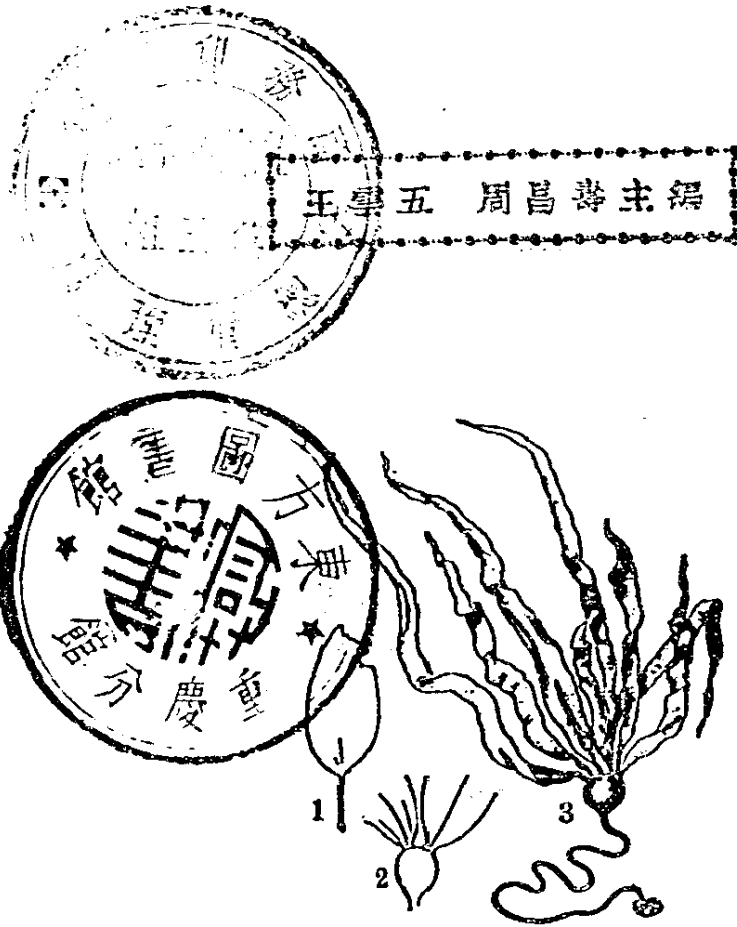


自然科學小叢書

植物之發生生長及器官形成

郡場寬著
~~薛德焄~~譯



商務印書館發行

自然科學小叢書

植物之發生生長及器官形成

郡 場 寬 著
薛 德 焯 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

目次

一	緒論	一
二	成形過程與體制	八
1	單細胞植物	一〇
2	羣體	一〇
3	非細胞複勢體	一三
4	順次成形與同時成形	一四
5	分枝	一六
6	形成部及多層體之成立	一八

三 器官之發生與葉序……………二二九

1 斜生葉序……………三〇

2 輪生葉序及偽輪……………四二

3 縱生葉序……………四四

4 螺旋葉序……………四六

5 不規則之葉序……………四七

四 生長……………五一

1 生長之階段……………五一

2 細胞之分裂及成長……………五五

3 伸長……………五七

五 生長之外的要約……………六二

1 溫度……………六二

2 光線……………七〇

3 引力……………八三

4 水……………八五

5 化學成分……………八八

六 生長之內的要約……………九二

1 極性……………九二

2 補充反應……………九四

3 癒傷與癒着……………九七

4	分裂素成長素及形成素.....	一〇
5	交互作用.....	一一

植物之發生生長及器官形成

一 緒論

個體發生與系統發生 植物之形，雖千差萬別，但追溯其發生之始，皆由極簡單之形體如卵細胞、孢子等爲出發點，更藉分裂成長而形成各種器官，漸漸發達以底於成。此種發達之全體過程曰個體發生，或廣義的名之曰生長。個體發生祇能表現其自祖先傳至子孫之週期的形質變化之一節，但各種生物並非自太古時代卽有現在之形態，愈向地質時代追溯，其形愈簡，逐漸進化以至於今日，每經一次進化，形質愈益變異，更以之遺傳於子孫。藉變異與遺傳反覆聯續而成立生物之各系統，凡形質之系統的變遷曰系統發生。

生長之因果與意義 從理化學的推察，如「露珠」由水與其凝集力之表面張力而成立者

然，凡物之所以成形者，亦由其構成之物質與作用於內外諸力所組合之結果也。植物之形態，如從因果方面着想，亦不能脫此範圍。但組成植物體之原形質、細胞膜，以及其他成分與其間所具諸力之組合，均極複雜。尤以多細胞而體制愈進步者則愈複雜，惟今日尙不能將其關係徹底解決。吾人對於此等體內所行之生活機能及生活所表現之形態與變化，祇當作自然所賦與的現象觀察，祇認為在異常環境下之變態及人為條件下之變化反應而已，至於起反應之本元，猶未盡明瞭。此方面之知識，將來固隨一般科學之進步而逐漸闡明；如刺激運動之過程等，已逐漸可用理化學的說明，故成長、個體發生與系統發生等，將來亦可依此趨向以解決之。

植物之形態，除用理化學解釋以外，更能從種種方面解釋。形之記載及比較，固毋論矣，即其系統之變遷，更有生物學的特色。又形態之意義，即用目的的或效利的（teleologisch）觀察，在生物學方面，亦占重要之部分。植物各種形質之原因雖不明瞭，而對於生活有何作用或各系統有任何變遷，均為饒有興味的問題。原來植物形態之成因，較之營養及刺激等現象，更為複雜，故因原的解決，至為不易，吾人苟能於其間發現系統的關係或適應的意義，則亦可暫告滿足。例如從羊齒植物

至顯花植物，觀其原葉體之變遷，或花之受粉裝置等，吾人祇能驚嘆自然之微妙而已。又如維管束植物，其維管束之走向及排列等，在生理上並無非此不能生活之理由，但各門各種，各具有特徵，其間似有系統的因習，現在與其從理論方面認為與水液流通之適否有關，毋寧由系統方面觀察，較為有趣。本來植物之形質，祇需至某種程度於生活有益，其餘細微的差別，可云與生存並無多大關係，斯時所剩者僅系統之特徵耳。故系統的由來已深入形質之上，與其將形質就因果方面考查，毋寧先顧及系統之變遷，較易解釋。當生理的處置植物之形態時，仍應不失略以因果法進行解決之精神。凡用理化學的處置形態者，謂之形理學 (Formphysiologie)，或曰形因學 (Kausal-morphologie)。

內外要約與遺傳素 支配生活作用之能量 (Energie) 及物質，謂之生活要素或因子 (factor)。以生物為主體，推想其影響於生活或形質之此等要素時，謂之條件或要約 (Bedingungen)。定植物形質之要約有內外兩種，簡稱之曰外因及內因。前者之例，如折曲、燃燒等，固亦有完全非生理作用者，本篇所論之外因，乃屬於生理的作用；即先作用於原形質或其中之成分，以變化其狀態，

由是再間接的影響於生活作用或形態之上；同時如溫度、光線及其他自然之環境，通常則介原形質而作用至此種程度之要約也。

外的要約對於植物生長成形所必需之程度、存在狀態、方向、時間等，均各有相異之特徵。例如光線、養料有爲力源及體質所必不可缺者，或有如引力僅作爲刺激及機械力而動作者，有如倫琴線及迷蒙精(chloroform)等，自然間雖不存在，且亦並不需要，但在動作時，則與以顯著之影響者。又有如溫度，始終非在一定度之範圍內不可者，且光線有時雖爲絕對之零，但若非長久繼續，則亦並無妨礙者。又有如氣溫全體一致動作者，更有如引力作用之方向有一定者。又一定以後，縱無特別之影響，但如明暗寒暖，若按時變化其程度，則亦有起影響者。對於此等外因，而植物所現之反應，有量的(quantitative)及質的(qualitative)兩種。例如伸長則受促進或抑制之量的變化。且生理作用因某外因受量的變化時，對於該外因，通常大概可分爲最小、最適、最大之三要點(cardinal points)。然此非一成不變，視時間之要素及外因之組成如何，亦略有變移者也。又器官形成所受之影響，在簡單之例僅爲數值之增減，但如變形、變成、新出、新生或此等作用之抑制，所謂性質之變

化亦甚多。而植物因外因受形態的變化時，外因每變爲成形的刺激 (Morphogener Reiz) 而作用。內的要約中，有稱謂遺傳素 (Gon) 而成形質之基礎者，此不僅可決定植物所屬門科之大特徵，即種、品種等之細特徵亦能決定，其作用之根本，發於原形質，尤以核之染色體爲最，恐分泌種種酵素、激素 (Hormon) 而參加其作用以支配其形質者也。此等遺傳素雖不直接受外因之影響，但在生殖核分裂時，尤其在雜種之子孫因細胞內之機能作用，使遺傳素之組合等易起變化，斯時間接的外因亦易受影響。總之此種遺傳素爲定生物形質之基本質的因子，亦可概稱爲內的素 (Potenz)。

即同一稱爲內的要約之中，其根據之處有比前者淺薄者，例如切去植物之一部，或因其他手術，致剩餘部分之形質起變化者是也。植物之各部分，如皆認爲各別而不相維繫之部分，則此種手術，亦不妨視作外因；然實際上由此種手術所成者，與僅由外的要約適當變化而成者，亦間有同一之結果。例如枝被切斷時，近下端之部分，往往生根，但不切斷而祇將水蘚等包於枝上，藏於暗溼之處，亦起同一之結果。但如葉之背腹性與其他一般植物之極性等，亦有不易爲外因所變化者。要之，

此等內的要約，乃體之各部作為物質的或刺激的相互影響之結果而顯現者，故植物逐漸生長而器官組織愈變複雜，其相互關係亦隨之而複雜，在深淺各種之程度中成為內的要約，其素因與外因相互為用，然後決定植物之種種形質。

植物之形質中，有極易變化者，亦有難於變化者，易變化者之中，如伸長、花期、花青素之形成等，極易為外因所左右；但藉遺傳素亦可表現微細之差異，至其究藉若干外因而變化，每不能簡單判定。際斯時也，如欲明瞭其要約，非根據遺傳素型之明顯系統不可。純系分離之手續，頗足以表示。即如雌雄之性，雖不易為外因所影響，然大麻等則為例外，其決定性之因子雖無變化，但受外因支配而表現之外形的變化，則範圍甚廣，故內因外因之區別似不易也。

生長之定義 生長一詞，不僅用之於生物，無生物增大其形體時亦可用之。然而生物之生長與無生物之生長顯有差異。例如冰柱成長時，或膠質膨脹時，如變其溫度，或使其乾燥，亦能顛倒進行；但生物之生長，則決不後退也。又生物以外之物體，其構造與形相，均甚簡單，故其成長或僅物質附加於表面，或內部一致的或輪層狀的浸潤，但在生物，則自原形質之相起，以至細胞之構造、器官

之外形，均伴有複雜之變化。故生物之生長，意即發育之經過，易言之，即達成長完畢之狀態，其間所起之變化之意也。在葉之就眠、氣孔開閉之局部的現象中，固亦有週期的反覆者，但其原形質之內部，並非完全成以前之狀態，且從個體之全體觀察，其變化依然進行不息。

生物當生長時，概增加其大小與重量，形狀亦變複雜，但間亦有減縮者。例如「菟絲子」等缺乏養分之種子，芽生之基部漸次枯萎而先端依舊生長，其間若不能得宿主，終因生長而全體枯死。由是可知「生長」一詞，雖具有「發育經過」之廣義，然細別生長之現象而討論時，則伸長與肥大謂之長成，器官形成及組織內部之完成等，常分別討論。所謂生長，有時指全體發達而言，有時僅指伸長、肥大之成長而言，隨時有廣狹之別也。

二 成形過程與體制

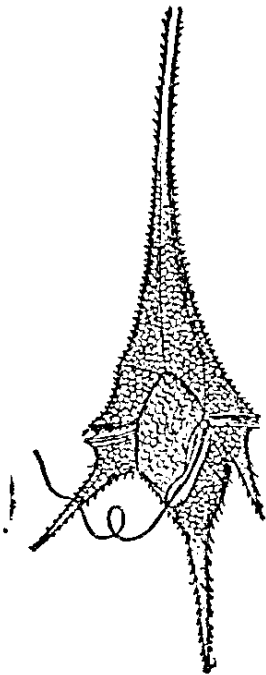
植物中從單細胞起至絲狀、平面、立體等多細胞巨形之植物止有種種階級。即同為平面之植物體，其成立之手續亦各不同。至於立體的植物體之形成，式樣更多。要不外緣於分裂細胞之配置及其增殖之程度各有不同故也。在小形之藻類，雖無如顯花植物之有集合之生長點，但亦有組成種種立體形者。此等式樣大體上隨系統而有一定，因是成各種植物之體制。

作定體制之根本者為伸長性與極性。又使形態變複雜之要素有分枝與癒合。原來植物並非全體一致皆成長為球形，必選擇一二方向而伸展。『水綿』之細胞絲，係普通之莖根或其他細長之形，為伸展於一軸上之結果。『紫菜』、『石衣』葉等，係平面的向二軸伸展者。樹幹亦向長軸以直角輻射狀伸展。伸展有因細胞之伸長而實現者，又有藉細胞數之增加而實現，但細胞自身反而短縮者。又長軸伸展時屢伴有螺旋的傾向，如纖維細胞膜質內微絲之排列，導管壁之肥厚，葉序之

螺狀的發達，莖莖之回旋等皆屬之。「極性」云者，係某種性質在一定方向之漸變，此種不均質，在初步時乃為外因誘導而成，且不甚安定；若稍進步者，則起於內的要約之支配，故較安定。極性對於植物體形之方向，有縱橫內外（放射）之別，其中復有一側的及對側的之分（參照極性一項）。「分枝」云者，係伸展方向之轉換，即向異方向生長之反覆，其在初步者，母軸與枝皆為同格，其已進步者，則因枝而起種種分化。「癒合」云者，為已分枝之各枝，後天的或先天的合着，使形狀單簡或造成階級較高之器官。例如普通之葉，可視為古代植物之枝，於平面上組合成高單位之器官者也（W. Zimmermann）。在小形之藻類，藉癒合之成形最為普通。以上之伸展性、極性、分枝、癒合等，以種種方向，成種種過程而組合，然後表出所謂植物之形。至於細胞及器官如何能起此種伸展性及其他各性之理化學的原因，當然尚未明瞭，故現在祇假定此種性質，藉以說明植物之形而已。吾人擬由此立場將植物之成形過程，由簡單而漸推之於複雜。然體制之進化，並非依照系統之順序，如某系統中有甲形與丙形，他系統中有乙形與丁形，可互相超越；又系統愈進步而形反有簡單者，茲擬闢去系統，姑就形態上依次述之。

1 單細胞植物

原形質爲半流動狀態，其自然所取之最簡單形狀厥爲球形。如分生植物、藻類、卵細胞等，即可見之。至形成幾何學上精確之球形者，恐不可多觀。是因內部有核、粒體、空胞等致成不均質故也。偏於球形者之中，以圓筒狀或其他成一軸伸展者居多，又有呈扁平形、多角形、星形及其他不規則或不定之形者。是因原形質之表面，隨部分而異其性質，而細胞膜又有被擴大與否之處故也。然如『角藻 (Ceratium)』(第一圖)等所呈不整之形，究竟如何而生？在目前之知識仍不能解決。但由其具有微細之斑紋處看來，則原形質之多相的分化，涉及機微，蓋可知矣。

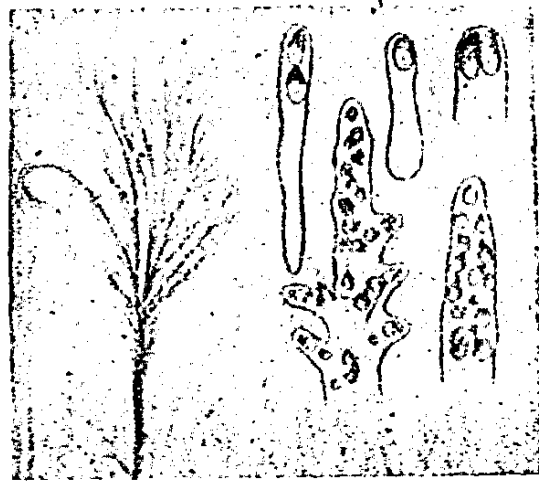


第一圖
Ceratium macroceras
(Oltmanns)

2 羣體

細胞如分裂而仍不分離，或包於共同之膠質中，卒成多數集團之『羣體 (colony)』。羣體中，其輪廓及內部細胞之排列，以不規則者居多，但亦間有稍具定形者。凡包於膠質中之羣體而已進步者，如鞭毛藻之 *Hydrurus* 屬 (第二圖)。其游走子，若附着他物而發芽，則生膠質狀絲，細胞居其先端。先端之細胞，常縱分爲二，其一則常占先端，餘則移居其下。故先端常爲一細胞所佔領，宛如頂細胞而繼續分裂以成長。後方之細胞亦隨生長而向側面生出膠質狀絲之分支，致成數十釐米廣之分枝狀羣體。主軸之細胞，後即死亡，僅剩膠質狀鞘，側枝之細胞，遂成游走子。總之，此羣體之細胞，在膠質內能互相推移，但因相互之影響，而生長生殖等亦各起內部的分化。

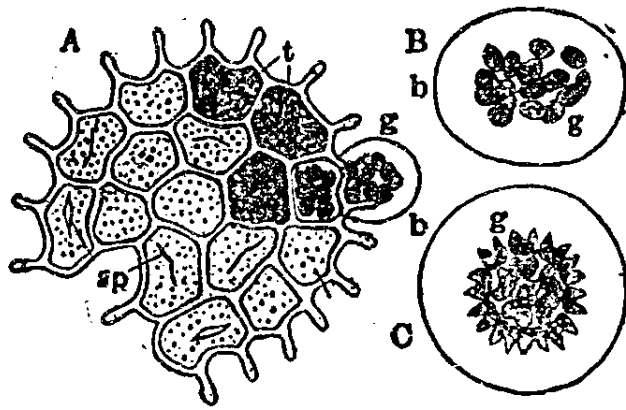
又同屬羣體，因母細胞之分裂，常生四、八、十六等定數之子細胞，此等細胞有集於中心呈一定



第二圖 鞭毛藻之一種
(*Hydrurus foetidus*)
(Lotsy)

之排列而生活者，是謂『游動羣體 (Coenobium)』。例如 *Pediastrum* 屬，乃十六個子細胞，作成一五、一〇內外三重排列之平面游動羣體。至其為何有此平面排列性，則不得而知。且同大之細胞，排列於一平面時，六個細胞常圍繞一細胞之周圍，乃幾何學上最易引起之傾向，故在此羣體中亦間有此例；然子細胞之總數為十六，此時外輪尚缺三個細胞，故成不規整之形（第三圖）。又當游動羣體形成之初，各細胞有向外方生出兩個突起之傾向，但中輪之細胞，其突起受外輪細胞之妨礙而不克發達，因是僅外輪之細胞生出突起。即當初雖為同等之細胞，因位置不同，致形態之分化亦不同也。

團藻 (*Volvox*) 亦由卵細胞或體細胞分裂而成。其始也八個細胞雖排列於一平面，然隨細胞之增殖，逐漸彎曲如盃狀，終成球形。此種球面體，在動物之發生方面



第三圖 *Pediastrum granutatum*

- A. 畸形之羣體與子細胞被膠質包圍而突出之狀
 B. 子細胞開始排列 C. 排列完畢者 (Sachs)

固屬普通而由此發展以成各種之形狀，然植物則無以球形為基礎而進展者，是因植物以同化作用為營養之基本，故其形雖散漫而定着分枝以擴張其表面發育上較為有利。

3 非細胞複勢體

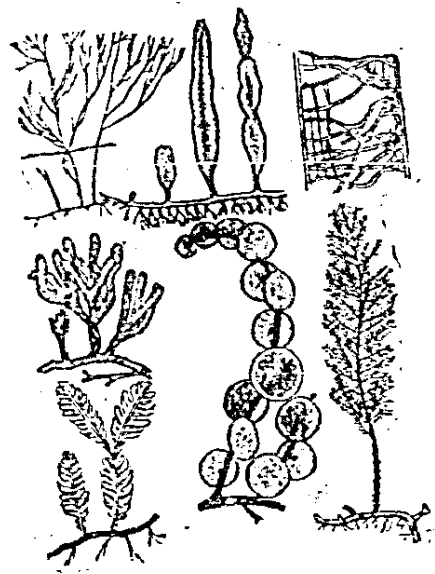
細胞至某時期，核即分裂，繼而細胞亦有區別；然有時如管藻類之細胞，隨體形之增大，其核雖增至幾萬而細胞永久不起分裂者。又如多數粘菌類，許多細胞，合在一體成無區劃之原形質塊 (Plasmodium)。彼雖無細胞的區劃，較之具有一核之單細胞，其能力自屬不同。例如在游走子生成時，祇需有核，即能立時生成。又多核之塊，其體雖切成數部，倘含有核，即有再生之可能性。但在具一核之細胞，如分為二時，僅有核之部分方能再生。總之核與其附隨之細胞質，不問其是否區劃為各個細胞，要為生活機能之根元，故 *Dechans* 氏稱之為活力原體或勢體 (Energid)，是為生活單位之機能的觀察也。凡具一核之原形體，為單勢體 (Monoenergid 簡稱為 Monergid)，具多核者為複勢體 (Polyenergid, Polymerid)。普通之植物，為細胞之複勢體，但管藻類 (Vaucheria)

Caulerpa 原形質塊等，爲非細胞複勢體。又水綿、*Cladophora* 等之管絲藻類，由多數複勢細胞所成，適居於二者之間。植物之形，雖無細胞的區劃，亦可成較複雜之形。尤以 *Caulerpa*，其主軸匍匐於水平面，其下側羣生根狀體，上側則生葉狀體，此葉狀體，恆因種類而有細管狀、葉狀、羽狀、球狀、楯狀等之分。又於管內具有多數細胞膜質之橫梁，使體得以堅固（第四圖 a）。

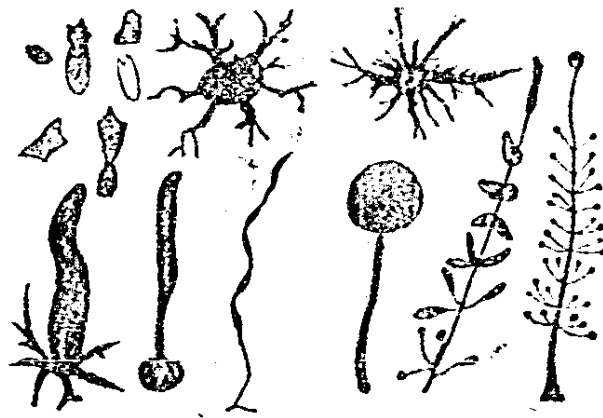
4 順次成形與同時成形

普通植物，概因生長點及其他分裂細胞之增殖而漸次增大其形體。然間有組合既成之細胞而同時成形者。如 *Polysphondylium violaceum* 之子實體，卽其例也。此種黏菌由孢子發芽，卽成黏菌變形體（*Myxamöben* 第四圖 b）。以後縱行分裂增殖，仍常營單獨生活，惟遇養分缺乏時，始多數集成一團。然亦非若普通黏菌之完全癒合，顯存細胞之區劃而互相推動者也。此種原形塊稱爲偽似或集團原形塊（*Pseudo-od. Aggregat plasmodium*），與普通原形塊區別。但此種狀態，並非永久存在，經短時間之後，卽形成子實體。各個細胞本係同格，集團以後，因內外位置之差，

遂起分化。中央之變形體，不成孢子而成柄軸，周圍之變形體，匍於其上而成球狀之孢子團。若變形體之數增多，則於柄軸各處生枝，再成孢子團，依此順序所成之形，即為總狀分枝之複雜子實體。又前述之 *Pediastrum* 等，亦由同時的成形而成立者也。



第四圖 a
Caulerpa 屬之種種形態及體內橫梁(右上)
 左上 *Caulerpa fastigiata*.
 左中 *C. Fraycinetii*.
 左下 *C. pinnata*.
 中上 *C. prolifera*.
 中下 *C. macrodisca*.
 右下 *C. obscura*.
 (Lotsy)



第四圖 b
Polysphondylium violaceum
 (Lotsy)

5 分枝

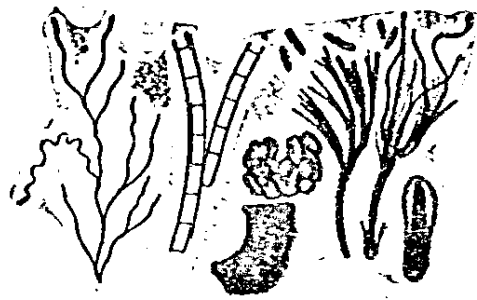
單細胞植物之生活中，大多以動轉時期與靜止時期互相交替。碳素同化作用完成以後，縱不動轉，亦能成育，且細胞雖分裂不離，並不礙於生活。是因其生活期間之大部分，成各種羣體而生活。祇於特別時期變成動形而繁殖分佈，且有完全不現動形者。又靜形時之細胞分裂，亦有僅限於一種方向而成一軸伸展者，此等植物，全體成絲狀細胞列，其中有基部細胞變為附着器官，頂端猶變成毛狀突起而起所謂頂基之分化者（例如 *Oedogonium*）。俟細胞枝變長，染泥埃之部分亦少，可受充分之陽光而更適於發育。形動者能發育至團藻型，而形靜者更由細胞絲發育至分枝型，於是進而發達成散漫之植物形。

分枝云者，乃細胞分裂起於相異之方向，同時在他方向反復行細胞絲列而成者。但此種分裂之機能，究從何而起，其理由猶未明瞭。因種類之不同，能分枝者與不能分枝者，有相當明瞭之區別，若就此點觀之，則此種機構似頗複雜，且其條件似亦不止一二種。如水綿在自然狀態決不分枝，若

封入石膏中，阻礙其伸長時，側面因有餘裕，偶爾亦可分枝 (W. Pfeffer p. 193)。當分枝時之細胞分裂，有起於母絲細胞之側面者，有於頂端在斜或縱的方向二分者，其間又有各種變異之形。總之由各枝生出分裂細胞，於某期間各自繼續分裂，使個體之發育旺盛實質增加並與以充實之輪廓。營同化生活者，分枝在達一定密度之內有效。又如菌絲之類，從基質吸收養分者，其分枝在可以吸收之點則有效。分生植物雖無分枝機能，然細胞絲之已斷者，附着於下面之絲旁，各絲生長之後，亦能反復分生，藉外觀的分枝，而成充實之形，(第五圖)，是曰外觀的分枝。

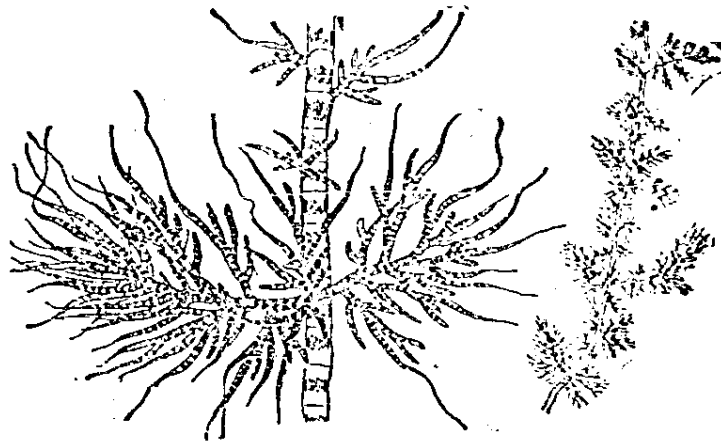
在初步之分枝，例如菌絲，其方向不定，且主軸與側枝亦無

區別。其較進步者，則主軸以伸長與形成側枝為主。已成之側枝，營同化作用後，亦參與生殖，即可見所謂長枝、短枝之分化 (第六圖) (*Draparnaldia*)。又枝之分化，亦有受外因之支配而成立者，例如 *Oedocladium protonema* (第七圖) 其主軸橫臥，上側生同化枝，下側生根狀枝。



第五圖 外觀的分枝之例
左 *Cladotrix*. 右 *Rivularia*.
(*Pflanzenfamilien*)

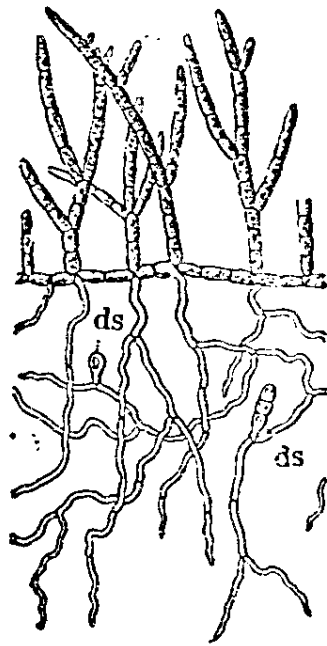
6 形成部及多層體之成立



植物之發生生長及器官形成

第 六 圖

Draparnaldia sp. (Oltmanns)



第 七 圖

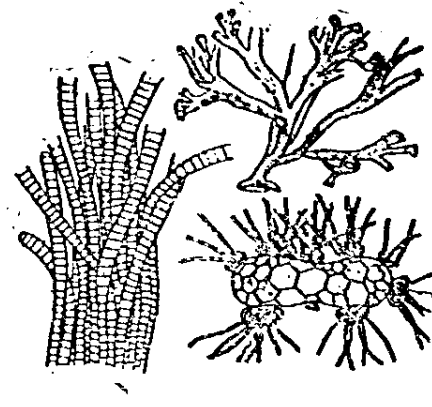
Oedocladium protonemads

休眠細胞(Oltmanns)

所謂形成部，即成於不分化之幼細胞而分裂極盛致增大植物體之部分，就機能而言，即於植物體之形成有關係之細胞而營分裂之處。在單細胞或成羣體之植物，并無特別分裂旺盛之部分。團藻，前後兩種已起分化在動的植物中為最進化者，但仍無特別之形成部。形成部在附着之植物方出現。然其中成單一細胞絲者，亦別無參與形成之細胞，在細胞列之分枝者，其保有分裂機能之細胞。漸見於各枝之先端或基部附近經此長枝、短枝之分化，細胞絲再起癒合，形成多層植物體，形成部之配置，亦隨之而生變遷焉。

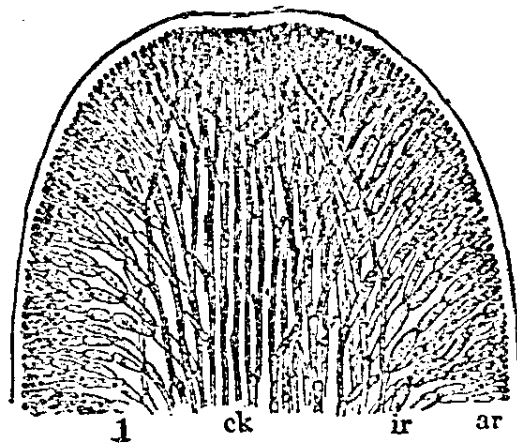
由多層細胞所成之藻類，似以為自始即由形成細胞之立體的分裂而成者，其實在小形之藻類，未必如是容易，其在生成行立體的分裂之頂細胞以前，其間尚有許多形態的階段。

成多層體之初步者，僅以分枝之細胞絲互相組合而成。例如 *Cutleria* *Cylindrica*（第八圖），其細胞絲略呈束狀的組合，各絲之分裂部，均集於先端附近而成橫帶狀。又如 *Furcellaria*（第九圖），在絲束外者向外分枝而癒合，各絲端之生長細胞，構成拋物體狀之外套層。稱此種體制曰噴水型。蕈褶之橫斷面，亦表示近似此型之構造。再進一步，則側枝之羣束，節狀的分離（*Lingora*）



第八圖

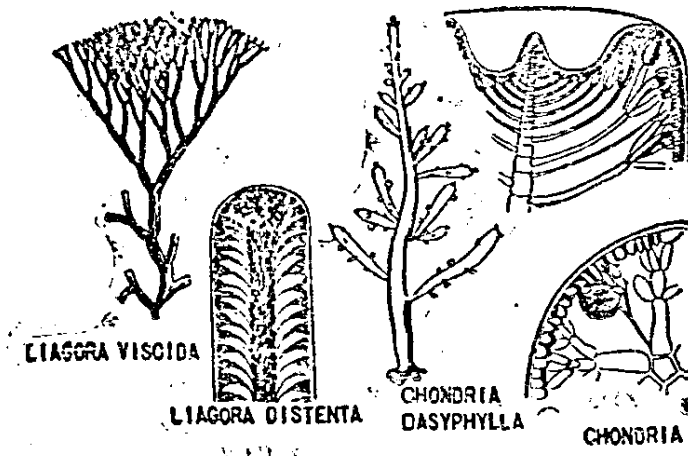
Cutleria multifida 及 *C. Cylindrica*.



第九圖

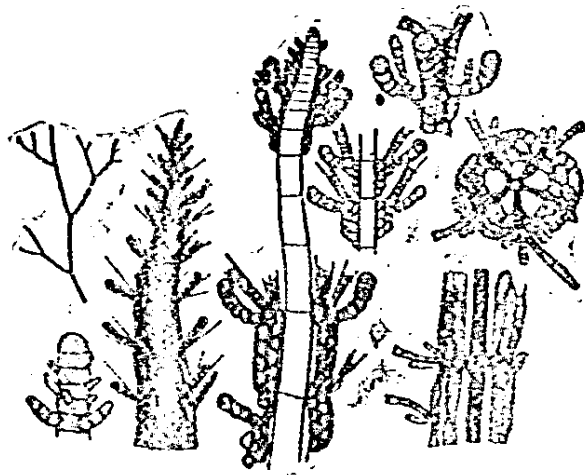
Furcellaria fastigiata.

(第十圖左) 或成中軸之細胞列，減成一本 (*Chondria*) (第十圖右)，後者曰中央絲型 (*Zentralfadenypus*)。迨中央絲生成後，頂細胞稍成顯著之形狀。更進一步側枝不向外伸，自始即被覆中央絲之表面而成密着之皮層。在 *Spermatochus* 屬 (第十一圖 a) 此種皮層，由橫枝再行分枝，尚可表示其起源於下向之橫枝，但如 *Rhodymenia* 族及 *Ceramium* 族，其皮層作為周心細胞



第十圖

Liagora (Pflanzenfamilien) Chondria (Oltmanns)

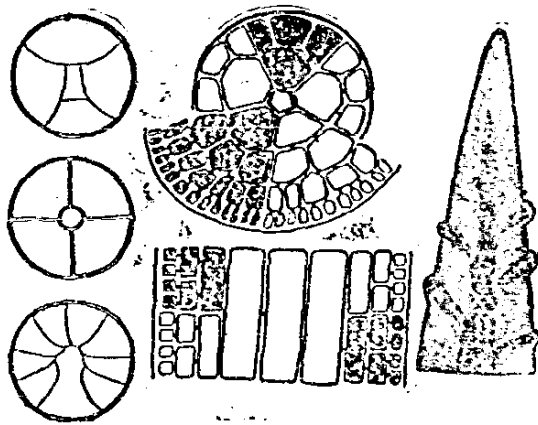


第十一圖 a

Spermatochus paradoxus 由中央絲節生橫枝，
再向下方生枝而沿中央絲之表面生長以形成膚質。

(Oltmanns)

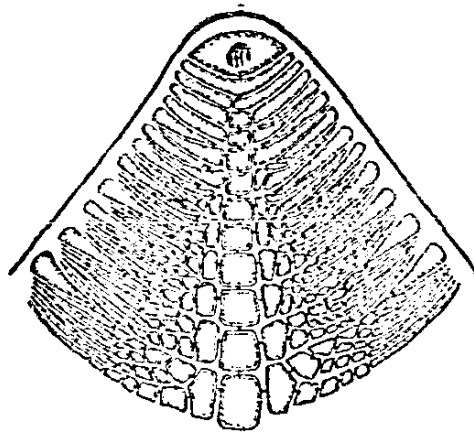
層，已不表示其為側枝矣。且在此等體制中，頂細胞係以中央絲與皮層共通之母細胞先行分割，故 (Perizentralen) 而由母軸之內的分裂所成，其不出輪廓之外者，因其側枝已成先天的癒合之皮



第十一圖 b

紅藻類 Rhodymenia 族 Ceramium 族等之體制 細胞絲因內部分裂構成同心細胞以成皮層，表示皮層雖增加數層仍為枝之短縮之構造。側枝自後中軸內生之。

(Oltmanns)



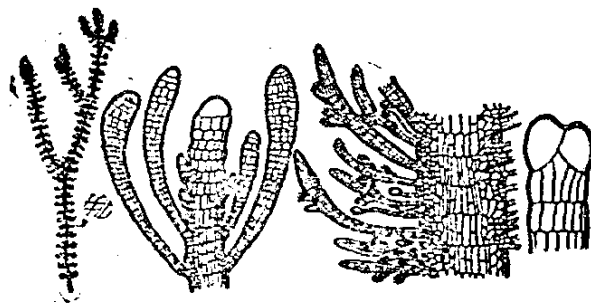
第十二圖

Hypoglossum Woodwardii.

頂細胞亦特別變大。如扁平葉狀之 *Delesseriaceae* 科植物，亦可發見同一之組成。*Hypoglossum Woodwardii* (第十二圖) 則由頂細胞順次向下方分節，視其各節細胞之配置，顯見橫枝並列於一平面之形跡。紅藻類之體制，屬於細胞絲噴水型，中央絲型，側枝皮層型等之任何一種。大形之綠藻類，亦表示絲束型或側枝癒合型。褐藻類中雖亦有與此相似之體制，但細胞絲自始即由內的分

裂而成許多層者居多。此等植物之中，如 *Sphacellaria* (第十三圖 a) 之小形藻，其頂細胞亦較大，可用肉眼辨別之。又屬於此型之藻類，其表面之細胞，亦有向後外方分裂而成更厚之皮層者 (第十三圖 b)。網藻有紡錘狀之巨型頂細胞，形雖扁平，但成形狀更大之植物體。但頂細胞僅在下側一面分割者，常較上面之頂細胞為小，再大於此之褐藻類，則具多切頂細胞 (Mehrscheidige Scheitelzelle) 分裂細胞羣或分裂帶。

二 成形過程與體制



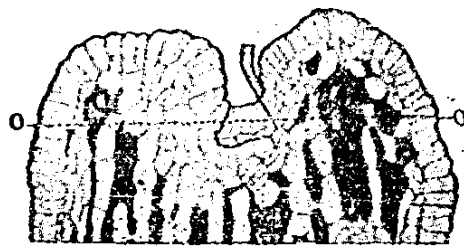
第十三圖 b

Cladostephus verticillatus.



第十三圖 a

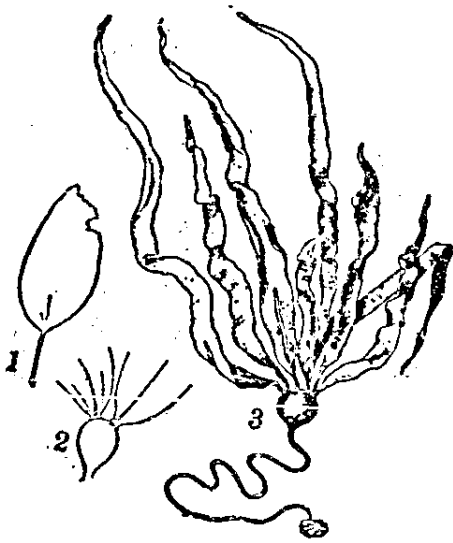
Sphacellaria racemosa.



第十四圖

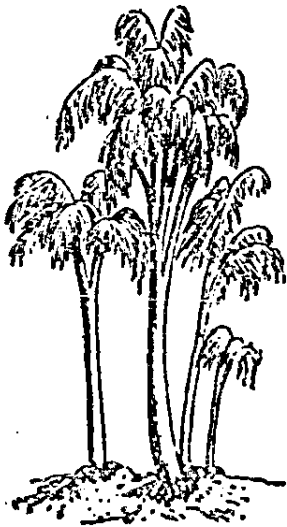
Fucus vesiculosus 之頂細胞。

在 *Fucus* 族，頂細胞成多面體，向底面生髓組織，向側面生皮層之原始細胞，而形成巨大之複雜植物（第十四圖）。又有頂細胞在對角線上四分而成分裂細胞羣者。在昆布族，葉狀體之基部有分裂帶，因介生生長而形狀特大。本族雖無普通之分枝法，但其幼葉狀體，在基部附近縱裂而成假分枝。由此方法所成之形，殆與普通之分枝無異（第十五、十六圖）。苔蘚類（第十七圖）及多



第十五圖

Cladocystis Lütkeana 1,2,3 發達之順序。



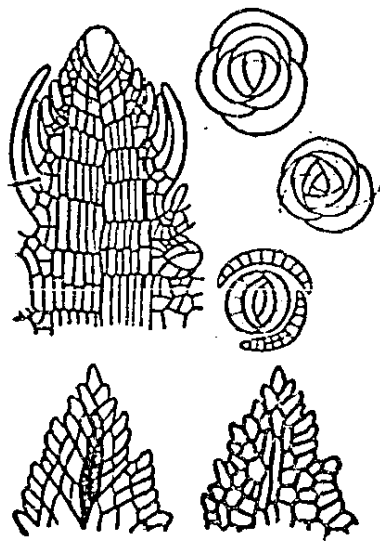
第十六圖

Lessonia fuscescens.

數羊齒類植物，常具有倒三角或四角錐狀之頂細胞。顯花植物究發源於何種藻類，固不明瞭，但其根部，通常具二個以上之原始細胞，又在根冠、表皮原、中心柱等區分極明瞭者，其各組織各由別種原始細胞出發而成縱的細胞列或橫的細胞帶。(O. Schüpp)

分裂細胞繼續增殖細胞新成組織，且隨植物之體制及大小而異其分裂細胞之形狀，故植物之形，似受分裂細胞形狀之支配，實則其關係相反，即既成之組織可支配生長點之形及活動。至於分裂細胞，生於先端抑介於中間，各隨系統而定，是為植物體全部之交互作用所決定之一種內的極性之發端。

又頂細胞之形狀並不固定。例如羊齒類之原葉體，由扇形又分之頂細胞所成，但營養狀態不良，葉幅往往變狹而成一截，又原葉體更有分解為絲狀者（第十八圖）。又如團扇藻（第十九圖）

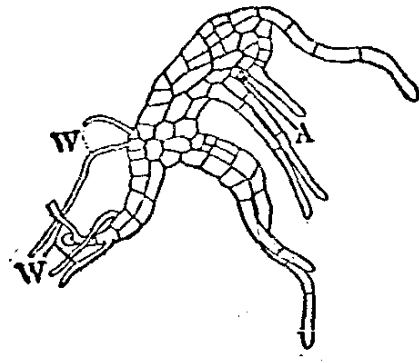


第十七圖

蘚類之莖及葉之頂細胞

葉為二切，莖為三切或二切。

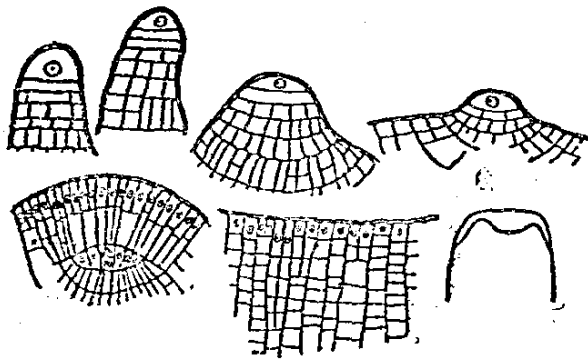
幼時爲具頂細胞之棒狀體，漸次扁平擴大變爲周緣生長，同時頂細胞亦細分而兩側之細胞亦變成周緣生長，結局則頂細胞消滅。又在裸子植物，表皮在組織方面雖頗明瞭，而其原始細胞尙未有分化爲表皮原細胞者，換言之，表皮原細胞之分化，不在生成之後。顯花植物之根，其原始細胞之排



第十八圖

alsophila australis 之原葉體之二切頂細胞，因營養不良，而成細胞絲者。

(Goebel)



第十九圖

團扇藻之頂細胞以葉狀體之周緣生長而失去原始細胞之資格者。

(Lotsy)

列雖不一致，而由此所生之根，其組織之排列，則大體相同。由是以觀，原始細胞並非決定新成組織之位置及排列，可視為受既成組織之支配而決定自己之形狀者。其實原始細胞、頂細胞等非直接由孢子或卵細胞所產生，俟細胞相當增加以後，方生其固有之形成細胞及組織。原始細胞與分裂組織之形態、排列，當然隨系統而作大體之決定，故既成細胞對於幼細胞之影響方式，亦不能不認為由系統的關係而決定其大體者也。

形成部如介在軸之中間時，通常成直角的環節狀，如在先端時，多近於拋物體之形。不問其由單一頂細胞所成抑由多層之形成細胞所成，皆同也。在顯花植物，則稱之為生長圓錐，有種種例外，自不能免。例如在「向日葵」之頭狀花序，中部稍凹，「露兜樹」，莖之中央陷入，有小生長圓錐立於其中，子房下位花之生長點亦多凹陷，又 *Ficus* 族之頂細胞，亦位於深陷之溝中（第十四圖）。

在生長圓錐，離先端稍遠之處，有器官之原始體方始發生之點，是曰形成帶。通常當莖之生長點向前進行時，形成帶亦次第向上移行；然在花蕾及其他形成有限制者，原始體之形成，多漸向生長點之中央進行，終於其中心成雌蕊之原始體。又有在中心先現雌蕊之原始體，再於外下方生出

雄蕊之原始體者。又卵子在中軸胎座形成時，其原始體先現於中央，後再在上下兩方形成。此外變化甚多，不勝枚舉。

三 器官之發生與葉序

器官之原始體在形成帶上漸次隆起而顯現，最初大體爲圓形或橢圓形，輪廓不甚分明。雄蕊花蕾等尙保存當初之圓形輪廓，但如葉之扁平器官，不久突出於母軸而外，先端成尖形；又在禾本科，其基腳迴繞母軸而成鞘狀，同時輪廓亦變化萬端。

器官發生之初，通常起於表皮下組織細胞之分裂，再向表面並行分裂而現出器官之大體輪廓，然在形成帶上與一原始體之關連如何，則尙未明瞭。迨母軸面肥大而形成帶擴展時，原始體之數或行列亦準此而增殖，反之軸而縮小時，其數亦減少，可知原始體之大小，各器官略有一定，大概不超過一定之範圍。又原始體之列數如有增減，其所成立之位置的關係亦起變化，葉序自隨之而變。斯時原始體成立之位置如何決定，猶未明瞭。因決定原始體器官之位置及輪廓之機能未曾明瞭，故各種葉序之成因亦無從明瞭，但從葉序之各種變化之狀況，可反窺器官成立之機構而知其

梗概。

葉序爲側生器官排列於母軸面上之方式，不僅葉可適用，腋芽花蕾以及其他器官亦可適用之。葉序大概多有規律，然間亦有不規則者，其主要之着生方式有斜生（*Juxtaposition*）（例如松球花）、輪生（*Verticillation*）（例如間荆）、縱生（*Superposition*）（例如玉蜀黍肉穗、柱仙人掌）三種。又在斜生與輪生之間者，有偽輪（*Scheinquiri*）（例如草本威靈仙），在斜生與縱生之間者，有螺旋（*Spirochromie*）（例如露兜樹）。葉序中最普通而變化又有規律者爲斜生葉序，在述此葉序以前，有先述其形態事項之必要。

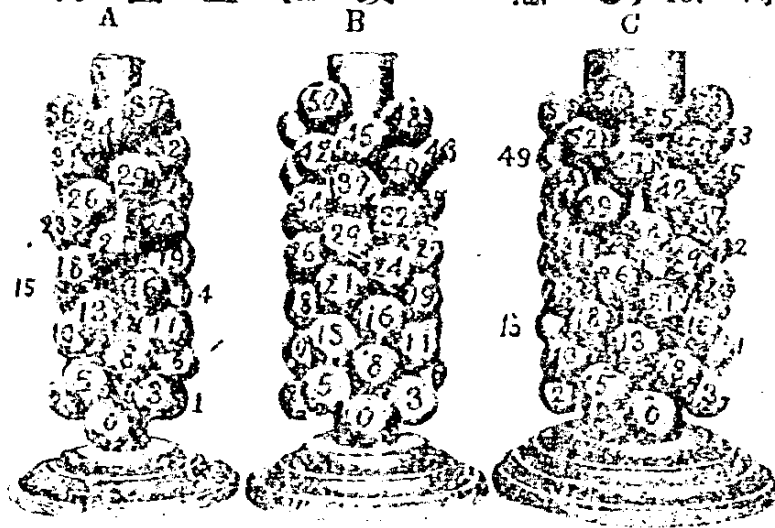
1 斜生葉序

在斜生葉序，如器官密生，通常表示有兩組相交叉之斜列，是曰交走斜列（*Konjugierte Parastichen*）在同一方向之斜列數，隨植物及器官之種類，發育之良否等而異，通常所見最普通之數爲：1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 84, 139 ……等數列（*Zahlenreihe*）其中任何相鄰二

項之數列，左右交走之列系顯然可見。例如一方有五行斜列者（各列相並成螺旋狀，故五列斜走時，如任意之一列，迴轉母軸一次，則成第六列而顯現）則與此交叉而顯出八行斜列（第二十圖C），亦有顯出三行斜列者（如同圖A）。總之，列數愈多之斜列，急向縱走，列數愈少之斜列，徐向橫走。

用圖表示葉序時，可將母軸作成圓筒、圓錐或平面圖，其上再將器官描成點形、圓形、橢圓形、圓弧形或其他等形。視母軸及器官之形狀，上法雖不盡適用，然在斜生及偽輪葉序，以接圓代器官繪於圓筒面上，而使之展開者，確較簡單，且實際上最易表示器官相互之位置——尤以高低之關係。第二十

三 器官之發生與葉序



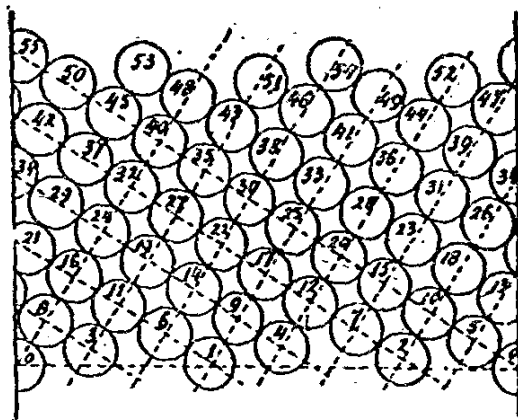
第二十圖
用圓筒面上之接球表現葉序之模型

- A. 三次五次直交。
- B. 三次五次八次三列交叉。
- C. 五次八次直交。

一圖係將第二十圖C平面展開之模型圖。

軸面上任意二器官在縱軸之距離曰昇度 (Steighöhe) 其間之角度距離曰開度 (Divergenz)。在多數之斜生葉序，自任意之器官，至昇度最低之器官，次第連絡時，可成一平緩之螺旋，是謂基本螺旋 (Grundspirale)。沿此基本螺旋將其順次之器官附以 0, 1, 2, …… 等號數，再在某顯明之斜列上追究其號數時，可見其斜列上順次之器官的號數有一定之差。例如某斜列，其相鄰二器官之號數為 0, 5 時，則連續此列器官之號數為 10, 15, 20, …… (第二十圖) 與此並走之其他斜列亦然，其差亦為 5，即

0, 5, 10, 15, 20…… 3, 8, 13, 18, 23……
 1, 6, 11, 16, 21…… 4, 9, 14, 19, 24……
 2, 7, 12, 17, 22……



第二十一圖
 用圓筒面上之直交接圓表示五次八次葉序，其圓筒展開之模型圖。(Iterson)

斜列號數有 5 之差者，總稱之曰五次斜列，且五次斜列全體有五行，且限於五本。與此交叉之其他斜列，若縱走更急，則此列下面之號數，其差為 8，此種斜列計有八本（第二十圖 C）。又與五次列相交之斜列，如比此為緩，其號之差為 3，即為三次列，其列數有三本（第二十圖 A）。故逆言之，如並走之斜列有八本者為八次列，其號數之差為 8；有十三本者則有十三之差（但複系時為例外，參照後節）。在向日葵之頂花（第二十五圖），近頭狀花序周緣之處， ∞ 次列與 ∞ 次列相交，而側花則以 ∞ 與 ∞ 或 ∞ 與 ∞ 相交，走者為最普通。雖不直接注目之各點，其斜列亦具同一之關係，有 8 列者，必有 8 之差，二次列者二本，一次列者一本，即基本螺旋是也。且以 1、2、3、5、8……之順序，交互走於左右相反之方向。斜生葉序通常即用此兩交列數表之，例如稱為三次、五次葉序者是也。葉序從來僅以表開度之分數表出之，但開度時有變化，又器官如密集時，則交走斜列最為顯著，故用列數表示最為適當。

交走斜列中鮮有屬於他種數列者。

1, 3, 4, 7, 11, ……………

1, 4, 5, 9, 14,.....

1, p, 1+p, 1+2p, 2+3p,.....

自1與他數起始，順次排列前二項之和，此等數列總稱曰副列 (Nebenreihe)。反之對於前記最普通之數列曰主列 (Hauptreihe)。無論何種數列，其最低數為1，相當於基本螺旋。通常所謂開度者，即此基本螺旋上次列各器官之開度也。若就其屬於主列之種種葉序而測其開度時，在生長點附近之密生處，雖略有變異，平均計之大體表示 135.5° 內外之值。Schwendener 氏依此事實認為斜生葉序之兩交列，應與直角接觸之圓系相當。茲表示兩交列數與開度之關係如下：

兩交列數	初期之開度	莖伸長後之開度
1 & 2.	$2 / 5 = 144^\circ$	$1 / 3 = 120^\circ$
2 & 3	$5 / 13 = 138^\circ 28'$	$2 / 5 = 144^\circ$
3 & 5	$13 / 34 = 137^\circ 39'$	$3 / 8 = 135^\circ$
5 & 8	$34 / 89 = 137^\circ 32'$	$5 / 13 = 138^\circ 28'$

8 0°13'	80/233 = 137°30'44"	8/21 = 137°09'
.....
極限開度	137°30'28"	

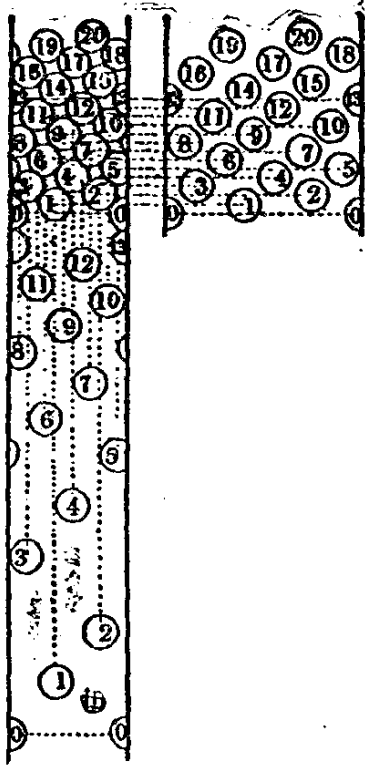
莖尙未伸長時之初期開度，除一次、二次交列者外，大都近於 137°5' 之值。（就生長點上之器官，若測其實際開度時，一度或二度之差，殆無甚區別。）以全圓周 360° 爲 1，分爲 a 與 b 二分，而成 $1:a::a:b$ 之關係，則極限開度之值 137°30'28"，恰與此時之 b 值相當。a 恰爲比例中項，以 0.6180340 = $\frac{b}{a}$ 表之，亦可稱爲金比例。 $\frac{b}{a}$ 與 $1-\frac{b}{a}$ 均相當金比例也。

但實際上就生長點而言，相當於直交圓系之形，殆不可見，尤以葉之原始體如發達至輪廓已明瞭者，多成扇形、三角形或其他之形，而抽出於軸面之外，或基腳向橫面擴張而成鞘狀，以致與葉序之模型圖完全不同。同氏認爲在形成帶上定奪原始體之位置之極初期，一器官由其中心向四方所及之勢力範圍，即作及圈（Wirkungssphäre），大概近於圓形且亦接界者。此僅爲假定的，實際上究竟如何，尙有詳細研究批判之必要。Hirmer 氏以爲斜生葉序之開度與兩交列數無關，自始即等於金比例之值。金比例在生物界之現象中屢見不一見，或可作如是觀，但非就多數材料加

以詳細之觀測不可。

前述之模型圖，僅適用於在生長點附近之新生葉序，如母軸顯著伸長或器官突出於外方時，則着目之斜列移於低次或高次列，又當母軸伸長時，其開度亦變更。如莖先伸長，器官相互之縱的位置亦漸遠，反而當初不接近之低次列，成接近而易於瞥見之斜列（第二十二圖左下）。向來多以伸長後之枝為主，故認此螺旋為基本。反之，如有柄之花蕾，自母軸面向外方突出，則圓周面變廣，低次之斜列遠離，高次之斜列接近而顯著（第二十二圖右上）。

又維管束通常並不縱走，多沿不接觸之高次列（在三次、五次交列為八次列）而稍稍斜進。



第二十二圖

二次三次直交葉序之模型圖，
在下面因軸之伸長為低次列，
右面以器官之軸面抽出，表示
高次列。

且維管束在莖伸長時，常較其他組織遲緩，對於周圍之組織則一面抵抗一面伸長，故莖伸長時，縱的方向減少傾斜，於是莖之全體發生捻捩，而開度亦起變化。例如在二次、三次交列時，維管束沿五次列走，假使在縱的方面則開度為 $\frac{1}{5}$ （參照前表），在三次、五次列，則為 $\frac{3}{5}$ ；但因是而起之開度變化，雖幾不能區別，總之伸長後之開度與成立當時之開度不同（P. Folin）。從來稱葉序為五列式、八列式等者，均以伸長後之開度為標準者也。然無論何時表其開度之分數，例如 $\frac{3}{5}$ 之分子，為從基本螺旋之一器官起，迄達在同一縱線上之他一器官止而圍繞母軸之次數，分母即為含於其間之節間數。

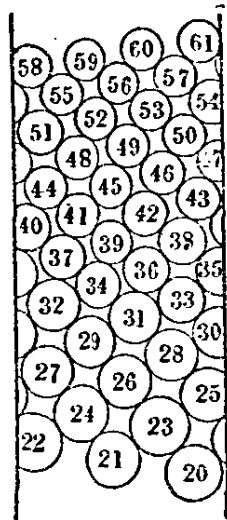
在斜生葉序，通常兩交列之數，不僅相異，且其間並無公約數，然亦有兩交列之數相等者，例如一次與一次交列（二列互生）、二次與二次交列（對生）、三次與三次交列（三偽輪生），且亦有公約數者（二次四次，四次六次等）。此等相當於公約餘數之葉序，可認為僅公約數相並列而成一圓周者。故稱此等為複系（*Mehrfache systeme*），而與前述之單系（*einfache systeme*）區別。在有公約數者，則基本螺旋之數，僅有其公約數（例如在四次六次為2本）。

以上爲有規則之斜生葉序，植物從種子以至於發芽，在單子葉爲二列互生，雙子葉爲對生，亦有如禾本科、唇形科等葉序繼續不變者，然具上述各種葉序者，有交列之增加變遷。

通常列數之增加，起於母軸肥大及生長圓錐變闊之時，母軸雖因營養狀態或其他原因易起粗度之變化，但原始體大小之變異，不得超越一定之限度，正如由花瓣移於雄蕊時然，如器官之種類有差，其原始體恐亦有大小之別。要之，如生長圓錐變大或原始體變小，列數即增加，反之則減少。於是原始體之橫徑及形成帶之圓周，就模型圖而言，接觸圓之直徑與圓筒周圍之比，曰器官之比較的大小率 (relative organgrösse)，或簡稱曰比大。

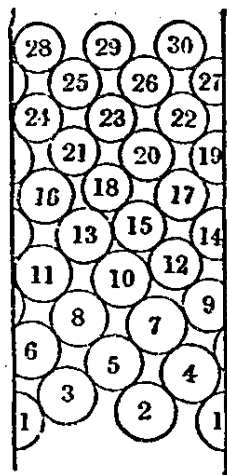
因比大之變化而列數有增減時，視其變化之程度如何，增加之列數亦有多寡之別。例如從二次三次，有時成三次三次或三次四次或三次五次。其中成三次三次時，原來之三次列並不變化，就此進行，二次列之一行分枝而增加列數，即 $\circ \& \infty \rightarrow (\circ + 1) \& \infty$ (第二十三圖)。又成三次四次時，其三次列無變化，二次列則雙方分枝，各成二列 $(\circ \times \infty) \& \infty$ (第二十四圖)；至於兩交列均加一列者，尚無此例。成三次五次者亦然，其三次列無變化，二次列之一行分爲二，他

一行則分爲三而成五列 $\{ (1 \times 1) + (1 + 3) \} \infty$ ；即列數之增加徐緩者，於兩交列之中，高次列保持原狀而不變化，低次列則分枝而增加列數。反之，列數減少時，高次列亦減少，總之行走斜列中，向左或向右走之一組仍繼續進行行列不亂，與此交走之斜列，或分枝或癒合而發生列數之變化。又比大對於器官號數之次序並無變化，此繼續不變之斜列，生粗細之差，細列之昇度逐漸變低，由直角交叉，經過斜的二列交叉，遂有三列交叉，於是該處產生交走列之分枝（第二十三及二十四圖）。但後來又漸次回復直角交叉。由是觀之，各斜列並非全體同等者，略有個性的差異，隨母軸之變化，其行列即發生擴大或縮小，但



第二十四圖

由二次三次移行成三次四次之葉序模型圖，三次列不變化，二次列各分枝成四列。

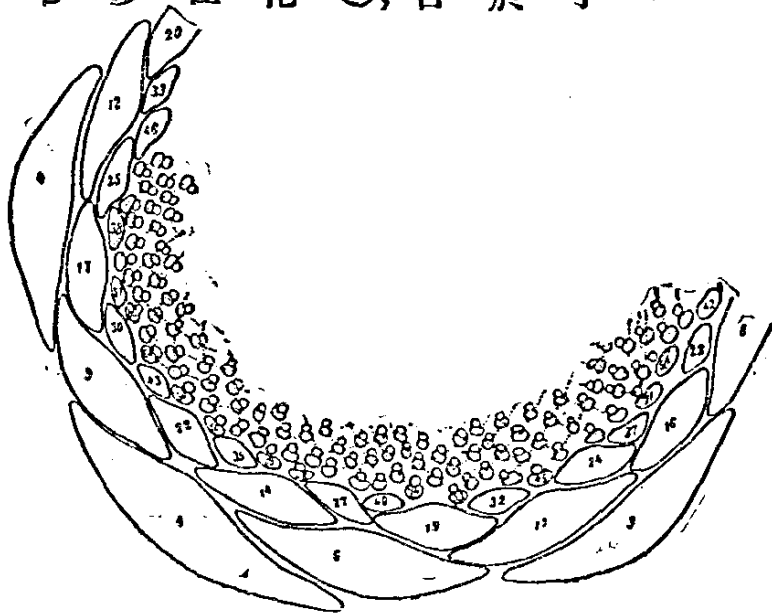


第二十三圖

二次三次移行成偽輪之葉序 1,4,7 ……之列粗，9,12,15 ……列細，13,15,18 ……成三列交叉，以致增加交走列數。

螺旋的進行依舊繼續。並有移行於最後所述之螺旋葉序之傾向。

然形成帶急遽擴大致比大減少時，兩交列均一再分枝而成高次之交列。例如「向日葵」從芽生之子葉 $1 \ 2 \ 3 \ 4$ 立刻成 $2 \ 3 \ 5$ ，莖葉則繼續此葉序，但在移於頭狀花序之高出葉處，已成 $3 \ 5 \ 8$ ，及 13 次之列，舌瓣超過 21 ，筒狀花為 34 及 55 次(第二十五圖)，但在小頭狀花序，即在下面數列為止。又數列之變化通常隨主列為轉移，有時亦移於副列，至其頻度在「向日葵」約為五%。當葉序變化時，何以主列者多移於主列之傾向，其理由尙未明瞭，G. van Iterson氏，將比大之變化，與相當於金比例乃至其乘幕之值



第二十五圖
向日葵頭狀花序之葉序

之同列葉序，在作圖上說明之。

要之，斜生葉序在生長點無起縱生、螺生、輪生等之內的傾向時，換言之，即形成帶對於原始體之位置決定而平等不偏（neutral）時所成立之葉序也。此葉序有次記之特徵：

一、新原始體通常在兩個以上既成原始體間的形成面之最廣處，與此等相接而成立，即所謂空處接生（Raum Anschluss）是也。其模型圖恰似堆疊圓形之狀態（參照第二十一圖）。

二、葉序極規整時，其開度與接觸於直角之兩相交圓列相匹敵。

三、比大有變化時，從斜的二列交叉起三列交叉，致列數有增減，但不久又恢復二列交叉而成直角交叉。

四、比大有急變時，列數亦變，通常從主列之數列，但有時，尤以比大小變化時，亦有移於副列者。圓之直角接觸，為何在原始體成立之安定位，猶未明瞭。同大之水泡者，羣集於一處，通常接觸三列，以示其間之餘地有最小之傾向（參照第二十圖 B），在斜生葉序時，原始體間之空隙，通常有最大之傾向。在比大變化時，當然亦有暫時成三列交叉者，但不久即恢復二列直角交叉而成

安定之狀態。形成帶與原始體以及原始體相互之間，究有如何之交互作用，固不明瞭，要可認為在形成帶表面，則調節器官之比大，使陷於如圓之直角接觸所行之機械作用。但在葉序變化時，斜列之一組一面又依舊進行表示有移於新葉序之傾向，是即表現螺旋生葉序之傾向者也。

2 輪生葉序及偽輪

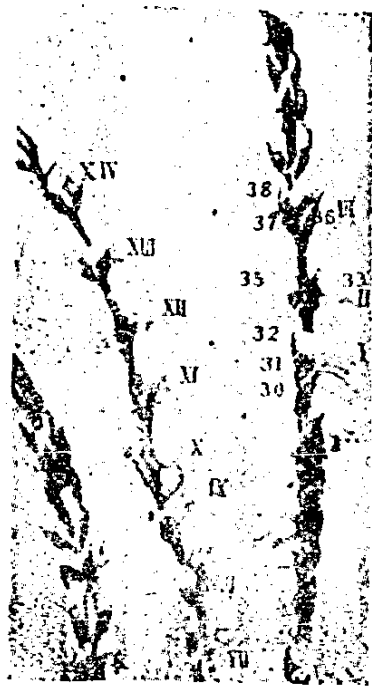
在生長點有周期的作成節與節間之傾向者，在相當該節之形成帶上，原始體幾同時成爲輪狀，且各輪所形成之器官，對於決定上輪之原始體之位置，並無影響，亦幾無關係。例如「問荊」，在各輪之龜甲狀孢子葉，就余所見之例言，自下輪起表示次記之數：

11, 11, 12, 14, 14, 12, 13, 11, 10, 8, 7, 6, 6,

凡數有增減之處，孢子葉之幅，即有顯著之差異；通常各葉內之孢子囊有七個乃至八個，但在大形之孢子葉，祇具十個，小形者祇具五個之囊。如上所述隨器官之大小而數有增減者，他不多觀也。又如「豬殃殃」，其形成帶，從原始體成立以前，已在生長圓錐上，成環狀而隆起，即於其上作成

原始體，故亦有上下無關而由九直接變爲七者。莖成方形而葉有八枚時，則從角隅與中邊生出，但輪生葉爲五、七、九……枚時，其附着之位置亦不定，開度亦有大側與小側之別。

以上所述爲真的輪生現象，然尚有移行於真輪生與斜生之間，普通呼爲輪生而實際爲僞輪者亦不少。例如「草本威靈仙」、「澤蘭」、「黃連花」等，葉所附着之位置，高低不齊，且受下輪器官之位置及大小之影響。各輪之葉數有急劇增減者，亦間有爲移行之狀態，而生出種種程度之雙生葉者，亦有葉之闊度發生大小變化者。且此等變化某受下輪葉位置之影響，以致有向此等接生而成之表示。「綬草」雖具有螺旋的花序，但亦間有發生僞對生與僞輪生者，在三僞輪生者（第二十三圖及二十六圖），因花之被葉所附着位置之高低，而現較緩之一次螺旋，但其方向，隨輪之關係，或向左右轉換，是亦表示接生之影響。其捻轉強烈者，係輪生或對生畸形的成螺旋狀葉序之現象，如「起絨草」。



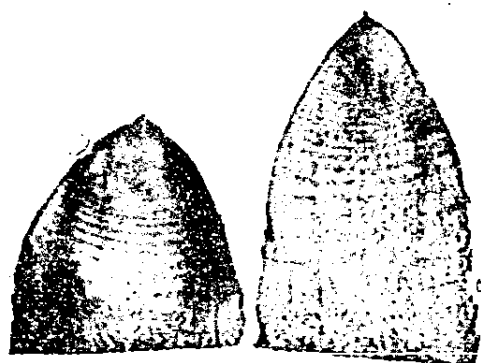
第二十六圖
於綬草之花序所見之僞輪

「葎」、「杉葉藻」、「敗醬」等，皆是也。

對生在數列的關係，可用 $\circ \circ$ 表示之。但在節間極明瞭之唇形科等，反以視為二輪生者為適當。又「卷柏」實際上可當作四縱生。要之，葉序之外觀雖類似，而其內的傾向，則未必相同也。禾本科雖為互生，而觀其生長點之內部，則明暗兩層，互相交錯，頗有規則；觀其縱斷面，輒使人聯想及於林塞谷氏環 (Liesegang'scher ring)。筍自周期的分化後，生出節與節間，向外面生出鞘狀葉。此葉之位置多為互生，有時周期環亦受其支配，而變為交互電光形（第二十七圖），此部分，嗣後即成所謂龜甲竹。其中亦有因周期環錯亂而生成其他畸形者。

3 縱生葉序

植物器官在縱的方向成幾列而排列者較少。柱仙人掌、玉蜀黍等皆其例也。柱仙人掌隨原始體之形



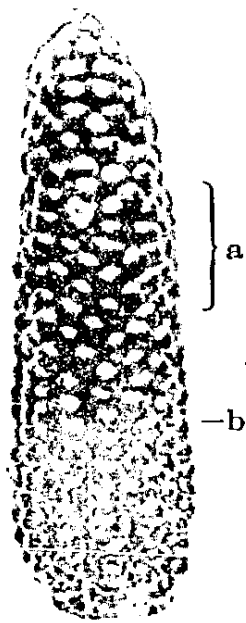
第二十七圖
筍之生長點縱斷面

左 龜甲竹。右 孟宗竹。

組織之周期的分化，其進行恰如林塞谷氏環狀，但龜甲竹基部之環甚亂，成長後呈龜甲狀。

成，其上下部分亦隆起左右成深溝。且形成帶在相當此溝之部分，無原始體之形成，祇於隆起之部分，形成新原始體，因是器官成縱稜（A. Weiss），故此種傾向，適與輪生成直角。但生長點一旦肥大，稜幅即變闊，形成二個原始體，於是稜起分枝而增加稜數。玉蜀黍從形態的由來觀察，當然有可成爲縱生之性質。其雌花序肉穗本與雄花序相同，由左右交互附着小枝之穗狀花序所成，此種花穗，由數個縱的癒合而成者，即雌花之肉穗也。故形狀整齊者，附果實十餘列，每兩列相鄰接。但形態紊亂者，一面因返祖現象，亦有現分穗之形者，他方面又有因肉穗之各列失其個性，使全體成渾然融和之單一肉穗（第二十八圖）。其稍

下方有正在形成空處接生之處（b）；中央部（a）因傾向關係，表示幾近於斜生之葉序。即在形狀整齊之肉穗，其上下兩



第二十八圖
玉蜀黍之肉穗
於縱生加斜生傾
向之不規則者。

端之狹處多表示斜生。又多數單子葉植物大概爲二列互生，但如「鳶尾」等，仍應視爲縱生。莎草科之莖，通常雖認爲 $\Gamma\infty$ 之葉序，其實皆三縱生也。

4 螺旋葉序

係縱生而混有螺進的傾向者，依據螺進之開度變化，則隨種類而異，且無一定。「露兜樹」為螺生中最顯著之例，其他亦見於 *Cyperus alternifolius*、*Costus*、*Aloe*（第二十九圖）等，至於輕微的螺生亦可見於玉蜀黍及石竹科等。螺生，依其列數可區別為二螺列（*Spirodistichie*）（第二十九圖）三螺列等。如何發生此螺進的傾向，尙未明瞭，但植物界在其他種種現象，亦常表現螺旋的傾向也。

曩昔多以為器官之形成沿基本螺旋而進步者，然「向日葵」之花托等花蕾之發達，有時偏心的進行，先形成一側，其基本螺旋實際上並不存在，不過為假想的聯絡線而已。後來 *W. Hofmeis-ter*、*S. Schwendener*、*G. van Iterson* 諸氏均倡導斜生葉序空處接生說，因之螺旋說大有閑卻之勢，然植物界中屢有發生螺



第二十九圖
Aloe striata 由二列互生移行
成螺旋葉序者。
(Göebel)

生葉序者，因之 K. Goebel, M. Hirmer, R. Voh 諸氏又高唱螺旋狀發達說。不僅此也，Hirmer 氏並認為斜生葉序之斜列，於螺生狀態之下，其開度恰與金比例相當，輪生亦可當作複系螺生之一例。將器官用假想線連絡者，有各種連絡之方式，然環觀植物界中，以兩交走列系之斜生為最普通，螺生反為特例，又真正之輪生，無螺生的傾向。

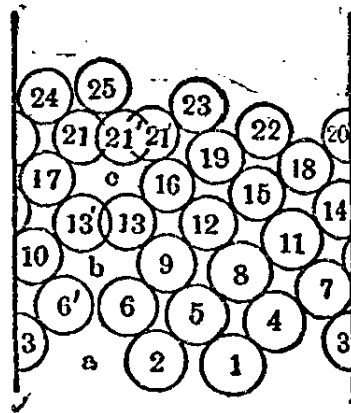
總之在生長點上定新器官形成位置之，傾向有縱、橫、斜種種。其中斜生葉序於內部特別傾向最少之時，主被表面之物理的要約所支配而起，如再加入其他內部的傾向時，則可生出輪生、縱生、螺生或其他移行之葉序。側根發生之位置等，概受維管束與其攸關之內的傾向所支配；但在斜生葉序，其維管束之走向，卻被葉之位置所支配，因此有二次的聯鎖關係存在也。

5 不規則之葉序

此為於母軸之異常肥大、分叉、帶化等時所生成者。於分叉之際，若因從前已有不規則之葉序表現，分叉後，反可回復規整之葉序。但在帶化時，始終持續不規則狀態。此種不規則狀態，常有雙

生體隨之而生，且器官大小之變異，比例亦大。此因母軸面比大之不絕變化而起，然亦有起於其他種種混亂之內因者。前記玉蜀黍之不規則葉序，即由於縱生、斜生兩傾向之競爭所致，但次舉之例為斜生上加以局部的輪生而起之不規則狀態（第三十圖）。

「綬草」之花穗，亦為不規則狀態之一例，其葉序大體為三次四次，於母軸之側面，有縱走不規則之部分。原來之三次四次葉序，僅有一器官，而此



第三十圖
綬草花穗上所現之不規則葉序，於三次四次葉序之一側面，加輪生的傾向而成不規則者。

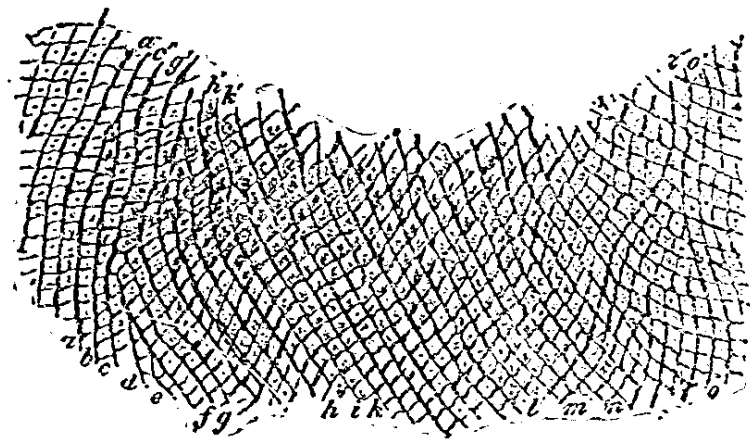
則先生同高之二葉，*S. S.* 其上之 *H. H.* 成雙生體，再上之 *ST* 加入右鄰之一葉而成三生體。此等葉片，與普通之接生不同，僅一葉接生而他側則殘留大空隙。與輪生相同，成形成不起之表面，且此部分祇偏於縱的一側。*Sachs* 氏所見之「起絨草」之花穗（第三十一圖），上端列數之減少，並不一致，卻現於相對之兩處。

由右例可知同高之原始體相鄰接者，容易癒合。器官之癒合，如花瓣與雄蕊，有時縱的方面亦

可成立；惟雙生體通常僅起於橫的方向。輪生方面亦常見有雙生體，但縱生、螺旋則無縱的雙生體。此皆因原始體發達時，其上緣與下緣異其發育狀態，在背腹性器官，其對照更顯，在左右兩緣同時期，同高成立者，其性狀殆相等，且易消失境界的區別。又原始體之位置之中心，如被定於既成器官之上，則對於其「作及圈」側面之影響，起初確不易決定。更自雙生之成立上觀之，形成帶不論其如何廣大，器官所能占有之面積，實有一定限度，可能形成之面積，在一器官嫌過廣，二器官嫌過狹時，則不生一大器官，而生雙生體。

以上所述者皆為莖葉上之葉序，其次花內各器官之排列，較普通葉序更為複雜，尤以形態愈

三 器官之發生與葉序



第三十一圖

展開起絨草之花穗之嫩果，
以示其葉序之不規則狀態。

進步之花，其特殊內因之增加愈多。當然初步之排列，如毛茛科等，與普通之葉序無異，花內器官之數亦多，且排列亦無一定。如「鵝掌草」等之花被數，不僅有顯著之變異，其中除以五為基數外，亦有以四或三為基數者。即同為八瓣，有為 $C_4 + C_4$ 或 $C_3 + C_5$ 者。又「辛夷」之花蕾，向南溫暖之一側，伸長甚速，向北者伸長較遲且甚纖弱，此為溫度影響成形之一例。反之，系統進步之花，花部之數大概減少，其排列亦往往生出左右相稱，不整齊，以及欠缺等內因的不規則現象，畢竟不能適用普通葉序之法則，與其說在花床上花部之各器官有各別之發生法，毋寧說在花床內花之各部有一定之設計，所謂內的分化，較為妥當，且其分化之設計，富有若干系統的特徵之意義也。

四 生長

1 生長之階段

器官先於生長點成原始體而顯現，再逐漸發達分化而成基礎的準備的構成組織，由此再特別伸長及肥大，以完成其構造及內容而達於所謂成熟之時期。而此生長之全過程，大體可分為四級 (J. Sachs, 1893)

- 一、現出期 (Ekblastose)
 - 二、分化期 (Differenzierung)
 - 三、伸長期 (Auxonomorphose)
 - 四、成熟期 (Maturation)
- 幼年期或形態期
- 生理生態期
- 四 生長

第一期爲器官在生長點上成原始體而顯現並規定其數目及位置之時期。葉是否爲輪生或斜生？又花之各部如何排列等事項，皆在此時期決定之。例如「百合」之花部，營養縱極端不良，但既生成以後，殆常爲3之倍數，在此時期內所發生之事項，受環境支配者最少，主隨系統之遺傳的要素而定，因此具有分類學之特徵最多。但在此時期內，如取適當之處置，亦能使其稍稍變化。例如「山慈姑」之某品種，其球根自七月二十日萌葉二三枚時起，如加以六週間九度或四週間十三度之低溫，則將來發生之花，花蓋數平均增爲九枚，雄蕊增爲八至九本，心皮則增爲四枚（A. H. Blainw and M. C. Versluys）。

第二期爲器官之種類確定後，細胞繼續分裂而定奪各器官固有形質之基礎之時期。例如芽之原始體將來究成葉芽抑或花芽？又就花而言，其中之原始體，將來究成花瓣抑或雄蕊？均在此時期決定之。至於細胞原形質之增加，主於此期完畢。此時期雖比較的不受外界之影響，但有時亦有受顯著之影響者。例如採葉過多，翌年腋芽不成花芽，多成葉芽。又如 *Lonicera Periclymenum* 因蟲瘻之關係，花之柱頭變而爲葯（T. Diels），是其例也。又如罌粟之一品種 *Papaver Somni-*

ferum polyccephalum e. monstruosum, 其花中生有由雄蕊變成多數副心皮 (Nebenkarpolle) 為特徵, 但若將此植物之芽生, 當子葉上僅生出二三枚葉片時移植之, 則後來開花時, 並不生副心皮, 皆成原有之雄蕊矣。然除此時期以外, 無論如何處理, 將其移植, 決不起此種變化, 因移植時, 花之原始體尚未生成, 故移植時所受之某種影響, 潛伏體內, 認為有抑制花蕾中許多原始體變成副心皮之作用。此種器官形成對於外界的影響感受最銳敏之時期曰銳感期 (empfindliche Periode) 又 *Hyacinthus* 在夏季取出其球根, 自六月四日 (在荷蘭之實驗) 起置於三十五度之處所, 經五星期後, 再移置於十七度之處所, 翌春, 葉之長度較諸起始即置於十七度之處者加倍, 且其主要之原因, 由於細胞數之增加也。又置於高溫度下者, 其葉之生長, 反較在十七度下者為少, 可知此種促進皆由

四 生長



第三十二圖
 罌粟之一品種, 其花之副心皮
 (de Vries)

於高溫之副作用也 (I. Luyten)。

以上兩期可合稱為幼年期，而對於第三、第四兩期，又可稱為形態期，因形態的特徵，主在此期確定也。又由此期移於次期之前，其間往往視環境與習性之如何，亦有如冬芽而劃一明確之冬眠期者。

第三期為增大體積、容積之時期，斯時細胞分裂已畢之組織，主因水液增加，膜質潤膨致有顯著之伸長與肥大，有時可達數十倍之容積。此時因溫度、光線、溼度及其他環境之變化而有顯著之影響，且大多能形成適應其環境之形態。故其變化雖無分類的價值，但有生理生態的意義。又此時期之變化，可用尺度天秤等之數量以表出之。

第四期始自第三期之末，此時期所包含之事項為膜之肥厚及化學的變化以及特殊的細胞內容之形成等，因此達於成熟完成之境，而可行施其機能，是亦受內外要約之影響也。故第三、第四兩期亦可合稱為生理生態期。

以上四期之區別，固非始終明確者，有時則連續移行。但從性質上得分為以上四級，在體制愈

進化之植物或器官，此區別愈益明瞭。

2 細胞之分裂及成長

非細胞複勢體，體形之增大，僅由先端部細胞膜之生長，然一般植物細胞之成長，有一定之範圍，其外形之增大為細胞增殖之重要部分。但在生長點之細胞，未充分增大時，已反復分裂，俟大體構造組成以後，再逐漸伸長。但如 *Sphacellaria* (第十三圖 a)，其頂細胞先顯著成長，僅達最大限度部分之細胞始起分裂，故其分裂部在伸長部之外，分裂祇增加細胞之數目，愈分細胞愈小，以後祇細胞膜繼續肥厚，內容繼續變化而已。網藻亦與此相類似。苔蘚類及羊齒類植物有大形頂細胞者，其由此分裂之細胞，先亦繼續盛行分裂，暫時成極小之細胞，嗣後再增大而起全體之成長，但顯花植物則無特別之頂細胞，其最小之細胞，概在頂端或頂端附近，距頂端愈遠則細胞愈大，且分化亦愈成熟。然分裂最盛之處，未必祇限於頂端，例如「蠶豆」根之生長點，其分裂最頻繁之處，在距原始細胞約半毫米處，過此則分裂減而以伸長為主矣 (O. Schimper)。

同一種之植物，其品種之形狀有極大者，有甚矮者。大形種之細胞，通常數目及大小均佔勢，矮性種則反是，然有時亦有適得其反者。例如 *Nigella damascena nana*（毛茛科）種雖屬矮性，卻由大形之細胞而成，故細胞數自較少（H. Sierp）。

細胞之增大為內容與表面而同時增加，而表面之成長，隨細胞膜之部分而異，因是細胞分裂時之形態與成長後之形態決不相似，不僅輪廓變化，即膜質之構造，亦隨部分而生種種之差異。膜之成長，雖有膜質之填充與附加兩式，而表面成長則以填充為主，此外更有由於膜之潤膨，或由於機械的塑性的展延（*Plastische Dehnung*）。此等之成長，通常基於膜內原形質直接或間接之作用。「卷柏」屬等孢子之外膜，與原形質雖無直接關係，而成長頗良，其廣與厚均增加而成固有之構造，此時當亦由於原形質之影響所致，可無疑義（H. Fritling）。

細胞隨植物體內外上下之部位而成種種形狀與組織，此因植物體各部互相影響同時外因亦起作用而自然所規定之分化。植物組織中所習見之細胞膜伸長之方式，最普通者為側壁伸長。如水綿然，其細胞列之伸長僅為側壁，上下壁於形成後，並不伸長。至其何以異方向而異其性質，雖

不明白。總之植物藉此多具莖根及其他細長器官。纖維及乳細胞等，此種傾向更強。對於外因之變化，植物主因此種側壁伸長而有銳敏之反應。又如溼草之髓組織及葉肉之海綿組織等細胞，其接近細胞間隙之處，因表面顯著增加，遂成星芒狀或其類似之形。此外組織內之異形細胞，各行其特殊之成長。要之接近細胞膜之原形質，因地位不同，其性能亦異。又體內細胞之形，均不固定，一種組織萎縮時，則其附近之組織即變大而充滿其餘地，致起異常之構造。例如「鷹羽芒」之葉斑，葉綠組織退縮，附近之水細胞即占其餘地而形狀特別變大。故有時各細胞互相擁擠，其平衡狀態，亦有成平常之組織構造者。

3 伸長

植物在伸長時，幼年期之細胞急劇增大，此時所增加者，主為水液。且此種細胞常保有甚強之膨壓，因原形質分離，失去膨壓，同時亦停止伸長。此外如用適度之外力，長久牽引植物，亦可略加其伸長度。此因細胞膜具有展延性及彈性，如徐徐引伸，則一面保持其彈性，一面則塑性的展延，致漸

四 生長

漸固定其形狀故也。由此等事實看來，植物之伸長，是否因膨壓受機械的，被動的關係而起，尙有待考慮，但膨壓確非伸長之本因，因其不能使膜之表面繼續成長，故伸長必有賴於原形質分泌膜質之作用。

若從正在伸長之植物，取去養氣使其呼吸困難時，則雖有膨壓，而伸長則停止。惟嫌氣性之微生物及稻等溼草之芽生，雖在缺氧之處，亦能發芽伸長，但在一般狀態，缺乏養氣，伸長即受顯著之妨礙（第四十二圖）。又在高溫時，膨壓雖能增加，而伸長反形衰弱。總之膨壓與伸長非並行者，伸長旺盛之處，其滲透價反稍低。又因光與引力等之刺激，植物彎曲時，兩側之滲透價，並無顯明之對照的變化。又將海藻移入淡水中培養時，膨壓固可增加，而伸長機能卻反受害。固然伸長主起於縱的方向，但決非被膜之厚薄所支配。由是觀之，膨壓雖爲起伸長時所不得不存在之先決條件，但決不能惹起膜之表面成長。

然則膜之表面成長究竟如何而起，蓋成細胞膜原料之糖類及其他物質由原形質膜滲入細胞膜之表面或內部，由此析出而成纖維素、膠素（Pectin）等，與原有粒子相合而形成膜質，至於膜

之伸長方向，主基於此原形質影響之粒子之組合方式如何而定。當糖類溶液成膜質澱粉而析出時，須具有勝於溶質滲透壓之濃縮力（J. M. Janse），此為原形質利用呼吸之能量所營之工作。除去養氣而伸長即停止者，亦基於此理。然膜質之伸長亦有由於展延性之增加而促成者，例如根受屈地性刺激時，最先顯現之變化，為根端形狀之不相稱，此因兩側組織之展延性的變化，原形質受屈地性刺激，致膜質發生變化之故（J. Overbeck）。禾本科之稈節受屈地性刺激時亦然，其上之組織，亦發生展延性變化（E. Noth）。更有謂成長素（參照後節）為有使膜質增加展延性之作用者。在普通狀態之下，膜因膨壓，可緊張至某種程度，但定展延之方向，仍認為由於原形質之影響。要而言之，膜之表面成長，因原形質之作用自動的而起，而膨壓祇能使膜緊張至某程度，此不過為使物質交通、填充作用及原形質作用等可能之條件耳。

所謂伸長者，即為伸長部單位之長，現於單位時間內所增大之總和，故不僅為各部分增加之比例，且受伸長部之大小與伸長繼續時間之長短之支配。因此如禾本科之花，開花時，花絲之伸長雖極迅速，但其繼續時間甚短，故總伸長並不大。又如竹筍，因伸長部及繼續時間俱大，故伸長量亦

極顯者。更如燕麥之芽鞘及蠶豆之根，取成長正旺盛者，用水平顯微鏡觀測，可見其刻刻伸長。至於伸長之方法，外的要約雖一定不變，亦決不一致，如時間單位愈縮短，則遲速之不規則亦愈著目。總之，伸長處各細胞之成長，基於其膜之表面成長及水液之吸收，同時又受膜質之析出、滲透壓之調節與其他作用之支配；此等現象如詳加考查，決非恆定的進行，而有少許之變動亦略有律動的進行者，因各個細胞亦有變異，故由細胞所集成之器官，其伸長亦有緩急之表現。然時間之單位取之愈大，則愈可消失微細之不規則現象，而成大體一定之數值。

伸長有時因他種作用亦可促成之。例如矢車菊已收縮之花絲，只因膨壓之增加，而回復伸長，又「鼈茸」等迅速之生長，亦由膠素質膜之潤膨而實現(F. W. Went 1929)，此等機作對於普通之伸長亦略有影響焉。

伸長如環境之要約有一定，則取固有之過程，其間通常有一最大成長期。然花梗等有在開花期及成熟期兩期之間，示其各別之伸長期者。又莖由許多明瞭之節所成，其各節間有各別之成長期，各次之成長期互相重疊而略成波狀。此等節間之伸長，有向頂部進行者，亦有向基部進行者，隨

種類及器官之不同，各有其特徵也。

莖及根之細胞，於縱的伸長完畢以後，橫的方面亦稍稍肥大，有時某種之根肥大特著；但此種現象，較諸膜之填充成長稍稍不同，卻由於膨壓增加所致，圓筒狀之細胞次第增加其橫徑，以變成近於球形之樽形，亦有因此而縱的方面反收縮者。在一定容積之圓筒，若直徑為二倍，則長度為四分之一，因之根之所以短縮者，實為宿根植物用以調節地下器官之深度故也。

五 生長之外的要約

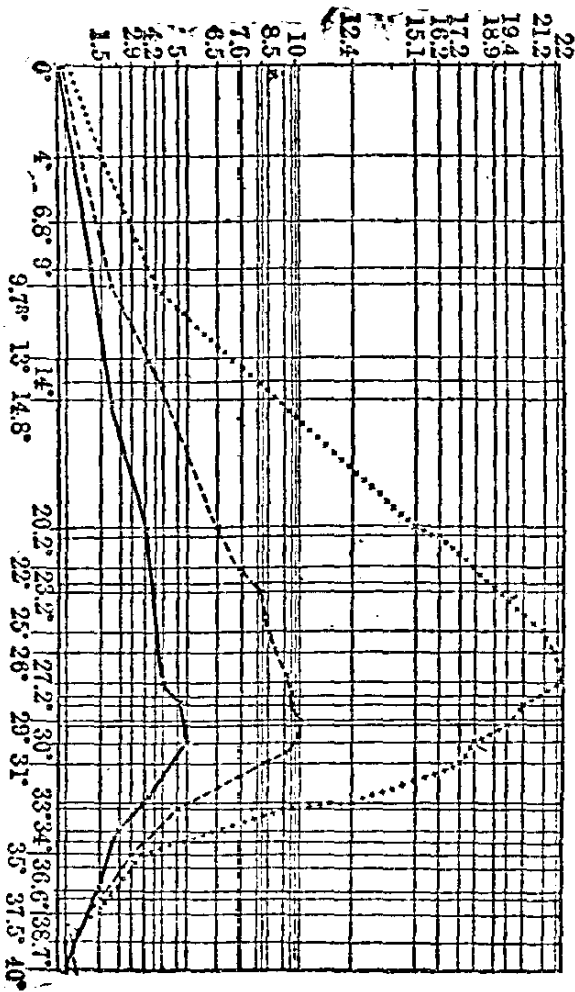
自然界中所見之外的要約，有溫度、光線、引力、其他機械力、土壤與氣中之水分及化學成分，以及其他動植物之作用等；又人爲的要約方面，有有毒物質、X光線、電流等。藉此等要約可影響幼時之生長，不僅可使器官之種類、數目、位置等之形成起異常變化，即莖根之伸長，葉之成長，花之展開，組織之形質等生長之後期，亦受其顯著之影響。由此可知植物所表現之形態，即爲環境之反映也。不僅此種積極之發育，受其影響，即如能否適於生存等所謂消極的方面，亦與外圍之要約有關，植物之生態的分布，即表徵之一也。此等外的要約之作用方法，涉於生長與生存之兩方面，故本篇所述，除生長方面而外，對於生存方面要約之影響，亦一併述之。

1 溫度

伸長受溫度之支配最爲敏銳，其所表示之主要點有三：卽最高、最低、最適溫度是也。就中最適溫度介於最低與最高溫度之間，而偏於最高之方面。然此等之位置，隨實驗繼續時間之長短而異，時期愈長，則生長最高或最適之溫度愈較低下（第三十三圖）。因此對於伸長之各個過程及其影響之他種要約，亦各有相異之溫度曲線，因某過程經長時間而減退之故也。反之，時間愈短所能耐之溫度愈高，例如在四〇度左右伸長最盛之根，在五〇度之氣溫中，約可耐一〇分鐘。又同一高溫，在水中比在氣中者所受之危害較大，此因水之比熱及傳導率均較空氣爲大，且細胞內容在水中容易滲出故也。伸長之最低溫度，因植物之習性而異，如「蠶豆、獨行菜」等之根，雖在零度亦能伸長。*Soldanella alpina* 之花莖，能貫阿爾普斯山之晚雪而脫出，亦雪藻能在雪上發育，此皆爲吾人熟知之事實。又因溫度之高低，各器官伸長之繼續時間，亦有差異，因此到達最後之長度亦相異。例如「燕麥」之芽，於二十五度及十五度之下，前者之伸長速度當然較大，然在十五度時，因子葉中莖 (*mesokotyl*) 及芽鞘 (*coleoptile*) 均可繼續伸長，故最後之長度，在十五度之下者反較大焉。又其上之初生葉發育之時期亦頗遲緩（第三十四圖）之子葉中莖 *M* 爲浸種於十五度下經

九日所伸長者，第三十八圖D爲五日內所得之結果。

伸長完畢之器官，僅就生存言，其主要點之範圍較伸長時略廣，尤以最低溫度之方面如此。在



第三十三圖

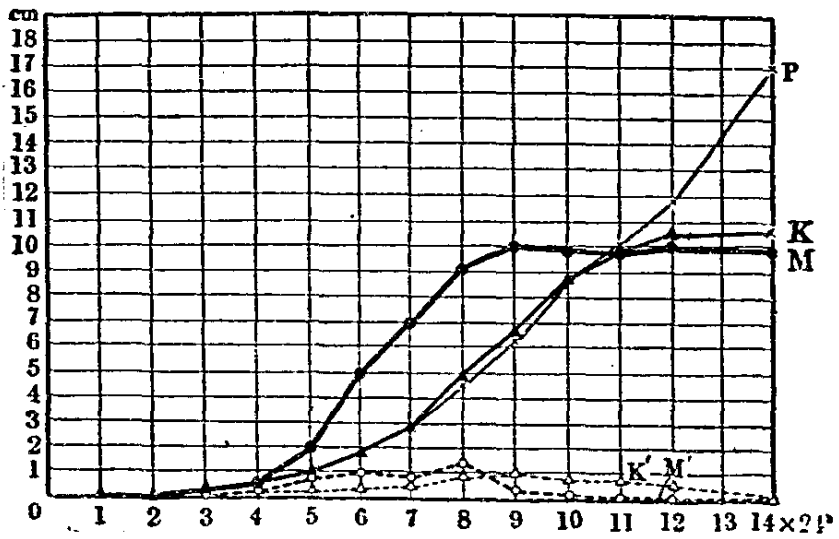
成長溫度曲線，獨行菜之根於各溫度影響三時半，七時半及十四時之伸長量，最適溫度隨時間之延長而移轉於三〇度，二九度以至二七·二度。

(Palma)

休眠中之器官，其抵抗力更強。至於種子、地衣等之乾燥者，抵抗力最強。草木樨 (sweet clover) 與零陵香 (alfalfa) 之種子，置於液體空氣零下一九〇度，可經一七五日而無害，即在此溫度中反復十二次，亦並不為害；但「亞麻」之種子，則子葉被害，有時竟生出叉狀莖 (W. F. Bussé)。此外對於高溫亦然。單就澱粉粒而言，如含水分，則熱至六〇——七〇度即能潤膨，如係乾燥者，即熱至一一〇度亦不生變化。總之，無水分，則化學反應與物理變化均難發生也。

植物被高溫侵害時，在伸長之最高溫度附近所受長時間之徐緩變化，與在五〇度左右所受短

五 生長之外的要約



第三十四圖

燕麥芽生於一五度下之暗所成長之經過 (實線) 及伸長曲線 (破線) M中莖, K芽鞘, P初生葉。

時間之變化，其經過固不相同，但其結果皆可使原形質加水分解或發生其他徐緩之變質而歸於凝固也。雷倍勒金 (W. Lepeschkin) 氏將某種「水綿」投入溫水中而觀其細胞內容之變化，因其中內容物有各種耐熱性之差異，故變化之過程，可分為五階段：第一步為澱粉略微潤膨時；第二步為澱粉顯著潤膨，細胞質外層開始凝固，葉綠帶輪廓之平坦化與萎縮；第三步為葉綠帶凝固而化成液泡；第四步為原形質之凝固分離與膨脹壓之消失；第五步為澱粉之完全液化與細胞內部構造之消滅。譬如欲達到第三步，在四〇度時，平均須六八三秒；但在四五度時，祇須八一秒足矣。又如第四步之變化，在三八度時須一小時半，然在五〇度時，一分鐘足矣。如此可得一結果：即溫度低下一度時，則達於同一狀態所需之時間，平均須延長一·四倍。至於第二步之變化，如使其恢復常溫，則細胞可回復常態，尤其在生長之最適溫度（一七度）最快，一五——一八小時內即恢復常態，然在第三步以上者，則已不能恢復矣。

植物置於低溫處所受之惡影響，與高溫時雖不同，然最後仍為原形質之變質凝固。且在高溫下已成習慣者，雖常溫亦可使之受害。例如「發熱細菌」 (*Bacillus calfactor*)，其發育之主要

點爲三〇度，五〇——六〇度，及七〇——七五度，而在二一——二二度，則經四八——六〇小時即死；於五——六度，則經一六——二〇小時死滅（H. Mielke）。又如「南瓜」、「菸草」等，在二——四度時，葉即萎縮，久置則死，然當萎縮時立刻將所植之鉢溫至一八度，則氣溫雖低，其葉亦能蘇生，此因低溫時根之吸水減少，不足補償其蒸發故也。倘植物外面罩以玻璃鐘，即在二——四度之下亦不致死。然溫室中之熱帶性草本植物，若以同法試之，有不免於死者。此與蒸發無關，可認爲真正之凍死也。

溫帶植物，須結冰時始凍死，在零度下如不結冰，多可免於死。例如「馬鈴薯」若溫度徐徐降低，雖冷至零下五度以上，倘不結冰亦不致死，如剝去其皮而試之，則冷至零下一度時，表面即開始結冰，漸及於內部，終至全體結冰而死。因結冰後容積增加一成，由其壓力所生之機械的影響，亦能傷害原形質。又振動亦可促進其結冰，故「馬鈴薯」當搬運時則易於結冰。此外表面水分多者結冰亦較易，如使「水綿」與水同時結冰，則外面之水先結冰，俟冰漸擴大，遂奪去細胞內部之水，細胞被壓縮，內容恰成乾燥時之形態（H. Molisch）。若再融化，細胞膜雖能恢復原狀，而細胞內部

之構造則已被破壞，不能恢復舊觀矣。

組織當冰結時，因作為細胞液溶媒之水減小，於是液之濃厚與乾燥時相似，原形質因接觸濃厚之鹽類及酸類等，致易受變質凝固之影響，故冰融化以後如不能恢復原狀，遂不得不死。但糖類雖濃厚，亦無害於原形質，且易溶於水成四 bol 左右之濃度，因是冰點下降成零下四·八八度，由是可知細胞液中糖類愈多，則殘存而不冰結之液體亦愈多，同時其害亦愈少 (A. Akerman)。如小麥等耐寒性強大之品種，通常冬季含糖分最多。又樹木之枝葉，亦於冬季將澱粉變為糖類及脂肪，脂肪呈乳酪狀而混於原形質中，結冰時似有和緩其變質之作用。

植物究死於結冰時抑死於融化時？尚屬疑問，大抵死於結冰時者居多。例如「秋海棠」，因葉中含多量有機酸，故死後葉綠素被侵犯而成褐色，使葉冰結時，亦隨之而成褐色，以表示死之徵候。其他類似之例頗多，不遑枚舉。

植物中亦有結冰而不死者，如「繁縷」、「山茶」、「蝦弟松 (Picea jezoensis)」及其他生於寒地越冬之莖葉皆是，椿葉已凍結者呈半透明狀，當日出時驟使其融化亦可不死。此因原形質

能忍耐脫水，由此所受之變化至後亦能恢復故也。然溫度愈降低則結冰之程度愈深，至一定限度以上，卒不能忍受也。

又結冰時，視其驟冷與否，而結果亦不同。如徐徐冷卻，則冰之結晶核心變多，而破壞原形質之構造；如驟然冷卻，則冰不成結晶而成玻璃狀之非結晶狀態，結冰核心之數亦減，原形質可保持原有之構造而不受損害。「紫露草」雄蕊之毛，如使其驟然結冰，雖至零下四度，亦不致受害；倘使之徐徐冷卻則死矣。膠質與其重量五四%之水結合，即在液體空氣中，亦不結冰。易凍死之原形質，多含嫌水性膠質物。易與水分分離，因此構造易於破壞；至於耐寒性強大之原形質，多為好水性，不易失其膠質之狀態也（W. Stiles）。

又冰結而不死者之中，視其融化之遲速，多起生死之差別。例如「蘋果」、「梨」等之已結冰者，如放在氣中使其徐徐融化，可不致死，若放入水中急速溶化則死。此因水之比熱較空氣約大三千倍，熱之傳導率亦較空氣大二二倍故也。因此之故，欲融化已結冰之物，與其置於溫暖之處，毋寧置於較冷之水中為有效也（A. Akerman）。

植物之耐寒性亦因習慣而不同。例如「甘藍」之某品種，置於一〇——二〇度之處者，如移置於零下五度之處，則五日內即凍死，如先在零度處經過五日者雖移置於零下五度，亦能忍耐，又預先每日放在零度四小時，後再置於零下五度，亦能忍耐。即每日放在零度一小時者，其耐寒性亦可顯著增加。故耐寒性之增加，並不與低溫及其時間之乘積成正比，而低溫之刺激反應實為有效之作用也 (R. B. Harvey)。

2 光線

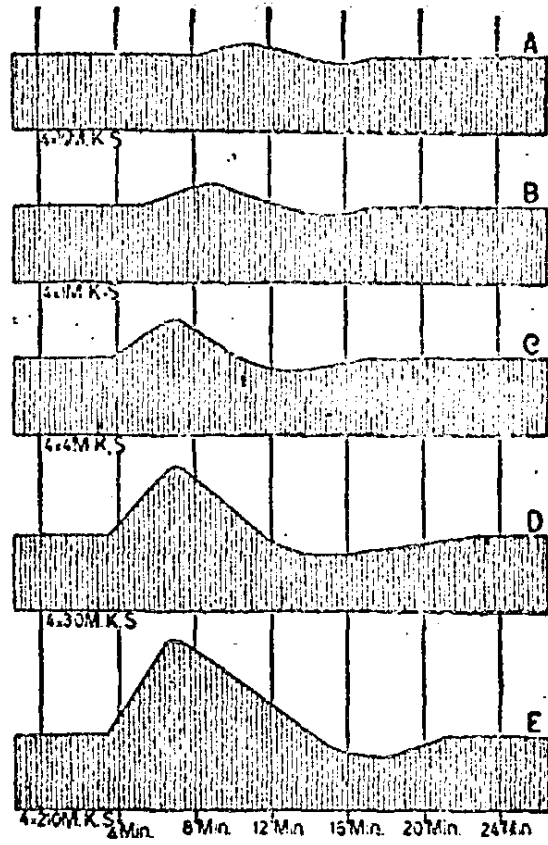
光與溫度不同，非各種植物所不可缺者。如細菌及黴菌在暗處能正常發育，而在強光中反受害，其例甚多。三〇〇 Hz 以下之短波，對於普通之植物亦有害。即對於必需光線之植物，其光線亦無如溫度常存之必要；自然界有晝夜之交替，雖絕對的黑暗，若非長久繼續不僅無害；而時時照射，反起變形或發育上反起異常之變化者甚多。且亦因器官之種類而異。在地中之器官不需光線，以暗處為正常，光之影響，結果，使體內起某種理化學的變化，其中有關於碳素同化作用之部分者，

亦有僅參與生長成形之作用者，且不僅因光之強度不同而異其影響，更因波長及方向而異，與熱相比，其影響之狀況極爲煩複。尤以植物之成形，最易受光線之影響而發生顯著之變化。凡植物之成形反應，因光而引起時，謂之光成形 (Photomorphose)。

光對於伸長之影響亦有種種。花粉管、白黴菌絲及多數之根，雖受光線明暗交替之影響亦無伸長之消長，但多數之莖及「鬚苔」之子實柄等，對於光線有銳敏之反應。如「鬚苔」等平時在暗中伸長者，若照以光線，可暫時促進其伸長（第三十五圖）。據 F. Bergann 氏研究，「燕麥」發芽可分促進、抑制，及第二促進三步之變化。但自半青部至黃綠部之單色光（尤其是光強者），第二促進，殆不表現，始則抑制繼再促進。混赤、赤外線、白光及熱線之光，始則明示第一促進，經過半小時或半小時以上，則漸入於抑制狀態，更經過長時間以後，則變爲第二促進。

此種短時間內所見之伸長變化，曰光成長反應 (Lichtwachstumsreaktion)。

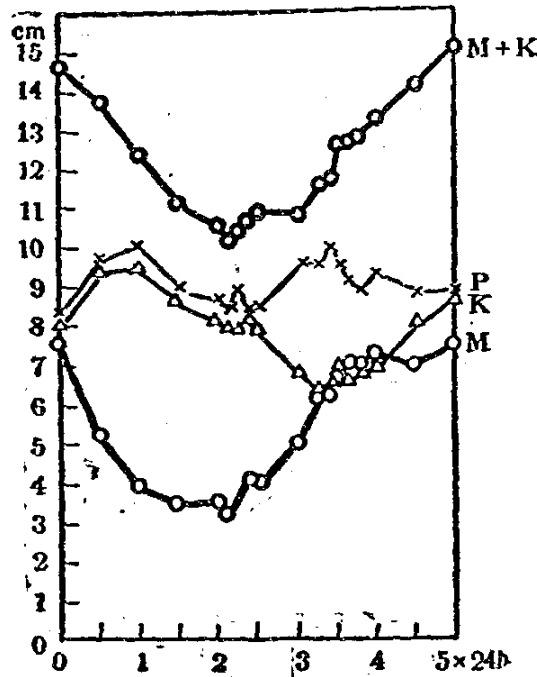
就燕麥之發芽而言，向來藉芽鞘先端進行之速度而測其伸長速度，但在芽鞘之下有子葉中莖，銳敏的表示伸長之變化。尤其是將穎除去者，當種子浸入水中潤膨時，已受光之影響，置光下經



第三十五圖

鬚苔子實柄之光成長反應受 $1/4$
 —— 210MKS 之光影響後，光成
 長反應之經過，以曲線表示之。

數小時後，再置暗處培養，較之自始即置於暗處培養者發育遙短。又先置光下一日，後再置暗處培養，中莖全不伸長。中莖一縮短，因其交互作用，反促進芽鞘之伸長。受光之影響既如是銳敏，但在種子浸水之初已伸長終了者，則已無光之影響，故其中間之某時期，自有感受最銳敏之時期在焉。且據濱田氏實驗之結果，在二五度自浸水時計算起，以四八——五一小時之時期，如照之以光則伸



第三十六圖

燕麥芽生伸長之光線抑制曲線
將芽生之各器官五日後之伸
長,受光之時刻作為橫軸表之,
0及5x24h之縱線為暗處之
比較實驗。

M代中莖, K代芽鞘, P代初生葉。

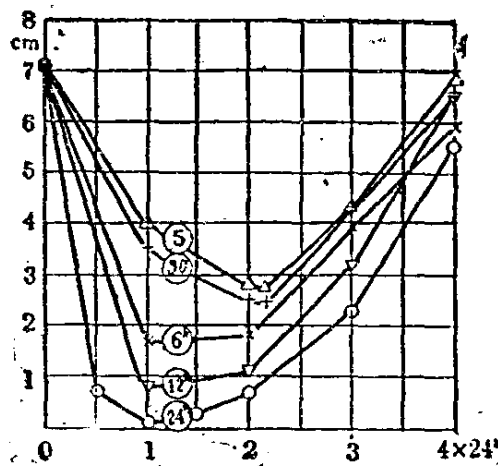
(Hamada)

長最少,自種子浸水起,直至中莖伸完時止,在二五度下須經五日,其間之各時期取出各個之芽,照一定時間之光,又置於暗處,五日後,測驗各個芽中莖之長度,以受光時期作為橫軸,彼此連絡則呈V字形曲線。是謂抑制曲線。此曲線之窪處,即至前記四八——五一時間之處(第三十六圖)。在此最銳感期受三〇分鐘一、二六〇燭光照射者,較照射五分鐘者更為短縮(第三十七圖);但其

短縮之成數，與時間不成比例。同理，照射一小時者，短縮之成數更少，而所減少之成數，略為等比級數。但時間愈增加，則抑制曲線之谷，漸向早時期移動，換言之，在長時間照光時，時期寧略早為有效。欲照二十四小時時，在浸水一日左右之處最為有效，此時產生中莖殆不伸長之芽。據荒木氏實驗，

中莖與普通禾本科植物之桿與葉鞘不同，其上端細胞不絕分裂而向頂端生長，但在發芽之初期，受強光照射，分裂遂完全被抑制，且因已成細胞之伸長有限制，於是成幾無中莖之芽。又據濱田氏實驗，在弱光下所表現之最銳感期，相當於在暗處生長之最大時期一日乃至一日半以前之時期。故起最大生長所需之

準備，在燕麥方面，已於一日以前生成。此種準備非細胞分裂次數最多之時期乎。又就成長之經過曲線觀之，如在成長初期受光，伸長雖暫時減低，但不久即恢復（第三十八圖）；如在成長後期



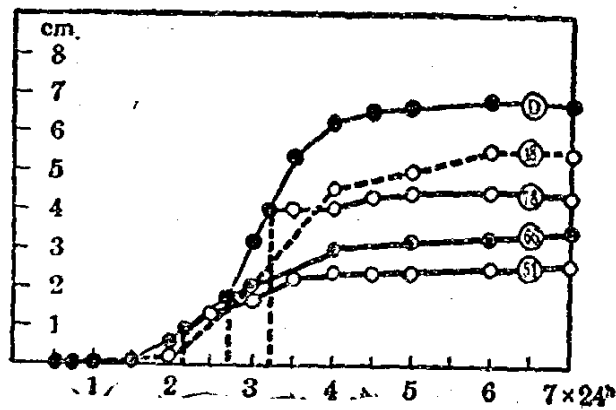
第三十七圖

燕麥芽生之伸長受光之抑制曲線與光量之差異 ○中之數字為受 1260 MK 光量之時間數，即五分、三〇分、六、一二、及二四小時也。(Hamada)

受光，伸長遂被停止（同圖 38）在後期者僅爲已成細胞伸長之抑制，而在前期者，除伸長外，分裂亦表示暫被抑制。故知光之影響有伸長抑制與分裂抑制兩種。至於何種波長對於各個最爲有效尙未實驗。

光成長反應爲暗處生長之植物，當光線急照時所起之生長狀態而有增減之變化也。哥羅特尼 (N. Cholodny) 氏將燕麥芽鞘之兩側用光帶影響，從絕對黑暗起以漸達於一定之強度，如此約照射一小時，則所見之伸長較在暗處時爲大，且徐徐增加，達於一定之光度後，又回復原來之速度，並不起急劇增減之變化也。故知光成長反應不過爲輻射能之衝動而起之反應耳。至於屈光性之反應，爲與此反應同時而起者，吾人主

五 生長之外的要約



第三十八圖

燕麥芽生在暗處二五度下所受光影響成長經過之曲線

D 爲暗處，18, 51, 66, 78 爲種子浸水後之

時間，受 1260 MK × 30' 之光影響經過。

(Hamada)

張全然爲別種現象也。

暗處纖化 植物如長在暗處，則形變纖弱，嫩芽不能形成葉綠素，莖多白色葉多黃色，是謂白化或曰黃化，因其組織軟弱，故又稱軟化。但多數羊齒類及松柏類植物，雖能發生相當之葉綠素，然其形態仍甚纖弱。又如蕈類本無葉綠素之植物，在暗處生活亦變纖弱。故形狀之化爲纖弱與葉綠素之不能形成，有各別之過程。又在缺乏氮素時，形體亦纖化。故光線缺乏時之形狀，稱爲暗處纖化，或單稱爲纖化，較爲適當。

暗處纖化有種種特徵，許多數植物在暗處生活時，除無葉綠素外，往往節間長，節數少，葉形小，組織（尤以機械的組織）之發達纖弱等。節間之所變長，除各細胞稍變細長以外，細胞數目亦特別增加，此因細胞盛行分裂之結果也。又莖之構造上特異之點，如豆類、馬鈴薯等之莖，則生出明瞭之內皮，但此等變化，與暗處少蒸發之事，亦有關係也。

此等特徵，在絕對黑暗時常聯帶發生，如照以光線，則光量愈多，而上述特徵之某一部即漸復常態。原來同化作用需要強光，但綠化祇需微弱之光即可，故作用不同，光之主要點亦異，對於纖化

各種特徵之主要點亦各各不同。總之，纖維化決非簡單之現象，如再將波長、強度、時間分別考量時，則更詳細複雜。

例如特隆浦 (C. Trumpf) 氏之實驗，將「紅花菜豆」之芽生，用二、八八〇Å 之光每日分別照射一二、六三、一〇小時，互相比較，結果照十二小時者，形狀顏色皆正常，僅構造略見軟化而已，至於受光線照射時間短者，子葉上莖伸長過度，葉小而無色，漸成纖維化之形。又以二萬Å 之光分別照射三〇、一〇五、一〇分鐘者，其形態改變之程度與前述實驗者同，惟均不能形成葉綠素。故形之纖維化與葉綠之有無，無直接關係。又纖維化並不因同化作用時所產生之物質而抑制，即不能引起同化作用之光量，對於成長組織，亦有充分之直接影響。特隆浦氏為觀察光之照射時間與強度對於纖維化之形與色有何之關係，用八〇支燭光之氦電球一個，以二、八八〇Å 之強度約照射七小時者，與同樣電球三個，照射二小時二十分鐘者相比較，結果，在形態方面兩者俱同，而顏色則時間長者雖已成暗綠色，時間短者祇成黃綠色而已。若用電球六個照四小時與用電球二個照十二小時，亦有同樣之關係。由此事實，可知光量雖同，如曝露時間短者，形狀雖能恢復，而顏色則不能充

分發生。要之在綠化之過程中，有與光無關而進行之作用，因時間愈長，綠化程度愈深故也。

潑里斯雷 (J. H. Priestley) 氏曾將「蠶豆」、「豌豆」之芽生分爲四組，用八〇支燭光氮電球三個分別照射〇、一、一〇、六〇分鐘，加以比較，結果，發見纖化現象更有其特徵之形，卽芽生之光端彎曲。此種屈曲爲一種自傾性，如在絕對黑暗或較弱之赤電球下，無論何時均能保持，當種子自然在地下發芽時，卽利用其自傾性以突出地面。此種芽生如每日僅以光線照射二分鐘，已減其傾向而上斜，且幼葉亦稍稍展開。但已減其傾向者，如再令其經過黑暗時代，則又顯著的屈折。故在豌豆等之纖化芽生，受光之第一印象，卽爲先端屈曲之減少，隨光量之增加，則節間縮短，葉面擴大，其次卽現綠化；故在綠化以前至少有二種徵候，是爲從前所不甚注意之點，因此研究者常有錯誤之結論也。

薩克斯 (T. Sachs) 氏將南瓜之枝條中段，納入暗箱中使不見光，則該部雖不成綠色，而形態固與普通枝條無異也。因此薩氏以爲防止纖化之物質得移於體內者。雖每日霎時間開箱窺視，亦能起此變化。但據特隆浦 (C. Trumpf) 氏實驗，防止纖化之物質，不移行於體內。氏用錫箔密

卷「紅花菜豆」芽之子葉上莖，曝之於光，結果子葉雖正常，而上莖則纖維化矣。若將子葉以下之部納入暗箱，露上莖於外，結果上莖正常發育，而子葉則纖維化矣。曩謂莖與葉之纖維化有交互作用，因莖伸長過分則葉形變小，然根據此種實驗觀察，兩者殆無交互作用，實為各別所起之現象也。若僅將根照光，對於莖之纖維化並無變化。總之防止纖維化之物質不能移動於體內。但據濱田氏之實驗，如燕麥芽鞘之先端——三毫米之處，則深藏地中之中莖之伸長即受妨礙。可知各種植物未必盡同者。

纖維化可藉光之影響而消滅，從來認為係一種之成形刺激，但此種刺激與屈光性刺激迥異其趣，即在同一光線下，如係屈光性而受麻醉劑之作用時，缺氧即不能感受；然在纖維化之例，雖受麻醉，亦能感受光之影響。故某種光之化學的作用，與原形質之生活狀態無關；使某物質變化，於是膜之成長及他種機能始受影響。根據刺激本來之定義，所謂刺激現象者，即光量達一定程度以上，即達閾值時所起一定之開發過程也。然纖維化之抑制，尤其是綠化，無一定之閾值，實與光化學之影響成比例，而起種種程度之反應。屈光性亦然，不問其為光生長之反應與否，若詳細分別觀察時，亦不過為

此種反應連鎖之承繼耳。

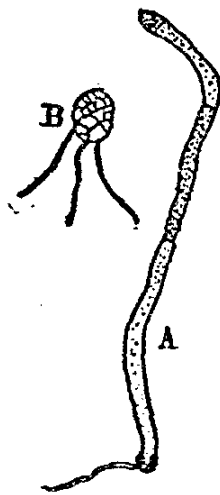
纖維化之反應亦隨植物之種類而異 (D. T. MacDougal)，如「酢漿草」之莖甚短，匍匐地上者，則伸長其葉柄；水仙等則伸其葉，由「曇華」(Canna) 球根所生出之新葉，即在暗處，亦比較的善於擴張；又「薯蕷」及其他多數之蔓莖，在明處則形已纖維化，在暗處形狀並無顯著之差。由是以觀，光之作用，雖同種器官，亦不必一定，此殆由於感光物之種類及該物之有無而定，但詳細情形，仍不明瞭。

纖維化之反應亦隨光波之長短而異。據特隆浦氏之實驗，將「紅花菜豆」之芽生，分為五組，用青半部之光線，每日分別照射〇、一、五、一〇、三〇分鐘，結果，時間愈長節間愈短縮，而葉幾不擴大。如用赤半部之光照射時，葉擴大，而節間則與在暗處同過於伸長，故青光僅對於莖，赤光僅對於葉有效，因知波長不同對於植物各器官之作用亦不同也。又克蕾李斯 (G. Klebs) 氏用波長相異之光，實驗羊齒類之孢子發育至原葉體時所受影響，結果在赤玻璃下者，發育成一根不分枝之細胞絲，且細胞分裂之次數亦極少；在青玻璃下者，營養不良，故形雖小，而細胞分裂則受顯著之促進，成

平面圓盤狀之小體(第三十九圖)蓋赤光對於原葉體能使細胞過伸受抑分裂;青光則反是,有短縮細胞及促進分裂之傾向。顯花植物之芽生,若養分富足,雖在暗處,其細胞之分裂亦盛行。如「仙人掌」等在暗處能重起分裂而伸長。

又撲帕(W. H. Popp)氏在通過一定波長之玻璃室,培養種種植物,結果在波長五二九

以上之赤半部光線下者,起初二三週內,莖伸長過度,發育之結果,在「大豆」方面則成蔓性,在「番茄」、「紫茉莉」等,莖部特高,但在「向日葵」、「朝鮮朝顏」、「蕎麥」、「鬼鍼草」等,發育頓弱,反較正常者矮小。此外用上法處理者,大都莖細,枝數少,葉卷曲,葉綠素色雖無差別,在生有花青素之性質者,其程度變薄,且花期遲,花數少,果實種子發育幼稚。又水分雖多,而乾燥重量變少,可溶性含氮有機物雖較多,而醣類則特少。赤半部之光線所以適於營養者,據撲帕氏解釋,恐為澱粉酵素及其他酵素類之作用過多,以致分解消費量過盛,故成如是之狀態。



第三十九圖
由 *Pteris longifolia*
之孢子發芽之原葉體
之赤半部(A)及青半
部(B)於光線下之生
長形。(Klebs)

云云。若普通光線中僅除去紫外線者，除蕎麥外，大概稍稍變高，其他則與普通玻璃室中所實驗者無異。因此可知雖無紫外線祇需有目所能見之光，植物亦能完全發育。因此之故，一般溫室栽培，並無特效之玻璃，蓋普通玻璃，雖波長達三一二 $\text{m}\mu$ 程度者，亦能通過，對於植物亦有效，且能吸收三〇〇以下有害之短波，但果爾維希 (Grunwitsch) 氏之所謂分裂促進光線，有謂係二八〇 $\text{m}\mu$ 程度者，亦有謂係三〇〇 $\text{m}\mu$ 以上之程度者，因其影響常不一定，茲暫省略不贅。至於有害之短波，若微量的經長時間之作用，或許有效，亦未可知。

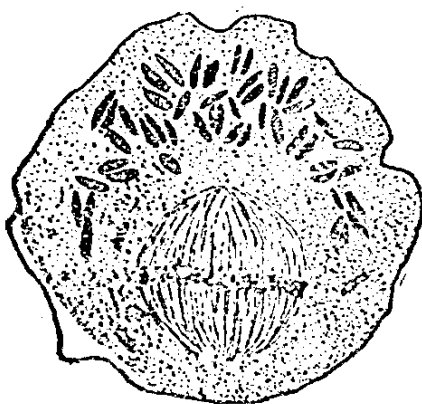
此外偏光對於植物之影響，輒近亦有人從事研究。據西門士 (E. S. Sennens) 氏之研究，偏光影響澱粉配醣體及其他貯藏物質之加水分解力頗強，如將葉之一部置於偏光下照射，結果祇該處用碘試法試驗，則呈白色。又在莖方面，可使其膨脹壓增加，而暫時顯現類似背光性之屈曲。然長久放置時，則葉落而呈饑餓之狀態矣。偏光以朝夕為最強，在晝間之強光下，殆無偏光，此種交替，似於植物有益。

對稱面之決定 光線亦有為定奪植物之對稱面及其他形態之要素者。例如問荊之孢子發

芽而成原葉體時，其第一次之細胞分裂與光之照射方向成直角而起近於近陰之一側，陰側之細胞，成假根之原始細胞。據寧蒲 (W. Nienburg) 氏云：當受光時，葉綠粒向明處移動，核則擠於陰側，故分裂途不同（第四十圖），但根極之分化，當然認為由於光之直接作用而成。「地錢」之子體，亦自陰側生出假根，而決定將來之腹側，如一次定奪以後，雖使之翻轉，亦決不變。至於羊齒類原葉體上之生殖器官，與溼度無關，仍在陰側形成。又蘭科植物之氣根，具葉綠素，補助或代替葉之同化作用者，由本來之放射性變成背腹性，浴於光中之背面，及固着他物之腹面，在根被之構造及其他方面，表示亦有顯著之對照。

3 引力

五 生長之外的要約



第四十圖
問荊之孢子初次分裂葉綠粒移於受光
之上方，核移於反對側而開始分裂。
(Nienburg)

引力以一定之方向與強度，對於植物體之內外，予以同樣之作用。但其作用亦有所謂上下之別，以定奪莖根生長之方向。凡斜性、橫性、背腹性等之器官，對於引力亦各取一定之方向，如將其改變，在成長中之器官，大多屈曲或捻轉而復原來之位置。又新器官形成之位置，組織之分化，葉之大小或不對稱等，亦均藉引力而決定之。此概因引力刺激原形質之故，致起上記之反應者，對於由引力而惹起之成形反應，曰引力成形（Geomorphose）。所謂屈地性即因成長之不同，成屈曲運動而表現之性能也。此外引力對於器官全體更有作為重力之作用，於植物之上下兩側生牽引壓縮，有其機械的刺激而起特異之生長反應者，亦有祇起槓桿性機械的影響者。此外引力如用遠心力代用而增強其力量時，細胞內容即起顯著的變動，依比重之大小而變更其排列，結晶澱粉等向外方，油滴等向內方，在針晶細胞，則針晶有貫膜而出者。如細胞內容變位甚微，遠心力一去，又立即恢復原狀，然亦有變其極性者（參照再生條）；又遠心力如過強，卒可使原形質破壞死滅。

葉本為同化器官，與光之關係最為密切，對於其背腹構造之分化，亦主從光成形之立場觀察，而有此種引力成形，亦為顯著之事實。普通，葉之背腹性，已受內因而固定，在系統上究由何種要素

誘導發達而成，尚不明瞭。在自然狀態，背引力之上面，同時即為向光之面，故兩因一致。如倒置植物，葉即捻轉而重整其背腹之方位；然使引力與光線之方向稍稍交叉，則表現反應光與反應引力者之差異，但僅變其全體之向位，構造方面並不變化也。又如「棉」等之陰葉與陽葉之柵狀組織之高低及層數之差異等，大都視葉着生枝上之位置而異，通常有幼年型、後續型兩種區別，與受前年之營養狀態等支配而顯現之構造，並非為光線直接之結果也。地錢等體制尚未進步者，其突出於氣腔中之毛狀同化細胞，取光之方向而生，殆可當作屈光性看待。Begonia 等之柵狀組織，有謂亦取光之方向而生成者 (T. Liese)，但由其機能上難以見出屈光之影響，其原因究在何處，尚須考慮。

4 水

水存於植物體之內外而與生活有關，其分量之多寡，足以支配生長及生活。在正在伸長之部分，如膨脹壓減小，則抑制伸長至為敏銳。即成長已完畢之部分，如花瓣或陰葉，雖失去少量之水分，

亦現枯萎之徵候。然卷柏、地衣等即凋萎或在空氣中乾燥時，亦可不死。至如種子、花粉、孢子等均有耐燥能力，更不待言。

植物體內之水量，被體外之水支配，其中有地中之水及氣中之水（或溼度）。但沈水植物，則無此區別。陸生植物之根須與土壤、水分、氣泡接觸，始能正常發育，如使之在氣中伸長，在「羽扁豆」方面，有九〇%已停止伸長。又氣中雖溼度飽和，因缺乏無機鹽類，故成長漸衰。雖浸於水中，而根之成長亦並不盛。將「蠶豆」用水液培養時，即充分供給養氣，其成長反較在地中者遲。「水龍」屬植物，如在水中生育，則分出呼吸根，然根據格培爾氏之實驗，莖雖出水鉢外，亦能生呼吸根。此種之根對於水上之氣體交換是否有用，姑置勿論，總之在水分供給充足時所表現之根之變形耳。

溼度對於地上器官之影響，較根為間接。此因有表皮膜及氣孔之調節故也。如同時吸收地中水分，亦可耐乾燥，若吸水充足，對於溼度似無顯著之影響。溼度大時，通常節間稍長，葉薄而闊，其所影響之現象，恰與光弱時所影響者相類似，在自然狀態，弱光與多溼常相伴，故生在此種土地之植物，與生在乾燥強光之地者，雖同一種類，亦有顯著之差異。生於光強而蒸發極盛之處者，葉厚而狹，

細胞之形雖小而角質及其他膜質變厚，膜之木質化之程度亦強，導管粗而且多，機械組織亦較發達。又如在水中和陸上均能生活之「胡水蓼」、「梅花藻」等類之兩棲植物，其水生形態與陸生形態有顯著之差別：水生者大都葉細或有細裂，導管及機械組織之發育甚弱，而通氣組織系反甚發達。又如「馬尿花」等，其浮葉離開水面時，則葉柄之伸長停止，其後水面漲高，則葉柄之伸長又開始矣。凡同一植物之水中葉與氣中葉，皆有與此類似之對照，此現象通常可代表其幼時型及後續型。據格倍爾氏實驗，當「野茨菰」之球莖發芽時，先生出數枚帶狀葉，再生出戟形葉，此現象不論在淺處或六〇釐米之深水中均同，並無特別適應於水深之變化。又與球莖養分之含量亦無關。惟當帶狀葉開展而營同化作用時，同時生成一種特別之形成素 (Bildungsstoff)，以刺戟新葉而成戟形。光愈弱則形成素亦愈少，雖錯雜極淺之戟形葉，亦不能形成。在具有幼時型與後續型者，如環境變更時，亦有由後續型再返於幼時型者。此時與其謂由環境直接作用而成形，毋寧謂由環境所起之形成素之變化為最後之原因，較為妥當。故環境之形式雖有區別，祇需體內狀態有類似之變化，則成同樣之形。例如 *Limnophyllum heterophyllum* 及其他「杉葉藻」類植物。如加

鹽類溶液而增高其外部之滲透壓或加以五萬分之一以下之硫酸銅，即在水中，亦可成與氣中形相同之形態 (Geobel, 08, p. 51)。

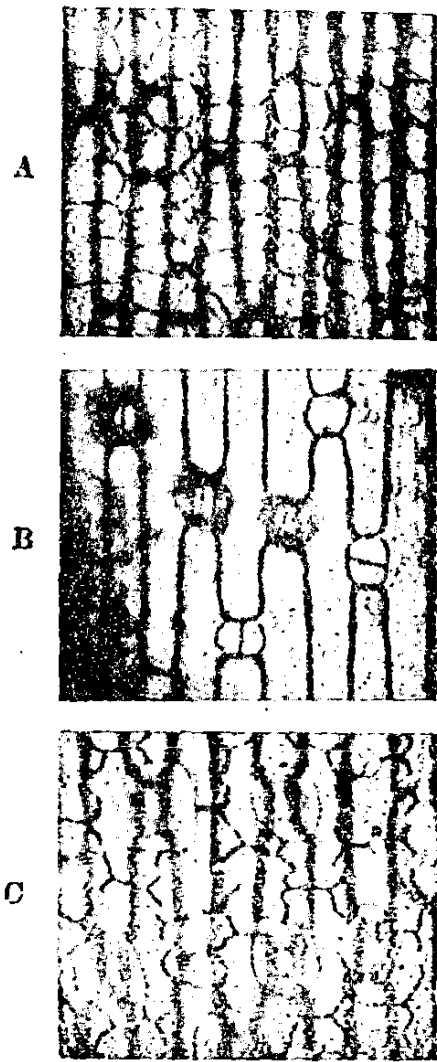
5 化學成分

物質亦因其成分及分量之如何，而支生長生活，必要之元素如缺少一種，固可影響其生活，即使必要元素皆完全無缺，若分量不足，亦不能成長發育，此為吾人熟知之事實。倍爾脫 (G. Borl.) 氏用水液培養「玉蜀黍」，當葉生出七八枚而成長最盛之時，急移於蒸餾水中培養，翌日即起變化，葉先失去鮮綠光澤，色褪而稍萎，尤以下部之葉為最。此時存於體內之無機成分雖相當的多，但猶不能補給新成部之需要，每日之生長，必須由根不斷吸收無機養分始能維持。同時葉之下垂逐日顯著，至後葉鞘之關節部亦顯著的下垂。後更由葉之先端與兩緣開始枯萎，下面數葉，一週間內即枯死，至第二週雖稍稍恢復元氣，但後來由頂端雄花穗漸漸枯死，最後所殘存者僅附着雌花穗之附近部分而已。

若養分全備而分量自始即少者，則發育特別緩滯，全體同樣縮短，體矮而葉少，有時花祇一個，「繼子菜」及其他綠色半寄生植物，在未獲得宿主時，亦成此種矮形。又植「玉蜀黍」於養分少而又乾燥之土地中，並照以弱光，則終生成附著雄花之小穗長不過十釐米之小形。故一般野化之園藝植物，亦略成矮形。

除養料外，再加以低溫、強光、乾燥等之影響時，則形更矮小。盆栽植物常利用此要諦以改變其體形。又不耐酸性土壤之植物，亦成矮形。據基沙爾 (J. Kissel) 氏報告，*Abies alba* 樹，生於普通林地約五十年者，與生於其鄰接之泥炭地約四十九年生者相比較，樹高（二一·四比〇·六〇米）及幹徑（二〇四·〇比二〇·〇毫米）均有顯著之差異，因此年輪與假導管方面，後者亦特別狹窄，葉長（一一·六八比五·〇七毫米）祇有一半，葉在枝上之密度（一年枝一釐米內之葉數為一八比三二），矮形者反較多，葉肉細胞之數雖有差別，但其大小，則兩者殆等，即各細胞及器官之縮小有易與不易之別也。

縱係必需之物質，如過於濃厚，則於滲透作用上或化學作用上均有害於植物。例如養氣比通



第四十一圖
蝴蝶花之葉

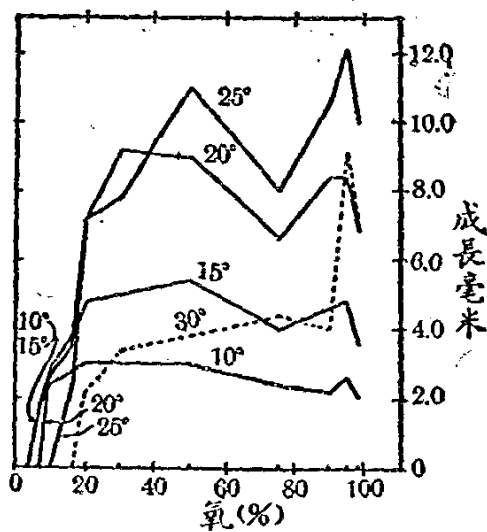
- A. 背面表皮與表皮下同化組織。
- B. 腹面表皮，氣孔及表皮下同化組織。
- C. 背腹移行部之表皮氣孔及組成氣孔之短細胞。

常少時，當然抑制生長，尤其在高溫時，氣中之分壓達一六%，小麥已停止生長（第四十二圖），反之增加至九五%以上，反阻害其生長。物質之化學的妨害，即所謂中毒，其作用劇烈者，雖極微之量亦呈中毒作用。例如亞硫酸、硫酸銅、乙烯（Ethylene）等雖極稀薄，然含此等物質之空氣或液體，如分量愈多則集積於植物，漸現顯著之患害。在使用煤氣之室中，「含羞草」葉及許多蘭花等，皆受害而脫葉；此外煙草之烟亦有害處。然而有毒物質，如存量極微，反有如刺戟劑之作用者，如錳、鋅、銅等

常見有此種作用也。

又植物常因他種動植物之寄生或毒素之感染等而改變形質，甚至死亡者亦有之。例如各種「天狗巢病菌」，使宿主過度分枝，而成密集之纖弱枝條；「扇藻」屬之雌花，因寄生「銹病菌」而生雄蕊，其葯囊中充滿代替花粉之孢子。茄科及其他方面所見之傳染性毒素，起葉之褪

色與萎縮；因昆蟲之產卵而生蟲瘻；*Puccinia tumefaciens* 使種種植物發生冠瘻。此種冠瘻，藉細菌之浸出物及鉍鹽等而產成，有時蒸餾水亦起類似之結果（E. F. Smith）。發生蟲瘻時，雖同一植物而昆蟲或異，又同一昆蟲，如異其植物，往往亦異其蟲瘻之形，總之，視刺激生長之動物排泄物與各植物之成形機能如何組合而定，此種現象尚不能用人力模倣。



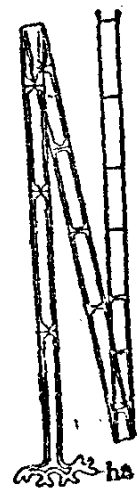
第四十二圖
小麥芽生之養氣成長曲線對於溫度之差異，二日間之伸長量。(Mack)

六 生長之內的要約

1. 極性

植物之極性，有因爲外因所誘導而成者，有隨體制而內因的決定者。由外因而成者，如莖根之屈地性反應，有與外力共同移其方向者；亦有如「地錢」子體之背腹性受光線一次限定以後即不變化者。極性因對於其體形之方向，可分內外極性（球放射及圓筒放射）、橫極性、縱極性、背腹極性等，更有單側的與對側的之別。所謂單側的，即受外因之誘導時，外力所及之一側，雖發生變化，而對側則並不變化者；所謂對側的，即一側之變化，內部必伴有反側之相對的變化者。例如發育於流水中之水綿（第四十三圖），在附着於岩石之基端，生附着體而現他物極性；然他端與池溝之種類同並無頂端的分化。又 *Gymnadenia gracilis* 在氣中伸長時則爲放射狀，然接着於他物，則

該側根被之構造分化，根毛及其他部分，亦示他物橫極性之特徵。然其反對之一側並不成交互的一定之構造，而表示爲



第四十三圖
Spirogyra
aduata 生育於
流水，一端發
達固着器官，
成厚膜。

光之方向所支配之其他橫極性（參照前章光線項）。此時他物極性之影響，其對側不起相對的交互之變化。又「蝴蝶花」之葉由引力所成之背腹性，柵狀組織與氣孔大概交互的分布於兩對側，但短細胞由表皮細胞分裂時，祇須一日以內引力之誘引，而由短細胞分化爲氣孔時，則須一日以上，故葉每日交互反轉時，則兩面生出許多短細胞而不生氣孔，並不與正常者相同。故與嚴密的對側交互相隔猶遠。莖根之縱極性，榦之放射極性，葉之背腹性等，其相對性因內部交互的而定。但放射極性，例如古代之「封印木」等，其間生木部向內方分裂進行；又細胞絲之縱極性，如褐藻類之 Sphaecellaria（第十三圖 a）生長點在先端，而 Ectocarpus 之生長點則在絲之基部，故該種極性之方向，亦有正負之別。

此等極性有時組合複雜使植物呈不規則形。如「秋海棠」、「菩提樹」等之葉，因對於軸之

發生位置，其與背腹性成直角之方向起不相稱，或如「蕁麻」、「長蔓石松」等對生之葉，因上下之位置，亦有成大小葉者。側枝、側根，生來對於引力之極性的反應，與主軸相異，若主軸被切斷時，則失去斜性者甚多。「石蒜」之花，在開花當時，受引力所支配，由原來之輻狀，變成背腹的形態。若用植物迴轉器使引力不致影響一側，可保持本來之輻狀。但如蘭花、豆花等生來即具背腹性者亦頗多。「實荳答里斯」亦然，間有生出頂生畸形花 (peloria)，由數花所合成，而呈上向之鐘狀放射形。由內部所定之頂基、內外、背腹等極性，對於器官發生、癒着等之生長過程，則現顯著之影響。

2 補充反應

「水綿」等因各個細胞具獨立性，營個別的生活，故其絲雖切斷，各段仍能繼續生長，但如顯花植物體制較進化者，全體有成一個體之統制，同時再生復活之機能亦旺盛，故一部被切斷或受其他之變化時，殘餘之部分即現種種生長反應。修補此失去部分所表現之生長反應，曰補充反應 (Ersatzreaktion)，或廣義的稱之為再生現象 (Regenerationserscheinungen)。其中更可分為

修繕 (Reparation) 新生及新出 (Neubildung und Neuentfaltung) 變形及變成 (Umgestaltung und Umbildung) 三種。

(一) 修繕 器官之一部被切去或被針孔穿過時，其附近之組織重起分裂，不僅治愈傷口並能恢復其原形，是謂修繕。但此種現象僅限於幼嫩之器官，例如從根之先端切去半釐米以內，經數日即回復原狀，至於針孔，則修繕更易。在羊齒類之生長點修復更易，但顯花植物莖之生長點，則比較困難。

(二) 新生及新出 切「秋海棠」等之葉插於泥中，主脈及其他葉脈上可生出新芽。「蒲公英」之根，「馬鈴薯」根芽下含維管束之組織，及「地錢」之葉狀體等均易新生。切蘚類之子囊柄，則由該處生原始體後再新生蘚體。「錫蘭辨慶草」，其葉緣之凹部具有目不易見之生長點，如切其葉，即由此新出。Sedum stahlii 亦呈同樣反應，但此則無生長點故為新生。然外觀上並無新生與新出之區別。且原始體所生出之程度，從有形之芽或生長點迄輪廓不清而富於原形質之細胞塊或如秋海棠之葉脈表皮細胞無徵候之狀態，有種種變遷，通常狹義的總稱此等現象曰再生。

(三)變形及變成 離根之先端稍遠處切斷之，雖不起修繕現象，但可促其附近生出側根，其中有一二本較其他側根成長旺盛，且如主根直向下伸，而代主根之用。至於莖，在「樅」及其他植物，亦有同樣之事實，即斜生之枝可變為直生之枝。又如「馬鈴薯」等之走出莖，幼時如切去其地上莖，則將來不成塊莖，而成真正之葉莖，並伸出地上。又花芽方始發生，即於生長之第一期，如切去其葉，花蕾常有變成葉芽之事實。

再生現象在發生旺盛之植物，往往可促進形成而生出超過所失去之器官，但再生現象發生過度時，反使形成減退，亦有如「松」、「榭」等再生機能極薄弱，不能無性增殖者。

於再生反應出現時，極性尤以莖根極性之勢力最顯著。如將枝切取一段，不問置於正位或逆位，芽則在近於莖極處發生，根則在近於根極處發生；然在逆位者，從原枝所生出之根，不及新生枝之莖腳上所生之根發達。又橫置時，莖根極性與引力成形相組合，芽生於上側，根生於下側，而有上下之區別。「柳」等之莖根極性較易表現，但在母株上着生時，橫向之枝比垂直之枝所顯現之極性反應少。蔓莖及地下莖所顯現之極性亦少。「常春藤」等倒插於地中時，由莖極生出之根與近

於地上根極所生出之芽，行倒逆之物質交通，亦能長久發育；「蒲公英」之根被切去之兩面，均能發生新芽。

再生時之極性，即簡單之藻類亦常有之。例如「鹽草 (Cladophora)」因原形質分離隔離其各個細胞之複勢原形體時，各個復能生長，先在原來之根極附近生出假根，後再於原來之莖極伸出綠色細胞而成完全之個體。然淡水產之「鹽草」，若於根極方面加遠心力後使其再生，往往由莖極發生假根；又先將遠心力加於莖極後再加於根極時，則只有極少數之個體，轉換極性 (A. F. Csaja)。又如「羽藻」，僅將其逆位栽植，始轉換極性。

3 癒傷與癒着

當植物受傷時，其受傷處之細胞固勿論，即其近鄰之細胞亦死，其內部之細胞皆化成木栓而與死細胞斷絕聯絡。其他殘存之細胞，有時與表面並行分裂而成數層之細胞層，或更形成多肉之新組織。凡受傷而生出之組織曰癒傷組織 (Callus)。在樹木方面，癒傷組織生自形成層，皮層亦與

有力焉。在草本方面，大部分皆由柔組織所生成。但導管及其他材部，通常不能產生癒傷組織。在粗樹枝，材部殘留傷面，該處易於腐蝕。但在「美國白楊」等之細枝，形成層之癒傷組織可擴展而被覆切口，從表而生出許多不定芽。枝之側面如有傷痕時，其情形與此相同。癒傷組織，在根極較枝之莖極易於生成，逆置切枝結果亦同。又輪切莖皮，其上緣（即相當根極之一側）特別粗大。

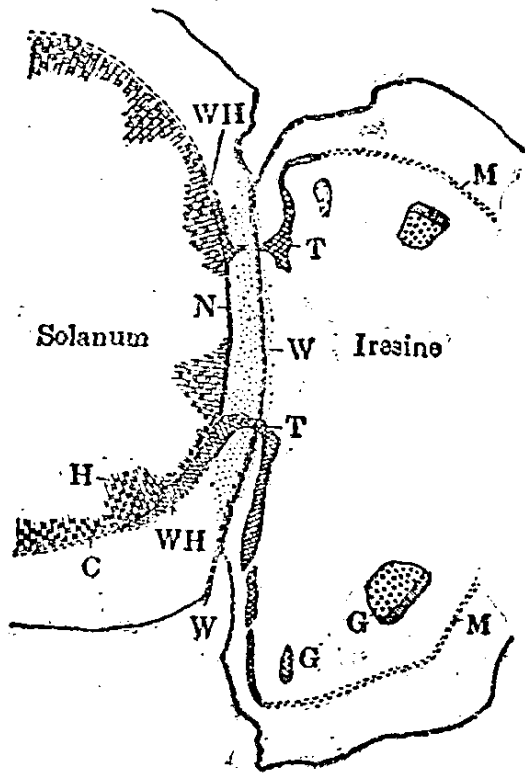
試切葉而插於砂中，切口部分形成癒傷組織，再由此處生出根部者甚多，於是葉成獨立生活，較着生於枝上有更特別肥大。如葉不能生不定芽者，雖養分充分積聚，終不免於老死。

兩種受傷之組織，如互相接觸，往往有表面並不生木栓層而互相癒着者。當然因兩方組織之種類及其他事項而有難易之分。最單純之例如「砂糖萊菔」肉質根之側面，四角切入並由其橫面用小刀切取一散狀塊，再恢復其原來之位置，則鄰接傷面之細胞即分裂而由兩方癒着，原形質及導管均能連絡，被切而死之細胞至後幾不留痕跡。但癒着時與細胞之莖根極性顯然有關，若將切取之正方塊上下顛倒放入，則不能完全癒着，縱能癒着，其假導管等必不亂其極性，迂迴至同一向位而癒着。又癒着以後，與正常者相異，其傷口腫脹，恰如受細菌侵蝕而腫者然，竟至枯死者亦有

之。可知極性混亂而生理作用受如何之障害矣 (H. Vöchtig)。「椴梓」之枝，如將其皮輪切後再合着時，即能癒着，並無特別異常；但若將輪切之皮顛倒貼附時，則顯著膨腫，甚至死去。又甜菜根癒着時，放射極性亦有影響。若切取之方形塊顛倒放入，則亦不易癒着。

癒合在幼嫩之組織，雖異其器官之種類或個體，亦常常可以成立。例如切去「甜菜根」之上端，接以嫩葉或幼芽，亦得癒合；「番南瓜」之果肉與果肉固可癒合，即果肉與果柄亦能接着。在樹枝，如兩方之形成層相接着然，相異之個體亦可連結；但因兩者之營養狀態或季節不同而有難易之別。又分泌黏液樹脂者，富於單寧質者，或導管細小者，有時即同一個體，亦難癒着。但枝之切口浸以鎂、錳溶液等刺戟劑時，亦常有效。此外由系統之遠近所示之生理的對等性，成先天的條件。概言之，其範圍比便花粉授胎之緣故尤廣。希孟 (S. V. Simon) 氏將茄接於 *Irisine Lindenii* (莧科) 上，其接穗之新葉可生長達兩月半之久。此時兩種組織之傷面，不完全癒着，有死細胞殘留其間，但新導管之基礎發生於兩組織相呼應之處，卒致兩者連絡 (第四十四圖)；故此種連絡，非因兩者生活細胞之接觸，亦非因原形質連絡所生之刺激之傳達，實因某種刺激物質之通行而

成立者也。若接穗能如寄生植物具有強大之吸收力及營養條件之許可，即親緣甚遠之植物，亦有接木之可能性。「槲寄生」能附着於種種植物，至後如取去宿主之葉，則二者恰成接木之關係矣 (E. Heinricher)。



第四十四圖

將茄接於 Iresine 後癒着面之橫剖觀

- | | |
|---------------|--------|
| W 傷面。 | H 材部。 |
| WH 傷生材。 | C 形成層。 |
| T 導管橋。 | G 維管束。 |
| M 後生形成層癒着部之細點 | |
| 為癒傷組織細胞。 | |

接木為一種共生，因水液、養分及其他物質均能交通，故機能及形質亦隨之而受影響，但亦有不受影響者。「向日葵」與「菊芋」之接木，不論何者為砧木，皆能保持各個之特徵，若「菊芋」

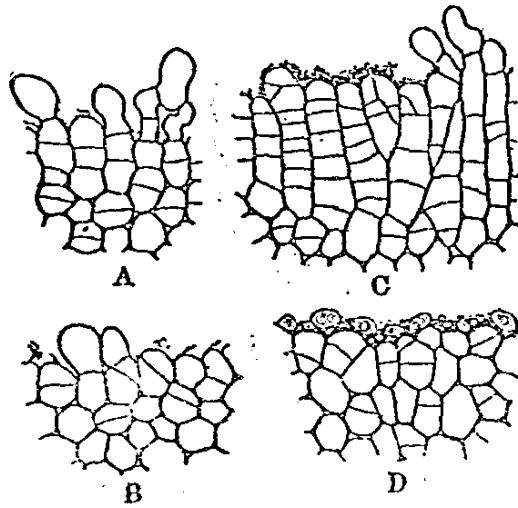
之部分，如在地下，既能生芽，又能貯藏菊糖；在「向日葵」，則根中僅含澱粉。此種菊糖或澱粉，因各組織之固有性，從移動體內之糖類，各自製造而成者也。又「斑入葵」起斑葉之毒素，通過不感染此毒素之「木葵」之接木莖，更於其上接以「苘麻」，則被接之「苘麻」，反受感染。是為物質表示通行影響最顯明之例。但如畸型（Chimera）因組織密切共生，形質雖變化，而遺傳素質仍不受變化也。

4 分裂素成長素及形成素

植物之器官形成與伸長，除需構成膜質材料之養分而外，尚需他種特殊之物質，此種思想，已為薩克斯（Sachs）氏所唱道，伊假定葉除製造養分外，並造成花或根之形成素，此為內分泌（Hormon）學說出現前三十年之事也。其後因鑒於器官形成之交互作用，而有發育抑制素等之學說，其後更漸次實驗而推知有分裂素、成長素、形成素等之存在。茲述其概要於左：

哈卑蘭（G. Haberlandt）氏切馬鈴薯製成組織片觀察時，假使僅由柔組織所成者，細胞不

起再生之分裂，其中如含有篩部之組織，或不含篩部組織而與此含篩部組織之部分連絡時，則可見細胞之起分裂，由此可推知篩部之伴細胞能分泌細胞分裂之激素 (Hormone) 者。又切「蕪甘藍」之球塊實驗，其傷面能起分裂 (第四十五圖 A)，如將傷面用水沖洗，則不起分裂 (同圖 B)，但已洗過之傷面，如塗以同組織之糜汁，則又起分裂 (同圖 C)，然塗以馬鈴薯之糜汁者，則不起分裂 (同圖 D)。又將 *Sedum Spectabile* 之葉切斷或裂離，而後觀察其葉肉之傷面細胞之變化，則前者起細胞分裂而後者不起分裂 (第四十六圖)。由此等結果，可推知受傷之細胞，因負傷細胞之自己分解生出瘡傷激素 (Wundhormon)，以促其分裂者也。

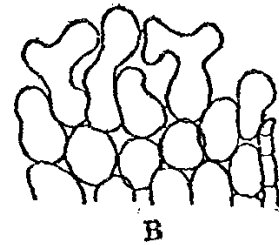
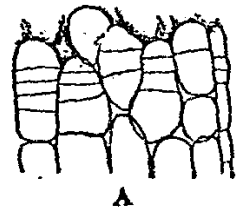


第四十五圖

蕪甘藍 (*Brassica*) 之球塊切片傷面之細胞分裂為實驗十日後所觀察者

- A. 原狀。
- B. 洗過傷面者。
- C. 在傷面塗着球塊糜汁者。
- D. 傷面塗着馬鈴薯糜汁者。

又與「燕麥」芽鞘之屈地性及屈光性相關聯，而知芽鞘之先端有促進芽生長之作用，例如綬亭 (H. Söding) 氏發見將芽鞘斷頭，則伸長即顯受妨礙，如將先端再附着於已斷頭之傷口時，則又回復其伸



第四十六圖

於 *Sedum Spectabile* 葉肉之切傷面 A 及裂面 B 之細胞之變化，為實驗五日後所觀察者。

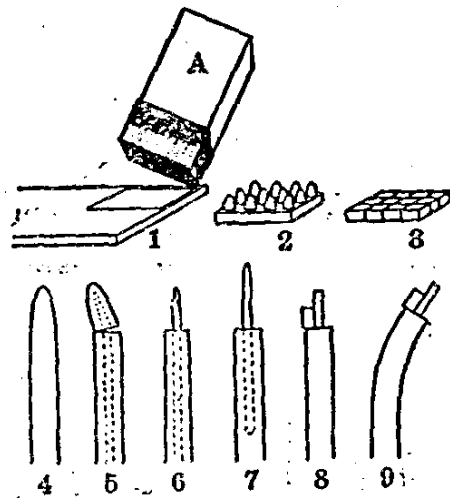
長。但傷口如接着距芽鞘先端稍遠之部分，殆不能促進其伸長，故知成長素主在芽鞘之先端形成者。嗣後經多數學者同樣之實驗，但溫脫 (B. W. Went, 1927) 氏將芽鞘之成長素用洋菜浸出，使其附着於斷頭芽鞘之一側，以測驗其屈曲度，是為成長素之量的研究之始（第四十七圖）。

溫脫 氏用水液培養「燕麥」於溫度二五度溼度九一%之暗室中，以特別之裝置，使芽鞘斷頭時非常便利而均等，成長素浸出用之洋菜，以三%者用切片機切成 0.62 毫米之厚度，上載十二個芽鞘先端而浸出成長素，經相當時間後，將洋菜分為十二分，各以一五%之膠與初生葉同密着於斷頭芽鞘之一側，結果，該側之成長被促進而屈曲，其屈曲之形，經 110——120 分鐘

後，投影於感光紙上而測其角度。根據此結果再從事對照實驗，先以不合成長素之洋菜膠、矽酸膠等附着之者，則不起屈曲。又從芽鞘先端浸出成長素時，如重疊兩枚同大之洋菜片，將浸出之成長素減半，或減少芽鞘先端之數目，則屈曲角度亦隨之而減。但成長素儘管加多，其屈曲決不超過一定度以上，此因屈曲在內因上有一定之限制故也。又立於洋菜上浸出用芽鞘先端之長，無論

其為○·七毫米或三毫米對於屈曲並無差異，故知成長素為先端○·七毫米以內所分泌者（但亦有謂較此更長者）。又芽鞘已斷頭之殘部，經數小時後，又重新變成生理的先端而開始分泌成長素，故於七小時後再將此先端切下載於洋菜上，又可浸出成長素。因此用上項實驗所見屈曲之芽鞘，至後切口成生理的先端，兩側之差異減少，如經百八十小時，屈曲已不表現。

此成長素在九〇度之熱及光下，頗能抵抗，但遇細菌則易分解。又將洋菜片重疊數枚使其浸



第四十七圖
成長素之實驗(F. W. Went)

出，由此計算其擴散係數，分子量相當於三五〇——四〇〇之間，似爲一種近於蔗糖等之非電解質體，但又並非糖類。又用與此分子量相近之種種有機物質或無機物質，行同樣之實驗，從未發見能表現如成長素之機能者。但此不僅「燕麥」一種所固有之物質，恐爲許多植物所共有者。據溫脫氏研究，此物質發生於芽鞘之先端而向下方移動，與成長同時用盡，芽鞘基部之伸長所以停止者，亦基於此。當然成長不僅因成長素而起，一面須仰賴構成材料之供給。由此兩要素共同之消長，於是芽鞘之伸長，先端略較中央爲大。

關於「燕麥」之成長素，亦有反對之學說，例如蒲里斯脫雷氏以爲將芽鞘斷頭時，由該處流出液體，卽不能成長，如將其傷口杜塞，則又能伸長。但據綬亭氏實驗，單用洋菜等塗塞傷口時，與附着於芽鞘先端者不同，不能起成長。又從傷口流出液體，雖繼續至一六——一八小時，而伸長之回復已起於二小時半乃至三小時，故知假定成長素存在之學說爲妥當也。又據溫脫氏實驗，用光照射芽生，半小時左右成長素略爲減少，至一小時殆已回復原狀，可知成長素本身並不受光線之害。至於成長素之減少，實因分泌成長素之機能受光之影響而暫時降低故也。如是可知參與分泌之

物質有感光性。但據濱田氏之實驗，僅用光照芽鞘之先端，中莖之伸長卻亦受抑制，故知感光之影響必向下方移動，以不能僅歸於分泌素之變化。此外在燕麥方面，因光之影響，分裂亦受抑制，是亦不能僅歸因於成長素之減少。關於此點以及燕麥芽生各部之機能，尙有不少研究之餘地。然溫脫之實驗，有巧妙精細之特徵，故記其大體如上。

溫脫氏(1929)更切 *Acalypha Wilkesiana* f. *triumphans* 之枝藉再生之實驗，認爲亦有根之形成素存在。又在此實驗以前，已知「柳」、「白楊」及其他枝片，如具有芽（尤其是正在伸長之芽）者，根之形成極盛；若將芽全部摘去，其傾向則顯然減少。溫脫氏又將 *Acalypha* 之枝切成同等長度，其中有殘剩芽及葉者，有僅具芽或葉者，亦有芽葉均取去者，統將其插入淺水中而觀其根之發生，結果，凡有芽及葉者，八日內生根最多，僅有芽或葉者次之，芽葉均缺者，殆不生根。又所切之枝，如略有舊葉殘留，亦能稍稍生根。但此時枝之皮層中，已有如楊柳等之根之原始體，爲明瞭芽或葉之存在，或僅能促其發育，或因芽葉之影響而惹起原始體之新成起見，則取分成叉狀之枝，其葉芽均一律除去，甲枝仍連於母枝，乙枝從基部切下，插於水中，如是者五日之後，甲乙兩枝均

切成七釐米長，插於水中，十日後視其結果，自始即切離之乙枝，平均生根一·六三本，而連於母莖之甲枝，平均祇生根〇·三六本。故知根之原始體，並非自始即生，係由形成素之促進而新生者；至連於母莖之枝而取去其葉芽，則認為形成素已移於母莖而消失者也。又據此後之實驗，知取去芽葉之枝，如附着於母枝經一星期，則形成素完全消失。觀將枝插於水中而形成素並不消失，可知此物質不僅因擴散而移行者，恐通過篩部之原形質而移行者也。

根之形成素可於低壓下將葉煮沸而浸出之。如將加入此浸出物之洋菜，貼附於剝去栓皮之枝的表面，亦能生根。又將葉芽接於切枝，亦能生根。又「蕃瓜樹」葉之浸出液加入洋菜塗於 *Acalypha* 之莖上，則其使根新成之效果，反較自身之葉為顯著。蘇依伯兒 (E. Senjbear) 氏曾發見澱粉酵素 (Diastase) 中含有促進燕麥成長之物質，於是溫脫氏乃檢驗澱粉酵素中是否含有根形成素，伊先在二星期前將葉除去，後再切下插於水中，結果雖經一星期而並不生根；後又剝去栓皮，用洋菜包剝皮部之表面，以觀其變化。此洋菜分為三種：(一)純洋菜，(二)熱至六〇度之洋菜中加五%澱粉酵素，(三)同上在一〇〇度熱二十分鐘者，據其結果，最初四日無變化，再經三日後，三者新

出根之比例數爲 0:11:0，又十日成 0:30:30。在純洋菜中者，其後雖生少數之根，但縷細分枝者甚少。如是根之形成素雖亦存於澱粉酵素中，但並非澱粉酵素之本身，因熱至一〇〇度，亦無差異，可知所謂根之成長素不過爲澱粉酵素液中之混合物耳。

總之根形成素爲參與發生新根之物質，但並不因各植物而異，且具耐熱性，亦可從葉及麥芽而浸出之。根形成素成於芽與葉中，通過篩管而移於枝部，存量尙不少。如將枝連於莖上而將葉除去，則一週以內皆流失，恐移行於下方之根者。但切枝而插於水中，則並不由切口擴散。

牛梅 (*B. Nemeo*) 氏就 *Cichorium intybus* (菊科) 之根與冠瘻細菌 (*Bacterium tumefaciens*) 之關係而發現根及莖之形成素。此植物之根，在根極之傷面附近可新生許多不定芽及少數之散在根，如切去根之下方，在傷面塗冠瘻細菌，結果癒傷組織頗發達，不定芽則絲毫不能產生。如塗細菌於傷面之一半或四分之一，未塗之面生不定芽，已塗之面則否，僅癒傷組織特別發達，後更生出許多之根。卽冠瘻細菌不僅促進傷面之細胞增殖及生長，并可抑制不定芽之發生而促進根之發達，故仍可視爲根形成素之一種。但同一物質是否可支配莖之抑制與根之形成，抑

由於各別之物質而起，尙未明瞭。

又奈爾遜(N. Nielsen)氏將 *Rhizopus stinus* *Absidia ramosa* 培養於麥芽抽出液，洋菜中，由菌絲滲出於培養基中之物質，可促進「玉蜀黍」之芽鞘及「延命菊」之花莖等之成長，但對於根部反有抑制作用，因此含於此滲出物中之成長素，名之曰 *Rhizopin*。此與燕麥之成長素同具耐熱性，亦可溶於醚(ether)中，雖六萬分之一毫克，已足抑制根之成長。

由此等實驗觀之，芽與根之發生及成長，須有特殊物質之參與而兩種器官之形成則作用相反，對一方之發育具促進作用者，對他方之發育或無關係或反有抑制之傾向。原來，莖與根在種種反應之下均相反。此外如營養器官與生殖器官，萼與花瓣，雄蕊與雌蕊，木部與篩部等，各有相對性。對於此等之成立假定有形成素參與其間者，則是否僅因某種物質之有無，抑由於別種物質之相對性，或為與形成素全無關係之物質作用而成？誠為與遺傳素具同樣興趣之研究問題也。

關於器官形成，據向來所知之事實，如假定形成素而易於說明者亦不少。例如「甜菜」之花序，即在第二年伸出之莖上居最下方之側芽，如花莖開花，側芽並不發育而終，若將此芽接於一年

生之甜菜根上，則發育而成巨大葉莖，翌年開花；若接於第二年之根上，則立即發生花序而開花結實。又櫻之幼株至開花時須經數年之久。如將第二年之幼枝接於老木上，翌年即能開花。由此可想像有花形成素之存在矣。植物在自然狀態下發芽，生長，經過一年或數年開花結實，但隨培養方法之差異，得使二年生植物繼續多年而不開花。此外發育之經過及週期，雖均受內部素因及環境所支配，而介於其間使其經過有一定之節奏者，此形成素似負有重要之任務者也。

然則此等形成素及成長素，果爲何種物質？其詳固不得而知，但據哈密脫 (F. S. Hammett) 之研究，氏謂爲 α - H_2 化合物，似爲分裂素之一。氏於「玉蜀黍」之水液培養中加稀薄醋酸鉛液，則鉛游子雖不使根之伸長立即停止，但即停止其分裂。此時有多量鉛質沈積於根端部細胞之增殖處，尤以核中爲最。若取出此含鉛之沈澱而分析之，證明爲 Pb 與 SH 之化合物，並類似膠銜基硫 (Glutathion) 如將正常根試以 Nitro-prusside 反應，即知根端有許多 SH ，故將 Pb 加於根上時，則認爲奪取此 SH 而停止分裂者；若受害尚淺時除去鉛液，加入 α - H_2 化合物，則分裂可回復。又已受傷之根，亦常表現 Nitroprusside 反應，故蛋白質分解時之瘡傷刺激素，亦認爲係半胱氨酸。

基酸 Cysteine 或其類似之 SH 化合物。要之，形成素爲一種比較簡單而易於在體內移動之物質也。

5 交互作用

如上所述。植物被切斷時，傷面則行細胞分裂或生癒傷組織，或促潛在之根芽發育，有時並起新成此等器官之反應，即體之一部有變化時，其他部分亦連帶而起種種形質之變化，對於起此種相關的變化，稱爲交互作用。然則此種作用如何而起，其中似有種種要約。

第一養分分布之變化，似亦可以約制，例如植物體之一部被切去後，於是所需要之物質乃有餘裕，因而可促進新器官之發育。然在「秋海棠 (*Begonia*)」等方面，若將其生長點置於輕氣中，或封於石膏中，則下葉之中肋即發生不定芽，此時與營養之分量並無直接關係，而生長點不能營正常之作用，爲最初之原因，故通常認某種刺激由生長點向下葉轉移者，又認爲從生長點輸送禁止不定芽發育之物質因被切而中斷者，但又可作如是想，即與此相反而自葉繼續向成長點輸送所

消費之特殊物質，因生長點無作用，不能消費而停滯於葉中以促新芽之形成者也。「錫蘭辨慶草」之生長點被切去時，葉緣上固能生芽，即僅將葉柄放入自來水中冷卻時，雖不加損傷，葉緣芽亦能發達。「虎耳草」亦然，如冷匍匐莖之基部，其伸長即停止，而先端之芽即漸漸變大。斯時，主莖之生長點並無直接關係，故不認為由生長點所發生之刺激或抑制物質之移行而起。但從與生長點被切時生同樣結果之一點觀察，與其認為從冷卻部傳播與生長點同樣之刺激或物質，毋寧作為葉內所生之形成素因冷卻而停滯者，較為妥當。固然冷卻時，雖有通過導管之上昇液流，但不能不認為係通過篩管部之物質其下降受妨礙者。欲通過篩管，遙比導管中之水液因發散牽引等物理作用而上昇者困難多矣。

從來在屈地性、屈光性認為刺激傳達之事，近來已漸知為特殊物質之傳達，又如前所述之分裂、成長、形成等，已知由各別之物質所促成。此外由於生物寄生所起之變形，亦因生物之分泌物而起，從此等事實觀察，交互作用，與其認為僅由於刺激，毋寧認為因特殊物質之形成及其流動而起者，較近於事實也。

中華民國二十八年五月初版

朱

(24238)

自然科學
小叢書
植物之發生生長及器官形成一冊

每冊實價國幣伍角

外埠酌加運費匯費

◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎
◎ 有 所 權 版 ◎
◎ 究 必 印 翻 ◎
◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎◎

發 行 所	印 刷 所	發 行 人	主 編 者	譯 述 者	原 著 者
商 務 印 書 館	商 務 印 書 館	王 雲 五	周 昌 壽	薛 德 燦	郡 場 寬
		長 沙 南 正 路			

(本校校對者胡達聰)

G 二四二上

1700

