HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ポプラの糖燐酸エステル含有量と生活相の関係　II
Author(s)	匂坂, 勝之助
Citation	低温科學. 生物篇, 29, 19-28
Issue Date	1972-02-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17779
Type	departmental bulletin paper
File Information	29_p19-28.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Shonosuke SAGISAKA 1971 Sugar Phosphate Levels in Bark and Xylem and their Relation to the Life Process in Poplar trees. *Low Temperature Science, Ser.* ***B, 29.*** (With English Summary p. 27)

ポプラの糖燐酸エステル含有量と生活相の関係* II**

匂坂勝之助
(低温科学研究所)

(昭和46年9月受理)

I. 緒　　言

前報[1]に続いてポプラの糖燐酸エステルを定量した結果を報告する。前報では，越冬中のポプラと開芽期のものを比較することが主な目的であった。この報告では，ポプラの落葉期である10月から開芽後の伸長が活発である6月までの全期間にわたって分析試料を調製して前報[1]を補足・充実することにつとめた。同時に，分析結果に再検討を加えたので前報の結果の一部を訂正して記載した。また，定量対象は六炭糖モノ燐酸以外にG3AP, E4P, R5P, FDPおよびS7Pにまでひろげた。従って，E4PとR5Pの定量方法についても述べた。

本文で次の略号を用いた。PFK, ホスホフラクトキナーゼ; G6P, グルコース6-燐酸; F6P, フラクトース6-燐酸; G1P, グルコース1-燐酸; 6PGLU, 6-ホスホグルコン酸; GA3P, グリセルアルデヒド3-燐酸; E4P, エリスロース4-燐酸; R5P, リボース5-燐酸; FDP, フラクトース1,6-ジ燐酸; S7P, セドヘプチュロース7-燐酸; G6PDH, グルコース-6-燐酸脱水素酵素; 6PGDH, 6-ホスホグルコン酸脱水素酵素; PGI, ホスホグルコースイソメラーゼ; TIM, 三炭糖燐酸イソメラーゼ; GDH, α-グリセロ燐酸脱水素酵素; PGM, ホスホグルコムターゼ; TK, トランスケトラーゼ; TA, トランスアルドラーゼ; Oct8P, オクチュロース8-燐酸。

II. 材料と方法

材料: ポプラ (*Populus gelrica* と *Populus nigra*) は圃場に生育しているもので，直径1～1.5 cmの枝を分析の都度採取した。糖燐酸エステルの抽出と濃縮は前報[1]の通りである。主な酵素と試薬はBoehringer u. Soehne GmbH製であるが，PFKはSigma Chemical Co. 製を用いた。

方法: 定量法 1) G6P, F6PおよびG1P。反応液は3 ml中に次のものを含む: トリス-塩酸緩衝液，pH 7.6, 150 μmole, $MgCl_2$ 30 μmole, TPN^+ 0.25 μmoleおよび検液。定量は最初にG6PDHを加えてG6Pを測定し，ついでPGIを加えてF6Pを，最後にPGMを加えてG1Pの順序に行なった。

2) 6PGLU。1)と同様の反応液を別に調製し，6PGDHを用いて定量した。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第1161号

** 低温科学, 生物篇, **28**, 43-48 (1970) を (I) とする。

3) GA3P。TIM と GDH 用いて定量した。反応液組成は次の通りである：トリス-塩酸緩衝液 pH 7.2, 150 μmole, $MgCl_2$ 30 μmole, DPNH 約 0.1 μmole, GDH 3.2 単位, TIM 4.8 単位, EDTA 4 μmole, 全容 3.0 ml。

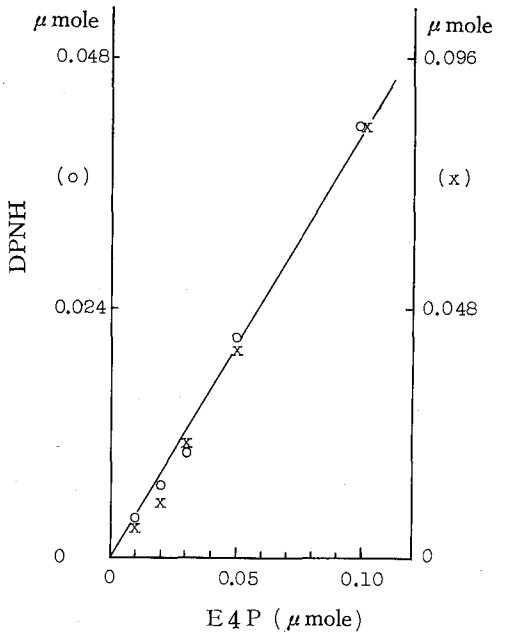
4) E4P。次の反応式 (1) によって E4P[2] を定量した。TA は (2) の反応も接触するが (1) より

$$F6P+E4P \xrightarrow{TA} +S7P+GA3P \qquad (1)$$

$$F6P+R5P \xrightarrow{TA} Oct8P+GA3P \qquad (2)$$

はるかに遅いので[3]，E4P の定量を妨害しないと考えられる。反応液は GA3P 定量系と同じで，GA3P の定量が終ってから F6P 2.5 μmole と TA[4] 0.33 mg (活性；0.05 μmloe GA3P/分) を加えて DPNH の減少量を測定した。

第 1 図に市販の E4P を用いて得た感量曲線を示した。一定量の E4P 溶液を用いて得た 9 分後および 30 分後の反応結果を示した。反応は引続き徐々に進行し，完結に数時間を要すると思われる。従って，同一条件で定量を行なって，9 分あるいは 30 分後の標準曲線と比較して E4P を定量する方法をとった。TA を用いた E4P 定量の実例は未だ見当らない。



第 1 図 E4P 添加量と DPNH 消費量の関係
○, 9 分間反応；×, 30 分間反応

5) R5P。次の反応式 (3) を用いて五炭糖燐酸エステル類 (ザイリュロース 5-燐酸 (Xu5P) リュブロース 5-燐酸 (Ru5P) および R5P の三種を対象とした) の定量を試みた。

$$Xu5P+R5P \xrightarrow{TK} S7P+GA3P \qquad (3)$$

$$F6P+R5P \xrightarrow{TK} S7P+E4P \qquad (4)$$

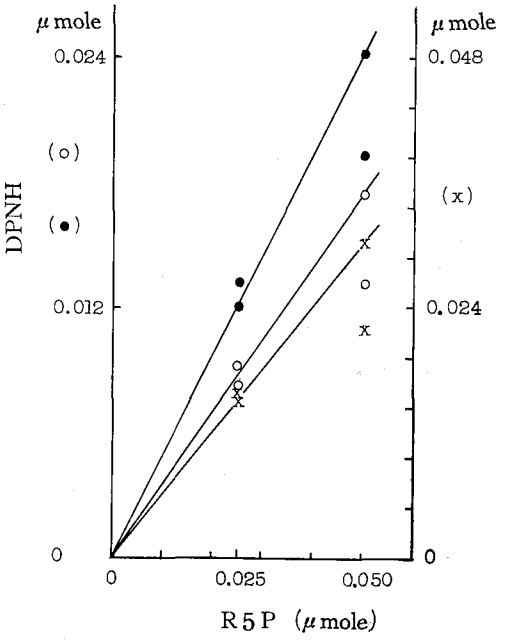
$$E4P+F6P \xrightarrow{TA} S7P+GA3P \qquad (5)$$

反応混液は GA3P と E4P の定量の終了したものをそのまま用いたのでこれら燐酸エステルはすでに系から除かれている。従って，反応混液に TK[5] 0.54 mg (活性 0.05 μmole/分)，Xu5P エピメラーゼ[6] 1.6 mg (活性：0.008 μmole/分以上) およびリボース燐酸イソメラーゼ[7] (R5P ケトール-イソメラーゼ) 1.26 mg (活性：0.07 μmole/分以上) を加えて，式 (3) の進行にともなう GA3P の生成量を DPNH の減少量として測定して R5P 量を求めた。

第 2 図に標準試料を用いて得た成績を示した。この場合も E4P の場合と同様に反応終了

に長時間を要するが，糖の燐酸エステル混液から低濃度の R5P 等 (10^{-5}～10^{-6} M) を定量する良い方法のない現在ではこれは避け得ないことと思われる。簡単化のために検液による約 60 分反応後の DPNH 消費量を同一条件で求めた標準試料の成績と比較して近似値が得られる。

TK による反応は式 (3) と共に (4) が進行する。この場合に生成した E4P は式 (5) によって GA3P を与えるから DPNH 消費量にこの数値が入っている。式 (3) では五炭糖燐酸エステル 2 モルから 1 モルの GA3P を与えるが式 (4) と (5) からは 1 モルから 1 モルの GA3P が生成する。これは TK と TA の活性の比によって大き支配される傾向を示すが，エピメラーゼとイソメラーゼも TK 活性等を有するから使用した酵素標品によって標準物質の定量値が異なった。



第 2 図　R5P 添加量と DPNH 消費量の関係
○, 60 分間反応；●, 100 分間反応；
×, 145 分間反応

6) FDP。FDP アルドラーゼ活性の測定法[8]を FDP の定量に用いた。反応液組成は次の通りである。反応液組成：トリス-塩酸緩衝液 pH 7.7, 60 μmole, MgCl 12 μmole, EDTA 4 μmole, DPNH 約 0.1 μmole, GDH 3.2 単位，TIM 4.8 単位，アルドラーゼ 0.9 単位，分析試料および水を加えて全容 2.5 ml。

7) S7P。ホスホフラトキナーゼを用いる方法[9]で定量した。

III. 結　　果

P. gelrica 靱皮部の糖燐酸エステル濃度

第 1 表に 10 月から 6 月までの期間における靱皮部中の G6P, F6P, G1P および 6PGLU の濃度を示した。G6P の濃度は越冬中が最も高く秋あるいは春のおよそ 2～2.5 倍ととなっていて F6P も同様の傾向を示している。G1P は著しい変化を示さない。また，6PGLU は開

第 1 表　*P. gelrica* 靱皮部の糖燐酸エステル濃度

採取月日	G6P	F6P	G1P	6PGLU	採取月日	G6P	F6P	G1P	6PGLU
	(mM)*					(mM)*			
10/15	0.20	0.04	0.01	0.02	2/23	0.38	0.10	0.02	0.02
11/24	0.16	0.05	0.01	0.01	3/17	0.33	0.07	0.01	0.01
11/27	0.28	0.08	0.02	0.07	4/14	0.26	0.05	0.01	0.02
12/18	0.27	0.08	0.02	0.02	4/30	0.27	0.05	0.02	0.02
1/28	0.21	0.05	0.01	0.01	6/11	0.15	0.04	0.01	0

*　小数第 3 位で四捨五入した

芽時期に消失するが，秋から早春にかけて 10^{-5} M の濃度水準にある。前報[1]で述べたように，糖燐酸エステルの回収率は60%であるから圃場で越冬中の *P. gelric* 靱皮部の G6P 濃度は約 $5\sim7\times10^{-4}$ M であり，F6P は $0.8\sim1.3\times10^{-4}$ M である。G1P は 2×10^{-5} M で 6PGLU と同じ水準である。

第2表 *P. gelrica* 靱皮部の糖燐酸エステル濃度

採取月日	FDP	GA3P	E4P	R5P	S7P*	採取月日	FDP	GA3P	E4P	R5P	S7P*
	(mM)						(mM)				
10/15	0.004	0.004	0.003	0	0.042	2/23	0.016	0.009	—	0.014	0.104
11/27	0.006	0.030	0.010	0	0.022	3/17	0.006	0.004	0.008	0.011	0.230
12/18	0.006	0.013	0.008	0.005	0.056	4/14	0.023	0.008	0.017	0.006	0.128
12/19	—	—	—	0.008	—	4/30	0.006	0.009	0	0.008	0.204
1/28	0.007	0.002	0.005	0.008	0.010	6/11	0.006	0.010	0.009	0	0.070

* 定量液組成 (μmole として)：試料溶液：トリス塩酸緩衝液, (pH 7.6) 250；EDTA, 4；$MgCl_2$, 12；TPN, 0.25；G6PDH, 2.8 単位；PGI, 3.9 単位 (以上は G6P と F6P を除く系)；DPNH, 0.1；GDH, 3.2 単位；TIM, 4.8 単位 (GA3P 等を除く系)；ATP, 0.5；PFK, 6 単位；及びアルドラーゼ, 1.8 単位 この組成から PFK (ATP) を除いた系の DPNH 消費量を別に求め，両者の差を S7P 量とした

第2表に FDP などの濃度を示した。秋から春までの期間内の PFD の濃度は回収率 (60%) を考慮するとおよそ 10^{-5} M で，開芽前に濃度の高まる可能性がある。GA3P の濃度は $10^{-6}\sim10^{-5}$ M にわたっており落葉後と開芽前後に高い傾向を示すように思われる。E4P は10月から6月までの全期間にわたって検出可能で $10^{-6}\sim10^{-5}$ M の濃度を示した。R5P などの五炭糖燐酸エステルは12月から4月まで $10^{-6}\sim10^{-5}$ M の濃度を示したが，秋および春の開芽後の靱皮部からは検出出来なかった。S7P の濃度は G6P と F6P の中間を示し早春に高まる。

P. nigra 靱皮部の糖燐酸エステル濃度

第3表に *P. nigra* の靱皮部の分析結果を示した。G6P, F6P, G1P, 6PGLU などの時期的な濃度の変化と濃度水準は *P. nigra* で得た結果とほとんど同じと言えよう。*P. nigra* では

第3表 *P. nigra* 靱皮部の糖燐酸エステル濃度

採取月日	G6P	F6P	G1P	6PGLU
	(mM)			
10/21	0.33	0.06	0.02	0.02
11/17	0.29 0.26	0.06 0.06	0.02 0.01	0.05 0.05
12/22	0.39	0.10	0.02	0.04
12/23	0.26	0.07	0.02	0.05
1/28	0.27	0.07	0.02	0.03
2/28	0.33	0.07	0.02	0.02
3/17	0.48	0.11	0.02	0.02
4/16	0.39	0.09	0.03	0.04
5/8	0.20	0.06	0.01	0
6/8	0.16	0.04	0.01	0

第4表 *P. nigra* 靱皮部の糖燐酸エステル濃度

採取月日	FDP	GA3P	E4P	R5P	S7P
	(mM)				
10/21	0.004	0.003	0.020	0.017	0.026
11/17	—	0.030	—	—	—
12/22	0.009	0.012	0.010	0.010	0.092
12/23	—	0.030	0.010	0.008	—
1/28	0.006	0.004	0.005	0.016	0.072
2/28	0.010	0	0.027	0.019	0.086
3/17	0.004	0.005	0.005	0.007	0.162
4/16	0.016	0.050	0.032	0.037	0.384
5/8	0.008	0.016	0.010	0.004	0.148
6/8	0.010	0.008	0.030	0	0.140

6PGLU が *P. gelrica* より高い濃度を示すが，開芽にともなって消失することは両者で同様におこる。FDP, GA3P, E4P, R5P, S7P の濃度についても *P. gelrica* と同様の傾向を示している（第4表）。

G6P と F6P の平衡

第1表と第3表に示した G6P と F6P の濃度からそれぞれの分析試料の平衡を出して，秋冬春の順に並べたのが第5表である。*P. gelrica* では，11月，12月および6月に採取した試料の G6P と F6P の濃度比が酵素化学的に得られている成績[10]とよく一致する。しかし，これら以外の月では F6P がより低い値を示し，とりわけ10月，3月，4月はこの傾向の著しいことが明らかである。PGI 活性は年間を通じて変らないことおよび活性の高いことはすでに示した[11]。酵素化学的に得た F6P/G6P の比は0.298である[10]ので，第5表の結果から生体内では平衡がかなり片寄った状態をとっていることがわかる。

第5表　G6P と F6P の平衡

P. gelrica			(*P. nigra*)		
	A	B		A	B
採取月日	F6P/G6P (mM)	A×100	採取月日	F6P/G6P (mM)	A×100
10/15	0.04/0.20	20	10/21	0.06/0.33	18
11/24	0.05/0.16	31	11/17	0.06/0.29 0.06/0.26	21 23
11/27	0.08/0.28	29	12/22	0.10/0.39	26
12/18	0.08/0.27	30	12/23	0.07/0.26	27
1/28	0.05/0.21	24	1/28	0.07/0.27	26
2/23	0.10/0.38	26	2/28	0.07/0.33	21
3/17	0.07/0.33	21	3/17	0.10/0.48	21
4/14	0.05/0.26	19	4/16	0.09/0.39	23
4/30	0.05/0.27	19	5/8	0.06/0.20	30
6/11	0.04/0.15	27	6/8	0.04/0.16	26

P. nigra で得た結果も *P. gelrica* の結果と似た傾向を示していて，酵素化学的平衡に近い値を示す時期と平衡が片寄って F6P がより低い濃度（G6P がより高い濃度）の時期に区別出来るように思われる。なお，前報[1]で示した成績のうち4月と5月の分析試料4点については再現性に難点が見出されたので第5表に記載したように訂正した。しかし，実験成績から得られた結論に変更はない。

G6P と G1P の平衡

第1表と第3表に示した G6P と G1P の濃度から平衡状態の時期的な関係を第6表にまとめた。酵素化学的に得られている平衡は[12]，G6P/G1P=17.2 である。*P. gelrica* で得た結果では，環境温度の低下が著しい11月と12月に平衡がやや G1P に片寄る傾向を示し，1月から4月にかけて G6P 側に片寄っている。一方，*P. nigra* では，おおむね G1P 側に片寄る傾向を示している。しかしながら，一般的に G6P が最も高濃度で存在していることから G6P/

第6表 G6PとG1Pの平衡

P. gelrica			*P. nigra*		
採取月日	G6P/G1P (mM)	比	採取月日	G6P/G1P (mM)	比
10/15	0.20/0.01	20	10/21	0.33/0.02	16.5
11/24	0.16/0.01	16	11/17	0.29/0.02 0,26/0.01	14.5 26
11/27	0.28/0.02	14	12/22	0.39/0.02	19.5
12/18	0.27/0.02	13.5	12/23	0.26/0.02	13
1/28	0.21/0.01	21	1/28	0.27/0.02	13.5
2/23	0.38/0.02	19	2/28	0.33/0.02	16.5
3/17	0.33/0.01	33	3/17	0.48/0.02	24
4/14	0.26/0.01	26	4/16	0.39/0.03	13
4/30	0.27/0.02	13.5	5/8	0.20/0.01	20
6/11	0.15/0.01	15	6/8	0.16/0.01	16

G1Pの僅かの平衡の片寄りがもたらす生化学的意味は生物細胞にとって殆んど無いと思われるが，時期的なグルコースの流れの方向を知る指標とみなすことが出来る。

FDPとF6P及びFDPとGA3Pの平衡

前述のようにFDPの濃度はおよそ10^{-5} Mである。また，F6PとGA3P（ジヒドロシアセトン燐酸（DHAP）を含む）の濃度もわかったのでこれらの間の平衡関係が明らかになった。第2表と第4表に示したFDPとGA3Pの濃度はこれら化合物のとり得る濃度水準の範囲を示すと考えるのが妥当で，個々の値の係数がそれぞれ重要な意味をもつとは思われない。濃度水準で示すとそれぞれ次のようになる：F6P, 10^{-4} M（第1表，第3表）；FDP, 10^{-5} M～10^{-6} Mの範囲（第2表と第4表）；GA3P, 10^{-5} M～10^{-6} Mの範囲（第2表と第4表）。したがって，これら一連の反応系の基質水準をつぎのように簡単にあらわすことが出来る。

$$\underset{10^{-4}\,\mathrm{M}}{\mathrm{F6P}} \underset{\text{加水分解}}{\overset{\text{ATP 消費}}{\rightleftharpoons}} \underset{10^{-5}\sim10^{-6}\,\mathrm{M}}{\mathrm{FDP}} \longleftrightarrow \underset{10^{-5}\sim10^{-6}\,\mathrm{M}}{\mathrm{GA3P+DHAP}}$$

F6P→FDPおよびFDP→F6Pの反応には制御機構[13]が働いていることは一般的に知られていることなので前述の10^{-4} Mと10^{-5}～10^{-6} Mの濃度差は説明が可能である。

一方，FDP⟷GA3P+DHAPの反応の平衡定数は次の酵素化学的成績が得られている[14]。

$$\mathrm{GA3P}\times\mathrm{DHAP}/\mathrm{FDP} = 8.1\times10^{-5}\,\mathrm{M}$$

燐酸エステルを分離して得た実験結果は比較的よく一致する結果を与えており，*in vitro* と *in vivo* の成績の矛盾しないことがわかった。

IV. 考　　察

低濃度のリボース-U-^{14}C（1 gの枝の小片に0.028 μmole, 4.2 μg）をポプラに与えて0°Cで

代謝させると9時間でその半分が消失して，主として蔗糖に変わる[15]。このように越冬中のポプラの枝は代謝活性が高いが，開芽後は活性が低下してしまって同じ条件で半減期は1日となり，靱皮部のみではこの傾向が一層顕著である。越冬中のポプラは高い糖の代謝活性を有することは，同様に放射性グルコースを用いた実験でもわかった[16]。したがって，この報告で述べた糖燐酸エステルの濃度は，高い代謝活性を有している時期の反応系の成分として存在しているものである。

低温環境下に生活しているポプラの枝の糖燐酸エステル類はその濃度から2つの群に分けうる。その1は10^{-4} Mの濃度水準にあるG6P, S7P, F6PおよびG6Pと円滑な平衡関係の成立しているG1Pの群で，その2は10^{-5}～10^{-6} Mの濃度で存在している。FDP, GA3Pなどである。前述のリボース-U-^{14}Cの実験でポプラの含水量を50%とすると与えたリボースは5.6×10^{-5} Mでこの濃度で活発に代謝された。検出されたR5Pの濃度も同じ水準であった。これらのことからポプラの枝の五炭糖燐酸回路系の正常な基質濃度はおよそ10^{-5} M以下であって，しかも活発に反応しているために基質の蓄積がほとんどおこらないと思われる。実際，0.028 μmoleのリボース-U-^{14}Cから生成・蓄積したR5P-U-^{14}Cは検出されなかった[15]。したがって，非常に低い基質濃度（10^{-5} M以下）で五炭糖燐酸回路の反応が進行して10^{-4} M以上のG6P, F6Pなどを与えていることがわかる。

G6Pは10^{-4} Mから10^{-3} Mに近い濃度水準を示していて最も高濃度で存在する糖燐酸エステルである。これとG1Pの平衡をみるとG1P側に幾分片寄っている時期がある。*P. gelrica*についてみると，11～12月は澱粉の液化が活発に進む[17,18]時期であるからG1P→G6Pの方向に反応が進んでいるのであろう。また，開芽前に蔗糖からG6P（とF6P）が作られる時期がある筈であるが3～4月にこのような傾向がみられ平衡はG6P側に片寄っている。

越冬中のポプラには6PGLUが存在し，その濃度は回収率を考えると10^{-5} Mから10^{-4} Mに達する。この化合物はPGIを阻害するが，E4Pの方がより強く阻害する[1,19]。このE4Pのポプラ靱皮部中の濃度は10^{-5} Mから10^{-6} Mの水準にある（第2表，第3表）からかなりの阻害作用を示していることになる。

G6PとF6Pの平衡はおおむね酵素化学的に得られている成績と一致するが，開芽前に大きな片寄りをみせる時期であって通常より1/3程度低いF6P濃度となっている。通常G6P⇌F6Pの反応は速かに進行しうるのであるが，前述の片寄りはG6P→F6Pの段階が，F6PがFDPを経て低分子化していく速さ以下になっていることを示している。この平衡からの片寄りは1月の試料ですでにその傾向があらわれている（第5表，*P. gelrica*）ので蔗糖合成によるF6Pの消費もこの濃度差の原因であろう。このように開芽前のポプラではG6P→F6Pの反応段階に平衡からの濃度差，換言すると落差が出来て“Cascade reaction”の一つとなっていることがわかった。この落差は五炭糖燐酸回路の活性で制御される点に特徴がある。

FDPを中心とした反応系の制御関係はよく研究されている[13]。糖の燐酸エステルの分析結果ではF6PとFDPにかなりの濃度差があるので，ポプラでもこの反応系には制御作用の働いていることがわかる。この段階の“Cascade”は，前記のG6P→F6Pのものが一時的にあらわれるのと異なってポプラが生活をしている限り常に作動していると考えられるが，越冬

中のポプラにおける制御作用の機構とその生物学的機能（つまり糖の蓄積方向と分解方向の分岐点における方向規定と流量調節）はまだわかっていない。ポプラの靱皮部抽出液を Sephadex G-50 処理すると著しく PFK 活性の高まることはすでにのべた[19]が検討を要する多くの事柄がそのままになっている。

燐酸エステルの分析結果から得た FDP と GA3P (DHAP) の間の平衡関係は，精製酵素で得られている結果とおおむね一致していた。安定性の点からみると FDP より GA3P がはるかに不安定であるが，安定性のちがいによる実験誤差はわずかであることを示すものと思われる。

第2表と第4表に示したようにポプラ靱皮部中の S7P 濃度は晩秋から春にかけて大きな変化を示す。S7P と F6P の比をとって秋・冬・春の順に並べたのが第7表である。晩秋から1月頃までの S7P は F6P と同濃度かそれ以下であるが2月頃から増加して F6P の約4倍量に達する。この濃度は G6P の量にほぼ等しい。

第7表 S7P と F6P の濃度比の変化

採取月日	S7P/F6P	
	P. gelrica	*P. nigra*
10	1.05	0.43
11	0.27	—
12	0.70	0.92
1	0.21	1.03
2	1.04	1.23
3	3.25	1.47
4	2.56	4.26
5	4.08 ／—	2.46
6	1.75	3.50

冬のポプラ靱皮部には 6PGLU が蓄積しているが，早春には更に S7P の蓄積が顕著で 10^{-4} M の水準となることが明らかになった。この時 F6P/G6P の比は小さくなる方向へ向うことは既に述べた。S7P 生成の反応が進むことは TPNH 生成反応が活発であることを示している。一連の反応過程で 6PGLU と S7P の蓄積する理由をもっと詳しく解析する必要がある。また，S7P と F6P は共に PFK の基質でそれぞれ S1,7P (→GA3P+E4P), FDP (→GA3P+DHAP) を経て代謝される。E4P は芳香核を有する物質の合成に用いられる。従って，PFK と S7P 及び F6P の間の制御作用機構の解析が必要となった。

V. 摘要および結論

1. ポプラの落葉期から成長が最も活発な時期（10月～6月）にわたって *P. gelrica* と *P. nigra* の靱皮部中に存在するつぎの燐酸エステルを定量した。G6P, F6P, G1P, 6PGLU, FDP, GA3P, E4P, R5P および S7P。

2. 越冬中のポプラ靱皮部の糖燐酸エステルの濃度は高く，開芽期に低下する。G6P の濃度が最も高く 10^{-3} M の水準に近いものがある。次いで S7P と F6P が 10^{-4} M の濃度で存在し，G1P, 6PGLU は 10^{-5} M の水準を示した。*P. nigra* では 6PGLU の濃度が G1P より高い傾向を示しており 10^{-4} M に近い水準であった。FDP, GA3P, E4P, R5P などは 10^{-5}～10^{-6} M の濃度で存在していることがわかった。

3. 酵素化学的に得られている平衡定数と実際に燐酸エステルを分離して得た平衡関係を比較して考察を加えた。6PGLU と E4P は PGI の活性を抑えるのに充分な量が存在した。

文　献

1) 匂坂勝之助 1970 植物の低温生化学的研究 VII. ポプラの糖燐酸エステル含有量と生活相の関係. 低温科学, 生物篇, **28**, 43–48.
2) Tchola, O. and Horecker, B. L. 1966 Transaldolase. *In* Methods in Enzymology (W. A. Wood *ed.*), Academic Press, New York and London, **9**, 499–505.
3) Racker, E. 1961 Transaldolase. *In* the Enzymes (P. D. Boyer, H. Lardy and K. Myrbäck *eds.*), Academic Press, London, **5**, 407–412.
4) Venkataraman, R. and Racker, E. 1961 Mechanism of action of transaldolase I. Crystallization and properties of yeast enzyme. *J. Biol. Chem.*, **236**, 1876–1882.
5) De La Haba, G. and Racker, E. 1955 Crystalline transketolase from baker's yeast. *In* Methods in Enzymology (S. P. Colowick and N. O. Kaplan *eds.*), Academic Press, New York, **1**, 375–380.
6) Williamson, W. T. and Wood, W. A 1966 D-Ribose 5-phosphate 3-epimerase. *In* Methods in Enzymology (W. A. Wood *ed.*), Academic Press, New York and London, **9**, 605–608.
7) De La Haba, G. Leder, I. G. and Racker, E. 1955 Crystalline transketolase from bakers' yeast: Isolation and properties. *J. Biol. Chem.*, **214**, 409–426.
8) Rutter, W. J. Hunsley, J. R. Groves, W. E, Calder, J. Rajkumar T. V. and Woodfin, B. M. 1966 Fructose diphosphate aldolase. *In* Methods in Enzymology (W. A. Wood *ed.*), Academic Press, New York and London, **9**, 479–498.
9) Wood, T. and Poon, W. M. 1970 The preparation and assay of sedoheptulose 7-phosphate. *Arch. Biochem. Biophys.*, **141**, 440–446.
10) Kahana, S. E. Lowry, O. H. Schulz, D. W. Passonneau, J. V. and Crawford, E. J. 1960 The kinetics of phosphoglucoisomerase. *J. Biol. Chem.*, **235**, 2178–2184.
11) 匂坂勝之助 1969 植物の低温生化学的研究 II. ポプラのトランスケトラーゼ活性の変動とこれにともなう燐酸エステル代謝系の体制変化. 低温科学, 生物篇, **27**, 73–80.
12) Najjar, V. A. 1962 Phosphoglucomutase. *In* the Enzymes (P. D. Boyer, H. Lardy and K. Myrbäck *eds.*), Academic Press, New York and London, **6**, 161–178.
13) 宇井理生 1968 ホスホフラクトキナーゼについて. 蛋白質核酸酵素, **13**, 261–282.
14) Barman, T. E. 1969 Fructosediphosphate aldolase. Enzyme Handbook, Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. New York, **2**, 736–737.
15) 匂坂勝之助 1971 0°C におけるポプラと馬鈴薯のリボース-U-^{14}C 代謝. 低温科学, 生物篇, **29**, 29–38.
16) 匂坂勝之助 未発表.
17) 酒井　昭 1957 木本類の耐凍性増大と糖類及び水溶性蛋白質との関係. 低温科学, 生物篇, **15**, 17–29.
18) 森田健次郎・酒井　昭 1966 ポプラ類の凍害に関する研究 (I). 改良ポプラ品種間の耐凍性の差. 日本林学会誌, **48**, 267–273.
19) 匂坂勝之助 1969 植物の低温生化学的研究 III. ポプラの生活環境変化と関連した基質流量の調節機構について. 低温科学, 生物篇, **27**, 81–88.

Summary

In an effort to understand the life process in winter of wintering plants, sugar phosphates in *Populus gelrica* and *Populus nigra* were determined over a perior from October to June. These phosphates were; G6P, F6P, G1P, 6PGLU, FDP, GA3P, R5P, E4P and S7P. The wintering poplar bark contained a higher level of the phosphates than the growing ones and the concentration in the bark decreased at the beginning of budding. Of these phosphates, G6P concentration was highest (10^{-4} M level), reaching

closely to the level of 10^{-3} M. S7P, F6P (10^{-4} M level), G1P and 6PGLU (10^{-5} M level) were followed at the level, respectively. 6PGLU existed in the bark from late autumn to early spring and disappeared during the period of budding. E4P and R5P, the substrates for pentose phoshate cycle enzyme were presented in the bark at the level of 10^{-5} to 10^{-6} M and this was the same order of magnitude of FDP and GA3P. The amount of S7P, 6PGLU and E4P presented in the wintering bark were enough to inhibit most of the activity of poplar PGI. Equilibrium situations of these phosphates fairly agreed with the equlibrium constant of the respective reactions shown by the purified enzyme systems.