

高等植物に於ける細胞膜質の消長關係特に木化現象 に關する生理學的研究。第X報。：前言及び總括

藤田, 光
九州帝國大學農學部植物學教室

<https://doi.org/10.15017/20989>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 11 (1), pp.25-44, 1944-07. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利關係：



高等植物に於ける細胞膜質の消長關係特に木化現象に關する生理學的研究。 第X報。

前言及び總括¹⁾

藤 田 光

(昭和十八年十二月五日受理)

前 言

高等植物の發育進捗に伴ひ細胞膜の硬化する事は明かな事實であり、この硬化現象が植物細胞乃至植物體の體制維持に對して、甚だ有意義な役割を果してゐる事も吾人の知る所である。細胞膜の硬化現象は物理的及び化學的變化が相俟つて其硬化能率を高める事に由來するものにして、本現象中には木質化・コルク化・クチクラ化・珪質化・石灰化等の諸現象が包括されてゐる。併しながら既往に於ける硬化現象に關する諸學者の關心も主として木化現象に置かれし如く、木化現象は硬化現象中の最主要な生理現象であると言ふことができる。

木化現象に關する研究は從來組織學的乃至は生理學の見地から諸學者により遂行され、該現象の進行に伴ひ細胞膜の肥厚と同時に諸種の膜質が複雑なる理化學的變化をなすことは普通知られてゐる。又木化現象乃至細胞膜硬化に關係する膜質としては細胞膜構成の主成分たるセルローズの外にペクチン質・ヘミセルローズ及びリグニンが重要であることも一般に認められてゐる。併しながら本現象の經過中に起る之等の主要膜質の量的變化及びこの事に由來する細胞膜乃至組織の硬化度の變化に關する知見は未だ甚だ不完全な域にあり、此邊の消息を明かにする事は純正及び應用生理學の兩見地より見て甚だ重要な研究事項である。

依て著者は之に着眼し、木化現象乃至細胞膜硬化に關係する主要膜質たるペクチン質・ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン或は之等の四膜質の合計を全細胞膜質と見做して夫々の消長並びにそれに由來する硬化度の消長に就て研究を行つた。而してその研究成績は逐次公表し來り更に木化現象を主體とした種々の問題につき鋭意研究を續行中であるが、既往の成績を以て一段落の狀態に達したので一先づ茲に之を總括する事にした。

本研究は九州帝國大學農學部植物學教室に於て額顯教授指導の下に行つたもので、始終懇篤なる指導を賜はりたる同教授及び定量分析操作につき示教を賜はつた森林化學教室西田教授に對し謹みて深厚なる謝意を表する。尙本研究の遂行に當りては日本學術振興會より研究補助金を賜はりたる事を附記して感謝の意を表する。

研究成績の總括

I. 緒 言

高等植物の木化現象は植物純正及び應用生理學の兩見地より見て重要な一生理現象である事

1) 九州帝國大學植物學教室業績 No. 102 本業績は日本學術振興會研究補助金により完成したものであつて、茲に之を記して感謝の意を表する。

は今更贅言を要せざる所である。著者は本現象研究の必要なる事に着目し木化に關係する主要膜質の消長並びに之に由來する組織及び細胞膜の硬化度の消長の研究に没頭し、其成果を第I報乃至第IX報に發表し來れるが(21-29)、之を以て一段落とし茲に一先づ從來の部分的研究を一括し通覽する事にした。

II. 研究成績の通覽

1. 主要細胞膜の定量法

既往に於ける木化現象に關する植物學的研究業績を概觀するに、主として解剖學的乃至顯微化學的方法によつて物され相當の知見が提示されてゐるが、斯る研究法による時は動もすれば抽象的乃至獨斷的結論に陥り易い弊害を伴ふ様に考へられる。故に此種の研究は是非其本現象に關係する主要膜質の消長を對象として行ふべきである。

依て著者は從來木化又は硬化に關係する主要膜質として認められてゐる(4, 57, 64, 72) ペクチン質・ヘミセルローズ・セルローズ及びリグニンの消長を對象として本研究を行ふ事にしたのであるが、それには先づ之等の各膜質の正確なる定量法が必要である。之等の膜質の定量法には從來諸種の方法が行はれ其等の長短に就ては諸學者により論議されてゐるが、生理的研究に於ては供試材料の多少・性質等により必ずしも其儘利用し兼ねる場合があり、又同一試料より之等の膜質を順次に定量するを得ば甚だ好都合である。されば著者は此目的に沿ふため從來の各膜質の定量法を参照し其定量順序を定めたが(第I報, 21)、其要點は次の如くである。

試料をアルコール・ベンゼン混液(1:1)で抽出して該抽出物を除去し殘渣は熱水處理を施して細胞液中に存する可溶性ペクチンを除去し、殘渣は0.5% 蓚酸アンモニア液で處理して細胞膜ペクチンを抽出し、抽出液につきカルシウムペクタート法(10, 58)によりペクチン質を定量する。殘渣はタカジアスターゼで處理して澱粉を除去後2.5% 鹽酸液で水解し、水解液につき葡萄糖を定量してヘミセルローズとする。ヘミセルローズ定量後の殘渣は乾燥・粉末となし、次亞鹽素酸ソーダ法(36)によりセルローズを80% 硫酸法(38, 71)によりリグニンを定量する。而して之等の四種膜質の合計を以て全細胞膜質となすのである。

著者は更に本定量法が有效裡に採用し得るやを問ふべく、發育程度を異にする同一器官(葉・莖)の間乃至は異種器官(葉・莖・根)の間に於ける主要膜質の含量を比較測定してみた(第I報, 21)。その成績によるとペクチン質は同一器官の間では發育の進んだ材料程異種器官の間では葉・莖・根の順序に其含量少かつたが、其他の膜質は逆に多いことが認められ、在來の此種の知見と類似の成績を挙げ得る事が認められた。又各膜質の含有値其物も在來の此種材料に於ける定量値に比較して大同小異と見てよかつた。されば之等の實驗の施行經過乃至は實驗成績より見て、本法は生理學的領域に於ける主要膜質の定量法として信賴して採用し得ると思はれる。

2. 生理學的領域に於ける物質含量の表示法

植物體內物質含量或は其生理作用の程度を測定して比較材料の生理的事情を量的に比較する場合には、その測定結果の表示を合理的ならしめる必要がある。而してこの要求に對しては從來對

生量法・對乾量法・對面積法・對粉末容積法 (43, 44)・對半葉法 (66)・對對生葉法 (11)・對シリチーム法 (67)・對カルチーム法 (67)・對殘乾量法 (54)・對全窒素法 (12) 等の諸法が行はれてゐるが、何れの方法にも一長一短ありて其取舍選擇に關しては諸學者間に異論ありて、表示法に對する關心が近時深められつつある事は注目すべき事實である。されば木化作用の如き生理作用の研究に當りては、之等の諸表示法中その何れを採用すべきかに就ては慎重なる考慮が必要である。併し之等の諸表示法中兩重量法及び對粉末容積法以外のものは主として短期間内の物質含量乃至生理作用の變化研究を目標として提議されたと認められるため、生長・發育の兩現象と相伴ふて進行する木化現象の研究場面には採用できないこと明かである。依て本研究では額顯氏組織粉末法 (43, 44) 及び對乾量法を採用し又生體硬化率の算出上對生量法をも併用したが、細胞膜質の含量表示に兩表示法を採用した理由を茲に明かにしておく義務がある。

今兩表示法の優劣關係を考察して見るに、對乾量法には比較材料に於ける乾物比重の偏差に由來する表示上の誤差を伴ふ缺點ある事は明白であるが (45, 51), 此偏差が大ならざる限り組織粉末法と同一傾向の成績を挙げ得る。一方組織粉末法は理論上合理的にして利用可能の範圍が甚だ廣い長所があるが、操作上正確を期し難しとの理由により未だ必ずしも諸學者に全認されず、又纖維質材料では本法に規定する如き粉末試料の作製が困難のため斯る材料には利用困難なる憾みがある (46)。されば單に一種の表示法による成績を基礎にして獨斷的結論を導くよりは、從來多くの場合に廣く用ひられ來れる對乾量法と組織粉末法とを併用し、其等による成績を基礎として公平なる論議或は結論をなすのが妥當と思はれる。従つて本研究の遂行に當りては之等の兩表示法を採用する事としたのである。

3. 植物組織及び細胞膜の硬化度表示法

植物體の硬化現象は細胞膨壓に由來する非持久的硬化と細胞の理化學的變化に由來する持久的硬化との二種に大別できるが、其内前者は本研究には無關係で後者のみが問題となる。而して此意味に於ける硬化現象は植物體の發育に伴ひ進行し、或は其發育程度により差異ある事は一般に認められてゐる。併し硬化度其物を合理的に表示する良法の確立なく、従つて此種問題に關する知見は極めて貧弱な状態にある。唯應用方面に於ては植物體又は植物組織の硬化を比較する方便として普通硬度なる概念が用ひられてゐるが、これは組織の膨壓又は器械的組織に由來する對壓抗力乃至は植物體の表面に於けるそれを意味するものにして、本研究に於て取扱はんとする硬化度と意味を異るするため不問に附した事勿論である。されば著者は本研究の遂行に當りては先づ硬化の程度を合理的且數量的に表示し得る方法を定める事に腐心した。

所で既往に於ける硬化度の表示法に關する知見に就て見るに、細胞膜の硬化を主體とせるものでは、最も普通には細胞膜の肥厚度の大小で比較する方法・切片をクロログルシン及び鹽酸液で處理し發現せしリグニンの着色反應の大小で比較する所謂顯微化學的方法が採用されてきた。又細胞膜質の相互關係を主體とした方法としては、植物體のリグニン含量の多少による方法・組織維含量の多少による方法・P/H 比 (ヘミセルローズの含量に對すベクテン質含量の割合) の大小による方法 (60, 61) 等が採用されてきた。併し之等は何れも斷片的研究の域にあり、組織及び

細胞膜の硬化度に關する組織的研究の缺除せる憾みがある。

依て著者は硬化現象の主體としての木化現象に關係する主要膜質はペクチン質・ヘミセルローズ・セルローズ及びリグニンであるとされてゐる事 (4, 57, 64, 72)・之等の四膜質中後二者は特に細胞膜の硬化度附與に役立つとされてゐる事 (50)・セルローズは細胞膜の基礎物質と見做し得る事等を考慮し、更に之等の事項と在來の硬化度の表示法の精神とを參照して三種の硬化率なる概念を提議し、之等の指數により組織及び細胞膜の硬化度を表示する事によつて如上の缺を補ふ事を期した (第 III 報參照, 23)。即ち生量に對するセルローズ及びリグニンの合計含量 (%) を生體硬化率となしこの指數により生の狀態の植物組織の硬化度を表示する事にし、乾量或は乾物容積 (組織粉末の假容積) に對するセルローズ及びリグニンの合計含量 (%) 或は mg/cm^3 を乾燥體硬化率となしこの指數により乾燥狀態の植物組織の硬化度を表示する事にし、又全細胞膜質即ちペクチン質・ヘミセルローズ・セルローズ・リグニンの合計含量に對するセルローズ及びリグニンの合計含量 (%) を細胞膜硬化率となしこの指數により細胞膜其物の硬化度を表示する事にした。而して之等の三種の硬化率により少くとも組織及び細胞膜の硬化度を效果的に表示し得る事を表示施行により證明し得た。

4. 葉内セルローズ含量の日變化及び一新表示法としてのセルローズ法

植物體特に葉内に於ける諸種の細胞内容物質の日變化に關する業績は枚舉に遑ないが、細胞膜質のそれに關するものは見當らない様である。唯葉内セルローズ含量は物質代謝現象に關する在來の知見よりして大なる變化なき様に推論する者はあるが (56)、實驗的研究なきは遺憾事である。されば著者は此邊の消息を明かにせんとして本實驗を行つた (第 II 報, 22)。即ち先づフドリコサウ・ダーリア・アヂサキ・アサガホ・ヒマハリの成熟葉を一日中二回或は四回の異なる時刻に採取してセルローズ含量の日變化を比較測定した。此際セルローズ含量は對生量法・對乾量法・對粉末容積法の三表示法を以てしたが、對生量法による成績には明かに水分含量の變化に出來する少なからぬ誤差を含むことを明かにし得たため後二者による成績を採用する事にした。所で其成績によると何れの材料を問はず其日變化は極めて僅少であつた。從つてセルローズを葉内に於ける諸物質の含量又は生理作用の程度を示す爲の對比値として採用する事の合理的なるに氣付いた。

そこでこの表示法をセルローズ法と名づけて、試みにセルローズの日變化の研究に用ひた材料を其儘使用して水分及び乾量の日變化如何を表示して見た。尙此際對セルローズ法と他種の表示法との優劣を問ふべく、水分の日變化は對セルローズ法・對粉末容積法・對生量法・對乾量法等により表示し、乾物のそれは對セルローズ法・對粉末容積法・對生量法等により表示した。

而して其實驗成績によると、先づ含水量は對セルローズ法及び對粉末容積法によつた結果では早朝から午後にかけて漸減し21時頃に至り増加する如き傾向になつて居り、從來知られてゐる知見と相類似の成績を擧げる事が認められた。されば對セルローズ法は此種の場合理論上合理的な表示法と認められる對粉末容積法に比較して見て同等の利用價值があると認める事ができる。所が他種の表示法による成績は大體の傾向は之と同一なるも、或時刻の値が多少ながら過大或は過小に表はれる事が示された。次に乾量の日變化に關する成績を見るに、矢張對セルローズ法及び

對粉末容積法による成績は相類似し、乾物は早朝から 午後又は夜にかけて増加し同化生産物の日變化をさもあるべく表示して居り、此場合に於ても對生量法による成績では水分の日變化の場合と同様或時刻の値が過大或は過小に表はれる事が認められた。

斯の如く上記の水分及び乾物の日變化に關する實驗成績より見て、對セルローズ法は葉内物質含量或は生理作用の日變化の研究に合目的に利用し得る事を明かにし得たりとは言へ、其利用範圍には自から制限があり比較材料が十分成熟せる器官或は組織なる時に限られ、生長が活潑なる状態下にある如き材料には理論上適用し得ざる事勿論である。

5. 植物體の發育經過に伴ふ細胞膜質含有量の變化

高等植物の發育經過に伴ふ細胞膜質の消長に關する研究は多數あるが、その多くは個々の膜質の消長につき論及し木化に關係する主要膜質への綜合的關心が缺けてゐる様に思はれる。尙之等の關係膜質の消長は器官の別により或は組織の相違により差異あるものの如く推察できるが、從來は主として植物全體としての消長が論議されてきた傾きがある。されば著者はこの缺を補ふべくヒマハリ・ヒュを材料とし發育經過に伴ふ主要膜質の消長を器官別に研究し(第 IV 報, 24), 又或特定の組織に於ける木化經過を知る一助としてケナフの皮部を發育經過中五回に亘り採取して同様の實驗を行つた(第 IX 報第 III 實驗, 29)。

扱先づ器官別に追究した成績を見るに、ペクチン含量は葉・莖・根・葉莖部何れを問はず漸減する事が認められたが、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン・全細胞膜質等の含量は反對に漸増する事が示された。本成績は既往に於ける此種の研究成績(4, 20, 55, 57, 60, 61, 64, 72)と類似してゐるが、全細胞膜質の漸増は一面に於ては植物體の骨骼は發育に伴ひ増加すると言ふ觀念を標徴してゐるものと考へられる。尙各器官に於ける各膜質の消長は其割合から見ると、何れの膜質も莖に於て特に變化度が大であつた。而して茲に特筆すべきはリグニンの消長であつて、本膜質は葉・根では開花期に既に最大值に近き含量に達したが、獨り莖にありては開花期以後に於ても可なり顯著な増加が見られた。斯の如く器官の別により各膜質の消長に差異ある事を指摘し得たのは注目すべき事と思はれるが、特に莖に於て各膜質共變化度大なりしは植物の基本器官中莖それ自體は最も活動性に富んだ舞臺であると考へられ、近時唱道されつつある舞臺性能學的見地(47, 48, 49)より見るも興味ある知見と思はれる。即ち莖では開花期以後もリグニンの顯著な増加があり、諸種の生理作用運行の中樞舞臺として木化乃至硬化作用の如きも最後迄繼續するのに反し、葉及び根にありては開花期に既に最大值に近き含量に達する事は、後二者にありては細胞膜質に關する限り早期に發育を完了し老成の域に達するためと解せられ前者に於ける事情は植物體の體制維持完遂上の要求に原因してゐる様に思はれる。

又各種膜質の消長に關する成績はリグニン生成經過を説明する上にも役立つと思はれるので、此點に就ても若干論議しておきたい。植物體に於けるリグニン生成說には從來諸説行はれてゐるが、就中ペクチン質がヘミセルローズと言ふ中間物を経てリグニンが生成されるとする說(3, 4, 59, 61, 62, 63)及びペクチン質が轉化してリグニンが生成されるとする說(13, 14, 15, 16, 19, 55)の當否を云々する人々に對しては、如上の成績は少くとも有意義な資料を提示してゐると思はれる。即

ちペクチン質は發育に伴ひ漸減するが、ヘミセルローズ及びリグニンは反對に漸増する事實は、直接か間接かは別として兎に角 ペクチン質がリグニン生成に關與する事を示すものである。従つて本研究の成績から見れば ペクチン質をリグニン生成の根源とする假説は相當有力視すべき説だと認める事ができる。

次に發育に伴ふケナフ皮部に於ける主要膜質の消長に關する成績によると、各膜質の消長の傾向は大體に於て前記の器官別による各膜質のそれと同一なる事が認められた。併し茲に特筆すべきはリグニンの消長にして本膜質は發育に伴ひ増加する膜質中増加度が最少であつた。而して之等の皮部に於ける各膜質の消長が大局から見て各器官の發育に伴ふそれと類似せし理由は、既記のリグニン生成説より見れば當然首肯し得る所である。されど發育に伴ふ皮部に於けるリグニン含量の増加度が僅少であつた事は、既記の莖全體或は葉莖部の發育に伴ふリグニン含量の増加度は顯著であつた事と對照すると興味ある成績であるが、この事は恐らく皮部の如き特殊組織では木化經過は極めて徐々ニ進行するものであることを示しており、又一面に於ては莖或は地上部の木化進行は木質部のそれに主として支配される事を示してゐると解せられる。

尙發育に伴ふケナフ皮部に於ける L/Z 比（セルローズ含量に對するリグニン含量の比）を算出した所によると、其値は發育に伴ひ漸次小となる傾向が示されたが、これは韌皮纖維の發達する植物にありては皮部に於けるセルローズの生成量はリグニンのそれよりも優位である事を示して居り、一面に於てはセルローズが多量に蓄積する組織の一特徴を表示してゐるものの様である。

以上は専ら植物體の發育に伴ふ普通組織乃至は或特定組織に於ける主要膜質含量の消長を明かにする目的を以て、三基本器官及び皮部に於ける其消長につき研究した成績を通覽したものであるが、一方主要膜質の消長は特殊器官例へば發育に伴ひ多肉化する果實或は肥大根の如きものにありても同様であるや否やが問題である。されば著者は此間の消息を知る一助としてニンジン肥大根の正常發育に伴ふ主要膜質の消長をも追究したが、其成績によると本節に述べたそれと稍異なる事が認められた。而して肥大根に關する成績も茲に述べるのが順序であるが、該實驗に於ては正常發育のみならず異常發育に伴ふ各膜質の消長をも併せて極めるため、彼我的成績は之を對照的に述べるのが適當と認め別節に詳述する事にした（第9節参照）。

6. 植物體に於ける細胞膜質の分布

著者は前節に於て植物體の發育に伴ふ主要膜質の消長は器官により明かな差異ある事を指摘し、又斯る事實は組織の種類によつても異なる事を見たが、之によると主要膜質の含量は同一器官でも發育程度乃至部分の差異により、器官の別により、或は植物體の部分の異なるにより相違ある事が推察できる。依て著者は前節の知見を更に明確にする爲に、ヒメムカシヨモギ・トマト・ヒユを材料とし發育程度を異にする同一器官の間（上・中・下部葉の間及び上・中・下部莖の間）・異種器官の間（葉・莖・根の間）及び植物の部分の間（地上部と地下部の間）に於ける主要膜質の分布を比較した（第III報, 23）。又ニンジン及びゴバウの肥大根を材料に用ひ之を基部・中部・先端部の三部分に分つて明瞭に發育度を區別し、各部分間に於ける其等の分布を究めた（第IX報第1實驗）。

擬先づ發育程度を異にする 同一器官の間に於ける 各膜質の分布に關する成績を見るに、莖では明かに ペクチン 質含量は發育の進んだ材料程少かつたが、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量は 反對に多き事が認められた。葉に於ける各膜質の分布も亦全般的には莖と類似してゐたが、ある膜質の分布模様は 植物の種類により多少異なる事が示された。次に異種器官の間或は 植物の部分の間に於ける 主要膜質の分布に關する成績を見るに、ペクチン質の含量の大小は葉・莖・根の順序或は 地上部・地下部の順序であつたが、他の三種膜質及び全細胞膜質含量の大小は反對に根・莖・葉の順序或は地下部・地上部の順序なる事が示された。

以上の成績は總括的に見ると、ペクチン質は發育の進んだ組織程其含量少いが、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン 及び 全細胞膜質の含量は反對に多いと言ふ結果になつてゐる。而して本成績は著者が前節に於て既に述べた如く、植物體の發育經過に伴ひ ペクチン 質の含量は漸減するが他の膜質 及び 全細胞膜質は逆に漸増すると言ふ知見と同義のものであり、又既往に於ける此種の關係業績 (4, 20, 55, 57, 60, 61, 64, 72) とも類似してゐる。従つて各膜質が斯る 分布を示した理由は、前節の發育經過に伴ふ 各膜質の消長に就て論議したと同様に説明し得るため茲に考察の反復を避けるが、セルローズ・リグニン 及び 全細胞膜質の含量が莖では 基部程又地下部は地上部より明かに多かりし事は、生理學の見地より 植物體の體制維持を 完遂する爲の 必須條件として 役立つ事を示してゐると思はれる。

又肥大根に於ける 主要膜質の分布に關する 成績によると、ペクチン質・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質含量の大小は 基部・中部・先端部の順序即ち發育の進んだ部位程大であつたが、獨りヘミセルローズは基部に於て寧ろ少く全般的に見て含量の大小は中部・先端部・基部の順序であつた。尙茲に注目すべきは全細胞膜質の分布であつて、この物は 肥大根の部位の相違に伴ふ含量の割合の相違がニンジン・ゴバウ 兩材料共相等しかつた。今之等の成績を前實驗の普通組織に於ける 各膜質の分布に關する成績と對照して見るに、兩成績は全般的には 相類似すると見做して差支ないが仔細に見るとそこに多少の相違がある。即ちセルローズ・リグニン・全細胞膜質等の分布は同一傾向になつて居り、ヘミセルローズのそれは部分的には一致してゐるも完全には一致せず、ペクチン質のそれは反對の傾向になつてゐる。而して斯の如き成績を得た理由は、肥大根は一般組織と性狀が異なること又發育經過も普通植物の葉・莖・根のそれと異なること (第9節参照) 等に起因してゐる如く 思はれるが、以下本成績につき若干論議したい。先づペクチン質が基部程其含量大であつたのは、肥大根・塊莖等では 昆蟲の食害乃至は器械的損傷等により傷部組織が生ずる時又塊莖などを日光に曝露する時は 該部分にペクチン質が異常的に生成されると言はれてゐる事 (35) によつて 解釋の鍵が得らるるものの如くである。ヘミセルローズの含量は必ずしも發育度に比例して大でなく其大小が中部・先端部・基部の順序であつたのは、ニンジン肥大根では本膜質は發育過程中最初増加し其後は減少すると言ふ著者の實驗成績 (第9節参照) と同義のものと見做し得るが、先端部より中部の方が 含量多かりしは 本成分の増加期に該當し又基部が中部より少かつたのは 一旦増加したものが漸次減少の途上にあつた事を 意味してゐる様に思はれる。又本膜質はペクチン質の如きに比し變動性に富むと言ふ事 (29) から見るも、其含量が必ずし

も發育程度に比例せず中部・先端部・基部の順序に大・中・小であつたのはあり得べき結果と考へられる。尙セルローズ及びリグニンの含量が發育の進んだ部分程大であつたのは普通の場合と一致する事であるが、本成績は肥大根の粗繊維 (42, 65, 69) 及びリグニン (65)・多肉化性果實の粗繊維 (39, 40, 41) 乃至セルローズ (37, 53, 68) は發育に伴ひ其含量を減ずと言ふ諸家の實驗成績とは相反してゐる。所で斯る不一致を示した理由につき考察せんに、各膜質分布の研究材料は明かに發育度を區別して供試したのに對し、之等の發育に伴ふ各膜質の消長に關する研究材料は常に新生乃至幼若組織が附加されつつあつた肥大根全體を用ひてあるから (第9節參照)、兩膜質が斯る分布を示せしは兩實驗に於ける材料提供方法の相違に原因してゐる如く考へられる。即ち後者の材料は生長は進行しつつありしも肥大根全體としての發育度は之に伴はなかつたと認められる。従つて之によつて見ると、兩實驗に於けるセルローズ及びリグニンの消長が一致しなかつたのは、發育度を主體として見れば何等矛盾する所がない。併し一面に於ては本實驗の成績は、ナシの如き果實ではリグノセルローズ乃至リグニンは發育の早期に増加し其後は漸減するとなす一部の實驗成績 (8, 68) からすれば、兩膜質は恰も増加の途上にあつた事と思はしめるが、此點は更に發育經過を追つて研究した兩膜質の消長と比較・吟味する必要がある。又全細胞膜質含量が基部程大であつた事はセルローズ及びリグニンの分布に支配される事と見るを得べく、部位の相違に伴ふ含量の割合の相違が兩材料共略同一であつたのは、興味ある成績であつて、この事實は肥大根の如き多肉器官の膜質の變化過程に於ける一特徴かも知れない。

7. 植物體の發育經過に伴ふ硬化度の變化並に植物體に於ける其分布

植物體の發育經過に伴ひ硬化現象の進行する事及び其發育程度により硬化度が異なる事は一般に知られてゐるが、硬化度其物を合理的に表示する方法がなかつたため、之等の問題に關する知見は未だ甚だ粗雑な域にある。ところで著者提案の硬化度表示法 (第3節參照) によつて、第5節記述の材料につき發育經過に伴ふ硬化度の消長を器官別に究め (第IV報, 24), 又組織の相違による硬化度消長の相違を知る一助として發育經過中ケナフ皮部を數回に亘り採取して同様の實驗を行ひ (第IX報第III實驗, 29), 尙之と同義の實驗にして第6節記述の材料を其儘用ひて發育程度を異にする同一器官の間・異種器官の間・植物體の部分の間に於ける硬化度の分布につき研究し (第III報, 23), 又肥大根を材料とし同一器官の各部分間に於ける其分布をも追究した (第IX報第1實驗, 29) ところによると、該表示法はよく其目的を達するやうである。

第一に植物體の發育經過に伴ふ硬化度の消長に關する成績中先づ各器官の發育に伴ふそれに就て見るに、葉・莖・根或は葉莖部何れを問はず生體硬化率・乾燥體硬化率及び細胞膜硬化率の値は何れも發育に伴ひ漸増したが、本成績は植物組織及び之を構成する細胞の細胞膜は發育に伴ひ漸次硬化する事を示してゐるに外ならない。尙器官の相違による三種の硬化率の變化度を仔細に見ると、何れの硬化率値も莖に於て變化度が最大なることが認められた。この事は第5節の莖に於ける主要膜質の消長關係より見て當然なるも、又一面に於ては器官の別により硬化性に差異あることを示してゐると思はれる。即ち各器官は夫々異つた體內性特をもち莖は最も硬化の變化性に富んだ器官だと見做し得る様である。又發育經過に伴ふ三種の硬化率其物の變化度に就て見る

に、葉・莖・根・の別を問はず生體硬化率・乾燥體硬化率・細胞膜硬化率の順序に其變化少き事が認められ、此事は生體の硬化度は變異が最大にして細胞膜其物の硬化度は變異が最小なる事を示してゐるに外ならぬ。

次に發育經過に伴ふケナフ皮部に於ける硬化度の消長に關する成績に就て見るに、三種の硬化率値は矢張何れも漸増することが認められ、前實驗の成績と同一傾向の結果が得られたが、乾燥體硬化率及び細胞膜硬化率の變化は前記の莖の發育經過に伴ふ其等に比すれば著しく少なかつた。之は注目すべき事で、此成績と前記の莖に於ける硬化度の顯著な進捗とを對照考察する時は、莖の硬化は主として木質部に於ける硬化に支配されると認め得る様である。

第二に植物體に於ける硬化度の分布に關する成績中先づ發育程度を異にする同一器官の間及び異種器官の間に於けるそれに就て見るに、三種の硬化率は何れも同一器官の間では發育の進んだもの程又異種器官の間では葉・莖・根の順序に其値が大であることが認められた。次に植物體の部分の間即ち地上部と地下部との間に於ける硬化度の分布に關する成績によると、何れの硬化率も地上部より地下部の方が明かに其値が大であつた。之等の成績は何れの器官も發育經過に伴ひ硬化度を漸増すると言ふ前記の實驗成績と同義のものであつて、又本成績は第6節の植物體に於ける細胞膜質特にセルローズ及びリグニンの分布に關する實驗成績から見ても首肯できることである。

續いて肥大根に於ける硬化度の分布に關する成績を見るに、生體硬化率及び乾燥體硬化率の値は何れも基部より先端部に至るに従ひ即ち發育度少き部分程小なる事が示されたが、これは生體として或は乾燥體として見た場合に肥大根は部位の相違により硬化度に差異あることを示してゐると認める事ができる。然るに一方細胞膜硬化率の値は部位の相違による差異が殆ど認められなかつたが、此事はたとへ植物組織の硬化度には部位の相違による差異が明かに認め得るとしても細胞膜其物には斯る判然たる差異なきを示して居り、發育に伴ふ硬化度の變化は肥大根殊にその細胞膜では極めて少いことを指示してゐると解せられる。尙肥大根に於ける硬化度の分布に關する成績を全般的に見ると、用ひたるニンジン・ゴバウ兩種肥大根を通じて部位の相違による三種硬化率の割合の相違が略相等しき事が認められた。この成績は第6節の肥大根に於ける細胞膜質の分布に關する成績と相俟つて肥大根の有する共通性の一端を表示してゐる如く考へられる。

8. 植物體の細胞膜質含有量及び硬化度に對する外的條件の影響

植物體の發育に影響する外的條件には種々あるが、溫度・日光照射度・空中濕度・土壤水分等は其中の主要なものと認める事ができる。即ち之等の諸條件は何れも植物體の生長・發育に延てはその形態・構造に影響を及ぼす事は一般に知られてゐるが、その反面に於ては體內諸成分の含量の變化にも關係ある事は明かである。従つて植物體內諸物質の含量に及ぼす之等の外的條件の影響に就ては、從來諸學者により種々の角度から研究されてゐるが、細胞膜質含量及び硬化度に對する關係に就ての業績は少い。依て著者は此方面にも寄與せんとして種々の草本植物を材料に用ひて實驗した。

第一は溫度の影響であるが、本實驗にはソラマメの發芽揃となつた植物を高低溫兩室（溫度は

9.9°C 及び 20.5°C に或は 16.0°C 及び 21.7°C に區別した) に 14 日間或は 17 日間培養後地上部を採取して細胞膜質含量及び硬化度を測定した(第 V 報, 25)。今其成績中先づ細胞膜質含量に及ぼす温度の影響に関する成績を見るに、ペクチン質含量は發育度少き低温室材料に多かつたが、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量は反對に發育の進んだ高温室材料に多かつた。又植物體の硬化度に関する成績によると、生體硬化率・乾燥體硬化率及び細胞膜硬化率の値は何れも低温室植物より高温室植物の方が大なる事が示された。

第二は日光照射度の影響であるが、本實驗では照射度の強弱を I・II・III の三階級或は I・II・III・IV 四階級に區別し(此内 I は直射日光, II は白寒冷紗一枚, III は白寒冷紗三枚, IV は黑寒冷紗一枚張の覆蓋框にて被ひし場合で, I より IV に至る程照射程少きを示す), 斯る條件下でヒマハリ・ソラマメ・ヒユを夫々 8 日・15 日・10 日間培養後地上部につき細胞膜質含量及び硬化度を測定した(第 VI 報, 26)。先づ細胞膜質含量に関する成績に就て見るに、ペクチン質の含量は照射度を減じた區の植物即ち發育の進まざる區の植物程大であつたが、他の三種膜質及び全細胞膜質は反對に少かつた。次に硬化度に関する成績によると、三種の硬化率は何れも照射度を減少した區の植物即ち發育度の進まざるもの程其値を減少する事が認められた。

第三は空中濕度の影響であるが、本實驗はヒマハリ・ヒユの若い植物を關係濕度を異にせる三種の硝子箱に培養して行つた。即ちヒマハリは 70 % (低濕區)・80.8 % (中濕區)・88.0 % (高濕區) の硝子箱内でヒユは 67.4 % (低濕區)・79.3 % (中濕區)・88.3 % (高濕區) の硝子箱内で夫々 14 日・15 日間培養後地上部を採取して細胞膜質含量及び硬化度を測定した(第 VII 報, 27)。今其成績中細胞膜質含量に関するそれに就て見るに、ペクチン質は空中濕度を減じた區の植物即ち發育の進まざるもの程其含量大であつた。所が他の三種膜質及び全細胞膜質の含量は何れも發育の進捗した中濕區植物に最大にして、之に次ぎ低濕區・高濕區植物の順序であつた。又硬化度に関する成績によると、三種の硬化率の値は何れも中濕區・低濕區・高濕區植物の順序に大・中・小であつて、之等の値は植物體の發育度に對應して増減する事が認められた。

第四は土壤水分の影響であるが、本實驗にはヒマハリ・ヒユ・コスモス・トマト等を材料に選び、之等の植物を低濕・中濕・高濕の三種土壤に一定期間培養して行つた。即ち乾土パーセントに於て大略ヒマハリは 5.7 %・12.6 %・19.4 %, ヒユは 5.8 %・15.4 %・25.2 %, コスモスは 5.9 %・12.9 %・29.4 %, トマトは 5.7 %・8.4 %・21.7 % の三種土壤に夫々 25 日・32 日・14 日・15 日間培養したのち、前實驗同様細胞膜質含量及び硬化度を比較測定した(第 VIII 報, 28)。今實驗成績中先づ細胞膜質含量に就てのそれを見るに、ペクチン質は含水量多い區の植物程發育度の進まざる事に伴つて其含量多かつたが、他の三種膜質及び全細胞膜質は反對に其含量を減少する傾向ある事が認められた。併しセルローズ・リグニン及び全細胞膜質の減少度は全般的に見ると僅少であつた。次に硬化度に関する成績を見るに、生體・乾燥體及び細胞膜三種の硬化率の値は何れも土壤水分の増加と共に發育の減ずるに伴つて減少する事が示されたが、後二者の減少度は矢張僅少であつた。かくして本實驗に用ゐた條件の範圍では土壤水分の増減と空中濕度の増減とは植物體の木化又は硬化に對して相反する如き影響振りを示すが、それは植物體の發育に對して相反す

る如き影響振りを示した事に由來する結果と認められ發育の進んだ材料程硬化が進むと言ふ點に於ては一致してゐる。

以上の成績を総合的に見ると本實驗の範圍では外的條件の如何に拘らず發育を促進する如き條件下で培養した植物は、ペクチン質の含量は少きも、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量は逆に多いと言ふ結果になつてゐる。一方組織及び細胞膜の硬化度も發育の進んだ植物程其値が高く、然らざるものに於て低いと言ふ結果になつてゐる。而して之等の成績は著者によつて既に指摘されてゐる如く、ペクチン質の含量は發育の進んだ組織程少く或は植物體の發育經過に伴ひ減少するが、其他の三種膜質及び全細胞膜質の含量並びに組織及び細胞膜の硬化度は反對の關係にあると言ふ實驗成績 (23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31) に一致してゐる所である。

併しながら之等の外的條件中何れの條件が木化乃至硬化現象に對して最も影響大であるかが別個の問題として茲に考察する必要がある。先づ溫度及び日光との關係を見るに、高溫及び日光照射度大なる區の植物程硬化附與に役立つセルローズ及びリグニンの含量並に三種の硬化率値が大であつたのは、之等の兩條件の充進は本實驗條件の範圍では發育と共に木化を促進せしめると認める事ができる。次に土壤水分の影響に關する成績に於て含水量の増加に伴ひ之等兩膜質の含量及び三種の硬化率値は發育の減少に伴つて小となる傾向あるも其減少度僅少であつたのは、本實驗の範圍に於ける土壤水分の減少も亦木化に對して溫度・日光照射度と同様な影響振りをするが、其程度は後二者より輕微であるを示してゐると思はれる。又空中濕度の影響に關する成績に於て例の二膜質及び三種の硬化率値が空中濕度の増加に伴ひ規則的に減少せず、寧ろその大小順が中濕・低濕・高濕區植物の順序であつたが、この事は興味ある成績と思はれるのであつて、木化に對する空中濕度の影響には本實驗の範圍に於ては最良點の存する事を示してゐるものの如くである。斯くて本研究の範圍では、四種の外的條件中濕度及び日光照射度は他條件に比し木化延ては硬化に對して影響度大であつたのであるが、果して之が一般的の結論となし得るや否やは不明であり此點は更に研究を要する。

最後に之等の外的條件の植物體の木化又は硬化に對する影響振りは直接的に作用するのかそれとも間接的にかと言ふ問題であるが、植物は諸種の外的條件に對する反應として含水量・生長速度乃至生長量に差異を來し、之等の生理現象に伴つて發育度に相違が現はれる事には異論がないと思はれる。別言すれば外的條件の相違により體內條件を異にする植物が形成されることになる。されば細胞膜質含量及び硬化度の相違を來さしめる決定的要素は植物體の發育度であると見做す事ができる。斯く考察する時は諸種の外的條件は木化乃至硬化現象に對して間接的に作用する所が大であると認めるのが穩當と思はれる。

之を要するに木化現象に對する外的條件の影響振りは各獨自なものがあるとは言へ、それは主として發育度に對する影響の相違を招來する事に由來する間接的のものとする事によつて比較的簡単に理解し得るのであり、本實驗成績は一面に於ては氣象的條件を異にする場所に生育せし植物組織の木化の程度を考察する上によき資料を提供するものと信ぜられる。

9. 肥大根の正常發育及び異常發育經過に伴ふ細胞膜質含有量及び硬化度の變化

植物體特に肥大根の如き器官は 幼若期より 肥大完了期迄に容積的にも 重量的にも 著しき増大を示す事は吾人の普通知る所である。而して斯る著しき形態乃至重量の變化が認められる限り、體內諸成分間にも亦多種多様な變化がある筈である。従つて 肥大根の發育經過に伴ふ諸成分の消長に就ては從來諸學者により研究されてゐるが、細胞膜質の消長に關するものは甚だ少い。

故に著者は此方面に寄與せんとして ニンジンの比較的若い時代の肥大根を發育經過中五回に亘り採取して本實驗を行つた。所が第四回目の材料採取時に線蟲寄生による異常根の混在を認めたので、其後は正常根及び異常根を同時に採取して 異常發育に伴ふ細胞膜質含量及び 硬化度の消長をも併せて研究した (第 IX 報第 II 實驗, 29)。

扱第一は肥大根の發育經過に伴ふ細胞膜質の消長に關する成績であるが 先づ正常發育に伴ふそれに就て見るに、ペクチン質は發育と共に大體に於て其含量を減少するを認めたが、斯る事實は亦多肉化性果實の發育經過中にも起る事が知られてゐる (1, 2, 6, 7, 32, 33, 34)。而して從來の研究成績によると斯る變化は細胞膜ペクチンの主體たるペクトースが酵素作用により可溶性ペクチンに變ずる事に由來するとされてゐるが (5, 6, 7, 70)、本成績に於けるペクチン質の減少も略同様に説明して大過ない様に思はれる。ヘミセルローズは最初明かに漸増し其後は減少する如き傾向が示されたが、この成績は第 6 節の肥大根就中ニンジン肥大根に於ける本膜質の分布が中部・先端部・基部の順序に大・中・小であつた事と同義のものである。従つてこのヘミセルローズの成績は前記同様に發育度を中心にして説明し得る所であるが、多肉化性果實では本膜質は發育初期に蓄積し後期に酵素作用により分解され糖分増加の原因となると言ふ事 (57) 及びニンジン肥大根では發育に伴ひ糖分特に蔗糖の増加が著しいと言ふ事 (65) 等を参照する時は、このヘミセルローズの消長は少くとも糖分の消長と一脈の關係がある様に思はれる。セルローズ及びリグニンの含量は大體に於て發育に伴ひ減少したが、この成績は此と同義の實驗たる第 6 節の肥大根に於ける兩質の分布に關する成績と必ずしも同一傾向になつてゐない。従つて動もすれば讀者をして兩實驗の成績は相容れざる如き感を抱かしめると考へられるので、茲に彼我の關係につき考察し以てこの疑義を解消しておきたい。所で 肥大根の如き特殊器官の發育に就て見るに成熟より過熟へのそれは別問題であるが、幼若期より成熟に至る發育經過は一般植物の葉・莖・根の如き器官のそれに對照して劃然たる相違ががあると認める事ができる。即ち肥大根は元來幼若期より成熟迄には異常的に肥大するものなる故、此間の發育經過は旺盛なる生長に應じて 新生乃至幼若組織の附加が續く譯であり、従つて或特定の組織のみはたとへ發育が進行するとしても 肥大根全體としての發育は進捗しないと見て大過ない様である。されば肥大根の發育經過中時を異にして採取せし材料のセルローズ及びリグニンの含量が發育と共に減少する傾向を示したのは寧ろ當然であり、一度木化した組織が軟化した結果でない事明かである。従つて肥大根の發育度を主體として見る時は、本實驗の兩膜質の消長に關する成績は第 6 節に於ける其等の分布成績と相容れる事になる。尙之等の兩膜質の消長に關する成績は既往に於ける 肥大根の粗纖維 (42, 65, 69)・リグニン (65) 乃至多肉性果實の粗纖維 (39, 40, 41)・セルローズ (37, 53, 68) の含量は發育に伴ひ減少すると云ふ一

部の研究成績とは類似してゐるが、斯る在來の成績も前記の如く論議することにより良く説明し得るものの如くである。全細胞膜質も亦徐々と其含量を減ずる事を示されたが、これは既記の各膜質の消長關係より見て當然の結果と解せられる。

所が線蟲寄生による異常發育に伴ふ細胞膜質の消長に關する成績によると、ペクチン質及びセルローズの含量は矢張發育の進行と共に何れも減少したが、其減少度は正常の場合に比し大であつた。又ヘミセルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量は反對に増加する事が示されたが、線蟲寄生に伴ふ前二者の増加度は特に顯著であつた。之等の成績は大局から見ると肥大根特有の各膜質の變化經過が一般組織に於ける其等の變化經過に移ることを意味するものであるが、又本成績は木化に關係する主要膜質の多少を主體として論ぜられてゐる木化組織の特徴と言ふ點からも又リグニン生成に關する諸説からも首肯し得る様である。所で先づ木化組織の特徴と言ふ點から本成績を考察するに、一般に木化組織はヘミセルローズ・リグニンを多含しペクチン質の含量は少きも一方非木化組織は之等の膜質含量が反對の關係にあるとされてゐるが(4, 57, 64, 72), 此見解によると異常發育に伴ふ各膜質の消長は木化組織の造成過程を十分に標徴してゐると認む事ができる。されば此種の異常發育の場合には正常發育の場合に比し木化は促進するものの様である。次にリグニン生成説就中ペクチン質が轉化してリグニンが生成されるとする説(13, 14, 15, 16, 19, 55)・ペクチン質がヘミセルローズと言ふ中間的段階を経てリグニンが生成されるとする説(3, 4, 59, 61, 62, 63)及びセルローズが轉化してリグニンが生成されるとする説(9, 17, 18, 52)を中心にして本成績を論議せんに、線蟲被害の經過に伴つてペクチン質は急減したがヘミセルローズ及びリグニンは逆に急増した事實は前者が後二者の生成に關係する爲と思はれ、又セルローズ含量が異常發育の場合に於て却て減少度大なりしはセルローズも幾分リグニン生成に與る傾向あるを暗示してゐると認められる。全細胞膜質の含量も異常發育經過に伴ひ多少増加する傾向があつたが、これは肥大根全體の骨格と言ふ見地よりすれば、骨格の含量は線蟲寄生により影響される事實少きを示してゐる様である。

第二は正常及び異常發育に伴ふ硬化度の變化に就ての成績であるが、前者の場合には三種の硬化率値は何れも發育と共に減少したるも後者の場合には其等の値は何れも漸増する事が示された。之等の成績は既記の正常及び異常發育に伴ふ各膜質特にセルローズ・リグニンの消長からして當然であり、敢て茲に論議する必要もないと思ふ。併し之等の成績は兩場合に於ける細胞膜質特にリグニンの消長と相俟つて肥大根の利用價值を云々するには意義をもつ様に思はれる。即ち正常發育に伴ふ三種の硬化率の減少は肥大根の利用價值を増大するを意味し、又異常發育に伴ふ其等の増大は特にリグニン含量の急増と相俟つて其利用價值を低下せしめる事を意味してゐる様に考へられる。

III. 摘 要

以上本研究の成績を一括通覽して來たところから更に其主要點を記述し摘要とすれば次の如くである。

- 1) 本研究を進行せしめる必要上主要膜質たるペクチン質・ヘミセルローズ・セルローズ・リグ

ニン等に関する在來の定量法を参照して、同一材料より順次に之等の膜質を定量する方法につき研究し、植物生理學的領域に於て信用して採用し得る定量法を考案し之を吟味し其利用可能を確めた後之を採用して研究の歩を進めた。

2) 生理的研究にありては研究問題の種類乃至性質に應じて表示法の取捨選擇の必要なる所以を力説し、この觀點に基き本研究では單に一種の表示法採用により獨斷的結論に陥る弊害を避けるため、表示法としては瀧顯氏組織粉末法と對乾量法を併せ採用したが、本研究の範圍では多くの場合兩表示法は同一の傾向ある成績を示した。而して必要なる場合には對生量法をも併用した。

3) 植物組織及び細胞膜の硬化度を數量的に表示する方法として次の三種の硬化率を提唱した。即ち生量に對するセルローズ及びリグニンの合計含量(%)を生體硬化率となし此指數により生の狀態の植物組織の硬化度を表示する事にし、乾量或は乾物容積(組織粉末容積)に對するセルローズ及びリグニンの合計含量(%或は mg/cm^3)を乾燥體硬化率となし此指數により乾燥狀態の植物組織の硬化度を表示する事にし、又全細胞膜質即ちペクチン質・ヘミセルローズ・セルローズ及びリグニンの合計含量に對するセルローズ及びリグニンの合計含量(%)を細胞膜硬化率となし此指數により細胞膜其物の硬化度を表示する事にした。

4) 本研究には第二義的のものであるが葉内セルローズ含量の日變化を測定した成績によると、其日變化は極めて僅少であつた。依て試みにセルローズ含量を對比值として水分及び乾量の日變化を表示して見たところ、組織粉末法による表示成績とよく一致し、葉内物質含度の日變化を合理的に表示し得る事が認められた。そこでこのセルローズ含量を對比值とする表示法をセルローズ法と命名し、之を此種の場合に於ける有效なる一新表示法として提唱した。

5) 植物體の發育經過に伴ふ細胞膜質の消長を器官別及び皮層部につき研究したが、前者の成績によるとペクチン質含量は葉・莖・根何れを問はず發育に伴ひ漸減するも、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量は逆に漸増するを認めた。而して器官の相違に伴ふ各膜質の變化度は全般的に見ると、何れの膜質も莖に於て最大であつた。又後者即ち發育經過に伴ふ皮層部に於ける各膜質の消長に関する成績によると、變化の割合は異なるも何れの膜質も器官別による其等の消長と大體同一傾向なる事が示された。併し特記すべきはリグニンの消長にして、本膜質は増加性膜質中増加度が最少であつた。

6) 發育程度を異にする同一器官の間・異種器官の間・地上部と地下部の間・肥大根の各部分の間等に於ける細胞膜質の分布を比較測定した成績によると、先づ發育程度を異にする同一器官の間の成績では葉・莖何れに於てもペクチン質含量は大體に於て發育の進んだ部分程小であつたが、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量は反對に大であつた。又異種器官の間乃至地上部と地下部の間に於けるそれによると、ペクチン質含量の大小は葉・莖・根の順序或は地上部・地下部の順序であつたが、他の三種膜質及び全細胞膜質の含量の大小は反對に根・莖・葉の順序或は地下部・地上部の順序にあつた。次に肥大根の發育度を異にする各部分間に於けるそれを見るに、ペクチン質・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量の大小は莖部・中部・先端部の順序即ち發育の進んだ莖部程大であつたが、獨りヘミセルローズの含量は大

小の順序が中部・先端部・基部の順序なる事が示された。

今以上の種々の成績を総合的に見ると、肥大根のペクチン質の分布のみは例外であるが、一般にペクチン質は發育度の少い組織程其含量多いが他の三種膜質及び全細胞膜質は發育の進んだ組織程多いと見做し得る結果が得られた。

7) 植物體の發育經過に伴ふ硬化度の變化及び植物體に於ける其分布を知る爲に、前者にありては器官別及び皮膚部につき其變化を研究し後者にありては發育程度を異にする同一器官の間・異種器官の間・地上部と地下部の間及び肥大根の各部分間に於ける其相違につき研究した。

先づ發育經過に伴ふ硬化度の變化に關する成績中器官別のそれを見るに、葉・莖・根何れを問はず三種の硬化率は何れも發育進行と共に其値の増加が見られたが、其等の増加度は莖に於て特に顯著であつた。而してこれにより組織及び細胞膜は發育に伴ひ硬化し、しかも兩者の硬化は莖に於て著しきものである事が認められた。尙三種の硬化率の變化度に就て言へば、葉・莖・根の別を問はず生體硬化率の變異が最大にして細胞膜硬化率のそれが最小であつた。又一方發育に伴ふ皮膚部に於ける三種の硬化率の變化も同一傾向なる事が示されたが、乾燥體硬化率及び細胞膜硬化率の變化は著しく小であつた。

次に硬化度の分布に關する成績中先づ發育程度を異にする同一器官の間及び異種器官の間に於けるそれを見るに、三種の硬化率は何れも同一器官では發育の進んだもの程其値大にして又異種器官の間では其値の大小順は根・莖・葉の順序であつた。又地上部と地下部の間及び肥大根の各部分間に於ける成績を見るに、其等の値は地下部は地上部より高く基部は先端部より高かつた。

今以上の成績を総合的に見ると、三種の硬化率は何れも發育の進んだ組織程其値が大となつて居り、これにより植物體の硬化度は其發育度と密接な關係にある事が認められた。

8) 植物體の細胞膜質含量及び硬化度に對する溫度・日光照射度・空中濕度及び土壤水分の影響に關する成績によると、本研究の範圍では溫度の上昇・照射度の増大・土壤水分の減少等は何れもペクチン質の含量を減少せしめるが、ヘミセルローズ・セルローズ・リグニン及び全細胞膜質の含量及び三種の硬化率値を増大せしめる事が認められた。併し土壤水分の相違に伴ふセルローズ・リグニンの含量及び三種の硬化率値の變異は餘り大でなかつた。所が空中濕度の影響は他條件と異りペクチン質含量は濕度の異なる區の植物程多かつたが、他の三種膜質の含量及び各硬化率値の大小は中濕區低濕區・高濕區植物の順序であつた。即ちペクチン質以外の三種膜質の生成及び三種の硬化率の消長に對する空中濕度の最良點が存するを認めた。但し何れの場合にせよペクチン質は發育度の小なるものに他の膜質及び硬化度は何れも發育度の異なるものに大である點に於て共通であつた。従つて外的條件は先づ發育度に影響し間接に膜質含量及び硬化度に影響するものと解せられる。

9) 比較的若い時代の肥大根の正常發育及び線蟲寄生による異常發育經過に伴ふ細胞膜質含量及び硬化度の變化を測定した成績によると、先づ細胞膜質含量に關する成績ではペクチン質及びセルローズは正常及び異常發育の何れを問はず發育に伴つて其含量を減少したが、其減少度は異常發育の場合に於て大であつた。リグニン及び全細胞膜質の含量は正常發育の場合は徐々に減少

し異常發育の場合は逆に増加したが、異常發育に伴ふリグニンの増加度は顯著であつた。一方ヘミセルローズの含量は正常發育の場合は最初明かに増加し次で減少したが、異常發育の場合は急激に増加した。

次に硬化度に關する成績を見るに、正常發育の場合は三種の硬化率値は何れも發育に伴ひ徐々に減少する事が示されたが、異常發育の場合は反對に其等の値は何れも漸増する事が認められた。

今以上の成績を総合的に見ると、正常發育の場合は木化は一見退歩し異常發育の場合は逆に進行する結果になつてゐるが、前者に於ける木化の退歩は肥大根特有の發育經過に由來する相對的のものであり、後者に於ける木化の進歩は線蟲寄生により肥大根特有の木化經過が攪亂され普通組織のそれに移ることを意味するものである事が認められた。

10) 更に翻つて本研究成績を総合的に通覽して注目すべき點を抽出して見れば次の如くである。先づ既往に於ける木化現象の研究にありては此に關係する主要膜質への綜合的關心が缺けてゐた事に鑑み、本研究にありては其重點を専ら木化に關係する主要膜質の消長に指向し以て木化の經過を考察する事にしたが、それが爲には順序として主要膜質の定量法を明かにしておく必要がある。そこで著者は既往に於ける各膜質の定量法を参照して同一試料より主要膜質たるペクチン質・ヘミセルローズ及びリグニンを定量する順序を考案した。

そこで次には本定量法を利用し諸種の實驗を遂行したが、先づ高等植物の一般組織に於ける各膜質の變化經過を見るに、一般にペクチン質は發育に伴ひ徐々に其含量を減ずるがヘミセルローズ・セルローズ・リグニンは逆に増加するのが常であり、従つて木化は發育に伴ひ進行することを認めた。而して斯の如き各膜質の變化經過は亦特殊組織たる纖維植物の皮層部に於ても同一傾向にあることを認めたが、本組織ではリグニン生成に對しセルローズの生成が優越し木化は極めて緩慢に進むことを明にした。

所が一方特殊器官たる肥大根では發育に伴ふ各膜質の消長が一般組織に於けるそれと異り、これに應じて木化も退歩する如き結果を得たが、此事は肥大根の發育經過が常に新生組織の附加を伴ふため肥大根全體としては相對的に木化が退歩する如く見ゆるのであり、一旦木化した組織が軟化するものでない事を指摘した。併し肥大根の斯る木化經過も線蟲寄生により異常發育を遂げる場合には、肥大根特有の發育經過が亂れて一般組織のそれと同様になり従つて各膜質及び木化の經過も亦それに追隨する様になる事を明にした。

又前記の主要膜質含量乃至木化の變化經過に對する外的條件の影響に關する研究成績によると、種々の外的條件は之等の事象に對して可なり鋭敏に働くことを認めたが、その働き振りは間接的なを明かにした。即ち種々の外的條件は先づ植物體内の事情を變化させ、この後天的變化が各膜質の變化經過延ては木化のそれを左右するものであり、之を具體的に言へば外的條件の如何に拘らず總て植物の發育を促す如き狀態への誘致が木化或は硬化を促すことを明にした。

引用文獻

- 1) APPLEMAN, C. O., and CONRAD, C. M. (1926): Maryland Agric. Exp. Sta. Bull. 283.
- 2) — and — (1936): Ibid. 291.
- 3) BAILEY, A. J. (1936): Jour. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 8: 389-391.
- 4) CANDLIN, E. J., and SCHRYVER, S. B. (1928): Proc. Roy. Soc. London—B. **103**: 365-376.
- 5) CARRÉ, M. H. (1922): Biochem. Jour. **16**: 704-712.
- 6) — (1925): Ann. Bot. **39**: 811-839.
- 7) —, and HORNE, A. S. (1927): Ibid. **41**: 193-238.
- 8) CRIST, J. W., and BATJER, L. P. (1931): Michigan Exp. Sta. Tech. Bull. 113.
- 9) CROSS, C. F., BEVAN, E. J., and BEADLE, C. (1916): Cellulose. An outline of the chemistry of the structural elements of plants with reference to their natural history and industrial uses. - New ed. London and New York.
- 10) DASTUR, R. H., and AGNIHOTRI, S. D. (1934): Indian Jour. Agric. Sci. **4**: 430-450.
- 11) DENNY, F. E. (1930): Contrib. Boyce Thompson Inst. **2**: 592-615.
- 12) — (1933): Ibid. **5**: 181-194.
- 13) EHRLICH, F. (1927): Ztschr. Angew. Chem. **40**: 1305-1313.
- 14) — (1930): Cellulosechemie. **11**: 161-170.
- 15) FELLEBERG, TH. VON. (1918): Biochem. Ztschr. **85**: 45-117, 118-161.
- 16) FUCHS, W. (1926): Die Chemie des Lignins. Berlin.
- 17) — (1927): Biochem. Ztschr. **180**: 30-34.
- 18) — (1928): Ibid. **192**: 165-166.
- 19) FUCHS, W. M. (1936): Paper Trade Jour. **102**: March. 33-36.
- 20) 藤井晋松・小林重雄 (1931): 日本蠶絲誌. **2**: 249-255.
- 21) 藤田光 (1935): 九大農學藝誌. **6**: 387-403.
- 22) — (1940): 同誌. **9**: 49-64.
- 23) — (1940): 同誌. **9**: 219-234.
- 24) — (1941): 同誌. **9**: 472-492.
- 25) — (1941): 同誌. **9**: 512-525.
- 26) — (1942): 同誌. **10**: 183-194.
- 27) — (1942): 同誌. **10**: 220-232.
- 28) —: 同誌第十卷第三號 (印刷中).
- 29) —: 同誌第十卷第四號に發表の豫定.
- 30) — (1940): 植物學雜誌. **54**: 413-420.
- 31) — (1941): 植物及動物. **9**: 331-338.
- 32) GERHARDT, F. (1926): Plant Physiol. **1**: 251-264.
- 33) HALLER, M. H. (1929): Jour. Agric. Res. **39**: 739-746.
- 34) HOPKINS, E. F., and GOURLEY, J. H. (1930): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **27**: 164-169.
- 35) HORNBY, A. J. W. (1920): Jour. Soc. Chem. Ind. **39**: 246 T.
- 36) JENKINS, S. H. (1930): Biochem. Jour. **24**: 1428-1432.
- 37) 神谷傳彌 (1930): 理化學研究所彙報. **9**: 629-639.
- 38) KIESSEL, A., and SEMIGANOWSKI, N. (1927): Trans. Chem. Pharm. Inst. Moscow. **18**: 82-94.
- 39) 菊池秋雄・小島博 (1931): 農業及園藝. **6**: 19-30.
- 40) 小島博 (1933): 日本農化誌. **9**: 498-504.
- 41) — (1933): 同誌. **9**: 504-510.
- 42) — (1933): 同誌. **9**: 664-671.

- 43) KÔKETSU, R. (1924): Jour. Dept. Agric. Kyushu, Imp. Univ. **1**: 151-162.
 - 44) — (1925): Bot. Mag. Tokyo. **39**: 169-175.
 - 45) 額綱理一郎 (1930): 日本學術協會報告. **6**: 460-466.
 - 46) — (1934): 同報告. **9**: 357-360.
 - 47) — (1940): 農業及園藝. **15**: 1069-1076, 1283-1290.
 - 48) — (1940): 教育農藝. **9**: 673-679, 805-808.
 - 49) — (1941): 農業及園藝. **16**: 639-642, 823-826.
 - 50) — (1941): 生理植物學. 東京.
 - 51) — 竹内亮 (1928): 九大農學藝誌. **3**: 154-181.
 - 52) KÖNIG, J., und RUMP, E. (1914): Chemie und Struktur der Pflanzen-Zellmembran. Berlin.
 - 53) KURSSANOV, A. L. (1932): Planta. **15**: 752-766.
 - 54) MASON, T. G., and MASKELL, E. J. (1928): Ann. Bot. **42**: 189-253.
 - 55) MEHTA, M. M. (1925): Biochem. Jour. **19**: 979-997.
 - 56) MILLER, E. C. (1931): Plant physiology with reference to the green plant. New York and London.
 - 57) MURNEEK, A. E. (1929): Plant Physiol. **4**: 251-264.
 - 58) NANJİ, D. R., and NORMAN, A. G. (1928): Biochem. Jour. **22**: 596-604.
 - 59) NORMAN, A. G., and NORRIS, F. W. (1930): Ibid. **24**: 402-409.
 - 60) O'DWYER, M. H. (1925): Ibid. **19**: 694-676.
 - 61) — (1926): Ibid. **20**: 656-664.
 - 62) — (1928): Ibid. **22**: 381-390.
 - 63) — (1932): Jour. Soc. Chem. Ind. **51**: 968-971.
 - 64) ONSLOW, M. W. (1931): The principles of plant biochemistry. Cambridge.
 - 65) PLATENIUS, H. (1934): Plant Physiol. **9**: 671-680.
 - 66) SACHS, J. VON. (1883): Arb. Bot. Inst. Würzburg. **3**: 1-33.
 - 67) SEIDEN, R. (1926): Landw. Versuchs.-Stat. **104**: 1-50.
 - 68) SMITH, W. W. (1935): Plant Physiol. **10**: 587-611.
 - 69) 高橋悌藏・横山甫直 (1934): 各務研究報告. **30**.
 - 70) THATCHER, W. (1915): Jour. Agric. Res. **5**: 103-116.
 - 71) WAKSMAN, S. A., and STEVENS, K. R. (1930): Jour. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. **2**: 167-172.
 - 72) WISSELINGH, C. VAN. (1924): Die Zellmembran. Berlin.
-

PHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERÄNDERUNG
DER MEMBRANSTOFFE AN DEN HÖHEREN PFLANZEN MIT
BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER VERHOLZUNG. X
ÜBERSICHT DER VERSUCHSERGEBNISSE

(Zusammenfassung)

Teru FUJITA

Der Verf. hat bisher neun Mitteilungen über diese Untersuchung veröffentlicht, und hier ist eine Übersicht darüber gemacht.

Über die Verholzung des Pflanzenkörpers besitzen wir mehrere Kenntnisse, aber leider fehlt eingehende Untersuchung über die Veränderungen der gesamten Hauptmembranstoffe, u.z. Pektinstoffe, Hemizellulose, Zellulose und Lignin, die der Verholzung oder Verhärtung der Gewebe begleiten. Deswegen hat der Verf. diese Untersuchung ausgeführt, um einige Beiträge möglicherweise zu erbringen. Aber es war zuerst notwendig, dass eine sichere und planmässige Analyse-Methode der Membranstoffe voraus entschieden ist. Der Verf. bemühte sich deshalb, eine zweckdienliche Methode zu konstruieren, und zwar mit gutem Erfolg; eine Methode, die durch Modifizierung und Kombinierung der von bisherigen Autoren beschriebenen Analyse-Methoden besteht.

Nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen über den Veränderungsverlauf an verschiedenen Membranstoffen der gewöhnlichen Pflanzengewebe, wurde zuerst im allgemeinen bemerkt, dass der Gehalt an Pektinstoffen mit dem Entwicklungsverlauf langsam vermindert, während sich der Gehalt an Hemizellulose, Zellulose und Lignin deutlich zu vermehren pflegt, und dass die Verholzung im Gewebe damit Schritt haltet. Ein gleichsinniger Verlauf wurde auch in der Rinde von *Hibiscus cannabinus*, wo die Entwicklung des faserigen Gewebes gut stattfindet, gezeigt; aber dabei wurde klar gemacht, dass darin die Verholzung sehr langsam vorgeht, indem die Zellulosebildung gegen die Ligninbildung eine überlegene Stellung einnimmt.

In fleischigen Geweben wie die Wurzeln von *Daucus Carota* und *Articum Lappa* war aber der Veränderungsverlauf der Membranstoffe im Vergleich mit demselben an gewöhnlichen Geweben merkwürdig verschieden, und zwar wurden dabei der Gehalt an der der Verholzung des Gewebes beteiligten Stoffe und der Verhärtungsgrad des Gewebes rückgängig gefunden; aber der Verfasser's Meinung nach ist diese Sache vielleicht äusserlich und dadurch bedingt, dass durch die fortdauernde Neubildung des jungen Gewebes die Verholzung oder Verhärtung des Gewebes nur relativ rückwärts geht. Auch wurde es klar gemacht, dass bei abnormaler oder pathologischer Entwicklung

verursacht durch die Nematoden-Schaden der genannte eigenartige Verlauf an fleischigen Wurzeln verwirrt wird, und dass ein gewöhnlicher Verlauf der Verholzung oder Verhärtung an den üblichen nichtfleischigen Geweben jetzt hier, aber mit einer weit schnelleren Geschwindigkeit, stattzufinden beginnt.

Der Einfluss verschiedener äusserer Bedingungen auf die Veränderung der Hauptmembranstoffe oder die Verholzung wurde auch untersucht; und wurde es bemerkt, dass die verschiedenen Bedingungen auf diese Erscheinungen sensitiv einwirken, obwohl ihre Wirkungsweisen vermutlich meistens indirekt sind. Aber es ist sehr merkwürdig, dass alle versuchte Bedingungen an dem Falle, wo sie die Entwicklung des Pflanzenkörpers beschleunigen, ohne Ausnahme die Verholzung oder Verhärtung des Gewebes befördern.

Botanisches Institut, Kaiserliche Kyushu-Universität