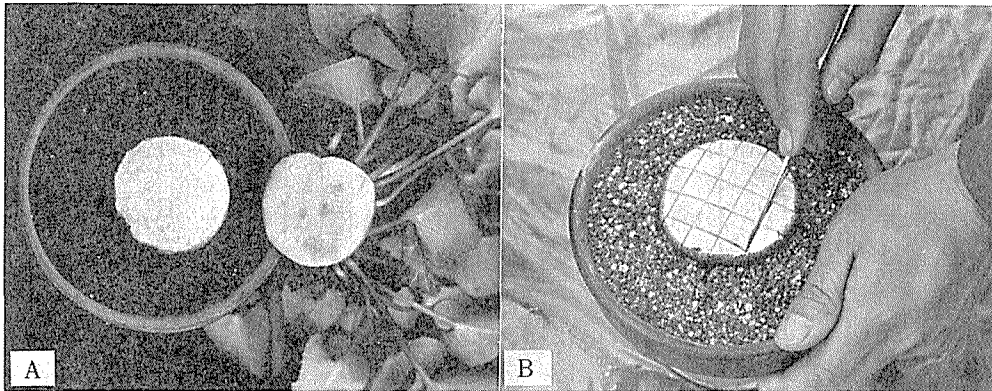


Fig.1. Scooping and notching of tubers.

A : Scooping the upper part of about one third of a tuber.

B : Notching by one centimeter square.

第3章 不定芽形成と外的条件

本章では、塊茎分割初期におけるはち内土壌湿度の調整について、また分割切片からの不定芽形成に及ぼす温度及びゆ傷処理の影響について行った実験について述べる。

第1節 塊茎切断面のいつ泌作用に及ぼすはち内土壌湿度の影響

塊茎の頭部切除時又は分割時のいつ泌は切断面のゆ傷作用を阻害するばかりでなく、腐敗

の原因ともなる。

本実験は、切断面からのいつ泌を制止するためのはち内土壌湿度の調整について、またいつ泌の恐れがなくなる土壌湿度の調整期間について調べた。実験は1968年5～7月に行った。

第1項 いつ泌停止点と土壌湿度

材料及び方法

材料は慣行によってはち(15cm素焼ばち)栽培された品種‘サーモンスカーレット’の実生1年生2個体を用いた。これらの株は開花終了約1か月後のもので、塊茎の横径が約6.5cmであった。

方法は、まずはちのほぼ中心にテンシオメーター(大起製作所:DIK1号)のポーラスカップをそう入し、直ちにはち底から飽水させた。飽水後は塊茎上部約3分の1を切除し、3時間室内に放置してから、あらかじめ用意された台ばかりの上にはちを置き、重量及びテンシオメーターの水銀柱の高さを17日間1日1回一定時刻に測定した。切断面からのいつ泌液は、その都度ろ紙で吸い取った。期間中の室内の温度は $18.5 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 、室内空気の相対湿度は $59 \pm 10\%$ であった。土壌湿度は水柱高の対数(pF)及び含水比で表示した。

結 果

第2図に示すように、土壌湿度がpF 2.71、含水比42%に達した時点で塊茎切断面からのいつ泌は全く認められなくなった。なお、観察されたところでは、実験終了時(pF 2.84)の段階においても土壌の湿度不足による塊茎の収縮現象はみられなかった。ただし切断面は濃い黒褐色を呈し、維管束部分は浅くくぼんでいた。

以上から、塊茎切断面からのいつ泌を制止するためには、はち内土壌湿度をpF 2.71又はそれ以上に調整しておく必要がある。

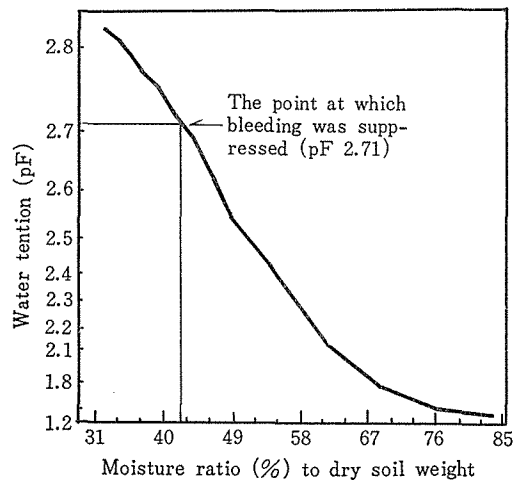


Fig.2. Moisture desorption curve of pot soil used for the experiment and suppression point of bleeding from cut surface of tubers.

第2項 いつ泌作用と土壌湿度調整期間

材料及び方法

材料は第1項と同様、品種‘サーモンスカーレット’の実生1年生32個体を用いた。これらの株は開花終了後約2か月を経過したもので、塊茎の大きさは横径で6.1～7.3cmであった。

全個体をはち底から飽水させてから室内に放置し、土壌湿度がpFで約2.71に達したとき(はちの一つにテンシオメーターを装置し指標とした)、塊茎上部約3分の1を切除した。

切除後は4日間隔で4個体ずつ任意に取り出し、一はち当り350mlの水をはちの上面から給水(pF 1.5以下)し、切断面からのいつ泌の有無を観察した。

実験期間中の室内温度は $19.2 \pm 3.2^\circ\text{C}$ 、室内空気の相対湿度は $61 \pm 11\%$ であった。期間中の土壌湿度の調整は、塊茎頭部切除時にはちの外側をビニールフィルムで包み、水分蒸発をおさえた。また、頭部切除時の重量から減量分を3~4日おきに給水した。給水時のpFは約2.75とした。

結 果

第2表に示すように、土壌湿度の調整期間が頭部切除後12日までは、塊茎切断面からのいつ泌は盛んであった。その後いつ泌量は徐々に減少し、切除20日後では半数の塊茎にわずかに認められる程度であった。さらに24日後にはいつ泌の徴候は全くみられなくなった。

Table 2. Effect of lowering soil moisture on bleeding from cut surface of tubers.

Days during which soil moisture tention was maintained at pF 2.71-2.75	0	4	8	12	16	20	24
Degree of bleeding after water supply*	●● ●●	●● ●●	●● ●●	●● ●●	●● ●●	●● ○●	○● ○●

●●: Bleeding from the entire cut surface.

●●: Bleeding from a part of cut surface.

○●: No bleeding.

* When water was supplied, pF was 1.5 or less.

The number of plants examined was 4 in each treatment.

以上から、いつ泌制止のための土壌湿度の調整は頭部切除(分割)後少なくとも3~4週間続ける必要があらう。

第2節 不定芽形成に及ぼす温度の影響

分割した塊茎切片の不定芽形成に対する温度の影響について調査した。実験は1969年5~8月に行った。

材料及び方法

開花後約1か月を経過した品種‘サーモンスカーレット’及び‘サフロソレッドシルバーエッジ’のそれぞれ6個体を選んで用いた。これらの株は第2章の方法にしたがって塊茎を1cmの方形に分割した。塊茎当りの分割切片数は‘サーモンスカーレット’が33個、‘サフロソレッドシルバーエッジ’が15個であった。分割後は直ちに $15.1 \pm 3.0^\circ\text{C}$ 、 $20.2 \pm 2.4^\circ\text{C}$ 及び $26.6 \pm 2.6^\circ\text{C}$ の温度区に各品種それぞれ2個体を置き、各分割切片からの不定芽形成を5日おきに105日間調べた。

実験期間中の空気中の相対湿度は、初めの10日間は約85%に保ったが、その間で切断面にカビの発生が認められたので、その後は約55%に下げ、チューラム剤(Tetramethyl thiuramdisulfid)を軽く粉衣した。期間中のはち内土壌湿度は前節第1, 2項の結果に基づいて調整した。

結 果

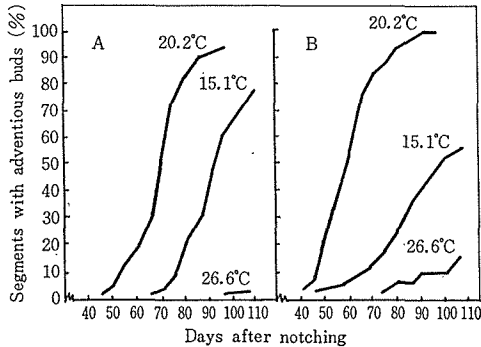


Fig.3 Effect of temperature on adventitious bud formation on tuber segments.

- A: 'Salmon Scarlet', the number of segments examined was 66 in each treatment.
- B: 'Saffron Red Silver Edge', the number of segments examined was 30 in each treatment.

各温度区の不定芽形成経過を示したのが第3図である。不定芽形成開始期は、両品種ともに20.2°C区が最も早く、形成開始期までの処理開始後日数は‘サフロレットシルバーエッジ’が40日、‘サーモンスカーレット’が45日であった。15.1°C区の開始期は20.2°C区について早く、‘サフロレットシルバーエッジ’が処理開始45日後、‘サーモンスカーレット’が65日後であった。

不定芽形成開始以後の形成率の伸びは、20.2°C区が両品種ともに最も順調であった。15.1°C区は20.2°C区に比較して伸びがやや緩慢であった。26.6°C区は形成開始期が20.2°C区及び15.1°C区に

くらべて著しく遅れたばかりでなく、形成率の伸びもきわめて低調であった。以上から、分割切片からの不定芽形成には20°C前後の温度が適切ではないかと判断された。

第3節 不定芽形成に及ぼすゆ傷処理の影響

塊茎分割後は切断面からの腐敗を防止するために切断面のゆ傷作用を促進する必要がある。本実験は、切断面におけるゆ傷組織の発達と温度及び湿度との関係について、またゆ傷処理の不定芽形成に対する影響について調べた。実験は1971～1973年の1～5月に行った。

第1項 ゆ傷組織の発達と温度

材料及び方法

開花終了期にあった品種‘フェールバーク’の16個体を選んで用いた。方法は、はち内土壌湿度を調整してから塊茎上部を切除し、直ちに相対湿度55±4%に調節された15°C、20°C、25°C及び30°Cの4つの温度区にそれぞれ4個体を置き、各株について塊茎切断面下のゆ傷組織の発達を4日おきに顕微鏡で観察した。観察方法は、小片試料を水に3時間浸漬後、徒手ミクロトームで切片をつくり、サフラニン・アニリン青法⁵⁴⁾で染色してから検鏡し、スベリン化細胞層数及び周皮細胞層数を数えた。

結 果

まず、ゆ傷経過について述べる。塊茎が切断されると切断面に接する数層の細胞の細胞膜のスベリン化が徐々に進み、ついでその内方の柔細胞に分裂機能が生じ、傷い細胞の分化(コルク形成層の分化)が始まる。その後さらに分化が進行して5～7層の周皮細胞層が形成され、ゆ傷作用はほぼ完了する。

結果は第3表に示すように、細胞のスベリン化は処理温度が高い区ほどすみやかに進行した。また傷い周皮の発達も高温区ほど早かった。すなわち、周皮形成を開始するまでの処理開始後日数は30°C区が約5日、25°C区が約8日、20°C区が約12日、15°C区が約19日であ

Table 3. Effect of temperature on suberization and wound-periderm formation on cut surface of tubers.

Days after scooping	15°C		20°C		25°C		30°C	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0~1	0	2~3	0	4~6	0	7~9	0~1
8	1~2	0	4~6	0	6~10	0~1	7~10	3~5
12	2~3	0	5~8	1~2	7~10	3~4	8~11	5~8
16	3~4	0	5~7	2~4	6~11	5~6	7~12	6~7
20	5~6	1~3	6~8	4~6	7~11	6~8	6~11	5~8
24	4~7	3~5	5~8	6~7	6~10	5~7		
28	4~6	4~6	6~8	5~7				
32	5~7	6~8						

A: The number of suberized cell layers.

B: The number of wound-periderm cell layers.

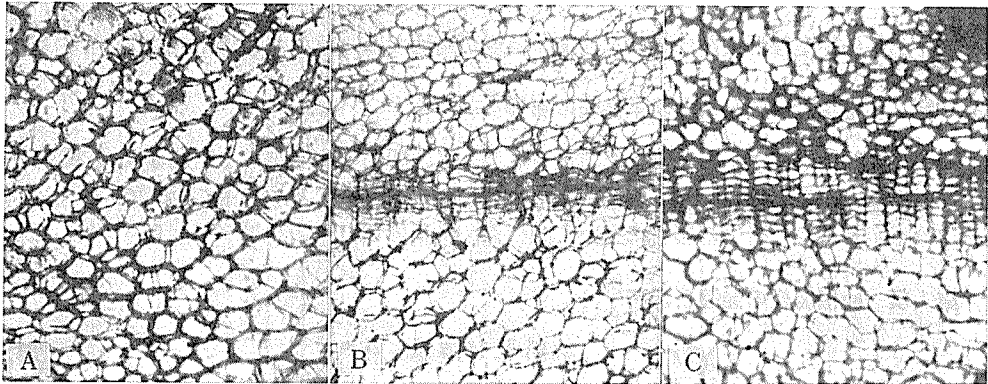


Fig. 4. Development of wound-periderm on cut surface of tubers at 20°C under RH 55±4%.

A: Immediately after cutting. B: 16 days later. C: 24 days later.

った。また、周皮形成がほぼ完了するまでに要する処理開始後日数では、30°Cが約12日、25°C区が約18日、20°C区が約24日、15°C区が約32日であった。

一方、スベリン化した細胞層数は処理温度が高くなるにつれて増加する傾向がみられた。第4図は、20°C区の傷い周皮の発達状態を示したものである。なお観察されたところでは、30°C区を除く他の3区では切断面にかびの斑点がみられたが、30°C区では全くその徴候は認められなかった。以上から、設定温度内では30°C処理がゆ傷促進に最も効果的であると判断された。

第2項 スベリン化細胞層の厚さと温度及び湿度

材料及び方法

開花中の品種‘フェールバーク’の実生1年生36個体を選び、はち内土壌湿度を調整してから塊茎上部を切除し、直ちに以下の処理を行った。室内の温度15°C、20°C、25°C及び30°Cに室内空気の相対湿度53±5%、70±4%及び90±2%をそれぞれ組合わせて12区を設け、各区それぞれ3個体を供試して処理を行った。処理期間は15°C区は24日、20°Cは16日、25°Cは12日、30°C区は8日間とした。

処理終了後は各塊茎の切断面の9か所（中心部から1か所、周縁部に近い位置から4か所、中心部と周縁部の中間から4か所）から試料を採取して、スベリン化細胞層数を顕微鏡で観察した。

結 果

第4表に示すように、スベリン化細胞層数はいずれの温度区においても湿度の高い区ほど少なく、湿度の低い区ほど多かった。また、いずれの湿度区も温度が高い区ほど多く、温度の低い区ほど少なかった。しかし、スベリン化層数の変動幅は温度よりも湿度に大きく影響された。

Table 4. Effect of temperature and relative humidity on thickness of suberized cell layers on cut surface of tubers.

Relative humidity (%)	Temperature (°C)				L. S. D at 1%
	15	20	25	30	
	Number of cell layers				
53±5	10.3	10.5	11.0	11.7	0.61
70±4	4.3	6.6	8.7	9.4	1.36
90±2	1.0	1.9	2.7	2.9	0.50
L. S. D at 1%	0.95	0.79	1.45	1.34	

第3項 不定芽形成とゆ傷処理

第1、2項で処理温度によって細胞のスベリン化の進行速度や傷い周皮の発達速度が異なることを明らかにした。本実験は、処理温度による傷い周皮形成の開始期又は完了期の相違が、その後の不定芽形成にいかに関与するかを検討した。

材料及び方法

開花終了期にあった品種‘フェールバーク’の15個体を選び、はち内土壌湿度を調整してから、第2章の方法で塊茎を1cmの方形に分割した。塊茎当りの分割切片数は平均21個であった。分割後は直ちに以下の処理を行った。処理区として30°C 5日（傷い周皮形成開始期）及び12日（傷い周皮完了期）間、25°C 8日及び18日間の4区に20°Cの対照区を加えた5区を設け、各区それぞれ3個体を供試して処理を行った。

処理終了後は20°Cの温度下に移して各分割切片からの不定芽形成を3日間隔で調べた。処理期間中の室内空気の相対湿度は85%以上とした。

結 果

各区の不定芽形成経過を示したのが第5図である。不定芽の形成開始期は30°C 12日間処

理区が最も早く、対照区が最も遅れた。他の3区は両者のほぼ中間であった。形成開始以降の経過では、30°C 12日間処理区が最も順調な形成率の伸びを示し、ついで25°C 18日間、30°C 5日間、25°C 8日間、対照区の順序で続いた。ちなみに、不定芽形成率が80%に達するのに要した処理開始後日数でみると、30°C 12日区が52日、25°C 18日区が63日、30°C 5日区が67日、対照区が73日であった。

第6図は、処理開始約5ヵ月後の各区の生育状態を示したものである。

第4節 考 察

はち内土壌湿度の調整：栽培時のはち内土壌湿度はおおよそ pF 1.0~2.5の範囲にあるといわれている^{41,42)}が、そのような土壌の湿度状態で塊茎を分割するとその切断面からいつ泌が続き、再生を著しく阻害する恐れがある。したがって、

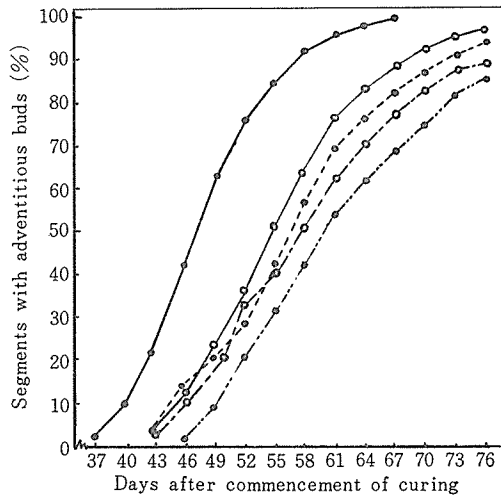


Fig. 5. Effect of curing temperature and duration on adventitious bud formation on tuber segments.

—○— : Cured at 30°C for 12 days. ○—○ : Cured at 25°C for 18 days. ----○ : Cured at 30°C for 5 days. —○—○ : Cured at 25°C for 8 days. ·····○ : 20°C. All the cured plants were grown at 20°C after the treatment. The number of segments examined was 62 in each treatment.

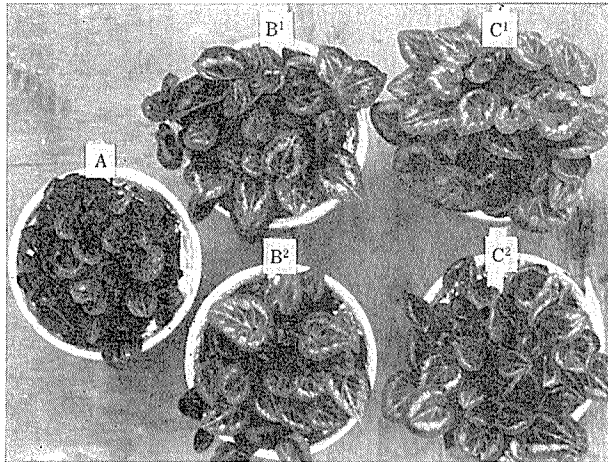


Fig. 6. Comparison of the growth among plants regenerated from tubers notched and then cured for various period at different temperatures. Photograph was taken five months after the commencement of curing treatment.

A : Control grown at 20°C. B₁ : Cured at 25°C for 18 days.
B₂ : Cured at 25°C for 8 days. C₁ : Cured at 30°C for 12 days.
C₂ : Cured at 30°C for 5 days.
The tubers were grown at 20°C after curing.

いつ泌を制止する土壤湿度の調整が必要である。第1節、第1、2項において、塊茎切断面からのいつ泌を制止する土壤湿度は pF で2.71以上、またそのような土壤湿度下で生理的にいつ泌が生じなくなる時期は切断20~24日後であることを明らかにした。この pF 2.71は土壤水の移動が事実上停止する毛管連絡切断時の pF³⁵⁾ とほぼ一致する。このように、分割初期の土壤湿度を一定レベルに下げ、根の生理的活性を一時的に低下させることが再生上の重要な点であると考ええる。

不定芽形成と温度：第2節で明らかのように、20°C 前後の温度条件で最も好ましい不定芽形成がみられている。この温度は種子の好適発芽温度³⁴⁾とも一致して興味深い。Okumotoら⁵⁸⁾はシクラメンの塊茎組織からの器官形成には20°Cと10°Cの変温が有効であったと報告しているが、この点に関しては今後の検討に待たねばならない。

なお、‘サーモンスカーレット’と‘サフロンレッドシルバーエッジ’の間には不定芽形成開始期や不適当な温度(26.6°C及び15.1°C)下での不定芽形成率の伸びに相違がみられるが、これは不定芽形成の温度に対する反応が品種によって多少異なるためではないかと考える。

ゆ傷処理と不定芽形成：ゆ傷組織の発達と温度との関係については、第3節、第1項で示されたように、設定温度内では30°C下でゆ傷は最も促進され、処理開始5日後には傷い周皮の形成が始まり、12日後にはほぼ完了する。本来ゆ傷処理の目的は腐敗菌の組織内侵入を防ぐ保護的役割が大きい。それは多くの球根類やいも類における研究成果^{2,4,5,17,56,75,80)}からもうかがうことができる。したがって、シクラメンの場合でも塊茎分割初期のゆ傷促進処理は切傷部の腐敗防止策として有効であると考ええる。

なお、30°C処理でのみ塊茎切断面にかびの発生がみられなかったのは、かびの発生に不適当な温度条件であったためではないかと考える。

ゆ傷処理時の湿度条件については、第3節、第2項で明らかのように、相対湿度の低下に伴ってスペリン化細胞層数の増加は著しい。しかも高温下でその増加は助長される傾向がある。しかしながら、55%程度の低い湿度下でも傷い周皮の形成は正常に行われる。

Artschwagen⁵⁾はサツマイモ塊根及びグラジオラス球根の切傷面のゆ傷と温度及び湿度との関係を調べている。それによると、前者の場合は適温条件が与えられても低湿度下では、細胞のスペリン化は進んでも、傷い周皮の形成は起らないが、後者の場合は適温が与えられれば低湿度下でも傷い周皮の形成は起ると述べている。また、天野ら²⁾はナガイモ切片のゆ傷に及ぼす温湿度の影響をみているが、ゆ傷と湿度との間では一定の傾向は認められなかったと報告している。

シクラメンの場合は前述のとおりであり、少なくとも傷い周皮の形成開始期までは、高い湿度状態で保たれることが望ましいと考える。

ゆ傷処理の不定芽形成に与える影響については、第3節、第3項で示されたように、分割頭初から20°C一定下に置くよりも、30°C又は25°Cでゆ傷を促進してから、20°C下に移すほうが不定芽形成は促進される。これはゆ傷促進効果が不定芽形成にまで及んだ結果ではないかと考えられる。

第5節 摘 要

シクラメンの塊茎切断面からのいつ泌制止のための土壤湿度の調整について、また塊茎分割切片の不定芽形成に及ぼす温度、湿度及びゆ傷処理の影響について調査した。

塊茎切断面からのいつ泌を制止するためには、分割時から3～4週間ほち内土壤湿度をpF 2.71～2.75に保持する必要がある。

塊茎分割切片からの不定芽形成を促すためには、分割後30°C高湿度下で5～12日間ゆ傷促進処理を行ってから、20°Cの温度下に置くことが効果的であった。

第4章 不定芽形成と内的条件

前章では、不定芽形成のための土壤湿度の調整、温度、空気湿度及びゆ傷処理など主として外的条件について検討した。

本章では、実生株の生育経過、不定芽形成に及ぼす塊茎頭部切除の位置、塊茎分割の大きさ、塊茎の齢及び品種など主に内的条件の影響について行った実験について述べる。

第1節 実生株の生育経過と2・3の体内成分の変化

直接繁殖の対象となる塊茎の発達及び充実の過程が他の器官(葉、根及び花器)の発達とどのような関係にあるかを知るために本実験を行った。

第1項 生育経過

材料及び方法

1971年9月5日には種した品種‘フェールバーク’の株を’72年2月15日から’73年5月5日まで、約1か月間隔で15回採取し葉数、葉重(花器を含む)、根重、塊茎の横径、縦径及び重量、花らい数、開花数をそれぞれ測定した。ただし開花数は測定時に開花していた数で示した。1回の供試個体数は2月から6月まではそれぞれ10個体、それ以後は8個体とした。栽培は終始ガラス室(最低10°C)内において行った。

栽培概要は以下のとおりである。移植は、第1回を’72年2月26日に平箱(36×43×6cm)に、第2回を同年4月24日に9cm素焼ばちに、第3回(定植)を6月23日に15cm素焼ばちにそれぞれ行った。培養土は、褐色火山灰土、沖積土、腐葉土を容積比で3:3:4の割合に混合して用いた。施肥は、基肥として培養土作成時に骨粉4g/l、重焼磷2g/l及び炭酸苦土石灰0.8g/lを、また移植時にCDU化成(N:15, P:15, K:15)2g/lを培養土中に混入した。追肥は8月までは生育に応じて‘くみあい液肥2号’(N:10, P:4, K:8)を適宜施し、その後は9月10日、11月4日及び2月2日にIB化成S1(N:10, P:10, K:10)2g/lを土壤表面に施用した。灌水は手灌水とした。温度及び日照管理は筆者らが当地で行った実験結果^{50, 52)}を基にして行った。

結 果

第7図は葉数、根数及び葉数に対する根数割合の時期的変化を示したものである。まず葉数では、7月頃までは比較的緩やかな増加を示したが、その後は10月ごろまで急激な増加が

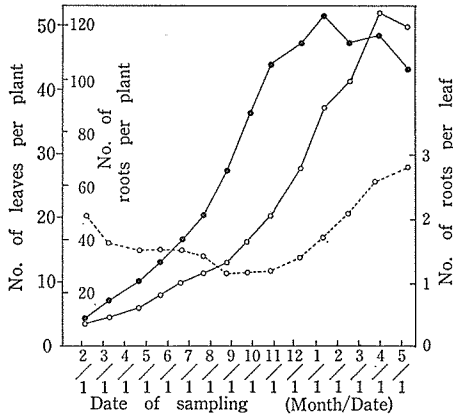


Fig. 7. Seasonal changes in number of leaves and roots.
 —●— : Leaves. ○—○ : Roots. ○····○ Roots per leaf.

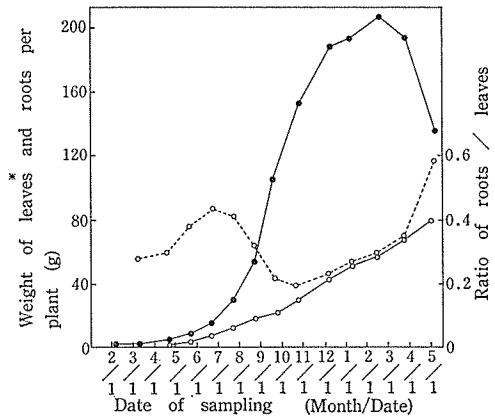


Fig. 8. Seasonal changes in weight of leaves and roots.
 —●— : Leaves. ○—○ : Roots. ○····○ Roots/Leaves.
 * Including flower buds and flowers.

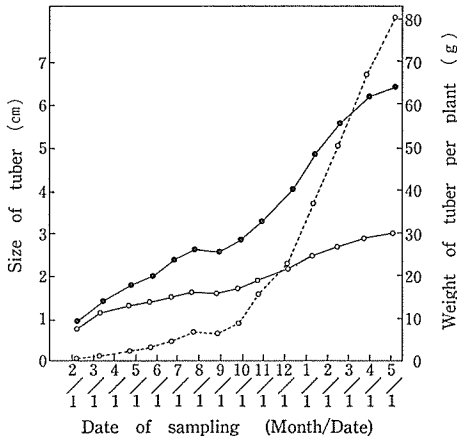


Fig. 9. Seasonal changes in size and fresh weight of tuber.
 —●— : Horizontal length. ○—○ : Vertical length. ○····○ Fresh weight.

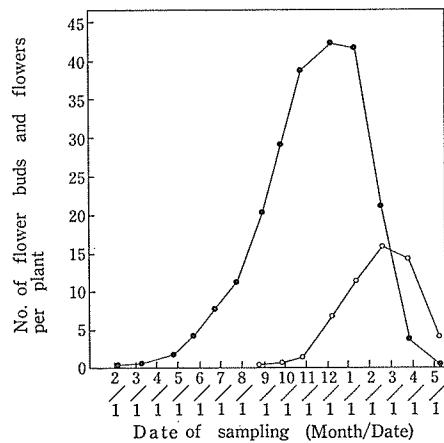


Fig. 10. Seasonal changes in number of flower buds and flowers.
 —●— : Flower bud. ○—○ : Flower.

続いた。しかし、11月以降は増加は再び緩慢となり、1月以降は減少に転じた。根数については、葉数の増加経過より約3か月遅れて増加が進行した。ただし、葉数の減少期（1月以降）でも根数の増加傾向は変らなかった。葉数に対する根数の割合は9月ごろまではやや減少傾向で推移したが、その後は増加に転じ、実験終了時（5月6日）には最高を示した。

第8図は葉重、根重及び葉重に対する根重割合の時期的変化を示したものである。葉重は7月ごろまでは緩慢な増加を示したが、その後著しい増加が11月ごろまで続いた。12月以降

は再び緩慢となり、さらに3月以降は急減した。根重は終始ゆるい直線的な増加を示した。葉重に対する根重の割合は6月(第3回移植前)に1つのピークを示してから漸次減少し、9~10月に最低を示した。その後は増加に転じ、実験終了時に最高を示した。

第9図は塊茎の横径、縦径及び重量の時期的変化を示したものである。横径の増加は9月ごろまではゆるやかであったが、その後は急激な増加が3月ごろまで続いた。縦径の増加も横径とほぼ同様な傾向を示したが、増加量は横径に比べて少なかった。塊茎の重量は9月ごろまでは低い増加にとどまったが、その後は実験終了時まで高い増加が続いた。

第10図は、花らい数及び開花数の時期的変化を示したものである。花らい数は葉数の増加にはほぼ平行して増加し、11~12月に最大期を迎え、以降開花の進行に伴って減少した。開花数は11月ごろから急増し、2月に最大となり、以後減少した。実験終了時における開花数は平均約4個であった。

第2項 乾物率及び炭水化物含量の変化

材料及び方法

第1項の生育調査に用いた試料について、乾物率及び炭水化物の含量を調べた。乾物率は葉(花器を含む)、根及び塊茎に分けてそれぞれ測定した。炭水化物は塊茎のみについて還元糖、非還元糖及びデンプンを定量した。炭水化物の定量は塊茎乾燥粉末1gを80%エチルアルコール100mlで3回加熱(80°C)抽出し、第11図に示す手順で糖分画とデンプン分画に分別してから、ベルトラン氏法によって行った。デンプン含量は還元糖(ブドウ糖)に0.9を乗じて算出した。

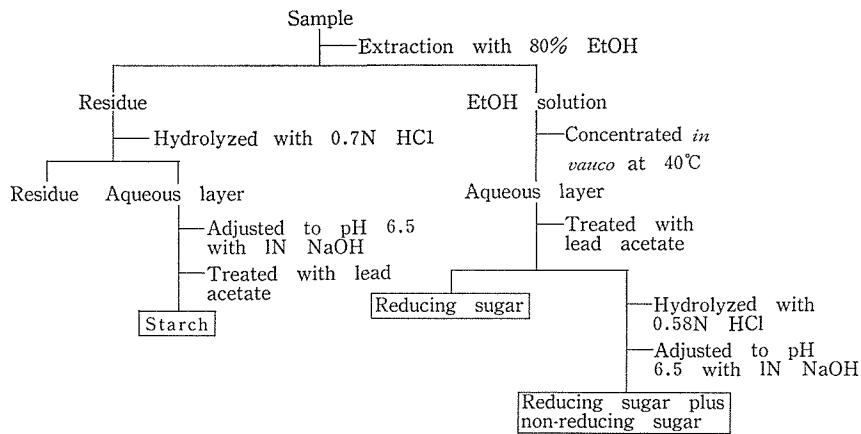


Fig. 11. Procedure for quantitative analysis of sugars and starch.

結 果

葉、根及び塊茎の乾物率の時期的変化を示したのが第12図である。まず、各器官の9月ごろまでの変化についてみると、いずれも2月、4月及び6月の各移植期に高くなり、移植後

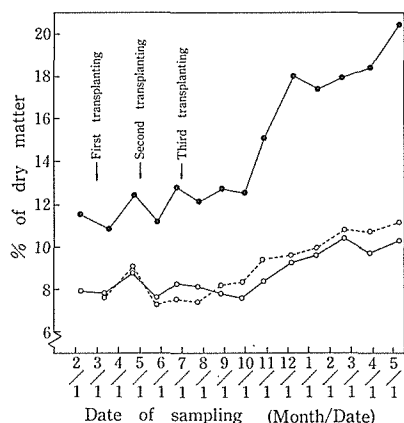


Fig. 12. Seasonal changes in rate of dry matter in leaves, roots and tuber.
 -●- : Tuber. ○-○ : Leaves. ○-○ : Roots.

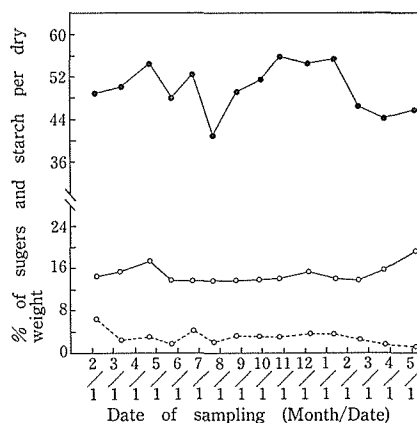


Fig. 13. Seasonal changes in reducing sugar, non-reducing sugar and starch contents of tuber.
 ○-○ : Reducing sugar. ○-○ : Starch.
 -●- : Non-reducing sugar.

は低下する繰り返しが見られた。しかし全体としては、9月ごろまでは横ばい傾向にあった。10月以降は各器官ともに明らかに増加の傾向を示した。特に塊茎において著しかった。全期間を通じて乾物率の最も高かったのは塊茎で、ついで根、葉の順であった。ただし、根と葉の間の差はわずかであった。

第13図は乾物当りの塊茎の還元糖、非還元糖及びデンプン含量の時期的変化を示したものである。還元糖含量は、生育初期（2月）が最も高く、その後は多少の高低を繰り返しながら、ほぼ横ばい状態で1月頃まで続き、2月以降急減した。非還元糖含量は、4～6月に第1のピークを示してから、7月に最低となり、その後再び増加して11～12月に第2のピークを示した。そして2～3月に再び減少した。デンプン含量は、生育初期（4～5月）に小さなピークを示し、その後1～2月頃まで横ばい状態が続き、4～5月に再び増加した。全期間を通じて含量の最も高かったのは非還元糖で、それは還元糖含量の約16倍、デンプン含量の約3.4倍であった。

第3項 考 察

シクラメンの生育経過については、これまでに種々な立場から調べられている^{1, 36, 39, 40, 42, 50, 51, 74, 77}が、それらは移植期から開花初期までを調査対象にしている場合が多い。一方、塊茎内の炭水化物含量の時期的変化に関しては、これまでに報告例が見当たらない。

本実験は9月には種したシクラメンについて、本葉5～6枚時から開花終了期までの主要器官の発達経過並びに乾物率の変化について、また、塊茎内の炭水化物含量について調べたものである。ここでは直接繁殖にかかわりのある塊茎及び根の発達経過、塊茎の乾物重及び炭水化物の消長を中心に考察する。

塊茎の発達経過を横断面積（塊茎の横径を円の直径とみなして算出）と乾物重量（塊茎の

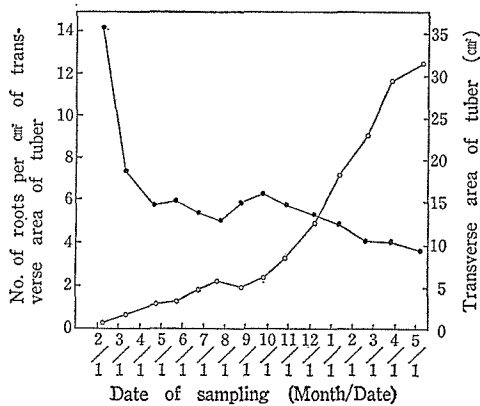


Fig. 14. Seasonal changes in transverse area of tubers and number of roots per cm^2 of the area.

○—○ : Transverse area, ●—● : No. of roots.

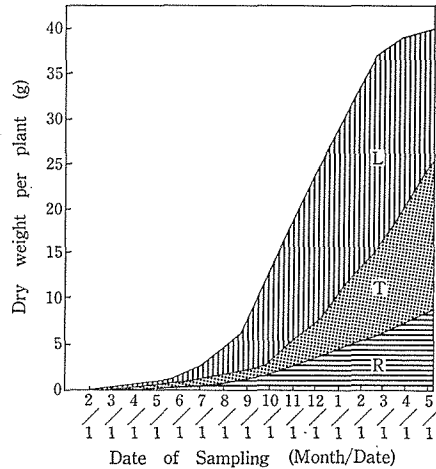


Fig. 15. Cumulative changes in dry weight of leaves, roots and a tuber.

L : Leaves (including flowers).
R : Roots, T : Tuber.

生体重に乾物率を乗じて算出)でとらえてみると、第14図及び第15図に示すように、地上部の生育量の増加が著しい9月ごろまでは、横断面積の増加も、また乾物重の増加もそれほど顕著ではない。しかし地上部の生育が緩慢となる11月ごろ(開花初期)から両者ともに急激な増加が実験終了時まで続いている。

ここで特に注目したい点は、開花最盛期(2月)以降実験終了期までの約3か月間の塊茎横断面積及び乾物重の増加量が開花最盛期までのそれらの約60%、100%にそれぞれ達していることである。このことは塊茎の肥大・充実を促し、分割能率を高めようとする立場からすると、この時期の栽培管理の重要性が指摘できよう。

塊茎の発達と関連して無視できないのは、塊茎底部における根の着生密度である。塊茎分割による栄養繁殖の特徴は根部を温存させながら不定芽の形成をはかることにあるので、根の着生密度は後述(本章、第2節、第2項)するように、塊茎を分割する際の分割の大きさに関係する。ちなみに、根の着生密度の時期的変化を塊茎の横断面積 1cm^2 当りの根数で示すと第14図のとおりである。すなわち、着生根数は発達初期に多く、肥大が進むにつれて徐々に減少し、実験終了時には 1cm^2 当り約4本になっている。このように塊茎の発達に伴って根の着生密度が減少するのは、塊茎底部における肥大速度が根の増加速度に比較して速いためではないかと考える。

塊茎の炭水化物含量の消長は非還元糖に象徴されるように葉数及び葉重増加が著しい7~8月と開花数の多い2~3月に明らかな低下がみられる。これは、生長と開花のためにより多くの炭水化物が消費された結果ではないかと考えられる。したがって、繁殖を目的とする場合には、開花数は必要限度にとどめ、塊茎の肥大・充実を優先させるべきではないかと考える。

以上の結果を塊茎分割の時期と関連づけて考察すると、9月は種の場合、開花を終了した

5～6月が塊茎の肥大・充実の点よりみて、最も好ましい分割の時期ではないかと推察される。

第4項 摘 要

塊茎の発達及び充実の過程が他の器官の発達とどのような関係にあるかを確かめるために、品種‘フェールバーク’の実生株を用いて、本葉5～6枚時(1972年2月15日)から開花終了期(73年5月5日)までの生育経過並びに乾物率の変化を調査した。また、同時に塊茎における炭水化物の時期的変化を調べた。

根数増加の最大期は葉数増加のその約3か月後であった。葉数増加と地上部(葉及び花器)生体重増加の最大期はほぼ同時期であった。塊茎の生体重増加の最大期は地上部生体重増加のその約5か月後であった。

開花最盛期後約3か月間の塊茎横断面積及び乾物重増加量は開花最盛期前のそれらのそれぞれ約60%、100%であった。

開花終了期での塊茎横断面積1cm²当りの根数は約4本であった。塊茎の炭水化物含量は栄養生長期と開花期に明らかに減少した。

以上の結果を塊茎分割の時期と関連づけて考察した。

第2節 不定芽形成に及ぼす塊茎頭部切除の位置及び塊茎分割の大きさの影響

塊茎頭部切除の位置及び頭部切除後の分割の大きさが不定芽形成にどのように影響するか検討した。

この実験は、1968年5～9月に室温下で予備的に試行し、その結果に基づき再度1970～71年の兩年定温室で行ったものである。

第1項 塊茎頭部切除の位置と不定芽形成

材料及び方法

1968年9月には種し、慣行によってはち(15cm素焼ばち)栽培した品種‘フェールバーク’の16個体を70年5月23日に選んで用いた。これらの株は開花終了約2か月後のもので、塊茎の大きさが横径で約6.5cm、高さが約3cmであった。方法は全個体のはち内土壌湿度を第3章、第1節の結果に基づいてpF 2.71～2.75に調整してから、塊茎部分を露出させ、第16図に示すように塊茎上部を球高の1/6、1/3、1/2及び2/3の4つの深さ(区)にそれぞれ切除した。供試個体数は1区4個体とした。

頭部切除後は温度約20°C、相対湿度約60%に調整した定温室内で100日間、さらにその後は温室(最低10°C)内に移して約5か月間管理した。塊茎分割後のはち内土壌湿度は第3章、第1節の結果に基づいて一定期間調整した。

調査は、頭部切除時に各区の塊茎切断面における維管束の分布状態を観察した。また頭部切除から5日間隔で120日間不定芽の形成経過を観察した。さらに、切除150日後の不定芽を形成した位置によって塊茎切断面の内皮より内側、切断面の周縁部及び塊茎側面の周皮上のそれぞれに分けて数え、不定芽総数に対する位置別不定芽数の%で表示した。

結 果

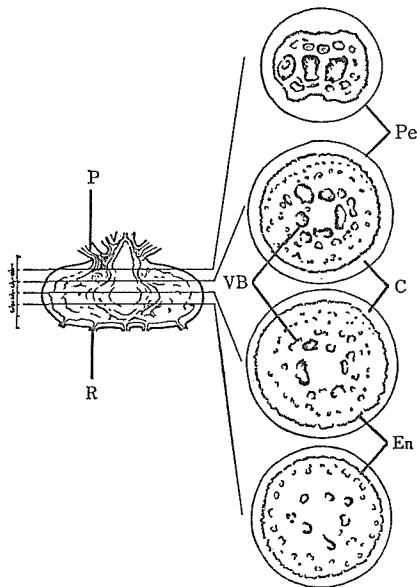


Fig. 16. Diagram of longitudinal and transverse sections of tuber. Left: longitudinal section at central part of tuber. Right: transverse section, from above to below, at the part of 1/6, 1/3, 1/2 and 2/3 in height of tuber, respectively.

C; Cortex. En; Endodermis. Pe; Periderm. P; Petiole. R; Root. VB; Vascular bundle.

頭部切除時の塊茎切断面に現れた維管束の分布状態を示したのが第16図右である。全体として量的に大きな維管束は中心方向に、また量的に小さな維管束は外部方向に多環状に分布しているのがみられた。位置別では、頭部切除が最も浅い1/6区は大型及び中型の維管束が主で、小型のものは少なかった。しかし、切除位置がそれよりも深くなるにつれて大・中型維管束は小型化する傾向がみられた。切断面に現れた維管束の数は1/3区及び1/2区が比較的多かった。

第5表は頭部切除50日、100日及び150日後の不定芽数を示したものである。不定芽形成の時期は切除位置が低くなるにつれて遅れる傾向がみられた。特に2/3区においてその傾向が著しかった。切除150日後の不定芽数は1/3区が最も多く、ついで1/2区、2/3区、1/6区の順であった。

形成された不定芽の位置は塊茎切断面の内皮より内側、切断面の周縁部及び塊茎側面の周皮上に認められた。そして、それらの位置は塊茎頭部切除の深さに影響された。第6表は、頭部切除150日後の不定芽の形成位置と頭部切除の深さとの関係を示したものである。

Table 5. Effect of scooping site on the adventitious bud formation in tuber.

Scooped upper portion of tuber	Number of adventitious buds		
	50 days after scooping	100 days after scooping	150 days after scooping
1/6	3.5±1.3*	5.8±1.3*	5.8±1.3*
1/3	4.3±1.0	13.5±2.1	14.5±1.9
1/2	0.8	9.5±2.6	13.6±2.4
2/3	0.0	4.5±1.3	11.5±3.5

*: Standard error.

The number of tubers examined was 4 in each treatment.

すなわち、1/6区では切断面の内皮より内側にだけ不定芽が形成された。1/3区及び1/2区では切断面の内皮より内側と周縁部に形成された。そして切断面の内皮より内側と周縁部に形成された不定芽数の比は1/3区が約9:1、1/2区が約3:1であった。2/3区では切断

Table 6. Relationship between the site of scooping and of adventitious bud formation in tuber.

Scooped upper portion of tuber	Number of adventitious buds		
	On inside of endodermis of cut surface	On marginal part of cut surface	On the periderm
1/6	5.8 (100)	0.0 (0)	0.0 (0)
1/3	13.0 (90)	1.5 (10)	0.0 (0)
1/2	10.3 (76)	3.3 (24)	0.0 (0)
2/3	2.0 (17)	5.8 (50)	3.8 (33)

The data of 150 days after scooping was shown.

Figures in parentheses indicate the percentage of adventitious buds formed in each part to total adventitious buds.

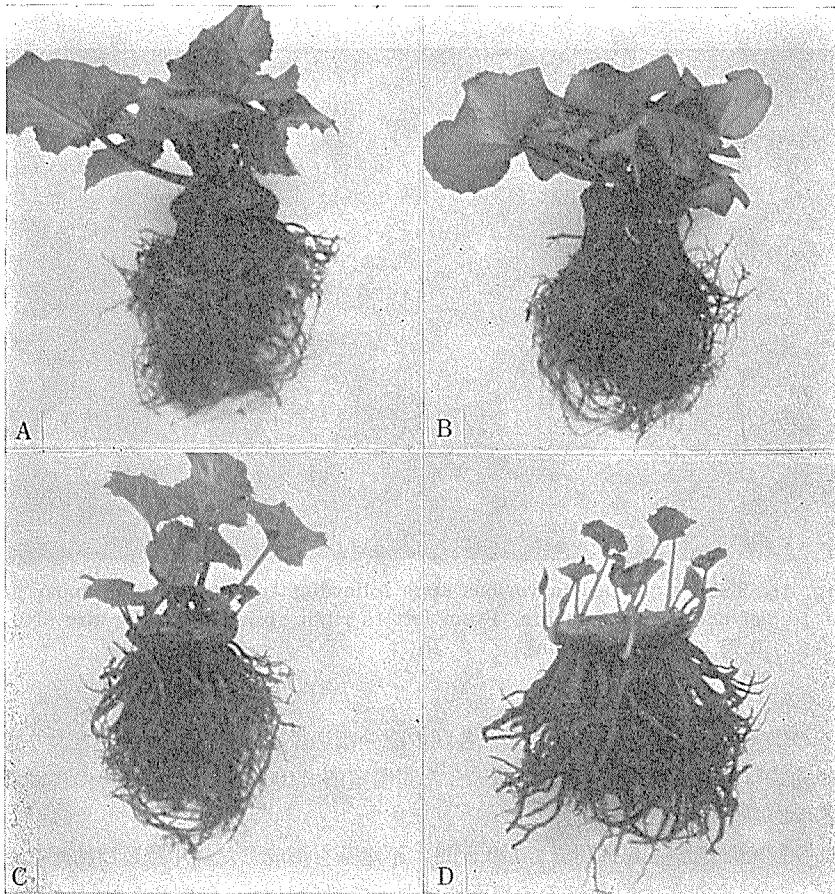


Fig. 17. Regeneration of shoots from tubers scooped at various sites. From A to D, upper part of 1/6, 1/3, 1/2 and 2/3 of tuber was scooped, respectively. Photograph was taken eight months after scooping.

面の内皮より内側、切断面周縁部及び塊茎側面の周皮上に形成された。そして、それらの位置に形成された不定芽数の比は約2:5:3であった。

なお、塊茎側面の周皮上に現れる不定芽は外観的には最初1枚の葉として発達するが、その後葉柄の着生部附近の向軸側に茎頂を形成して正常な芽となった。第17図は、頭部切除8か月後の各区の不定芽の発達状態を示したものである。

第2項 塊茎分割の大きさと不定芽形成

材料及び方法

第1項で用いた材料と同様にして栽培した品種‘フェールバーク’の16個体を’70年5月26日に選んで用いた。これらの株は塊茎の横径が約5.9cm、高さが約2.9cmであった。方法は第1項の場合と同様、はち内土壌湿度を調整してから塊茎部分を露出させ、塊茎上部1/3を切除し、その切断面を第18図に示すように0.5、0.75、1.0及び1.5cm方形の4つの大きさ(区)に分割した。

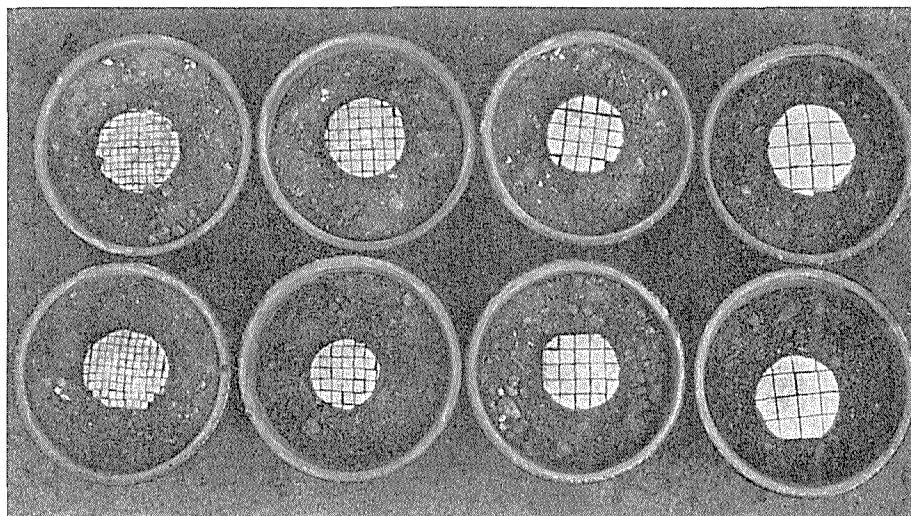


Fig. 18. Tubers notched in various sizes following to scooping the upper part of one third of tubers. From left to right. Notched in the size of 0.5, 0.75, 1.0 and 1.5 cm².

区当りの供試数は4個体とした。また各区の総分割切片数は第7表に示すとおりである。分割後は約20°C、相対湿度約60%に調節した定温室内で100日間、さらにその後は温室内に移して約5か月間管理した。

調査は分割30日後から5日間隔で120日間、不定芽を形成した切片数及び枯死した切片数を数えた。なお、枯死した切片はその都度抜き取って処分した。分割8か月後(’71年1月22日)に繁殖株をはちから抜き取り、各個に分離して、各区それぞれ20個体につき葉数、根数及び生体重を測定した。

結 果

第7表は分割50日、100日及び150日後の各区の不定芽形成率（再生率）及び枯死率を示したものである。分割の大きさが1.5cm及び1.0cmの両区では枯死率はきわめて低く、150日後の再生率は95%以上であった。0.75cm区では分割50日後で約32%、100日後で約40%の枯死率を示し、その結果150日後の再生率は53%にとどまった。0.5cm区では枯死率が50日後で約72%、100日後には約80%に達し、150日後の再生率はわずか12%に過ぎなかった。不定芽形成の時期は1.5cm及び1.0cmの両区が早く、ついで0.75cm区、0.5cm区の順であった。

Table 7. Effect of notching size on the adventitious bud formation on tuber segments.

Notching size of tuber (cm ³)	Number of Segments	50 days after notching			100 days after notching			150 days after notching		
		Percent budded	Percent non-budded	Percent decayed	Percent budded	Percent non-budded	Percent decayed	Percent budded	Percent non-budded	Percent decayed
0.50	356	0.0	27.8	72.2	8.7	10.1	81.2	12.4	3.0	84.6
0.75	139	20.8	46.8	32.4	50.3	9.4	40.3	53.2	1.4	45.4
1.00	93	50.4	49.6	0.0	92.5	7.4	0.0	95.8	2.1	2.1
1.50	47	48.9	51.1	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

分割8か月後の繁殖株の葉数、根数及び生体重は第8表に示すとおりである。根数及び生体重は分割の大きさに比例して増大する傾向がみられた。葉数は1.5cmと1.0cmの両区及び0.75cmと0.5cmの両区の間には明らかな差はみられなかった。しかし、前2者と後2者との間では前2者が明らかに多かった。なお、根数については、1.5cm及び1.0cmの両区では分割後に形成されたとみられる根が個体当たり2～3本認められたが、0.75cm及び0.5cmの両区ではそれはほとんどみられなかった。第19図は、分割8か月後の各区の生育状態を示したものである。

Table 8. Effect of notching size on the growth of regenerated plants.

Notching size of tuber (cm ³)	Number of roots per segment	Number of regenerated leaves per segment	Fresh weight of regenerated plant (g)
0.50	1.2±0.4* (0)	2.3±0.6*	2.85±1.54*
0.75	2.1±0.7 (0.1)	2.5±0.7	4.42±1.23
1.00	5.9±1.0 (2.3)	4.1±0.7	6.87±1.15
1.50	9.1±1.3 (2.7)	4.3±1.1	11.85±1.98

The data of eight months after notching was shown. * Standard error. Figures of parentheses indicate the number of root formed after notching. The number of segments examined was 20 in each treatment.

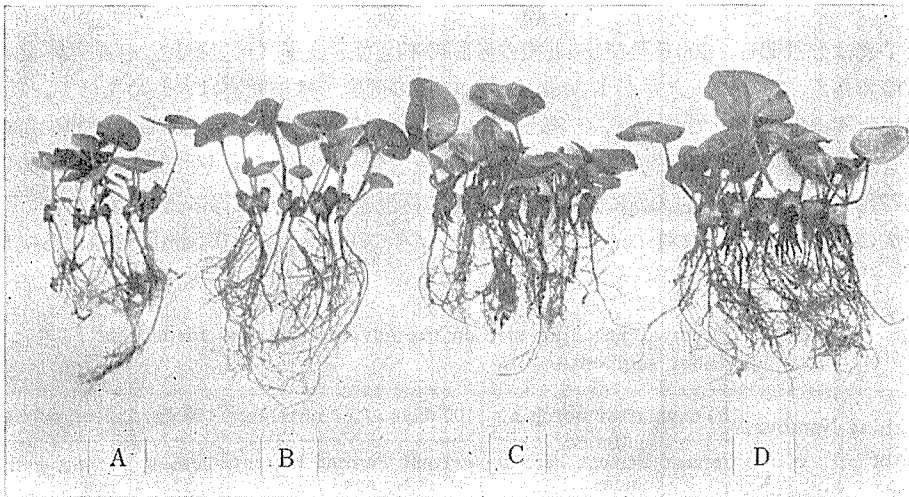


Fig.19. Growth of the regenerated plants affected by notching size. Photograph was taken eight months after notching. From A to D. Notched in the size of 0.5, 0.75, 1.0 and 1.5 cm².

第3項 考 察

シクラメンの塊茎は胚軸の肥大した茎的部分で、その発達経過については安井⁹⁰⁾らによって組織学的に観察が行われている。ところで、塊茎はその上部が人為的に切除されると幼苗期では切断面の周縁部に近い塊茎側面の表皮上に不定芽を、また成体期では切断面の中心部附近に不定芽を生ずることは Goebel,²²⁾ Hill²⁶⁾ によって指摘されている。

本実験は十分に肥大充実したとみられる成体期の塊茎を用いて、頭部切除の位置及び分割の大きさと不定芽形成について観察を行った。以下それらの結果について考察する。

塊茎頭部切除の位置と不定芽形成：不定芽の形成時期は、頭部切除の位置が球高の上から1/3までであるとほぼ同時期にみられるが、その位置が球高の1/2又はそれより球の下部分になると著しく遅れる。また形成後の不定芽の発育も切除位置が1/2より下になると好ましくない。これは切除による塊茎自身の量的減少が不定芽形成の時期及び発育に影響した結果と考えられる。また、切除位置が低くなるにつれて切断面の内皮より内側に形成される不定芽数の割合は低下するが、逆に切断面の周縁部又は塊茎周皮上に形成される不定芽数の割合が高くなっている。特に球高の2/3が切除された場合には、塊茎底部に近い位置の周皮面からも不定芽の形成がみられている(第17図)。

これは、切除の位置が低くなるにつれて、切断面における再生機能が低下する結果生じた現象とみられる。シクラメンの塊茎は根茎遷移部である胚軸の肥大により形成されたものであるから、上下位置により塊茎の組織構造は異なっており⁹⁰⁾、このことが機能を低下させる原因ではないかと考えられる。

以上のことから、塊茎分割を行う際の頭部切除の位置は、球高の上から1/3を目標に行うのが望ましいと考える。

塊茎分割の大きさと再生率：分割の大きさは直接繁殖能率にかかわる重要な問題である。不定芽の形成時期は、分割の大きさが0.75cm 方形以下では著しく遅れる。また、形成後の生育も1.0cm 方形以上のものと比べてよくない。これは分割を細かくすることによって1分割切片当りの養分保有量が減少し、不定芽の形成及び生長に対する力が弱まるためではないかと考える。一方、再生率は分割の大きさが1.0cm 方形以上であればほぼ100%に近い。しかし、分割の大きさが1.0cmより小さくなると枯死したり、不定芽を形成しない切片率が高まって再生率は低下する。たとえば、0.5cm 方形で分割した場合、その再生率は13%に満たない。この原因は主として分割の際の根の切断及び切片体積当りの切傷面比率の増大による乾燥害ではないかと考える。

ちなみに、塊茎切片当りの根数を本章、第1節の結果から推定すると、開花をほぼ終えた実生1年生球では1.5cm方形に分割した場合で8.8本、1.0cm方形で3.9本、0.75cm方形で2.1本、0.5cm 方形で1.0本となる。したがって、分割の大きさが細くなるにつれて切片の総根数のなかで、痛められる根の確率は増大する。しかも切片体積当りの切傷面の比率も増大する。

繁殖能率をみるために、塊茎切断面積100cm²当りの不定芽を形成した切片数と分割の大きさとの関係を示したのが第20図である。100cm²当りの形成切片数の最も多いのは1.0cm 方形の96個、ついで0.75cm 方形の94個、0.5cm方形の49個、最も少ないのが1.5cm 方形の44個である。このことは、分割の大きさを1.0~0.75cm方形以下に細かくしても繁殖能率は必ずしも高くはならないことを意味している。

以上から、頭部切除後の塊茎分割の大きさは、約1.0cm 方形を目標に分割するのが好ましいのではないかと考える。

第4項 摘 要

塊茎分割による栄養繁殖のための適正な塊茎頭部切除の位置及び塊茎分割の大きさについて検討した。その結果、塊茎上部3分の1を切除してから、その切断面を1cm 方形に分割した場合、繁殖率が最も高かった。

第3節 塊茎の齡及び品種による不定芽形成の差異

第1項 塊茎の齡による不定芽形成の差異

シクラメンの塊茎はグラジオラスやクロッカスの球茎のように、またチューリップや球根アイリスのりん茎のように年ごとに更新を繰り返すことはなく、球根ベゴニアやカラジュームの塊茎のように年々継続的に肥大する性質をもっている。そこで、本実験では実生から出

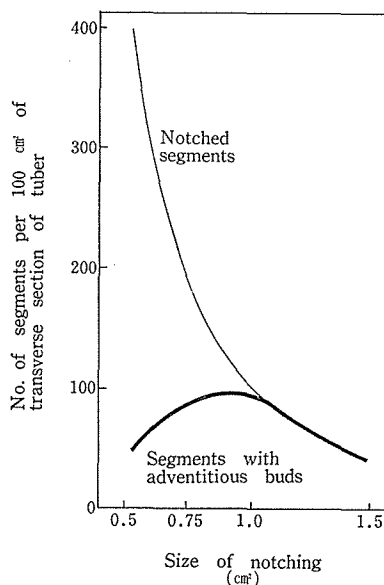


Fig. 20. Relationship between the size of notching and the number of segments with adventitious buds per 100cm² of transverse area of tubers.

発した塊茎を用いた場合、齢によって分割切片からの不定芽形成に差異が生ずるか、また分割繁殖で得られた株の塊茎を用いた場合、塊茎の齢と不定芽形成との関係はどうであるかを知らうとした。

材料及び方法

開花終了後約2か月を経過した品種‘サーモンスカーレット’の実生1年生、同2年生及び塊茎分割によって繁殖した1年生（以下栄養1年生と呼ぶ）株を用いた。実生1年生株は1968年9月5日に、同2年生株は'67年9月5日には種し、慣行にしたがって栽培してきたものである。また栄養1年生株は'66年9月5日には種した苗を所定の期間栽培したのち、'68年6月2日に塊茎を分割して繁殖させ、実生株の場合と同様に栽培してきたものである。

塊茎の分割は、'70年6月25日に第2章の方法にしたがって約1cmの方形に行った。分割後は温度約20°C、相対湿度約60%に調節した定温室内で約3か月間、その後は温室（最低10°C）内に移して約4か月間管理した。供試数は、実生1年生及び栄養1年生株は各4個体、実生2年生株は3個体とした。分割切片の総数は第9表に示すとおりである。なお、分割初期におけるはち内土壌湿度は第3章、第1節の結果に基づいて調整した。調査は、分割後約3か月間の各分割切片からの不定芽形成及び分割約7か月後の形成率をみた。

結 果

第9表は、分割切片からの不定芽の形成経過と分割約7か月後の形成率を示したものである。

Table 9. Comparison of adventitious bud formation on segments of tuber of different ages.

Age of tuber	No. of segments	% of segments with adventitious bud										% of decayed segments
		Days after notching										
		40	47	54	61	68	75	82	89	96	103	
One-year-old (21 months after seeding)	91	18	47	62	74	86	98	98	99	100		0
Two-year-old (33 months after seeding)	69	0	9	20	29	55	83	87	90	90		10
Vegetatively propagated one-year-old (23 months after notching)	64	27	48	64	75	81	86	89	91	97		3

それによると、不定芽の形成開始期は、実生2年生球は同1年生球に比較して明らかに遅れた。しかし栄養1年生球は実生1年生球とほぼ同時期か又は少し早い傾向がみられた。分割後61日までの形成経過では、1年生球及び栄養1年生球はともに順調な不定芽形成率の伸びを示したが、実生2年生球は形成率の伸びが著しく緩慢であった。分割約7か月後の不定芽形成率では、実生1年生球が最も高く、栄養1年生球がこれにつぎ、実生2年生球は最も低かった。

第2項 品種による不定芽形成の差異

塊茎分割切片の不定芽形成における品種間差異について検討した。

材料及び方法

供試品種として‘サーモンスカーレット’，‘サーモンピンク’，‘フュールバーク’，‘ルビーサーモン’，‘オレンジビューティー’，‘カーマイン’，‘サフロンレッドシルバーエッジ’，‘シルバーリーブスバラエティー’，‘ニューフリンジ’，‘ラベンダーカラー’，‘ホワイトウィズカーマインアイ’及び‘ピュアホワイト’の12品種を用いた。

これらの品種は1966年9月には種し，所定の栽培期間を経たのち，’68年5月に品種の特性を備えた健全な株をそれぞれ1個体ずつ選び，塊茎を分割して繁殖させ，得られた栄養個体を慣行法によって’70年6月（開花約2か月後）まで栽培した。実験にはそれらの同一栄養個体を用いた。

塊茎の分割は，’70年6月25日に第2章の方法によって約1cmの方形に行った。分割後は温度約20°C，相対湿度約60%の定温室内で約3か月間，その後は温室(最低10°C)内に移して約4か月間管理した。供試数は，‘カーマイン’を除く他の11品種はそれぞれ4個体，‘カーマイン’のみ3個体とした。各品種の分割切片総数は第10表に示すとおりである。

なお，分割初期のはち内土壌湿度は第3章，第1節の結果に基づいて調整した。調査は，分割後約3か月間の各分割切片からの不定芽形成及び分割約7か月後の形成率をみた。

結 果

第10表は，各品種における分割切片からの不定芽の形成経過と分割約7か月後の形成率を示したものである。まず不定芽の形成経過から初期(分割47日後)の形成率を比較すると，‘カーマイン’，‘サーモンスカーレット’，‘サフロンレッドシルバーエッジ’，‘サーモンピンク’及び‘フュールバーク’の5品種が比較的高く，ついで‘ルビーサーモン’，‘ホワイトウィズカーマインアイ’，‘オレンジビューティー’，‘ピュアホワイト’及び‘ラベンダーカラー’

Table 10. Varietal difference of progress of adventitious bud formation on tuber segments.

Cultivar	No. of segments	% of segments with adventitious bud										% of decayed segments
		Days after notching										
		40	47	54	61	68	75	82	89	97	221	
Salmon Scarlet	64	27	48	64	75	81	86	89	91	97	3	
Salmon Pink	66	17	42	58	70	80	82	85	86	92	8	
Vuurbaak	64	10	39	60	70	74	82	87	89	93	7	
Ruby Salmon	80	8	28	39	51	56	64	73	80	91	9	
Orange Beauty	71	10	24	42	58	72	85	90	93	96	4	
Carmine	48	30	54	56	65	69	77	81	83	88	12	
Saffron Red Silver Edge	60	23	50	67	82	90	93	97	98	100	0	
Silber Leaves Variety	53	9	30	45	70	83	94	100	100	100	0	
New Fringe	66	3	6	15	33	49	55	64	67	83	17	
Lavender Color	46	0	22	33	46	59	73	83	83	96	4	
White with carmine Eye	75	9	27	39	48	61	71	75	79	81	19	
Pure White	76	5	24	34	43	54	66	75	75	82	18	

がそれらに続き, 'ニューフリンジ' が最も低かった。

後期(分割89日後)の形成率では, 'シルバーリーブスバラエティー', 'サフロンレッドシルバーエッジ', 'オレンジビューティー', 'サーモンスカーレット' 及び 'フェールパーク' の5品種がほぼ90%以上で比較的高く, ついで 'サーモンピンク', 'カーマイン', 'ラベンダーカラー', 'ルビーサーモン', 'ホワイトウィズカーマインアイ' 及び 'ピュアーホワイト' がこれらに続き, 'ニューフリンジ' が約67%で最も低かった。

分割約7か月後の形成率では, 'シルバーリーブスバラエティー', 'サフロンレッドシルバーエッジ', 'サーモンスカーレット', 'オレンジビューティー' 及び 'ラベンダーカラー' の5品種が96%以上, 'フェールパーク', 'サーモンピンク' 及び 'ルビーサーモン' の3品種が91~93%, 'カーマイン', 'ニューフリンジ', 'ピュアーホワイト' 及び 'ホワイトウィズカーマインアイ' の4品種が81~88%であった。

第21図は, 塊茎頭部切除時の状態を, また第22図は, 塊茎分割約7か月後の不定芽の生育状態を示したものである。

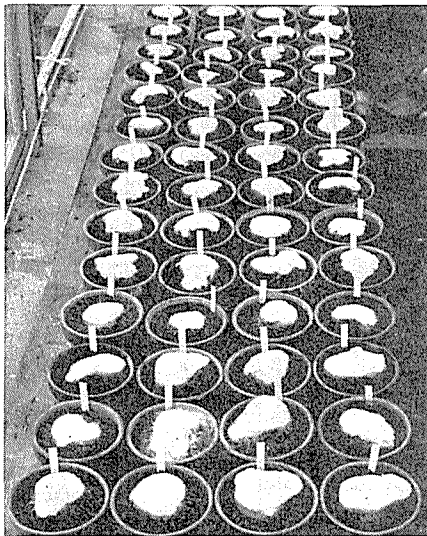


Fig. 21. Scooped tubers of twelve cultivars. Photograph was taken on June 25, 1970.

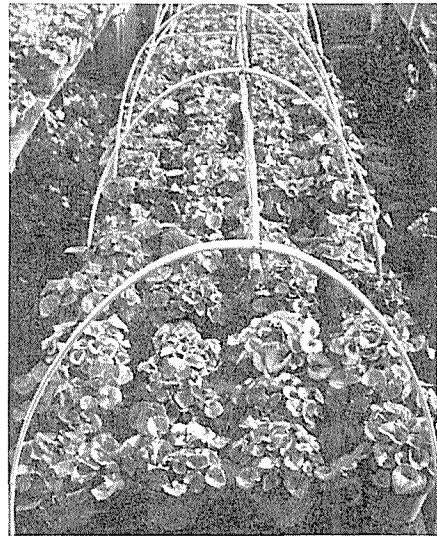


Fig. 22. Growth of adventitious shoots regenerated from tuber segments of twelve cultivars (about seven months after notching). Photograph was taken on February 1, 1971.

第3項 考 察

塊茎の齢と不定芽形成: シクラメン塊茎の肥大は内皮の内側に存在する周辺形成層と維管束内形成層の兩者によって行われる⁹⁰⁾ので, 年代を重ねた塊茎では古い組織と新しい組織が連続ないし複合した形で存在している。したがって, シクラメンの塊茎組織はチューリップのような更新型球根類の組織に比較して, 生理的老化が進行していると考えられる。

本節、第1項は、慣行に従って栽培した実生1年生、同2年生及び分割によって繁殖した栄養1年生塊茎の分割切片における不定芽形成を調べたものである。実生2年生球の切片からの不定芽形成開始期及び形成初期段階における形成率の伸びは実生1年生球のそれらに比較して明らかに遅れている。また、分割7カ月後の調査で明らかのように、1年生球は全切片から不定芽が形成されているのに、2年生球は90%の形成にとどまり、あとの10%は枯死している。これらの原因として考えられることは、塊茎の齢が進むにつれて、1つには、球内組織の生理的活性が弱まり、不定芽形成機能が低下する、2つには、病気に対する抵抗性が弱まり、雑菌の組織内侵入が高まる、などの点があげられる。

一方、栄養1年生球切片における形成開始期及び初期段階の形成率の伸びは、実生1年生球の場合とほぼ同じかむしろ早い傾向がみられている。これは分割繁殖が継代的に行われた場合には、その代々における塊茎の肥大量は第6章、第1、2節で示されているように、実生1年生球のそれにはほぼ匹敵することから、各切片組織の齢が実生1年生球のそれに近い状態にあるためではないかと考える。

以上のことから、塊茎の齢の進行は分割組織の不定芽形成機能を低下させる傾向がある。しかし、塊茎分割によって繁殖が継代的に行われた場合には、その機能低下は軽減される可能性が高い。

品種と不定芽形成：本節、第2項の実験に用いた12品種は、岐阜県中津川市の鷹見泉氏（シクラメン種子生産専門農家）が1964年以前にドイツ及びオランダから種子で輸入し、1代ないし数代採種を行ってきた品種の中から選定したものである。当時わが国で営利品種として輸入されていた数は、種苗業者のカタログなどから35品種内外と推定される。

1961年に出版された Wellensiek⁸³⁾ の品種リストにはドイツ、オランダ、イギリス、フランス、スイス、デンマーク、ベルギー及びオーストリアから集められた232品種が記載されているが、それらのうち191品種が4倍体で、あとの41品種は2倍体品種となっている。この実験に用いた12品種の中で、‘シルバーリーブスバラエティー’と‘ピュアーホワイト’の2品種は2倍体品種として輸入されたものである。

ところで、これら12品種の塊茎分割切片における不定芽形成経過を形成初期（分割47日後）と形成後期（分割89日後）とで比較してみると、形成初期において相対的に高い形成率を示した品種でも、形成後期における形成率が必ずしも高くなっていない。また、初期に低い形成率の品種でも、後期の形成率が相対的に高くなっている品種もある。このように品種によって不定芽の形成経過は一様ではない。これは主として品種の特性に基づくものではないかと考えられる。分割7か月後の形成率では、91%以上のものが8品種、81~88%のものが4品種となっている。品種によるこの程度の形成率の差は、実用上それほど問題にはならないのではないかと考える。なお、2倍体品種と4倍体品種の相違は、この実験の範囲では明らかではなかった。

第4項 摘 要

塊茎の齢と不定芽形成

実生1年生、同2年生及び塊茎分割によって繁殖した栄養1年生株について、塊茎分割切片からの不定芽形成を調査した。

その結果、実生2年生球の切片の不定芽形成開始期及び形成初期の形成率の伸びは、実生1年生球のそれらに比較して明らかに遅れた。しかし、栄養1年生球の切片では実生1年生球の切片の場合とほとんど変りなかった。

分割7ヵ月後の不定芽形成率(再生率)は実生1年生球が100%、栄養1年生球が97%、実生2年生球が90%であった。

品種と不定芽形成

塊茎分割によって繁殖した12品種の同一栄養個体について、塊茎分割切片からの不定芽形成を調べた。

その結果、分割約7ヵ月後の再生率は8品種が91~100%、他の4品種は81~88%であった。またそれらの全平均は約92%であった。

第5章 不定芽形成に及ぼす植物生長調節物質の影響

シクラメンの塊茎切片組織における器官形成と植物生長調節物質との関係については、これまでに Mayer³⁷⁾、Stichel⁷²⁾、Okumoto^{ら58)}、Pierik⁶⁰⁾及び Geier²¹⁾らの無菌培養条件下で行った研究がある。それによると、Mayer、Stichelらは切片組織からの器官形成の方向はNAA(α -naphthalenacetic acid)によって決定され、高い濃度(0.5~10ppm)で根が、低い濃度(0.3ppm以下)で芽が分化する。また、NAAにアデニン、グアニン、ニコチン酸などを組合せると、分化したそれらの器官の発達を促すと述べている。

Okumotoらは切片組織にNAA 1ppm+アデニン20ppmを処理(置床前の浸漬処理)したとき、相対的に高い不定芽の形成が得られたと報告している。さらに GeierはIAA(3-indoleacetic acid)の0.1~2.5ppm又は2, 4-D(2, 4-dichlorophenoxyacetic acid)の0.1~0.5ppmにカイネチンの0.5ppmを組合せた処理が、切片組織からの不定芽形成の促進に有効であったと述べている。

本章では、分割又は頭部切除した塊茎組織の不定芽形成に対するNAA、TIBA(2, 3, 5-triiodobenzoic acid)、アデニン、カイネチン及びBA(N⁶-benzyladenine)処理の影響について行った実験について述べる。

第1節 塊茎分割時のNAA、TIBA及びアデニン処理

材料及び方法

慣行によってはち(15cm素焼ばち)栽培された品種‘サーモンスカーレット’の実生2年生18個体を1967年1月10日に選んで用いた。これらの株は開花の初期段階にあったもので、塊茎の大きさが横径で約7~9cmであった。塊茎分割は、第2章の方法に従って1cmの方形に行った。

分割後は直ちに以下の実験区を設けて処理を行った。NAAの単用区として0.3, 1, 10及び100ppmの4区、TIBAの単用区として0.5, 5, 50及び500ppmの4区、これらNAA及びTIBAの各濃度にアデニン50ppmを組合せた8区、さらにアデニン50ppm単用区及び対照区を加え、合計18区を設けた。各区の分割切片数は第11表に示すとおりである。処理方法は各水溶液を香水吹きを用いて、切片の切断面が潤う程度に散布した。対照区は蒸溜水

のみを散布した。

処理後は最低温度15°Cに保つた手製の生育室（ビニールハウス内に設定）内で90日間管理した。特に分割時から約1か月間は、はち内土壌湿度を低目に保持し、切断面からのいつ泌が生じないよう灌水には細心の注意を払った。

調査は、処理開始40日後から10日間隔で分割切片からの不定芽形成を観察した。また、処理開始90日後に、はちから土ごと抜きとり、分割切片を各個に分け、切片当りの不定芽及び生存根の数を数えた。

結 果

第23図は、各区における分割切片からの不定芽の形成経過を示したものである。

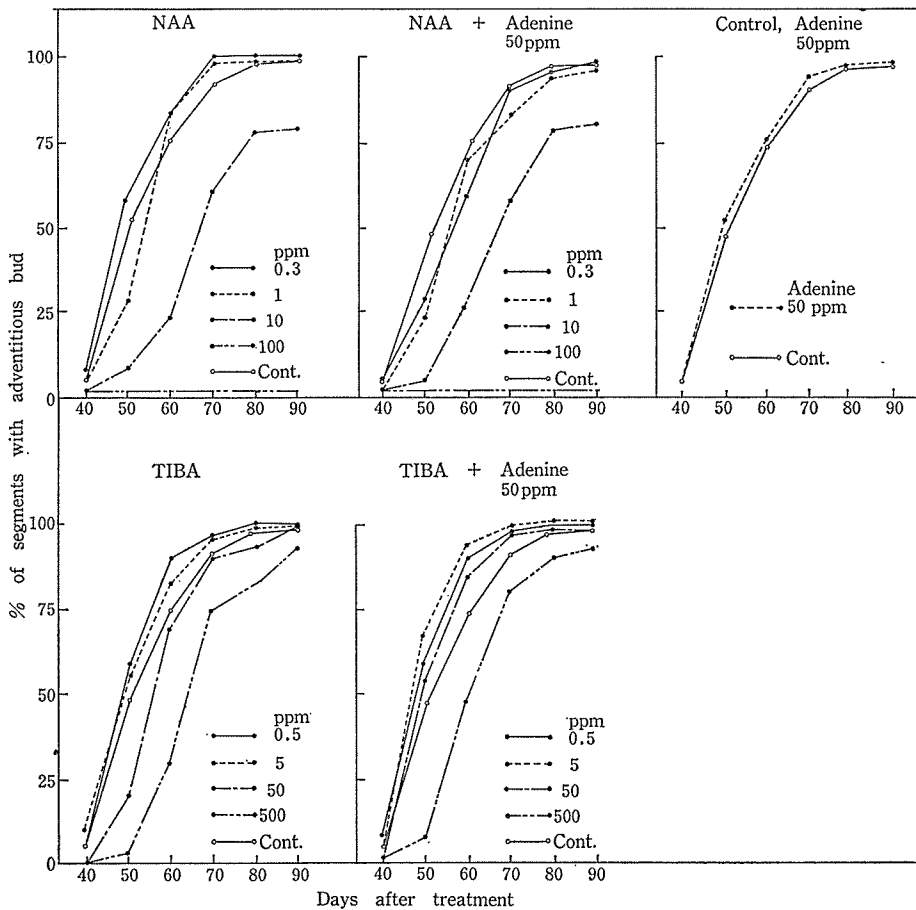


Fig. 23. Effect of NAA, TIBA and adenine on the progress of adventitious bud formation on tuber segments. The growth regulators were sprayed to the segments immediately after notching.

まず、NAA 単用区についてみると、0.3及び 1ppm の両区は対照区とほぼ同様比較的順調な形成経過を示した。しかし、10ppm 区では明らかに形成がおさえられた。さらに100ppm 区では不定芽形成は全く認められなかった。NAA の各濃度にアデニンを加えた区も単用区の場合とほとんど同じような傾向であった。TIBA 単用区についてみると、0.5 及び 5ppm の両区は対照区的不定芽形成に対してやや促進的であった。しかし、500ppm 区では明らかに不定芽形成は抑制された。TIBA の各濃度にアデニンを加えた区では、500ppm 以外は単用区に比べ促進的であった。アデニン単用区的不定芽形成は対照区とほぼ同様な経過を示した。

第11表は、処理開始90日後の各区の分割切片の不定芽形成率、不定芽数及び生存根数を示したものである。

まず、不定芽形成率についてみると、NAA 0.3, 1ppm の両単用区及びそれらのアデニン添加区では、対照区との差はないかあってもわずかであった。しかし、NAA 10ppm の単用区及びそのアデニン添加区では対照区に比較して明らかに低かった。TIBA の単用区及びそれらのアデニン添加区では、500ppm の両区を除き、対照区との差はなかった。500ppm の両区は対照区に比較してやや低かった、

Table 11. Effect of NAA, TIBA and adenine on the adventitious bud formation on tuber segments. The treatment of growth regulators was same as shown in Fig. 23. Results at 90 days after notching.

Growth regulator			No. of segments	No. (%) of budded segments	No. of buds per budded segment	No. of survived roots per segment
NAA	TIBA	Adenine				
0	0	0 ppm	46	46(100)	4.8±1.1*	2.6±0.8*
0.3	0	0	24	24(100)	4.6±1.0	3.3±1.0
1	0	0	30	30(100)	4.0±1.0	2.8±0.7
10	0	0	25	19(80)	2.0±0.7	2.3±0.8
100	0	0	24	0(0)	0.0	0.0
0	0	50	55	54(98)	4.0±1.3	2.3±0.7
0.3	0	50	46	44(96)	4.5±1.2	3.5±1.1
1	0	50	39	37(95)	4.4±1.1	4.2±1.2
10	0	50	41	32(78)	2.1±0.8	2.5±0.7
100	0	50	41	0(0)	0.0	0.0
0	0.5	0	31	31(100)	4.8±1.4	3.9±1.0
0	5	0	29	29(100)	4.3±1.1	2.9±0.9
0	50	0	25	25(100)	3.4±1.0	3.0±0.9
0	500	0	29	27(93)	2.5±0.9	2.1±0.5
0	0.5	50	38	38(100)	5.4±1.3	3.7±1.2
0	5	50	34	34(100)	4.7±1.2	3.7±1.0
0	50	50	41	41(100)	5.1±1.2	3.6±1.3
0	500	50	42	39(93)	2.6±0.8	3.1±0.9

* Standard error.

分割切片当りの不定芽数は NAA 0.3, 1ppm の両単用区及びそれらのアデニン添加区, TIBA 0.5, 5ppm の両単用区及びそれらのアデニン添加区, TIBA のアデニン添加区及びアデニン単用区では対照区との差は明確ではなかった。しかし, 上記以外の区では対照区に比して明らかに少なかった。

切片当りの生存根数は, NAA100ppm の単用区及びそのアデニン添加区を除き, 他の区はいずれも区間の差は認められなかった。NAA100ppm の単用区及びそのアデニン添加区は, すべての根が枯死状態にあった。第24図は, 処理開始90日後における不定芽の発達状態を示したものである。

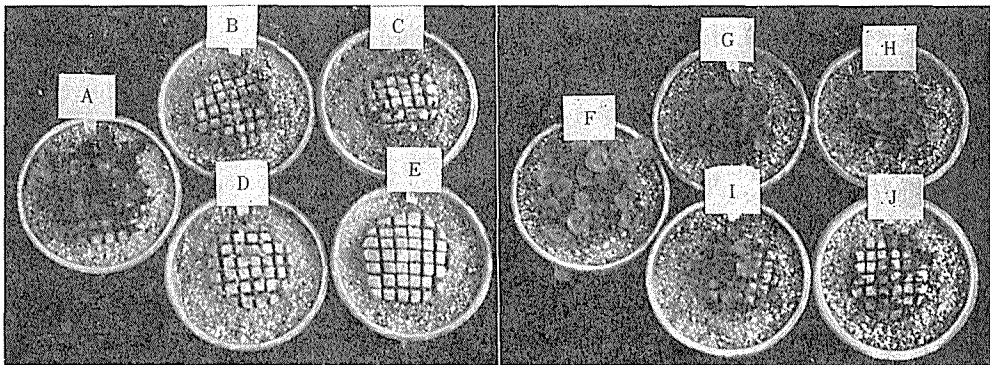


Fig. 24. Formation of adventitious buds from tuber segments treated with plant growth regulators.

Photograph was taken on the 90th day after treatment.

Left : from A to E, Control, NAA 0.3 ppm + adenine 50 ppm, NAA 1 ppm + adenine 50 ppm, NAA 10 ppm + adenine 50 ppm and NAA 100 ppm + adenine 50 ppm.

Right : from F to J, adenine 50 ppm, TIBA 0.5 ppm + adenine 50 ppm, TIBA 5 ppm + adenine 50 ppm, TIBA 50 ppm + adenine 50 ppm and TIBA 500 ppm + adenine 50 ppm.

第2節 塊茎頭部切除後 NAA, TIBA 及びカイネチン処理までの日数

材料及び方法

品種‘サーモンスカーレット’の2つの個体(A, B)から塊茎分割によって繁殖した27株(A:15株, B:12株)を1970年6月18日に選んで用いた。これらの株は開花終了後約1.5か月を経過したもので、塊茎の大きさは横断面積で約40cm²であった。

これらの株の塊茎部分を露出させてから、塊茎頭部を“かまぼこ”型に切除し、以下の処理を行った。処理区として、カイネチン 20ppm を組合せて加えた NAA 0.3ppm 及び TIBA 5ppm の頭部切除当日及び15日後各1回処理区、当日及び15日後2回処理区、それに NAA 0.3ppm, TIBA 5ppm の各単用当日1回処理区及び対照区を加えて合計9区を設けた。供試数は各区それぞれ3個体とした。なお区の設定に際し、上記(A)はNAA区と対照区に、

(B) は TIBA 区にそれぞれ配置した。処理は各水溶液を香水吹きを用いて塊茎切断面が潤う程度に散布した。対照区は蒸溜水のみを頭部切除当日に散布した。

処理(頭部切除)後は温度約20°C, 相対湿度約60%の定温室内で管理した。はち内土壌湿度の調整は第3章, 第1節の結果に基づいて行った。調査は, 処理開始(頭部切除)50日後と90日後に切断面に形成された不定芽数を数え, 塊茎横断面積 100cm² 当りの不定芽数で表示した。

結 果

処理開始50日後と90日後の各区の不定芽形成数を示したのが第12表である。

Table 12. Effect of application time of plant growth regulators on the adventitious bud formation on scooped tubers.

Growth regulator			Application time	No. of buds per 100 cm ² **	
NAA	TIBA	Kinetin		50 days after scooping	90 days after scooping
0	0	0 ppm		22.6±3.4**	61.7±6.5**
0.3	0	0	The day of scooping	21.7±3.1	66.7±7.1
0.3	0	20	The day of scooping	19.2±2.7	61.7±3.9
0.3	0	20	15 days after scooping	23.5±4.0	69.4±6.2
0.3	0	20	The day of scooping and 15 days later	25.8±3.6	71.7±6.9
0	5	0	The day of scooping	23.3±3.1	59.5±5.4
0	5	20	The day of scooping	23.7±3.6	60.7±4.8
0	5	20	15 days after scooping	26.2±4.4	72.4±6.2
0	5	20	The day of scooping and 15 days later	25.5±4.1	61.3±4.6

*Area of scooped surface of tubers. **Standard error.
The number of tubers examined was 3 in each treatment.

まず, 50日後の数についてみると, NAA+カイネチン処理では頭部切除当日と15日後の2回区が最も多く, 15日後1回区がこれにつぎ, 当日1回区が最も少なかった。TIBA+カイネチン処理では15日後1回区が最も多く, ついで当日と15日後2回区, 当日1回区の順であった。90日後の不定芽数は, NAA+カイネチン処理の場合も, また TIBA+カイネチン処理も場合も50日後にみられた傾向とほとんど同様であった。90日後における対照区との比較では, NAA+カイネチンの2回区及び15日後1回区, NAA単用区, TIBA+カイネチンの15日後1回区が対照区よりも多かった。

第25図は, 処理開始116日後の不定芽の発達状態を示したものである。

第3節 根部を切除した塊茎分割組織の器官形成に対する NAA, TIBA 及びカイネチン処理

材料及び方法

慣行によってはち栽培された品種‘サーモンスカーレット’の実生1年生30個体を1970年7月5日に選んで用いた。それらの株は開花終了約2か月後のもので, 塊茎の大きさが横径

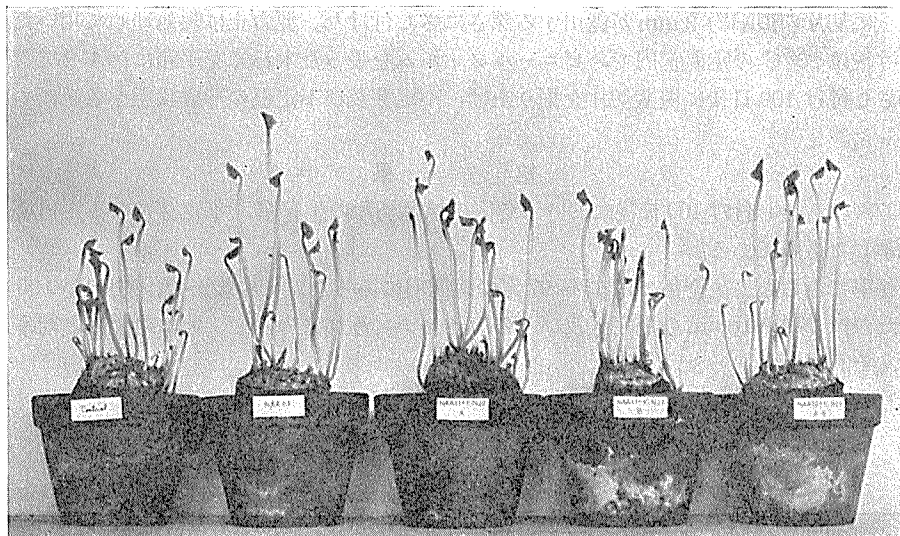


Fig. 25. Effect of application time of NAA and kinetin on the development of adventitious buds formed on scooped tuber surfaces. Photograph was taken 105 days after scooping. Left to right : Control, treated with NAA 0.3 ppm at the day of scooping, with NAA 0.3 ppm + kinetin 20 ppm at the day of scooping, with NAA 0.3 ppm + kinetin 20 ppm at 15 days after scooping and with NAA 0.3 ppm + kinetin 20 ppm at the day of scooping and 15 days later.

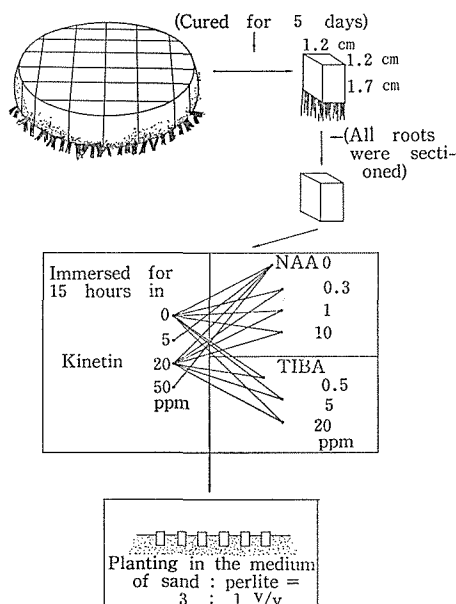


Fig. 26. Procedure for tuber cutting.

で約7～8cmであった。まず、はち内土壤湿度を第3章、第1節の結果に基づいて調整してから、塊茎部分を露出させ、塊茎頭部を高さ1.7cmの位置で切除し、その切断面を1.2cmの方形に分割した。

分割後は約25°Cで5日間ゆ傷処理を行ってから、各塊茎をはちから抜きとり分割切片を分離した。そして各塊茎の分離切片から1切片ずつをとり出し16組(区の数)をつくった。各組の切片は水洗後支根を付け根から切除し、水、オスバン液、滅菌水の順序で洗じょうし、ろ紙で水切りしてから切片の基部約1cmを第26図に示すNAA、TIBA、カイネチンの各濃度、及びカイネチンを添加したNAA及びTIBAの各濃度の水溶液にそれぞれ15時間浸漬した。

浸漬処理後は直ちに平箱(45×60×10cm)2箱に詰めた細砂とパーライトの混合(3 :

1) 土に切片の頂端約 2 mm が露出する深さにさし付けた。混合土は熱処理して用いた。さし付け後は 20°C の定温室内で、ビニールフィルムを張った木わくを平箱にかぶせて管理した。さし付け 100 日後に塊茎切片を掘り上げ、不定芽及び不定根の形成状態を各区について調査した。

結 果

第27図は、さし付け 100 日後における各区の塊茎切片の生存率、不定芽及び不定根の形成率を示したものである。

生存率で見ると、区全体では 83~97% の範囲内にあった。そのなかで、対照区の 90% を越えたのは NAA 1ppm の単用区及びそのカイネチン添加区のみで、他は対照区と同率かそれともそれ以下であった。

器官形成率を各処理物質画分で比較すると、まず NAA 単用区では、処理濃度が高くなる

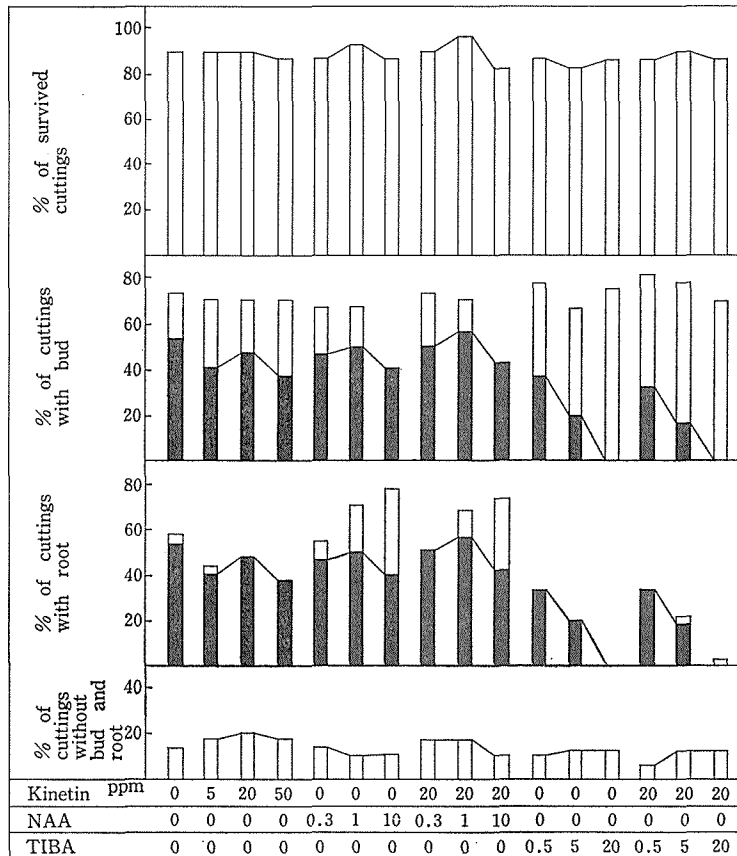


Fig. 27. Effect of plant growth regulators on the adventitious bud and root formation in tuber cuttings. The results at 100 days after planting were shown. The black part of the bars indicates the percentage of cuttings with buds and roots. The number of cuttings examined was 30 in each treatment.

につれて不定芽形成率は低下し、逆に不定根形成率は高くなる傾向がみられた。また、不定芽及び不定根の両器官を形成した率は 1ppm 区が最も高く、ついで 0.3ppm 区、10ppm 区 の順であった。不定芽のみを形成した率は処理濃度が高くなるにしたがって減少した。不定根のみを形成した率は処理濃度が高いほど増大した。NAA の各濃度にカイネチンを添加した区では、いずれも NAA 単用区に比較して不定芽形成率は少し高くなる傾向がみられ、不定根形成率はやや低下する傾向がみられた。また、不定芽及び不定根の両器官を形成した率は単用区に比べて高くなる傾向が認められた。

TIBA の単用区では、0.5ppm区及び 5ppm 区は 20ppm 区に比較して不定芽形成率がやや高かった。不定根形成率及び不定芽と不定根の両器官を形成した率は処理濃度の増加に伴って明らかに低下した。不定芽のみを形成した率は処理濃度の増加につれて高まった。不定根のみの形成率は各濃度区ともに 0% であった。TIBA の各濃度にカイネチンを添加した区では、0.5 及び 5ppm の両区において、単用区よりもやや不定芽形成率が高くなる傾向が認められた。しかし、不定根形成率は各濃度区とも単用区との差は明らかではなかった。

カイネチン単用区では、不定芽形成率の処理濃度による差は明確ではなかった。しかし、不定根形成率及び両器官を形成した率は 20ppm 区が最も高く、ついで 5ppm 区、50ppm 区 の順であった。不定芽のみを形成した率は 50ppm 区が最も高く、20ppm 区が最も低かった。また、不定根のみを形成した切片は 5ppm 区にわずかに認められただけであった。

以上、処理物質面分ごとの比較を行ってきたが、つぎにそれらの結果を対照区と比較する。まず、不定芽形成率では、TIBA 0.5ppm 単用区、TIBA 0.5 及び 5ppm のカイネチン添加区が対照区よりも高く、その他の区は対照区と同率か又はそれ以下であった。不定根形成率では、NAA 1 及び 10 ppm 両単用区並びにそれらのカイネチン添加区が高く、その他の区はいずれも対照区以下であった。両器官を形成した率では、NAA 1ppm のカイネチン

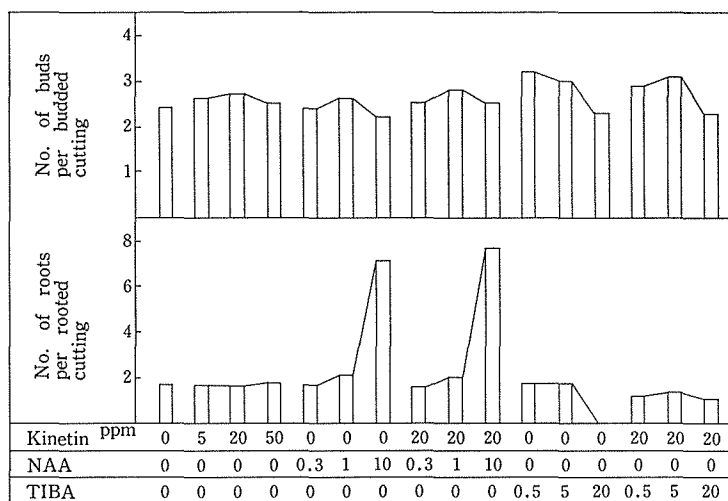


Fig. 28. Number of buds and roots regenerated on tuber cuttings treated with plant growth regulators. The results at 100 days after planting were shown.

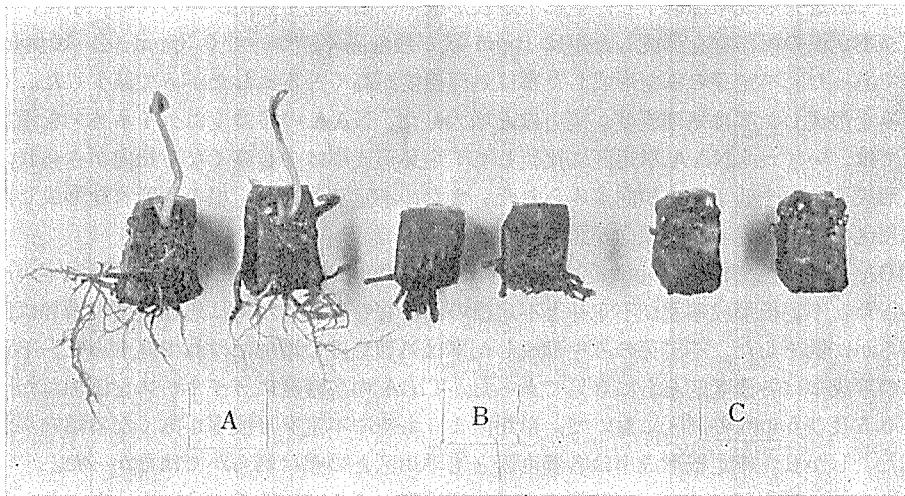


Fig. 29. Three types of organ formation in tuber cuttings. Photograph was taken 100 days after the application of plant growth regulators.
 A : Budded and rooted, B : Non-budded and rooted,
 C : Budded and non-rooted.

添加区のみが対照区に比べて高く、その他の区はいずれも対照区には及ばなかった。

第28図は、さし付け100日後における各区の切片当りの不定芽及び不定根の数を示したものである。

対照区との比較では、不定芽数はNAA 1ppmのカイネチン添加区、TIBA 0.5, 5ppm両単用区及びそれらのカイネチン添加区、カイネチン5及び20ppmの両単用区が多く、その他の区は対照区と同数か又はそれ以下であった。不定根数はNAA 1, 10ppm両単用区及びそれらのカイネチン添加区が多く、その他の区は対照区と同数か又はそれ以下であった。

なお、さし付け100日後における不定芽又は不定根の発達は第29図に示すように、芽と根の両器官を形成した切片では、両器官の正常な発達がみられた(左)。しかし、芽又は根の一方を形成した切片では、いずれも器官の正常な発達はみられなかった(中央及び右)。すなわち、不定芽のみの場合は、芽は2・3の葉原基を形成したまま休眠状態を呈していた。また、不定根のみの場合は、根は2~4mmの長さで伸長を停止し、細根の発達はみられず、先端はやや膨大して丸味を帯び、濃い黒褐色を呈していた。

第4節 ゆ傷処理とNAA及びBA処理

材料及び方法

慣行によってはち(15cm素焼ばち)栽培された品種‘フェールバーク’の1年生実生を1981年4月1日に32個体、同年5月20日に25個体選んで用いた。これらの株は第2章の方法に従って塊茎を約1cmの方形に分割した。

分割後は、4月1日の32個体は30°Cで5日間(傷い周皮形成の開始期まで)、5月20日の25個体は30°Cで12日間(傷い周皮形成の完了期まで)ゆ傷処理を行ったのち、以下の区を

設けて生長調節物質の処理を行った。区として NAA 0, 0.3, 1 及び 10ppm と BA 0, 5, 30 及び 300ppm をそれぞれ組合せ 16 区を設けた。処理方法は、各水溶液を小型噴霧器で切片の切断面が潤う程度に散布した。処理後は 20°C に調節した定温器内で管理を行った。1 区当りの分割切片数は第13表— a 及び b に示すとおりである。

なお、実験期間中のはち内土壌湿度は第 3 章、第 1 節の結果に基づいて調節した。調査は、分割切片からの不定芽形成を形成開始期から約30日間、5日間隔で観察した。

結 果

第30図— a は、ゆ傷処理 5 日間の各区の不定芽形成経過を示したものである。それによる

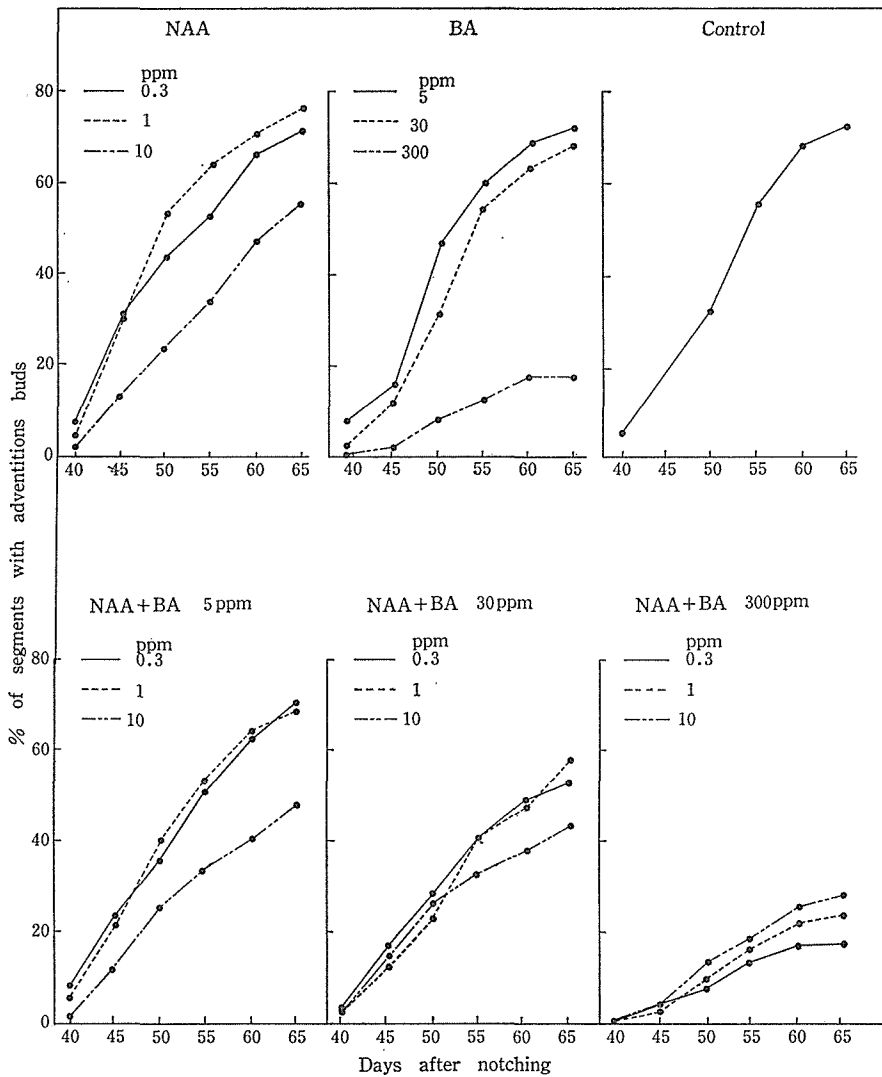


Fig.30-a. Effect of NAA and BA treatment and curing duration on the progress of adventitious bud formation on tuber segments. The growth regulators were sprayed on segments cured at 30°C for 5 days following to notching.

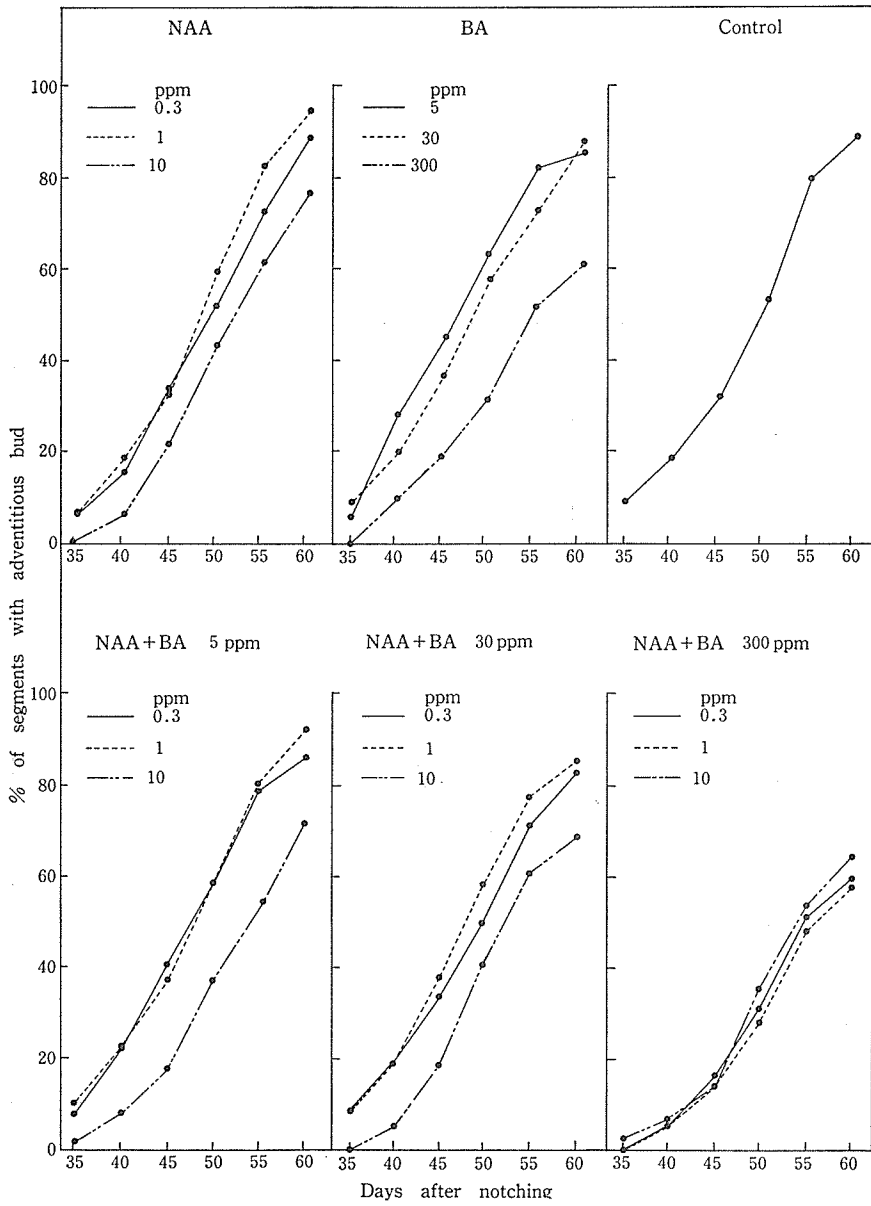


Fig. 30-b. Effect of NAA and BA treatment and curing duration on the progress of adventitious bud formation on tuber segments. The growth regulators were sprayed on segments cured at 30°C for 12 days following to notching.

と、NAA 0.3, 1ppm 及び BA 5, 30ppm の各単用区は対照区とはほぼ同様比較的順調な形成経過を示した。しかし、NAA 10 ppm 及び BA 300 ppm の両単用区では形成開始期は遅れ、形成率の伸びも悪かった。特に BA 300ppm 区において著しかった。

NAA の各濃度に BA 5ppm を組合せた区では、両者の単用区に比べて若干不定芽の形成が抑えられる傾向があった。NAA の各濃度に BA 30ppm を組合せた区では、単用区よりも明らかに形成率の伸びが悪かった。NAA の各濃度に BA 300ppm を組合せた区では、BA 300ppm 単用区とはほぼ同様不定芽形成は著しくおさえられた。ただし、NAA 10ppm との組合せ区においては、その抑制程度が少し緩和される傾向があった。

第30図—bは、ゆ傷処理12日間の各区の不定芽の形成経過を示したものである。NAA 0.3, 1ppm 及び BA 5, 30ppm の各単用区は5日間のゆ傷処理の場合と同様、対照区との差は明らかでなかった。しかし、NAA 10ppm 及び BA 300ppm の両単用区では抑制傾向がみられた。特にBA 300ppm区においてより明らかであった。

NAA の各濃度にBA 5及び 30 ppm を組合せた区では、NAA の各単用区とはほぼ同様な不定芽の形成経過を示した。しかし、NAA の各濃度に BA 300ppm を組合せた区では、BA 300ppm単用区と同様抑制傾向が明らかであった。

Table 13-a. Effect of NAA and BA treatment and curing duration on the adventitious bud formation on tuber segments. The treatment of growth regulators was same as shown in Fig. 30-a. Results at 65 days after notching.

Growth regulator		No. of segments	No. (%) of budded segments	No. of buds per budded segment
NAA	BA			
	ppm			
0	0	63	46 (73)	3.9±1.2*
0.3	0	62	44 (71)	3.0±1.2
1	0	59	45 (76)	3.3±1.3
10	0	58	32 (55)	2.6±0.9
0	5	59	42 (71)	2.7±1.1
0	30	62	42 (68)	2.8±1.2
0	300	59	10 (17)	1.7±0.8
0.3	5	59	41 (70)	3.0±1.4
1	5	57	39 (68)	2.9±1.2
10	5	66	32 (49)	2.4±1.1
0.3	30	58	31 (54)	2.5±1.0
1	30	60	35 (58)	2.6±1.2
10	30	65	29 (45)	2.1±1.0
0.3	300	62	11 (18)	1.9±0.8
1	300	65	16 (25)	1.8±0.9
10	300	58	17 (29)	2.2±1.0

*Standard error.

Table 13-b. Effect of NAA and BA treatment and curing duration on the adventitious bud formation on tuber segments. The treatment of growth regulators was same as shown in Fig. 30-b. Results at 60 days after notching.

Growth regulator		No. of segments	No. (%) of budded segments	No. of buds per budded segment
NAA	BA			
	ppm			
0	0	31	28 (90)	3.5±1.5*
0.3	0	33	30 (91)	3.3±1.3
1	0	34	32 (94)	3.8±1.6
10	0	33	25 (76)	3.2±1.4
0	5	33	28 (85)	3.6±1.5
0	30	33	29 (88)	3.3±1.5
0	300	31	19 (61)	3.1±1.4
0.3	5	59	51 (86)	3.2±1.6
1	5	60	55 (92)	3.2±1.5
10	5	60	46 (71)	2.9±1.4
0.3	30	62	52 (84)	3.3±1.6
1	30	64	55 (86)	3.1±1.6
10	30	63	43 (68)	3.3±1.5
0.3	300	61	36 (59)	2.8±1.3
1	300	61	35 (57)	3.0±1.3
10	300	59	38 (64)	3.2±1.4

*Standard error.

ゆ傷処理期間と NAA 及び BA 処理との関係では、全体としてゆ傷処理 5 日間の区よりもゆ傷処理 12 日間の区の方が、不定芽の形成開始期は早く、その後の形成率の伸びもよかった。特に BA 300ppm 及びその組合せ区において明らかであった。

第13表— a は、ゆ傷処理 5 日間の分割 65 日後における各区の不定芽形成率及び切片当りの不定芽数を示したものである。

形成率では、NAA 0.3, 1ppm 及び BA 5, 30ppm の各単用区、並びに NAA 0.3, 1ppm の両 BA 5ppm 組合せ区は、対照区に比べ差がないか又はあってもわずかであった。しかし、NAA 10ppm, BA 300ppm 及びそれらに対応する各組合せ区は、対照区に比較して明らかに低率であった。特に BA 300ppm 及びその組合せ区において著しかった。

切片当りの不定芽数は、不定芽形成率にほぼ対応し、形成率の高い区は多く、低い区は少ない傾向があった。

第13表— b は、ゆ傷処理 12 日間の分割 60 日後における各区の不定芽形成率及び切片当りの不定芽数を示したものである。形成率、不定芽数ともに第13表— a で示された結果とほぼ同様な傾向であった。しかし、全体には、ゆ傷処理 12 日間の区のほうが 5 日間の区よりも形成率は高く、不定芽数も多かった。

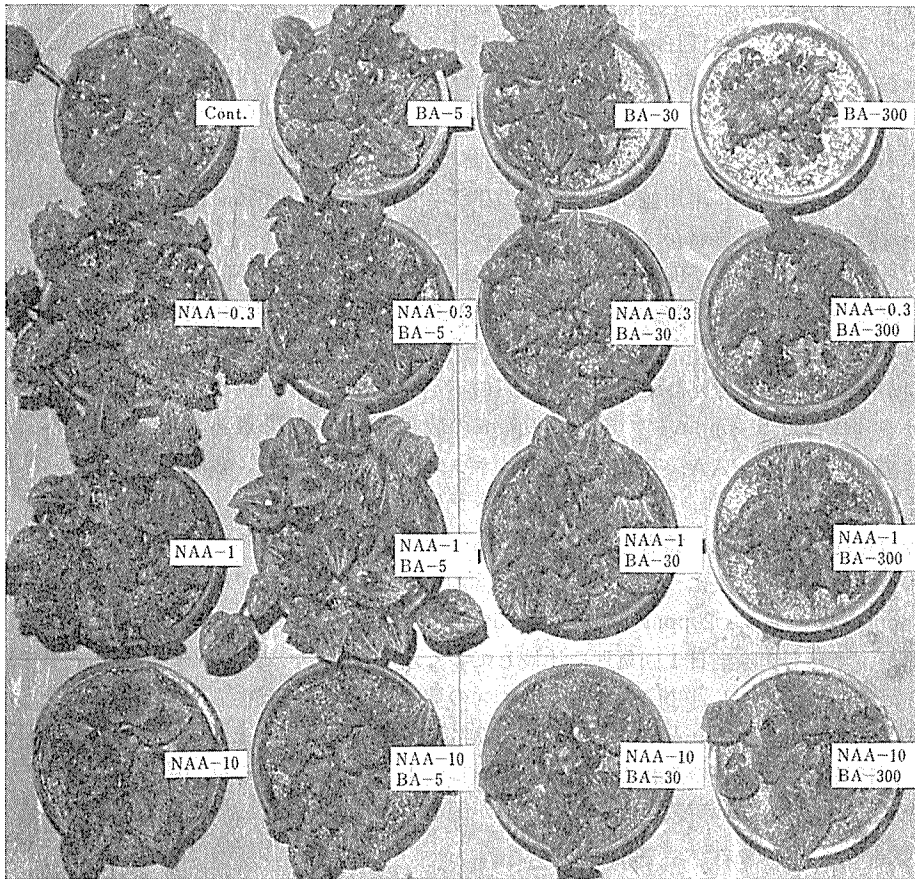


Fig. 31. Effect of NAA and BA on the growth of regenerated plants. The treatment of growth regulators was same as shown in Fig. 30-b. Photograph was taken four months after notching.
 NAA- : mg/1 of α -naphthalenacetic acid.
 BA- : mg/1 of N^6 -benzyladenine.

第31図は、ゆ傷処理12日間の区の分割4か月後における不定芽の発達状態を示したものである。

第5節 考 察

塊茎分割時の NAA, TIBA 及びアデニン処理：シクラメンの塊茎切片組織からの不定芽形成に及ぼす NAA 及びアデニン処理の影響については、すでに述べたように Mayer, Stichel 及び Okumoto らの研究がある。しかし、抗オーキシンとしての作用を有する TIBA (13, 23, 30, 31, 32, 53, 87) の影響については、これまでに調べられた研究例は見当たらない。しかし、麓ら^{18, 19)}は *Begonia erythrophlla* の葉ざし実験において、TIBA 0.1% ラノリンペースト塗布あるいは同25ppm 20時間浸漬処理が不定芽形成を促進し、また、*B. rex* では TIBA 5ppm

十カイネチン 25ppm 浸漬処理が不定芽形成に有効であったと述べている。さらに Asen⁷⁾らは、バラの枝の基部に TIBA 1% ラノリンペースト塗布がシュートの発生を促したとしている。このような TIBA の作用はトマト⁹⁾、大豆²⁰⁾、ポインセチア¹¹⁾ などでも認められている。

本章、第1節の結果についてみると、処理90日後の不定芽形成率からは、NAA 10, 100ppm 及び TIBA 500ppm 単用並びにそれらのアデニン添加処理で不定芽形成の抑制がみられるほかは、処理による影響がはっきりしない。これは対照区の形成率(100%)が高かったことによっている。しかし、90日間の不定芽の形成経過からみると、不定芽形成に対し促進的傾向が認められる処理もある。すなわち、TIBA 0.5 及び 5ppm 両単用処理は形成時期を若干早める傾向がみられるし、また、それらのアデニン添加処理ではその効果をさらに助長する傾向がみられる。したがって分割切片からの不定芽形成をより確実にするために、分割時における TIBA 0.5~5ppm+アデニン 50ppm の散布処理が考えられる。

塊茎頭部切除後 NAA, TIBA 及びカイネチン処理までの日数：藤岡¹⁷⁾はアマリリスのりん片繁殖において、キュアリング前のルートン処理は子球形成に効果はないが、キュアリング後の処理は子球形成に顕著な促進効果のあることを観察している。

本章、第2節の結果についてみると、頭部切除50日及び90日後の不定芽数からは、NAA 0.3ppm+カイネチン 20ppm 及び TIBA 5ppm+カイネチン 20ppm の頭部切除 15日後 1回処理がいずれも切除当日 1回処理に比較して多くなっており、処理時期の影響が現れているように見える。しかし、NAA+カイネチンの切除当日及び15日後 2回処理の不定芽数は、同15日後 1回処理のそれとほぼ同数であるのに、TIBA+カイネチンの 2回処理の不定芽数は、同15日後 1回処理のそれより少なく、当日同 1回処理にむしろ近い値を示している。この点に関しては、この実験の範囲では説明が困難である。したがって、さらに今後の検討が必要であると考えられる。

なお、塊茎頭部切除の場合(本章、第2節の対照区)と塊茎分割の場合(本章、第1節の対照区)の頭部切除又は分割90日後の塊茎横断面積 1 cm² 当りの不定芽数は前者が約 0.6 個、後者が約 4.8 個で、前者は後者の約 8分の1にすぎない。前者の単位面積当りの形成数の少ない理由の一つには、早期に形成された不定芽に頂部優勢性が確立され、後続の不定芽形成を抑制したことが考えられる。この考え方からすると、生長調節物質の処理が不定芽数の増加に有効であるとするれば、それは不定芽に生ずる頂部優勢性の形成に何らかのかかわり合いをもつことが考えられる。

根部を切除した塊茎分割組織の不定芽形成に対する NAA, TIBA 及びカイネチン処理：第4章、第1節で示されたように、シクラメンの開花終了期での塊茎生体重に対する根部生体重の比はほぼ 1 : 1 である。したがって、根部の存在は養水分や植物ホルモンなどの移動を通じて、塊茎組織の再生作用に影響するところが大きいと考えられる。これまでの研究によると、カイネチン様物質の生成は根で行われ茎葉部に移動する^{9, 12, 28, 69, 81)}とされており、また、根におけるオーキシンの移動は普通求頂的に行われる^{10, 67, 86)}とされている。

本章、第1, 2節の実験では、根部を付けた状態で、塊茎組織からの不定芽形成に対する生長調節物質の影響をみてきた。しかし、対照区でもよく不定芽が形成されることから、生長調節物質処理の影響がはっきりととらえられない面があった。そこで、本章、第3節では

根部を全く除去した塊茎切片組織について、調節物質処理の器官形成に与える影響をとらえようとした。

NAA 及び NAA+カイネチン処理の結果から、不定芽形成は NAA 10ppm で明らかにおさえられているが、0.3 及び 1 ppm ではほとんどその影響はみられない。しかし、不定根形成は NAA 1 及び 10ppm で明らかに促進され、Mayer³⁷⁾ や Stichel⁷²⁾ らの指摘とほぼ一致した結果が得られている。これらの結果はカイネチンを添加した場合もほぼ同様である。

Vries⁷⁹⁾ はシクラメンの塊茎切片に IAA 5ppm を処理してさすと不定芽形成が遅れることを観察しているが、本節の結果から察してそれはオーキシン濃度が高かったためではないかと考えられる。同様なことは狩野²⁹⁾ のルートを処理した葉ざしの場合についてもいえるようである。

なお、ここで注目したいのは、NAA 1ppm+カイネチン 20 ppm 処理で根と芽の両器官を形成した切片率が処理区 (16区) 中最高であったことである。これまでの植物組織の培養実験によると、オーキシンとサイトカイニンの濃度比で器官形成をコントロールできたという報告は多い (3, 6, 14, 15, 16, 24, 25, 27, 57, 68, 70, 71, 73, 78, 82, 88, 89)。上述の場合も組合せた NAA とカイネチンの濃度比が両器官の形成によく適合した結果ではないかと考える。しかし、この点に関してはカイネチンの種々の濃度との関連において、さらに検討する必要があると考える。

つぎに、TIBA 及び TIBA+カイネチン処理の結果から、不定芽形成は TIBA 0.5ppm でやや促進される傾向がみられ、0.5 及び 5ppm で不定芽数の増加が認められる。一方、不定根形成はいずれの濃度でも抑制され、特に 5ppm 以上で著しい。これは、TIBA の処理によって発根域へのオーキシンの求基的移動が阻止された結果ではないかと考える^{13, 23, 30, 31, 32, 53, 87)}。

各濃度の TIBA+カイネチン 20 ppm 処理では、0.5 及び 5 ppm において単用処理よりも不定芽形成は促進される傾向がみられる。もし、TIBA がオーキシン活性を低下させるものとすれば、カイネチンの組合せ処理によってカイネチンに対するオーキシンの比率が不定芽形成に有利に働いたものと考えられる。

カイネチンの単用 (5~50ppm) 処理の結果では、不定芽形成にははっきりした影響はみられないが、不定根形成に対しては抑制的である。これまでの研究によれば、高濃度のカイネチンは根の形成を抑制し、低濃度では促進したとするソラマメの根⁷¹⁾での実験例がある。また、根の形成には抑制的であったとする実験例は、*B. rex*⁶⁶⁾、*B. × cheimantha*²⁴⁾、セントポーリア⁶²⁾の葉、ネギの生長点¹⁵⁾を用いたものなど多くの例があり、芽の形成には促進的であったとするものは、*B. rex*⁶⁶⁾、*B. × cheimantha*²⁴⁾、セントポーリアの葉⁶²⁾、ネギの生長点¹⁵⁾、タマネギのりん葉¹⁶⁾、タバコのカルス⁷⁰⁾を用いたものなど多くの例がある。本節の場合は先述したように、発根に対しては抑制的であるが、不定芽形成に対する影響は明確ではない。このように、カイネチンの器官形成に対する反応が異なるのは植物の種類、器官、処理方法などの相違に基づくものではないかと考えられる。

第3節の実験で不定芽形成が対照区より促進されたとみられる区は、TIBA 0.5ppm 区及び TIBA 0.5ppm にカイネチン 20ppm を添加した区、並びに TIBA 5ppm にカイネチン 20ppm を添加した区の3区である。これら3区は本章、第1節で示された TIBA 0.5 及び 5ppm のアデニン 50ppm 添加処理の場合と同様、塊茎切片組織からの不定芽形成の促進に有効ではないかと考えられる。しかし、繁殖上利用性があるかどうかについては、根を付けた塊茎

切片でさらに検討する必要があると考える。

ゆ傷処理と NAA 及び BA 処理：シクラメンの栄養繁殖を目的としたこれまでの研究のなかで、生長調節物質として BA を用いた例に、Lewenberg³³⁾ の塊茎組織からのカルス誘導の実験がある。この実験によると、BA のカルス誘導能力はカイネチンのそれよりも著しく高いことが示されている。Heide²⁴⁾ は *Begonia* × *cheimantha* の葉ざし実験において、BA の不定芽形成能力はカイネチンのそれに比較して著しく高かったと述べている。また、Fonnesbech¹⁴⁾ は *B. × cheimantha* の葉柄切片培養で、Welander⁸²⁾ は *B. × hiemalis* の葉柄切片培養で、比較的高濃度の BA は不定芽の形成を促進し、低濃度の NAA はこの BA 効果をさらに高めたと報告している。

本章、第4節の実験結果では、不定芽形成開始後約30日間の形成経過に対する比較的低濃度の NAA (0.3 及び 1ppm) 及び BA (5 及び 30ppm) の単用又はそれらの組合せ処理の影響はそう明らかでない。これは本章、第1節の実験でみられたと同様、対照区的不定芽形成が順調であったことによると考えられる。

一方、比較的高濃度の NAA (10ppm) 及び BA (300ppm) の単用又は組合せ処理では、明らかに不定芽形成を遅延、抑制する傾向がみられる。特にゆ傷処理期間を短かく (5 日間) して傷い周皮形成開始期に BA の高濃度を処理すると、ゆ傷処理期間を長く (12日間) して周皮形成完了期に処理するよりも不定芽形成の遅延、抑制傾向が強く現れている。この原因については、本実験の範囲では説明が困難であるが、恐らく傷い周皮の発達に伴う組織内の生理的、形態的要因の変化と関係があるのではないかと考えられる。

以上、塊茎切片に対する生長調節物質処理の結果から、不定芽形成に促進的効果があると思われるのは、TIBA の 0.5 及び 5ppm にアデニン 50ppm を添加して散布した処理及びそれらの TIBA 濃度にかイネチン 20ppm を添加して浸漬した処理の場合のみである。したがって、検討の余地を残してはいるが、不定芽形成をより確実にするうえで、これら生長調節物質の利用が考えられる。

第6節 摘 要

塊茎分割切片の不定芽形成に対する NAA, TIBA, アデニン, カイネチン及び BA 処理の影響について調査した。

塊茎分割時の TIBA 0.5 及び 5ppm にアデニン 50ppm を添加して散布した処理は、不定芽形成を早めた。しかし、NAA 10 及び 100ppm, TIBA 500ppm 並びにそれらにアデニン 50ppm を添加して散布した処理は、不定芽形成を遅らせるか又は抑制した。

根部を切除した塊茎分割切片に対する TIBA 0.5 及び 5ppm にかイネチン 20ppm を添加して浸漬した処理は不定芽形成を促進した。しかし、NAA 10ppm 及び NAA 10ppm にかイネチン 20ppm を添加して浸漬した処理は不定芽形成を抑制した。

分割切片のゆ傷処理後における NAA 0.3, 1, 10ppm 及び BA 5, 30, 300ppm の単用又はそれらの組合せ散布処理は、不定芽形成に対し明らかな促進効果を示さなかったばかりでなく、高濃度処理は不定芽形成を遅延、抑制した。ゆ傷処理期間との関係では、全体にゆ傷処理期間を短かくして傷い周皮形成開始期に処理した場合は、ゆ傷処理期間を長くして傷い周皮形成終了期に処理した場合に比較して、不定芽形成開始期は遅れ、一定期間内の形成率も

低かった。

第6章 分割繁殖株の生育

本章では、栽培適性をみる目的で行った分割繁殖1代及び2代株の栽培実験について、また、分割繁殖2代株の採種実験について述べる。

第1節 分割繁殖1代株の生育

分割繁殖株と実生株の生育比較及び分割繁殖株の生育の品種間差異について調査した。

第1項 実生株との生育比較

材料及び方法

1967年5月に塊茎（実生1年生）を分割繁殖して得られた‘サーモンスカーレット’の同一栄養系と、’67年9月には種した同実生のそれぞれ20個体を用いた。これらの株は’68年3月21日に9cmの素焼ばちに移植し、同年6月24日に15cm素焼ばちに定植した。栽培は温室（最低10°C）内で慣行に従って行った。

調査は、移植（3月21日）後約1カ月間隔で展開葉数及び花らい数（積算）を、15日間隔で開花数（積算）を’68年12月20日（開花期）まで数えた。また、12月20日における植物体の大きさ及び花柄長、’69年2月10日における塊茎の大きさ（最大横径+最小横径/2）を測定した。

結 果

第32図は葉数、花らい数及び開花数の時期的変化を分割繁殖株と実生株について比較した

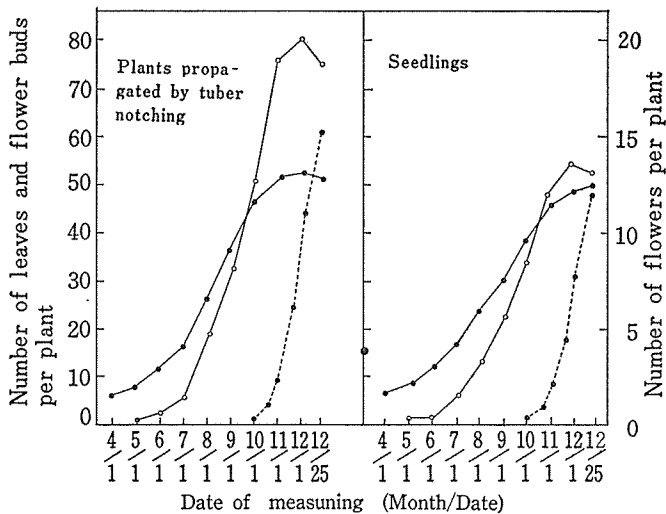


Fig. 32. Comparison of growth between plants propagated by tuber notching and seedlings ('Salmon Scarlet').

●—● : Number of leaves. ○—○ : Number of flower buds.
 : Number of flowers.

Number of plants examined was 20 in each plot.

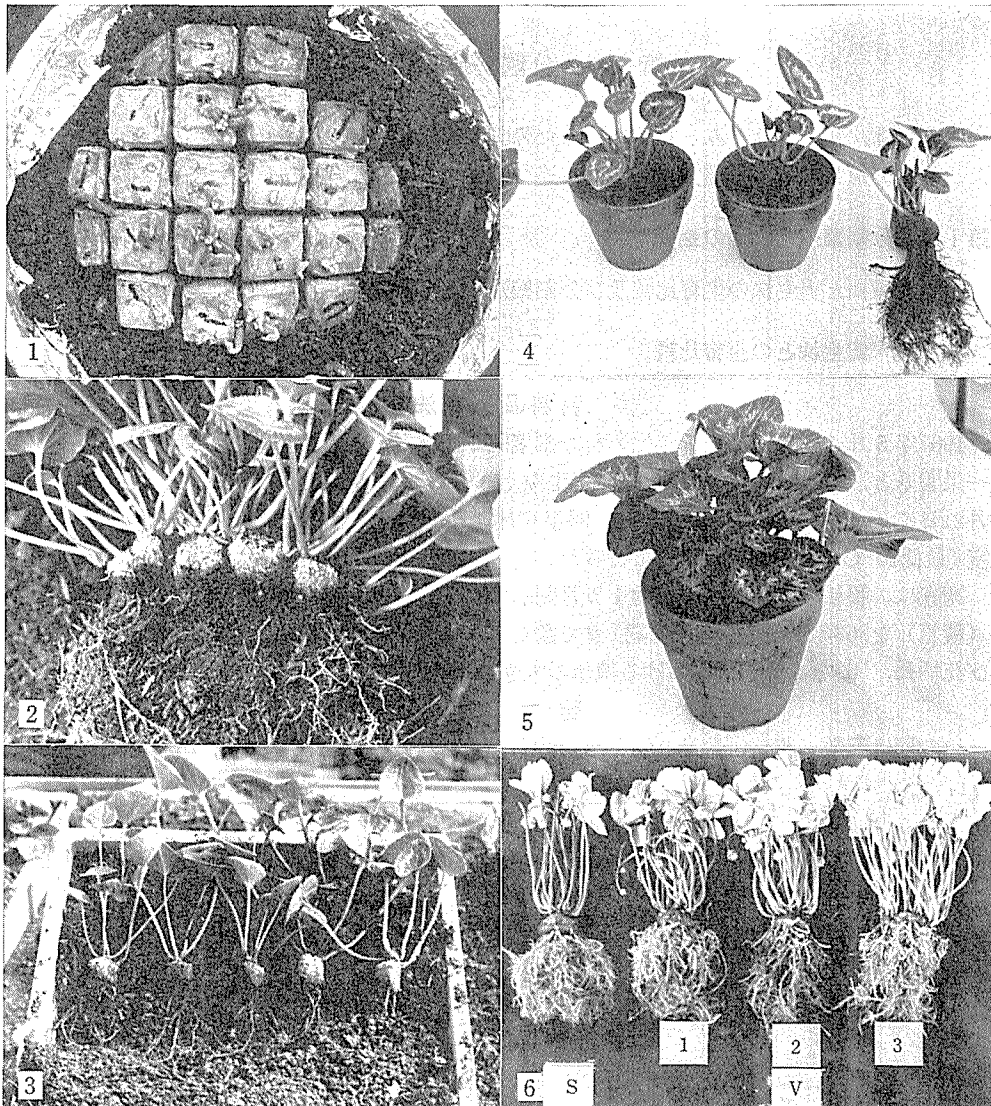


Fig. 33. Culture of vegetatively propagated cyclamens ('Salmon Scarlet').

- (1) Formation of adventitious buds from tuber segments 75 days after notching. Photograph was taken on September 4, 1967.
- (2) Plants suitable for the first transplanting. Photograph was taken on December 23, 1967.
- (3) Separated plants for the first transplanting. Photograph was taken on December 23, 1967.
- (4) Plants suitable for the second transplanting. Photograph was taken on March 28, 1968.
- (5) Plants suitable for the third transplanting. Photograph was taken on June 23, 1968.
- (6) Flowering of seedlings (S) and vegetatively propagated plants (V). Photograph was taken on February 20, 1969.

ものである。分割繁殖株の葉数の増加は実生株のそれに比べて7月上旬ごろまではやや緩慢であったが、7月中旬にはほぼ実生株と並び、その後はむしろ実生株にまさる傾向を示した。花らい数の増加は、7月中旬までは葉数とはほぼ同様な傾向を示したが、その後は分割繁殖株の増加が著しく、11月下旬の時点では実生株の約50%増であった。また、その時点における葉数に対する花らい数の割合は実生株が約110%，分割繁殖株が約150%であった。開花開始期は両者ともに10月下旬であった。

なお、生育後期の分割繁殖株では形成された葉原基が発達の途中で座止状態となり、葉腋に生じた花芽のみが発達する場合が観察された。

Table 14. Comparison of growth between plants propagated by tuber notching and seedlings at flowering stage ('Salmon Scarlet').

Plot	No. of leaves*	Hight of plant* (cm)	Width of plant* (cm)	No. of flowers*	Length of scape* (cm)	Diameter of tuber** (cm)
Seedling	46.0±11.4 ***	12.1±0.6 ***	25.7±0.8 ***	11.7±3.3 ***	20.6±1.2 ***	5.83±0.44 ***
Plant propagated by tuber notching	50.8±9.2	13.7±0.7	28.1±1.3	15.1±3.9	21.9±1.0	4.69±0.59

*On December 20, 1968. **On February 10, 1969. ***Standard error. The number of plants examined was 20 in each plot.

第14表は、12月20日における葉数、草丈、株幅（株の横の広がり最も大きいところ）、開花数、花柄長及び2月10日における塊茎の大きさを示したものである。分割繁殖株の葉数、草丈、株幅、花柄長及び開花数はいずれも実生株のそれらに比較してまさった。しかし、塊茎の大きさは実生株に比べてやや劣った。

以上の結果から、分割繁殖株は実生株よりも明らかに多花性になる傾向がうかがえた。第33図は、分割繁殖株の栽培経過を示したものである。

第2項 品種間差異

材料及び方法

1968年5月に塊茎（実生1年生）を分割繁殖して得られた品種‘サーモンスカーレット’、‘フェールバーク’、‘ルビーサーモン’、‘オレンジビューティー’、‘カーマイン’、‘サフロンレッドシルバーエッジ’、‘シルバーリーブスバラエティー’、‘フラミンゴ’、‘ラベンダーカラー’及び‘ホワイトウイズカーマインアイ’の同一栄養系をそれぞれ10個体用いた。これらの株は’69年4月6日に9cmの素焼ばちに移植し、同年7月3日に15cm素焼ばちに定植した。栽培は温室（最低10°C）内で慣行に従って行った。

調査は、移植（4月6日）後約1か月間隔で展開葉数及び花らい数を、15日間隔で開花数を’69年12月20日まで数えた。また、12月20日における株幅及び花柄長、’70年5月6日（開花終了期）における塊茎の大きさ（最大横径+最少横径/2）を測定した。

結 果

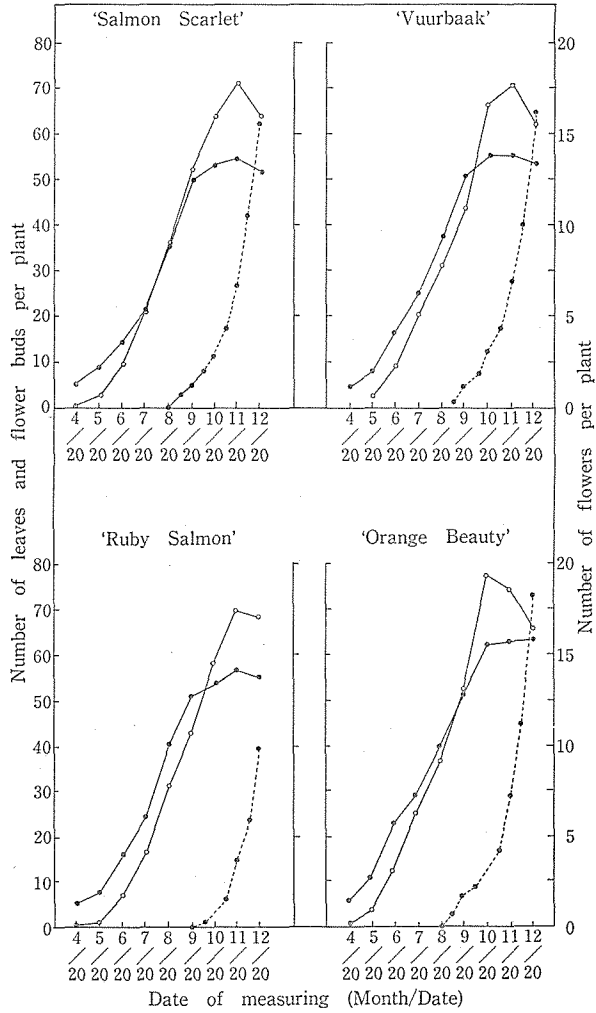


Fig. 34-a. Varietal difference of growth of plants propagated by tuber notching.
 ●—● : Number of leaves. ○—○ : Number of flower buds.
 ●- -● : Number of flowers.
 Number of plants examined was 10 in each cultivar.

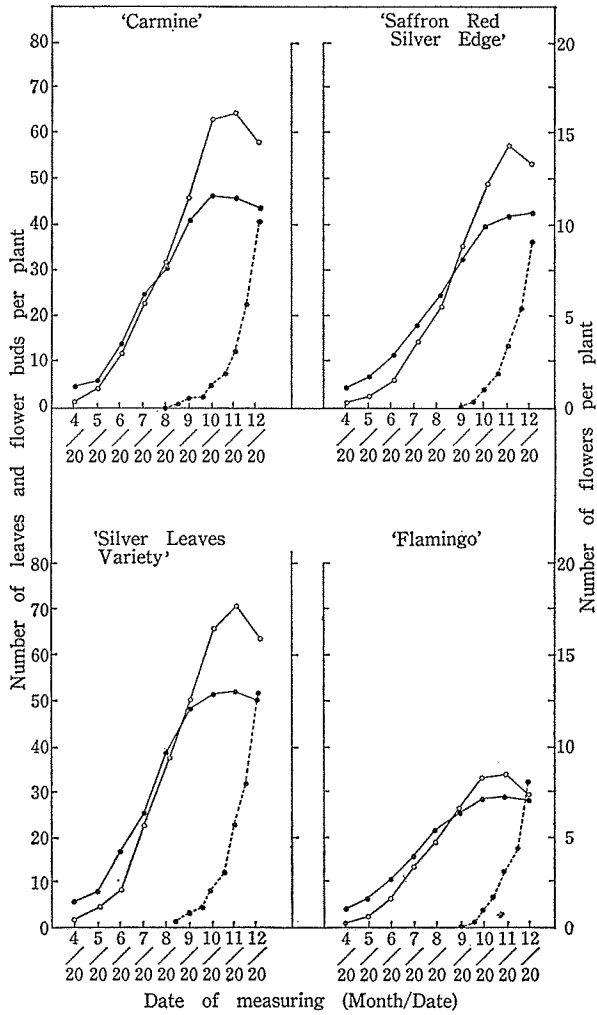


Fig. 34-b. Varietal difference of growth of plants propagated by tuber notching.

●—● : Number of leaves. ○—○ : Number of flower buds.
 ○···○ : Number of flowers.

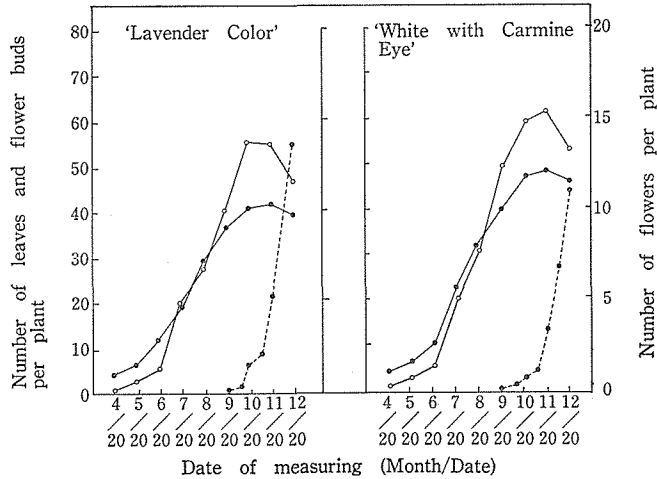


Fig. 34-c. Varietal difference of growth of plants propagated by tuber notching.

—●— : Number of leaves. ○—○ : Number of flower buds.
 - - - ● - - - : Number of flowers.

Table 15. Varietal difference of growth at the flowering stage of plants propagated by tuber notching.

Cultivar	No. of leaves*	Width of plant* (cm)	No. of flowers*	Length of scape* (cm)	Diameter of tuber** (cm)
Salmon Scarlet	51.3±6.9***	33.0±1.4***	15.7±2.2***	24.2±0.9***	6.30±0.49***
Vuurbaak	55.4±9.1	31.1±2.0	15.9±4.0	25.0±0.8	6.15±0.27
Ruby Salmon	54.0±7.5	34.9±1.7	9.8±2.7	26.4±1.1	7.10±0.66
Orange Beauty	62.2±6.7	30.9±1.6	18.2±3.3	23.1±0.7	5.95±0.36
Carmine	45.5±6.0	31.0±1.5	10.2±2.8	24.0±0.8	6.10±0.43
Saffron Red Silver Edge	42.4±7.6	34.6±2.1	9.1±2.2	23.5±1.0	6.30±0.39
Silver Leaves Variety	49.9±7.4	34.5±2.6	12.6±2.5	23.3±0.8	5.90±0.48
Flamingo	29.1±4.9	32.7±2.4	8.3±2.5	23.6±1.2	5.65±0.58
Lavender Color	39.7±6.7	33.8±2.1	13.9±3.9	25.7±0.9	5.75±0.54
White with Carmine Eye	46.2±9.7	34.4±2.3	11.4±3.4	25.9±1.4	5.65±0.65

*On December 20, 1969. **On May 6, 1970. ***Standard error.

The number of plants examined was 10 in each cultivar.

第34図— a, b 及び c は, 各品種について葉数, 花らい数及び開花数の時期的変化を示したものである。

サーモン系とみられる 'サーモンスカーレット', 'フェールバーク', 'ルビーサーモン' 及び 'オレンジビューティー' の4品種はいずれもほぼ同様な葉数, 花らい数及び開花数の

変化を示したが、他の6品種はそれぞれ個有の変化を示した。なお、本節、第1項で示された10～11月時期での葉数に対する花らい数の増大傾向は全品種について認められた。

第15表は、12月20日における各品種の葉数、株幅、開花数、花柄長及び5月6日における塊茎の横径を示したものである。

葉数は、サーモン系とみられる4品種が51～60枚で比較的多く、‘フラミンゴ’が29枚で最も少なかった。株幅は、いずれの品種も31～35cmの範囲内であった。開花数は、‘オレンジビューティー’、‘フェールバーク’及び‘サーモンスカーレット’が15～18個で比較的多く、‘フラミンゴ’、‘サフロレッドシルバーエッジ’及び‘ルビーサーモン’が8～9個で比較的少なかった。花柄長は、‘ルビーサーモン’、‘ホワイトウイズカーメインアイ’及び‘ラベンダーカラー’が約26cmで比較的長く、‘オレンジビューティー’及び‘シルバーリーブスパラエティー’が約23～24cmで比較的短かった。塊茎の横径は、‘ルビーサーモン’が7.1cmで最も大きく、‘ホワイトウイズカーメインアイ’及び‘フラミンゴ’がともに5.7cmで最も小さかった。

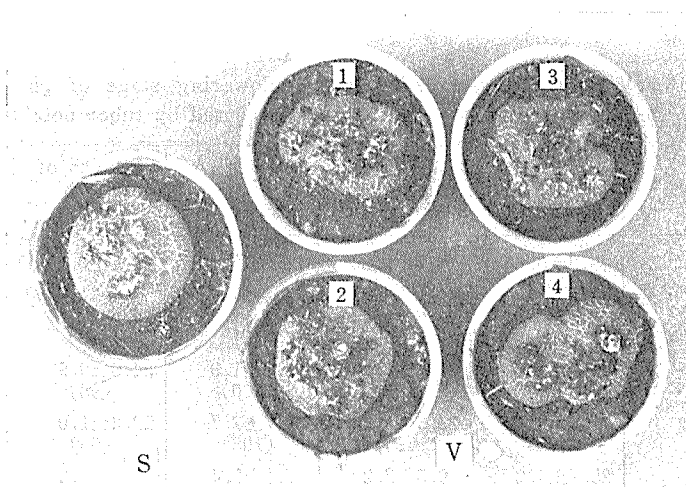


Fig. 35. Comparison of tuber development between seedlings and plants propagated by tuber notching ('Salmon Scarlet'). Photograph was taken on May 6, 1970.
S : Seedlings. V : Vegetatively propagated plants.

第35図は、'70年5月6日における‘サーモンスカーレット’の塊茎の発達状態を示したものである。なお、実験終了時（5月6日）に各品種4個体について塊茎上部を切除し、その切断面を観察したところ、‘ルビーサーモン’のみにわずか褐色の斑点が認められた。

第2節 分割繁殖2代株の生育

材料及び方法

前節、第2項で供試した10品種の分割繁殖1代株の塊茎を'70年6月25日に再度分割して繁殖させ、そこで得られた繁殖2代株を用いて実験を行った。供試数は各品種10個体とした。

これらの繁殖株は '71年3月22日に9cm素焼ばちに移植し、同年6月25日に15cm素焼ばちに定植した。栽培は前節、第2項に準じて行った。

調査は、'71年12月20日における葉数、株幅、開花数(積算)及び花柄長、'72年5月6日における塊茎の大きさ(最大横径+最小横径/2)を測定した。また、'72年5月6日に1品種5個体をはちから抜き取り、地下部の発達状態を調べるとともに、塊茎を横に切断してその切断面における褐色斑点(維管束組織の褐変化によるとみられる)の有無及びその斑点の分布密度(汚染度)を観察した。

結 果

第16表は、各品種の12月20日における葉数、株幅、開花数、花柄長及び5月6日における塊茎の横径を示したものである。括弧内の数値は分割繁殖1代目における同時期の各測定値に対する%を示している。

葉数では、'ルビーサーモン'、'カーマイン'及び'ラベンダーカラー'を除く他の7品種は分割繁殖1代目で示された葉数の89~106%であった。しかし、'ルビーサーモン'及び'カーマイン'は1代目のその57%、'ラベンダーカラー'は73%であった。株幅では、いずれ

Table 16. Varietal difference of growth at flowering stage of plants* in the vegetative second generation propagated by tuber notching.

Cultivar	No. of leaves**	Width of plant** (cm)	No. of flowers**	Length of scape** (cm)	Diameter of tuber*** (cm)
Salmon Scarlet	49.9±6.8**** (97)	29.7±1.3**** (90)	14.8±2.1**** (94)	23.4±0.9**** (97)	6.35±0.46**** (101)
Vuurbaak	49.2±5.7 (89)	29.6±1.4 (95)	14.5±2.6 (91)	24.6±0.7 (98)	5.95±0.32 (97)
Ruby Salmon	30.7±4.3 (57)	32.4±1.9 (93)	5.9±1.9 (60)	24.9±0.9 (93)	6.60±0.41 (93)
Orange Beauty	57.8±6.4 (93)	29.5±1.6 (95)	19.7±2.7 (108)	22.2±1.0 (96)	5.90±0.34 (101)
Carmine	25.7±4.2 (57)	29.5±2.2 (95)	7.1±2.4 (69)	24.3±0.9 (101)	5.45±0.26 (89)
Saffron Red Silver Edge	40.1±6.5 (95)	33.2±2.0 (96)	10.3±2.3 (113)	22.4±1.1 (95)	6.10±0.36 (97)
Silver Leaves Variety	47.3±6.4 (95)	31.3±1.5 (91)	14.6±2.7 (116)	23.1±0.9 (99)	6.00±0.41 (102)
Flamingo	30.8±4.4 (106)	29.7±1.5 (91)	7.6±1.8 (92)	23.3±0.9 (99)	5.95±0.25 (104)
Lavender Color	28.9±5.9 (73)	31.4±1.4 (93)	11.8±3.4 (85)	24.6±1.3 (96)	5.35±0.35 (93)
White with Carmine Eye	42.7±7.1 (92)	32.1±1.9 (93)	9.1±3.7 (80)	24.7±1.3 (95)	5.30±0.26 (94)

*Plants were successively propagated by tuber notching from one-year-old plants which had been vegetatively propagated by notching.

On December 20, 1971. *On May 6, 1972. ****Standard error.

Figures in parentheses indicate the percentage as the first generation's data (Table 15) was 100.

Number of plants examined was 10 in each cultivar.

Table 17. Varietal difference of tuber and root weight, root number and transverse area of tuber at the last stage* of flowering of plants in the vegetative second generation propagated by notching.

Cultivar	Weight of tuber (g)	Weight of roots (g)	No. of roots. A.	Transverse area of tuber.		A/B
				B. (cm ²)		
Salmon Scarlet	80.0±7.2**	83.6±4.0**	114.7±6.6**	31.5±1.8**		3.6±0.2**
Vuurbaak	77.9±6.1	94.4±3.9	93.5±5.4	28.3±1.3		3.3±0.2
Ruby Salmon	102.6±8.6	68.8±5.7	61.4±6.8	33.5±2.6		1.8±0.2
Orange Beauty	76.6±4.7	60.9±3.2	115.6±6.3	28.7±1.9		4.0±0.1
Carmine	65.7±3.6	64.5±6.5	70.0±5.7	25.5±2.3		2.7±0.3
Saffron Red Silver Edge	84.4±4.9	89.1±4.5	96.2±3.6	31.7±2.0		3.0±0.2
Silver Leaves Variety	74.6±4.5	46.6±2.6	189.2±11.2	27.8±1.7		6.8±0.8
Flamingo	78.2±4.2	85.6±2.0	95.0±7.5	27.4±2.2		3.5±0.5
Lavender Color	64.4±5.5	71.5±5.6	89.6±4.3	26.2±2.4		3.4±0.4
White with Carmine Eye	68.2±6.3	67.7±5.5	102.4±5.9	23.8±2.7		4.3±0.5

*On May 6, 1972. **Standard error.

The number of plants examined was 5 in each cultivar.

Table 18. Varietal difference of brown spot occurrence* in the tissue of tubers at the last stage** of flowering of plants in the vegetative second generation propagated by notching.

Cultivar	No. of tubers examined	% of tuber with brown spots on transverse cut surface		
		Slightly	Considerably	Total
Salmon Scarlet	5	20	0	20
Vuurbaak	5	20	0	20
Ruby Salmon	5	40	60	100
Orange Beauty	5	40	0	40
Carmine	5	0	40	40
Saffron Red Silver Edge	5	20	20	40
Silver Leaves Variety	5	0	20	20
Flamingo	5	20	0	20
Lavender Color	5	40	0	40
White with Carmine Eye	5	40	20	60

*Brown spots seem to show microbial contamination or aging of vascular tissues.

**On May 6, 1972.

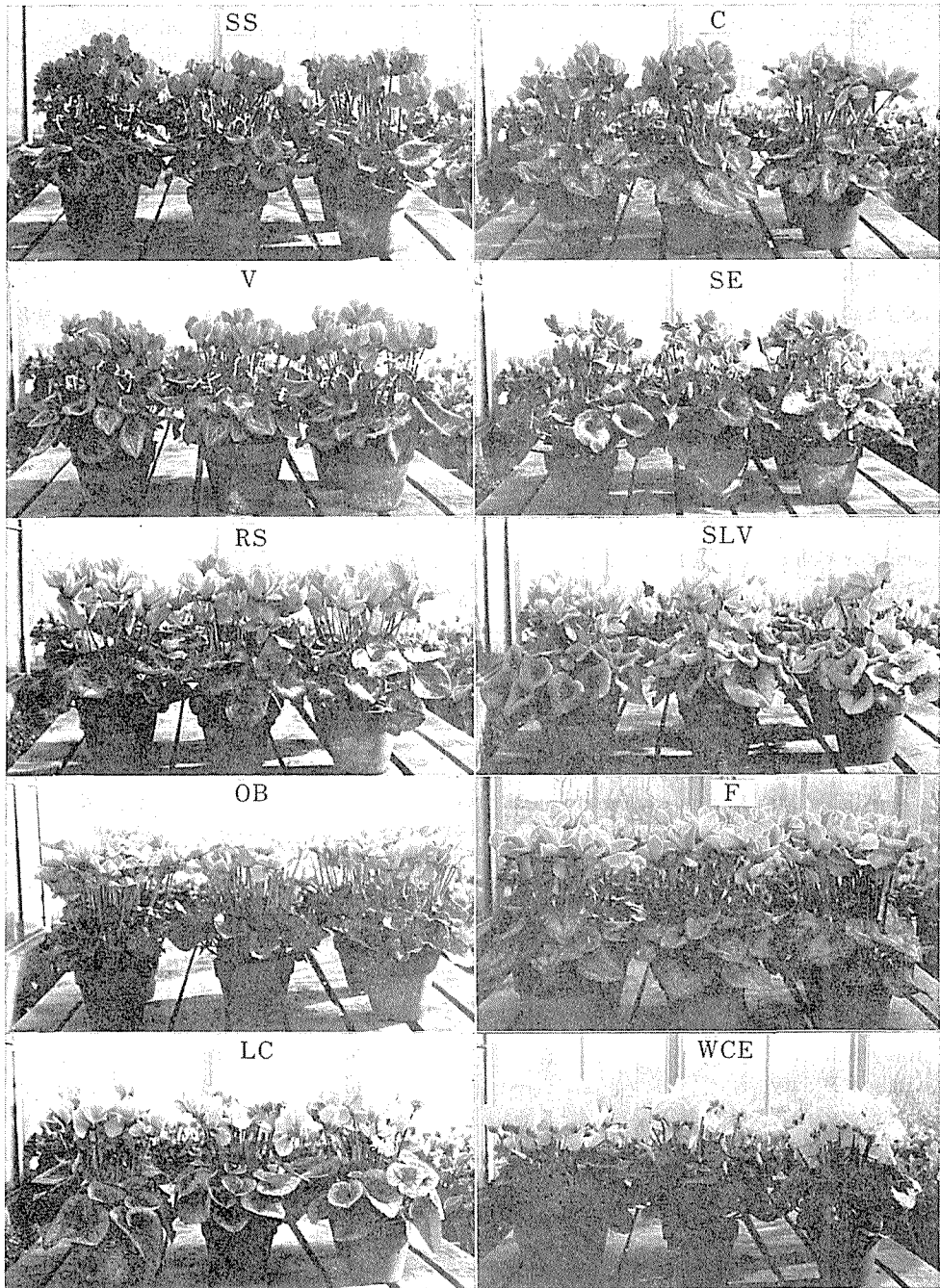


Fig. 36. Flowering of plants in the vegetative second generation propagated by notching. Photograph was taken on January 11, 1972.

SS : 'Salmon Scarlet', V : 'Vuurbaak', RS : 'Ruby Salmon', OB : 'Orange Beauty',
 C : 'Carmine', SE : 'Saffron Red Silver Edge', SLV : 'Silver Leaves Variety',
 F : 'Flamingo', LC : 'Lavender Color', WCE : 'White with Carmine Eye'.

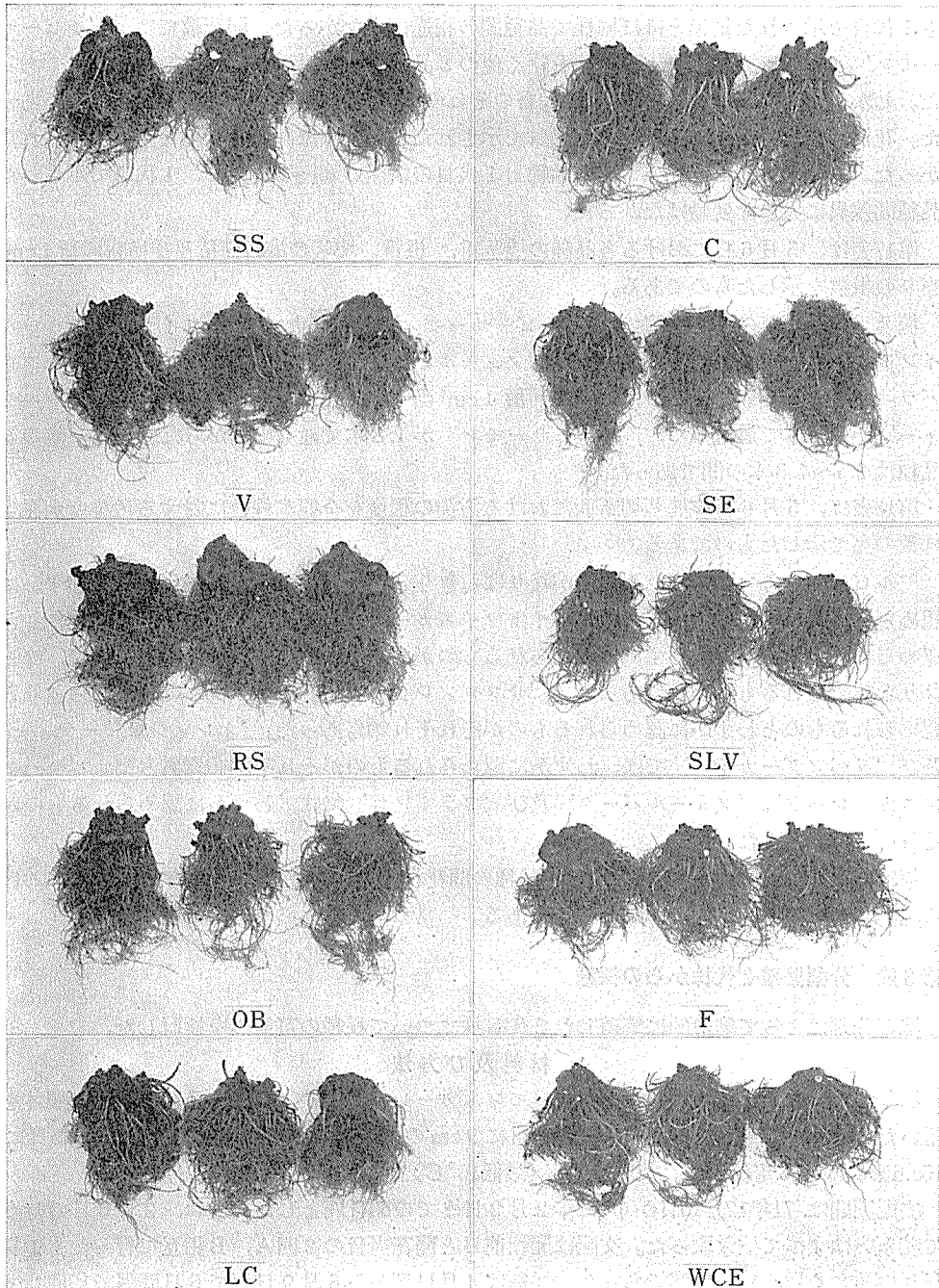


Fig. 37. Development of tubers and roots of plants in the vegetative second generation propagated by notching. Photograph was taken on May 6, 1972.

SS: 'Salmon Scarlet', V: 'Vuurbaak', RS: 'Ruby Salmon', OB: 'Orange Beauty', C: 'Carmine', SE: 'Saffron Red Silver Edge', SLV: 'Silver Leaves Variety', F: 'Flamingo', LC: 'Lavender Color', WCE: 'White with Carmine Eye'.

も1代目で示された結果とほぼ同様で品種間の相違は少なかった。開花数では、'ルビーサーモン'及び'ラベンダーカラー'を除く他の8品種は1代目の開花数の80~116%であった。しかし、'ルビーサーモン'は1代目のその60%、'ラベンダーカラー'は69%であった。花柄長では、いずれの品種も1代目で示された結果とほぼ同様で大幅な変化はみられなかった。塊茎の横径では、いずれの品種も1代目の横径の89~104%で、1代目で示された品種間差異に大きな変動はなかった。

第17表は、5月6日における各品種の塊茎重、根重、塊茎の横断面積及び横断面積1cm²当りの根数を示したものである。

塊茎重及び塊茎の横断面積では、'ルビーサーモン'が最も大で、'ホワイトウイズカーマインアイ'が最も小さかった。根重は'フェールパーク'が最も重く、'シルバーリーブスバラエティー'が最も軽かった。横断面積1cm²当りの根数は'シルバーリーブスバラエティー'が6.8本で最も多く、'ルビーサーモン'が1.8本で最も少なかった。また、他の8品種は2.7~4.3本の間であった。

第18表は、5月6日の塊茎切断面における汚染の程度を全観察株数に対する汚染度別発生株数の%で示したものである。

'ルビーサーモン'では、汚染がかなりはっきりと認められるものが60%、ごくわずかに認められるものが40%あった。'ホワイトウイズカーマインアイ'では、かなりはっきりと認められるものが20%、わずかに認められるものが40%あった。'カーマイン'では、はっきりと認められるものが40%あった。'サフロレッドシルバーエッジ'では、はっきりと認められるものとわずかに認められるものがそれぞれ20%あった。'オレンジビューティー'及び'ラベンダーカラー'では、わずかに認められるものがそれぞれ40%あった。'サーモンズカーレット'、'フェールパーク'及び'フラミンゴ'では、わずかに認められるものがそれぞれ20%あった。

第36図は、'72年1月10日における各品種の開花状態を、第37図は、'72年5月6日における塊茎及び根の発達状態を示したものである。

第3節 分割繁殖2代株からの採種

塊茎分割によって継代的に繁殖した2代目株について採種の可能性を検討した。

材料及び方法

塊茎の再分割によって繁殖した'サーモンズカーレット'の栄養系A及びBの各20個体を用いた。これらの繁殖株は1971年3月22日に9cmの素焼ばちに移植し、同年6月25日に15cm素焼ばちにて定植した。栽培は温室(最低10°C)内で慣行に従って行った。

交配期間は'71年12月15日から'72年2月2日までの50日間とした。なお、2月3日の時点で花らいはすべて抜き取った。交配は開花前日と開花当日の2回A、B相互で行った。1株当りの結さく数は14~17個であった。採種は4月11日から6月9日まで5日間隔で12回行った。調査は、3回分を1つにまとめ、種子数と風乾重を測定した。

結 果

第19表は、採種時期別に種子の数及び風乾重を示したものである。

4つの採種時期のなかで5月26日~6月9日を除く他の3期間はいずれもA×BがB×A

Table 19. Seed formation by artificial pollination of plants in the vegetative second generation propagated by notching ('Salmon Scarlet').

Cross combination	Harvesting time of seeds				Total	Per plant	
	a	b	c	d			
A♀×B♂	No. of seeds	1260	7640	5390	1700	15990	800
	Weight of seeds (g)	9.1	59.6	42.1	14.0	124.8	6.2
B♀×A♂	No. of seeds	560	4190	4490	2540	12280	614
	Weight of seeds (g)	4.5	32.7	40.0	24.2	101.4	5.1

a : April 11-25, b : April 26-May 10, c : May 11-25, d : May 26-June 9.

A and B are plants belonging to one clonal strain propagated by tuber notching.

Twenty plants of A and B were used for parents.

に比較して種子数，風乾重ともに多かった。総種子数ではB×AはA×Bの約77%であった。また，総風乾重ではB×AはA×Bの約82%であった。1株当りの種子数ではA×Bが800粒，B×Aが614粒であった。また，1株当りの風乾重ではA×Bが6.3g，B×Aが5.1gであった。種子100粒当りの風乾重ではA×Bが0.78g，B×Aが0.83gであった。

第4節 考 察

分割繁殖1代株の生育：第1節，第1項で示されたように，分割繁殖1代株の生育は初期において実生株よりもやや遅れる傾向がみられるが，これは実験開始期までの育苗方法の違いによるものではないかと考える。生育中後期（10～11月）で特に注目したい点は花芽の着生数が実生株に比べて著しく多かったことである。この原因は分割繁殖株の内部充実が実生株のそれに比べて早かったためではないかと考える。一方，開花期（2月10日）の塊茎の大きさは，分割繁殖1代株が実生株に比較してやや小さい。これは，花らい数や開花数の多かったことが，塊茎肥大に影響したためではないかと推察される。

分割繁殖1代株の生育を10品種についてみた結果（第2項）では，第2節の実験（2代株の生育）結果からも明らかなように，それぞれの品種の特性が十分示されているように思われる。ここでも分割繁殖株は生育中・後期の葉数の増加に比べて花らい数の増加が多いという傾向は，いずれの品種についてもほぼ同様に認められている。

以上，分割繁殖1代株の生育調査から，分割繁殖株は実生株に比べて初期生育がやや遅れる，多花性になりやすい，塊茎の肥大がやや劣る，などの点が明らかになった。したがって分割繁殖株の栽培に当っては，これらの点に留意して管理がなされるべきであると考えられる。

分割繁殖2代株の生育：第2節では，第1節，第2項で供試した10品種について，分割繁殖した2代株が，1代株の生育に比べてどの程度の生育を示すかを確かめようとしたものである。

12月20日（開花期）における葉数，株幅，開花数，花梗長及び5月6日（開花終了期）における塊茎の大きさは，10品種中7品種が1代目の同時期のそれらの80～116%となっている。これら7品種に限ればおおむね1代目と同様な生育がみられたものと考えることができ

よう。しかし、他の3品種については、2品種は葉数及び開花数に限り1代目のそれらの57~69%、1品種は葉数に限り1代目のそれの73%にとどまっている。このことは、分割繁殖を繰り返した場合、生育になんらかの障害が現れる可能性のあることを示している。

ちなみに、1代目に比べて葉数、開花数ともに最も減少の大きかった‘ルビーサーモン’についてみると、この品種の場合は第1節、第2項で述べたように、再分割の時点ですでに塊茎切断面に褐色の斑点(維管束組織に沈着したフェノール性物質とみられる)がわずかに認められ、不定芽形成後の生育に不安が感じられた。しかし2代目の実験中欠株を生ずることもなく、外見的には正常にみえた。ところが実験終了時での塊茎切断面に現れた褐色斑点の密度は再分割時の状態よりもかなり高かった。2代目が1代目に比べ葉数及び開花数が大きく減少したのは、恐らく塊茎の内部汚染が2代目再生時の分割切片当りの不定芽数に減少をもたらしたためではないかと考えられる。

開花終了期での根の着生密度は、実生株のそれ(第4章、第1節)に比較して低下する傾向がみられる。したがって、塊茎分割を継代的に行って繁殖させる場合、分割の大きさは実生株を分割繁殖に用いる場合よりも、少し大きくするのが望ましいのではないかと考える。

以上、10品種の分割繁殖2代株の生育調査から、2・3の品種に例外が認められたものの、おおむね分割繁殖1代株で示されたと同様の生育が得られることがわかった。また同時に、継代的に分割繁殖を続けた場合、塊茎組織内汚染の恐れのあることも示された。

分割繁殖2代株からの採種：シクラメンの栄養繁殖の主な目的の1つには優れた後代を生む母株を増殖させ、そこから多くの種子を生産することにある。

第3節では‘サーモンスカーレット’の再分割によって繁殖した植物体について、種子生産の可能性を確かめようとしたものである。シクラメンの採種量については、樗木⁵⁹⁾の調べたところによれば‘サーモンスカーレット’の場合3.3m²当り10,000粒内外となっている。本実験で得られた採種量は、3.3m²当りに換算(3.3m²当り25個体)すると、A×Bが約20,000粒、B×Aが約15,000粒となる。この採種量は十分に採算のとれる量ではないかと考える。

第5節 摘 要

塊茎分割によって繁殖した株の栽培適性をみる目的で、分割1代株及び2代株について栽培実験を行った。また、分割2代株を用いて採種実験を行った。

1 品種‘サーモンスカーレット’の分割1代株と実生株の生育の比較実験では、分割1代株は実生株に比べ明らかに多花性になる傾向がみられたが、その他の点では著しい差はなかった。

2 品種‘サーモンスカーレット’を含む10品種の分割1代株及び2代株の生育調査では、分割2代株は7品種が分割1代株にほぼ匹敵する生育を示した。しかし、他の3品種は分割1代株の生育にやや及ばなかった。

3 品種‘サーモンスカーレット’の分割2代株の採種実験では、十分採算のとれる種子量が得られ、採種上特に問題はなかった。

第7章 塊茎組織における不定芽形成の解剖学的観察

第1節 不定芽原基の発生位置とその発達

第4章、第2節、第1項で示されたように、不定芽は塊茎切断面の内皮より内側、切断面の周縁部及び塊茎側面の周皮上に形成される。本節はそれら異なった部位に生ずる不定芽の分化位置及びその発達段階を解剖学的に観察した。

材料及び方法

品種‘フェールパーク’の開花終了期にあった実生1年生20個体を1981年3月10日に選んで用いた。それらの株は土壌湿度を第3章、第1節の結果に基づいて調整してから、10株は塊茎上部3分の1を、他の10株は上部3分の2を切除した。切除後それらは温度20°C、相対湿度約60%の定温器内におき、解剖観察のための材料とした。

観察は不定芽の形成される塊茎部位によって、下記の3つに分けて行った。第1は塊茎切断面の内皮より内側に生ずる場合で、塊茎上部3分の1を切除した30～60日後の材料で観察した。第2は塊茎切断面の周縁部に生ずる不定芽の場合で、塊茎上部3分の1及び3分の2を切除した50～90日後の材料で観察した。第3は塊茎側面の周皮上に現れる不定芽の場合で、塊茎上部3分の2を切除した70～150日後の材料で観察した。観察方法は、採取した小片試料を Formalin acetic alcohol No. 1 液⁵⁴⁾(ホルマリン・酢酸・アルコール=5:5:90 混合液)で固定した。固定材料はパラフィン切片法により厚さ12 μ に縦切りし、デラフィロドのヘマトキシリンで染色してからカナダバルサムで封入し、20～100倍で検鏡した。

結 果

塊茎切断面の内皮より内側に現れる不定芽

第38図は、切断面の内皮より内側に現れる不定芽の発達を段階を追って示したものである。

Stage A は、スベリン化した細胞層下に傷い周皮の形成がほぼ完了した段階を示す。Stage B～D は、Stage A から約10～20日経過して、維管束切口上に生じた不定芽の原基が傷い周皮細胞を押し上げて隆起した状態を示す。この段階では頂端部分に茎頂の分化が認められた。Stage E 及び F は、Stage D からさらに10～15日以上経過した葉分化の初期的段階を示す。この段階では既存の維管束と不定芽の頂部を結ぶ維管束の発達が認められた。この第38図の例は内皮に近い比較的小型な維管束上に生じた不定芽の場合で、塊茎の中心に近い比較的大型な維管束の場合は、その切口及びその周辺が広く隆起し、そこに1つ又はそれ以上の不定芽の分化が認められた。

塊茎切断面の周縁部に生ずる不定芽

この場合は、塊茎側面の周皮と切断面に発達した傷い周皮とが連結した位置のコルク形成層から生じた。原基の発達速度は切断面の内側に現れる不定芽の場合よりも遅いが、発生後約1か月で葉原基の分化が認められ、再生芽の中心部から維管束が塊茎の中心方向に皮層内を斜め下方に分化するのが観察された(第39図)。

塊茎側面の周皮上に現れる不定芽

周皮上に現れる不定芽は、第40図一A、Bに示すように、外観的には1つの葉として発達

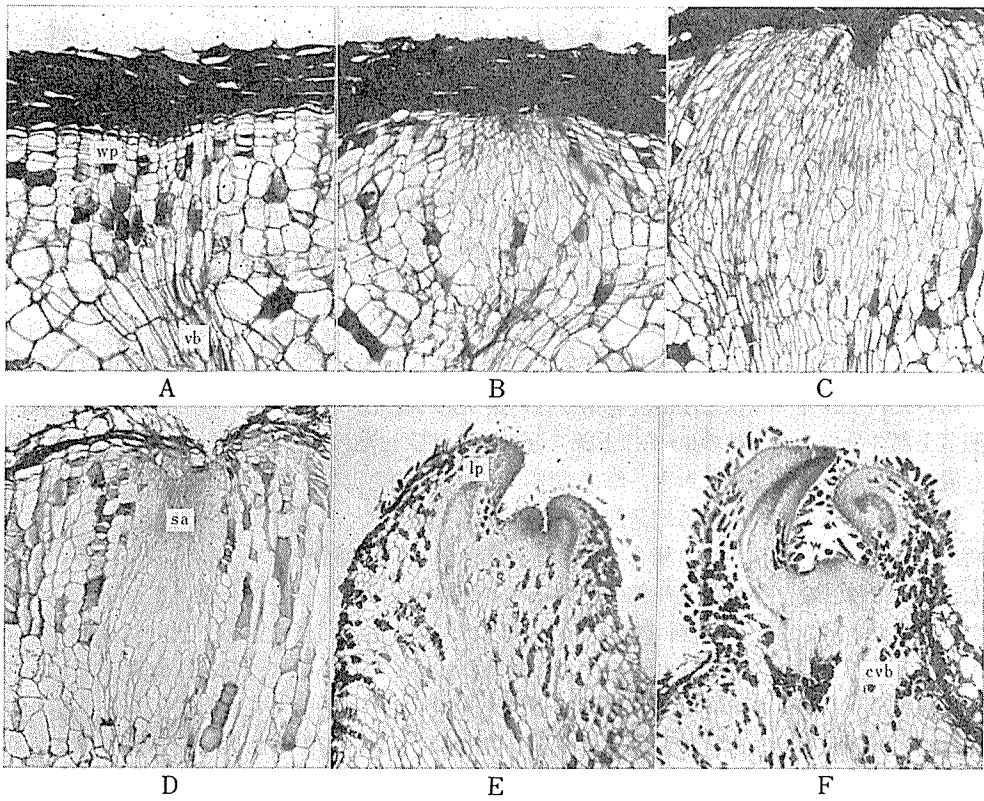


Fig. 38. Longitudinal section of adventitious buds formed on scooped surface of tubers.

A : Final stage of wound-periderm formation. B-D : Initial stages of an adventitious bud developed on the vascular cut end. Primordium are pushing through wound-periderm. E and F : Shoot forming stages. cvb ; Connecting vascular bundle. lp ; Leaf primordia. sa ; Shoot apex. vb ; Vascular bundle. wp ; Wound-periderm.

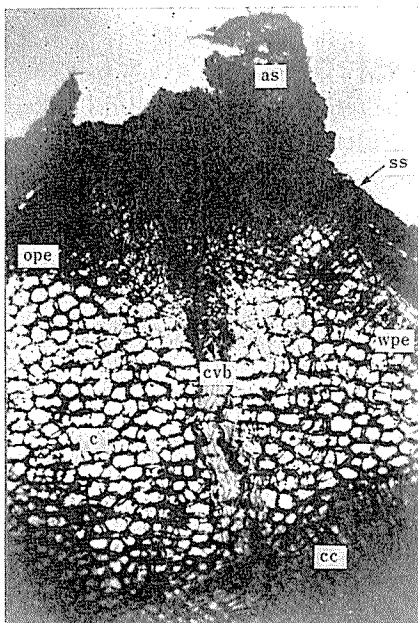


Fig. 39. Development of connecting vascular bundle induced by adventitious shoot formed on the margin of scooped surface of tuber. as : Adventitious shoot. c : Cortex. cc : Central cylinder. cvb : Connecting vascular bundle. ope : Old periderm. ss : Scooping surface. wpe : Wound-periderm.

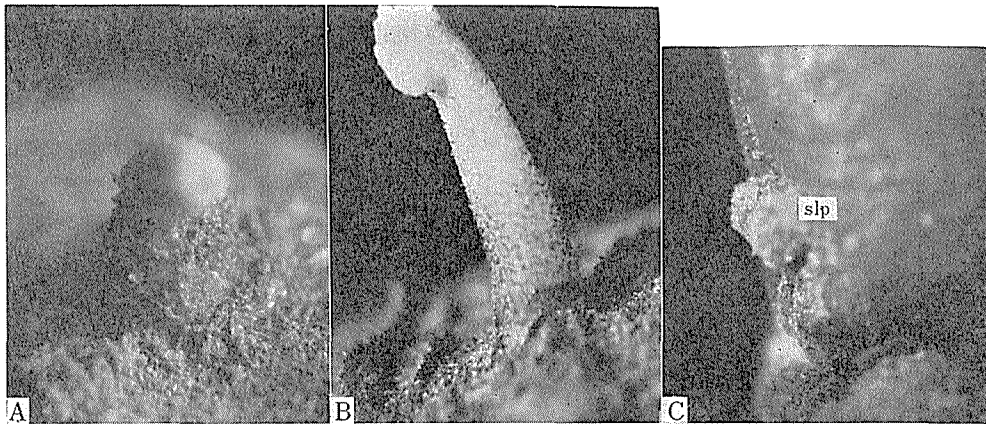


Fig. 40. Micrograph showing the development of adventitious bud formed on the periderm.
 A and B : Development of the first leaf. C : Out-growth of the second leaf primordia (slp) on the axil of the first leaf.

するが、その後それが展葉期に達するころ、その葉柄着生部附近の向軸側に第2葉以下の葉が形成された（第40図—C）。

第41図は、周皮上に現れる不定芽の発達段階を解剖的に観察したものである。

Stage Aは、コルク形成層近傍から生じた不定芽原基がコルク層を押し破って盛り上った状態を示す。Stage B及びCは、Stage Aから約20～25日経過して原基が突起状に発達し、その頂部に茎頂を分化した状態を示す。この突起は第42図に示すように、周皮面に多数発生する。Stage D及びEは、Stage Cからさらに20日以上経過して第1葉の葉身及び葉柄分化の初期的段階に達した状態を示す。この段階では芽の茎頂部から塊茎の中心柱方向に維管束の分化が進行し、既存の維管束と通ずる連絡維管束の発達が観察された。Stage Fは、Stage Eから20日以上経過して、茎頂に第2葉の原基が分化した状態を示す。

なお、第42図に示す突起のうち、連絡維管束の形成にまで進んだものはわずかで、突起の多くは途中で座止し、休眠状態となった。また、D及びEの段階で第2葉の原基とみられる角状の突起が第1葉と対称の位置に発達するものが認められたが、突起以上には発達しなかった。

第2節 考 察

これまでにシクラメンの塊茎組織に形成される不定芽を組織学的に研究した例として、頭部を切除した幼苗期の塊茎に生ずる不定芽の維管束分化に関する Boodle⁸⁾ の報告がある。Boodleの結果は本実験で観察された塊茎側面の周皮上に生じた不定芽又は塊茎切断面の周縁部に生じた不定芽の発達段階と一致している。しかし、本実験で観察された塊茎切断面の維管束切口及びその周辺に生ずる不定芽については Boodleは何も触れていない。これは恐らく用いた塊茎が幼苗期のものであったために、そのような位置からの不定芽形成は起らなかったものと推察される。

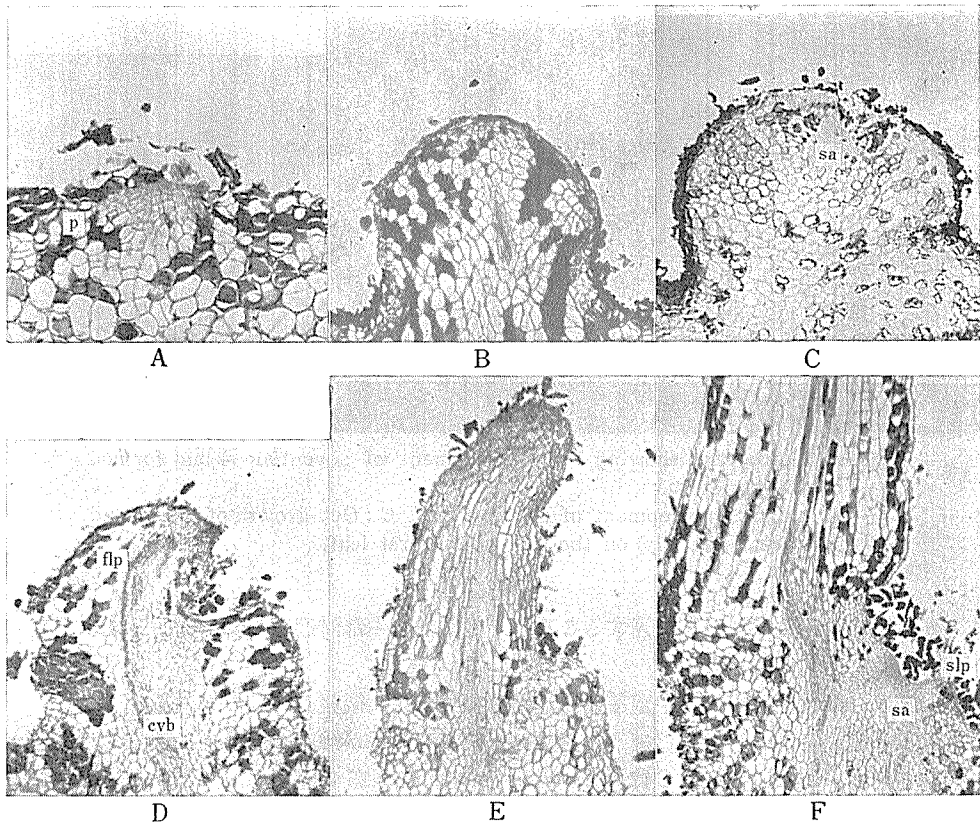


Fig. 41. Longitudinal section of adventitious buds formed on the periderm of tuber.

A : Initial stage of an adventitious bud rising from the cork cambium in the periderm. B and C : Protuberant stages of primordium. D and E : Stages of the first leaf differentiation. F : Stage of the second leaf differentiation. cvb ; Connecting vascular bundle. flp ; The first leaf primordia. p ; Periderm. sa ; Shoot apex. slp ; The second leaf primordia.

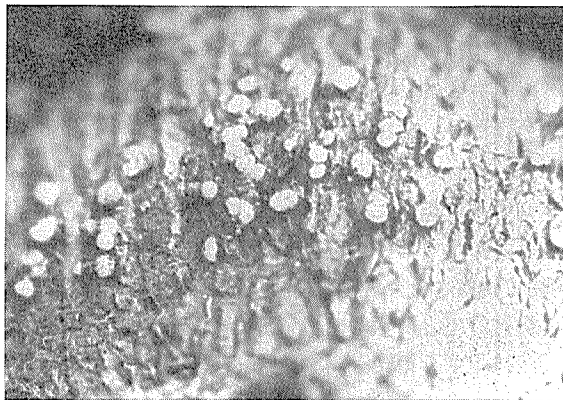


Fig. 42. Protuberances formed on the periderm. Photograph was taken 90 days after scooping.

Priestry⁶¹⁾ は解剖学的見地から栄養繁殖に関する広範な関係文献を要約して解説しているが、そのなかで切り離された茎節間に形成される不定芽の位置は一般に傷いカルスから生ずる。しかし、皮層又は表皮から生ずる場合もあるし、また、まれには切片頂端の維管束組織から生ずる場合もあると解説している。頭部を切除したシクラメン塊茎の維管束切口又はその周辺に生ずる不定芽の場合も、その数少ない例のなかに入るのかも知れない。

なお、不定芽の発生位置によって、その発達形態に相違がみられるが、これは発生位置の内部組織の違いが発生初期の不定芽への養分供給に差をもたらしたためではないかと考えられる。すなわち、正常な発達形態を示す塊茎切断面の内皮より内側に生ずる不定芽(第38図)の場合は、発生した不定芽の原基が既存の維管束の切口又はそのごく近い位置にあり、したがって、連絡維管束の発達はすみやかで、不定芽への養分供給が発生の初期から円滑に行われたことが考えられる。

一方、変則的な発達形態を示す塊茎側面の周皮上に生ずる不定芽(第41図)の場合は、不定芽が形成される周皮と内鞘の間には普通約30層の皮層細胞が存在しており、したがって、連絡維管束の形成に手間どり、発生初期の不定芽への養分供給が十分に行われなかったことが考えられる。

第3節 摘 要

塊茎切断(切頭)面の内皮より内側、切断面の周縁部及び塊茎側面の周皮上に形成される不定芽の発生位置を解剖学的に観察した。

内皮より内側からの場合、不定芽の原基は切断した維管束の切り口及びその周辺に発生した。切断面の周縁部からの場合、原基は塊茎周皮と切断面に生ずる傷い周皮が連結する位置のコルク形成層から生じた。また、周皮上に現れる不定芽の原基は、周皮のコルク形成層から発生した。

第8章 総 括

シクラメンの繁殖は一般に実生によって行われているが、長年の交雑によってできた異型接合のために雑種性が強く、しかも多くの品種が同質4倍体であるために固定が難しく、それゆえに優れた親株でも次代では形質の異った個体が多く現れる性質がある。

Wellensiek^{83, 84, 85)}によれば、4倍体品種の同型接合体は自殖を数代行うことによって得られるが、勢力の著しい減退を招くとしている。さらに Wellensiek⁸⁴⁾は現存する品種の遺伝的構成を改良する方法として、第1に選んだ個体の祖先を考慮する、第2に後代検定によって母株を選抜する、第3にF₁種子を生産する、第4に2倍体のレベルまで染色体数を減らし、品種の純粋性をつくりあげる、ことをあげている。もしここで、栄養系品種の成立を可能にするような栄養繁殖の方法が確立できるとすれば、上述の Wellensiek の指摘は大きく変更しなくてはならなくなるであろう。

一方また、栄養系品種を育成するという立場からだけではなく、優良種子の量的、継続的生産を行う上からもシクラメンの栄養繁殖は今日の重要な課題の1つである。

本研究は、これまでにシクラメンでは事例がない塊茎分割による栄養繁殖について究明し、実用化への可能性を明らかにしようとした。

最初にまず、塊茎分割による栄養繁殖の大要について述べる。

十分に肥大充実した塊茎を植えたままの位置で塊茎上部約3分の1を切除してから、その下部を約1cmの方形又は放射状に深く切りこみを入れる。分割後は30°C高湿度下で5~12日間ゆ傷促進処理を行ってから、20°Cの温度下に移し不定芽の形成を促す。この場合、土壌湿度は塊茎切断面からのいつ泌を制止し、腐敗を防止するために、分割後3~4週間pF 2.71~2.75に保持する必要がある。

つぎに本研究を通じて明らかになった諸点を総括して述べることにする。

本繁殖法の有利点

本繁殖法は、栄養繁殖としてこれまでに報告された塊茎切片の無菌培養^{21, 37, 38, 58, 60, 72}、塊茎の切片ざし⁷⁹及び葉芽ざし^{29, 63}などの方法に比較して、第1に繁殖操作が簡単で、無菌培養法のように特殊な専門的技術や設備を必要としない、第2に植物体の再生(不定芽形成)の確実性が高い、第3に再生までの日数が短かく、再生後はいつでも移植が可能である。第4に実生苗に準じて移植を行うことができる、などの点で優れており、実用化への可能性が高いと考えられる。

なお、Morel⁴³の行った葉柄切片から誘導したカルスからの植物体の再生(不定胚形成)は繁殖能率は高いといわれているが、この方法は無菌培養によって行われるものであり、その後に行われた Geier²¹の結果をも合せ考えると、実用化への可能性は現在のところ少ないように思われる。

不定芽形成と外的条件

塊茎分割時及び分割初期における塊茎切断面からのいつ泌を制止のための土壌湿度の調整について、また、切断面のゆ傷組織の発達及び不定芽形成に対する温度及び湿度の影響について研究した。

土壌湿度の調整：栽培時の土壌湿度の状態で塊茎を切断すると、その切断面からいつ泌が続き、ゆ傷作用は阻害される。そこで、切断面からのいつ泌と土壌湿度の関係を室内温度約19°C、相対湿度約60%下で調べたところ、pF 2.71以上に土壌湿度が低下するといつ泌は起らなくなることが確められた。しかしこの場合、過度の土壌湿度の低下は塊茎組織のいちよう収縮を招く恐れがあるが、pF 2.84までの範囲ではその徴候は全く認められなかった。したがって、土壌湿度の下限がその範囲であれば、塊茎のいちよう収縮は起らないものと考えられる。

塊茎分割後、生理的に切断面からのいつ泌が生じなくなる土壌湿度の調整期間について、室内温度約19°C、相対湿度約61%下で調べたところ、それは分割後少なくとも3~4週間は必要であることが確められた。この調整期間は20°C下での塊茎切断面における傷い周皮の形成に要する日数とほぼ一致した。

ゆ傷組織の発達と温度及び湿度：塊茎切断面における傷い周皮の発達は温度が30°Cのとき最も促進的であった(周皮形成開始期が処理開始5日後、完了期が12日後)。また、相対湿度との関係では、低い湿度(55%)下でも傷い周皮は正常に発達したが、湿度の低下とともにスベリン化細胞層の増加が著しかった。しかも高温度下でその増加が助長される傾向が

あった。したがって、分割後少なくとも周皮形成開始期までは高い湿度状態で保持し、細胞のスベリン化を最少限度にとどめるべきではないかと考える。

不定芽形成と温度及びゆ傷促進処理：分割した塊茎切片からの不定芽形成は、温度が約20°Cのとき最も順調に行われたが、高温度（約27°C）下では著しく抑制された。また、ゆ傷促進処理との関係では、25°C～30°C高湿度下でゆ傷処理を行ってから20°Cに移すほうが、20°C一定下に置くよりも不定芽形成は促進された。たとえば、不定芽形成率が80%に達するのに要する分割後日数は、30°Cで12日間ゆ傷処理したものでは52日であったのに対し、20°C一定下では73日であった。この不定芽形成の早まった原因は、ゆ傷処理中に不定芽形成に必要な内的条件の調整（たとえば形成域への誘起物質の移動集中）が行われたためではないかと考えられる。

以上のことから、分割切片からの不定芽形成を確実にすみやかにするためには、第1にはち内土壌湿度を分割時から3～4週間pF 2.71～2.75に維持する、第2に分割後は30°C高湿度下で5～12日間ゆ傷促進処理を行う、第3にゆ傷促進処理後は約20°Cの温度下で不定芽形成を促す、ことであると結論できよう。

不定芽形成と内的条件

実生株の生育経過及び体内成分の消長、不定芽形成に及ぼす塊茎頭部切除の位置及び塊茎分割の大きさの影響、塊茎の齢及び品種による不定芽形成の差異について研究した。

塊茎の肥大及び充実経過と塊茎分割の時期：塊茎の肥大、塊茎の乾物率及び炭水化物の時期別調査から、塊茎分割の時期は開花終了期から1～2か月の間に行うのが望ましいのではないかと推察された。標準栽培（9月は種、年末出荷）の場合であれば、それはおよそ4～6月に相当する。

不定芽形成と塊茎頭部切除の位置及び分割の大きさ：塊茎頭部切除の位置（深さ）及び分割の大きさを変えて不定芽形成に対する影響を調べたところ、塊茎の上部約3分の1を切除してから、その下部を約1cm方形に分割した場合、繁殖率は最も高かった。塊茎の大きさに対応する分割切片数は、1cm方形に分割を行った場合、塊茎の横径が4cmのもので12～13、6cmで26～27、8cmで46～48、10cmで67～70個となる。この数値は採種又は育種母本の繁殖を目的とした場合、一応満足できる値ではないかと考える。

塊茎の齢による不定芽形成の差異：塊茎の齢による不定芽形成の差異を実生株と分割繁殖株について調べた結果、不定芽の形成機能は塊茎の齢の進行に伴って低下する傾向が認められた。しかし、分割繁殖が継代的に行われた場合は、その機能低下は軽減される可能性が高いことが示された。これは、分割繁殖を継代的に行うことによって、塊茎組織の生理的活性が実生1年生球のときのそれに近い状態にあるためではないかと考えられる。

品種による不定芽形成の差異：塊茎分割によって繁殖した12品種の同一栄養個体について、塊茎分割切片からの不定芽形成を調べたところ、分割7か月後の不定芽成率は8品種が91～100%、他の4品種は81～88%であった。また、それらの全平均は約92%であった。品種によるこの程度の差は、実際面ではそれほど問題にはならないのではないかと考える。

以上述べてきたことを要約すると、塊茎分割の時期は、塊茎の生長経過からみて、開花終了期から1～2か月の間が好ましい、不定芽形成のための塊茎頭部切除の位置は球高の上から3分の1が適当である。頭部切除後の塊茎分割の大きさは約1cm方形が望ましい、塊茎

の齢の進行に伴う不定芽形成機能の低下は分割繁殖を継代的に行うことによって軽減される可能性が高い、品種による不定芽形成率の差は比較的少ない、などである。

不定芽形成と植物生長調節物質の処理：分割切片の不定芽形成に対する生長調節物質の散布又は浸漬処理の影響を調べた結果、生長調節物質による積極的な効果は明らかではなかった。それは、全体に対照区の不定芽形成率が高かったためである。また、同時にそれは塊茎分割が1 cm 方形以上の大きさで行われた場合には、生体内の誘導物質によって不定芽形成が可能であることを意味している。

とはいえ、生長調節物質の効果が全く認められなかったわけではない。すなわち、塊茎分割時の TIBA 0.5~5ppm+アデニン 50ppm 散布処理は不定芽の形成時期を早め、また根部を切除した分割切片の TIBA 0.5~5ppm+カイネチン 20ppm 浸漬処理は不定芽形成率を高める傾向が認められた。したがって、不定芽形成をより確実なものとするためには、それら調節物質の利用が考えられる。

一方、高濃度の NAA (10及び100ppm)、TIBA (500ppm) 及び BA (300ppm) 処理は、不定芽形成を抑制するか又は遅らせた。

分割繁殖株の生育

塊茎分割によって繁殖した株と実生株を比較栽培した結果、分割繁殖株は多花性になる傾向が認められた。しかし、その他の点では著しい差はなかった。

分割繁殖1代株及び2代株の生育を10品種について調査した結果、2代株は7品種が1代株に匹敵する生育を示したが、他の3品種は塊茎組織内汚染が原因とみられる葉数及び開花数の減少(1代株との比較)が認められた。したがって、分割繁殖株の栽培には病害予防など管理の徹底をはかる必要がある。

分割繁殖株からの採種

品種‘サーモンスカーレット’の分割繁殖2代株について採種実験を行った結果、十分採算のとれる種子量が得られ、採種上問題となるような点は認められなかった。したがって同一栄養系からの種子の生産は十分可能であると考えられる。

第43図はこれまでの研究結果を踏まえて、塊茎分割繁殖を組合せた種子の生産体系を示したものである。ここでは同一母本から継続的に種子生産を行うことを前提に、種子生産の場と栄養繁殖の場を区分した。すなわち、種子生産の場はもっぱら種子生産に重点をおき、原則として次代の栄養繁殖の対象とはしない。一方、栄養繁殖の場は次代の栄養繁殖のための母株養成として位置づけ、原則として種子生産は行わない。なお、最初の検定用母株からの採種は、後代検定に必要な種子量(約300粒)にとどめ、結実多過による母株の消耗を少なくするよう配慮すべきであろう。

不定芽発生位置の解剖学的観察

不定芽は塊茎の上部切除の位置が浅い場合には、切断面の内皮より内側に形成されるが、切除の位置が深い場合には、内側のみならず切断面の周縁部、さらには塊茎側面の周皮上にも形成される。それら異なった部位に形成される不定芽の分化位置を解剖的に観察した。

その結果、内皮より内側からの場合、不定芽の原基は切断された維管束の切口及びその周辺に発生した。切断面の周縁部からの場合、原基は塊茎周皮と切断面に発達した傷い周皮とが連結する位置のコルク形成層から生じた。また、塊茎周皮上に現われる不定芽の原基は周

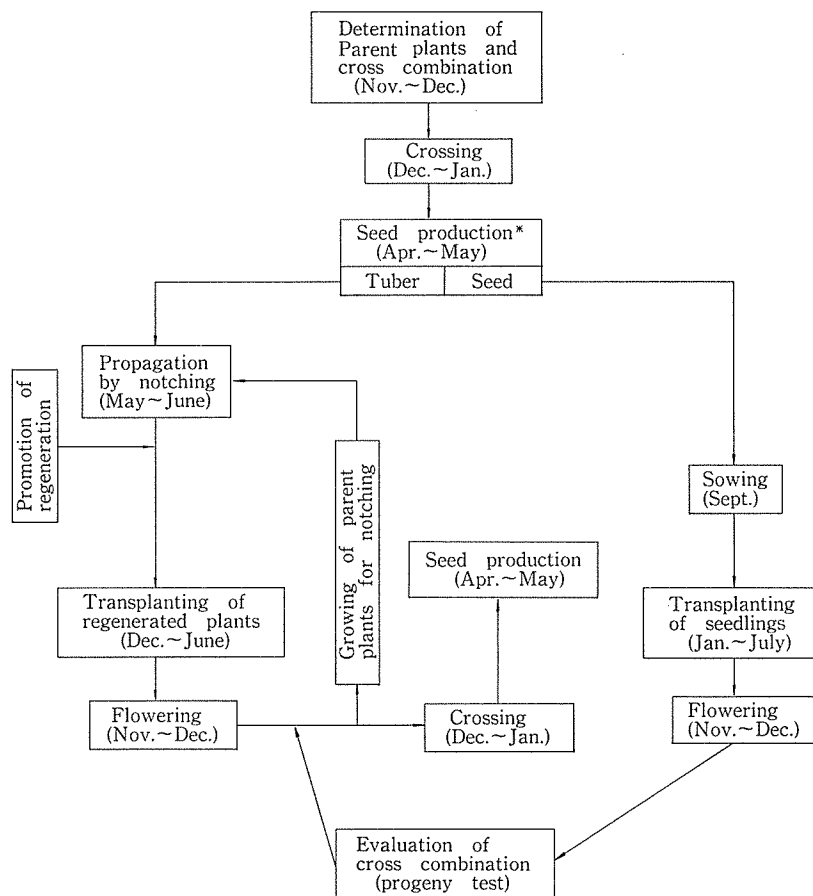


Fig. 43. A system for seed production of cyclamen combined with vegetative propagation by tuber notching.

* The amount of seed growing per plant should be restricted for maintaining healthy parent plants.

皮のコルク形成層から発生した。

以上の研究結果から、塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖は十分可能であることが明らかにされた。また、分割によって繁殖した株の栽培適性は実生株のそれとそう変わらないことが確かめられた。

最後に、この塊茎分割によるシクラメンの繁殖技術は、今後形質の優れた株の増殖に対し、また優良種子の生産や育種素材の維持増殖に対し、役立てることができるのではないかと考える。

謝 辞

本研究のとりまとめに際し、ご懇切なご指導とご助言を賜った京都大学農学部教授浅平端博士、本研究の端緒を得る機会を与えて下さいました京都大学名誉教授塚本洋太郎博士、終始ご便達を賜った島根大学名誉教授高馬進博士、本研究の遂行に当って適切なご指導とご助言をいただいた信州大学農学部教授高橋敏秋博士に対し、謹んで感謝の意を表します。

また本研究の遂行に当り、多大なご援助と協力を寄せられた信州大学農学部そ菜花き学研究室の各位に対し厚く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 阿部恒光・渡部弘・小山弘道. 1973. シクラメンの生育におよぼす光の影響について. 園芸学会昭和48年度春季大会研究発表要旨. 400-401.
- 2) 天野景光・佐藤一郎・田辺賢三. 1970. ナガイモの切片繁殖に関する研究(第1報). 切片の大きさ, ならびに採取部位について. 砂丘研究. 16: 28-31.
- 3) ARORA, Y. K., S. NAKAO, and T. NAKAJIMA. 1970. Perpetuation of *Begonia rex* by aseptic culture with micro-leaf cutting under various condition of auxin and cytokinin. Jap. J. Breed. 20: 275-281.
- 4) ARTSCHWAGEN, E. 1927. Wound periderm formation in the irish potato as affected by temperature. J. Agr. Reseach. 35: 995-1000.
- 5) ———. and R. C. SLARRETT. 1935: Suberization and wound-periderm formation in sweetpotato and gladiolus as affected by temperature and relative humidity. J. Agr. Reseach. 43: 353-364.
- 6) 浅平端・加納恭卓. イチゴの果実組織の培養における葉条形成. 園学雑. 46: 317-324.
- 7) ASEN, S. and C.L. HAMMER. 1953. Effect of growth-regulating compounds on development of basal shoots of greenhouse rose. Bot. Gaz. 115: 86-89.
- 8) BOODLE, L. A. 1920. The mode of origin and the vascular supply of the adventitious leaves of cyclamen. Ann. Bot. 34: 431-437.
- 9) BURROWS, W. T. and D. J. CARR. 1969. Effects of flooding the root system of sunflower plants on the cytokinin content in the xylem sap. Physiol. Plant. 22: 1105-1112.
- 10) CANE, A. R. and M. B. WILKINS. 1970. Auxin transport in roots. VI. Movement of IAA through different zones of zea roots. J. Exp. Bot. 21: 212-218.
- 11) CARPENTER, W. J., R. C. RODRIGUEZ and W. H. CARLSON. 1971. Growth reguator induced branching of non-pinched poinsettias. Hort. Science. Vol. 6: 457-458.
- 12) CARR, D. J. and W. J. BURROWS. 1966. Evidence of the presence in xylem sap of substance with kinetin-like activity. Life Science 5: 2061-2077.
- 13) CHRISTE, A. E. and A. C. LEOPOLD. 1965. On the manner of triodobenzoic acid inhibition of auxin transport. Plant and Cell Physiol. 61: 337-345.
- 14) FONNESBECH, M. 1974. The influence of NAA, BA and temperature on shoot and root development from *Begonia* × *cheimanthus* petiole segments grown in vitro. Physiol. Plant. 32: 49-54.
- 15) FUJIEDA, K., Y. ANDO and Y. FUJITA. 1977. Propagation of welsh onion through shoot tip culture. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 22: 89-98.

- 16) 藤枝国光・松岡法恵・藤田幸雄, 1979. タマネギの組織培養による栄養繁殖. 園学雑. 48 : 186-194.
- 17) 藤岡作太郎, 1964. アマリリス球根のりん片繁殖に関する研究. 園学雑. 33 : 67-78.
- 18) 麓 次郎・富士原健二, 1965. 葉ざしに関する研究 (第1報). ベゴニア属植物における葉ざしの発根, 発芽におよぼす化学物質の影響. 園芸学会昭和40年度秋季大会研究発表要旨. 27.
- 19) ————・—————. 1968. ベゴニアの葉ざし繁殖に関する研究 (第1報). 不定芽形成におよぼす Kinetin, TIBA の影響. 園学雑. 37 : 172-177.
- 20) GALSTON, A. W. 1947. Effect of 2·4·5-triiodobenzoic acid on growth and flowering of soybeans. Amer. J. Bot. 34 : 356-360.
- 21) GEIER, T. 1977. Morphogenesis and plant regeneration from cultured organ fragments of *Cyclamen persicum*. Acta Hort. 78 : 167-175.
- 22) GOEBEL, K. 1920. Ueber Regeneration im Pflanzenreich. Biolg. Centralbl. 22 : 435-438, 481-487.
- 23) HAY, J. R. 1956. The effect of 2·4-dichlorophenoxyacetic acid and 2·3·5-triiodobenzoic acid on the transport of auxin. Plant. Physiol. 31 : 118-120.
- 24) HEIDE, O. M. 1965. Interaction of temperature, auxins and kinetins in the regeneration ability of begonia leaf cuttings. Physiol. Plant. 18 : 891-920.
- 25) HILDING, A. and T. WELANDER. 1976. Effects of some factors on propagation of *Begonia × hiemalis* in vitro. Swedish. Agric. Res. 6 : 191-199.
- 26) HILL, A. W. 1920. Studies germination. Experiments with cyclamen. Am. Bot. 34 : 417-430.
- 27) 池上隆雄, 1972. マツバボタンおよびマツバギクの茎切片の不定根, 不定芽形成に及ぼす IAA, カイネチンの影響. 園学雑. 41 : 185-195.
- 28) ITAI, C. and VAADIA. 1965. Kinetin-like activity in root exudate of water-stressed sunflower plants. Physiol. Plant. 18 : 941-944.
- 29) 狩野邦雄・佐藤義機, 1967. シクラメンの葉ざし繁殖法. 農及園. 42 : 1526-1528.
- 30) KONINGS, H. 1969. The influence of acropatally transported indoleacetic acid on the geotropism of intact pea roots and its modification by 2·3·5-triiodobenzoic acid. Acta Bot. Neerl. 18 : 528-537.
- 31) KUSE, G. 1953. Effects of 2·3·5-triiodobenzoic acid on the growth of lateral bud tropism of petiole. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto Ser. B, 20 : 207-215.
- 32) ————. 1954. Bud inhibition and correlative growth of petiole in sweet potato stem. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto Ser. B, 21 : 107-114.
- 33) LOEWENBERG, J. R. 1969. Cyclamen callus culture. Can. J. Bot. 47 : 2065-2067.
- 34) MAARTSCH, R. und W. RÜNGER. 1954. Ein weiterer Beitrag zur Keimung von Cyclamen. Gartenwelt. 54 : 88.
- 35) 真下育久, 1960. 森林土壌の理学的性質とスギ・ヒノキの成長に関する研究. 林野土壌調査報告. 11 : 17-20.
- 36) 松本正雄・武永順次・星野清久, 1967. 温度条件がシクラメンの生育開花におよぼす影響. 園芸学会昭和42年度春季大会研究発表要旨. 330-331.
- 37) MAYER, L. 1956. Wachstum und Organbildung an in vitro kultivierten Segmenten von *Pelargonium zonale* und *Cyclamen persicum*. Planta. 47 : 401-446.

- 38) ————. 1957. Vegetative Vermehrung von *Cyclamen persicum*. Gartenwelt. 57:1.
- 39) 三浦泰昌. 1967. シクラメンの施肥に関する研究(第1報). 1. チッソ, リン酸, カリ, カルシウムが生育におよぼす影響. 神奈川園研報. 16:79-89.
- 40) ————. 1970. シクラメンの施肥に関する研究(第2報). 施肥法の違いが生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 神奈川園研報. 18:82-95.
- 41) ————. 1972. シクラメンの培養土に関する研究(第1報). 素焼ばち物理性がはち内土壌水分変化におよぼす影響について. 神奈川園研報. 20:88-94.
- 42) ————. 1973. シクラメンの培養土に関する研究(第2報). プラスチックばち栽培における培養土の物理性と生育との関係. 神奈川園研報. 21:112-119.
- 43) MOREL, G. 1975. La multiplication Végétative du Cyclamen à partir de pétiole foliaire permettra-t-elle une nouvelle application de la culture "in vitro" à l'horticulture. Pepin. Hort. Maraichers no. 158:25-28.
- 44) 中山昌明. 1979. 塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖(第1報). 分割方法, 再生のための外的条件及び分割個体の生育. 園芸学研究集録. 9:93-99.
- 45) ————. 1980. 塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖(第2報). シクラメンの再生に及ぼす頭部切除の位置及び分割の大きさの影響. 園学雑. 49:228-234.
- 46) ————. 1971. 塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖に関する研究(第3報). 不定芽形成におよぼす温度, 塊茎の age および品種の影響. 園芸学会昭和46年度春季大会研究発表要旨. 244-245.
- 47) ————. 1972. 塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖に関する研究(第4報). 不定芽形成におよぼす生長調節物質の影響. 園芸学会昭和47年度春季大会研究発表要旨. 318-319.
- 48) ————. 1973. 塊茎分割によるシクラメンの栄養繁殖に関する研究(第5報). 分割2代目個体の生育とその品種間差異. 園芸学会昭和48年度研究発表要旨. 402-403.
- 49) ————. 1978. 9月まきシクラメンの生長経過と2・3の体内成分の消長. 長野県園芸研究会第9回講演要旨. 54-55.
- 50) ————. 高橋敏秋. 1968. 夏期の照度制限がシクラメンの生育におよぼす影響. 園芸学会昭和43年度春季大会研究発表要旨. 222-223.
- 51) ————. 1977. シクラメン栽培の基礎的研究(第1報). シクラメンの生育開花におよぼす播種期の影響. 信州大農紀要, 14(2):137-146.
- 52) ————. 1979. シクラメン栽培の基礎的研究(第2報). シクラメンの生育におよぼす温度の影響. 信州大農紀要. 16(1):1-12.
- 53) NIEDEGANG-KAMIEN, E. and F. SKOOG. 1956. Studies on polarity and auxin transport. *Physiol. Plant.* 9:60-63.
- 54) 西山市三. 1963. 細胞遺伝学研究法. 22. 養賢堂.
- 55) 農林水産省農蚕園芸局果樹花き課. 1972-80. 昭和46~54年花き類の生産状況等調査.
- 56) 岡田正順. 1958. 輸出グラジオラス球根のキュアリング処理法. 農及園. 33:1567-1568.
- 57) OKAZAWA, Y., N. KATSURA and T. TAGAWA. 1967. Effects of auxin and kinetin on the development and differentiation of potato tissue cultured in vitro. *Physiol. Plant.* 20:862-869.
- 58) OKUMOTO, H. and T. SHIGETOSHI. 1969. Aseptic culture of cyclamen tuber tissue. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 38:178-187.
- 59) 樺木忠夫. 1966. シクラメンと鉢物園芸. 138. 誠文堂新光社.
- 60) PIERIK, R. L. M. 1975. Vegetative vermeerdering van cyclamen. *Vakblad voor de*

- Bloemisterij. 30 no. 28 : 1-3.
- 61) PRIESTRY, J. H. and C. F. SWINGLI. 1929. Vegetative propagation from the standpoint of plant anatomy. U. S. Dept. Agric. Tech. Bull. 151 : 1-98.
 - 62) PULMMER, T. H. and A. C. LEOPOLD. 1957. Chemical treatment for bud formation in saintpoulia. Amer. Soc. Hort. Sci. 70 : 442-450.
 - 63) RITHMANN, O. and L. H. POLLORED. 1965. Cyclamen cuttings root with corm fragmentation on petiole. Florist's Review. 86 : 3513 : 21-22.
 - 64) 齊藤 清. 1969. 花の育種. 323-328. 誠文堂新光社.
 - 65) 坂村 徹. 1952. 植物生理学上巻. 212-217. 裳華房.
 - 66) SCHRAUDOLF, H. and J. REINERT. 1959. Interaction of plant growth regulators in regeneration processes. Nature. 184 : 465-466.
 - 67) SCOTT, T. and M. B. WILKINS. 1968. Auxin transport in root. II. Polar flux of IAA in zea roots. Planta. 83 : 323-334.
 - 68) SEABROOK, T. E. A., B. G. CUMMING and L. A. DIONNE. 1976. The in vitro induction of adventitious shoot and root apices on narcissus cultivar tissue. Can. J. Bot. 54 : 814-820.
 - 69) SITTON, D., C. ITAI and H. KENDE. 1967. Decreased cytokinin production in the roots as a factor in shoot senescence. Planta. 73 : 296-300.
 - 70) SKOOG, F. and C. TSUI. 1948. Chemical control of growth and bud formation in tobacco stem segments and callus cultures in vitro. Amer. Jour. Bot. 35 : 782-787.
 - 71) ———, and C. O. MILLER. 1957. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured in vitro. Symp. Soc. Exp. Biol. 11 : 118-131.
 - 72) STICHEL, E. 1959. Gleichzeitige Induktion von Sprossen und Wurzeln an in vitro kultivierten Gewebestücken von *Cyclamen persicum*. Planta. 53 : 293-317.
 - 73) STIMART, D. P. and P. E. ASCHER. 1978. Tissue culture of bulb scale sections for asexual propagation of *Lilium longiflorum* Thumb. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 182-184.
 - 74) 武永順次・松本正雄・村松武治. 1972. 灌水条件がシクラメンの生育開花におよぼす影響. 園芸学会昭和47年度秋季大会研究発表要旨. 272-273.
 - 75) 豊田篤治・西井謙治・筒井 澄. 1960. ヒヤシンス鱗片のカルス形成に及ぼす温度と湿度の影響. 富山農試砺波園芸分場報告. 1 : 12.
 - 76) 塚本洋太郎. 1965. 原色植物図鑑 Vol. IV : 185-186. 保育社.
 - 77) 鶴島久雄. 1968. シクラメンの生育および開花について. 園芸学会昭和43年度春季大会研究発表要旨. 224-225.
 - 78) 上田 博・鳥潟博高. 1969. *Cymbidium* の生長点培養における器官形成(第2報). 暗培養における生長物質の与える影響について. 園学雑. 38 : 188-193.
 - 79) VRIES, D. P. 1975. Vegetative vermeerdering van cyclamen : stekken van knollen. Vakblad voor de Bloemisterij. 30 no. 47 : 23.
 - 80) WEIMER, J. I. and L. L. HARTER. 1921. Wound-cork formation in the sweetpotato. J. Agr. Reseach. 21 : 637-647.
 - 81) WEISS, C. and Y. VAADIA. 1965. Kinetin-like activity in root apices of sunflower plants. Life Science. 4 : 1323-1326.

- 82) WELANDER, T. 1977. In vitro organogenesis in explants from different cultivars of *Begonia* × *hiemalis*. *Physiol. Plant.* 41 : 142-145.
- 83) WELLENSIEK, S. J. 1959. The effect of inbreeding in *Cyclamen persicum*. *Euphytica*, 8 : 125-130.
- 84) ———., J. DOORENBOS. and R. A. H. LEGRO. 1961. *Cyclamen*, a descriptive list of cultivars. Veenman and Zonen, Wageningen.
- 85) ———. 1965. Note on hybrid vigour in cyclamen. *Euphytica*, 14 : 237-238.
- 86) WILKINS, M. B. and T. K. SCOTT. 1968. Auxin transport in roots. III. Dependence of the polar flux of IAA in zea roots upon metabolism. *Planta*, 83 : 335-346.
- 87) WINTER, A. 1967. The promotion of the immobilization of auxin in avena coleoptiles by triiodobenzoic acid. *Physiol. Plant.* 20 : 330-336.
- 88) 八鍬利郎・原田 隆・嵯峨紘一・志賀義彦. 1971. アスパラガスの形態, 形成に関する研究(第2報). カルス形成および器官分化におよぼす auxin および 6-benzyladenine の影響. *園学雑*. 40 : 347-357.
- 89) ———. ———. ———. ———. 1971. 園芸植物のやく培養に関する研究(第1報). アスパラガスのやく培養におけるカルス誘導と器官分化. *園学雑*. 41 : 271-280.
- 90) 安井公一・宮田啓一・小西国義. 1974. シクラメン塊茎の肥大に関する組織学的研究. 園芸学会昭和49年度秋季大会研究発表要旨. 348-349.
- 91) ZIMMERMAN, P. W. and A. E. HICHCOCK. 1942. Flowering habit and correlation of organs modified by 2·3·5-triiodobenzoic acid. *Contr. Boyce Thompson Inst.* 12 : 491-496.

Studies on the Vegetative Propagation of Cyclamen by Notching of Tubers

By Masaaki NAKAYAMA

Laboratory of Olericulture and Floriculture, Fac. Agric., Shinshu Univ.

Summary

The present investigation was undertaken to clarify the vegetative propagation of cyclamen by notching of tubers, and to ascertain the cultural aptitude of vegetatively propagated plants.

The experiments were carried out 1967–1981 in the Laboratory of Olericulture and Floriculture, Faculty of Agriculture, Shinshu University.

1. Notching method of tuber and internal or external conditions for multiplication.

Cyclamens could be vegetatively propagated by means of notching the tuber into one centimeter square or radial pattern on the cut surface after about one third of the upper part of the planted tuber was scooped. In this case, curing the notched tuber for five to twelve days at 30°C under high relative humidity and then keeping it at about 20°C were favorable for the formation of adventitious buds. Soil moisture should be maintained at pF 2.71 to 2.75 for three or four weeks after notching, in order to avoid bacterial decay by suppressing bleeding from the cut surface.

From the finding on the developmental progress of mother tubers, the desirable time for tuber notching was supposed to be one or two months from the final stage of flowering period.

It was suggested that the regeneration ability on the notched tuber became lower as age of mother plants advanced, however, it might be able to be kept high by repeating vegetative propagation up generation by generation.

The varietal difference of adventitious bud formation on the notched tuber was examined with twelve cultivars. The rate of adventitious bud formation at about seven months after notching was 91–100% in eight cultivars and 81–88% in four cultivars. And the average rate of all cultivars was 92%.

2. Effect of plant growth regulators.

Effect of NAA or TIBA and adenine, NAA or TIBA and kinetin, NAA and BA, alone or in combination, on the formation of adventitious buds on tuber segments was examined. The spray treatment of TIBA 0.5–5 ppm in combination with ade-

nine 50 ppm and the immersing treatment of TIBA 0.5-5 ppm in combination with kinetin 20 ppm were considerably effective to the formation of adventitious buds on the segment. However, the treatment with high concentrations of NAA, TIBA and BA inhibited or delayed the formation of adventitious buds.

3. Growth of vegetatively propagated plants.

The growth was compared between plants vegetatively propagated by tuber notching and seedlings, using the cultivar 'Salmon Scarlet'. The growth of vegetatively propagated plants seemed to be almost similar to that of seedlings, but vegetatively propagated plants produced more flowers.

The growth of plants propagated by tuber notching extending to two generations was examined with ten cultivars. Plants of seven cultivars in the second generation grew similarly shown in the first generation, but the growth of the others was slightly inferior to that in the first generation.

For the test of seed productivity, the second generation plants of 'Salmon Scarlet' yielded economically desirable quantity of seeds.

4. Anatomical observation of initiation of adventitious bud primordia.

The primordia of the adventitious buds developed from the inside of endodermis on the scooped surface of the tuber, on the margin of the scooped surface or on the periderm of the tuber as the position of scooping lowered in tuber height. In the case of adventitious bud formation from the inside of endodermis, the primordia occurred in the vascular cut end or its periphery. On the other hand, in the case of adventitious bud formation on the margin of the scooped surface, the primordia occurred in the cork cambium, where old periderm and new wound-periderm joined together. In the case of adventitious bud formation on the periderm, the primordia originated from the cork cambium in the periderm.

5. From the results mentioned above, it has been definitely shown that cyclamen can be vegetatively propagated by means of notching the tuber, and that cultural aptitude of vegetatively propagated plants was little different from that of seedlings.