

新 中 學 文 庫

植 物 學 小 史

胡 先 驢 編

商 務 印 書 館 發 行

書叢小科百

史小學物植

編 驩 先 胡

編 主 五 雲 王

行 發 館 書 印 務 商

中華民國二十年八月初版
中華民國三十六年二月第三版

(5427)

百叢書
植物學小史一册

定價國幣貳元伍角

印刷地點外另加運費

* 版 翻 *
* 權 印 *
* 所 必 *
* 有 究 *

編纂者 胡先驥

主編者 王雲五

發行人 朱經農
上海河南中路

印刷所 商務印書館

發行所 各地商務印書館

自序

是書之編纂，十九取材於英國哈維吉布生教授 (Prof. R. J. Harvey-Gibson) 所著之植物學史綱要 (Outlines of the History of Botany)。是書糾正薩格斯所著之植物學史之謬誤甚多，較之他人之作簡明而詳盡。然爲初學計，仍微嫌其過詳。且將各門植物科學混合而按時代以敘述之，初學讀之不易明晰。故略加刪節而將所述之史料分納於各門植物學中而敘述之。同時關於隱花植物與顯花植物分類學則較原書頗有所增益。而於最近所研究之原始葉綠素與光合作用各問題，亦爲原書所未及而增入者也。

編者識

植物學小史

目錄

導言	一
一 植物形態學與解剖學細胞學之歷史	六
二 種子植物分類學之歷史	三六
三 隱花植物學之歷史	五六
四 古代植物學之歷史	六四
五 植物生理學之歷史	七〇
六 遺傳學與天演論之歷史	一二〇
七 植物分布學與生態學之歷史	一二九

植物學小史

導言

植物學之研究，在吾國託始於神農，在歐西或謂肇端於名王梭羅門，雖其言荒渺不可究詰，然人類之研究植物，必遠在有史以前。蓋在生存競爭問題中之食物供給，極爲重要；而初民以其身歷之經驗，有意無意中，必分植物爲有益與有害兩大類。逐漸則植物可供藥用之知識亦漸增，於是本草之學興矣。本草學立，醫師肇興，初民既每以疾病由於鬼物之作祟，醫師遂兼理巫職，其重要每過於酋長。證之今日蠻夷中，猶如是也。寢而文明日進，巫醫乃變爲正式之醫師，然醫師之效，半係於藥方劑雖驗，苟藥品有誤，必至貽誤；於是乃有人專意於藥用植物之識別。寢而文字興，舍口耳之授受而筆之於書，本草之書於是昉，而植物學之基礎亦漸立矣。證諸萬國，靡不同然。吾國植物學不甚發

達。昔賢如李時珍諸公，不過本草學大家。有清之吳其濬，始有純粹研究科學之精神，然尙未脫辨識種品之範圍，於形態解剖生理等學，初無貢獻。植物學得成今日之偉大，皆種人殆專其美。故述斯學之歷史，一以歐西爲宗。非敢自菲薄，勢有不得不然也。

植物學之鼻祖，首推希臘之德阿夫拉司達士 (Theophrastus)。氏生於西元前三百七十年，爲

亞里士多德之弟子，曾著植物史 (Historia Plantarum) 與植物原理 (De Causis Plantarum)

二書。彼定植物各器官之界說，認果實可比動物之胎兒，子房爲果實所發源。然彼殊不知植物之雌雄。彼所謂雌株乃不結實者，然彼於無花果與波斯棗 (dates)，似感覺其真有雌雄之別。關於無花果之懸野枝 (caprifigation) 以及波斯棗之人工傳粉之有利於果實之成熟，彼曾詳記其事。彼分植物爲木本與草本，復分草本植物爲一年生，二年生，與多年生。彼知常春藤 (ivy) 附麗器官非卷鬚而爲根，又知地下部非皆爲根。謂根爲吸收養料之器官，莖爲運輸養料之器官，彼且描寫各種不同之葉。彼知單子葉與雙子葉植物莖葉種子之區別，且相知年輪成長之原因。彼雖不知花之各部之功用，然知有花冠與無花冠之花之區別，又知上位下位周位花以及各種花序之分別。其果實之

界說，亦吻合科學原理。凡包有種子者皆稱爲果。彼知山林沼澤江湖以及他種植物社會之不同，是則近代始昌明之植物生態學亦肇於彼。彼誠爲植物學之鼻祖也。

德氏之後凡十八世紀，無純粹植物學家之可言。雖有治農學與本草學者，嚴格論之，皆不得認爲植物學家也。

迪阿士柯雷帝士 (Dioscorides) 約生於西元六十四年間，爲旅行小亞細亞最廣之醫師。其所著之本草，爲世崇奉者至十六世紀之久。彼雖爲本草學家，然頗能辨別尋常植物之各科。謂自十八世紀之林奈 (Linnaeus) 始認識植物之科者妄也。此外西元第二世紀間之加倫 (Galen) 之治本草，白令尼 (Pliny the Elder) 之著自然史 (Historia Naturalis)，亦殊可稱。加倫之後則十四世紀間植物學無史可言。直至柯達士 (Valerius Cordus) 出，始重煥異彩焉。

柯達士生於西元千五百十五年，肄業於蘇格蘭之韋登堡大學 (University of Wittenberg)。年末二十卽刊行其藥局方 (Dispensatorium)，卽不啻一部本草。卒業之後任本校助教，曾講迪阿士柯雷帝士之學。其在植物學之功績，爲教世人勿迷信古人之書，而躬自採集記述野生之植物。彼

在大學之時曾數數入深林密箐中爲此項之工作，發見數百種新植物；故年二十五卽著植物史 (*Historia Plantarum*)，其中記述植物四五百種。在未刊行之前，復周遊意大利各大學。至二十九歲患瘧疾而死。其記述植物之精密，極合後世之科學方法。其於形態學之貢獻尤巨。彼承德阿夫拉司達士之主張，認植物地下部非盡爲根；花序亦經彼爲科學之研究。彼爲辨認苞片之第一人，曾言及苞片構成總苞，及花萼與花冠地位之別。彼知所謂無花果之果實爲花序。彼曾考求植物葉之時候運動及攀緣植物之遊移運動。彼爲發現茅膏菜葉之特殊性質與豆科植物根瘤之第一人。彼竟知蕨類植物以葉背發生之「粉」(孢子)以繁殖，可謂敏慧過人矣。

與柯達士同時而整理其遺著者有捷士納 (*Konrad Gesner*)。其研究花與果之構造較柯氏爲詳。彼有屬 (*genus*) 之觀念，彼且知有變種。在此世紀之末，有羅白里亞士 (*Tobellus*)，曾著有 *Stirpium Adversaria Nova*。彼開始以植物分爲若干羣，如十字花科，唇形科，至今猶仍之。其分類以葉爲本，始以細長葉之單子葉植物，繼以雙子葉植物。此外則意大利之攝薩耳平樂 (*Caesalpino*) 著有植物 (*De Plantis*) 一書，始將植物學與本草學分離。且主張以生殖器官爲植物分類

法之基本。然其結果，乃每將絕不相關之植物聚爲一羣。其生理學之理論亦多謬誤，然攝氏之後，植物學之曙光已漸興矣。

自此以後，研究植物者益多。自顯微鏡之發明，以及物理化學之進步，於是進而研究植物內部之構造，與夫其生活之方法；於是植物形態學解剖學與生理學興焉。自地質學大昌，而古代生物學以立。植物之形態學與解剖學既研究日精，加以十九世紀達爾文大昌，天演學說，而分類學亦逐漸進步。由植物生理學進而爲植物適應環境之研究，則植物生態學以立。蓋至後世研究益深，分工益細，於是植物學一變而爲多種學科，各有其歷史在，茲略分述之如下。

一 植物形態學與解剖學細胞學之歷史

在十七世紀初年有雍（Jung）者，爲治形態學首出之一人。此外則英國之斛克（Robert Hooke）最爲可稱；彼爲首先用細胞之名之人。彼用一顯微鏡觀察各種物體，於一六六五年刊行顯微學（Micrographia）一書。當彼用顯微鏡觀察木炭軟木與他種植物組織之時，乃發見多數蜂巢狀之小孔；彼名之爲細胞。惟彼所注意者爲細胞膜而非其中所函之物，故其細胞之觀念，大與今人異也。斛克之研究，殊無系統。而意大利之馬爾辟基（Malpighi）與英國之谷魯（Crew）則用顯微鏡有系統的觀察植物組織。其著作風行至一世紀之久焉。谷魯研究解剖學之結論，認每一植物器官，皆含有髓與木質二部。在種子中髓部則爲海綿組織（parenchyma）所組成，而外被以表皮（cuticle）。海綿組織一名詞，亦谷氏所首創者。海綿組織內包「木質部分」，殆指維管束系或其中之木質部。彼繼敘述種子萌發之重要步驟，惟其生理之解釋乃大謬，蓋彼尙不知原形質之性質，以

發酵解釋生長也。谷氏繼而考察根之構造，敘述亦頗正確。且發見射髓 (medullary rays)。其解釋根之作用，亦極無稽。其敘述莖之構造，與根略同。彼首先描寫年輪之形狀。其論莖之功用與論根者同其謬誤。惟對於液體之上升，則謂由於毛細管作用，輔以一種海綿組織之壓力，乃與二百年後戈得勒夫士 (Godlewski) 與魏士脫美葉 (Westmaier) 之說相契合。彼曾證明液體之上升經由木質部分；但謂只在春季爲然，則不免錯誤矣。彼謂芽之產生由於內部之壓力。彼謂球根乃地下之大芽。彼雖不知支根從內部發生之故，然已知其與芽之發生不同也。彼對於葉之功用，殊不明瞭。惟知水由莖輸入葉而自葉之表面蒸發之。彼謂葉之功用在保護幼葉與其他幼器官，濾清液汁中之不潔物，與儲藏有餘之物。彼似知有葉綠體，而謂空氣爲造成植物綠色素之主因。彼爲用油浸取葉綠素之第一人，且發見此溶液有螢光性。彼知氣孔爲蒸發之器官，且以爲空氣亦可從斯而入。惟謂空氣皆由根部吸入，而由導管與射髓以分布於全體中焉。彼不知植物有知覺，欲以物理現象解釋植物之運動，然殊不能自圓其說。彼對於導管之見解殊不正確。又謂木質由皮層內部而產生。谷魯對於花之構造與生理，亦頗注意。其謂花粉墜子房上而予以生產之液汁。谷氏曾見昆蟲採取花之

甘露與蠟質，惟不知昆蟲與花之關係焉。

馬爾辟基對於莖部之解剖構造之意見，與谷魯略同。其關於氣孔之說明，較谷魯爲明晰，而認爲蒸發作用之主要器官。其對於葉及花之功用，知之不明，與谷魯相若；竟謂花粉爲排洩物，於結實有害云。馬氏對於多種種子之構造與萌發，述之頗詳確。彼亦認明豆科之根瘤，惟不知其功效云。

在十八世紀下半期，形態學之進步極小。惟格爾特納 (Gartner) 之植物之果與種子 (De Fructibus et Seminibus Plantarum) 一書，頗多有價值之貢獻。彼認明僅有一種子之瘦果，不得稱爲種子，即其一例。此時期有大詩人葛特 (Goethe) 曾創花之各部皆爲葉變，及植物器官本出於螺旋排列之學說；然皆馳騁於空論，於實際之研究無補也。

此時期解剖學亦無驚人之進步。惟吳爾夫 (Caspar Wolff) 觀察植物各部分之發達，亦得與葛特同樣之結論；認植物器官，大體可分爲莖與葉兩種；根可謂爲莖所變化，他種器官則爲葉所蛻化云。

至十九世紀初年，形態學無甚進步，而解剖學則頗有貢獻。谷魯馬爾辟基二氏之謬誤，多所修

正如般哈第 (Bernhardt) 之發現螺旋形導管之另有胞膜，林克 (Link) 之謂細胞無孔相通，與氣孔周圍有細胞。突勒惟蘭納士 (Thevenaux) 證明孔紋導管爲長細胞接續而成，其增厚之處皆自薄胞膜內面加厚而成；彼且發見苔部孢子囊上之氣孔等，皆有價值之貢獻也。彌爾白 (Mirbel) 之主張與吳爾夫相若。彼曾發見乳汁管，但認與樹脂管及導管同科，則大誤也。至一八一二年摩登豪爾 (Möhlenhauer) 刊行其植物解剖學研究 (Beiträger zur Anatomie der Pflanzen)，有甚多組織學上之發明。彼首先發明在水中分離細胞與纖維之方法，於是證明各細胞成具有胞膜，與前人所謂細胞等於泡沫之說大異。彼證明纖維與導管合爲長束，與海綿組織分離；首先名之爲維管束系。摩氏此發明乃根本改變植物莖部構造之觀念；於是雙子葉植物之莖，不得謂爲含有表皮木質與髓之三部，而爲維管束，始則各各分離，繼乃漸漸結合者也。莖部之增大，於是知爲由於維管束系之增大。昔日謂木質由表皮發生之說，於是乃破。

植物分類學大家布朗 (Johann Brown) 在分類學著述中，每附記形態學上重要之發明。彼曾討論種子之構造，證明胚乳爲胚吸收未盡之養料。種子自始皆有胚乳，但在一部分植物，胚乳已

被吸收殆盡；在一部分植物則胚乳尚遺留多量云。彼曾研究山茂檉科花粉粒之構造。與其與柱頭構造體合之處。彼又有對於遠志科花之形態之觀察；大戟科與禾本科特殊之花序，亦爲氏所說明。彼首先考察胚珠之構造，發見內有一「核」(卽胚珠心 nucellus)，外有兩層種皮，頂上有一珠孔；此外脊 (raphe) 之維管束系，胚乳之構成與其與胚之關係等皆研究精詳。而其研究蘇鐵科與松杉科植物之果之構造，遂發明有時胚珠不爲心皮所包，花粉可直接與珠孔接觸而不必先達柱頭。彼乃謂此類植物爲裸子植物。彼又發現裸子植物種子中之多胚現象。彼知胚珠心與胚乳有別。而在胚乳中彼發見有三數處較明亮之部分，在受精之後，各發達成一分枝之絲狀體，在其頂端乃發生胚。彼當考察蘭科植物之花時，發見昆蟲將其花粉塊帶去，可同時授粉於數花。彼又發見花粉粒在柱頭上萌發成花粉管直入於胎座中。彼在他處亦曾發見花粉管侵入珠孔。彼以爲花粉管之發生，爲受有柱頭上之刺激，而當其在子房中伸長之時，養料爲花柱中組織所供給。此問題至六十年後乃爲格林 (Reynolds Green) 發明云。布朗在研究蘿摩科花之構造時，曾完全察得花粉管自發生至入珠孔之步驟。彼亦曾發見花粉管中之粒狀物，惟以爲與營養有關，而不知爲授精之要素云。

當布朗研究蘭科植物時，曾有一大發明，乃爲後世一新植物科學之嚆矢；是卽爲細胞內部之構造。布朗發見大部分蘭科植物之表皮細胞，中間皆有一胞核；後又發見其他單子葉植物與少數雙子葉植物之表皮細胞亦有之云。氏又有一發明，卽所謂布朗運動（Brownian movement）者是。凡微小之顆粒，在液體中，以顯微鏡觀察之，可見其自由運動。此種運動經布朗證明爲物理現象。凡此種種之發明，皆布朗研究植物分類時之副產物，其重要已異乎尋常。無怪大博物學家洪波德（von Humboldt）稱之爲植物學之泰斗，英國之光榮也。

在一八三〇年，辛拔（K. F. Schimper）首創葉序（phyllotaxis）之研究，一時大爲性近於數學之植物學家所趨慕。氏發見最簡單之葉序，爲二葉相距一百八十度，卽二分一者。再則有相距一百二十度，卽三分一者；與五分二者，八分三者，十三分之五者；諸如此類之研究，大爲一時之風尚。然究無關宏旨也。

至一八三八年施來登（Schleiden）描寫顯花植物胚囊中細胞之形成，由於一種「膠質」向數中心沈澱而成。後賴格理（Nägeli）證明所謂之「膠質」乃含氮之物，不得稱之爲膠。同時在

動物學發明其細胞膜不如在植物中之顯著，而其細胞含有物亦爲含氮者，而爲細胞主要部分。於是植物學家亦悟得植物細胞中之膠狀物，與動物細胞之含有物相同。至一八四四年摩爾（von Mohl）乃毅然稱之爲原形質。後經德利（De Bary）證明黏菌無細胞膜，於是知細胞膜並非重要之物；真正之細胞爲原形質之含有細胞核者；而細胞膜，細胞液，細胞穴，油點，澱粉粒等，皆細胞之附屬物也。繼而施來登在植物中，施完（Schwann）在動物中，同時首創一學說，以爲無論何種組織，皆由原始等大之細胞變成，而所有之細胞，皆由前有之細胞分生而來，上溯至受精卵而止。此卽所謂細胞學說是也。

自一八三〇至一八五〇之間，研究解剖學與組織學者極盛。成績最著者厥惟摩爾與賴格理。摩爾早年之研究爲組織由細胞發達之程序，示知原始之細胞膜外部形態之變遷，以及各種導管增厚之方法，其「棕櫚之解剖」一文，對於單子葉植物莖部之構造，述之甚詳。在一八三八年彼有一論文，始將氣孔之構造與發達，爲正確之觀察。後又證明摩爾解釋維管束系之不誤。重申摩氏之說，認明維管束系爲複雜構造，含有木質部與韌皮部兩部。彼又追尋單子葉與雙子葉植物維

管束系之分支，證明莖部最原始之維管束出於葉之維管束。彼研究表皮之構造，首先證明角質層之性質，與表皮之自身有異。後乃研究軟木層，發明其發原與發達之程序，指示如何由木栓形成層 (phellogen) 發生樹皮，而木栓層之零塊不時脫落。其最重要之著作，為刊行於一八五一年之「植物細胞」一書，在此書中彼有系統的說明彼與他人研究細胞之結果。蓋風行一時認為此問題惟一之良參考書也。

培烟 (Payen) 亦於細胞學有貢獻者。彼為首先證明細胞膜為胞膜質 (cellulose) 所組成者，而歷時稍久，胞膜質可因外加之物質而改變其性質；此類物質可以化學物品溶去之。氏之研究，蓋他日角質化，軟木質化，礦質化，木質化一類研究之先驅也。

賴格理最初研究菌藻植物，為首先研究藻類之形態與解剖以為其自然分類之基礎者。彼首先研究維管束系自未成形成層之時期 (proembrial stage) 發達之程序。與韓士坦 (Hanstein) 山宜阿 (Sanio) 一同發現雙子葉植物莖部由後生生長加大之理。彼又發明篩管之構造。彼曾將各種組織分類，分為發生組織與永久組織；二者又更分為海綿組織及後生組織 (prosenchyma)

兩類。原始發生海綿組織所有之胚與幼器官中皆有之；而後生組織即形成層，分布於成長器官之永久組織中；故永久組織乃發源於原始或後生發生組織者也。

此時有一更偉大之解剖學家，以專研究藏卵器植物 (Archegoniatas) 之構造與生活史有名於時，是爲何甫邁士脫 (Hofmeister)。其研究不但闡明蕨類植物與裸子植物之構造與生活史，且示知全植物界共同之形態，破除昔日下等與高等植物之界限；使植物學家了然於植物界全部之血統關係；誠有使植物學史中開一新紀元也。何氏最初於一八四〇年發表一研究種子植物胚之發源之論文，示知在未受精之先胚囊中有一卵，卵與花粉管中之含有物結合之後，遂發達成一胚，終成爲種子。彼繼而研究苔蘚植物與維管束隱花植物之代表屬種之生活史。後乃研究裸子植物之生活史。示知皆有一有性世代與一無性世代交替。在一八四九至一八五九十年之中，何氏曾精密研究多種苔蘚植物，與重要蕨類植物各屬如無葉蘋 (Ptilaria)，槐葉蘋，水韭，瓶爾小草，木賊，卷柏等之構造與生活史，且以之與松柏科植物及被子植物比較。示知不但苔蘚植物蕨類植物有顯明之世代交替，即在裸子植物與被子植物中，此現象亦可指明。在蕨類植物如蕨者，其孢子發生爲

小形綠色扁平之植物，是爲原葉體，其上乃發生藏卵器與精子器。受精卵則又產生蕨植物，是爲孢子體，再產生孢子以完成其生活史。在苔類其孢子發達成一較繁複具莖葉相類之器官之精子體，而受精卵則祇發達成一半寄生之子囊體，是爲孢子體，子囊體乃復生孢子。何氏又示知在無葉蘋、槐葉蘋、水韭與卷柏中，孢子有兩種：其小者爲小孢子，乃發生雄精子體者；大者爲大孢子，乃發生雌精子體者；是爲異孢現象。繼而研究裸子植物，何氏示知其花粉粒等小孢子而胚囊與胚乳等於大孢子與其所含之雌精子體，胚珠爲一大孢子囊之永久含一單獨之大孢子者。此類研究，遂將植物學界之普通概念，大加更變；而隱花植物之研究，亦遂爲世所重矣。

在一八五六至一八五八年勃林咸母 (Tringshelm) 發見在淡水藻類之間生藻 (Fragilarium) 與鞘毛藻 (Coleochaete) 中，受精卵不直接發生新植物，而發生一羣細胞；此類細胞各發生一新植物。勃氏乃以此類孢子比擬最下等苔蘚植物之子囊體，此發明初不爲世所注意。蓋何甫邁士脫之研究尙未發表也。至一八六八年策拉考夫士忌 (Calkovskii) 首先承認何氏之發明之重要。彼認明植物之生活史中有二顯然殊異之無性與有性時期，彼指明在下等植物如菌類藻類等，

其無性世代爲數次者，一無性世代繼一無性世代，最後乃爲一有性世代，而生活史以終。在藏卵器植物則一無性世代，繼一有性世代，交替至爲整齊。彼又指明在無葉體植物，有性無性兩世代完全相似，惟生殖器官有異。而在藏卵器植物，兩世代乃絕對不同。策氏稱有性世代爲原始植物 (protophyte)，無性世代爲異形植物 (antiphyte)，而稱無葉體植物之世代交替爲相同者 (homologous)，藏卵器植物之世代交替爲相異者 (antithetic)。彼似不認受精卵分裂而成之細胞與藏卵器植物生活史中何部分相同，蓋彼謂藻類有三世代云。

在一八七四年美國植物學家華洛 (Farrow) 發現在數種蕨類中，孢子體可由精子體用營養體繁殖法產生，不須有藏卵器。華洛稱此現象爲無精子現象 (apogamy)。勃林咸母繼而試驗於苔類，發現其絲狀體 (protonema) 可由子囊柄作芽狀生出，此現象後稱爲無孢子現象 (apospory)。此種發現遂使勃氏認有性無性兩世代相同，而子囊體亦與藏卵器與精子器相同。無葉體植物與苔蘚植物異者，不過數數發生之無性世代退化成一寄生於精子世代者而已。

關於世代交替，勃氏與策氏之觀念，完全相反，可爲兩派主張之代表。一八七八年，策氏與勃氏

答辯時，主張藏卵器植物之子囊體，爲在無葉體植物有性無性兩世代間新增之一世代。此種見解，包偉爾 (Bower) 更擴其意而充之。包氏之學說，自一八九〇年起在皇家學會論文專刊 (Transactions of the Royal Society) 與植物年報 (Annals of Botany) 中，作有多數研究論文發表。後至一九〇八年復述之於其所著陸地植物之起源 (Origin of a Land Flora) 書中。大旨因由蘚植物至苔植物，可見子囊體逐漸減少其生殖組織，直至變成苔類繁複之子囊體爲止。包氏乃詳細考究蕨類植物之重要各屬與多種顯花植物生殖器官之構造與發達，以證明在植物界中子囊體有普遍的減少生殖組織之趨向。由此事實乃立一假論：以爲藏卵器植物出於藻類植物，其精子體之構造可以證明，大約出於絲狀綠色水生之種類，生存於淺淡水中或海潮漲落線較高之處。繼而某數種類侵入陸地之上，僅有時可以得水。於是有性生殖僅在有雨或水漲或有多量露水之時能舉行。卽在此時若生殖器官不成熟，亦不能行有性生殖。故不能倚賴有性生殖以繁殖，乃取資於由受精卵發達之孢子體。一次受精之後，一受精卵可分爲多量之囊孢子，各發達成一新個體。而在乾燥之環境之下，此類粉狀之孢子極易散布。因此類植物之逐漸分布於較高較乾燥之區，其恢復

昔時之生活狀況之機會愈少。於是愈須倚賴囊孢子以繁殖。而此類孢子產生之數量，亦須增加。因之在生產孢子時，養料亦須增加。營養作用在苔蘚植物為精子體所任，孢子體所任者極少；其外部之形態，亦甚簡單。在蕨類植物，則孢子體自身乃任營養作用。因之其構造亦趨於複雜，而精子體乃完成其獨立永久之性質矣。

因包氏與他人之研究，遂發生三大問題：(1) 無葉體植物中之同形世代交替，與苔蘚植物中之異形世代交替之關係。(2) 具繁複之孢子體與退化之精子體之蕨類植物發源之點。(3) 蕨類植物生殖器官之構造與世代交替，與顯花植物縮短退化之生殖構造相同之點。

(1) 在無葉體植物，通常皆一有性世代，繼以數無性世代，再終以一有性世代。然又發見生有性生殖器官之植物，有時亦發生無性生殖器官。在一八九六年克勒白司 (Klebs) 刊布其研究二十年之結果，證明在多種下等無葉體植物，若改變其培養劑之成分，可使之產生有性無性或中性世代。無葉體植物又有一種生殖方法，如在間生藻 (Mougonium) 受精卵不直接萌發為新植物，而分為四游泳孢子 (zoospore)，各發達成一新植物。司各得 (Scott) 在一八九六年聲稱由受精卵

產生之游泳孢子，其萌發與發達之情形，與無性生殖所發生之游走子 (zoögonidia) 完全相同。於是司各得諸人，否認受精卵之分裂，爲苔蘚植物子囊體形成之初步云。

此問題因精子體與孢子體細胞內部之殊異，而更趨於複雜。先是曾經發見細胞核在分裂之時，每有定數之染質體。至一八九三年阿衛頓 (Overton) 發現蘇鐵科之一屬頭狀藏米亞 (Ceratozamia) 之原葉體之細胞，祇有其孢子體細胞中染質體之半數。至一八九四年，士突刺士堡格 (Strasburger) 主張染質體數之差異，在藏卵器之精子體與孢子體中，爲普遍之現象。故在前一期爲 x 者，在後一期則爲 $2x$ 。在生活史中某一時期 $2x$ 減爲 x 爲必需之現象。士氏定此時期在孢子母細胞將分爲囊孢子之際。在馬尾藻 (Fucus) 褐藻之無無性生殖與囊孢子者，減數分裂則在精子與卵子形成之前。此兩世代細胞內部之有差別，若經證明爲普遍與必須而非適應與生理現象者，生活史中此兩世代相同相異之處似易藉以解決也。

至一九〇九年郎 (Lang) 發表其世代交替之發達論 (ontogenetic theory of generation)，以爲在無世代交替之植物，只有一種軀體。其精子細胞不論爲有性或無性，皆可認爲一種特殊細

胞，在適當情形之下，可發達成一新個體。此二精子細胞即孢子與受精卵。此兩種細胞發達之結果，或極相似，或遠相殊。彼舉 *Dictyota* 與 *Polysiphonia* 爲兩種細胞產生形態相同之營養體之例；而苔蘚植物與蕨類植物則具二極不同之世代，一由孢子發生。一由受精卵發生。繼又討論兩世代之細胞區別，並舉威廉母 (*Lloyd Williams*) 一八九八關於 *Dictyota* 山內繁雄 (*Yamanouchi*) 一九〇六年關於 *Polysiphonia violacea* 之研究。雖二植物之有性無性世代外部之形態絕對相同，然其細胞之差異甚大。其有性世代只有 x 染質體，而無性世代有 $2x$ 染質體。郎謂此類藻類植物所有之世代交替與藏卵器植物所有者絕對相同。又謂關於藏卵器植物兩世代差異如此之大，有兩說可以說明之：一謂兩種精子細胞本自不同，故自然發生不同之兩世代；一謂兩種精子細胞皆爲植物之特殊細胞，但其發達時所遇之環境不同，故其軀體之形狀自異。對此兩說，郎氏則主後者。謂在生活史發達之過程中，每一時期皆受前一時期之制限焉。郎氏之說，頗引起一時大衆之注意。然究未能解釋迴環之世代交替所由來，亦不能決定相同相異兩學說之是非也。包氏後來亦以爲藏卵器植物之孢子體之來源殊難斷言之。一方有人主張孢子體既依賴精子體，則必爲後起

者。如此說則孢子體或發源於有性生殖後孢子之產生，而最初爲無營養組織者。營養組織發源於一部分可變爲孢子母體細胞之細胞。以蘚與苔較，此營養組織化之現象，似已現實者。按是說浮蘚 (*Tiliccia*) 之簡單子囊體爲最原始之狀況，較複雜之子囊體則爲逐漸進化者。一方則主張藏卵器植物出於藻類祖先，已有交替而分離之世代，其孢子體爲由受精卵發達而成者。在生於陸地之時，在祖先時代產於水中獨立發達之受精卵，至是仍存於精子體中之保護器官藏卵器中，因之使幼孢子體變成今日簡單苔蘚植物所有之形狀。此兩說雖各持之有故，要爲假說而已。

(2) 蕨類植物與其獨立之孢子體如何起源，爲一更難解決之問題。按包氏後增之說，則在現存之種類中，必須於蘚類中求之。吾人若取角蘚 (*Anthoceros*) 爲根據，似不難想像其已複雜之子囊體自生根於土中，即可成爲獨立之孢子體也。苟其中軸各部分擴張以供光合作用，而產孢子之組織有一定之地位，則可得一種瓶爾小草一類之植物。堪白爾 (*Campbell*) 卽以爲瓶爾小草爲現存最似角蘚之植物。包氏則主張 *Phylloglossum* 爲此類原始植物焉。

然化石上之發現，又足使此說發生困難。在一九一六年哈勒 (*G. T. Halle*) 刊布其關於腦

威芮拉根 (Röragen) 地方所發見之化石之研究中有一特殊之種類，彼名之爲孢囊草 (Sporogonites)。翌年吉得士唐 (Kidston) 與郎 (Lang) 發表其在閩利 (Rhynie) 地方老紅砂石中所發見之一種化石植物閩利亞 (Rhynia) 之研究。至一九一七年包偉爾會著一文以論此兩種植物。孢囊草爲一簡單之幹上生一頂生孢囊內含孢子。此植物之孢囊雖頗大，哈勒則以爲與苔類之子囊體相似，而較簡單。在最古之植物化石中（下泥盆紀）而有此，誠可怪之事。蓋苔類之子囊體最早發現之時，乃在第三紀也。此發現證明苔蘚植物發源異常之早，昔日理論形態學家之困難於是除去。而維管束植物之發源於苔類一類之祖先，已爲可能之事實矣。閩利亞之外部與內部之形態，保存異常完善。爲一陸生植物，但無根無葉，祇有分枝圓筒狀之莖。一部分分枝之莖生於地下，以多數根毛附著於泥炭土之上。根毛每每集生於表皮上所生之突起之上。一部分之莖則爲上升漸尖空氣中之莖，表皮上亦有突起。下部之突起發生根毛，上部之突起則生易脫落之枝以供繁殖之用。圓筒狀之莖中心有輸導組織，外包有或具綠色之木栓層，更外則爲有氣孔之表皮。在粗壯之幹之頂端，生有圓筒形之孢子囊，內生維管束植物式之孢子。包氏謂閩利亞營養與生殖之性質，與蕨

石松木賊等植物相似，惟無根與葉，而僅具一單生之孢子囊。其形態在苔蘚植物與蕨類植物之間，其發生復如是之早。蕨類植物之起源，殆須由此類化石植物中求之矣。

(3) 何甫邁士脫之研究，證明蕨類植物與顯花植物關係之密切。最初與蕨類植物連續者爲裸子植物。至一八九〇年之後，逐漸證明裸子植物與蕨類植物之關係較其與被子植物之關係爲密切。在一八九五年，白拉葉夫 (Belajeff) 證明裸子植物之花粉粒發生器官可比諸卷柏小孢子發生之精子器，至一八九五年平瀨作五郎 (Hirase) 發現於銀杏中，一八九六年池野成一郎 (Ikeno) 發現於蘇鐵中，一八九七年衛勃爾 (Webber) 發現於藏米亞中能運動之精子後，此說之理由益充足矣。

雖蘇鐵科之小蕊與花粉囊，可比諸蕨類植物之小孢子葉與小孢子囊。但在生存之蕨類中無可與比蘇鐵之胚珠與其胚囊者。柯爾脫 (Couler) 與張伯倫 (Chamberlain) 在其合著之裸子植物形態學 (Morphology of Gymnosperms) 書中，曾以爲最古之胚珠有一層珠被，完全與胚珠心分離，後乃發達成三層種皮，外層肉質，中層骨質，內層肉質。胚珠有兩組維管束，一組經過胚珠

心之外層；胚珠心之尖頂下陷成一花粉房云。

關於花之形態，議論異常龐雜。在何甫邁士脫之研究發表以後，大眾乃認定花爲一特種之枝，上生產孢子之器官者，而不得稱爲生殖器官也。其附屬器官之發達，白葉爾 (Payer) 在一八五七年所刊表圖畫精美之花之器官發達 (Organogénie) 書中，言之甚詳。至一八七五年艾希勒 (Eichl. Per) 在花之圖式 (Blüten diagramme) 書中，對於花之形式，亦作有詳盡記述。至十九世紀之末年，花葉蛻變之問題，引起甚多之爭論。花葉可分爲萼片花瓣小蕊心皮四種。形態學家心中之疑問爲：是否尋常之葉逐漸變爲此四種葉，抑小蕊與心皮爲生孢子者，花瓣與萼片爲不生孢子者。恩格勒一派主張原始之花只有一或二裸露之孢子葉，在較高之花則孢子葉蛻變成小蕊與心皮，外加一層花被。包偉爾一派，則主張原始之花爲一子葉球而附以山下部子葉退化而成之花被者。此外松樹一類之球果之形態，亦爲十九世紀下半期爭論之問題。以艾希勒與薩格司 (Sachs) 之解釋最爲人所宗仰。二氏以球果爲一單花，中有一軸，上有多數孢子葉；每一孢子葉爲一心皮，在其上面生一大形之胎座鱗片，其上生二胚珠。但羅塞 (Lotze) 則以爲不然，在一九一一年其所刊布著名之

花粉管有葉植物 (Cormophyta Siphonogamia) 書中，彼以爲松柏科植物之球果按形態學之構造，可分爲兩類。在柏樹之球果，其軸只生一種鱗片。此種鱗片在其上面生胚珠或大孢子，故可等於孢子葉，而球果等於一子葉球；是爲一單獨之花。在樅樹 (Albies) 其情形乃大異。其球果有兩種鱗片，一爲不生孢子尖形狹窄之鱗片，即所謂苞片者；一爲生孢子闊形鈍頭之鱗片，其上生胚珠或大孢子。種子鱗片發源於苞片之葉軸間，故樅樹之球果爲一花序也。小蕊之發源，當一八六〇年植物學家多受蛻變說之影響時，僉以爲小蕊本爲一葉，葉身之半，各發達成一花粉囊者。但自認明花粉粒爲小孢子時，花粉囊遂認爲小孢子囊。後經瓦爾明 (Warming) 將其解剖與發達闡明之後，葛白爾 (Goebel) 尤主張斯說焉。

至關於胚珠之形態，則異說紛紜。施來登與勃郎 (Braun) 認之爲由中軸胎座發生之芽，故珠被爲結合之葉。薩格司則以胚珠之地位與發源認有形態上之區別。故頂生胚珠，有中軸之性質。側生胚珠，爲變形之葉。邊緣胚珠，爲葉之分枝之類。至一八八一以後，大衆漸公認胚珠爲大孢子囊；而胚囊爲孢子母體細胞，或經分裂或不分裂而變爲大孢子者；而其中最後所含之組織，則等於雌精

子體。此說創自士突刺士堡格。彼且主張雌精子體產生一種退化之藏卵器，即通常稱爲卵器 (egg apparatus) 者。精子體組織初時甚少，在受精後重受刺激而生長，形成爲胚乳。但多德爾 (Dodel) 在一八九一年主張輔助細胞 (Synergidae) 爲潛性之卵，贊成其說者，亦有數人。蓋因此數細胞有時亦能發達成胚也。

在十九世紀末之三十年，受精之程序，漸漸明瞭。以士突刺士堡格之力爲多。至一八九八年那瓦新 (Nawaschin) 發現花粉管中之一胞核與卵結合，其他一胞核與連合胚囊核結合。此現象遂稱爲兩重受精，因之胚乳亦不得認爲雌精子體，而爲第二胚之曾經改變者。此說證以雜性胚乳 (xenia) 現象而益信。在一八六七年希爾德布蘭 (Hildebrandt) 發現若以黃色玉蜀黍與褐色者雜交，胚與胚乳皆呈雜種之性質。因之愈信第二生殖胞核之結合，爲一有性生殖現象也。在一八六九至一八九〇年間韓士坦 (Hanstein)，華明清 (Faminzin) 諸人探研單子葉與雙子葉植物之胚之發達，發現僅受精卵之一部分發達爲胚，其他部分則爲暫時之儲藏器官或吸收器官。而士突刺士堡格，赫格美葉 (Hegelmajer)，甘龍 (Ganong) 諸人則發現甚多之多胚現象。其副胚

或出於輔助細胞或出於反足細胞，甚或出於胚珠心之細胞。至真正之處女生殖 (parthenogenesis) 則在一八九八年經虞愛爾 (Juel) 在 *Antennaria* 中發現之云。

自施來登發明細胞學說與證明原形質爲細胞中主要成分後，解剖學與組織學之概念完全改變。繼起之研究，乃風起雲湧。其研究約可分爲四類：(1) 原形質之構造與化學成分。(2) 胞核之構造與其在細胞分裂時之行爲。(3) 細胞膜之構造與其化學成分。(4) 細胞間原形質之相互關係。在韓士坦發明永久組織自發生組織分化之後，薩格斯德、巴黎樊梯幹 (Van Tieghem) 捷勿雷 (Jellroy) 與哈勃蘭特 (Haberlandt) 諸人皆有貢獻。施完登納 (Schwanden) 在一八七四年在一八七〇年釋明機械組織之構造，與其在各器官內之排列。

粟爾次 (Max Schultze) 摩爾與他人初時皆謂原形質爲無色黏滑顆粒狀之半液體，緊附胞膜或充滿細胞穴，且有交流現象如在黏菌中者。至一八七五年，僉以爲原形質含一細絲組成之網狀物，其空隙則充滿一種胞質液 (enchyrama)，網上之結則呈顆粒狀。至一八八九布次里 (Bütschli) 之泡沫說 (foam theory) 發表以後，大衆之觀念乃大變。布氏以爲原形質有如油與硝或蔗

糖攪成之泡沫，在顯微鏡下觀之，遂呈網狀。在此泡沫中維有多數顆粒，原形質之表面質地較密，韓士坦稱之爲外胞質 (ectoplasm)，以別於內部較多呈顆粒狀之內胞質。費勿爾 (Pfeffer) 因謂所有暴露之原形質面，皆被有一層胞質膜 (plasmatic membrane)，其性質與其他部分之原形質異云。韓士坦在一八六四年證明篩管之各段，由篩板之眼孔有原形質之繼續。盧梭甫 (Rusow) 與士突刺士堡格在一八八二年亦證實其事。另有他人證明在某藻類細胞中原形質亦連續者。在一八九七年加丁勒 (Gardiner) 證明原形質之溝通，乃所有生活細胞所同具之性質云。

至一八八七年，布朗在五十年前所發現之胞核，漸經證明爲一切細胞所同具。其在細胞分裂時之重要，亦經承認。惟其構造與功能，知之尙不明瞭。士突刺士堡格與佛能明 (Plumming) 始詳細研究之。證明其爲顆粒狀之基質中含網狀物或甚爲盤曲之纖維體。其中一特別大之顆粒名之曰胞核仁 (nucleolus)。網狀物之自身含有不能染色之不染色質 (achromatin) 與其中之染色質顆粒。胞核之全體外被一胞核膜。胞核之化學成分，曾經示知大部分爲含磷甚富之胞核質 (nuclein)，此物又可分解爲蛋白質與胞核質酸 (nucleinic acid)。佛能明與番本勒登 (Van

Beneden) 在動物細胞中又發現一副器官名爲中質體 (centrosome)。此器官除華沫爾 (Farmer) 發見之於蕨類中，威廉母士 (Williams) 摩第耶 (Motier) 與他人發見之於藻類中外，蕨類植物與顯花植物皆無之焉。

同時細胞核在細胞分裂時之特殊變遷，曾引起重要之研究。佛能明番本勒登士突刺士堡格諸人之貢獻最大。番本勒登首先在蠅蟲 (*Ascaris*) 中發現生殖細胞形成時之減數分裂。阿衛頓復發現此現象於蘇鐵中。至一八九四年士突刺士堡格乃聲稱在一切植物中，細胞核中之網狀體所分成之染色體皆有定數；此數至形成精子體時則減爲一半，至卵受精後以及發達爲孢子體時又復爲全數；迨成孢子母體細胞時，又再有減數分裂之現象焉。

在十九世紀末年爭論甚劇之一問題，厥爲細胞膜之構造與其生長之方法。賴格里在其一八六〇年刊布之澱粉粒研究中曾創一說，以爲有機體含有多量不能見之小晶體 (micellae)，各被一層不能見之水膜。其密度則視此水膜之厚薄爲轉移。賴氏以爲增厚之法，由新生之小晶體插入舊有者之中，是爲一種內增生長 (growth by intussusception)。士突刺士堡格一派，則謂此類小

質點非晶體，其結合爲化學的而非由於分子吸引。增厚之法不由於內增生長，而由於各層之內附生長 (growth by apposition)。至一八九六年衛士勒 (Wiesner) 更創一新學說，以爲胞膜有生命，爲膜質粒 (dermatosomes) 所組成，而以原形質絲連絡之。增厚則由於原形質中發生新膜質粒而成。在十九世紀之末內增生長說又漸盛。至一八九一年士突刺士堡格 亦自棄其說而從之。近年復有人證明細胞膜最初爲有生命者，亦即原形質外膜之一部，後乃加厚而一部分變爲死體云。

胞膜之化學成分曾經茫艱 (Mangin) 在一八九二年爲詳細之研究。在此之前僉以爲胞膜至少在幼時大部分爲胞膜質所組成，而在兩細胞間之中層，則爲果膠質化合物 (pectic compounds) 所組成。同時又知胞膜質以附著有角質，軟木質，木質，或變化爲此類物質而改變。茫艱之研究卽在此類果膠質化合物。彼示知有一類呈中性反應，如果膠質 (pectin) 果膠糖 (Pectose)；有一類呈酸性反應，如果膠酸 (pectic acid) 變果膠酸 (metapectic acid) 等。茫艱聲稱在細胞分裂時，最初出現之新胞膜，爲一層果膠鹽 (pectates)，以後則兩面附以多層之胞膜質與果膠質化合物云。德巴利 在一八六四年指明菌絲之胞膜不呈胞膜質，通常對於碘與硫酸所呈之藍色反應。韋

色令 (Wisselingh) 在一八九八年發現菌類之細胞膜大部分爲幾丁質 (Chitin) 所組成云。

在細胞學說成立以來，即有人研究胚中之原始細胞與生長點之變爲永久組織之步驟。賴格理與山宜阿 (Sanio) 皆首先有貢獻之人。而韓士坦在一八六八年，實爲首先具體研究此問題者。彼聲稱在顯花植物之莖與根中，有三層明顯之組織發生細胞層。彼名之爲表皮原始組織 (Perimatogen) 木栓原始組織 (periblem)，與維管束原始組織。爲表皮木栓層與維管束所自出。至一八七四年延揣夫士忌 (Janeczewski) 復加一第四種，是爲根冠原始組織，根冠即由之而生者。後經詳細之研究，發現對於韓士坦最初之分類，略有變動。有一部分原始組織，乃有之共同之來源者。德巴利在其顯花植物與蕨類植物之比較解剖書中，以爲某種組織必發源於某種發生組織之說，實至不可恃。在大多數之根中每種組織固與一定之發生組織吻合；甚且每種組織中之某部分皆可追尋至某一原始細胞。然即在根中亦有例外。在裸子植物中，其表皮即不發源於一定之表皮原始組織。在多種顯花植物莖中，其維管束固全發生於維管束原始組織；然亦有絕對相反者。葉中之維管束組織，則爲與葉之全體同出於表皮原始組織與木栓原始組織者。在苔蘚植物與蕨類植物，其生

長點之發生組織，可追尋至由一頂端細胞所分裂。有人曾欲以此類分裂之細胞比附韓士坦在被子植物中之各發生組織層，但結果亦殊不圓滿。薩格斯見韓士坦組織分類法之不圓滿，乃創生理的組織分類法，分爲表皮組織，維管束組織，與基本組織，同發源於一頂端組織。但德巴利亦譏議之，以爲不能解釋各種植物組織之分化云。

至一八七〇年法國植物學家樊梯幹 (Van Tieghem) 發表一重要研究，對於植物之中軸之構造，完全用一新眼光以觀察之，其說雖稍有改變，然大體至今日仍成立也。是名維管束柱學說 (stela theory)。樊梯幹最初研究根之比較解剖，指明德巴利之放射維管束，實一爲數束組成之圓筒。其中之韌皮部與木質部互生，其木質或相遇於中心，或中心有木化之髓。此等維管束由連續組織連絡之，此全體乃爲一內附於內表皮下之維管束鞘 (pericycle) 所包圍。自支根形成層以內之中心，彼稱之爲柱 (stele)。後來樊氏又將此說加之於莖，以爲在其中亦可見有一柱。不過其連續組織分爲髓線與維管束鞘。此類組織之發源與木栓層不同。同時彼指明在莖中柱之輪廓不甚顯著。由於葉跡之參入以及他種原因云。

樊氏後與其弟子杜里阿 (Daniell) 在各種植物中搜求與其理論相映證之材料。若中軸有甚大之髓部，則內表皮與維管束鞘可伸入維管束之間，使之各各分離，如是單柱式 (monostelic) 變為無柱式 (astelic)，而髓之連續組織與木栓組織連合而無別。若分離之維管束重行結合，則稱為合束現象 (gamodesmy)。在蕨類與數種被子植物，其在子葉下之軸中之柱分為二至數枝，此現象樊氏稱為多柱 (polystely) 或二柱 (diastely) 式。至柱之一部之入葉者，則名之為分柱 (meristele) 式。在一八九一年，士突拉士堡格極力贊助其說。而稱入葉之部分與無柱式情況中單柱之各部為裂柱 (schizostele) 式云。

數年之後美國植物學家捷勿雷 (Jeffrey) 對於樊梯幹之說，屢有批評。在一九〇〇年發表其被子植物中柱之形態之研究 (Morphology of the Central Cylinder in the Angiosperms) 聲稱樊氏之三種中軸皆為一種管柱 (siphonostele) 式改變而成。在此式中其中軸本為一維管束管，而在葉迹生出之處則有葉缺 (foliar lacunae)。在所稱為多柱式之變式，其中軸除外部之韌皮部外，另有內部之韌皮部。在無柱式之軸，內部之韌皮部亦缺如。樊氏有髓之單柱式，則為由無

柱式改變而來，其內表皮已經退化者。由此觀之，維管束植物之中軸，不外原柱式 (protostelic) 與管柱式兩種。原柱式無髓，含一中部木質部外圍以韌皮部及外圍組織，管柱式則中部有髓。在此中柱之上發生枝與葉之維管束，常使中柱發生裂缺，若葉甚小如在石松部發生枝葉不至影響中柱，若葉大如蕨類，則至中軸上發生甚大之葉缺。若大葉密生，則每至將中軸之管狀性質變易殆盡。枝之維管束發生，亦可有同樣之影響云。關於此問題舒特 (Schoute) 在一九〇二年所刊布之維管束柱學說 (Die Stelär-Theorie) 丹士黎 (Tansley) 在一九〇七至八年所刊布之蕨類植物維管束系之天演演講 (Lectures on the Evolution of the Filicinian Vascular System) 兩書中，曾有詳盡之討論焉。

在一八八四年哈勃蘭特復振薩格斯之緒而著其植物生理解剖學 (Physiologische Pflanzenanatomie)，大旨以爲植物全部之構造，皆爲適應生理上需要之體合。其觀點與純正之解剖學家者不同。故組織按其作用分爲皮部，支柱，吸收，光合，輸導，等種類。但哈氏並不欲推翻形態學家之主張，而審知不同來源之組織，能經同樣之變化以供同樣之作用也。此書之貢獻，在生理與生態

學上者，較在純粹解剖學者爲多。

二 種子植物分類學之歷史

本草家對於植物，除描寫記載其形態外，無自然分類之觀念。故或按字母之次序或按其藥用或他種性質而分類。包興 (Baubin) 之用統一之術語，爲自然分類之第一步工作。包氏亦爲首有屬之見解之人。至十七世紀後半以形態學與解剖學之研究，遂使植物學家漸覺自然分類之可能。最早爲此項分類者爲摩理孫 (Robert Morrison)。其主要著述爲牛津大學植物誌 (*Historia Plantarum Universalis Oxoniensis*) 於一六八〇年完成。摩氏爲牛津大學植物學教授。其分類之法，首分植物爲草本灌木與喬木，繼則將此大羣按形態或生理之區別而分類，故視諸希臘羅馬諸賢方法上亦無甚進步焉。與摩氏同時者，厥爲雷 (John Ray)，世所稱爲十七世紀最大之植物家者也。最初在英倫蘇格蘭維而士北部爲長期之採集，後在脫離岡橋大學後，乃漫遊歐洲，三年而歸。復在本國採集。最後乃隱居鄉間，而著其普通植物誌 (*Historia Plantarum Generalis*) 於一

六八六年刊行，卽林奈所稱爲巨著者是也。其分類方法，亦首先分植物爲草本與喬木。彼雖重視果爲分類之要素，但更着重普通之營養部分之性質。彼且用解剖學之性質以分類。彼曾詳細研究芽之性質，但在草本植物中未見之。花亦有時用以分類。彼且略知植物有屬性。彼曾研究種子之構造，證明其含一胚與「髓」（吾人之胚乳）。彼用子葉之數以分類。單子葉植物與雙子葉植物之名，卽彼所首創也。在其植物誌中，除分類外，尙列舉當時形態學解剖學與生理學研究之結果，其描寫記載詳確而有創見。且有屬之觀念焉。在一六九〇年，其所著之英國植物略誌（*Synopsis methodica stirpium Britannicarum*）出版，亦爲一時所宗尙。同時德國植物學家鬱文納司（*Rivinus*）則反對雷氏之分類法，另創一系統，以花冠爲根據。至十七世紀之末，法國植物學家童賴和（*Tournefort*）亦以花冠爲基礎，而創造一人爲分類系統焉。

至一七〇七年，世稱爲最大之分類學家林奈（*Carl Linne*）乃誕生於瑞典。至二十三歲，遂爲龍德大學（*University of Lund*）植物園長。在一七三二至一七三八年間，彼乃旅行於拉伯蘭荷蘭、英國與法國，最後回至斯德哥爾摩（*Stockholm*）而行醫。至一七四一年被命爲屋布塞那大學

(University of Upsala) 植物學教授。居斯席也垂四十年。其關於植物學之最重要著作有自然界系統 (Systema Naturae) 植物學之基礎 (Fundamenta Botanica) 植物誌屬 (Genera Plantarum) 植物誌區 (Classes Plantarum) 植物哲學 (Philosophia Botanica) 植物誌 (Species Plantarum) 等書。林奈之特殊性質，在其描寫植物與分類之能力。彼挈取昔人之所長融會貫通之，以成爲一代之偉著。但其分類之方法，則全屬人爲者，足以供一時分類之便利，然絕對不能表示植物真正之關係。彼亦自知其分類法之不當，在其晚年所著之植物哲學中，曾欲另立一新系統，已不及觀其成矣。林奈之大功在其用精到之原理以分別設立屬與種，以爲後來進步之基礎。裕蘇 (De Jussieu) 與德康多 (De Candolle) 皆食其賜者也。其用雙名法 (binomial nomenclature) 實爲後世開大方便門，惟此法肇始於希臘之德阿夫拉司達士，不得謂爲林奈所創耳。

林奈於解剖學知之甚少，亦未嘗有任何重要貢獻。其對於天演及血統之觀念，可謂絕無。以爲無論高等或下等植物皆自始以來創造若是，其種數若干皆有一定，以後亦無新種發生；偶因雜交而生變種，亦例外之事耳。以此觀之，其貢獻全在分類與描寫之能力。其最著名之分類系統，不但於

自然分類法無所貢獻，且爲阻止其進步之主因焉。林奈分類系統，通稱爲生殖器官系統，實則不盡然。彼其分植物爲二十四門。前十門以小蕊之數區分。自一小蕊起至十小蕊止。十一門則有十二小蕊。十二門則有十二以上之小蕊附生於花萼上。十三門有十二以上之小蕊附生於花托上。十四門有二長二短小蕊。十五門有四長二短小蕊。十六門則小蕊之花絲結合。十七門花絲結合成兩組。十八門花絲結合成數組。十九門小蕊之花藥結合。二十門小蕊與花柱結合。二十一門大小蕊花同株。二十二門大小蕊花異株。二十三門單性花與兩性花雜生。二十四門則爲隱花植物，包括一切無大蕊之植物自蕨類石松類等以下，甚且包括林奈未能發見小蕊與心皮之顯花植物如無花果之類焉。此種分類法大背血統關係之所指示，自無待言。每每將關係懸殊者歸爲一門，關係密切者歸入數區。試按今日通行之分類系統一檢查之，即可見其悖謬。然一時爲世所宗尙者，則由於其分類法極簡單，便於檢索故也。

在十八世紀之下半期，分類學無甚進步。林奈之分類系統，瑞典德國英國皆盛行之。但在法國則不流行，而雷之分類法頗見稱述。至一七八九年裕蘇 (Antoine de Jussieu) 刊布其植物誌屬

創一分類系統，頗師其意。彼分植物爲無子葉植物，單子葉植物，與雙子葉植物。無子葉植物包括隱花植物與顯花植物之茨藻科之類。單子葉植物分爲三門。雙子葉植物分爲十一門。皆以小蕊與花瓣之爲上位下位周位爲根據。十五門再分爲一百餘科云。

至十八世紀初年瑞士德康多父子出，分類學乃有一新進步。父爲奧古士德康多 (Augustin Pyramus de Candolle)，修改裕蘇之分類系統，按其所發現之新原則，而立一新系統。在其一八一三年所刊行之植物學之原理 (Theorie élémentaire de la botanique) 書中，彼首先證明形態學爲分類學之關鍵，生理學不但無用，且易引人入迷途。繼乃說明器官等稱 (symmetry of organs) 之學說，以爲研求各種植物之關係之困難，由於器官之失去與退化，或此種器官之一部附生於他種器官之一部之上；自然分類之巧妙即在尋得等稱之方案云。德氏曾發表二分類系統。其一在一八一五年刊布，一在一八一九年刊布。在第一次刊布之分類系統，彼取法裕蘇分植物爲單子葉雙子葉無子葉三大區。在區以下之區分，則有新意。故雙子葉植物則按花瓣連合之程度與其與子房位置之關係而分爲若干系。第一系包括花瓣分離而下位之植物。第二系包括花瓣結合而周位之

植物。單子葉植物分爲顯花與隱花兩系，無子葉植物分爲有葉有屬性與無葉無屬性兩系。四年之後，其發表之新分類系統，則根本與此不同。初分植物爲維管束或有子葉植物，與細胞或無子葉植物。繼又分有子葉植物爲外長莖植物 (*Exogene* 卽雙子葉植物) 與內長莖植物 (*Endogene* 卽單子葉植物)。又分外長莖植物如下：

(甲) 有花萼與花冠……………二重花被系 (*Dichlamydeae*)

1. 花瓣分離而下位……………托狀花亞系 (*Thalamiflorae*)

2. 花瓣分離而上位……………萼狀花亞系 (*Calyciflorae*)

3. 花瓣結合……………管狀花亞系 (*Corolliflorae*)

(乙) 有一層花被……………一重花被系 (*Monochlamydeae*)

內長莖植物尙分爲顯花與隱花兩系。茨藻科與全部之維管束隱花植物，皆歸入此區。此系統自今日觀之，固不足令人滿意。然其外長莖植物之分類今日尙通行之。其大功在一方面反抗通行之林奈分類系統，一方面爲邊沁與斛克爾分類系統所從出也。

此外恩德立些 (Endlicher) 在一八三六年創一新分類系統，其所根據之原理，完全錯誤，故迄未通行。勃郎尼亞 (Brongniart) 在一八二八年所創之分類系統則較爲進步。彼分植物爲三大支：一爲無性植物 (Agame) 包括藻類菌類與地衣，蓋當時此類植物之性器官尙未發見也。二爲隱花植物。三爲顯花植物，包括裸子植物，單子葉植物與雙子葉植物。將裸子植物自雙子葉植物中分出，實勃氏系統之優點也。大園藝學家與分類學家林德賴 (Tindley) 在其一八四六年刊行之偉著植物界 (The Vegetable Kingdom) 書中，曾發表其最後之分類系統，認生理性質較形態性質於分類學爲重要。分植物爲有性或無花，與無性或無花兩大支。無性植物分爲扁體植物 (thallogens) 與頂生植物 (acrogens)，有性植物分爲根生植物 (rhizogens)，內長莖植物，網脈植物 (dictyogens)，裸子植物 (gymnogens)，與外長莖植物。根生植物包括一切絕無關係之寄生植物。網脈植物僅包括少數單子葉植物之有網狀脈者。外長莖植物又分爲單性 (diclinous) 與兩性 (hermaphrodite) 兩類。後者又分爲下位花上位花與周位花各部。無怪薩格斯稱其分類系統爲最不幸之舉動也。

奧古士德康多之子阿方色德康多 (Alphonse de Candolle) 爲主纂植物誌長編 (*Prodromus Systematis naturalis regni vegetabilis*) 之人。在此偉著中，其分類方法與其父之系統大致相合。惟將細胞植物與維管束隱花植物合併，以與顯花植物相對。顯花植物，分爲外長莖植物與內長莖植物。外長莖植物又分爲托狀花植物，莖狀花植物，管狀花植物，與一重花被植物。後者包括蘇鐵植物與松杉植物，此其所短也。

德氏分類系統爲世所景仰者，直至一八六〇年。後乃經邊沁 (George Bentham) 與斛克爾 (Joseph D. Hooker) 所修正之系統取而代之。邊沁生於一八〇〇年。少時即與大植物學家如布朗林德、賴爾與維廉斛克爾 (William Hooker) 諸人善。至一八三〇年乃結識阿方色德康多，而參與植物誌長編之編纂，不久復結識約瑟斛克爾。至一八五四年被邀任邱皇家植物園 (Royal Botanical Garden at Kew) 標本室職，起始編纂各殖民之植物誌。當編纂此類植物誌時，邊沁每遇區分植物屬之困難，因而使之編纂其最大之著作植物誌屬 (*Generum Plantarum*)，此書日後極得斛克爾之助。二氏編纂此書之法，先研究屬與較小之區分，由此尋出其相互間之關係，而歸

成較大之羣。最後綜合成以下之分類系統：

(甲) 雙子葉植物門

1. 離瓣區 (Polypetalae)

(a) 托狀花系 (b) 盤狀花系 (Disciflorae) (c) 蓇狀花系

2. 合瓣區 (Gamopetalae)

(a) 下位花系 (Inferae) (b) 上位花系 (Superae) (c) 二心皮系 (Dicarpelae)

3. 一重花被區 (Monochlamydeae)

(a) 變胚系 (Cycnembryae) (b) 多胚珠水生系 (Multiovulatae aquaticae)

(c) 多胚珠陸生系 (Multiovulatae terrestres) (d) 微胚系 (Microembryae)

(e) 瑞香系 (Daphnales) (f) 無被種子系 (Achloramydosporae) (ec) 單性

花系 (Unisexuals) (h) 特異之屬 (Ordines anomali)

(乙) 裸子植物門

(丙)單子葉植物門

- (a) 微子系 (Microspermae) (b) 周位花系 (Epigynae) (c) 花冠花系 (Coro-
nariæ) (d) 花萼花系 (Calyceinæ) (e) 裸花系 (Nudifloræ) (f) 離心皮系
(Apocarpæ) (g) 穎花系 (Glumaceæ)

此分類系統在立一盤狀花系於德康多之托狀花系與萼狀花系之間，與一重花被區中各系之重新排列。其短處在置裸子植物於單子葉雙子葉植物之間，在使有關係之植物，僅以水生陸生習性之不同，而置諸兩系，與植物之具單性花者歸為一系也。又此書刊布雖在一八六三與一八八〇年之間，其中毫無天演學說之表現。蓋邊沁亦深信種不變易者。雖至一八七三年以後，漸信達爾文學說之不誤，然已不及修正其植物誌屬矣。

此外十九世紀之末，亦有數人創造分類系統。在一八九一年，突芮鉢 (Trenb) 發現在澳洲之木麻黃 (Casuarina) 屬中，其花粉管不從珠孔而從合點穿入胚珠。艾希勒 (Eichler) 邊分被子植物為合點受精區 (Chalazogamæ) 與頂端受精區 (Acrogamæ) 但後經那瓦新 (Nawaschin)

與本森 (Benson) 在樺木胡桃等屬中發現同樣合點受精之現象，此分類系統遂不成立。在一八九八年樊梯幹創一特殊之人爲系統，以根之解剖與花冠之某種性質以及種子發達之程度爲根據。此系統初無贊助之者。直至恩格勒分類系統出，邊解二氏之系統始被取而代之矣。

恩氏系統關於種子植物之分類如下：

(甲) 裸子植物

(乙) 被子植物

(1) 單子葉植物區

(2) 雙子葉植物區

(a) 原始花被亞區 (Archichlamydeæ)

(b) 變形花被亞區 (Metachlamydeæ) (即合瓣亞區)

恩氏系統與邊沁斛克爾系統之異點：(1) 在將裸子植物置之被子植物之前，與被子植物處於相對之地位。(2) 在以單子葉植物置之雙子葉植物之前，認爲較爲原始。(3) 以離瓣區與一重

花被區合爲原始花被區，而以一重花被區各科置之於毛茛科之前。認爲較爲原始。將裸子植物置之被子植物之前，乃恩氏系統之優點。其以單子葉植物較雙子葉植物爲原始，及以一重花被區各科較毛茛科爲原始之主張，近來以古代植物學之研究，漸漸爲人所否認。在一八六八年，加魯脫士 (Carruthers) 於中生代化石植物中發現一種植物名爲本勒蘇鐵 (Bennettiales)。其莖部構造與蘇鐵相似，性較簡單。其生殖器官生在側生枝上，爲一凸起之花托；外生有若干苞片，中包多數有長柄之種子；種子間另有隔離之鱗片，其頂端較厚，將種子完全包圍；其種子具二子葉，無胚乳。至一八九九年，美國植物學家維蘭德 (Wieland) 在達柯塔之中生代地層中之蘇鐵類化石中發現其小蕊；在一九〇一年，發現其小蕊與前此發現之心皮叢生一花內。於是一蘇鐵類植物乃有一具兩性之花。其小蕊數約二十餘，成一輪排列，生於心皮叢之下，基部連合成杯狀。每一小蕊爲一羽狀之葉，每一分部，上生兩行連合藥囊。全花爲數輪有毛之花被片所包。此羽狀小孢子葉，僉謂即小蕊。但林尼耶 (Lignier) 認種子間之鱗片爲變形之葉。每一有柄之種子，爲一大孢子葉之由發源於種子間鱗片之葉腋具一葉之芽中發生者。但他人僉謂此花托上所生之器官皆具葉之性質，全部構造

等於一花。自維蘭德發明本勒蘇鐵之兩性花之後，一般古代植物學家形態學家與分類學家皆信中生代之蘇鐵植物與被子植物之關係密切；而阿倍爾 (Arber) 與巴金 (Parkin) 在一九〇七年刊布之被子植物之起源 (The Origin of the Angiosperms) 文中，稱本勒蘇鐵之花為原花子葉球 (Protostrobilus)，一變而為一懸想之原花，再變而為今日之花如木蘭科所具者。而認毛茛部直接本勒蘇鐵為最原始之被子植物，而一重花被各科為退化而成者。主張恢復邊沁與斛克爾系統，而加以修正，認恩格勒系統為不合於事實也。

恩氏系統。奧國植物學家韋特士坦 (von Wettstein) 亦主張之。韋氏在其植物分類學書中所用之分類系統，大致與恩氏者相同。惟將單子葉植物置之雙子葉植物之後，認沼生部 (Helobia) 之有多數心皮者，出於毛茛部。百合花部，頤花部等，則由沼生部蛻化與退化而成者。蓋不但原始被子植物之花與莖部之構造，與蘇鐵植物相似，即單子葉之現象，雙子葉植物中亦有之。其成因一為兩子葉之連合，一為一子葉之退化；又分散之維管束，亦見於雙子葉植物中；而蕁菜科中之 *Caltha* 且有如單子植物之三出花焉。

韋氏認一重花被系爲最原始之被子植物，單性風媒花在被子植物中爲最原始之狀態。以一重花被之小蕊花其小蕊與花被片相對者，爲小蕊花序每苞片中具一小蕊者退化而成。繼而小蕊之數增加，繼而一部分之小蕊變爲花瓣。大蕊花彼亦認爲由大蕊花序退化而成。至於兩性花彼以爲由於無花被之大蕊花偶然發生於小蕊花中而成。舉一重花被系中有假花 (*pseudanthia*) 狀花序，花序密生花極簡單中間之花爲大蕊花如大戟 (*Euphorbia*) 者爲例，以爲在過去歷史中，此類退化之現象當較普通云。韋氏對於其理論，加以一種生態學之解釋：以爲小蕊花序退化爲小蕊花爲繼續裸子植物中小蕊花退化之現象，認與因柱頭發達而受精較易，有直接之關係。在此時期，花尙爲風媒者。彼以爲小蕊數目之增加，爲昆蟲採取花粉之結果。花之多生小蕊者，產花粉必多，遂占天擇上之優勝。而兩性花之產生，與一部分小蕊變爲花糖葉或花瓣同時。在一花中偶然兩性器官之連合，足以使傳粉更易，而此性質因之易於遺傳云。

然以事實證之，與韋氏之理論相去殊遠。第一在單性風媒花植物，普通之傾向爲聚集多數小蕊花爲小蕊花序，庶能同時產生多量花粉。若小蕊花序退爲小蕊花，結果將恰相反。二則在風媒花

中，耗費之花粉數量異常之大，昆蟲採取花粉，似不能使小蕊之數增多。三則樺木科山毛櫸科等所有之複雜花如何由單生之小蕊花變成，韋氏初無解釋。四其學說不能解釋如何在一部分原始花被植物中外部之萼片逐漸變爲內部之花瓣。五大蕊偶然發生於小蕊花中之現象，同時發現於多種植物中，似爲不可能之事。六韋氏與恩氏之學說，在現存之植物中，無例可援。除非認大戟科中一重花被之屬爲原始而非退化者。然一般分類學家皆認原始之大戟科植物，爲具兩性花兩重花被與多小蕊者焉。

恩氏韋氏系統，既不能滿人意，加以古代植物上之證據，於是主張毛茛部爲原始被子植物之說又漸盛。阿倍爾與巴金以爲原始之被子植物花，爲單生者，有一長錐形之花托，由下向上生多數螺旋狀排列之花被片小蕊與心皮。小蕊之花絲短，花藥長，藥隔引伸；心皮各各分離，成爲無花柱之子房，各生數個胚珠於邊緣胎座之上；柱頭生於心皮之頂端，多具黏性，或心皮頂端開裂；胚珠直生，有二層珠被；花爲蟲媒者，心皮由腹部裂縫開裂；種子墜落，或爲風所搖落；分枝甚少，葉甚大。

形態學家之主張如是，分類學家之主張亦然。美國白希 (Bailey) 教授之分類法，頗爲特別，茲

列舉如下。

(1) 蘇鐵植物 (Cycadophyta)

(2) 松杉植物 (Conifer phylum)

(3) 有花植物 (Anthophyta) (即被子植物)

(a) 互生葉植物 (Alternifoliae) (即單子葉植物)

(甲) 球狀花區 (Strobiloideae) (花被下位)

澤瀉部 百合花部 天南星部 棕櫚部 禾本部

(乙) 杯狀花區 (Cotylodeae) (花被上位)

水生部 (Hydrates) 鳶尾部 蘭部

(b) 對生葉植物 (Opposifoliae) (即雙子葉植物)

(甲) 球狀離瓣多心皮區 (Strobiloideae-Apoptatae-Polycarpellatae) (花被下位離

瓣)

毛茛部 錦葵部 豬籠草部 金絲桃部 罌粟部 石竹部

(乙) 球狀合瓣多心皮區 (Strobiloidae-Sympetalae-Polycarpellatae) (花被下位合瓣)

柿樹部 龍膽部 花蔥部 玄參部 唇形部

(丙) 杯狀離瓣區 (Cotylloidae-Polypetalae) (花被上位或周位離瓣)

薔薇部 桃金娘部 衛矛部 繖形花部

(丁) 杯狀合瓣區 (Cotylloidae-Sympetalae) (花被上位合瓣)

茜草部 桔梗部 菊部

白氏分類系統之特點，在注重子房與花冠之位置。認由托狀花變為萼狀花更進而為管狀花，乃一般被子植物進化之趨向；而離瓣合瓣並非重要之區別。故以球狀杯狀合瓣各科置之球狀杯狀離瓣各科之後。又將一重花被各科，分入二重花被各科之下，認為退化而成者；而不另立一重花被區。故以三白草科，胡椒科，金粟蘭科，歸入毛茛部；榆科，桑科，蕁麻科，歸入錦葵部；大戟科，水馬齒科，

歸入豬籠草部；馬齒莧科，蕃杏科，楊柳科，商陸科，落葵科，藜科，莧科，蓼科，紫茉莉科，大和草科，歸入石竹部；以木麻黃科，杜仲科，歸入薔薇部；馬兜鈴科，大花草科，歸入桃金娘部；檀香科，山柑科，幌幌木科，槲寄生科，胡桃科，樺木科，山毛櫸科，楊梅科，山茂櫸科，歸入鼠李部焉。

羅策 (Jolsy) 與哈利葉 (Hallier) 亦主張認毛茛部爲原始被子植物，而發源於本勒蘇鐵者。最近郝經生 (J. Hutchinson) 在有花植物誌科 (Families of Flowering Plants) 書中，又修改邊沁斛克爾系統而創一新分類系統。亦認毛茛部一類植物爲最原始之被子植物；惟著重草本木本之分別，認離瓣植物可分爲草本與木本兩大羣；草本者發源於毛茛部，木本者發源於木蘭部。以著重此種區別，乃將通常公認之虎耳草科，分爲數科，草本者爲虎耳草科，歸入虎耳草部；木本者爲繡球科 (Hydrangeaceae)，鼠刺科 (Escalloniaceae) 與蔦科 (Grossulariaceae) 歸入繡球部 (Cunoniaceae)；同時如繖形花部則認爲發源於草本木本兩支云。至一重花被各科，則認爲由二重花被各科退化而成；胡椒部與馬兜鈴部出於毛茛部；藜部，蓼部，出於石竹部；大戟部出於鼠李部；衛矛部，錦葵部等部；胡桃部出於無患子部；木麻黃部，山毛櫸部，楊梅部，楊柳部等皆出於金縷梅部；

合瓣花各科則由離瓣各科蛻化而成，而非另成一派，不過爲便利計仍歸爲一區焉。

上述諸家之認毛茛部爲原始被子植物，印證以近來古代植物學形態學與解剖學之發明，固無可譏議。然諸家皆認被子植物爲一源 (monophyletic) 而非多源 (polyphyletic) 者。故將一重花被各科分入二重花被各部之內，認爲由之退化而成者。因之持反對論者亦有人在。如穗狀花序 (Amentifera) 各科與其他一重花被各科之系統關係，卽難尋得。如魏士 (Wais) 宛咸母 (Wernham) 任德爾 (Rendle) 諸家，卽反對認一切被子植物皆出於毛茛部者也。魏士在一九一一年英國學會報告中以爲不但近代卽在初出現之白堊紀之被子植物，其營養與生殖器官之差異既有如此之大，則此類最高之植物，必出於多源可知也。巴金以爲被子植物一成不變之胚囊與同樣之小蕊，可以證明其出於一源。但宛咸母在一九一二年以爲一源與多源，實爲相對而非絕對之名詞；雖被子植物同出於一源，亦許在未成被子狀況之先，已分爲數支，至少一部分原始花被植物不出於毛茛部一類之植物云。任德爾以爲穗狀花序各科爲較老之被子植物之後裔，與毛茛科之祖先同時或較先。摩司 (Moss) 在一九一四年刊行之岡橋大學英國植物誌中分原始被子

植物爲四亞區：(1)穗狀花序亞區 (Amentiferae)，(2)花瓣亞區 (Petaloidae)，(3)中央種子亞區 (Centrospermae)，(4)異被亞區 (Heterochlamydeae)。亦主張被子植物出於多源者。此種主張似較恩格勒與白希哈利葉郝經生之主張被子植物出於一源之說爲近事實也。

三 隱花植物學之歷史

早年研究自然分類之人，對於下等植物，皆不注意。有時則與不易發現其花之顯花植物歸爲一羣，名之曰隱花植物。細胞植物、無子葉植物等等。分類學家之全副精力，皆費在顯花植物之上。除在十八世紀之末與十九世紀初年偶有發現外，關於菌藻植物、苔蘚植物與蕨類植物之構造與生活史，知之甚僅。在十八世紀初年關於菌類與其發達之狀況，固有少數觀察。但直至將近十九世紀初年之時，關於下等植物尙無成片段之著作。在此時期之前略有發明，皆係關於下等植物有無有性生殖之問題者。

在一八〇三年瑞士神學家倭歇爾 (Vucher) 發現下等綠藻之接合，認爲係一種有性生殖，同等之現象。繼而此現象發現於菌類中。後又有人發現車軸藻、蘚類苔類之精子。赫德偉西 (Hedwig) 爲首先詳究苔類植物之人，嘗謂其精子器、藏卵器等於顯花植物之小蕊與大蕊。在一八四

八年蘇明士忌 (Suminski) 發現同樣之器官於蕨類植物之原葉體之上，在一八四五年杜芮德 (Thuret) 對於褐藻，在一八四六年賴格理 (Ziegler) 對於紅藻及數羣藻類植物之分類，亦皆有所發明。但直至十九世紀中葉，研究隱花植物者始漸盛。何甫邁士脫研究有維管束隱花植物之成績，在形態學歷史中，已詳述之。關於隱花植物之分類，此時對於蕨類植物雖尙用德康多系統，然已有人欲以合理之方法以區分其他各羣。在一八六八年薩格斯在其著名之教科書中分植物爲菌藻植物，車軸藻植物，苔蘚植物，維管束隱花植物，與顯花植物五大支，惟聲稱其分類爲假定之性質。彼未將藻類植物加以更細之分類，但從德巴利之後分菌類爲藻狀菌，皮下菌 (Hypodermi) 卽吾人之鏽菌與黑穗菌，囊子菌與擔子菌。在一八六八年地衣被施完登納 (Schwendener) 諸人證明爲藻類菌類共生之合體。在其教科書之初數版中，薩格斯對於維管束隱花植物之分類，注重異孢現象，而立三大區：一爲蕨區，包括除觀音座蓮科 (Marattiaceae) 外之一切類似蕨之植物，而以觀音座蓮科，瓶爾小草科 (Ophioglossaceae) 與木賊科合爲一區，另加入以二部之半有異孢現象者，卽根莖部 (Rhizocarpaceae) 卽水蕨部 (Hydropteridae) 與石松部是。後來薩格斯將其分類法

大加更變：將菌類與藻類合爲一系，按其生殖器官之異點而更細分之。最低者彼稱之爲原始植物 (Protophyta) 包括所有今日所稱爲裂殖植物 (Schizophyta) 者；第二支爲同形孢子植物 (Zygosporae) 包括以同形之孢子生殖之植物；第三支爲異形孢子植物 (Heterosporae) 包括以雄精與卵生殖之植物；第四支爲蕨孢子植物 (Carpogorae) 包括由受精卵發生一羣蕨孢子之植物，薩氏以車軸藻科置於此支之內。彼對於維管束隱花植物亦從新分類，認異孢現象非區分大區之重要性質；而將根莖部歸入蕨區，將石松科卷柏科與水韭科合爲一羣，稱之爲兩歧分枝區 (Dichotomae) 云。

在一八八〇年葛白爾 (Cochel) 對於維管束隱花植物之分類，有一新主張：即注重其中某某科屬孢子囊發源之處而區分之。彼乃以其孢子囊出於一細胞者稱爲薄孢子囊亞區 (Teliosporangiate)，以其孢子囊出於一羣細胞者爲眞孢子囊亞區 (Eusporangiate)，在今日分類中尚沿用此名詞焉。

在一八八三年艾希勒 (Eichler) 立一新系統：將菌類植物與藻類植物各合爲一亞支，歸入

無葉植物支(Thallophyta)下。而將無葉植物、苔蘚植物(Bryophyta)與蕨類植物(Pteridophyta)合爲隱花植物以與顯花植物相對。恩格勒與白蘭托(Pantl)在一八八七年以次刊行所著之植物自然分科誌(Die natürl. Pflanzen Familien)中，即以艾氏之分類法爲基礎者。在恩氏與吉而格(Cillg.)所著之植物分科誌略(Syllabus der Pflanzenfamilien)書中之分類法，則與艾氏頗異。彼分植物爲十三支：(1)裂殖植物(Schizophyta)包括裂殖菌與藍綠藻；(2)黏菌植物(Phytosarcoidina)；(3)鞭毛藻植物(Hagellate)；(4)雙毛鞭毛藻植物(Dinoflagellate)；在此間而地位之輕重不明者另有矽鞭毛藻(Silicoflagellate)；(5)矽藻植物(Bacillariophyta)；(6)接合藻植物(Conjugatae)；(7)綠藻植物(Chlorophyceae)；(8)車軸藻植物(Charophyta)；(9)褐藻植物(Phaeophyceae)；(10)紅藻植物(Rhodophyceae)；(11)真菌植物(Funmycetes)；(12)無管有胚植物(Embryophyta asiphonogama)內包苔蘚植物與蕨類植物兩亞支；(13)有管有胚植物，卽顯花植物。此精按各大支植物之形態而分類，較薩格斯艾希勒諸人之分類系統爲進矣。韋特士坦則以鞭毛藻一類植物置之植物之前，認爲介乎動植物之間者。而分植物爲七大支：

(1) 黏菌植物；(2) 裂殖植物；(3) 接合孢子植物 (Zygomycota)，包括雙鞭毛藻，矽藻與接合藻；(4) 褐藻植物；(5) 紅藻植物；(6) 眞無葉植物 (Euthallophyta)，包括綠藻與眞菌；(7) 有葉植物 (Cormophyta)，內分二亞支：(a) 藏卵器植物 (Archegoniate)，又分爲苔蘚植物與蕨類植物兩派；(b) 有花植物 (Anthophyta)，內分爲裸子植物與被子植物；其分類輕重之處，雖與恩氏分類系統不同，要非昔人之疏簡可比也。

關於隱花植物形態學之研究，在十九世紀之下半期，以蕨類植物之研究，最有成績。除包偉爾所著產孢子之植物之形態 (Morphology of Spore-bearing Members)，與堪白爾 (Campbell) 所著之苔蘚植物與蕨類植物 (Mosses and Ferns)，葛白爾所著之孢子囊之比較發達 (Comparative Development of Sporangia) 三重要著作外，關於某某屬或某特種器官之解剖之專著發表極多，不勝枚舉。如所謂根莖部之蕨類，其命名初由於認其子囊莖爲由根部產生者，經何甫邁、士脫勃林、咸母白、蘭脫士、突刺士、堡格堪、白爾諸人之研究，證明此等特殊水生植物爲真正之蕨類，因而稱之爲水蕨部；其顯著之異孢現象乃證明爲與石松部相類而無關之平行發達云。關於石松

之原葉體與精子則有脫雷布 (Freb) 布魯希曼 (Bruchman) 與堪白爾費勿爾 (Peterson) 諸人之研究；關於其孢子植物之營養器官，則有士突刺士堡格 葛白爾 諸人之研究；關於水韭則有盧梭甫 (Russow) 華邁爾 (Farmer) 堪白爾 諸人爲精密之研究；關於木賊則有樊梯幹捷勿雷 (Frey) 諸人之研究；關於卷柏則有盧梭甫 德巴利 脫雷布 哈維吉布生 (Harvey-Gibson) 諸人之研究；皆大有所發明者也。

在上述之時期中，關於苔蘚植物，未有同等之研究成績。來特格布 (Teitel) 爲此類研究家之最有名者，在一八六八至一八八六年間曾發表數次蘚植物之研究。華邁爾 則對於此類植物之細胞學大有貢獻，尤以其所發現之中質體爲有興味；蓋中質體爲動物細胞分裂中所必有之細胞器官，而爲大多數高等植物所無者也。勃林咸母 與士達爾 (Stall) 曾研究苔類之絲狀體與精子體由其上發生之法，而京栗次 葛羅夫 (Kienitz-Gerloff) 則闡明其孢子囊之構造焉。

關於藻類植物之解剖與分類，此時期亦有重要之進步。故除阿加德 (Agardh) 之藻類之種屬科 (Species, Genera et Ordines Algarum) 黑勤 (Kützling) 之藻類圖譜外，更有哈維

(Harvey) 之英國藻類植物誌 (Phycologia Britannica) 與澳洲藻類植物誌 (Phycologia Australis) 羅克 (Reinke) 之德國海藻圖譜 德唐立 (De Toni) 之藻類植物誌 (Sylloge Algarnum) 克爾曼 (Kjellmann) 之北冰洋藻類誌 與納本何士脫 (Rabenhorst) 之偉著隱花植物誌 (Kryptogamenflora) 中何克 (Hauck) 所著之海藻部分 皆藻類植物分類之巨著。關於藻類之形態與某羣某屬之生活史 則阿納休格 之藻類觀察 (Observationes Phycologicae) 邦勒 (Bornet) 與杜納 (Thuret) 之偉著藻類雜記 (Notes algologiques) 與藻類研究 (Études phycologiques) 等刊物中皆有之。而一八八一年白陀得 (Berthold) 所刊布其關於褐藻有性生殖之研究 一八八三年希密次 (Schmitz) 所刊布其關於紅藻 Horidæe 之受精之研究 乃貢獻之重要者也。

關於菌類之研究 有德巴利 在一八八一年所刊行之真菌黏菌與細菌之形態與分類 (Morphology and Classification of Fungi, Mycelozoa and Bacteria) 爲菌類研究第一偉著。德氏在此書中指出囊子菌與擔子菌皆出於藻狀菌中之有異形精子者 而逐漸失去其有性生殖者也。白勒非爾德 (Brefeld) 則主張高等菌類出與同形精子菌中之微菌科 認囊子菌之孢子囊爲

無性生殖器官，曾發表甚多之論文以證明其說。但自一八九五年哈勃（Harper）之紅囊菌（*Sphaerollicea*）之研究發表後，白氏之學說遂不能成立。蓋哈勃證明至少一部分簡單之囊子菌有有性生殖也。

在一八七〇至九〇年之間，地衣之爲共生植物之學說完全成立，證明施完登納之說爲不誣。此外關於菌類某屬之研究與藻狀菌裂殖菌黏菌等之生殖現象皆有多量之貢獻，非盡可觀縷焉。

四 古代植物學之歷史

雖古代植物學爲近代發明之科學，然古人未嘗不知化石之存在；不過所知之化石多爲動物，古人是否知有植物化石，則殊無證據焉。至十六世紀之末十七世紀之初，此等研究始肇其端。薛策爾 (Johann Scheuchzer) 在一七〇九年曾刊布一洪水後生物遺體之研究，其中一大蝶螬化石，彼竟認爲洪水時人類之遺骸焉。在十八世紀之末，洪水說始爲大衆所唾棄。至一七九〇年布魯孟巴黑 (Johann Blumenbach) 遂認此類化石爲人類以前之生物。以爲在人類以前，尚有多量之動植物焉。至奠定古代植物學之基礎之人，自當首推布朗尼亞 (Bronn) 彼在一八二八年起始刊布其化石植物史 (Histoire des Végétaux fossiles)。布氏之研究極有統系而周密。彼分地層爲四時期：第一時期之重要植物多爲隱花植物，包含蕨類，鱗木 (Lepidodendron)，與喬木狀木賊等。第二期此類植物則爲現代所無之特種蕨類與松柏植物取而代之。第三時期爲中生代，以蘇

鐵爲最多。第四期則植物與現存者相似。其書祇第一冊與第二冊之一部分之關於鱗木者曾經印行。布氏認鱗木與石松有密切之關係。

英國古代植物學家韋田母 (William) 爲首先研究石炭紀植物之組織之人。德人葛潑特 (Robert Goepfert) 對於斯學有極大之貢獻。其重要著作化石蕨類分類學 (Systema Filicum Fossilium) 刊布於一八三六年。彼在此書中會將現存之蕨類與化石蕨類比較，且繪有極多之精圖。在一八四一年復刊行其化石植物誌屬 (Genera of Fossil Plants)。至一八四五年翁葛爾 (Unger) 刊布化石植物誌略 (Synopsis Plantarum Fossilium)。柯達 (Corda) 刊布其古代植物誌 (Flora der Vorwelt)。葛潑特亦發表其琥珀之研究，翁氏之著作之重要，尤在其分類法。彼在彼時即認定蘇鐵與蕨類植物之關係較與松柏植物爲近。至十九世紀末年威廉生 (Williamson) 空前巨著石炭紀之化石植物 (Fossil Plants of the Coal Measures) 刊布後，石炭紀一般化石之關係乃益明矣。

在十九世紀初年，舍上述諸人之研究外，布朗 (Robert Brown) 亦曾發表一化石石松之研

賓利 (Binney) 爲首先研究封印木 (Sigillaria) 與蘆木 (Calamodendron) 之人。惟彼因其有後生生長，遂認此二屬爲裸子植物。加魯脫士 (Carruthers) 在一八六八年研究化石之木賊與鱗木；並發見本勒蘇鐵 (Bennettites)，認爲與蘇鐵有關之植物。二十年之後，梭母勞白黑 (Solms-Lambach) 在此植物之球果中，發現一雙子葉之胚包藏於一無胚乳之種子中。此類植物後來在美國發現多量，稱爲 Cycadeoidea，其莖部構造與蘇鐵相似，惟較簡單。其全部之形態與解剖經美國古代植物學家維蘭德發明之後，漸證明爲被子植物之始祖矣。

在一八六〇至一八九〇年之間，最著名之古代植物學家，當推英國之威廉生與法國之樂諾德 (Renault)。威廉生與其晚年共同研究者司各得 (Scott) 所發表多量石炭紀化石植物研究專著，其重要等於包偉爾與何甫邁士脫之關於維管束隱花植物之研究。威廉生證明蘆木鱗木封印木雖有後生生長，然非被子植物或裸子植物，而爲維管束隱花植物，因以推翻法國派古代植物學家之主張。彼又將賓利 (Binney) 在一八六六年所發現之海金砂樹 (Tyginodendron) 莖部之解剖，詳加研究，證明其與蕨類之關係，同時亦指示其與蘇鐵相似之處。樂諾德首先研究一種化

石蕨類名楔葉 (*Sphenophyllum*) 者之解剖，後證明其與木賊相近。後彼在一八七四年與格蘭對壘 (*Grand Eury*) 會同研究封印木之解剖。樂氏又研究有最簡之蕨類名為蕨萁蕨 (*Botryopterida*) 及多種類似蕨類之葉，初時認為與觀音座蓮科有關，後證明為蘇鐵蕨之葉者。樂氏復與格蘭對壘研究苛得狄 (*Cordales*)，示知其所具之性質在蘇鐵與松杉植物之間云。

在一九〇四年以前，一般地質學家與古代植物學家皆以為古生代為蕨類植物之時代。僉認已發明之石炭紀之植物，蕨類當占其半數。然至一九〇五年，柴勒教授 (*Prof. Zeiller*) 竟謂在古生代蕨類雖非絕無僅有，然其地位僅屬次要。其意見所以與昔時之主張截然大異者，則由於昔日認為蕨類之植物，今乃證明為一大支種子植物之名為蘇鐵蕨 (*Cycadofilicales*) 或葉子植物 (*pteridosperms*) 故也。

上文曾述及賓利在一八六六年在聖赫倫拿煤礦中發見一化石之樹莖，後稱為阿氏海金砂樹 (*Lyginodendron oldhamium*) 者。此莖在數年之後，經威廉生描寫之。至一八九五年威氏與司各得更為詳盡之描寫，證明其解剖性質與蘇鐵有關，而幼枝則有類似蕨萁之處；後又證明其葉

卽昔日認爲一種蕨類名「楔蕨」(*Sphenopteris Ninghsansi*)者，而其葉柄卽昔日所謂蕨類之葉柄「柄蕨」(*Pachipteris aspera*)者。綜合觀之，此植物乃兼有蘇鐵與蕨類之性質。故至一八九七年波登尼 (*Potoine*) 遂名此類植物爲蘇鐵蕨云。

此類植物之表皮曾經發現具有有柄之腺體，而阿立物爾 (*Olliver*) 與司各得在一九〇三年復發現在威廉生所名爲 *Lagenostoma lomaxi* 之種子之皂斗上亦有同樣之腺體。阿司二氏由此類腺體與其種子柄之維管束內部構造，證明此種子卽蘇鐵蕨之種子。此種子具有蘇鐵種子之性質，有花粉房，中央胚珠心柱等。在類似觀音座蓮之蕨類葉中有眉章囊 (*Orsethodes*) 一屬，其葉之頂端生有六七尖形之小孢子囊。蘇格蘭古代植物學家吉德士敦 (*Kidston*) 在一九〇五年曾將此葉加以精詳之研究，證明其非觀音座蓮之類而爲蘇鐵蕨之小孢子葉。於是證明此植物爲一化石喬木，有顯著之後生組織，其葉柄與葉以及小孢子囊皆與蕨類相似，而大孢子則變爲種子狀。近年古代植物學家對於蘇鐵蕨之研究益加精詳，另有多量之莖葉種子曾經綜合連貫之。此類植物既具蕨類之性質，要當發源於蕨類，自無疑義。然其發源既如是之早，其遠祖亦殊無迹肇可尋，其

中某種之內部構造甚爲簡單，可知其發源於構造簡單之植物；然不得便謂所謂原始蕨類（*Protomphales*）者，卽其祖先，至多可謂簡單蕨類如蕨萁蕨及其近屬，與種子植物之隱花植物遠祖血統較近耳。而其與較高之蕨類相似之處，則或由於平行發達，而非有何形態上之關係也。

綜而論之，近年來關於古代植物學有三項空前之重要發明：（1）爲在下泥盆紀中所發現之具有苔蘚與蕨類之性質之最簡單維管束植物名閩利亞者，由之可知苔蘚植物與蕨類植物蛻嬗之程序。（2）爲蘇鐵蕨之發明，可知種子植物之起源與夫其與蕨類植物之關係。（3）爲本勒蘇鐵之發明，可據以逆揣被子植物之起源。在今日三大天演問題，皆幾近於解決矣。

五 植物生理學之歷史

在十八世紀初年對於植物營養之研究漸有貢獻。物理學家馬利俄德 (Mariotte) 曾著一書名為植物之研究 (Sur le Sujet des Plantes) 在其死後一七一七年出版。在其書中，彼反對昔日亞里士多德派之主張植物吸取現成之養料於土中，而主張植物製造其食物於體內。此亦十七世紀末馬爾辟基 谷魯 諸人所主張者。馬利俄德 對於植物體中液汁之上升，認為由於毛細管作用；而以植物春間芽與其他器官之開展，皆由於上升之液汁之壓力所致。馬氏 亦欲在植物動物之生理中，覓得相同之點。故謂胚乳 等於卵黃，乳汁 等於動脈血，水汁 等於靜脈血。馬氏 以後諸植物學家，下至於雷 皆欲探求植物體中液汁之循環，以擬動物之血液循環。雷且考求植物是否有如動物血管中之舌門以節制液汁之流動。直至發現植物之液汁可使上升下降或旁流，始不再作此種之追求云。

同時另有一生理學家頗有名於世，是爲吳爾夫 (Christian Wolf)。彼研究植物與土壤之關係，發現繼續栽培作物，不外加肥料，則土壤必變爲礫瘠。彼以爲雨將肥料挾入土中，而植物以根吸收之。彼雖贊成馬利俄德毛細管作用之說，同時復主張空氣之膨漲亦爲液汁上升之一因焉。同時復有海爾士 (Stephen Hales) 爲著名之生理學試驗家，生於一六七一年，卒於九十年之後；隱居爲鄉村牧師者凡四十年，暇時輒致意於動植物學之研究。其研究植物生理學之著作稱爲「植物靜力學」 (Vegetable Statics)，刊布於一七二七年。其書完全注重實驗之結果，不作空論。彼曾試驗動物之血液壓力，同時復發明用壓力計試驗植物根壓之力。彼發現植物之根壓有每日之期性，且受溫度變遷之影響。彼見此壓力爲向上而經過木質部者，與動物之血液循環不同，故否認植物中有類似動物血液循環之現象。彼發現植物之葉，蒸發水分。遂試驗比較葉蒸發之水量與根吸收之水量。彼試驗植物在二十四小時之內水分蒸發量之變遷，證明夜間蒸發較少；用比較一定時間吸收與蒸發水分之量，彼因以證明水流上升之速度。彼認水流上升之力，由於春季之根壓與他時之輸導管之毛細管作用云。彼又利用此試驗結果以探討植物與大氣之關係。馬爾辟基雖研究

氣孔之構造，然不知其作用，不知空氣究由根或莖以入植物體中，谷魯亦然，海爾士則略知其功用。第一爲蒸發，再則以爲空氣中有酸質與硫素，被植物吸收，或卽爲植物營養之原料，而葉之重要功用，或卽等於動物之肺，植物或由空氣中吸取一部分之養料云。在空氣之成分未發明之六十年前，而作此語，海氏可謂善於料事者矣。氏又以植物能吸收光，或亦足爲製造養料之助云。

在一七五四年，蘇格蘭之化學家勃辣克（Black）發明彼所謂固定之空氣，後爲拉瓦西亞（Lavoisier）稱爲碳酸。在一七七四年，白立士黎（Priestley）重發明一百年前邁藥（Mayow）所發明後爲拉瓦西亞所改稱之空氣。白氏所刊布之各種空氣之試驗與觀察（Experiments and Observations on Different Kinds of Airs），實開化學與植物生理學之紀元。在此書中，氏曾說明由燃燭而敗壞之空氣，可由植物恢復之，認爲植物能吸收燃燒後之餘物。且云彼審知在五六日之後，強健之植物卽可恢復空氣云。其書之第九卷載有關於植物與呼吸關係之觀察與試驗。聲稱其友人華爾葛（Walker）考得某旅店飲馬之水槽，店主人不肯清潔之，以其內所被有一種植物類之綠色物，能使槽中之水久不敗壞云。白氏發明水中含有植物性之綠色物者能發生養氣，然必

在日光之下，始有此作用云。

白氏之發明，不久即引起重大之結果。在一七三〇年荷蘭植物學家應根好士 (Jean Ingen-Housz) 降生，日後乃為植物生理學之創始者。氏在大學卒業之後，先在荷蘭，後於一七六四年乃往英國行醫。四年之後遂為奧皇之御醫，而旅居維也納。彼之嗜好，在研究純粹科學，故當僑居奧京之時，彼乃數數以論文送至英國皇家學會發表。後為英皇喬治第三御醫，暇時即在其近倫敦之園亭中，研究植物。在一七七九年乃刊布其植物試驗 (Experiments on Vegetables)。應氏據白立士 黎研究之結果，認動植物互相為用；動物呼吸敗壞之空氣，植物能清潔之；而疑植物能吸收汗濁之空氣為養料。後乃自加研究證明植物在日光之下，數小時中即能清潔汗濁之空氣；能將自外吸收之空氣變為養氣，而呼出之於外。養氣之呼出，始於日出之後；日光愈強植物受日光愈盛之時，養氣之呼出愈多；若在陰暗之處，則此作用漸減；且能如動物敗壞空氣；至晚間則呼吸養氣之作用完全停止。此作用惟葉與葉柄為有之，與植物是否有毒或其他性質無關。養氣多由葉之下面呼出，老葉較嫩葉呼出之養氣為多，水生植物較陸生者呼出養氣為多。所有植物在暗中皆能敗壞空氣，尤以

花果根等器官爲甚。日光不藉植物之力不能清潔空氣。植物清潔空氣之程度，視其所得之光之強度，與葉露出於日光之程度等而定。植物用根由土中以吸收水分，用葉以吸收大氣中之炭素，而排棄於彼無用之養氣適以供動物之用云云。此等發明已將光合作用之大致完全證明，不可謂非植物生理學空前之進步也。至一七九六年，應氏復發刊一書名爲植物之營養與地球之生產力 (On the Nutrition of Plants and the Fruitfulness of the Earth)，在此書中彼乃利用化學家拉瓦西亞之結果，而知炭養²爲炭素與養氣之化合物，因之遂瞭然於綠葉在日光中交換氣體之意義，以爲植物之葉在日光中呼出養氣，在日光中與黑暗處皆呼出炭養²。植物將炭素養氣造成酸質油類黏液等，而此類之物與空氣中之硝素結合。後說自是謬誤，然直至五十年之後，始能證明之也。彼雖承認葉能吸收炭養²，但仍信一大部分之炭酸係由根自土中吸來。彼又誤以爲植物在無光之處自炭養²中取用養氣，在日光中則取用其炭素。然即其已發明者觀之，彼已不愧稱爲植物生理學之元勳矣。

與應氏同時者有一瑞士植物學家桑勒比耶 (Senebier)，在一七八二至九〇之八年中間曾

發表數種關於植物營養之著作，彼承認葉爲一般有葉植物主要器官，但甚驚異有少數植物無葉而有綠色之基者，在日光中亦能呼出養氣，蓋不知此作用初與形態無關也。桑氏之結論，大半皆與應氏者相同。彼證明摘下之葉亦能行光合作用，彼又示知在炭素同化作用中主要之物爲光而非熱；必須有炭養²時始有養氣呼出。但誤以爲炭養²之變爲養氣，由於其帶酸性，足以刺激葉之作。用云。彼因而用他種酸以達此光合作用之目的，結果之失敗，自不待言。彼聲稱若水中含炭酸較多，則水生植物呼出養氣亦較多。應氏之結果則適與之相反。桑氏不知養氣出自炭養²，以爲植物在日光中能將硝素變爲養氣，亦能將炭養²氣變爲養氣。彼堅認炭養²之來源爲土中，而根爲吸收之器官。彼且不承認植物在暗中有交換氣體之事。於此可見桑氏之成績非應氏可比也。

在應氏之前，尙有一二人於植物生理學稍有貢獻：一爲德拉貝士 (De la Paise)。彼在一七三五年曾以有色之液汁沃花或剪其枝置之溶液中，以追尋液汁上升之路。一爲芮歇爾 (Reichel)。亦用此法試驗，證明植物之導管輸導水分而不輸導空氣。另一人則爲杜韓墨爾 (Du Hamel)，彼於植物營養無甚貢獻，於植物之感覺，則頗有發明。先是雷已察知豆科植物之葉之期性運動，與夫

植物枝之向日性，而認爲由於溫度之變遷。多達德 (Dolant) 解釋根之向地彎曲與枝之橫地彎曲。由於在根之較濕方面與莖之較乾方面之纖維收縮所致。杜氏則證明向日性之彎曲惟光是賴，而含羞草葉之運動，則與光無關，在暗處亦有之。彼又證明海爾士之說，凡根之長度生長，祇限於頂端云。

在十八世紀中，關於植物之運動，雖無有系統之研究，然頗多片段之觀察。如小蕊之運動，某種無葉植物細胞含有物之流動，某種藍綠藻之絲狀體之顫動等。關於此類現象之解釋，非認爲純粹之物理現象，即認爲「生活力」所致。直至十九世紀初年，植物學家始漸不滿此類之解釋，而另求真原因云。

在十九世紀初年，植物生理學有最大之進步。關於植物營養則以德梭緒 (De Causse) 之功爲多。關於植物之感覺，則推賴德 (Knight) 之成績爲首。德梭緒在其一八〇四年刊布之植物之化學研究 (Recherches chimiques sur la Végétation)，同時用定性與定量方法。氏說明當植物日夜露之大氣中之空氣中，互相更換呼吸養氣與炭養²，植物吸收之養氣，必先變爲炭酸氣，

而呼出時則分解此碳酸氣。植物必須利用一部分碳酸氣之分解，始能同化大氣中之養氣。植物之無綠色之各器官，不能有此呼吸養氣之現象，不能直接或間接同化養氣；但將溶解於有液汁部分中之養氣變為碳酸。至於炭素之來源，氏以為無論栽培於空氣或水中植物，皆吸收大氣中通常所含之炭養²。又以試驗證明，豌豆在含有百分之八炭養²之大氣中，若置之直接日光之下，顯然增加重量。若光不強，則些須炭養²之增加，於其生長反有損害。彼知葉綠素之重要，但誤認他種色素，亦有同等之功效。當彼以紅色紫色之葉之植物為試驗而發現其呼出養氣時，遂謂綠色色素非絕對重要之物。不知此類葉中仍有綠色色素，不過為他種色素所掩耳。彼發現植物在日光之中，通常能同化在呼吸作用中所放之炭養²，故在光合作用進行時此現象不易察覺。彼又證明植物不能吸收炭養氣（CO₂）及他種炭素化合物氣體。彼更證明炭養²與水不在一處則不能分解。此發明之重要，要直至多年之後始為世人所明悉。蓋應根好士尚以為水僅為自根至葉輸送養料之工具，而不知其為製造養料之原料焉。氏又證明無呼吸則不能生長。呼吸愈甚，則生長愈速。而因礦物質缺乏，營養不調時，亦無生長。證明此類礦物質非不潔之物，而為植物營養之主要成分。彼之另一重大貢獻，

卽爲證明植物取硝素於土中非取之於大氣中。但彼誤認此項硝素出於動植物之排泄物或死體。或由此類物體腐敗而成之亞母尼亞化物。彼又證明根所吸收之水量，遠較植物營養所需者爲大。而礦質溶液爲植物所吸收者異常稀薄。但彼不知滲透之原理，故無從解釋其真因。彼又發現植物能吸收溶液中之含有物，無論其爲營養所需者與否焉。

賴德初年之研究係關於液汁之循環者。彼篤信植物之液汁，等於動物之血液，因以爲其間必有循環之現象。雖有應根好士之試驗以證明其真相，彼仍以爲植物之液汁由木質部導管上輸至葉，暴露於日光與空氣中，獲得製造可燃燒之物質之能力後，卽由葉柄中之導管下降至皮部。由之以輸導至植物各部以增加新質而發生第二年之新器官。賴氏且以爲韌皮部導管中有節制植物液汁流動之舌門焉。彼以爲蒸發作用出於葉之下面，而上面乃吸收水分者；大量之水分皆出於髓部之存儲。又謂液汁之上升由於「銀粒」因熱之故，爲有節奏之收縮與膨漲。總而論之，賴氏對於植物營養可謂毫無貢獻。其成績乃在植物感覺之研究。其試驗與結果在今日仍爲人所稱述。但賴氏並不知原形質與其感受與反應刺激之能力，而認感地性與感光性之彎曲，爲彎曲運動之須用。

力學以解釋之者耳。

在一八〇六年賴氏宣讀一論文於英國皇家學會。聲稱當彼研究種子萌發時，發現種子無論如何位置，其幼根必向地心彎曲，而幼芽則取一相反之方向。並謂有人認爲地心吸力所致。彼繼而試驗究竟地心吸力是否有此影響：將發芽之種子，置諸一直立旋轉之輪之邊緣上，使其根取各各不同之方向。頃之即見本取不同方向之各種子之根，一律朝輪盤之外，而幼芽則一律朝內。氏繼而將輪橫置而節制其速度以旋轉之，以觀離心力與地心吸力相互之影響。結果則幼根向下彎十度。幼芽向上彎十度。離心力使之改變其在靜止時之方向八十度。嗣而逐漸減少橫置之輪盤旋轉之速度，幼根乃更向下彎，幼芽更向上彎。若使輪盤每分鐘旋轉不過八十次之時，幼根乃向外下彎四十五度，幼芽則向內彎曲四十五度焉。

賴氏雖有此重要之發明，但不敢承認植物有感覺，而求以力學之理解釋之。其解釋當然不能圓滿。終之不得不承認力學之解釋，雖可加之於根之下降，而不能以明幼芽之上升焉。氏又發現根有感水之性：幾經試驗，發明感水性能抵消感地性。此類試驗結果在一八一〇年發表。其後二年氏

乃發表葡萄與地錦之卷鬚與常春藤之氣根之避光性。其解釋仍爲力學者。彼又發現葡萄之葉必須向投射光線成直角，乃故障礙其彎曲，而見其葉「用種種方法使得對於光之相當位置」云。但彼雖謂非承認植物有運動之能力與有傳導刺激之法不可，終不信植物有感覺與知識。然無論如何，氏終不失爲此項研究之泰斗也。

一八三二年植物分類學大家德康多刊布其植物生理學 (*Physiologie vögeltin*)，其中謬誤不勝枚舉：認根之生長點與根冠能收縮。佐以細胞與導管之收縮力與毛細管作用等將水由細胞間空隙輸送上升。認土壤至少能供給一部分之炭養。認日間上升者爲粗濁液汁，夜間下降者爲精細繁複之液汁。不明瞭儲藏養料與排洩物之異點。認幼細胞有活力等。凡此皆係昔時遺留之謬說，不謂在應根好士與德梭緒之後，尙能出諸大植物學家如德康多之手也。與德康多同時同國之植物生理學家杜突羅些 (*Dutrochet*) 在其一八三七年刊布之研究報告中，頗有重要之發明。彼首先聲稱滲透現象在植物營養中之重要，認春日之液汁流溢之現象，爲由過分之內滲透而生之根壓所致。以爲此現象與普通之蒸發流動不同，後者由於蒸發葉所生之吸力所致。彼又證明植

物之呼吸與動物絕對相同於是將昔時日間呼吸與夜間呼吸之觀念打破杜氏以爲呼吸爲一切生長與運動所必須，而熱之發散，無論足以增加溫度與否，爲一切活動之植物器官之化學作用之必然結果。自從植物體中之化學現象發明，與魏勒爾 (Wöhler) 創製有機化合物之後，生活力之觀念於是完全推翻矣。

同時另有一著名之生理學家，是爲黎必希 (Liebig)，著有一書名爲有機化學與農業與生理學之關係 (Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie)。黎氏所研究者爲土壤成分之性質，與其與植物之關係。其最大貢獻，爲推翻「腐植質學說」。黎氏證明植物不能吸收腐植質，不但不因吸收而減輕之，且增加其量焉。彼又證明，即使植物能吸收此項腐植質，爲量亦甚微，不足以供給其所需之量。而植物所需之炭養²，完全得之空中。彼又聲稱炭養²，亞母尼亞，與水三化合物中所含之原素，足以產生動植物畢生所需之物質；而此三物亦爲其軀體腐敗之化學作用最終之產物。此重要之結論，在十年之後更爲蒲辛高德 (Boussingault) 證實而推廣之。彼證明植物不能利用空中之硝素，而必須取用土壤中之硝酸鹽。植物能生活於含有

硝酸鹽而無腐植質之人工土壤中云。同時威格曼 (Wiegmann) 與鄧爾斯多夫 (Polsdorff) 證明植物灰中所含之礦物質，爲必須之品，全得之於土壤中云。

當黎必希與蒲辛高德研究植物與土壤之正確關係時，另有人研究光合作用之難題。在一八一九年白勒帝耶 (Pelletier) 與加文杜 (Caventon) 首先引用葉綠素一名詞，以稱葉中之綠色素。在一八三四年，化學家仲馬 (Dumas) 首先試驗白色光中之各種光線與光合作用之關係，遽謂葉綠素吸收最多之藍色光線，於光合作用最爲重要。先是布魯士特 (Brewster) 發明葉綠素之酒精溶液具有特殊之分光帶，加以仲馬之擬議，遂使陶本賴 (Danbenny) 在一八三六年用彩色玻璃爲障，使植物生長其後，以觀各種光線之作用；結果發現植物在藍色與紫色光中不能有光合作用，以爲最有功用之光線爲在光帶之黃色部分者。在其同時杜突羅些首先用計算與分析水中植物在日光下所放出之空氣泡，以斷定在各種情形之下炭養之分解之活動。在一八三八年，方穆爾 (von Moell) 開始精研葉綠素器官之性質，證明葉綠素非溶解於細胞液中，而爲各種形狀之綠色黏滑體；且用碘素溶液以證明其中含有澱粉粒。杜拉勃 (Draube) 則直接用葉綠素分光帶之各部分光

線。加之於浸於含有炭養²之水各種植物葉之上，以量養氣計以量其所釋出之養氣之量，證明光合作用以在光帶最亮之處為最大；在藍色紫色或在紅色之熱光線處，皆不能有炭養²分解之現象也。在一八四九至五一年之間，加露（Gareau）曾大舉試驗葉之上下面交換氣體與蒸發水分之比較。白策魯士（Berzelius）在一八三八年，魏笛爾（Verdeil）在一八五一年，曾試取出純粹之葉綠素，結果俱不佳。

至十九世紀下半年期將原形質之性質明瞭之後，知動植物有同樣之生命物質基礎，於是不得不將其營養方法為密切之比較，以考其異同。漸漸認定植物之營養始於較低之層，不但能如動物消化同化食物，且能將空氣與土壤中所含之無機物，變為食物。且又證明植物之原形質亦如動物之原形質，有感覺對於各種刺激有反應。此等反應或與動物所表示者相同，或與之大相逕庭。此類反應通常視兩種要素而定：即植物能從無機物以製造養料與其具有固定之地位與廣布之骨骼是也。

在一八六二年英國化學家格拉漢母（Thomas Graham）刊布其關於膠質物與晶質物

(Colloids and Crystals) 之研究；數年之後突勞伯 (Traube) 應用其發明以研究植物細胞內之滲透之現象，且用一種「人造細胞」以爲一類之試驗。其法用一滴膠質 (gelatine) 溶液加入鞣質酸 (tannic acid) 之溶液中，在二液體相遇之處，有一層膠性之鞣酸膠鹽 (gelatine tannate) 膜發生。膠質溶液經由鞣酸鹽膜吸取水分，以稀釋其中之膠質而將膜膨脹，直至破裂爲止；而另一新膜即在破裂之處發生。突勞伯發現此種膜可被某種溶液通過而拒絕他種溶液，蓋即具半滲透性者。在一八七七年費勿爾 (Pfeffer) 用素燒瓷內面附著半滲透之膜，廣爲研究此滲透現象，彼認此器與植物細胞相似；贊同突勞伯之說認溶液之經過細胞膜與原形質，視鹽類分子之大小與膜之分子間距離之大小而定。彼且估計各種溶液侵入此類細胞後所發生之壓力，示知此類壓力如何使海綿組織保持其膨脹之故。同年德弗雷 (De Vries) 考求各種細胞含有物之滲透價值，證明滲透壓與分子量有關係。德弗雷且發明原形質退縮 (plasmolysis) 現象，對此現象有甚多之貢獻。在一八八四年德弗雷證明滲透結果，不視某物質溶解之重量而視其溶解之分子之數而定。若各項物質所溶解之量等於其分子量，則產生同等之滲透影響。繼而發現此律僅能加之於非金屬之

鹽類於金屬鹽類之甚稀溶液則以其分子有一部分分解之故，其分解之依翁 (Jön) 對於滲透影響與其全分子相同。此理極為重要，蓋根毛所吸收土壤中之礦質溶液皆極稀薄者也。

薩格斯在一八六五年示知土壤中溶液，用滲透方法侵入根毛，由根毛侵入皮層細胞，不但使此類細胞膨脹，且在根中發生一種壓力而迫水與其中溶解之鹽類入木質部導管，於是發生所謂根壓；而傷處之流出液汁之現象亦以釋明。後巴南勒次忌 (Baranetski) 德特麥 (Detmer) 諸人證明根壓有每日與季候之期性云。

在一百五十年前海爾士發現在葉之表面所蒸發之水分，遠較由同等面積之水面蒸發者為少。此後關於此問題別無研究。直至一八六〇年薩格斯始發現細胞間空隙系統與此現象之關係。彼首先證明蒸發為一生理之現象，而受原形質之控制者。彼又示知此作用與根之吸收，尤與所吸收之鹽之性質有密切之關係。二十年後哈勃蘭特 (Haberlandt) 與漢納 (Hönl) 試驗各種生態下之植物所蒸發之水量，尤足證明薩氏之說之真確。因此類研究遂引起氣孔之研究。方穆爾首先發現當氣孔開張時其保護細胞膨脹，氣孔閉合時保護細胞變為柔軟。但彼除聲稱保護細胞膨

脹之變易或由於其中滲透性物質多寡之變易外，別無他項貢獻。至一八八一年施完登納首先細究保護細胞之機械作用，與證明其胞膜不平均之加厚之重要。蓋保護細胞之所以能控制水分之蒸發者，全賴其厚薄不同之細胞膜之物理性質有以使之也。在一八八六年賴特格布 (Teitger) 主張保護細胞之開闔，純爲被動者，主要之機鍵實爲其周圍之表皮細胞；其膨脹與收縮，能壓迫與伸張保護細胞也。至一八九八年弗蘭昔士達爾文 (Francis Darwin) 證明兩說皆有理由。然以保護細胞自身膨脹之變易之影響爲最大。彼著重氣孔之生理作用，認爲對於環境之變易有極靈敏之感覺。其開闔多由於其原形質對於日光水分溫度以及其他刺激之感應有以使之然也。

自海爾十割去樹皮之試驗後，植物生理學家咸信植物體中之液汁由木質部上升。但液汁如何能升至最高之樹頂，尙爲一難於解決之問題，而衆喙紛紜者。海氏信液汁上升由於木質部導管之毛細管作用，吳爾夫則以爲空氣之膨脹亦與有力焉，但不久即見此兩種力量之不足。薩格斯在一八七九年發表一文名爲木之多孔性 (Porosity of Wood)，在此文以及其在一八八二年所刊行之植物生理學講義中，主張液汁之上升，不恃毛細管作用，而賴木質部細胞膜吸水與膨脹之作

用。以爲因蒸發之故，木之上部細胞膜失去少數水分子，因而失去其飽和平衡，乃向其下部之細胞膜吸取水分；下部之細胞因之又失去少數水分子，而更向更下之細胞膜吸取水分；終至於幼根以吸收水分於土壤中。但經艾爾溫 (Eilving) 魏士克 (Vesque) 柯爾 (Kell) 士突刺士堡格諸人用油蠟一類之物浸透木質部之細胞膜使水不能吸收後，見液汁之上升如故。其他之機械論之解釋以試驗證之，皆不成立。至一八八四年，戈德勒夫士忌 (Goldewski) 則謂液汁之上升，由於細胞中之滲透作用。以爲木質部中所含之薄膜細胞之滲透膜，時時變更其滲透性，故一部分薄膜細胞因原形質中之化學變化之故，則以滲透壓之力，液汁被迫而向胞膜之抵抗力薄弱之部分向外滲透，而入導管。既入導管之後，則因其上部之空氣壓力較下部者爲小，液汁因以上升；及至上部，則又爲上部之薄膜細胞所吸收。如此往復，液汁乃得以迅速升達最高之樹頂。戈氏謂其假設能解釋導管與薄膜組織之關係，環紋孔放射形地位之所以能使水能由梯形運動而上升之故，與髓線旁之放射形排列之細胞間空隙之所以能使此類細胞能得因呼吸作用釋放能力所需之空氣之故云。同年衛士脫邁葉 (Westmayer) 亦發表同樣之主張而稍加改變。認薄膜組織爲液汁上升主

要之路，而導管不過爲儲藏液汁之器官。但此類生命學說皆由士突刺士堡格之試驗證明其非。蓋氏曾以高三呎之樹幹，用攝氏九十度之高溫將其細胞盡數殺死，發現其仍能吸收蒸發水分云。至一八九四年狄克生 (Dixon) 與左梨 (Toljy) 第二年阿士肯西 (Akenazy) 先後發表一新學說，認液汁上升，由於水分自身之凝聚力所致，有試驗以證明之；今日關於此問題之學說，當以此爲可信也。

關於礦物之吸收，德蘇緒創一定律認凡每一種鹽類，皆有一定之濃度，適合於根毛之吸收；若過此適中之濃度，則植物吸收較少之鹽與較多之水。後人發現此律不能普遍適合。植物在一含有不等量之多種鹽類之培養基中，其吸收各種鹽類之量不等。於是僉謂植物對於各種鹽類之種類與分量，有選擇之能力。但此說亦不成立。蓋有人發現植物不但能吸收無益於其營養之鹽類，甚且吸收有害之物質焉。黎必希以爲礦物質之吸收，由於根之溶解能力。但此說經一八九六年柴白克 (Czapek) 之試驗證明其非。在十九世紀之末研究此問題者，用兩種方法：一爲沙母何士特馬

(Salm-Horstmar) 在一八六〇年所創者：法用不能溶解之物造成一種人工土壤，再加以有利於

植物營養之可溶解鹽類之溶液。一爲薩格斯與若勃 (Knop) 在一八六〇年所用之水養法。經多數之試驗證明除輕養炭硝四元素外，金屬元素之鉀鈣鐵錳與非金屬元素之磷硫矽綠皆爲所有之植物所不可缺者。關於此諸元素之功用，雖有各各之主張，但全不能絕對證實。即以鐵論，格力士 (Lillie) 在一八四三年證明鐵與葉綠素之造成有關，於是有人謂鐵爲葉綠素中之一成分。後經分析證明其非。至今日尙不知其有何功用。關於其他元素亦然，或每一元素同時有多種作用。而與植物之原形質皆有牽互之關係焉。

關於硝素之吸收，在一八六一年首由蒲辛高德證明植物不能吸收空氣中之硝素，而必取諸土壤。土壤中硝酸與亞母尼亞之鹽類。英國之羅士 (Lawes) 與吉而伯特 (Gilbert) 爲同樣之研究。羅士早年在羅森士特 (Rothamsted) 研究肥料之價值。至一八四三年乃約吉氏與之一同研究。至五十八年之久。二人曾發刊一百餘研究報告。先是黎必希以爲每種作物在土中吸取少量之礦質，土壤中重要礦質之最少量爲作物成功或失敗之關鍵。故加肥只須加礦物質。至於炭素與硝素則植物全取諸大氣中云。經數次試驗之後，吉氏不得不反對其說而贊成蒲氏之主張。在一八六一年羅士

與吉而伯特在皇家學會哲學叢刊中發表一專著名爲植物體中硝素之來源與植物吸收遊離或化合之硝素之問題 (The Sources of Nitrogen of Vegetation; with special reference to the question whether plants assimilate free or combined nitrogen) 在此專著中二氏之結論與蒲氏者吻合。同時聲明豆科植物在同等化合硝素之供給狀況之下，較禾本科植物取得硝素爲多，認爲更應加以詳細研究云。

在三百年前柯達士即發現豆科植物之根瘤，然在此長時期中迄無人對於此類似病理之生長略加研究，直至羅吉二氏始重行提及。後法國化學家白德羅 (Berthelot) 在一八七六年發現植物雖不能直接吸收大氣中之硝素，土壤中嘗有固定大氣中硝素之作用。空氣中之硝素亦因大氣中之靜電作用而有少量之固定。至一八八五年彼以爲土壤中硝素之固定，由於微生物之作用。翌年赫爾雷格 (Hellriegel) 與威而華士 (Willfarth) 證明豆科植物根瘤之構成，與此類植物吸收硝素有關係。此種根瘤在一八八七年經華德 (Marshall Ward) 證明係由於一種微生物自土中由根毛侵入使皮層細胞增大所致。翌年白葉令克 (Kofjennick) 分出此種微生物，名之爲根瘤桿

菌 (*Bacillus radiicola*)。此微生物之全部生活史，在一八九九年經多桑女士 (*Miss Dawson*) 在華德之實驗室中研究明晰。

同時有數人繼白德羅之後，研究土壤中細菌固定大氣中硝素之現象。以文羅格拉德士忌 (*Wingradski*) 之貢獻為最大。在羅森士特農事試驗場之華倫頓 (*Warrington*) 亦有重要之貢獻。華氏證明硝化微生物之活動，每被有機養料所妨害。文氏因而用曾經殺生之硫酸化亞母尼亞磷酸鉀與鹼性碳酸鎂之溶液以培養此類細菌。彼發現在此溶液中所有之亞母尼亞概變為硝酸鹽。而此溶液中之細菌羣體，無論置於何種含有亞母尼亞之溶液中，皆能使之從速硝化。文氏又發現硝化有二步驟：先由亞母尼亞變為亞硝酸鹽，繼由亞硝酸鹽變為硝酸鹽。後又經證明，在此作用中有兩種細菌：一種變亞母尼亞為亞硝酸鹽，一種變亞硝酸鹽為硝酸鹽。此兩種細菌皆由空氣中之炭養²取得養素。此種建設代謝與光與葉綠素無關，遂稱之為化合作用 (*chemosynthesis*)，以與光合作用相對。其化合能則得自亞母尼亞之養化也。文氏又研究鐵細菌與硫磺細菌之營養。此種硫磺細菌 (*Repsinton*) 生於含有硫酸²之水中。其合作用之能力出於硫素之養化。此種不

需光合作用之營養，可推測太古時代地球上生命起源之問題焉。

在一八五九年以後，薩格斯對於植物生理學之試驗貢獻極多。彼示知無色素之葉綠粒，可在暗處產生，但必在日光之下，方能變為綠色。而光不須甚強，強光反能障礙色素之發達。在一八六〇年，彼創造一種量光器 (diaphanoscope)，以測光線穿入各種不等厚之植物組織之強度，發現光能穿入不透明之植物組織。彼且示知某某種光線穿入植物組織最深，考得綠葉之分光帶與葉綠素之酒精溶液之分光帶相同云。同年弗朗米 (Franz) 將葉綠素之酒精溶液加以以脫與鹽酸而震撼之，得一藍綠色之酒精鹽酸溶液，與一黃色以脫溶液。彼稱藍綠色之色素為葉藍素 (phyllocyanin)，黃色素為葉黃素 (phyloxanthin)。在一八六二至六三年薩格斯發表多數論文討論葉綠粒之構造與其中澱粉粒之發源，示知澱粉之造成與光有密切之關係，認為葉綠素同化作。用之產物。澱粉後乃變為葡萄糖糊精蔗糖等以輸至其他部分以供營養之用，或重變為澱粉，而存儲於其他器官中。彼又討論葉綠素之物理與化學性質，重證明鐵為造成葉綠素所不可少之物。

在一八六四年司托克士 (Stokes) 發表一文討論葉綠素之性質，示知葉綠素含有兩種綠色

與兩種黃色色素，前者發螢光，後者無之。不但陸生植物之葉綠素如此，即褐藻之葉綠素亦如此，惟在褐藻中，有一種綠色色素爲藻綠素 (chlorofucin)，一種黃色色素爲藻黃素 (fucoxanthin) 云。

同年薩格斯證明晚間葉中之澱粉消失，至日間又復出現，即在陰處澱粉亦能消失。彼又研究溫度之變遷與生葉綠素之關係，斷定各類植物所需之最適宜溫度，證明在黃赤色光線之下化學作用最大云。

在一八六八年柏克羅 (Bequerel) 首先研究葉之能力關係。估計約日光能力二百五十分之一，存儲於葉中爲儲能。此估計後經多人之修正。同年蒲辛高德以植物生長於純粹之炭養²及與中性氣體如硝素輕氣之類者之中，結果發現若只有炭養²則養氣之呼出完全停止；彼認此現象非由於養氣之缺乏而由於炭養²之過於濃厚；蓋若稀釋之以中性氣體，炭素同化之作用即進行如前也。彼否認德蘇緒植物呼出硝素之說。證明吸收之炭養²與呼出之養氣體量相若。彼主張氣體之交換不由氣孔而由角質層，此則大謬不然者。

在一八七〇年裴耶爾 (Bayer)發表一文極爲重要。先是布特勒羅夫 (Butlerow)在一八六

一年發明在鹼性之基中之蟻醛凝厚物若加以熱，可變爲一具有糖之性質之物。裴氏因謂昔人認糖與其相關之物在植物體中造成之先，由綠葉藉日光之力將炭養 $\frac{1}{2}$ 減去一部分養氣原子，再合成糖。在其中間之過程則有造成之各種酸如蟻酸、蔞酸、鞣酸等。照此說則當植物葉置諸強烈之日光之下，應積有多量之酸，逐漸而變爲糖。但并未發現此類情形。糖與澱粉等物隨時可以製造，而酸之有無，視植物之種類、年齡及某種器官而定。故糖直接由炭養 $\frac{1}{2}$ 造成之說，較爲可信。布特勒羅夫之發明，尤爲此事之關鍵。葉綠素與血紅素 (haemoglobin) 相似之處，久有人指出。或者二物皆能與炭養 $\frac{1}{2}$ 化合。當日光射於爲炭養 $\frac{1}{2}$ 所包圍之葉綠素上之時，炭養 $\frac{1}{2}$ 分裂爲養氣與炭養氣，前者釋出，後者與葉綠素連合。炭養氣若與輕氣化合，則得蟻醛，如以下之方程式： $CO + H_2 \rightarrow HCOH$ 。蟻醛經細胞質及鹼性物之作用，即可合而成糖。若按他說，則成糖必不若是之易也。云云。此學說曾經數人修改，亦有反對之者，但未爲人所重視。亦無人另立他說以解釋此現象。直至近年，始知其學說之重要焉。

在一八六九至七一年間有二著名之植物生理學家對於光合作用有重要之貢獻，是爲費勿

爾 (Pfeffer) 與狄密芮亞攝夫 (Timinazet) 費氏所試驗者爲光帶中各光線對於光合作用之功用。先是德拉勃 (Dirpe) 爲此試驗時有兩種困難，爲須獲得有適當強度而又純粹之光線，薩格斯雙層玻璃罩之法，可用有色溶液以爲光障，但所得之光並非一色者。費氏則用僅收一種光線之溶液，以其結果與經過純潔之水之光線所得之結果相比較，斷定各種光線無論獨立或連合，皆各具有特種分解炭養²之能力；而能力最大者爲在黃色區域之光線。炭素同化之最高點，與光亮之最高點吻合，而在藍紫色區域之可射折之光線比較不重要，暗色之熱光線則殊無用云。

同年 (一八七一年) 羅沫爾 (Lommel) 聲稱炭養²之最大量分解在華朗何佛線 (Fraunhofer lines) B 與 C 之間。狄密芮亞攝夫最初之貢獻在抨擊德拉勃結果之不可恃，蓋彼證明炭養²分解之最大量，與光線最亮之處不能吻合也。

在一八七二年克勞士 (Kraus) 發表其分葉綠素爲葉藍素 (cyanophyllin) 與葉黃素 (xanthophyllin) 之法。法用葉綠素之酒精溶液，加入等量之石腦油 (benzine)，即可分爲兩種色素。但有多人批評其結果，以爲葉綠素爲一種色素，其所以分爲葉藍素與葉黃素者，由於化學變化

使然云。

在一八七五年狄密芮亞攝夫抨擊德拉勃與費勿爾之主張，更以新證據以示知其昔日所主張光合作用中最有效果之光線爲在分光帶B與C線之間者。彼用量養計以量呼出養氣之量，而認薩格斯諸人計算氣泡之法爲不準確云。

此後五年間僅有法國化學家哥狄耶 (Gautier) 所發表之研究較爲重要。彼示知葉綠素中不含鐵，而其化學成分與膽紅素 (bilirubin) 相似。在一八七五年何勃塞勒 (Hoppe-Seyler) 重將葉綠素分析，證明其中無鐵而有鎂云。

在一八七九年勃林咸母 (Pringsheim) 開始發表其研究之結果。彼用一靈視與一傳光器使植物綠色組織在收聚之強烈光線之下，數分鐘之後，即見葉綠素完全毀滅。彼謂此毀壞之結果，非由於高溫度，而由於養氣之存在。彼以爲葉綠素之作用爲保護性之光障，減輕光線損害原形質之力；而以其吸收所謂化學光線之故，乃能節制呼吸。彼又聲稱曾發現一種新化合物具有輕炭類性質者，稱爲淡綠素 (Lypochlorin)，認爲同化作用最初之產物，澱粉及其他化合物由之變化而成。葉

綠素在吸收光之時，即以保護淡綠素使不養化云云。五年之中發表有多數論文討論此問題，有贊成其說者，有反對之者，終之其說不能成立焉。

在一八八〇年辛拔 (A. F. W. Schimper) 發表一研究澱粉之構造與其由葉綠粒中之發源之專刊，證明澱粉可在無綠色素之植物器官中之製粉粒 (amylolysts) 中發生，而此類製粉粒暴露日光之下即可變為葉綠粒。第二年恩格曼 (Engelmann) 研究一種桿菌名為 *Bacterium termo* 之能運動之變種置於在日光下之綠色細胞旁之行爲，發現此種細菌在紅色橙黃色光線下，運動極劇，在綠色光下運動甚弱，在藍光下又較強，在紅外光下運動完全停止。恩氏認此種細菌之運動，由於其對於極少量之養氣皆有銳敏之感覺，且謂可用之以試驗養氣之釋放與分光帶各部分之光合作用能力，此法曾經多人利用之。

有人對斐耶爾之學說，加以非難。以為炭養 2 氣與水皆至難分解之物，且在新鮮之葉中，不能有極少量之炭養氣與遊離輕氣發現。在一八八一年蘭克 (Rank) 以為所分解者非炭養 2 氣與水，而為碳酸氣。此不穩固之化合物若失去一養素分子，即可變為蟻醛，合蟻醛而為葡萄糖焉。

在一八八二年施密次 (Schmitz) 發表其關於葉綠粒之構造與發達之詳細研究。彼反對葉綠粒成網狀之說，謂葉綠素瀰散於葉綠粒之全體。又證明葉綠粒不能自生，必須由已有之葉綠粒分裂而成。翌年辛拔發表一文亦贊成其說。

至一八八四年欒克對於各種光線使綠色細胞分解炭養²一問題有重要之貢獻。彼發明一器具名爲載光帶器 (spectrophone)，法用折光器所發出之光一線射於一大三稜鏡上，而將此光帶投於一以二能移動之板之障上，使二板間留一細縫，可以任意開闔之。用此法可任意取用光帶上某部分之光使之穿過此障。所擇之光線射於障後之兩面凸出之靈視上，而聚集於所試驗之物。於是任何光線皆可用開闔細縫之法而獲得之。欒氏用計算氣泡之法以考得養氣呼出之量。多次試驗之後，斷定光浪長六九〇—六八〇 μ 之光線效力最大，即華朗何佛線 B 與 C 之間者也。彼又證明在光帶易於折光之部分下，並無如恩格曼所稱之第二最高點。

在一八七〇年裴耶爾之學說發表後，遂有多人用蟻醛以培養綠色植物，以波兀尼 (Bokorny) 之結果爲最佳。彼用各種化合物分解後能產生蟻醛者以養水綿藻 (Spirogyra)，能增加其體重。

波氏與他人之試驗證明若以極少量之蟻醛，在立能使之複化之情況之下以養植物，必不致於有毒也。在一八九三年布朗與摩理士 (Morrise) 發表一文，頗引起植物生理學之驚訝。彼等在研究葉中之澱粉酵素時，得一結論認蔗糖為光合作用之最初產物。大部分之光合作用產物皆不成為澱粉云。

蒲辛高德在一八六八年聲稱植物體中氣體之交換不由氣孔而由葉之角質層。在一八六八年勃辣克曼乃用一精巧之器具以重研究此問題，其試驗之結果證明在通常之狀況之下，炭養²氣之出入咸由氣孔。若氣孔堵塞，而氣體之膨脹力甚大之時，少量可透過角質層。但在天然狀況之下，決無此現象也。勃氏指明蒲氏之誤，由於用炭養²太多之故。又示知各種植物葉上氣孔之分布與氣體出入其葉之體量適合。此問題至是乃完全解決。布朗與艾思康勃 (Escombe) 在一九〇〇年示知通常氣孔之距離為其孔口平均直徑之八至十倍，此情形乃與氣體在有孔之膜下瀰散之律吻合，其試驗極為精密。

在十九世紀之末，大眾已承認植物為一種生物，在其體中有極複雜之化學變化而稱之為

營養代謝者。此類變化，又可分爲二大類：一爲建設的 (anabolic)，即造成有機物質與儲藏能力者。一爲消耗的 (katabolic)，即分解有機物質與釋放能力排洩廢物者。建設營養之目的爲造成原形質，消耗營養之結果，即爲生命現象之表現。後又認明建設營養可分爲二期：一爲吸收原料與造成較高之化合物所謂食物者，一爲原形質之吸收此類物質，而有動物生理學家所謂之消化與同化之現象。至於營養代謝之變化，直至十九世紀中葉尙知之不詳。韓士坦在一八六〇年始爲第一步之研究，示知若將形成層以外之組織除去，則在此傷口之上發生不定根，證明下降之養料爲供給此項不定根發生之原料。薩格斯在一八六四年，戈德勒夫士與費勿爾在一八七三年證明光合作用所造成而積儲於葉中之澱粉，不但在晚間即在日間，亦全部或一部化爲糖類運往他處。因之遂有多人起而研究澱粉化爲糖類之方法，結果則發現在大麥葉中有澱粉酵素。又考知澱粉經此酵素之作用變爲麥芽糖。布朗與摩理士在一八九三年聲稱葡萄糖與果糖葉中亦有之，而認爲由於蔗糖經蔗糖酵素 (invertase) 分解所致，且謂蔗糖爲葉中最初造成之糖云。

在一八六〇至八〇年之間復有多人試驗蛋白質之造成與運輸，其中以費勿爾爲最著。彼在

植物下降之液汁中發現硝基化合物 (amino compounds)。萬英士 (Vines) 復在葉中發現蛋白質酵素。植物生理學家此時最究心之另一問題，即爲能溶解之碳水化合物與蛋白質流轉時所取之途徑。薩格斯先以爲皮層爲流轉之途徑。哈勃蘭特則認爲乳汁管。辛拔則認爲維管束鞘。士突刺士堡格諸人則認爲韌皮部之篩管。至於究竟如何流轉，與所憑藉之力爲何，直至十九世紀之末，尙未能確知焉。

同時對於營養作用之產物亦有多人研究。辛拔在一八八〇年，邁葉爾在一八八五年，布朗與摩理士在其後之八年，將澱粉爲儲藏養料之歷史，如其在葉綠粒澱粉粒 (amyloplast) 中之產生，其經酵素作用之分解，及其運輸與重行造成，皆完全研究明晰。邁葉爾在一八九五年乃綜合關於此問題研究之結果，而將前人所未決定之數點闡明之。雖在一般植物中，儲藏之碳水化合物多爲澱粉，然他種碳水化合物如肝糖 (glycogen)，溶解澱粉 (inulin)，甚至蔗糖，亦可取而代之云。至關於含硝素之儲藏物質則知之不如是之詳。然種皮蛋白質 (aleurone) 在一八五五年已經哈迪系 (Hardy) 研究之。此類研究多行之種子中。最初研究者爲何柏塞婁 (Hoppe-Seyler)，後繼者則有

萬英士，吉騰登 (Chittenden)，阿士邦 (Osborne) 諸人。薩格斯在早年研究澱粉時，曾發現脂肪亦為儲藏養料，而研究其成因與結果。雖以化學上之困難，彼仍認定炭水化合物可發源於脂肪，脂肪可發源於炭水化合物。賴格理諸人則謂脂肪為原形質直接之產物，而滑克爾 (Walker) 與奈美曼 (Zimmermann) 在十九世紀之末發見一種脂肪粒 (elaioplasts)，其功用即為分泌油點云。

上文所舉之澱粉酵素係培烟 (Payen) 與勃蘇士 (Persoz) 在一八三三年由發芽之大麥中發現者。在十九世紀之中，遂有多數專家研究此類能使他物變化而自身不受影響之物之行爲；雖大部分之研究皆關於澱粉酵素者，然不久即發現他種酵素。故在一八八七年薩布朗 (Le Clare du Sablon) 在菊芋中取出一種可以變化溶解澱粉之酵素，彼名之曰溶解澱粉酵素 (inulase)，在一八八八年華特 (Marshall Ward) 在一種致百合病菌中分出一種物質能分解細胞膜，彼名之曰纖維質酵素 (cytase)，十年之後布朗與摩理士與他人在多種棕櫚之有纖維質之胚乳之種子中，亦發現此類酵素，後又發現變化蔗糖之蔗糖酵素，與麥芽糖酵素 (maltase)，葡萄糖酵素 (glucose)，乳糖酵素 (lactase) 等。蛋白質亦有胃臟酵素 (pepsin)，胰臟酵素 (trypsin) 等以分解

之脂肪亦有各種脂肪酵素以分解之，不久僉知酵素之爲物在營養代謝中最爲重要，但凡有一種儲藏食物，原形質即能分泌一種酵素變化之，使能滲透細胞膜云。

至於原形質自身之組成，則研究極其困難，然不乏研究之人，以費歇爾 (Emil Fischer) 研究蛋白質之構造之貢獻爲最大。費氏示知動植物之蛋白質，若除去水分皆可變爲氨基酸。氨基酸爲一羣硝素與輕氣原子 (NH₂) 與一羣炭素輕氣養氣原子 (CO₂H) 連合而成者。若除去水分子，所賸者則爲 (CO-NH) 稱爲蛋白質基之結合 (peptide linkage)。各種氨基酸皆爲一至數個硝輕²羣與一至數個炭養²輕羣結合而成。彼能用去水之法，用人工造成多種蛋白質基，各含二個以上之硝基酸。僉謂此即原形質造成之初步云。

在動物體中養氣之吸入與炭養²之呼出之現象，在極早之日，即經認爲與生命現象及能力之消耗有關，但直至十九世紀初年，生理學家對於外部氣體之交換，與組織中實際之化學變化，始加以區別。但動物學家之研究問題較植物學家爲簡單。直至一八三七年杜突羅些 (Dutrochet) 始聲稱在動植物兩界中呼吸作用完全相同，而黎必希在杜氏四年之後，且絕對否認植物有呼吸。

至一八六八年薩格斯在其著名之教科書中始將此問題完全解決，認動植物之呼吸根本相同。惟在植物體中，在日光下之光合作用使植物吸收炭養²較呼出者為多，故呼吸作用為其所掩云。

自此基本理論成立之後，人遂起而研究在組織中實在之化學變化究竟何若，養化作用如何得成。先假定呼吸作用為炭素之養化，乃一種慢性之燃燒。自一八七〇年起植物生理學家對於在不同之溫度與食料等等之情況之下養氣吸入炭養²呼出等問題，發表極多之論文。動物生理學家亦為同樣之研究。彼等示知炭養²之呼出，與養氣之吸入，實為二事。蓋如蛙在無養氣之情形之下，能繼續生存數小時，且呼出炭養²云。而德梭緒在一八〇四年示知仙人掌能吸收養氣而不呼出炭養²。德氏之試驗在一八七四年經德厄倫(Dehérain)重加研究，證明結果此類植物含有大量羧酸，於此可知呼吸作用不僅為簡單之炭素燃燒而已也。

此後之研究逐漸示知呼吸作用與原形質及其成分之不穩固有密切之關係。在一八七五年傅律葛(Pflüger)創原形質有自身分解之能力，其分子吸收養氣因而增加其不穩固性，終至於炸裂。德特麥(Detmer)在一八八三年即引伸此意，以為生物體中之能力，即由於不穩固之最複

雜化合物分解而來，所分解之化合物，後乃養化終成爲水與炭養²氣。此說自巴斯脫 (Pasteur) 研究發酵現象之後，而益可信。彼示知有多種酵母菌及他種微生物可不需養氣而生存，有數種竟不能生存於養氣之中；此類生物彼稱之爲畏養氣 (anaerobic)。何柏塞婁在一八八七年示知腐敗細菌在有養氣與無養氣之情況下，所出產之化合物完全不同；高等植物亦有此種能力。若在無養氣情況下分解糖類結果則產出酒精與炭養²。此等現象證明呼吸與發酵之關係如費勿爾在一八八五年所主張者。費氏主張在一般之呼吸現象糖皆先在無養氣之狀況下，分解爲酒精與炭養²，迨後吸收養氣酒精乃更分解爲炭養²與水云。

吾人關於生長現象之知識，肇始於一八七三年。是年薩格斯主張每一細胞組織或器官皆有最盛之生長期。初期之生長緩慢，其速率逐漸增加，而至一最高度，終乃逐漸減低而至於零。薩格斯對於生長之最高期研求甚詳，且研究在變動之環境情況下生長速率之變動，又主張生長與生長細胞之膨脹有關云。至一八七九年巴南勒資忌 (Bainbridge) 發明生長槓桿計以來，生長現象之研究，更有進步。此器幾經改良乃成今日時計式之生長計 (auxanometer)。又薩格斯與克勞士

(Kuntze) 在一八六五至七〇年之間發表多數論文，對於各種生長組織張力之分布與多汁器官強硬性之保持，皆有基本上之貢獻焉。

至二十世紀初年維爾士台脫 (Willstätter) 與士陀爾 (Stoll) 及其他門徒對於葉綠素之化學成分，有空前之貢獻。其葉綠素之研究 (Untersuchungen über Chlorophyll, Methoden und Ergebnisse) 一書，出版於一九一三年。其多次分析之結果，示知葉綠素實含有四種色素：即葉綠素甲，葉綠素乙，葉黃素，與胡蘿蔔精。葉綠素甲之化學方程式爲炭55輕72養5硝4鎂，呈藍色。葉綠素乙之方程式爲炭55輕70養6硝4鎂，呈純綠或黃綠色。胡蘿蔔精之方程式爲炭40輕56，呈橙紅色。葉黃素之方程式爲炭40輕56養2，呈黃色。無論何種植物之葉綠素，皆爲此等成分。所有之金屬，只有鎂爲其分子。鐵與磷皆不存在。維氏又示知在乾葉之成分中，百分之〇·六爲葉綠素甲，〇·二爲葉綠素乙，〇·〇七至〇·一二爲葉黃素，〇·〇三至〇·〇八爲胡蘿蔔精。此外尚雜有脂肪蠟質等雜質。維氏以爲葉綠素在葉中呈膠質狀態，蓋新鮮葉綠素之吸收分光帶與葉綠素甲之膠質溶液之吸收分光帶相吻合也。

維氏考得綠藻所含之色素與種子植物所含者完全相同，惟成分稍異。而在褐藻中則含上述之四種色素外，另有一種藻黃素 (fucoxanthin)，其方程式爲炭40輕56養6；而其黃色素之成分，俱較在種子植物中爲多云。

維氏又考得若加鹼於葉綠素中，則得葉綠素鹽 (chlorophyllin)，含有鎂，若以葉綠素鹽加以甚濃之酒精鹼質溶液而熱之，則得多種葉素鹽 (phyllins) 皆含有鎂。若再加以酸則鎂分離，而成葉紫素 (porphyrins)。若以酸素加於葉綠素，則得一物名爲植褐素 (phaeophytin)，內不含鎂。若加鹼於此物，則可得一種葉綠酒精 (phytol)。維氏又以爲酒精溶液中有一種酵素，名爲葉綠酵素 (chlorophyllase)，能使葉綠素變爲一類變葉綠酒精 (chlorophyllides)，即昔人誤認爲結晶之葉綠素者。由葉綠素甲而成之酸性植褐素，即爲豆綠色之植綠素 (phytochlorin)。由葉綠素乙而成之酸性植褐素，即爲紅色之植紅素 (phytorhodin)。

維氏繼而討論由葉綠素變成之各物之化學與物理性質，以及胡蘿蔔精及葉黃素之性質。又曾爲多種試驗以考知葉綠素中各成分之分量之差異。一日之中不同時所採之葉所含之葉綠素

之成分與分量初無差異，在陰處與在日光中之葉所含之葉綠素甲與葉綠素乙之分量似無差別，但兩種黃色素之差別以在陰處之葉中爲大。綠色素之全體與黃色素之全體之差別亦然。有多人甚重視血赤素 (Haemoglobin) 與葉綠素化學成分之相似，但維氏殊不重視之云。

最近又有原始葉綠素 (protochlorophyll) 之研究。先是勃林咸母 (Pringsheim) 在一八四七年用酒精浸取黃萎病之幼苗，得一種黃色素，稱之爲黃萎素 (etiolin)。示知黃萎素之分光帶除去爲葉綠素所獨具之吸收帶外，另有一吸收帶在 $\lambda = 640$ 與 $600\mu\mu$ 之間。孟德味德 (Monteverde) 對於黃萎幼苗之酒精浸液，曾爲詳盡之研究。示知勃氏所見之吸收帶，出於一種紅色發螢光平素爲黃色素所掩之色素。黎羅 (Liro) 在一九〇九年示知完全在暗處所生之幼苗，若不暴露於日光中數秒或數分鐘，卽不能呈勃氏光帶。於是斷言所謂黃萎素者爲原始葉綠素與葉綠素混合而成。黎氏對於種子植物葉綠素之造成，曾爲大規模之研究。以爲原始葉綠素爲植物死後由在暗中造成之一種無色之有機物薩格斯所稱爲葉白素 (leucophyll) 者分解而成。黎氏以爲在殺死之細胞中，葉白素分解爲原始葉綠素；在暴露於光後，經光之化學作用而變爲葉綠素。黎氏以爲生存之

葉中所發現之原始葉綠素，亦僅存在於死細胞中而爲由葉白素變成者。

近年德國邇南根大學 (University of Erlangen) 之羅克 (Noack) 博士幾經試驗證明黎氏之說之非。彼示知若在暗處浸取完全生於暗處之玉蜀黍與燕麥之幼苗，則只能得原始葉綠素。若在暗室中紅色光線之下浸取之，則得原始葉綠素與葉綠素。若在試驗室中之散光中，所得則僅爲葉綠素。原始葉綠素受紅色光之影響變爲葉綠素，原始葉綠素減少則葉綠素增加。羅氏證明黎氏之說，認紅色光變原始葉綠素爲葉綠素之效力，較藍色光大二十倍。在日光中原始葉綠素變爲葉綠素甚速。羅氏曾提取極純粹之原始葉綠素，證明其化學成分與動物膽中之一種色素極相近。蓋原始葉綠素非他種物質之分解產物，而爲在暗中構成經光之化合作用而即變爲葉綠素之一種特殊物質也。

近年之研究復證明葉綠素非彌散於葉綠粒中而密集爲一層附於葉綠粒之表面者。葉綠粒之自身，乃一極完固之物體焉。

關於葉綠素之作用，亦有甚多之研究。在白立士黎應根好士之後，有多人研究呼出之養氣與

吸收之炭養氣分量之比較。早年研究此問題之困難，卽在如何使光合作用氣體之交換與呼吸作用氣體之交換分別。最初解決此難題有成效者，爲邦尼葉 (Bonnier) 與芒艮 (Mongin)。彼等之結果示知在呼吸中養氣除炭養₂之數量不及一，在光合作用中養氣除炭養₂之數量過於一。但近年來邦茫二氏之結果曾受馬肯 (Maquenne) 與德慕塞 (De Mausey) 之非難。以爲光合作用之係數幾近於一。雖經多數之試驗，此二種氣體確實體積之關係，尙未證明云。

至於所造成之炭水化合物，薩格斯在一八六二年聲稱澱粉爲光合作用第一種可見之產物。但邁葉在一八八五年證明在多種植物中從不發生澱粉，而產生糖。十年之後布朗與摩理士證明葉中有數種糖，且示知其相互與其與澱粉之關係。至一九一一年巴金 (Parkin) 證明雪點花 (snowdrop) 葉中有葡萄糖與果糖。羅森士特試驗場之大衛士 (Davis) 戴絡 (Daish) 與梭耶 (Sawyer) 不信有麥芽糖，而謂有五炭糖 (pentose)，此則布朗與摩理士所未發現者。故此問題尙爲未解決者焉。

自斐耶發表蟻醛或爲光合作用之第一產物，合六蟻醛爲一葡萄糖，葡萄糖復積累爲澱粉之

意見以來士突刺科緒 (Strickland) 繼而研究葉中之糖，認葡萄糖爲光合作用第一產物，蔗糖則爲自後變成者。大衛士與其同儕則頗懷疑士氏顯微化學法之準確，故在今日尙不能斷定何種六炭糖爲光合作用之第一產物也。

最近數年學者愈信裴耶爾之說，認蟻醛爲光合作用之第一產物。維爾士台脫即持此論。英國白黎 (E. C. C. Baly) 用光浪 $200\mu\mu$ 之紫外光線長時照射於含有炭養 $\frac{2}{2}$ 之水，能產生蟻醛，繼而複化而成糖。白黎以爲在植物葉中或係一葉綠素甲分子與一炭養 $\frac{2}{2}$ 分子化合，此化合物暴露於日光後，即變爲一活動性之蟻醛分子與葉綠素乙。再則以葉之另一作用使葉綠素乙仍變爲葉綠素甲而釋放一養氣分子，或者胡蘿蔔精自身養化成葉黃素時，能使葉綠素乙變爲葉綠素甲，此二黃色素或能吸收充分之光能以釋放養氣云。蟻醛又可與硝酸鉀或亞硝酸鉀之溶液在紫外光下化合而成蟻醛硝酸基酸 (formylhydroxamic acid) 而亞母尼亞亦可與活動性之蟻醛化合。鮑迪系 (Dr. Oskar Baudisch) 且能利用一萬英尺以上之高山之天然日光中紫外光使炭養 $\frac{2}{2}$ 變爲蟻醛而蟻醛變爲蟻醛硝酸基酸。白黎以爲植物光合作用惟一之目的在使炭養 $\frac{2}{2}$ 與水化合而成

爲活動性之蟻醛，其餘變化，皆蟻醛之複化與變化之結果，卽上追至蛋白質之構成亦基於此也。如利維亞樂 (M. J. Calliano) 在植物葉中取出一種酵素與同植物中之支根中取出之電荷鹽 (electrolytes) 化合而置之飽和以炭養₂之水中，在日光之下，能產生糖類；四日之後則糖不見。再將此溶液蒸發至乾，得一種圓顆粒，對於碘起藍色反應。於此觀之，光合作用之第一產物爲蟻醛，殆無疑義；而植物體中之酵素，或亦爲光合作用之要素也。

關於能力與光合之關係亦有重要之研究。克雷士芮 (Kreusler) 在十九世紀之末用量計葉所吸收之炭養₂之數量以計算光合作用之程度。在一九〇五年布朗與艾思康勃亦用此法，以其結果與其由所見增加之乾重量所得之結果相較。當彼發現兩種結果不吻合時彼乃用第一法，而憑吸收之炭養₂之量以計算增加之乾重量。認乾重量之增加與炭水化合物之數量爲正比例。但梭代 (Thoday) 在一九〇九年發現增加之乾重量與增加之炭素化合物之比例大有差異，對於布艾二氏之說遂生疑慮。

蒲留維去 (Puriewich) 在一九一四年曾試驗光合產物燃燒後所生之熱，因以推知葉中能

力之關係。他人亦繼起爲此項試驗，其結果皆與布艾二氏者不合。蓋二氏以爲所有光合產物燃燒所發生之熱可與得之葡萄糖者相比，但事實上證明其不然。

布艾二氏在一九〇五年曾量計光能在一定之時間內落在一定之葉之面積上之數量，用以計算此種能力若干用在光合作用若干用在蒸發與其他作用。用在光合作用者則用炭養？吸收之量，與光合產物燃燒所發之熱量以計算之。用在蒸發作用者，則用蒸發之水量，與在某溫度下一定水量蒸發所需之能力以計算之。二氏所得之結果，證明光合作用所需之能力，爲量極微；有時僅爲百分之零六。蒲留維去所得之數較高，但彼等之結果皆不十分精確也。

又有多人研究不同光浪之各種光線之能力價值。薩格斯、費勿爾、變克狄密、芮亞攝夫、恩格曼諸人之研究前已述及。此問題經匿勃 (Kniel) 與明德爾 (Mindler) 在一九〇九年重行研究，據其所得之結果，苟光之強度相若，則紅色與藍色光線對於光合作用，效果相若。但彼等所用者爲計氣泡之法，故其結果尙不能稱準確，此問題可謂至今日尙未解決也。

至十九世紀之末，大衆已承認無論爲植物或爲動物，對於外來之能見與不能見之刺激皆有

感覺；又承認原形質有感覺刺激之能力，惟在動物則此能力更較在植物爲明顯耳。直至近年，始有人假定植物有感覺細胞或組織，然絕對無司中樞感應之神經系統如動物所具者。又植物雖能運動，然殊無如動物所具之伸縮組織也。

經哈勃蘭特費勿爾波齊 (Bohn) 諸人之研究，吾人可信植物之特種感覺器官如卷鬚者，有哈勃蘭特所稱爲「觸覺孔」「觸覺突起」「刺激毛」等器官。此項器官在食蟲動物與各屬蘭科植物爲最著，蓋與取食與傳粉皆有關係也。

植物對於兩種刺激感覺至爲靈敏，即地心吸力與光是。其基本研究，賴特在十九世紀初年已完成之。至於何物刺激原形質一問題，則至一九〇〇年羅爾 (Noll) 賴默克 (Zemec) 與哈勃蘭特始作答案。彼等以爲凡一反應地心吸力之刺激之器官，皆有感位細胞 (statocyst)。其外層原形質對於澱粉粒之壓力具有敏銳之感覺，因而稱此澱粉粒爲感位粒 (statolith)。哈氏以爲凡具有感位細胞之器官，若在感地性平衡狀態之下，其下面之外細胞質 (ectoplasm) 對於澱粉粒之壓力無甚感覺，至少不至引起感應之運動；若將其平衡地位變更，當澱粉粒墜落在新在下面之外細胞質

上時，則引起一種未習慣之刺激；繼之以感地運動，終至於使恢復平衡狀態爲止。澱粉粒由舊地位換至新地位時，哈氏試得約需時五至二十分之久。此學說大爲人所注意，贊成與反對之者皆有人焉。

關於感光性哈氏在一九〇五年亦有一學說以解釋之。哈氏以爲多種葉之表皮細胞皆具有乳狀突起，能聚光若靈視然。當在感光性平衡狀態之下，光聚於外細胞質之中心，則不至引起反應；若感覺器官與光線所成之角變更時，光線乃射在外細胞質之他處，因而引起刺激，終至引起變動至恢復平衡狀態爲止云。

當含羞草末端之小葉爲加以微熱之鐵絲所觸時，其他小葉皆循次閉合，終至全葉下垂。關於此現象第一比刺激須自最初之一點傳至於其他部分，第二必有使此運動行使之機械略可比擬於動物之神經與伸縮組織者。植物之傳導刺激，較之動物異常遲鈍；在人類神經傳導刺激之速率，爲每秒鐘一百六十英尺；在含羞草傳導速率大約每秒鐘不過四英寸。譚格 (Tangl) 與加丁納 (Gardiner) 諸人多年前即證明鄰接之細胞間有極細之原形質絲連絡之。士突刺士堡格哈勃蘭

特諸人皆以爲刺激卽由此類原形質絲傳導賴默克在二十世紀初年且謂彼在多數長形細胞中皆有此項極細直貫之原形質絲。但哈勃蘭特除在含羞草中外在其他感覺器官中，皆未見有此物。哈氏以爲傳導器官爲在韌皮部左近具有極薄具紋孔之胞膜之長形細胞，而傳導作用完全爲藉水動力者。在一九一六年意大利植物學家利加 (Ricca) 則反對哈氏之說，認爲傳導在木質部不在韌皮部。彼示知在除去皮層之葉柄與在未去皮層者，感應具同等速度。彼曾用巧法使一部分葉柄之組織熱至一五〇度至三十小時之久，發見含羞草之小葉尙能晚間閉合，日間重開；可見此刺激不藉生活部分以傳導。利加以爲細胞液中有某種刺激物同於動物之刺激素 (hormone)，此物由木質部導管傳至運動器官。裴孫 (Boysen) 燕生 (Jensen) 德巴爾 (De Paul) 文德 (Went) 諸人認植物感光運動或亦由傳導特種刺激素有以致之。果然則吾人對於刺激運動之觀念，須完全改變；但以今日所知之結果，尙不足以語此也。

關於生殖生理有一極長之歷史。英國之谷魯爲最先認小蕊爲植物之雄生殖器官之人，認花粉爲授精所需之物，而大多數植物皆具兩性者。雷在其普通植物誌與英國植物誌兩書中，皆祖述

其說然首先試驗此問題者厥爲坎墨納累士 (Camerarius)。彼在一六九四年刊布植物之屬性 (De sexu Plantarum) 一文，具述其試驗將玉蜀黍、蓖麻等植物之小蕊在未釋出花粉之先除去，結果則不結實；彼因而認小蕊爲雄生殖器官，子房與花柱爲雌生殖器官。此說一出，贊成反對者皆有人。但至十八世紀初年植物有屬性之說已爲世所公認矣。

渴雷特爾 (Koelreuter) 在一七六〇年發現花糖之功用，與昆蟲與風對於傳布花粉之關係。彼研究花粉粒，發現其兩重膜與其外膜之花紋；在當時顯微鏡未精美之時而能爲此發明，殊非易事也。彼又發現花粉粒在粘著柱頭若干時之後，卽有物從之外出；彼以爲係油點，認此油點與柱頭分泌之油點連合而下降於花柱與子房中因而引起胚之形成。其最重之成功，則在用人方法將此種植物之花粉傳之於他種植物；試驗結果證明在同種植物異花之花粉可以交配。彼又能以不同種之植物互相交配而產生雜種，首先打發種性固定之說云。

對於花之形態與昆蟲之傳粉之關係，首先研究者爲士勃樂格 (Conrad Sprengel)。彼在一七九五年刊布一書專論此問題，名爲「自然對於花之構造與結實之祕密之揭示」 (Das Ent-

deckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen) 以爲花之各種形態皆與適合於昆蟲傳粉有關，認花之香色所以昭示昆蟲以其所在，花冠之花紋則以告知花糖所儲之地。彼復詳釋花糖腺各種保護之法，謂鱗片與毛足以防雨而不致阻礙昆蟲之探採。彼又察知小蕊與大蕊不同時成熟之現象，與花之各部分之運動，與此種運動之意義，且謂「多種花爲大小蕊異花者，而大小蕊同花之花又多具不同時成熟之大小蕊，可知自然之本意或不欲使任何花自花受精也」云云。蓋其於生殖現象貢獻已不小矣。

布朗關於受精現象與裸子植物生殖器官之研究在植物形態學史中已詳述之。何甫邁士脫士突刺士堡格諸大植物學家關於世代交替與染質體減數分裂之研究，對於生殖作用之形態及意義愈加闡明。而天演論泰斗達爾文 (Charles Darwin) 對於昆蟲傳粉與花之構造之研究，亦有重要之貢獻。其所著蘭科植物得昆蟲傳粉之各種方法 (On the Various Contrivances by which Orchids are Fertilized by Insects) 之一書，適以補士勃變格之不逮。此書除描寫各種蘭科植物爲昆蟲傳粉之方法外，且闡明植物防止自花受精便利異花受精之理，以爲異花受精足

以增加母植物之生殖能力與子植物之強健，此種性質足爲生存競爭之助云。此書在一八六二年刊布。至一八七六年彼復刊布一較大之著作，名爲植物界中異花受精與自花受精之影響（*The Effects of Cross and Self-Fertilization in the Vegetable Kingdom*），翌年又刊布一書名爲同種植物中所具不同之花之形式（*Different Forms of Flowers on Plants of the Same Species*），討論報春花（*Primula*）千屈菜（*Lythrum*）亞麻（*Linum*）酢漿草（*Oxalis*）堇菜（*Viola*）與其他各屬所具之二形三形花之意義。達氏植物知識甚淺，然其貢獻於植物學者則甚大，皆此之類。織達氏而研究花形與昆蟲傳粉之關係者，則有繆勒爾（*Herman Müller*）。直至十九世紀之末祿思（*Knuth*）刊布其花之傳粉（*Handbook of Flower Pollination*）之巨著，將此問題所有之研究結果皆搜採詳備焉。

六 遺傳學與天演論之歷史

天演學說雖肇端於希臘，繼之以後人之研究，如拉馬克之創用不用與習得性遺傳等學說，皆有重大之貢獻；然以多量之實驗證據，使天演學說立於顛撲不破之地位，而影響於全世界之思潮，則爲達氏之功。達氏誕生於一八〇九年，幼時就學成績不佳；其入愛丁堡大學習醫亦未遇良師，未能引起其求學之興趣。嗣以學醫未必有成，彼乃轉至岡橋大學習神學，結果亦不佳。惟與植物學教授亨士羅 (Henslow) 相契，遂訂終身之交。達氏初甚厭惡地質學，亨氏解除其誤會而介紹之於塞齊惟克教授 (Prof. Sedgwick)，因而同之研究，且熟習利爾 (Lyll) 之地質學通論 (Principles of Geology)；此書影響於彼之事業，殊非淺鮮。亨氏不但引導達氏治植物學與地質學，且爲使之在未冠之年，被任爲比谷 (Beagle) 軍艦之博物家，以漫遊世界五年，專心研究以成其學焉。達氏初在此軍艦之時，尙信物種之固定，但有時亦生疑竇；直至歸國之後，證以其研究之所得，始漸信物種之

能變遷焉。

歸國之後，達氏得讀馬爾薩斯 (Malthus) 之人口論 (An Essay on the Principles of Population)，此書於其物競天擇之學說大有影響；蓋生育無限制，則引起人口過剩，人口過剩，則引起生存競爭，而劣者失敗而死亡，在人類如是在一切生物，莫不如是也。達氏之學說，在一八四四年已草就；但彼不發表於世，而在其後十五年中，孜孜搜羅其證據，兼為各種其他之試驗。其用力之勤，惟三數密友知之。直至一八五六年經利爾教授之勸，達氏始著手將其學說著為一書，尙未欲急於刊布也。其時有一年少之建築家華雷士 (Alfred Russel Wallace) 中途改業而往來於巴西馬來羣島一帶探險研究，與達氏時常通函討論生物學各問題。至一八五八年華氏乃將其在馬來羣島森林中沈思所得之結果著為一文名為變種與原種間所呈無限歧異之傾向 (The Tendency of Varieties to Depart Infinitely from the Original Type)，以寄達氏；此文不啻達氏所著之書之提要。此文到後，達氏乃與其至友斛克爾與利爾二人商定將其書之節要，與華氏之文，同於一八五八年六月一日在林奈學會宣讀。其後年餘復刊布其偉著物種由來論 (On the Origin of

Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life) 大旨謂在生物界中有三現象：即遺傳變異與繁殖；後嗣每有肖其祖先之傾向，但其器官與功用與其父母所具者略有變異，而其數每較父母爲多。無限制繁殖之結果則爲生存競爭，競爭激烈則有優良之變異者生存，劣者滅亡。所謂優良之變異，即適宜於環境者也。此書之影響於思想者極大，故赫胥黎以爲舍牛頓之數學原理 (Principia Mathematica) 外，殆無書影響科學界之發展與感動一般思想之速且大可與此書比擬者也。達氏之著作，除此書與關於植物傳粉問題之二書已述之於前者外，關於植物學者尚有攀緣植物之運動與習慣 (Movements and Habits of Climbing Plants) 與植物運動之能力 (Power of Movement in Plants) 二書，關於動物學者則有動物在畜養中所呈之變異 (The Variation of Animals and Plants Under Domestication) 與人類之起源 (Descent of Man) 感情之表現 (Expression of the Emotion) 以及各種研究報告諸書，皆有極重要之價值。其普種學說 (Pangenesis) 即在植物在畜養中所呈之變異第二冊中所創者；蓋達氏不能不承認外境之能影響生殖細胞，乃創是說以解釋之；以爲各

細胞皆能分生所謂普種 (Pan genes) 者代表其遺傳性此種普種皆能輸往生殖細胞以影響其遺傳性；蓋不啻承認環境能間接影響遺傳矣。達氏此說與後來習得性能否遺傳之爭論甚有影響也。

達氏此說頗爲遺傳學家所識，其表弟高爾敦 (Galton) 與德弗雷 (Hugo de Vries) 皆反對之。蓋以近世細胞學之顯微觀察，並不見有所謂普種一物，而細胞中染質體之繁複，間接分裂法與生殖作用所呈之染質體減數分裂法，皆足以證明染質體之重要，而爲遺傳性之物質基礎也。此處可附及高爾敦對於遺傳學之貢獻：卽所謂高爾敦氏遠祖遺傳律 (Galton's Law of ancestral heredity) 是也。此律爲高氏由研究某種獵犬毛色之遺傳之統計而得之結論：卽謂若一個體所得之遺傳爲單位，則其半得之於父母，四分一得之於祖父母與外祖父母，十六分一得之於曾祖父母外曾祖父母等十六人，以此類推是也。

所謂魏斯曼 (Weismann) 之生殖質學說 (germplasm theory) 本在十年前創於耶格爾 (Jaeger) 彼謂所有各種生物之生殖細胞之原形質，在大多數世代中繼續不斷，在胚胎發達過程中由軀體中分出，專留爲此個體成熟後生殖之用。但耶氏之說以胚胎學之事實證之，並不多見。魏

氏之說略加改變，認生殖質亦可變爲普通軀體細胞，但若需要時，亦可因無性生殖方法發生新個體也。魏氏既認生殖質細胞早經分開預留爲生殖之用，則不至受軀體質 (somatoplasm) 之影響；而軀體因受環境之影響而發生之變異，必不能遺傳於後嗣使發生同樣之變異也。

魏氏學說發表十年之後，英國遺傳學者裴德生 (Batson) 始聲稱物種之間非差異連續而爲差異不連續者；若如達氏之說種之形成由於連續之細微變異積累而成，則何以有不連續之現象。荷蘭國植物學家德弗雷 (Hugo de Vries) 在一九〇一年發表其巨著名爲突變論 (Mutation Theory) 則正足解決此問題。彼研究月見草 (*Oenothera lamarckiana*) 有年，以其試驗之結果，乃斷言新變種可突然發生，變異每差別甚大。彼且認變異有兩種：一爲徘徊變異，爲軀體所呈之細微變異，不能遺傳；一爲突變，爲生殖質內部所發生之變異，此種變異每不連續而甚顯著，且發生之後，不再改變云。氏又以爲物種有幼年壯年老年之別，新種初發生之時斯爲幼年；至發生日久種裔繁茂之時，則又能以突變方法發生新種與新變種，是爲物種之壯年；及至年代悠遠，種性固定，但能圖存，不生新種，則爲物種之老年云。德弗雷之說以試驗之證據充分，頗爲人所宗仰。但頗有人疑其

所試驗之月見草係一雜種，故有種性分離之現象，而非真正之突變。邇年經人研究月見草之細胞，發現德氏之突變種以視月見草之原種，皆有染色體之差異，或較原種多一倍染色體，或多一枚或少一枚。後人又考得細微之變異亦有穩定而非徘徊者，蓋由於染色體上因素 (gene) 所生之突變而成。故近人對於突變學說之觀念，與德氏初創其說時所持者略異。蓋變異不論大小，穩定可遺傳者即為突變，不可遺傳者即為徘徊變異，而突變起於染色體數量之騷動者，為染色體突變 (chromosomal mutations)，由於染色體上因素而起者，為因素突變 (gene mutations) 焉。

天演學說自此以後殊鮮進步，而遺傳學則以一人之研究為基礎，至今已蔚為大觀。其人維何，則孟德爾 (Gregor Johann Mendel) 是也。孟氏於一八一二年誕生於奧國之西利亞 (Silesia)，初學神學，繼入維也納大學習科學。一八五三年在布倫 (Brunn) 之僧寺為教師，終為寺長，死於一八八四年。當彼在布倫之時，對於其地之科學社事業極為熱心，曾在其雜誌上發表論文數篇，又在僧寺之花園中為長期之試驗，以觀察豌豆之雜交之遺傳，其結果在一八六五年在布倫學會雜誌 (Journal of Brünn Society) 上發表。但以其為教士而論文發表在一不著名之刊物中，未能引

起一般科學家之注意。直至三十五年之後，在一九〇〇年，此論文始爲德弗雷柯倫士 (Correns)

蔡馬克 (Tschermak) 三人發現。自經此三位學者提倡之後，孟氏之研究乃爲全世界所重視矣。

孟氏爲研究遺傳現象之便利起見，乃選用數種性質不同之豌豆爲其材料。其所用之豌豆有高者，有矮者，有紅花者，有白花者，種子有光皮者，有皺皮者，諸如此類。此各變種若使之同種交配，其所產之後嗣皆與原種相同。孟氏乃選二類之高度顏色種皮等絕異者使之雜交，繼又將其子嗣自花受精以觀其究竟。一次彼選一類高者與矮者相配，結果發現其子嗣全爲高者，可見高之性質乃能掩矮性；孟氏遂稱高性爲顯性 (Dominant)，矮性爲隱性 (Recessive)。彼繼而種此雜種自花受精所生之種子，發現所得之植物乃高矮雜陳者。多數試驗之後，彼乃發現高者之數約三倍於矮者。彼又令此第二代雜種自花受精而收種其種子，結果則其中之矮者純生矮後嗣，累世皆然；其中之高者之三分一繼續產生高後嗣，其餘之三分二高者則產高與矮之後嗣，而得三與一之比例，如第一代所產者然。總括而言，凡具有一對不同之性質之雜種個體雜交，必得三種後嗣：一爲具顯性而繼續產生具顯性之後嗣者，一爲具顯性而產生具顯性與具隱性之後嗣而成三與一之比例者，一

爲具隱性而繼續產生具隱性之後嗣者。孟氏以次試驗至使身具七對性質之品類雜交而核算其結果，乃創一學說，首先承認精細胞含有斷定遺傳性之因素，而每個精細胞祇能含有一種相對之因素；或具長因素，或具短因素，但同時不能含有相對之二因素；此爲其第一律。二因素不能相容，不能相混，但在後嗣軀體中則祇有一因素之性質能表示於外，是爲顯性；此爲其第二律。因素雖有隱有顯，其隱者之個性仍在，迨至下代顯性分離時，則隱性仍表示於外；此爲其第三律。故高與矮，一隱一顯之因素不能相容亦不能相混者也。至第二代之後嗣則全爲高者，顯性表示於外，隱性潛伏於內，而仍保其個性者也。至第三代四分一爲生純具顯性之後嗣，四分二爲生具顯性與隱性成四與一之比之後嗣，四分二爲純具隱性之後嗣者，因素或分離而爲純種，或仍混雜而爲雜種也。一對因素之結果如是，七對因素之結果亦如是。以事實證其理論，則知其確切不移矣。

孟氏之試驗固於遺傳學爲莫大之貢獻，於天演學亦有極大之影響；蓋達氏認物種由於徘徊變異積累而加以天擇而成，德弗雷則以物種由突變而得。自孟氏之學說成立，則知雜交爲發生新種之一要素。蓋若一對因素雜交可得兩品種，十對因素雜交則可得一〇二四品種，若二十對因素

雜交則可得三、四、八、六、七、八、四、四〇一品種。苟再加以因素發生之突變，則品種之繁多，殆不可以億計矣。且孟氏學說與突變學說，足以解釋小變異之無關天擇者之繁多，可以補達爾文學說之闕。可見孟氏研究之貢獻，在天演學說中，不在達氏之下也。

七 植物分布學與生態學之歷史

布朗 (Robert Brown) 在研究植物分類時，曾著論以討論澳洲之植物，而以之與南非洲南美洲及其他南半球地域之植物相比，是為植物分布學之始基。至斛克爾 (J. D. Hooker) 則研究愈精詳。其關於南冰洋塔司曼尼亞 (Tasmania) 紐西蘭非洲澳洲巴西北美洲印度錫蘭各處植物之分布，皆有極重要之貢獻。至德國之杜魯德 (O. Deude) 與恩格勒之繼續刊行世界之植物 (Die Vegetation der Erde) 則斯學已達極鼎盛之日矣。

與植物分布學緊相關切者則有植物生態學。在一八九五年丹麥柯彭哈根大學 University of Copenhagen 瓦明教授 (Prof. Warming) 刊布其植物社會學 (Plantsoamfund) 實為斯學之新紀元。在一八九八年辛拔刊布其生理學之植物地理學 (Plant Geography, upon a Physiological Basis) 於生理的生態學又開一新紀元。斯學近年來在英美兩國最為發達。在英國以丹

士黎 (A. G. Tansley) 與阿立物爾 (F. W. Oliver) 之功爲最大。丹士黎所編纂之巨著英倫三島植物社會之種類 (Types of British Vegetation) 研究英國植物社會，至爲精詳；在他國殆無其比。在美國則以克勒門次 (E. E. Clements) 之貢獻爲最大。繼起而治斯學者，尙日有加焉。

