



Title	植物の耐凍性に関する研究 Ⅰ : ニセアカシア韌皮組織の糖脂質の季節的変動
Author(s)	吉田, 静夫; YOSHIDA, Shizuo
Citation	低温科学. 生物篇, 27, 109-117
Issue Date	1970-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17757
Type	departmental bulletin paper
File Information	27_p109-117.pdf



植物の耐凍性に関する研究 I*

ニセアカシア 韌皮組織の糖脂質の季節的変動

吉田 静夫

(低温科学研究所)

(昭和44年9月受理)

I. 緒 言

生命現象の重要な生化学反応の多くは高度に発達した生体膜において行なわれる。したがって生体膜の破壊は終局的に生物の死につながるものと考えられる。こうした意味で生物の凍害の機構は生体膜の破壊と無関係ではないように考えられる。

植物の耐凍性変動の機構として、凍害保護物質の関与する側面と細胞自体の質的变化による側面が考えられる。前者の側面から糖およびその類縁化合物に関して数多くの研究がなされている。そして多くの植物について耐凍度と凍害保護物質との間に密接な関係が認められている¹⁻⁴⁾。一方、原形質膜の水あるいは中性溶質に対する透過性⁵⁾、原形質分離復帰に伴う原形質膜の可塑性⁶⁾などが植物の耐凍度と深い関係を有することが知られている。これらは耐凍性変動の機構として細胞自体の質的变化の側面を示唆していると考えられる。しかし細胞の質的变化、つまり生体膜の質的变化そのものに関する研究は膜構造それ自体の解明がそれほど十分でない現在非常な困難を伴うものと予想される。

著者は生体膜の質的变化を膜構成成分の一つである複合脂質の変化の面からとらえるのではないかと考えて一連の実験を企画した。本報ではニセアカシアの韌皮組織を材料として糖脂質ことにステロール配糖体をケイ酸カラムクロマトグラフィーにより季節的に調べると同時に、10月末に低温処理してその前後の変化を調べた。その結果糖脂質は季節的に変化するだけでなく、低温処理によって興味ある変化が認められた。ことにエステル型ステロール配糖体の脱アシル化が秋から冬にかけて進み、冬から春にかけて逆にステロール配糖体のアシル化が進むことを予測させる実験成績が得られたので報告する。

II. 材料と方法

材料：ニセアカシア *Robinia pseudo-Acacia* L. の韌皮組織を用いた。同じ株から数本出た直径6~10 cmの幹を10月初旬から翌年の6月中旬までの間に数回採取して、定量するまで -30°C の低温室に貯蔵した。 0°C で2週間低温処理した場合には処理後ただちに -30°C の低温室に貯蔵した。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1009号

耐凍度の検定： いろいろな時期の幹を採取直後 1.5~2.0 cm の長さに切って常法通り 5°C/30 分の割合で所定の温度まで冷却し、そこに 16 時間おいた。融解後組織切片について原形質分離復帰の方法で細胞の生死を判定した。残りの組織を 2 週間水を補給しながらペトリ皿中に放置して褐変の度合を肉眼で判定した。なお、この両者の判定はかなりよく一致していた。

水に対する透過性： 細胞の滲透濃度の 2 倍の高張平衡塩溶液で原形質分離を行ない、滲透濃度の半分の低張平衡塩溶液にもどして原形質復帰に要する時間を求め、その逆数を相対的な透過性の大きさとして表わした。測定は 18~20°C の室温で行なった。

糖脂質の抽出および精製： 幹の外皮とこれに接する緑色の部分を除き黄白色の韌皮部を材部より剥がし乾燥重量で 4.2 g 相当を秤量した。少量の海砂と約 20 ml の n-プロパノールを加えて磨碎 (15~20 分間) してクロロホルム-メタノール (2:1 v/v) (以下 C-M (2:1 v/v) と記す) を 100 ml 加えて室温で 3 回各 1 時間抽出した。抽出液は減圧の下で溶媒を溜去した。リン脂質を除くため残査をクロロホルムに溶かしてフロリジルカラム (1×10 cm) に吸着させ、70 ml のクロロホルム、50 ml の C-M (9:1 v/v)、70 ml の C-M (2:1 v/v) の順に溶出してそれぞれ分画 I, II および III を得た。分画 I は中性脂質とエステル型ステロール配糖体の一部を含み、分画 II はステロール配糖体とモノガラクトシルジグリセライド、分画 III はジガラクトシルジグリセライドおよびその他の糖脂質と水溶性非脂質を含んでいた。分画 III から非脂質を除くためにいったん溶媒を溜去して 5 ml のクロロホルム-メタノール-水 (60:30:4.5 v/v) に溶かして 0.6×11 cm のセファデックス G-25 のカラムを通し、ついで 5 ml の C-M (2:1 v/v) で洗った⁸⁾。この方法でほとんどの遊離の糖およびその他の水溶性非脂質は除かれた。

糖脂質のケイ酸カラムクロマトグラフィー： このようにして水溶性非脂質を除いた分画 III と分画 II を合して溶媒溜去後、3 ml のクロロホルムに溶かしてケイ酸カラム (1×14 cm) に吸着させ、クロロホルム中のメタノールの濃度を増しながら糖脂質を溶出させた (第 3 図参照)。使ったケイ酸は Merck 製 70~300 メッシュで、使用前に 105°C で 2 時間活性化した。溶出速度は 1 ml/分で溶出液は 5 ml ごとにフラクションコレクターで集めた。

各試験管から 0.5 ml ずつとり、糖およびステロールの定量を行なった。糖の定量は次のように行なった。80°C の温浴で溶媒をとばしたのち 3 ml のアンスロン試薬を加え、氷冷しながら 1 ml の水を静かに加え、ただちに混和後 100°C 6 分間加熱発色させた。放冷後 625 m μ で比色定量した。糖脂質中のステロールは Zak-Henly の変法⁹⁾ により定量した。溶媒溜去後 4×10⁻³ M FeCl₃ の氷醋酸溶液 3ml を加え、これに 2 ml の濃硫酸を静かに加えてただちに混和発熱させ室温に 20 分間放冷してから 1 時間以内に 560 m μ で比色した。

糖脂質の同定： モノガラクトシルジグリセライドとジガラクトシルジグリセライドはハウレンソウから抽出精製して得られたものをスタンダードとして、薄層クロマトグラフィーにより同定した。つぎに、エステル型ステロール配糖体とステロール配糖体は次のようにして同定した。まずケイ酸カラムクロマトグラフィーで分離されたエステル型ステロール配糖体とステロール配糖体に相当する分画を 0.5 N KOH-95% メタノールで脱アシル化した。ついで塩酸で中和後クロロホルムで抽出し薄層クロマトグラフィーで調べた (第 1 図)。エステル型ステロール配糖体に相当する分画のみが脱アシル化後その R_f 値が変動しステロール配糖体と一致し、か

つ脂肪酸を遊離した。脱アシル化後 2 N HCl-メタノールで加水分解するとグルコースと遊離ステロールが得られた。構成成分の定量結果はエステル型ステロール配糖体ではステロール、グルコース、脂肪酸のモル比が 1.0:1.0:0.9 でステロール配糖体はステロール、グルコースのモル比が 1.0:1.0 であった。

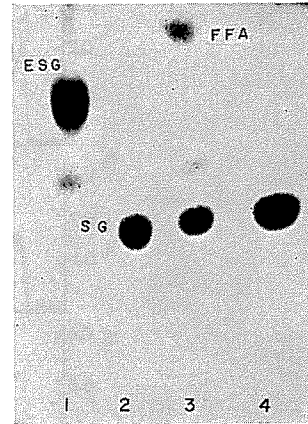
本文では特別にことわらない限り以下の略号を用いた。MGD, モノガラクトシルジグリセリド; DGD, ジガラクトシルジグリセリド; ESG, エステル型ステロール配糖体; SG, ステロール配糖体; SL, スルホリピド; ES, エステル型ステロール; S(A), 遊離ステロール A; S(B), 遊離ステロール B。

III. 結 果

糖脂質の分析にさきだって、ニセアカシア靱皮組織の耐凍度と細胞の水に対する透過性について調べた。第 1 表に示したように両者は季節的に平行して変動するだけでなく、人工的な低温処理 (0°C 2 週間) 後も平行して変動した。こうした細胞の水に対する透過性の変動は、生体膜の中で少なくとも原形質膜の物理的性質の変化の反映とみることができよう。

つぎに、このような生体膜の物理的性質の変化がそれを構成する成分の変化によってさらに支持されるのではないかと考えて、生体膜に関連の深い糖脂質の分析を試みた。第 2 図に秋から冬にかけての糖脂質のケイ酸カラムクロマトグラムを示した。各々のピークについての薄層クロマトグラムを第 3 図に示した。

分画 I はアンスロン試薬で暗褐色に発色することから糖脂質とは異なるものようである。また、この分画はステロールの発色試薬に対して赤褐色を呈し典型的なステロールの発色とは区別される。分画 V の前半に溶出されるピークは薄層クロマトグラフィの結果、DGD のほかに Rf 値のより大きな黄色のスポットが検出された。分画 VI はその溶出態度とアンス



第 1 図 ニセアカシア靱皮組織のステロール配糖体とエステル型配糖体の薄層クロマトグラム

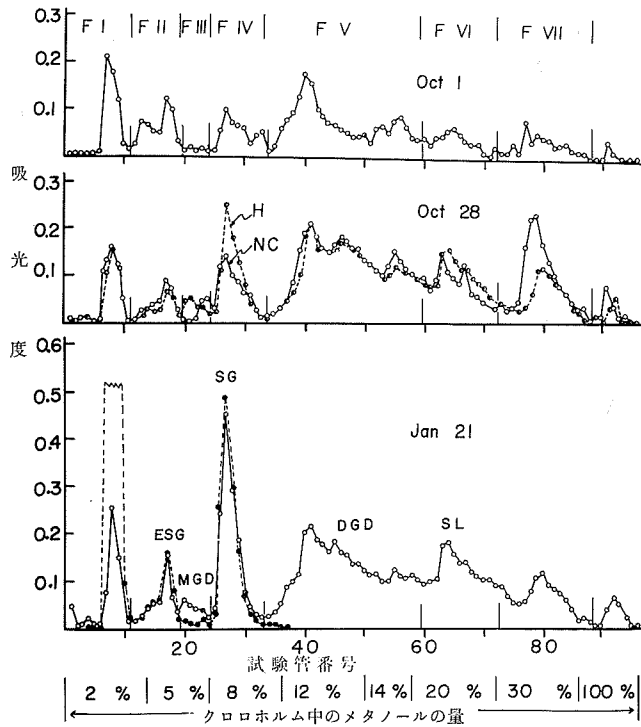
プレート: シリカゲル G, 展開溶媒: クロホルム-メタノール-水 (65:25:3.8 v/v), 発色試薬: 50% 硫酸を噴霧して 105°C で加熱。1 および 2 はそれぞれ無処理のエステル型配糖体ならびにステロール配糖体, 3 および 4 は 1 および 2 を 0.5 N KOH-95% メタノールで脱アシル化。FFA は遊離脂肪酸を表わす

第 1 表 耐凍性と水に対する透過性の季節変化

実 験 期 日	耐 凍 度 (°C)	水に対する透過性*
10 月 1 日	- 5	—
10 月 28 日	-10	0.08
10 月 28 日 (H)**	-25	0.14
1 月 21 日	-70 以低	0.23
5 月 9 日	-15	0.17
6 月 16 日	- 5 (死)	0.04

* 原形質復帰に要する時間の逆数で表わした

** 0°C 2 週間低温処理

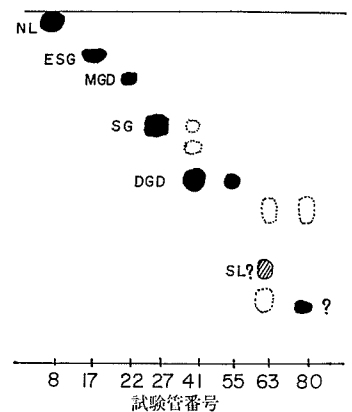


第2図 ニセアカシア韌皮組織の糖脂質のケイ酸カラムクロマトグラム

Oct 1, Oct 28 および Jan 21 は実験期日。Oct 28 の NC (実線) および H (破線) はそれぞれ対照および低温処理 (0°C 2週間) を表わす。Jan 21 の破線はステロールの値を示す。FI~VII は分画区分を表わす。組織は各時期とも乾燥重量で4.2gを使用した

ロン試薬で発色したときの吸収が590 mμに肩を有することから SL と推定されるが今のところ未同定である。また分画 VII も今のところ未同定である。

ニセアカシアの韌皮組織中には数多くの糖脂質が存在しそれらの季節変動は多様である。しかし、その季節変動の様式から A, 秋から冬にかけて連続的に増加するもの (MGD, SG および分画 VI); B, 10 月末頃までに急激に増加してそれ以後変化しないもの (DGD); C, 10 月末頃に一時増加してそれ以後逆に減少するもの (分画 VII); D, 季節的に変動しないもの (分画 V の前半に溶出されるもの) の四つのグループに大別される。ニセアカシア韌皮組織の耐凍度と水に対する透過性の変動からみて最も注目されるのは A グループに属する糖脂質である。ことに SG の変動は最も顕著であって、秋から冬にかけてそのピークの高さで約5倍近く増加し、10月28日に低温処理すると約1.6倍増加した。このSGの増加との関連で注目されるのは ESG であるが、これはフロリジールカラムクロマトグラフィーで分画したとき中性脂質分画



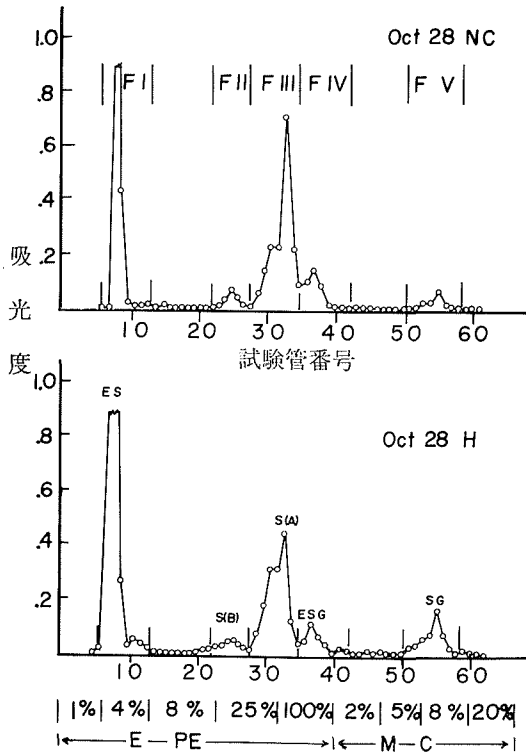
第3図 第2図の各分画の薄層クロマトグラム

薄層クロマトグラフィーは第1図と同じ。図中 NL は中性脂質を表わし、それ以外の略号は本文参照

に一部移行したためここでは定量的に扱うことができなかった。そこで SG の変動と ESG および中性ステロールとの関連ならびに冬から春にかけての変動を調べるために別途にケイ酸カラムクロマトグラフィーを行なった。

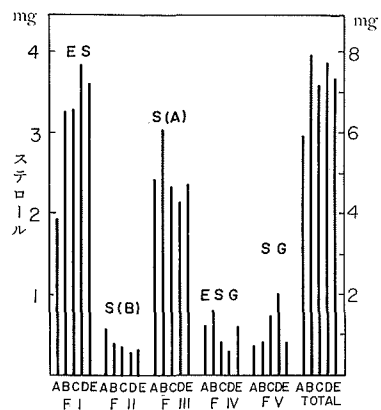
乾燥重量で 2.5 g の材料を磨碎して C-M (2:1 v/v) で抽出し、Folch 法で非脂質を除き脱水してからフロリジルカラム (1×5 cm) を通してリン脂質を除いた。溶媒溜去後石油エーテルに溶かして 1×11 cm のケイ酸カラム (Merck 製 70~300 メッシュ) に吸着させて石油エーテルとジエチルエーテル、ついでクロロホルムとメタノールで溶出した。溶出液は 5 ml ずつ集めその 0.5 ml についてステロールの定量を行なった。そのケイ酸カラムクロマトグラムの代表的な例を第 4 図に示した。各ピークはシリカゲル G のプレートで薄層クロマトグラフィーを行なって同定した。第 5 図に各々の分画についてステロールを定量した結果をヒストグラムで示した。図からも明らかなように ESG と SG は季節的にも低温処理の前後にも互に逆方向に変動した。したがって、見掛上は秋から冬にかけて ESG⁽¹⁾→SG への変動が、そして冬から春

にかけて SG⁽²⁾→ESG への変化が起っているように思われる。(1) は脱アシル化、(2) はアシル化の過程である。一方、ESG と SG の合計は 10 月 1 日から 1 月 21 日にかけて約 30% 増加して 6 月 16 日には再び 10 月 1 日のレベルまで減少した。この増加あるいは減少は遊離ステロールからの合成あるいは分解を示唆しているように考えられる。実際、S(A) および S(B) は秋および春には量的に多く、真冬に最小値を示した。



第 4 図 ニセアカシア 靱皮組織の中性ステロールおよびステロール配糖体のケイ酸カラムクロマトグラム

代表例として 10 月 28 日の対照 (上段) と低温処理後 (下段) について示した。E-PE は石油エーテル中のジエチルエーテルの量を、M-C はクロロホルム中のメタノールの量を表わす。F I~V は分画区分を表わす。乾燥重量で 2.5 g の靱皮組織を使用。方法は本文参照



第 5 図 中性ステロールおよびステロール配糖体の含量の季節的变化

A: 10 月 1 日, B: 10 月 28 日, C: 10 月 28 日低温処理後, D: 1 月 21 日, E: 6 月 16 日。F I~V は第 4 図の分画区分。TOTAL は各分画の合計を表わし右の縦軸で示した。図中の略号は本文参照

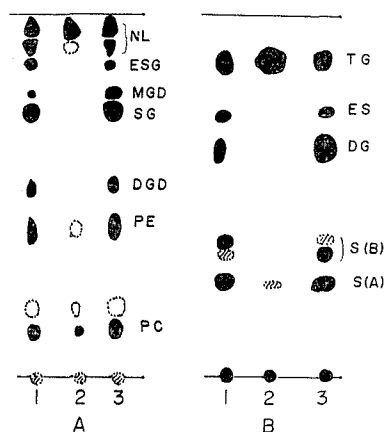
ES は 10 月 1 日から 10 月 28 日の間に急激に増加してそれ以後の変動は比較的小さい。なお冬の材料からの ES, ESG および SG のステロール部分は薄層クロマトグラム上 S(A) と合致し, ガスクロマトグラフによればその 80% 以上が β シトステロールでその他にステリグマステロールおよび未同定のステロールが少量ずつ認められた。したがってこれら 4 つのステロール化合物間の相互転換の可能性が推察される。しかしその内容は極めて複雑であろうと思われる。

つぎに, 季節的にも低温処理後も興味ある変動を示す ESG および SG が細胞内において遊離の状態で存在するのか, あるいは構造的な部分に結合して存在するのかを明らかにするため次の実験を行なった。冬の材料を pH 6.6~6.8 の 1/15 M リン酸緩衝液中で磨碎して $170\times g$ で 7 分間遠沈しその沈査を分画 I とし, その上清はさらに $105,000\times g$ で 20 分間遠沈し上清を分画 2, 沈澱を分画 3 とした。これらの分画を C-M (2:1 v/v) で 3 回抽出した。抽出液は Folch 法で水溶性非脂質を除きシリカゲル G のプレートにスポットして展開した。これを 50% 硫酸で発色させると第 6 図のような結果が得られた。第 6 図 A から明らかなように ESG と SG は分画 2 には認められず殆んどが分画 1 および分画 3 に局在していた。このように ESG と SG は細胞の構造的な部分, つまり生体膜に結合して存在することが推察される。なお, MGD および DGD などの糖脂質も同様であった。第 6 図 B に示したように, $105,000\times g$ 上清 (分画 2) にはトリグリセライドが認められたが遊離ステロールおよび ES の存在は認められなかった。このことから細胞内のステロールの代謝はその殆んどが生体膜内で行なわれるものと考えられる。

IV. 考 察

ニセアカシアの韌皮柔細胞の水に対する透過性は耐凍度と平行して変化した。一般に細胞の水に対する透過性の増大は, 凍結に際し致命的な細胞内凍結を防ぐことに対する積極的関与¹⁰⁾ が知られている。しかしこのことはむしろ生体膜ことに原形質膜の複雑な物理的変化に基づく副次的な反映として理解される。Scarath ら^{5,6)} によって報告されているように, 耐凍度の高い植物細胞の原形質膜は可塑性に富みかつ中性物質に対する透過性が高い。このように耐凍度と生体膜の性質との関連は密接であるように思われる。

生体膜は主として蛋白質と脂質から構成され, いわゆるリポ蛋白質と考えられている。しかし蛋白質, 脂質のいずれがその膜の性質を規定しているのかは明確ではない。植物の細胞で



第 6 図 超遠心で分画した各細胞分画中の脂質の薄層クロマトグラム

プレート: シリカゲル G

展開溶媒: A, クロロホルム-メタノール-氷酢酸 (65:25:3.8 v/v); B, ベンゼン-酢酸エチルエステル (5:1 v/v)

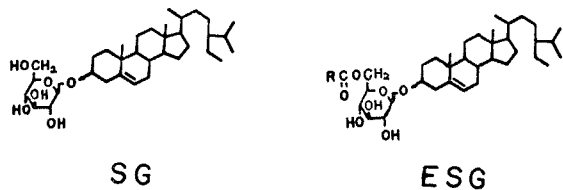
発色試薬: 50% 硫酸

1, $170\times g$ 沈澱分画; 2, $105,000\times g$ 上清分画; 3, $105,000\times g$ 沈澱分画。NL, PE, PC, TG および DG は中性脂質, ホスファチジルエタノールアミン, ホスファチジルコリン, トリグリセライドおよびジグリセライドを表わし, これ以外の略号は本文参照

は MGD, DGD, SL などの糖脂質の大部分およびホスファチジルグリセロールの大部分がクロロプラストに局在^{7,11,12)}する。このことは生体膜の機能の特異性に対して脂質が強く関与していることを示唆している。

植物の脂質に関する研究は主として光合成の機能の面から進められ^{13,14)}, クロロプラストの脂質に関して莫大な知見が集積されつつある^{15,16)}。しかしクロロプラスト以外の細胞オルガネラあるいは光合成器官以外の植物組織に関する系統的な研究は少ない。ことに樹木の韌皮組織に関する知見は今のところまだ得られていない。ニセアカシアの韌皮部には SG, ESG のほかに MGD, DGD および 3 種類の未同定の糖脂質が含まれていることが判明した。これらの糖脂質の中で最も注目されるのは ESG

および SG であろう。ESG と SG は第 7 図のような構造を持っていて脱アシル化あるいはアシル化によって両者間の変換が容易に行なわれるものと考えられる。また両者の物理化学的性質は大いに異なることが推測され得る。ニセアカシア韌皮組織において、秋から冬にかけての



第 7 図 ステロール配糖体の構造

SG はステロール配糖体。ESG はエステル型ステロール配糖体。R は脂肪酸の結合位置

SG の増加と冬から春にかけての減少の大部分は、それぞれ ESG の脱アシル化と SG のアシル化によるものと考えられる。そしてこれらのステロール配糖体が細胞の生体膜に結合して存在することによって生体膜の物理的性質ならびにその機能が変化することが予想される。

ESG および SG は大豆、バレイショ、アルファルファ、エンドウ、キャベツ、レタス、ピーナツなどの植物^{7,17,18)}に含まれていることが報告されていてその分布範囲は極めて広範囲におよんでいる。著者が調べたところではマサキの葉、ハウレンソウ、ポプラの韌皮部にも存在することが判明した。また最近片山ら¹⁹⁾は大豆の登熟過程で ESG と SG がともに増加することを明らかにした。このようにステロール配糖体は植物の内因的ならびに外因的な変化に対応して変動することが推測される。また片山ら¹⁹⁾はイネの中には ESG および SG のほかに ferulic acyl ester が存在することを明らかにし、植物におけるステロールの形態の多様性を明らかにした。

一方、MGD, DGD および SL などのクロロプラストに関連の深い糖脂質の変動が実際クロロプラストあるいはプラスチドにのみ由来するものかどうかはなお検討を要する。また、Nichols⁷⁾によれば ESG や SG はクロロプラストには存在しないと云われる。このように個々の糖脂質の細胞内における分布は特異的であると考えられ、今後更に細く細胞を分画して個々の糖脂質の分布とそれが膜の機能および物理的性質におよぼす役割を明らかにする必要があると考えられる。

この報告にあたり御指導下さった酒井教授と匂坂助教授に感謝します。

V. 摘 要

本報ではニセアカシアの韌皮組織を材料として生体膜に関連の深い糖脂質の季節変動につ

いて調べた。

1. 糖脂質としてエステル型ステロール配糖体, ステロール配糖体, モノガラクトシルジグリセライド, およびジガラクトシルジグリセライドの存在が確認された。なお未同定であるがこれらのほかに3種類の糖脂質が認められた。
2. ステロール配糖体, モノガラクトシルジグリセライドおよび未同定の分画 VI (第3図参照) は, 季節的にも低温処理 (0°C 2週間) 後も耐凍度の変動と平行して変動した。ことにステロール配糖体の変動は最も著るしかった。
3. ステロール配糖体とエステル型ステロール配糖体は互に逆方向に変動し, 両者の関連の密接であることが予想される。
4. ステロール配糖体およびエステル型ステロール配糖体は細胞の構造的な部分に分布し, それ以外の部分には分布していなかった。

以上のことから, 植物の耐凍度が変動するときこれと平行して生体膜の構成成分にも変動のあることが明らかとなった。

文 献

- 1) Sakai, A. 1962 Studies on the frost-hardiness of woody plants. I. The causal relation between sugar content and frost-hardiness. *Contr. Inst. Low Temp. Sci.*, **B**, **11**, 1-40.
- 2) Simura, T. and Sugiyama, N. 1956 Studies on the varietal differentiation of frost resistance in the tea plant. I. The seasonal change of frost resistance and its related physical and chemical properties of leaves. *Jap. J. Breeding*, **15**, 230-240.
- 3) 吉田静夫・酒井 昭 1967 木本類の耐凍性増大過程. XII. ニセアカシアの幹の耐凍性と物質変動の関係. *低温科学, 生物篇*, **25**, 29-44.
- 4) Sakai, A. and Yoshida, S. 1968 The role of sugar and related compounds in variations of freezing resistance. *Cryobiology*, **5**, 160-174.
- 5) Levitt, J. and Scarth, G. W. 1936 Frost hardening studies with living cells. *Can. J. Res. C*, **14**, 267-305.
- 6) Scarth, G. W. 1941 Dehydration injury and resistance. *Plant Physiol.*, **16**, 171-179.
- 7) Nichols, B. W. 1963 Separation of the lipids of photosynthetic tissues: Improvements in analysis by thin-layer chromatography. *Biochim. Biophys. Acta*, **70**, 417-422.
- 8) Wells, M. A. and Dittmer, J. C. 1963 The use of sephadex for the removal of nonlipid contaminants from lipid extracts. *Biochemistry*, **2**, 1259-1263.
- 9) 石井 暢 1962 コレステリン (コレステロール). *化学の領域増刊*, **49**, 36-44.
- 10) 朝比奈英三 1962 生物細胞が細胞内凍結を防ぐ一つの機構. *低温科学, 生物篇*, **20**, 45-56.
- 11) Haverkate, F. and Van Deenen, L. L. M. 1965 Isolation and chemical characterization of phosphatidyl glycerol from spinach leaves. *Biochem. Biophys. Acta*, **106**, 78-92.
- 12) Wintermans, J. F. G. M. 1960 Concentrations of phosphatides and glycolipids in leaves and chloroplasts. *Biochim. Biophys. Acta*, **44**, 49-54.
- 13) Ferrari, R. A. and Benson, A. A. 1961 The path of carbon in photosynthesis of the lipids. *Arch. Biochem. Biophys.*, **93**, 185-192.
- 14) Nichols, B. W. 1965 Light induced changes in the lipids of *Chlorella vulgaris*. *Biochim. Biophys. Acta*, **106**, 274-279.
- 15) Benson, A. A. 1966 On the orientation of lipids in chloroplast and cell membranes. *J. Amer. Oil chemists' Society*, **43**, 265-270.
- 16) Lichtenthaler, H. K. and Park, R. B. 1963 Chemical composition of chloroplast lamellae from spinach. *Nature*, **198**, 1070-1072.

- 17) Lepage, M. 1964 Isolation and characterization of an esterified form of sterylglucoside. *J. Lipid Research*, **5**, 587-592.
- 18) Aylward, F. and Nichols, B. W. 1958 Isolation of β -sitosterol-D-glucoside from groundnut phospholipids. *Nature*, **181**, 1064-1065.
- 19) 片山真之・加藤 稔・本田幸一郎・池田輝万・舟橋三郎 1969 高等植物における諸形態のステロールについて. 日本脂質生化学研究会講演集, 1-4.

Summary

The present paper is concerned with seasonal changes in glycolipids in the bark tissues of black locust tree.

Glycolipids in the bark tissues sampled in various seasons were fractionated by means of column chromatography on silicic acid. 7 different glycolipids were found in each sample and 4 of them were identified as monogalactosyl diglyceride (MGD), digalactosyl diglyceride (DGD), free and esterified forms of steryl glucoside (SG, ESG), respectively. Among these glycolipids, the amounts of MGD, SG and an unidentified component (possibly a sulfolipid) were observed to change with the freezing resistance. Especially, the most characteristic change is the seasonal conversion between free and esterified forms of steryl glucoside; namely the deacylation from autumn to winter and the acylation from early spring to early summer. Further, glycolipids were found to be located only in structural fractions under ultracentrifugation study.

These results seem to suggest that some changes occur in the membrane components with the variation in freezing resistance.

低温科学生物篇 第 27 輯 訂正

頁	行		誤	正
11	英文タイトル	1	Freeze Drying	Freeze-Drying
15	下から	2	無糖	蔗糖
45	上から	6	<u>4</u>	<u>6</u>
64	下から	10	<u>4</u>	<u>6</u>
78	下から	16	林部	材部
110	下から	16	第 3 図	第 2 図
122	上から	2	Escherichia Coli	Escherichia coli
130	第 4 表		側芽	副芽
131	第 6 表		側芽	副芽
131	第 7 表		側芽	副芽
132	第 8 表		側芽	副芽
159	下から	7	Supercoold	Supercooled
159	下から	9	Supercoold	Supercooled
159	下から	11	低温化学	低温科学