



Title	木本類の耐凍性増大の過程 VII : 糖の季節的変動 (2)
Author(s)	酒井, 昭; SAKAI, Akira
Citation	低温科学. 生物篇, 18, 1-14
Issue Date	1960-11-04
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17632">https://hdl.handle.net/2115/17632</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	18_p1-14.pdf



## 木本類の耐凍性増大の過程 VII\*

— 糖類の季節的変動 (2) —

酒 井 昭

(低温科学研究所 生物学部門)

(昭和 35 年 6 月受理)

### I.

木本類では天然における季節的変動においても、人工的低温処理の場合にも、耐凍性が増す場合には常にその含有している糖の濃度がますことを報告<sup>1),2),3),4)</sup>してきた。その場合、著者の従来<sup>2),3)</sup>の定量方法<sup>2),3)</sup>には色々に問題となる点があるし、糖を還元糖と非還元糖として全体的にしか測定していないため、個々の糖が耐凍性増大に対して果している役割が判からない場合が多かつた。そのために、前報<sup>3)</sup>においてはクワを用いてペーパークロマトグラフィーで個々の糖を分離してから、各糖の量を測定して、耐凍性と糖類の関係を再検討してみたが、従来の測定結果が妥当であることが判かつた。本報では前報<sup>3)</sup>につづいて、クワ以外の耐凍性の異なる色々な木本類について、糖の季節的変動と低温処理前後における変動をペーパークロマトグラフィーで分離定量して、耐凍性と糖類との関係を調べた。なお参考のためクワでのデータも一部記した。

材料を送って頂いた山形大学文理学部久佐守氏、東海近畿農業試験場茶業部中山仰氏及び原稿を校閲して頂いた朝比奈教授に謝意を表します。

### II.

実験材料 耐凍性の大きい落葉性の材料として、シラカバ (*Betula tauschii* Koidz.), コリヤナギ (*Salix koriyanagi* Kimura.), カラマツ (*Larix leptolepis* Murray.), ポプラ (*Populus nigra* L. var. *italica*, Muenchh.), クワ (*Morus bombycis* Koidz.) の野性種, バラ (*Rosa pendulina* L.) (シベリア産), ナナカマド (*Sorbus commixta* Hedlund.), プラタナス (*Platanus orientalis* L.), リンゴ (*Malus pumila* Mill.) (品種ヤマトニシキ), 針葉樹として, キタゴヨウマツ (*Pinus pentaphylla* Mayr.), トドマツ (*Abies Mayriana* Miyabe et Kudo.), イチイ (*Taxus cuspidata* Sieb. et Zucc.), また北海道で越冬している常緑広葉性のものとして, シロバナシヤクナゲ (*Rhododendron fauriae* Franch. var. *roseum* Nakai.), ツルマサキ (*Euonymus radicans* Sieb.) を用いた。さらに暖地性のものとして, ザクロ (*Punica granatum* L.), 八重

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第 553 号

クチナシ (*Gardenia jasminoides* Ellis. var. *grandiflora* Nakai.), 月桂樹 (*Laurus nobilis* L.), 茶 (*Thea sinensis* L.) (品種ヤマトミドリ) を用いた。

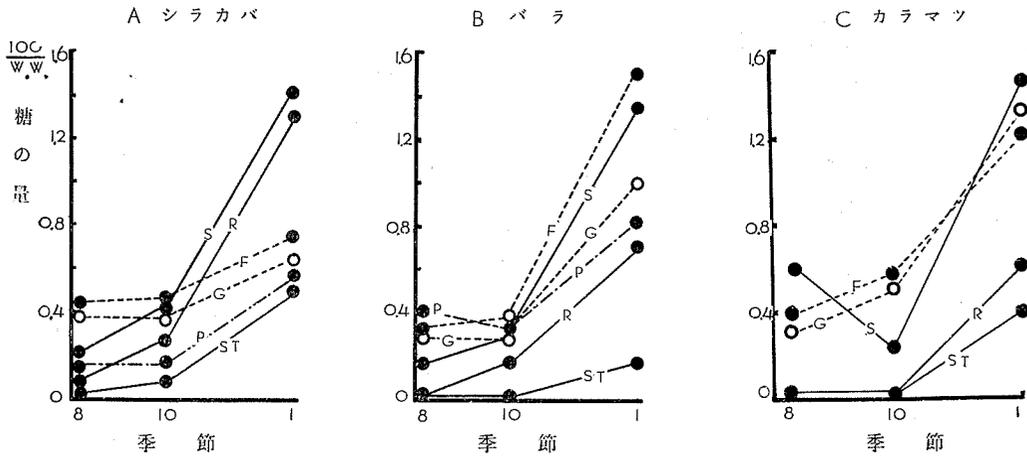
上記の材料中、ザクロ、月桂樹は山形市より、茶は静岡県金谷市より、クチナシは名古屋市より1月下旬送付されたものをいずれも0°C中にて14日間低温処理してから実験に使用した。アカエゾマツとナナカマドは3月1日に、他の材料はいずれも1月10日~30日の間に採集して直に実験に供した。針葉樹と常緑樹は葉を、落葉樹は枝の先端より10~30 cmの部位の皮層部を用いた。

**定量方法** 前報<sup>5)</sup>と同様、枝の皮層部(湿重量で1g宛)をこまかく切つて、乳鉢中で石英砂を用いて80%エタノールでホモグネートを作り、遠沈上清を50°C以下の温度で減圧濃縮してから、エーテルで脱脂後、少量の水を加えてシロップを作り、それをペーパークロマトグラフィに用いた。ピリジンをういた場合には、三糖類や四糖類が十分に溶出できないために溶媒として水を用いた。展開液としてn-ブタノール、氷醋酸、水を4:1:2の容積比に含む液を用いて約15°Cの温度で上昇法で5~7回展開した。濾紙はワットマンのNo.1を用いた。発色剤はアムモニア性硝酸銀溶液、ベンチジン溶液、パラアニシジン燐酸溶液、ジフェニールアミン塩酸溶液等をそれぞれの目的に応じて使用した。糖の同定方法は前報<sup>5)</sup>に基づいた。各糖は分離後、濾紙を切取つて、ビューレットから20 ccの蒸溜水でelutionした後、アンスロン硫酸溶液で発色させて比色定量した。含まれている糖が微量である時には、elutionした20 ccの液を室温で減圧濃縮してから定量に用いた。前にのべたシロップから一定量をとつて、その中の全糖量を予め測り、その量がペーパークロマトグラム上の各スポットに含まれている糖の量の総和に等しいかどうかを常に検討した。糖の量は全て湿重量当りの百分比で現わした。その際、ペントーズはキシロースで、ヘキソーズはグルコースで、三糖類はラフィノーズの量で現わした。植物体の低温処理は枝をビニール布に包んで0°Cで10月5日から10日間行なつた。

### III.

**1. 糖の季節的変動** 8月~1月の間における糖の季節的変動を6種類の木について行なつた結果を第1図A, Bに示した。縦軸は湿重量当りの糖の量(%)を、横軸は季節を示している。

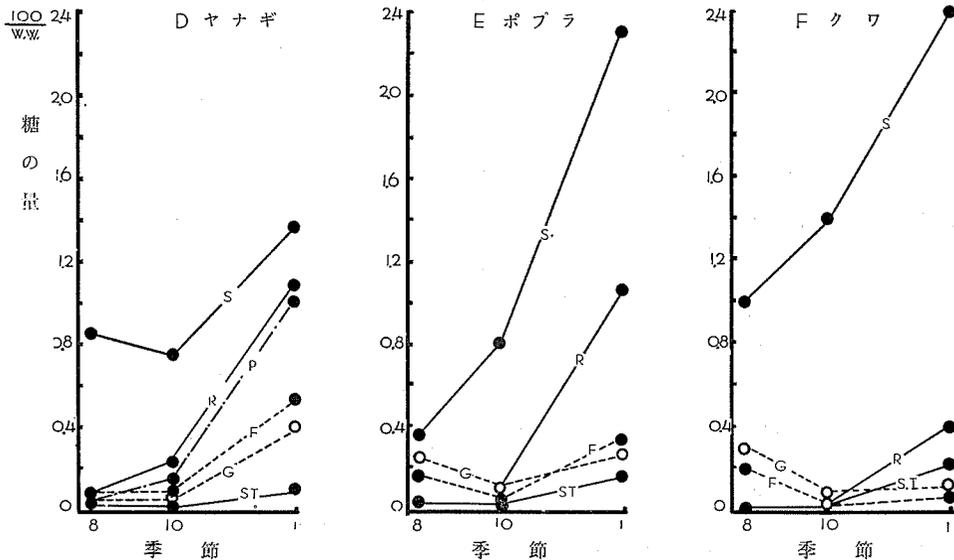
8月15日から10月5日迄の糖の増加は少ないが、10月下旬以降、気温の低下が著しくなるとともに、糖の増加が著しくなる。また木の種類によつて、それぞれの糖の増加傾向は異なつてゐる。10月以降、多くの種類では、ラフィノーズとスタキオースの増加が著しく、サッカロースは10月以降、どの木でも増加する。ポプラ、クワでは全糖量中サッカロースの含有量が特にたかい。ヤナギではペントーズの増加が著しい。バラ、カラマツではグルコースとフルクトースの増加が著しい。



第1図-A 糖の季節的変動

縦軸は湿重量当りの糖の量(%)を示す。直線上の文字は糖の種類を示すもので、S (saccharose), G (glucose), F (fructose), R (raffinose), P (pentoses), ST (stachyose) を示す。

A (*Betula tauschii*), B (*Rosa pendulina*), C (*Larix leptolepis*).

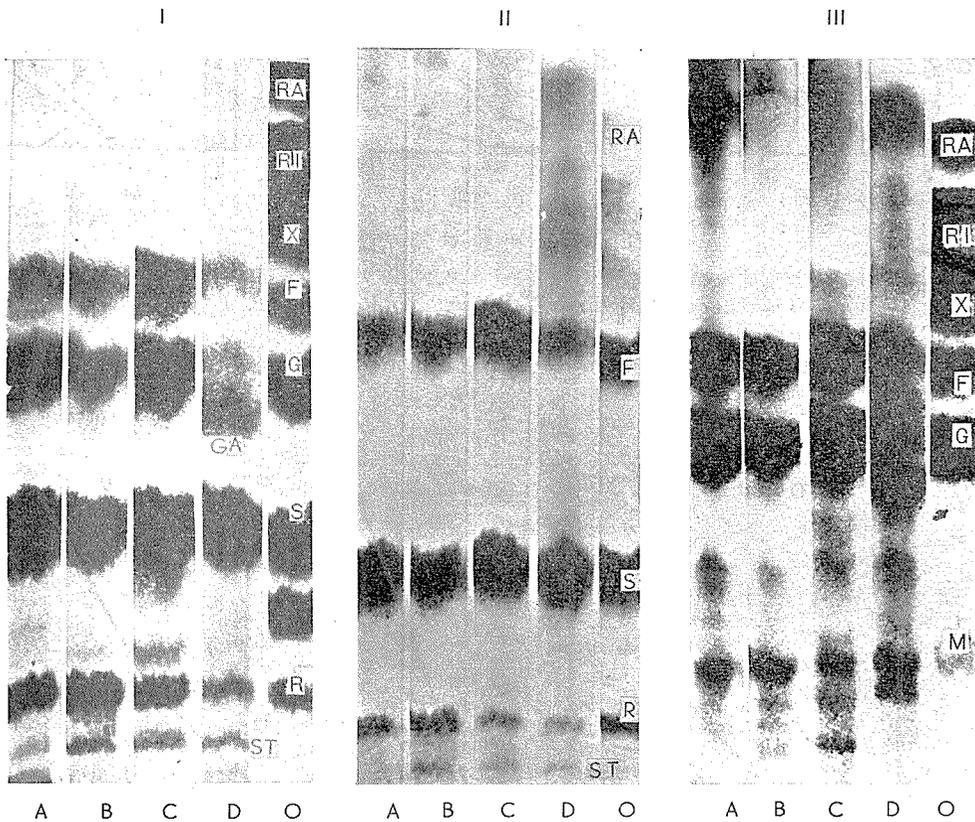


第1図-B 糖の季節的変動

直線上の文字は糖の種類を示すもので、S (saccharose), G (glucose), F (fructose), R (raffinose), P (pentoses), ST (stachyose) を示す。

D (*Salix koriyanagi*), E (*Populus nigra*), F (*Morus bombycis*).

2. 冬における糖のペーパークロマトグラム 第2図にトドマツ(A), ゴヨウマツ(B), プラタナス(C), ツルマサキ(D)のクロマトグラムを示す。第2図のIはベンチジン試薬で発色させたもので、全糖類が発色している。第2図のIIはジフェニールアミン試薬で発色させたものでケトースが発色し、グルコース、マルトース等のアルドースは発色していない。第2図のIIIはアンモニア性硝酸銀溶液で発色させたもので還元糖が強く発色している。下の方にマルトースのかなり強い発色が認められる。



第2図 冬における糖のペーパークロマトグラム (1)

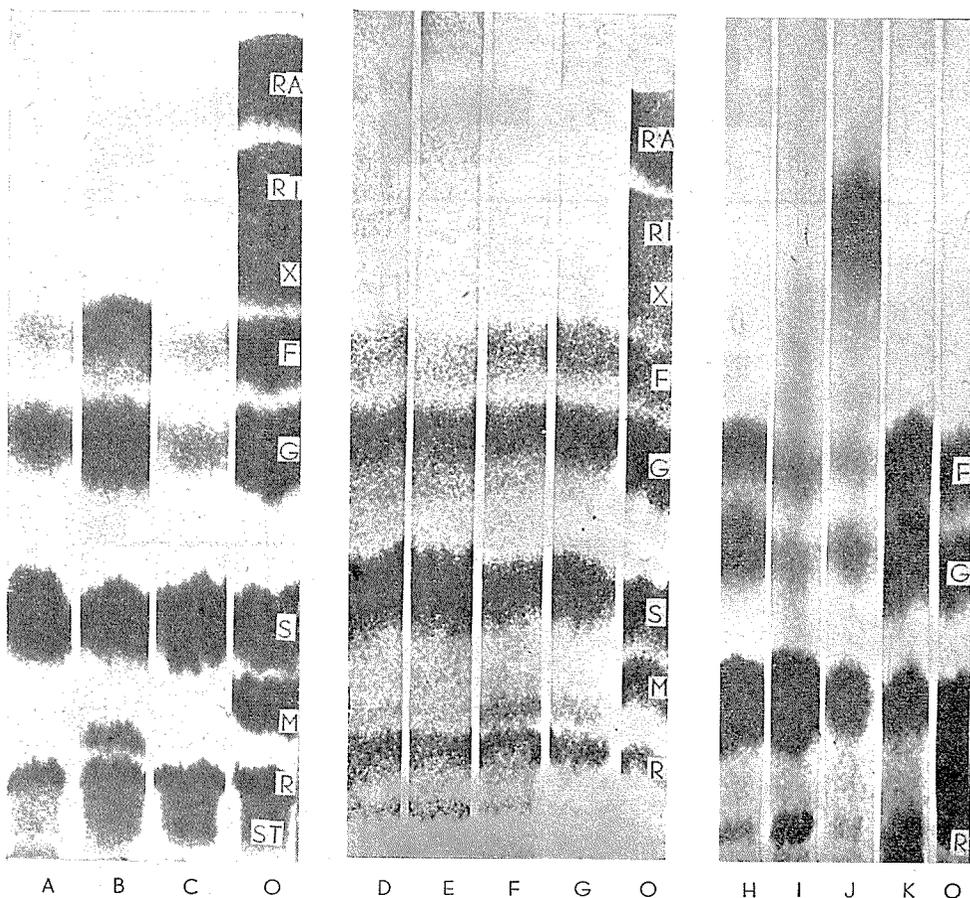
Iはベンチジン試薬で、IIはジフェニールアミン試薬でIIIはアンモニア性硝酸銀溶液で発色させた。

- A: トドマツ (*Abies Mayriana*)
- B: ゴヨウマツ (*Pinus pentaphylla*)
- C: プラタナス (*Platanus orientalis*)
- D: ツルマサキ (*Euonymus radicans*)
- O: 既知物質を展開。

クロマトグラム上の文字は各糖類の存在位置を示す。

- RA (rhamnose), R (ribose), X (xylose), F (fructose), G (glucose),
- GA (galactose), S (saccharose), M (maltose), R (raffinose),
- ST (stachyose).

第3図に11種類の木冬のクロマトグラムを示す。いずれもベンチジン試薬で発色させたものである。



第3図 冬の糖のペーパークロマトグラム (2)

発色剤：ベンチジン試薬。

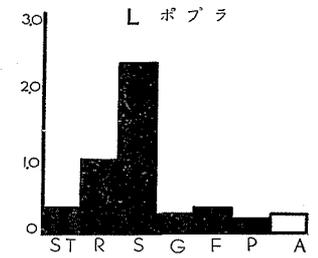
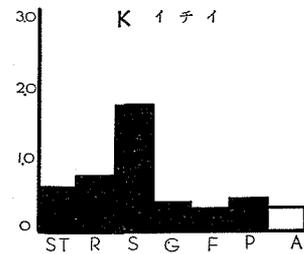
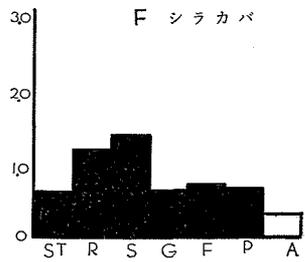
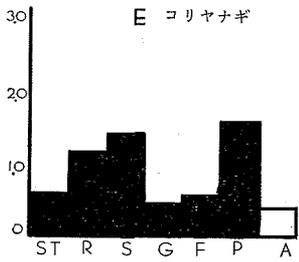
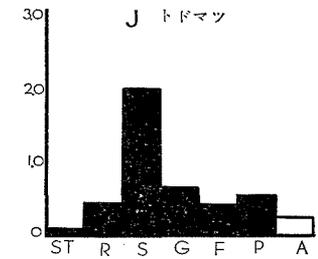
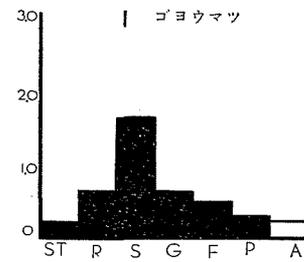
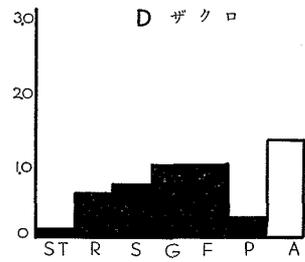
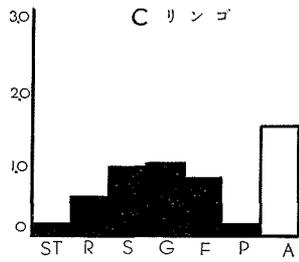
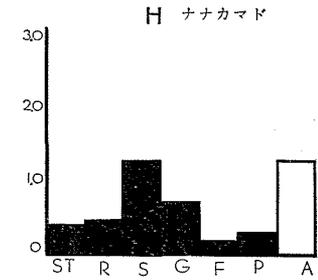
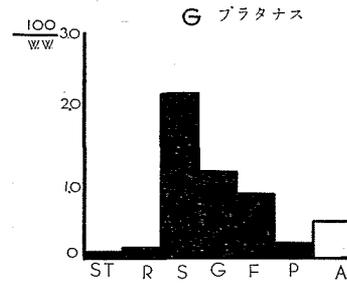
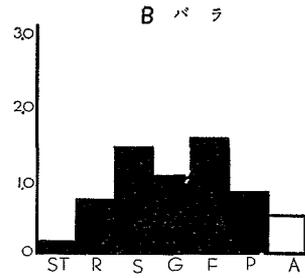
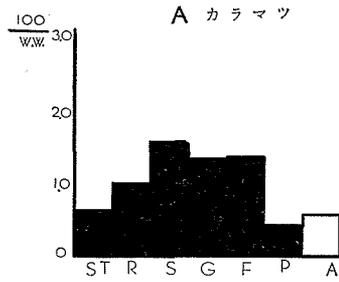
クロマトグラム下の記号は木の種類を示す。

- |   |  |
|---|--|
| A: イチイ ( <i>Taxus cuspidata</i> ),        | B: カラマツ ( <i>Larix leptolepis</i> ),     |
| C: シャクナゲ ( <i>Rhododendron fauriae</i> ), | D: ヤナギ ( <i>Salix koriyanagi</i> ),      |
| E: ポプラ ( <i>Populus nigra</i> ),          | F: シラカバ ( <i>Betula tauchii</i> ),       |
| G: パラ ( <i>Rosa pendulina</i> ),          | H: 月桂樹 ( <i>Lauris nobills</i> ),        |
| I: 茶 ( <i>Thea sinensis</i> ),            | J: クチナシ ( <i>Gardenia jasminoides</i> ), |
| K: ザクロ ( <i>Punica granatum</i> ).        |  |

クロマトグラム上の記号は次の各糖類の存在位置を示す。

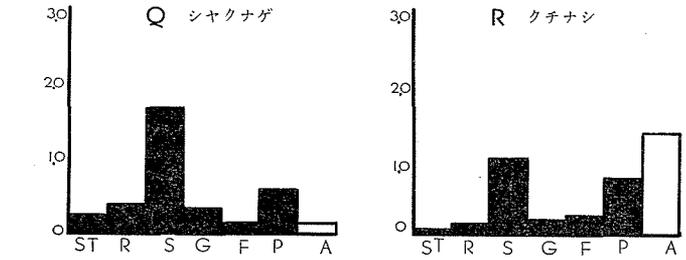
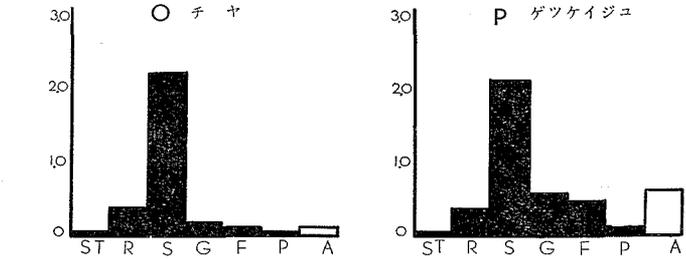
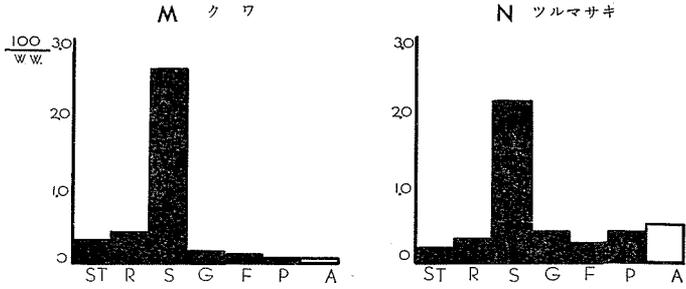
- RA (rhamnose), RI (ribose), X (xylose), F (fructose), G (glucose),  
GA (galactose), S (saccharose), M (maltose), R (raffinose), ST (stachyose).

第4図 I~III は冬における18種類の木皮層部又は葉に含まれている糖の種類とその含有量を示す。縦軸は湿重量当りの糖の量(%)を示し、横軸は糖の種類を示す。なお参考のために横軸の右端(A)に多価アルコールの全含量を示した。



第4図-I 冬における皮層部又は葉の中の各糖の含有量 (1)

第4図-II 冬における皮層部又は葉の中の各種の含有量 (2)



第4図-III 冬における皮層部又は葉の中の各糖の含有量 (3)

第4図-I

- A: カラマツ (*Larix leptolepis*)
- B: バラ (*Rosa pendulina*)
- C: リンゴ (*Malus pumila*)
- D: ザクロ (*Punica granatum*)
- E: ヤナギ (*Salix koriyanagi*)
- F: シラカバ (*Betula tauschii*)

縦軸は湿重量当りの糖の量 (%) を示し、横軸は糖の種類を示す。

ST: stachyose, R: raffinose, S: saccharose, G: glucose, F: fructose, P: pentoses, A: polyhydric alcohols.

第4図-II

- G: プラタナス (*Platanus orientalis*)
- H: ナナカマド (*Sorbus commixta*)
- I: ゴヨウマツ (*Pinus pentaphylla*)
- J: トドマツ (*Abies mayriana*)
- K: イチイ (*Taxus cuspidata*)
- L: ポプラ (*Populus nigra*)

第4図-III

- M: クワ (*Morus bombycis*)
- N: ツルマサキ (*Euonymus radicans*)
- O: 茶 (*Thea sinensis*)
- P: 月桂樹 (*Laurus nobilis*)
- Q: シャクナゲ (*Rhododendron fauriae*)
- R: クチナシ (*Gardenia jasminoides*)

第4図I~IIIから明らかなように、A~Dまでの木の種類はフルクトーズやグルコースのような還元糖の和がサッカロースよりも多く含まれている。E~Iまでの種類では還元糖とサッカロースの含有量には大きな差がない。I~Rの種類ではサッカロースの含有量が還元糖の含有量より多い。また還元糖の含有量と非還元糖の含有量を比較すると、A~Dでは両者の間に差がないか、或は還元糖が僅か多い程度である。E~Rの種類では非還元糖の含有量が多い。なお全多価アルコールの量はナナカマド、リンゴ、ザクロ、クチナシを除けばその含有量は少ない。ラフィノーズ、スタキオースが全糖量の50%以上を占める種類は見出せなかつた。またペントースの含有量はヤナギを除けば多くはない。ペントースの含有量はヤナギでは湿重量当り15%含んでいる。全糖量中、ペントースを20%以上含んでいるのはヤナギとクチナシだけである。

3. 低温処理前後における糖の変動 10月5日に0°Cで10日間低温処理して低温処理前後における糖の変動を調べた。第1表は7種類の木について、低温処理による全糖の増加量の中で占める各糖の割合(%)を示している。低温処理した場合、全糖の増加率は木の種類によって異なるが、約50~110%ましている。低温処理した場合、どの糖が増加するかは木の種類によつて異なつてゐる。しかし、冬にサッカロースの多い種類ではサッカロースの増加が目立ち、還元糖の多いカラマツ、リンゴ、バラでは還元糖がサッカロースと同程度か、またはそれより多く増加している。

第1表 低温処理による糖の変動 (10月5日)

糖の種類	木の種類						
	バラ ( <i>Rosa pendulina</i> )	ポプラ ( <i>Populus nigra</i> )	コリヤナギ ( <i>Salix koriyanagi</i> )	カラマツ ( <i>Larix leptolepis</i> )	シラカバ ( <i>Betula tauschii</i> )	クワ ( <i>Morus bombycis</i> )	リンゴ ( <i>Malus pumila</i> )
stachyose	3.4*	3.7	0.8	0	8.8	0.2	0.4
raffinose	7.7	13.3	2.3	3.1	20.6	1.9	0
maltose****	-1.2 (減少)	5.1	2.7	0.7	6.8	-0.3 (減少)	5.3
saccharose	39.7	74.5	52.5	44.5	26.0	81.0	24.0
glucose	17.6	7.5	6.6	34.0	16.8	5.4	30.9
fructose	20.6	4.8	3.3	20.7	19.4	6.5	27.0
pentoses	11.4	-8.5	30.3	-0.2	4.4	0.3	12.1
増加した糖の量 (湿重量当りの%)	0.98**	1.66	0.96	1.10	1.53	1.74	1.00
増加率(%)	53.8****	112.0	53.5	75.4	62.0	93.6	70.0

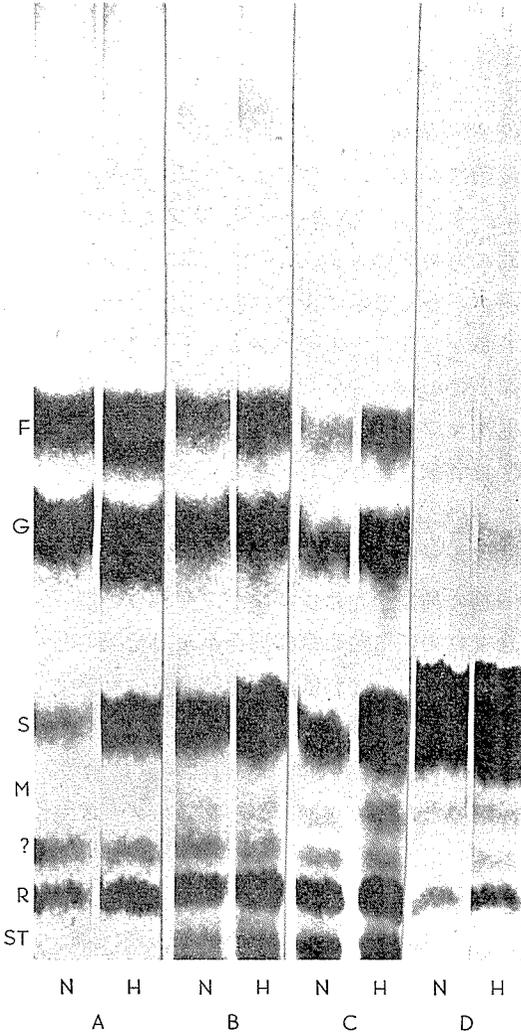
\* 低温処理による糖の増加量の中で占める各糖の割合(%)

\*\* 低温処理による増加量の湿重量当りの割合(%)

\*\*\* 低温処理による糖の増加率(%)

\*\*\*\* マルトースとその下に認められる未同定の糖を加えた量  
低温処理は0°Cで10日間行なつた。

第5図にその際のカラマツ (A), パラ (B), シラカバ (C), クワ (D) についての糖のクロマトグラムを示す。

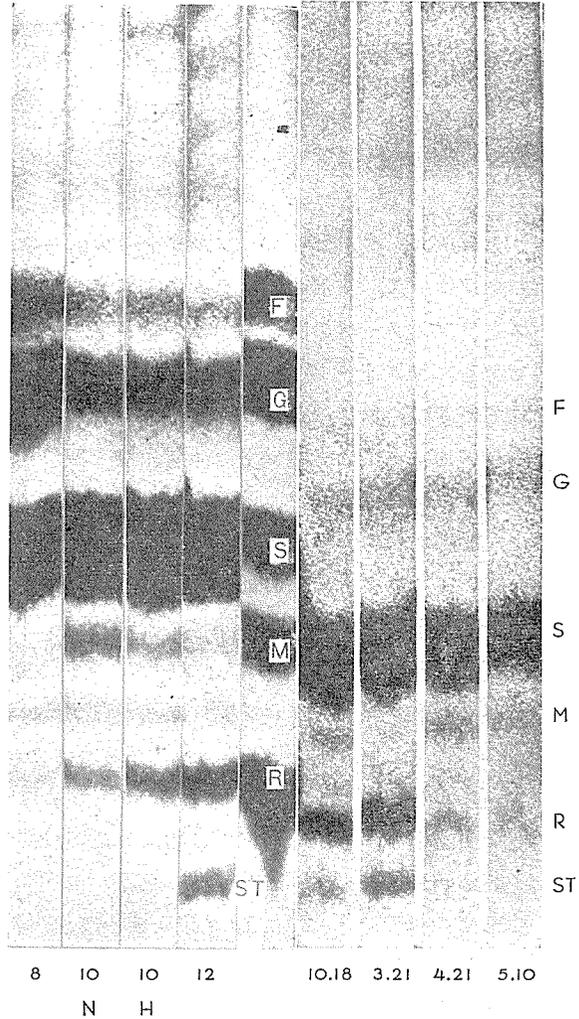


第5図 低温処量前後における糖のペーパークロマトグラム

- A: カラマツ (*Larix leptolepis*)
- B: パラ (*Rosa pendulina*)
- C: シラカバ (*Betula tauschii*)
- D: クワ (*Morus bombycis*)

Nは低温処理前, Hは低温処理後のクロマトグラムを示す。

F (fructose), G (glucose), S (saccharose), M (maltose), R (raffinose), ST (stachyose), ? (未同定の二糖類)。



第6図 クワの皮層部の各時期における糖のペーパークロマトグラム

クロマトグラムの下に数字は季節を示す。

Nは低温処理前

Hは低温処理後を示す

F (fructose), G (glucose), S (saccharose), M (maltose), R (raffinose), ST (stachyose)。

4. ラフィノーズとスタキオーズの変動 第6図のクワの皮層部のクロマトグラムから判るように、ラフィノーズは8月中旬頃(枝の伸長停止期)にすでに存在している。

スタキオーズは10月中旬に初めて現われ、4月下旬に消失している。

#### IV.

19種類の木本類の皮層部や葉の中に含まれている糖を調べたが、木の種類によつて含まれている糖の種類はあまりちがわない。また季節的な変動においても、ラフィノーズ、スタキオーズを除けば含まれている糖の種類は殆んど変らない。冬には、スタキオーズ、ラフィノーズ、サッカロース、グルコース、フルクトースはどの種類にも共通に含まれている。量的に少ないが、キシロース、リボース、ラムノース等のペントースが多くの木に含まれている。サッカロースとラフィノーズの間に2つのスポットが認められるが、その上の方のスポットがマルトースである。マルトースであるという同定は前報<sup>5)</sup>においてのべた。マルトースは多くの木に含まれているが、殊に秋と春にその含量が多い。しかし、マツ類は秋でもその含量が少ない。マルトースのすぐ下のスポットは非還元性二糖類で  $R_f$  は乳糖と大体同じであるが現在未同定である。この糖はカラマツ、シラカバ、プラタナス等に多い。ガラクトースは遊離の形では植物体に痕跡的にしか含まれていないといわれているが、ツルマサキではグルコースより多量に含まれている。かように木の種類によつて含まれている糖の種類之差は少ないが、それらの糖の含有割合は木の種類によつて非常に異なっている。含まれている糖の構成割合から還元糖型と非還元糖(サッカロース、ラフィノーズ、スタキオーズ等)型に分ければ、還元糖が多いカラマツ、バラ、リンゴ、ザクロを除けば他の種類はいずれも非還元糖型に属する。またサッカロースが含有糖類の中で約50%を占めているサッカロース型と還元糖型と両者がほぼ同量に含まれている中間型にも分類出来る(第2表)。さらに還元糖型とサッカロース型とラフィノーズ型にも分類出来る。しかし、どの分類にしたがつても、糖の構成割合と耐凍性の間には一般的傾向を認めがたい。

季節的な変動では一般に10月以降糖の増加が著しい。札幌で越冬している落葉性の木では、8月中旬~下旬頃伸長を停止するものが多い。伸長停止前においては、木の皮層部には澱粉の含有量が少なく、伸長停止後、皮層部の水分減少と平行して澱粉の蓄積が著しくなり、9月中旬頃、澱粉が最大値になる場合が多い。この頃には可溶性糖類は夏と比較してあまり変わらないでむしろ減少している木もある。9月中旬以降から、10°C以下の低温がおとずれるようになって始めて澱粉が可溶性糖類に変る。0°C又はそれ以下の気温がつづくようになる11月中旬以降、可溶性糖類の増大は著しくなり、皮層部では糖類の量は11月下旬に最大値に達する。

測定値はいずれも湿重量当りの量があらわしたが、前報<sup>5)</sup>でも述べたように、湿重量であらわした場合、木の皮層部に含まれている不溶性部分(繊維)の量が夏から秋にかけて増加するので、湿重量から不溶性の部分の重量を差引いた値当りの湿重量で糖の量をあらわす方が合理的である。同一種の木について、異なつた季節の間の糖の変動と耐凍性の関係や、或は、異な

第2表 糖の構成割合と耐凍性の関係 (1月)

	木の種類	糖の種類				全糖量 (湿重量当) %	枝又は葉の耐凍性の大きさ (1日間凍結) °C	枝の皮層細胞の耐凍性の大きさ (1日間凍結) °C
		ラフィノーズ スタキオース	サツカ ローズ	グルコース フルクトース	ペ ン ト ー ズ			
還元糖型	カラマツ	18*	29*	47*	8*	5.3	-30****	-30****
	バラ	17	25	46	15	5.3	-28	//
	リンゴ	14	25	46	7	3.2	-25	//
	ザクロ	20	20	55	6	3.5	-15	-20
サツカ ローズ型	ポプラ	30	49	15	7	4.7	-30	-30
	**イチイ	32	46	11	11	4.3	//	-
	**トドマツ	12	48	26	14	4.0	-27	-
	**シャクナゲ	19	47	16	16	4.7	//	-
	クワ	18	65	13	3	4.3	-25	-30
	**ツルマサキ	14	55	19	11	3.8	//	-
	**月桂樹	12	57	29	3	3.6	-15	-
	**茶	13	74	10	3	3.3	//	-
**クチナシ	10	40	16	32	2.5	-12	-	
中間型	コリヤナギ	35	26	19	20	5.4	-30	-30
	シラカバ	35	27	27	12	5.3	//	//
	**ゴヨウマツ	22	37	26	14	4.0	-27	-
	***ナナカマド	26	37	29	9	3.5		-
	ブラタナス	7	47	42	5	4.8	-25	-30

\* 各糖の構成割合 (%)

\*\* 葉を使用

\*\*\* ナナカマドは3月1日に採集。他のものは1月採集

\*\*\*\* 1日間の凍結に害なしに耐えうる最低温度を示す

つた種の間で糖の量と耐凍性の関係を比較する場合には、うゑに述べたような表示法をとる方が合理的がある。しかし、不溶性物質の量を測ることは可成り面倒であるし、測定個体数が多かつたために、今回はやむなく湿重量当りで糖の量をあらわした。

人工的低温処理はどの種類も10月5日に0°Cで10日間行なつた。木の種類によつて低温処理による糖の量の増大は可成り異なつてゐる。この原因の1つとして、木の種類によつて発育のstageが異なつてゐるので、同一条件で低温処理しても、反応のしかたが異なつてゐることが考えられる。

柏田(1954)<sup>9),7)</sup>は桑の枝や根の生長停止期、種子及び芽の未発芽時に、ラフィノーズやスタキオースが存在し、これらの組織の活動が開始されるとすぐこれらの糖が消失するので、これらの糖の消長が生理的活動と密接な関係にあると報告している。最近同様なことが、Parker(1958, 1959)<sup>9),9),10)</sup>, Jeremias(1958)<sup>11)</sup>等によつて報告されている。著者の結果ではラフィノー

ズは量的には少ないが、夏にも存在している。また生長停止の早いシラカバ、バラでは夏でもかなりのラフィノーズが含まれている。スタキオーズは木の冬仕度の準備が完了して冬型に移行する前に始めて現われ、冬型から春型に移行する前に消失する。したがって、スタキオーズの存在はラフィノーズよりも耐凍性の大きさや発育 stage の 1 つの指標となる。しかし、そのことから直に Parker<sup>10)</sup> のいうようにラフィノーズやスタキオーズが耐凍性増大に対して、他の糖よりも効果的に作用しているとはいえない。ラフィノーズやスタキオーズのような三、四糖類は単糖類や二糖類よりも凍害に対する保護効果が小さい<sup>12)</sup>、また、人工的に低温処理した場合に、耐凍性が著しく増加する時でも、これらの糖の増加量が小さいことも上の事柄を裏付けている。

糖の増大が耐凍性増大に直接関係していることについてはすでに明らかにした<sup>4), 12)</sup>。また、前にもしばしば報告したように、同一種内の耐凍性の大きさと滲透濃度の間には完全な平行関係が認められるが、異種間の耐凍性の大きさの差を滲透濃度だけで説明出来ない場合が多い。この場合、細胞の滲透濃度は細胞内の水、糖、多価アルコール、無機電解質等の量によつてきまる。しかし、電解質やアミノ酸の量は季節的変動もその含有量も少ない<sup>13)</sup>。また多くの木では多価アルコールの含量<sup>14)</sup>は一般に少ない。したがって、滲透濃度は大体細胞内の水と糖の量によつてきまるものと考えてもさしつかえない。亜熱帯性の耐凍性の小さいものから、寒帯性のものまで含めて、いろいろな木の皮層細胞の耐凍性の大きさと滲透濃度を調べた結果\*、耐凍性の大きい木は一般に滲透濃度もたかいが、滲透濃度のたかい種類が必ずしも耐凍性が大きいとは限らない。もしも耐凍性の大きさが、糖濃度のみによつて支配されるならば、異種間の耐凍性の大小も細胞の糖濃度だけで決定されるはずであるが、実事はそうでない。植物の場合、糖は凍害に対して大きな保護効果を示すが<sup>12)</sup>、冬のように耐凍性の変化が少ない時でも、異種間の耐凍性の差が、糖濃度だけで説明出来ないのは、糖のように保護的に作用をする物質の濃度或は量からのみこの問題を考察しているためかも知れない。細胞外凍結状態で、細胞内が脱水されている時、細胞に保護的に作用する物質と逆に有害に作用する物質とを考慮に入れて、両者のかねあいにおいて考察すればこの問題はある程度説明出来るようになるかもしれない。

### 摘 要

耐凍性と糖との関係を明らかにするために、耐凍性の異なる 18 種類の木を用いて季節や人工的低温処理によつて糖の種類とその量がどのように変わるかをペーパークロマトグラフィーで調べた。

1. 木の種類によつて含まれている糖の種類には殆んど差がない。またラフィノーズとスタキオーズを除けば季節的にも糖の種類には殆んど差がない。冬季に含まれている糖はサッカロース、グルコース、フルクトース、マルトース、ラフィノーズ、スタキオーズ、キシロース、リボース、ラムノース、ガラクトース等である。

\* 未発表。

2. 木の種類によつて含まれている糖の量の割合は著しく異なる。グルコースとフルクトーゼの多い還元糖型とサッカロースが多いサッカロース型及び両者の中間型の3つの型がある。ラフィノースとスタキオースが全糖量の半分以上を占める種類はなかつた。三つの型と耐凍性の間には一般的関係が認められがたい。

3. 低温処理した場合、糖は処理前よりも50~100%増加する。その場合、木の種類によつて、糖の増加量が異なつている。還元糖型ではグルコースとフルクトーゼが、サッカロース型ではサッカロースの増加が著しい。

4. ラフィノースとスタキオースは生長停止期においてのみ多量存在しているので、これらの糖、殊にスタキオースの含有量は木の發育 stage, 耐凍性の大きさや生理的活動状態の1つの指標となる。しかし、これらの糖が他の糖よりも耐凍性増大に対してより大きな役割を果しているとは考えがたい。

#### 文 献

- 1) 酒井 昭 1956 植物における耐凍性増大と外囲温度. 低温科学, 生物篇, **14**, 7.
- 2) 酒井 昭 1957 木本類の耐凍性増大過程 I. 耐凍性増大と糖類及び水溶性蛋白質の関係 (1), 低温科学, 生物篇, **15**, 17.
- 3) 酒井 昭 1958 木本類の耐凍性増大過程 II. 耐凍性増大と糖類及び水溶性蛋白質の関係 (2), 低温科学, 生物篇, **16**, 23.
- 4) 酒井 昭 1959 木本類の耐凍性増大過程 III. 耐凍性増大と低温の作用, 低温科学, 生物篇, **17**, 29.
- 5) 酒井 昭 1960 木本類の耐凍性増大過程 VI. 糖類の季節的変動. 日本林学会誌, **42**, 97.
- 6) 柏田 豊 1954 桑の炭水化物に関する研究 I. 桑における Raffinose, Stachyose の存在とその消長. 日蚕誌, **23**, 325.
- 7) 柏田 豊 1955 桑の炭水化物に関する研究 II. 桑条の遊離糖の時期的変動. 日蚕誌, **24**, 76.
- 8) Parker, J. 1958 Changes in sugars and nitrogenous compounds of tree barks from summer to winter. Naturwiss., **45**, 139.
- 9) Parker, J. 1959 Seasonal variations in sugars of conifers with some observations on cold resistance. Forest Science, **5**, 56.
- 10) Parker, J. 1959 Seasonal changes in white pine leaves: a composition of cold resistance and free-sugar fluctuations. Bot. Gaz., **121**, 46.
- 11) Jeremias, K. 1958 Über den Jahresgang einiger Zucker in den Blättern von Hedera Helix L. Planta, **52**, 195.
- 12) 酒井 昭 1960 木本類の耐凍性増大過程 IX. 糖類の凍害に対する保護作用. 低温科学, 生物篇, **18**, 23.
- 13) Pisek, A. 1950 Frosthärte und Zusammensetzung des Zellsaftes bei Rhododendron ferruginium, Pinus cembra und Picea excelsa. Protoplasm, **39**, 129.
- 14) 酒井 昭 1960 木本類の耐凍性増大過程 VIII. 耐凍性と多価アルコールとの関係. 低温科学, 生物篇, **18**, 15.

### Résumé

In order to clarify the relation of sugar content to frost hardiness, the twig bark or leaf of 18 species of woody plants were analyzed paper chromatographically for sugars at different times of year.

1) A comparison of bark or leaf taken from different species revealed no significant qualitative variations in sugars. In winter chromatograms of sugar from bark samples or leaves showed the presence of stachyose, raffinose, maltose, saccharose, glucose, fructose, xylose, ribose, rhamnose and an unidentified sugar (Fig. 2, 3, 4).

2) The proportion of content of various sugars in bark and leaf showed considerable variations in the 17 different species (Fig 4). It seems that, however, there is not any intimate correlation between the rate of sugar composition in bark samples or leaves and their frost hardiness (Table 2).

3) In both natural and artificial frost hardening of a tree, the increase in frost hardiness of twig bark or leaf is intimately proportional to that of its sugar content. At any stage of frost hardening, the degree of effectiveness of each kind of sugar in increasing frost hardiness differs according to species (Fig. 1).

4) If each twig of six species was artificially chilled at 0°C for 10 days in early October, when the artificial hardening is remarkably effective, the total sugar content in all bark samples of these twigs increased by 50~110% (per wet weight) over that of the untreated twigs in various species. In such a case, there was a marked increase in sucrose, glucose and fructose, but not in raffinose and stachyose (Table 1, Fig. 5).

5) With the deceleration of the process of growth, in the bark of the mulberry tree, raffinose appeared in middle August and stachyose in middle October. They increased towards the colder months, but showed a marked decline in April; stachyose was not detectable in late April and raffinose in late May (Fig. 6). Therefore, fluctuations of the content of two sugars, especially of stachyose, are available as an index of the degree of physiological activity and frost hardiness in plant cells. However, even in winter, the quantity of raffinose does not amount to 40% (per wet weight) of total sugar content at all twig or leaves of the 18 species. Besides, in an artificial frost hardening in plant tissue, the increase of raffinose is far less than that of sucrose, glucose and fructose (Table 1). In addition, the effect of raffinose to increase the frost resistance is less than that of sucrose, and glucose<sup>12)</sup>. From these facts, it may not be likely that raffinose and stachyose play any more important part in enhancing frost hardiness than the other sugars, especially sucrose, glucose and fructose, in many species of woody plant.