

ウリ科植物の接ぎ木活着機構に関する研究

(付. 図版4)

中 森 英 太 郎

(農 学 教 室)

(昭和41年9月30日受理)

Studies on the Mechanism of Graft Union in *Cucurbits*.

Hidetaro NAKAMORI

(Department of Agriculture, Nara University of Education, Nara, Japan)

(Received Sept. 30, 1966)

From the experiments which were performed in order to observe the histological developmental states of the scions and stocks in grafting among the various species and varieties of *Cucurbitaceae*, the following results were obtained.

(1) A number of practical experiments on the grafting among those mentioned above showed that the scions, when the cotyledons unfolded entirely (leaf age 1.0) in the watermelon (*Citrullus vulgaris*) or the first leaf half unfolded (leaf age 1.5) in the oriental melon (*Cucumis Melo* var. *Makuwa*), could be most successfully united with the stocks. On the other hand, the squash and pumpkin (*Cucurbita maxima*, *C. moschata* and *C. pepo*) and the calabash (*Lagenaria leucantha*), which were used as the stocks, so with the scions, when the first leaves unfolded from half to entirely (leaf age 2.0), respectively.

(2) Though the basic number of the longitudinal vascular bundles in the hypocotyl of *Cucurbitaceae* was six or ten, they were collected into two groups just under the cotyledonary node, and took an annular appearance at the node. Then the bundles were again divided into ten in the epicotyl over the cotyledons. The bicollateral vascular bundle in the hypocotyl of *Cucurbita* spp. were often accompanied by the connective phloems. On several occasions, the interfascicular phloems, the intraxylary ones and the cortex ones were differentiated.

(3) At the optimum stages for grafting, there were found the additional bundles and the anastomosis to have been developed between the longitudinal bundles in both scions and stocks. In some cases, besides the medullary bundles and the cortical bundles, some other abnormal vascular bundles were observed, for instance, conical bundles, cylindrical bundles, loop bundles and abnormally segmented bundle etc.

(4) Although insert-grafting is more reasonable in the histological situation of both members after grafting and the economy of grafting labour, cleft-grafting,

in fact, was more advantageous than that because the scions cleft-grafted, in general, grew more uniformly in contrast to those insert-grafted. But the scions insert-grafted with very good skill were most vigorous throughout the growing period.

(5) After grafting, in common, the calluses formed on the cut or injured surfaces of the stock and the scion made each of the wounds heal. They filled up the gap between the components of the graft to connect with each other, if their surfaces were not in complete contact. But in some cases where those were in complete contact, it was found that the intact parenchymatous cells on the cut surfaces of both members, without forming any callus tissue between them, directly adhered to each other to proliferate themselves. At last, blended into a tissue undistinguishable. The real union of the scion with the stock is achieved when the primordia of vascular strands which had been differentiated in both of them parallelly with the above-mentioned proliferation have developed into the combining vascular bundles between both members of the graft.

(6) Some of the cells near the boundary of the graft were divided further excessively to be metamorphose into the linkage tissue which looked like strings, braids, or sticking things and caused the stock and the scion to connect more strongly, in which the cell membranes showing such a devided appearance as the "dendrite" of a neuron were found.

(7) Abreast with the above-mentioned phenomena, in many cases, it was found that the followings developed as the compensative organs for the damage of grafting, namely, adventitious and latent buds from the stock and adventitious roots from the scion, as those were suppressing phenomena for the graft union. Especially, they were sprouted more abundantly in the case where the graft union did not go sufficiently.

(8) It may be concluded that the grafted *Cucurbitaceae* are really united with each other through the following four stages. They are (1) contact stage of both members of the graft at their cut surfaces, (2) adhesion stage, in which both members have been really connected by the callus tissue or their own cells, but be able to distinguish the one tissue from the other, (3) fusion stage, where the tissue consisting in the cells multiplied excessively on the boundary of both components of the graft can not be distinguishable from each other, and (4) union stage, in which the longitudinal vascular bundles have been formed between the stock and the scion.

I 緒 言

ウリ科植物の接ぎ木活着の経過ならびにその機構は、果樹などにおけるそれとは趣きを異にする点が多いが、なかでも重要な差異は次の諸点である。すなわちこれら双子葉の草本性植物では

接ぎ穂・接ぎ台の組織が接がれた面で完全に融着し合い、かつ複並立維管束系を有しているために、接ぎ穂・接ぎ台の縦走維管束系間に多くの連結維管束が容易に形成され、木本に比しはるかに完全な活着植物となる。木本植物の接ぎ木における接ぎ穂・接ぎ台両組織の癒合機構については、SHARPLES および GUNNERY (1933) CRAFTS (1934) 等を始め多数の報告があるが、草本性植物中現在わが国で最もよく接ぎ木が行なわれているウリ科植物については、活着機構の詳細な報告はまだ見出すことができない。

また従来の研究方法は生態的な観察か、パラフィン法で作った横断あるいは縦断切片の観察によるものが主であったので、活着機構の生態的全ぼうを見逃しがちであった。そこで筆者は新に透明法や骨格法を採用してマクロあるいはミクロ観察からその立体的構造を研究する一方、さらにパラフィン切片法や凍結切片法を併用して、活着過程の精細な組織学的また組織化学的観察を行なって、その実態を多角的に捕えようとした。

II 実 験

その1. ウリ科植物のヒポコチルの特性

ウリ科植物の接ぎ木(割り接ぎ, 挿し接ぎ, 呼び接ぎ)は通常接ぎ穂・接ぎ台ともにヒポコチルで行なう。この部分には維管束の転位部をも含み、また茎と根との両方の性質を有している。

接ぎ木活着部の維管束その他の組織は特殊な形態的構造を示すが、これは接ぎ木植物においてのみ認められる現象であるか否かを明かにするために、接ぎ木の適期から完全活着期にあたる時期(発芽後10日から40日まで)の接ぎ穂と接ぎ台のそれぞれの組織の発達経過を調べて見た。

1・1. 材料および方法

この実験に用いたウリ科植物の種類および品種は次のものである。カボチャ「白菊座」, 「芳香」, 「錦甘露」, キュウリ「相模半白」, シロウリ「東京大長」, スイカ「旭大和」, 「新大和2号」, 「富研」, ヘチマ「長」, マクワウリ「黄1号」, 「和光メロン」, ユウガオ「印度」, レイシ。これらの植物について発芽後10日, 20日, 30日および40日目にそれぞれの品種から10株を採って生体のまま切片を作成し検鏡した。さらにそれぞれの材料について一部は骨格法や注射法によって木部等の立体的構造を観察し、あるいは解離してその組織構造を微細に観察した。また上記の種類のうちカボチャ, スイカ, マクワウリおよびユウガオについては、それぞれ発芽後10日目から隔日に20日目まで材料を FAA 固定液で処理した後、横断および縦断のパラフィン切片をつくって維管束系の発達経過を見た。このほか幼苗期と成熟期とのヒポコチル維管束を発芽後40日, 60日および90日の骨格標本につき比較研究した。

1・2. 実験結果

1. カボチャ, キュウリ, スイカ, マクワウリ, ユウガオでは、ヒポコチル髓部に生じた破生細胞間隙が子葉節位から根基部まで発達して管状の大きな髓腔を形成するが、ヘチマは髓腔を生じない。
2. ウリ科植物のヒポコチルは湿度が高いと一般に発根し易く、特にマクワウリ, カボチャ, スイカでは容易に発根する。
3. 皮層部は厚膜柔組織と柔細胞組織とから成り、内鞘の外側に澱粉鞘が発達する個体もある。
4. 髓部は柔細胞で構成されるが、発芽後15~20日頃から髓腔壁が木化を始め、それから漸次

内接する細胞膜に及び、木化細胞膜が数層を算するようになるが、これは生育温度によってその進行程度は異なる。

第1表 接ぎ木のマクワウリの発根率(割り接ぎ)

マクワウリ(穂)	カボチャ(台)	発 根 率	穂外生根率	髓腔発根率
奈 良 1 号	金 糸 瓜	36.9	11.4	25.5
〃	錦 甘 露	22.3	16.7	5.6
〃	芳 香	17.3	13.8	3.4
和 光 メ ロ ン	白 菊 座	32.2	14.3	17.9
〃	デ リ シ ャ ス	43.3	10.0	33.3
〃	金 糸 瓜	50.0	13.3	36.7

5. ヒポコチルを縦走している維管束は子葉節の下位で2群に吻合し、次いで子葉節で環型となり、上位のエピコチルに移ると基本数の原型に離生する。子葉の葉跡はこの縦走維管束環より下から分派する。根基部においても各縦走維管束原型が環型となり、次いで根部に入るとそれぞれの根の維管束となる

第2表 ウリ科植物縦走維管束原型の基本数

ヒポコチル	茎	種 類	品 種
10	10	カボチャ ヘチマ ユウガオ	打木, 赤栗, 芳香, 備前, 錦甘露 長ヘチマ 丸
6	10	カボチャ キュウリ スイカ マクワウリ ユウガオ	白菊座, ペポカボチャ, 新土佐, シュガーパプキン 相模半白 旭大和, 向陽, 富研, 都, 緑旭 黄1号, 奈良1号, 和光メロン 印度
4	10	キュウリ	聖護院節成

6. 縦走維管束の原型からその一部は離生して他の原型に吻合するものがあるので、横断面の位置によっては縦走維管束の各大きさが不同となるほか、その数が4~12に増減するも、その基本数は種類と品種によって一定している(第2表)。しかし同一品種でも個体により異なるものがある。

7. ウリ科植物の縦走維管束は複並立性であるが、ヒポコチルでは特に原生師部(proto-phloem)と後生師部(metaphloem), 原生木部(protoxylem)と後生木部(metaxylem)とが区別されるが、生育が進み第二期維管束が発達してくると、原生および第一期師部は退廃師部となり、第二期師部の外側に圧潰される。外位師部または木部に接しては連接師部(Connective phloem)(第1図)が存在することが多く、また維管束間師部(第1図)や皮層師部もしばしば見られ、木部内師部が生成されることもある。

8. 幼苗初期になると補助維管束(additional or compensatory vascular bundle)(第2図)

が形成される。それは縦走維管束系の2群列間に縦に生成される。

9. これら縦走する維管束系間を横ならびに斜に連絡する横走維管束(anastomosis vascular bundle)が発達する(第2図)。これは縦走維管束の離生吻合(離合型)とその生因を異にする(第3図)。

10. 縦走する維管束間の放射組織を縦走する髄内維管束(medullary vascular bundle)や皮層を縦に貫く皮層維管束(cortical vascular bundle)が分化する個体もある(第4図)。

11. これらのほかに接ぎ木しないものでも次のような異状維管束型数種が見出された。

(a) 円錐状維管束 この円錐状維管束は縦走維管束を基底として3~4対のものが突出し、その先端が集合して全体が円錐型となっている。スイカではこの型の維管束が列生する部位もあり(第5図)、カボチャ「白菊座」では1個体で2~5個を有するものも珍しくない。この円錐状維管束は道管等がその骨格となっているが、ときには繊維束が発達している場合もあった。

(b) 輪環状維管束 この輪環状維管束は子葉節付近において、螺旋紋道管等を主要素として縦走維管束の外側すなわち皮層部を2~5層に巡って輪環状に発達するものである。

(c) 環状維管束 正常に上下の方向にわたかまりなく伸びている縦走維管束の条列に混じて、環状あるいは半環状になっているものを環状維管束とする。これは節環維管束と異なり、放射組織やペグに形成されることが多く、その初期のものは2~5の道管等によって構成されている。その環の大きさは放射組織の幅より小さいものが多く、完全な環状のものは輪状に一回転してその両端が相互に相反した方向に伸びている。開環状のものはその部分が湾曲膨出したようになっている。維管束環が上に突出しているものや下方あるいは横に膨出しているものなど種々である。これらの小環状のものほかに、縦走維管束から離生した維管束が上端に円弧を形成した後、下向してほかの原型の維管束に吻合する(上環状の)ものと、この逆に下端に環形を形成し、その両端が上位で別々の縦走維管束に吻合する(下環状の)ものがあった。この大環状の維管束は道管等が主要素のものと繊維束を主とするものがある。なおこれら大環状のものは第一期縦走維管束系をとり巻くものとり巻かないタイプのものがある。カボチャ「白菊座」では1個体に5~6個もこの種の維管束を有するものがあった。

(d) 異型維管束 カボチャなどで縦走維管束の1原型から離生したものが異常発達して、放射組織や皮層部に7~8条の木部組織が伸出し、その各条がさらに2~3回分枝を行ない、あたかも樹水を思わせる状態に仮道管を主軸として発達したものもあった。

その2. 接ぎ木活着部の組織構造の変化

接ぎ穂と接ぎ台とがいかなる状態になったときを活着というか、その生態とその限界の時点を決定する必要があるが、単に接ぎ穂と接ぎ台とがともに生命を維持する期間の長短をもってその基準とすることはできない。両方が共生生活を営む状態になったときを活着と断定しても誤りを犯すことになる。接ぎ木活着には4段階があり、活着の程度にも完全活着、不完全活着、偽活着および不活着がある。接ぎ木植物が作成されたと思っても、真の接ぎ木でなく寄生的になっている場合や、接ぎ台に対して挿し木したと同様な結果になっているものなどがある。したがってこれらを認別する根拠、接ぎ穂と接ぎ台との組織相互関係ならびに連結維管束の形成経過について研究する必要がある。

2・1. 材料および方法

スイカおよびマクワウリをユウガオまたはカボチャ台に接いで活着部の生態的变化ならびに組

組織学的構造を調べた。スイカ「旭大和」/カボチャ「錦甘露」およびマクワウリ「黄1号」/カボチャ「錦甘露」については接ぎ木（割り接ぎおよび挿し接ぎ）後12時間目から次々と12時間を経過するごとに120時間までに10回、各回に5株ずつを採り、これを透明液で処理した後木部を染色して、組織とくに維管束の変化ならびに連結維管束の生成過程を観察した。

以上のほかにカボチャ、ヘチマ、レイシ、ヒヨウタン、マクワウリの異属間接ぎ木およびウリ科とナス科との異科間接ぎ木をも行ない、接ぎ木部位の組織学的構造を比較研究した。

2・2. 実験結果

1. 接ぎ木直後における接ぎ木部の生態

接ぎ木当初においては接ぎ穂と接ぎ台との両面が相互に密着している部位（接着部とよぶ）と1細胞長以上の間隔がある部位（接ぎ木間隙部という）とがあり、また割り接ぎによった場合には接ぎ穂が小さ過ぎるか、または接ぎ穂が傾いたか、あるいは接ぎ台の髓腔に接ぎ穂が接着しなかったときは、縦に割られた接ぎ台の両片部が相対してその間に空隙が生ずることもある。挿し接ぎの場合は接ぎ台に亀裂部や裂けたひずめができることが多く（第6図）、接ぎ木間隙部に圧潰された組織やもぎ取られた組織が介在するのが常である（第7図）。

2. 接着

接ぎ木操作によって両植物の傷害面が単に相互に接着し、接ぎ穂がこの接着部から養水分の補給を受けて萎凋を免がれている時期を接着期（contact stage）とする。この期間は個体および管理状態によって一様ではなく、標準管理状態（平均23°~25°Cの床温）では1日位であるが、低温（18°C）では2週間以上もこの期間を続ける個体も生ずる。これと平行して接着部位あるいはこれに近接する切断面（挿し接ぎではせん孔面）や亀裂面などに保護層（厚膜等）が形成される（第8図）。

3. 吸収毛と連結突起

接ぎ木間隙部および外位の接ぎ木空隙に面して接ぎ穂の表皮に生じていた毛茸が伸長して吸収毛に変成する。毛茸のあるものは接ぎ木部が多湿であると根毛と細毛との両性を有する長い糸状の根に変性し、連結の機能を持つようになる。内部の接着部においても柔細胞から連結機能をもつ突起が発生する（第9図）。

4. 接着期の組織

この期においては両植物の組織が互いに保護層で確然とする部位が多く、保護層が生成されない部位においても組織および細胞の配置が正常な型を保持している（第10図）。

5. 癒着

接ぎ木後24時間余を経過すると、保護層が形成されない部位および保護層が融消した部位では、細胞の縦極性が働き、相互に密着している細胞間に癒着が行なわれる。なお密着している厚膜細胞間にも厚膜癒着する部位が生ずる。これらの癒着が起る時期を癒着期（adhesion stage）とよぶ（第11図）。ウリ科植物などでは組織や細胞の内外逆に接着させてもよく癒着する。これはウリ科の縦走維管束は複並立性で、細胞は両極的になっており、放射極性が転換し易くなっているためである。

6. 細胞分裂と癒傷化

接ぎ穂・接ぎ台の癒着部位およびこの近くにある形成層や柔細胞の分裂が一層盛んになる。またこの柔組織では細胞膜の分岐が進行し（第12図）皮鞘の縦分裂が始まるなど組織細胞の分裂活

動が活発となる。接ぎ穂末端の細胞が増殖し、接ぎ台の亀裂部や裂けたひずめ部分も癒傷して復元する。

7. 維管束系の極性変転

癒着部に近い縦走維管束は今までの放射極性を変転し、新たな内外極性を生じて増殖分化を始める。接ぎ穂の縦走維管束間に束間連絡の維管束原基が数環分化し、横走維管束系を複雑化し始める。なお接ぎ穂縦走維管束が内長分枝するものも観察される（第13図）。接着部近くの道管内にチロシス（tylosis, 填充体）が形成される。

8. 癒着期の組織

この期においては癒着部が判然と認別できて、かつ組織や細胞の配列は旧態制を呈するが、細胞分裂ならびに増大がみられ、縦走維管束系の極性変転が行なわれる。また連結維管束原基の分化が発達し、師部原基と木部原基とが区別されるまでになる（第12図）。

9. 融着

接ぎ木後4～7日すると癒着部の組織が盛んに分裂増殖し、接ぎ穂・接ぎ台の細胞が互いに混じり合ってその帰すうが判明し難くなる。また細胞が対応する組織に同化配列し、極性の変転ならびに相似化が多くなる。このように進んだ段階を融着（fusion stage）とよぶ（第14図）。

10. 融着期組織の変化

内封された表皮はクチクラが消失し、気孔は退化、毛茸は消滅するか、連結毛あるいは毛状突起に変成する。融着部位に近い組織の一部においては細胞の異状分裂が行なわれ（第15図）、毛束様細胞膜（第16図）になるものがある。また接ぎ穂・接ぎ台の接ぎ木部縦走維管束間には連絡維管束環が形成されるが、これが数層に発達し、後に木化して巢窩体を形成する基礎となる。

11. 連結組織系の新生

接着部の細胞間に接ぎ穂・接ぎ台を連結する突起その他糸条が新生する。これを連結組織系（combination tissue system）と名づける（第16図）。接着部のほかに接ぎ木間隙部にも新生するが、その形態が多少異なる。

12. 接ぎ木間隙部の変化

接ぎ木間隙部に塊状や柱状等のカルス（癒傷組織）が発達してその間隙を次第に填充し融着させる。両方の植物に対称的に対応ストランド（homologous strand）が分化し、連結維管束原基となる。また接ぎ木間隙部に接ぎ穂や接ぎ台から発生した内生根が10mmにも伸長する個体が生ずる。

13. 連結維管束原基の発達

接ぎ穂・接ぎ台植物の縦走維管束間を相互に連結する維管束の分化形成に際しては、まず数個（3～6）の細胞の相互に接する隔膜の一部が融消して癒合し、あたかも1つの大きな細胞のようになり、次第にこのような細胞が横に数層整然と配列するに至る（第15図）。巨大細胞が横に8～12に分画され、それらが連結して連結師部および連結木部の原基となり、これらはさらに連結維管束の要素に分化する。なお融着部からやや距った位置にある縦走維管束で連結維管束原基の発達のためにその極性を変転しつつあったものも整形化する。

14. 連結組織系の発達

癒着部や融着部に発生した連結条や連結糸はその後数を増すとともに伸長を行ない、その長さ8～10細胞長になるものも生ずる。また連結糸が束状に発達して連結糸束となる部分や網状を形

成して連結糸網となる部位がある(第17図)。

15. 活着

接ぎ木後8~10日を経過する頃になると接ぎ穂・接ぎ台間に連結維管束が完成され共生生活を営むようになる。この段階になったときを活着期(union stage)とする(第18図)。この活着期に入ると連結維管束の各構成要素が整い、縦走維管束の規格以上に発達する。そして基本組織系および表皮系の癒着部や接着部の厚膜が次第に薄膜し、両植物相互間の組織が区別し難くなる。活着初期に残っていた接ぎ木間隙部もその後に填充される。

16. 維管束系の発達

連結維管束の完成とともに接ぎ木部の肥大生長が行われ、第二期維管束が形成される。また補助維管束や束間連絡条が新生または増加し、横走維管束も増生し、縦走維管束内の連結系も発達する(第19図)。なお縦走維管束の維管束環(連絡維管束)と連結維管束との間に連繫維管束を形成するもの、および髓内維管束や皮層維管束を併発するものをも生ずる。

17. 連結維管束数と活着

接ぎ木活着の程度を最も厳密に評定しようとするれば、連結維管束の数およびその発達の程度によって行なうのが良いと思われる。すなわち縦走維管束原型の基本数の半分以上が連結し、その発達が十分であるものを完全活着とする。その数が半数以下またはその発達が不十分であるものを不完全活着とする。また連結維管束が形成されず、あるいは接着部に死細胞層が残っているため、仮道管の初期体が接ぎ穂・接ぎ台の組織の対応した処に発生し接着部の近くで停っているものを偽活着とする。この偽活着のものには柔組織間の融着または癒着が十分行われているものからさほどではないものなど種々の段階が見られる。

以上の接ぎ木活着の階程をまとめてみると、第3表のようになる。

その3 接ぎ木植物の連結組織系の創生とその発達

接ぎ木部の各組織間では立体的に細胞が相互に癒着・融着および活着するが、それら細胞間の連結は他部に見られるように、単なる原形質糸と中膜との連結のみによるものか、または細胞膜相互間の厚膜的な融着あるいは第二次細胞膜質などによって固着するものであるか、多細胞の混在では接ぎ木部組織の脆弱性が継続するであろう。したがってカルスと既成組織、カルスとカルスおよび既成組織と既成組織との相互接着面が強固に結合されるためには、連結維管束系や連けい維管束系のほかに、特別な連結組織系が創生されなければならないのではなからうか。接ぎ木に見られる特別な組織はこれらの機能を果たすためのものではなからうか、等々の疑問を解くために以下の実験を行なった。

3・1. 材料および方法

接ぎ穂・接ぎ台における品種の組合せは、スイカ/カボチャでは「旭大和」/「錦甘露」, 「旭大和」/「デリシヤス」, 「コダマ」/「錦甘露」の3種類, スイカ/ユウガオでは「旭大和」/「印度」, 「新金剛」/「印度」の2種類, マクワウリ/カボチャでは「寿メロン」/「白菊座」, 「寿メロン」/「錦甘露」, 「和光メロン」/「白菊座」, 「和光メロン」/「芳香」の4種類とした。接ぎ木は挿し接ぎおよび割り割ぎの両方を行ない、接ぎ木後2日目から2日間隔に24日までのものについて、パラフィン切片法および凍結切片法によって横断および縦断のプレパラートを作成し、染色して観察した。

第3表 ウリ科植物の接ぎ木活着経過

階程 標準経過日数	接 着 期	癒 着 期	融 着 期	活 着 期
区分	0 ~ 1	2 ~ 3	4 ~ 7	8 ~ 14
一般的外景	接ぎ穂と接ぎ台とが切断面で接着。外景的变化がみとめられない。	接ぎ台の潜在芽が新出し始める。不定根の外生が始まる。Y縫合線ができる。	不定芽・不定根が発生する。葉色が変化する。	エピコチルが伸長する。活着部が肥大を開始する。
組 織 (接着部)	組織が相互に密着する。両植物の組織や細胞配列が正常で、亀裂部が残存する。	癒着部が判然と認別できる。組織や細胞の配列が旧態であるが、極性転換が始まる。接ぎ穂末端部が細胞増殖する。チロシンができる。	融着部の両植物の細胞の帰属が不明りようまたは判然としないうたは細胞配列が乱れる。極性転換すむ。内封表皮が退化する。	活着部組織の認別が困難となる。各種接ぎ木相が混在する。連結維管束が形成され、第二期維管束が発達を始める。
	接着面に保護層が形成される。	傷害細胞および組織が癒傷する。形成層の分裂旺盛となる。細胞が伸長する。皮鞘が縦分裂する。保護層が消失を始める。癒着部の維管束が極性を転換する。連結維管束原基が出現する。連結系・連結条・連結突起が新生する。連絡維管束環が生成する。不定芽原基・不定根原基が生成する。	融着部が異状分裂する。毛束様細胞膜・バスキュラーストランドが発達する。 連結系が発達する。 連絡維管束環が完成する。内生根・組織内生根が新生する。	補助維管束・束間連絡条・束間連結条および連けい維管束などが形成される。
(接ぎ木間隙部)	組織が密着または接触する。	柔組織癒着・厚膜癒着・細胞侵入癒着・織交癒着・捻糸癒着および癒傷癒着等が行われ、亀裂部が癒傷する。	柔組織融着・連絡組織の侵入融着・連結原基融着・増殖融着・癒傷融着および填充融着が行われる。	連結維管束によって活着する。組織融着・連結原基融着もみられる。
	接ぎ木間隙部に保護層が形成し、毛茸が伸長する。挿し接ぎでは圧潰体・破壊組織・はく離体が介在する。	小間隙部が填充され、瘤状カルス・柱状カルスが新生し、連着毛・連着条が発達する。	接ぎ木間隙部が狭小となる。カルスが発達する。対応ストランドが発達する。	接ぎ木間隙部がカルスによって填充するが、それを残す個体もある。
生 理	接着面から養水分の補給を行なう。毛茸によって養水分を吸収する。	癒着組織相互間の交流（侵透作用）および連結系組織によって吸収する。	連結柔組織による養水分の交流（不完全共生）、融着組織による交流および連結系による交流によって吸収する。	連結維管束系による交流（完全共生）その他による交流によって吸収する。

3・2. 実験結果

1. 連結突起

既存組織と既存組織とが密着した部分においては、接ぎ穂・接ぎ台の相互から癒着面に対しおむね直角に細胞の突起が新生する。この突起は接ぎ木後2日頃から形成が始まり連結のために

生ずるものであるから、連結突起 (combinating process) と名づける。連結突起は活着期を過ぎると活着組織に変成し、他の組織と認別することができなくなる。この連結突起は接着する組織の关系的条件が等しいか、あるいは似ておればその発生が集团的になる。連結突起の形状は単細胞あるいは多細胞で、突起の先端部が球状または角状を呈し、角状突起でも2又または3又などになっているものもある。この連結突起と他組織との差異については、侵入癒着部および織交癒着部などでは、細胞が一方向にあるいは相互に押し込み合っているのに対して、この連結突起は対接組織の細胞内あるいは細胞間隙に伸長する(第20図)。(ウリ科とナス科との接ぎ木部では明瞭に観察される)。

2. 連結糸.

既存組織と既存組織とが接着する部位において細胞膜の厚さの3よりも細くて糸状を呈し、しかも1細胞長以上に伸びて接ぎ穂・接ぎ台の組織の連結を行なうものを連結糸 (combinating fibers) とする(第17図)。連結糸は接ぎ木後の日数が加わると次第にその数を増し、また伸長もする。部位によっては束状あるいは網束状を呈し、細胞膜間および細胞内にも拡がる。

3. 連結条.

既存組織間の接着部位において通常細胞の細胞膜幅か、その2～3倍幅の紐状のものが、接着位の1～4細胞列内部の細胞膜から伸長する。連結の機能を有するからこれを連結条 (combinating band) と称する。この連結条は単一の繊維状細胞または多細胞で、先端部に数個の隔膜を有し基部に無いもの、またはその逆で基部が数個の隔膜を有し先端部には隔膜がなく、かつ湾曲捻転して、対接組織の細胞間隙を縫うもの、あるいは細胞内に侵入または貫通するものなどがある。その伸びる範囲は最終的には10～45細胞長にも及ぶが、接ぎ木8日目までの発達程度は第4表のようである。

第4表 連結組織系の横方向における発達程度(割り接ぎ)(単位は細胞長)

組 合 せ	種 類	発生方向	接 ぎ 木 後 の 日 数			
			2 日	4 日	6 日	8 日
「旭大和」／「印 度」	連.結 条	接ぎ穂→台	1—2	3—5	5—6	7—8
		接ぎ台→穂	2—3	3—4	3—5	7—8
「旭大和」／「錦甘露」	連 結 条	接ぎ穂→台	1—2	5—7	6—8	6—10
		接ぎ台→穂	1—3	3—5	5—7	6—7
「旭大和」／「錦甘露」	連 結 糸	接ぎ穂→台	1—2	2—4	2—4	3—4
		接ぎ台→穂	1—2	1—3	2—3	3—5
「旭大和」／「錦甘露」	連結突起	接ぎ穂→台	1—2	2—5	3—7	5—8
		接ぎ台→穂	1—4	3—5	3—6	3—6

4. 接ぎ木間隙部における連着組織系とカルス.

接ぎ木間隙部の空間は種々で、両植物間の距離が僅か1細胞長位のものから十数細胞長に及ぶものがあり、ときには数十細胞長になるものもあって、その長さが十数個から数十個細胞長に及ぶことが多く、接ぎ方が拙劣な場合は割り幅の殆んどに及ぶことがある。接ぎ木間隙部の高さは数細胞から割り込みの長さにもわたることもある。この接ぎ木間隙部にカルスが発達して漸次その間隙を埋める。ここにカルスと既成組織、カルスとカルスとの連着が行なわれる。カルスの形成

ならびに発達過程において兩植物間の連結機能を営むものがある。瘤状カルスおよび柱状カルスが伸長し、架橋的な役割をする場合は連結組織系の一種とみなしうる。

5. 連着毛 (変成の毛茸)。

接ぎ木間隙部に面する接ぎ穂の表皮に生じている毛茸が、接ぎ木当初は主として吸湿作用を営み、次第に適応して伸長し変形する。すなわち対応組織に達した後、連結機能を有する毛茸様のものに変成し、対応組織の細胞間隙および細胞内に延びる。このように変成した毛茸を連着毛 (coupling hair) とよぶ。またこの連着毛に似たものがある。それは接ぎ木間隙部の細胞が連結突起のように突出伸長し、変成の毛茸あるいは根毛様の生態となり、吸収と連結の機能を有する。発生が異なるので連着根毛様体とすべきであるが、毛茸は表皮細胞などの変化したものであり、このものも接ぎ木間隙部の細胞の変化によって形成されたものであるから両者を含めて連着毛とする。これらの連着毛は単細胞あるいは多細胞から成る。

6. 連着条。

接ぎ木間隙内において細胞膜の一端が対応組織に接着した場合などにおいて、その細胞膜の接端が数条に分れて対応組織の細胞間に侵入し、連結作用を行なうように変成する。そして兩植物の密着部位に発生する連結条と類似した機能をもつようになる。これに似て接ぎ木間隙内に伸びたものが、さらに伸長して連結を行なうものもあるので これらを総括して連着条 (coupling band) とする。これらのものは正常細胞膜の幅位の太さを有し、対応する組織の数個細胞にまで延びて、あるものは分枝または細胞内に侵入するものもある。連結条と連着条とは類似性が多くともに細胞膜の変成したものであり、形状ならびに機能も似ているが、連結条は兩植物組織

第5表 連結組織系の種類および特性 (割り接ぎ)

種類	連結突起	連結糸	連結条	連着カルス	連着毛	連着条
発生部位	密着部	密着部	密着部	接ぎ木間隙部	接ぎ木間隙部	接ぎ木間隙部
発生組織の種類	接ぎ木面の柔組織細胞	接ぎ木面の柔組織細胞	接ぎ木面の柔組織細胞	接ぎ木間隙部の柔組織	接ぎ木間隙部の柔組織	接ぎ木間隙部の柔組織
発生始期	2日	2日	2日	2日	吸収毛茸2日 根毛様体4日	6日
発生生態	列生、細胞内または細胞間隙に突出する。	細胞間隙または細胞内に伸出する。	細胞間隙または細胞内に伸出する。	癒傷伸長し、接ぎ木間隙に伸出する。	変成する。	細胞膜の異状分枝による。
形態	突起状。1細胞より小さく、細胞膜より大きい。	糸状。細胞膜の幅のより細い。	紐条状。細胞膜の幅がそれより太い。	瘤状または円柱状。数細胞ないし数十細胞。	毛茸または根毛状。	紐条状。
構造	頂端が球状または角状の単細胞あるいは多細胞体である。	毛状・束状・網束状である。	繊維細胞状または多細胞である。	多細胞から成る。	単細胞または多細胞である。	繊維状をなす。
変成	連絡条などになる。	連結繊維様体となる。	連結繊維および繊維様体となる。	填充組織となる。	連結体になる。	連結体になる。

の密着部に発生し、多細胞または繊維状細胞（代用繊維）から成るが、連着条は接ぎ木間隙部に形成され、繊維状に発達する。

以上の連結組織系の種類と特性を一括して表示すると第5表の如くなる。

Ⅲ 考 察

1. ウリ科植物のヒポコチルは茎と根との間に位置するためにこれらの両性質を有しているので、その縦走維管束の構造も茎から根に転移する形態を示すとともに各種の維管束系を有する。縦走維管束の原生および後生の両型が見られ、第二期維管束その他の発達によって、外位の原生および第一期師部は退廃師部となる。また補助維管束・横走維管束・髓内維管束・皮層維管束が発達して、維管束構造が複雑になっている。ヒポコチル基部にはペグが膨出して発芽の際に子葉が種皮から脱出するのを容易にする。このペグには柔細胞が満ちているが、環状維管束や繊維が発達している。

2. ウリ科植物の縦走維管束は複並立性であり、師部は木部の外位と内位にあるほかに、木部または師部に接して連接師部、放射組織内に束間師部、皮層に皮層師部、木部内に木部師部が生成される。師部のみからなる単純維管束も出現する。接ぎ木の部位に維管束が形成され易い。

3. 接ぎ木した部位に連結維管束が形成されるほかに、連絡維管束や連けい維管束が形成され、縦走維管束の離生吻合による型のほかに、円錐維管束・輪環状維管束・環状維管束や異型維管束その他を発生させるものもあるが、これは接ぎ木によって生成されるものではなく、接ぎ木しない個体においても見られるもので、接ぎ木に伴う異状現象ではない。しかし接ぎ木すると異状維管束の発生が多くなる。これは接ぎ木による組織構造の変化や異種汁液・ホルモンなどの生理的な刺激を受けて行われる共生生活のためと見られる。

4. ウリ科植物が活着するまでには接着・癒着・融着の諸段階を経て、両植物が連結維管束によって完全に共生生活を営むようになったときを活着したと称すべきである。草本類の接ぎ木では接ぎ穂と接ぎ台との組織が活着面を境にして別々に分裂増殖するのではなく、連結維管束を中軸として、その他の諸組織が活着部で相互に癒着および融着し、同化し合って認別が甚だ困難になる。

5. 接ぎ木当初においては接着部付近における接ぎ穂・接ぎ台の細胞は、その植物個有の大きさを保持しているが、後には次第に同形化しその配列にも変化が生じて、活着面に対してほぼ直角にあるいは流線型にならぶ部位ができる。これらは後に連結維管束に発達するものであるが、この細胞配列のうちで巨大細胞群列になっているものは木部に分化し、細い条列のものは師部に分化する。

6. 活着部の近くに位置する縦走維管束に続いて連結維管束が形成される場合に、旧態の師部および木部要素が分化する方向と異なった位置に連結維管束原基が分化することがしばしばである。この維管束などの極性転換は連結維管束の形成に関連して起るものである。

7. 活着部維管束の発達程度によって完全活着・不完全活着および偽活着とし、なお連結維管束の形成数および発達ならびに退化などの条件によって決定される。また接ぎ木方法およびその技術の巧拙や管理なども活着に影響を及ぼすことが大きい。

8. ウリ科植物の接ぎ木においてヒポコチルの内外を逆に接着しても活着するのは縦走維管束が複並立性であり、組織や細胞は両極的になっており、放射極性がないことと、横走維管束や連

結維管束系の組織が速かに分化形成されるものであることが判った。

9. 接ぎ穂下位および接ぎ台上位において各縦走維管束原型間に連絡維管束環を形成するのは、相互に横に連絡するためであり、正常なウリ科植物では各節位や根基部で環形維管束に吻合していると同様な機能を果たすために形成されるものである。この連絡維管束は木化度を強め巣窩状に発達するものがある。

10. 両植物の密着部に連結突起が発生し、両方の既存組織間に連結糸および連結条が発達するとともに、カルスと既存組織間、カルスとカルス間、接ぎ木間隙部に連着カルス、吸収毛、連着毛ならびに連着条が新生する。これは接ぎ木面の固着ならびに活着部の細胞や細胞膜が変成して接ぎ穂・接ぎ台間の連結を強固にするためであり、癒傷ホルモンなどの作用に基づく分裂増殖によるものと思われる。

11. 接ぎ木部において連結組織系の新生ならびに維管束の内長分枝が行われるのは、異質の汁液・ホルモンなどによる刺激作用、接ぎ木の管理温度の影響などによって細胞の伸長ならびに分裂や異状増殖があらわれるためであろう。

12. 生育後の細胞膜は一般に死んだものと定義されているが、本実験によって細胞膜がいろいろな形態に分化すること、なお接ぎ木することによってその部分の細胞が植物における癌組織のような活動を行なうこと、および動物に見られるような連結組織系があること等が判明した。

IV 摘 要

ウリ科植物の属間接ぎ木についてその組織学的な研究を行なった結果は次のようである。

1. ウリ科植物の接ぎ木はヒポコチルで行なうが、このヒポコチルは維管束その他の組織に特殊な形態的構造を有し、かつ根と茎との両方の形質をもっている。

2. ウリ科植物のヒポコチル縦走維管束原型の基本数は6または10であるが、子葉節および根基部の近くで2群に吻合し、これらの部位ではさらに吻合して節環維管束を形成する。縦走維管束系は複並立性で師部は木部の外位と内位にあるが、このほかに連接師部・束間師部・皮層師部および木部内師部を分化するものがある。

3. 接ぎ木適期になると接ぎ穂・接ぎ台ともに、補助維管束が縦走維管束群列の間に縦に形成し、横走維管束も発達する。ときには皮層維管束や髄内維管束が見られ、また円錐状維管束・輪環状維管束・環状維管束および異型維管束（異状分裂維管束）などが認められた。

4. 接ぎ木後接ぎ木面に保護層（厚膜）あるいはカルス（癒傷組織）が形成され、接ぎ穂・接ぎ台が密接した部分（接着部）ではその部分の組織が盛んに分裂増殖して癒着し変性も見られるようになる。次いで接ぎ穂と接ぎ台との組織が識別し難くなる。これと平行して両植物の増殖組織に維管束原基が分化発達して、接ぎ穂・接ぎ台間に連結維管束が形成され完全に活着する。また相互に密着しない部位（接ぎ木間隙部）にはカルスが発達して填充が行なわれ、次いで組織に分化して相互の連結組織に発達する。

5. ウリ科植物の属間接ぎ木では、接着期・癒着期および融着期を経て活着期に進むもので、この4段階を経て完全な活着状態となる。接着期では接ぎ穂・接ぎ台が接着面で密着し合い、養水分の交流が行なわれている。癒着期になると一部の組織間に癒着が見られ、相互植物間に組織や細胞の帰属が未だはっきりしている。融着期のものは密着部の組織が分裂して互に混じり合

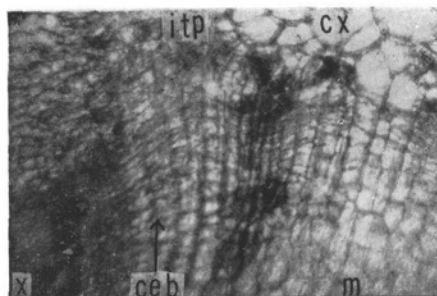
い、また同形化して両植物組織の認別ができなくなる。活着期には接ぎ穂・接ぎ台の縦走維管束間に連結維管束が形成され、連けい維管束や連絡維管束とともに発達して活着部が肥大を始め、通道組織による共生生活が営まれるようになる。

6. 接ぎ木接着面の柔組織から連結突起・連結糸・連結条の3種類の連結組織系が創生して、接ぎ穂・接ぎ台間の連結をより強固にする。また活着部の細胞膜は毛束様に分裂するものもある。接ぎ木間隙部にカルスが増生するとともに連着カルス・連着毛・連着条などの連着組織系が発達する。

参 考 文 献

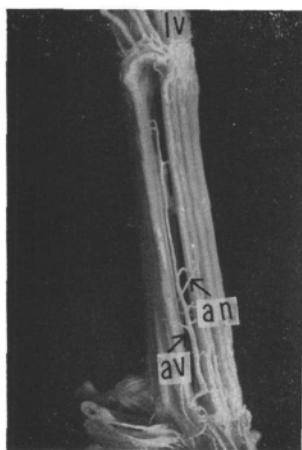
- 1 赤堀四郎ほか13名：植物の生化学，生理学講座（9），1964
- 2 CRAFTS A.S: Vascular Differentiation in the Shoot Apices Ten Coniferous Species.
Amer. Jou. Bot. 30, p.382, 1934
- 3 ESAU, K.: Plant Anatomy, 3rd print, 1960.
- 4 HERMAN, E.H.: Cucurbita, The Structure of Economic Plants, 3rd print, 1951.
- 5 猪野俊平：植物の組織，1954.
- 6 川原治之助：草本性植物におけるカルス内の組織分化に関する研究，茨城大学農学部学術報告（2号）1954.
- 7 木村康一・木島正夫：薬用植物学総論，内部形態学篇，6版，1954.
- 8 木島正夫：顕微鏡実験を主とする植物学の実験法，1945.
- 9 児玉桂三ほか10名：結合組織，生物化学ハンドブック，新1版，1962.
- 10 小谷正雄ほか29名：植物細胞の微細構造，分子生物学，1963.
- 11 郡場寛：植物生理生態，5版，1958.
- 12 郡場寛：植物の組織及機能，岩波講座，生物学，1930.
- 13 KUMAZAWA, M.: Morphological Interpretation of Axillary Organs in the Cucurbitaceae.
Phytomorphology, 14, 2, 1964.
- 14 中森英太郎・石井滋規：マクワウリのつぎ木栽培に関する生理生態学的研究（Ⅱ），つぎ木活着の機構に関する組織的観察，奈良学芸大学紀要10, 2, p.153, 1962.
- 15 中森英太郎：果菜類におけるつぎ木活着機構と親和性について，園芸学会 昭和39年度秋季大会シンポジウム講演要旨，p.43, 1964.
- 16 小倉謙：植物解剖及形態学，5版，1956.
- 17 奥貫一男：植物生理化学，2版，1956.
- 18 SHAPLES, A. and H. GUNNERY: Callus Formation Hibiscus Rosa-sinensis L. and Hevea
Drasiliensis Müll, Aug. Anu. Bot. 47, P. 827. 1933.
- 19 SINNOTT, E. W.: Plant Morphogenesis, 1960.
- 20 SMITH, P. F. et al.: Plant Physiology, 1949.
- 21 STRASBURGER, : Lehrbuch der Botanik, 1910.
- 22 田口亮平：作物生理学，1958.
- 23 戸荻義治ほか4名：作物の生理生態，3版，1957.
- 24 八木誠政・野村健一：生態学概説，1952.
- 25 山羽儀兵：細胞学概論，1940.

1 カボチャの師部



「デリシヤス」2日

2 補助維管束と横走維管束



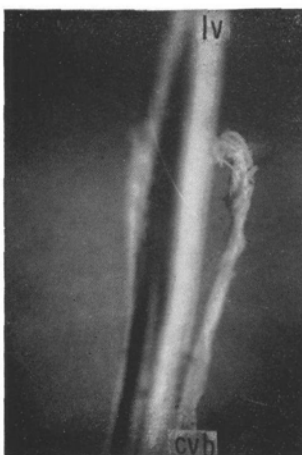
カボチャ「白菊座」30日

3 縦走維管束の離生吻合型



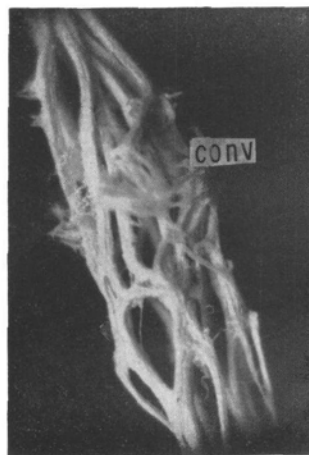
カボチャ「芳香」96日木部

4 皮層維管束（木部）



カボチャ「白菊座」40日

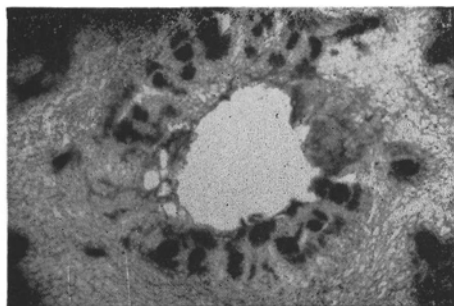
5 円錐状維管束（木部）



スイカ「緑旭」35日

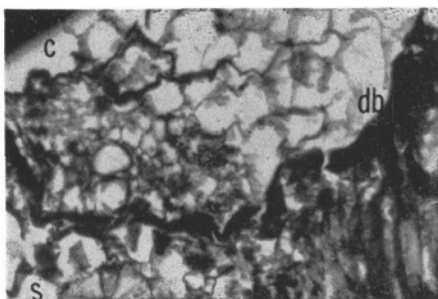
an:横走維管束 av:補助維管束 cb:連結条 ceb:接続師部 conv:円錐状維管束
 cvb:皮層維管束 cx:皮層 itp:束間師部 lv:縦走維管束 ob:外位師部
 m:束間放射組織 sa:離生吻合型 x:木部

6 挿し接ぎ面の傷害（3時間後）



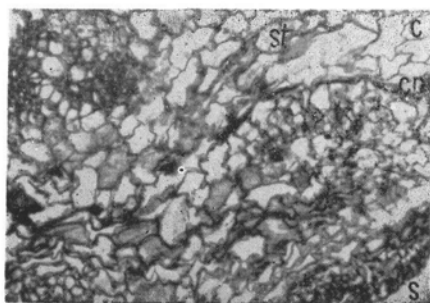
カボチャ「芳香」横断

7 圧潰体



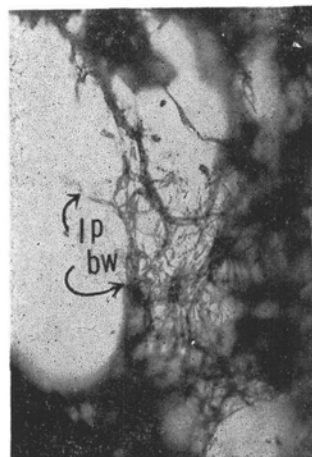
スイカ「旭大和」/カボチャ「錦甘露」
挿し接ぎ24時間 横断

8 接ぎ木マクワウリの接着期



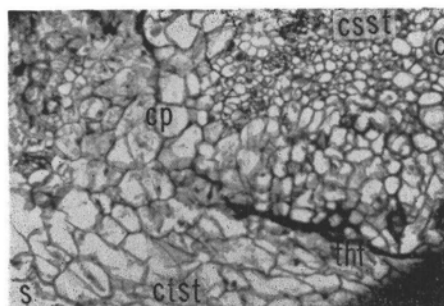
マクワウリ「和光メロン」/カボチャ「錦甘露」挿し接ぎ 2日横断
(ストランド分化始まる)

9 毛束様細胞膜および連結突起



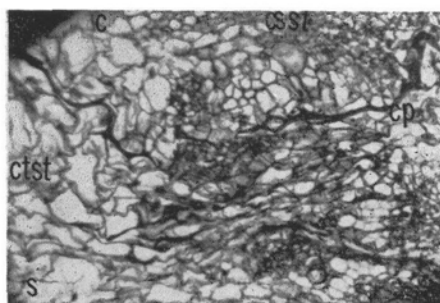
スイカ「コダマ」/ユウガオ「印度」
割り接ぎ 14日 横断

10 接ぎ木スイカの接着期



スイカ「旭大和」/カボチャ「錦甘露」
挿し接ぎ 2日 横断

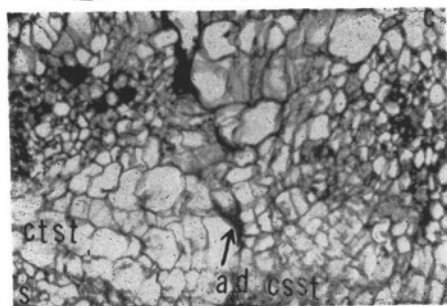
11 接ぎ木スイカの癒着期



スイカ「旭大和」/カボチャ「錦甘露」
挿し接ぎ 4日 横断

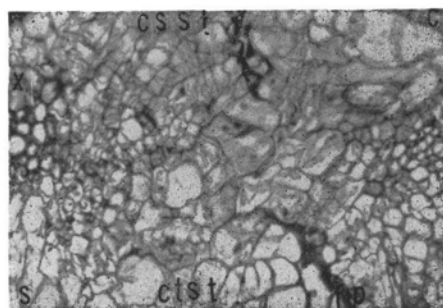
bw:毛束様細胞膜 c:接ぎ穂 cp:接着部 csst:連結部ストランド
ctst:連結木部ストランド db:圧潰体 lp:連結突起 s:接ぎ台 thf:厚膜融着部

- 12 接ぎ木マクワウリの癒着部 細胞分裂および連結維管束原基の発達



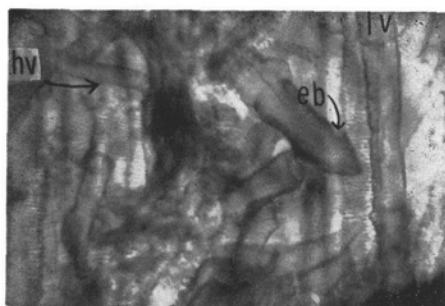
マクワウリ「和光メロン」/カボチャ「白菊座」
挿し接ぎ 6日 横断

- 14 接ぎ木マクワウリの融着期



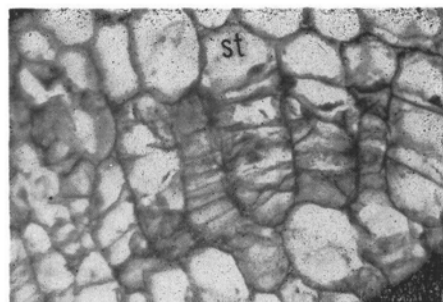
マクワウリ「和光メロン」/カボチャ「白菊座」
挿し接ぎ 8日 横断

- 13 接ぎ木マクワウリ維管束の内長分枝



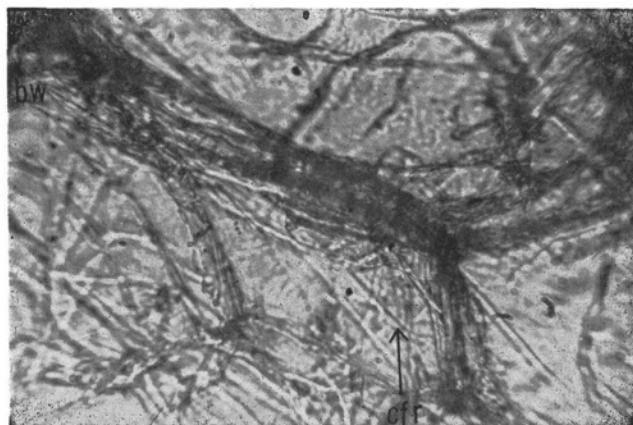
マクワウリ「和光メロン」/カボチャ「白菊座」
挿し接ぎ 2日

- 15 接ぎ木スイカの連結維管束原基の分裂期



スイカ「旭大和」/カボチャ「錦甘露」
挿し接ぎ 8日 横断

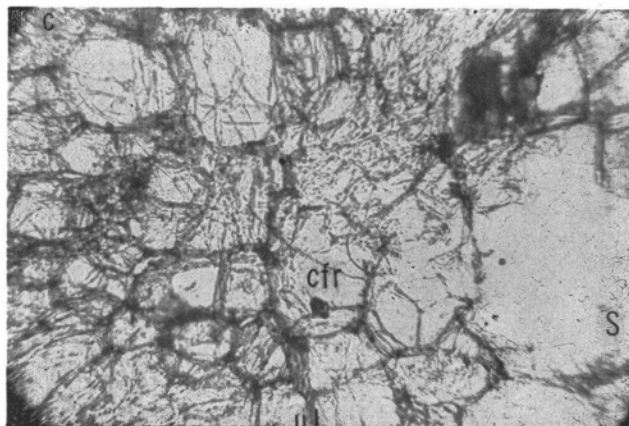
- 16 毛束様細胞膜および連結糸



スイカ「コダマ」/カボチャ「錦甘露」割り接ぎ 47日 縦断 ×900

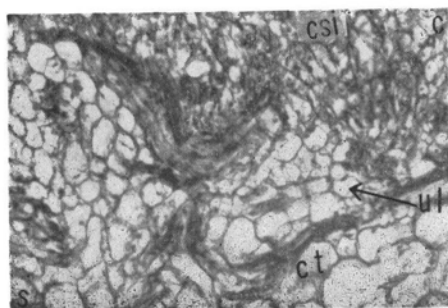
ad:癒着部 bw:毛束様細胞膜 c:接ぎ穂 cfr:連結糸 csst:連結師部ストランド
ctst:連結木部ストランド eb:内長分枝 fp:融着部 hv:横走道管 lv:縦走維管束
s:接ぎ台 st:ストランド(連結維管束原基) x:木部

17 接ぎ木スイカ活着部の連結組織



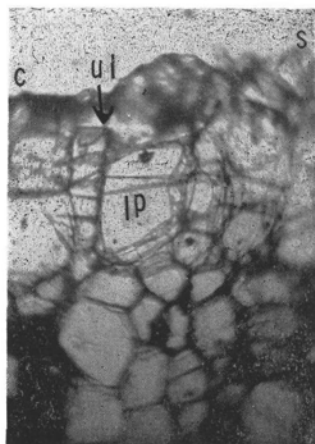
スイカ「コダマ」/カボチャ「錦甘露」割り接ぎ 47日 縦断

18 接ぎ木マクワウリの活着期



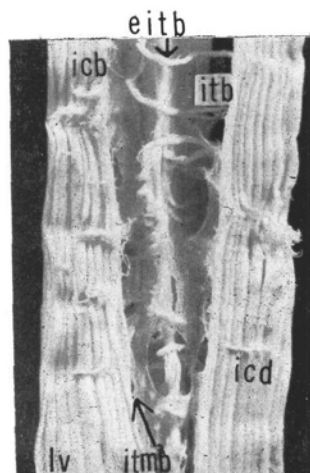
マクワウリ「和光メロン」/カボチャ「錦甘露」
割り接ぎ 8日

20 接ぎ木スイカの連結突起



スイカ「コダマ」/ユウガオ「印
度」割り接ぎ 14日 横断

19 カボチャのヒポコチル維管束系



カボチャ「白菊座」80日

bw:毛束様細胞膜 c:接ぎ穂 cfr:連結糸
csi:連結師管 ct:連結道管
eitb:内位束間連絡条 icb:束内連絡条
icd:束内連結紐帯 itb:束間連絡条
itmb:束間連絡髄走条 lp:連結突起
lv:縦走維管束 s:接ぎ台 ul:活着面