



Title	木本類の耐凍性増大の過程 V : 耐凍性増大と発育段階との関係
Author(s)	酒井, 昭; SAKAI, Akira
Citation	低温科学. 生物篇, 17, 43-49
Issue Date	1959-10-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17621
Type	departmental bulletin paper
File Information	17_p43-49.pdf



木本類の耐凍性増大の過程 V

——耐凍性増大と発育段階との関係——

酒 井 昭

(低温科学研究所 生物学部門)

(昭和 34 年 7 月受理)

I.

木の枝の伸長中は耐凍性がないし、低温処理効果もないが、伸長停止後、枝がある程度成熟してくると、 -5°C での数時間の凍結にも耐えられるようになるし、低温処理効果も現われてくる^{5),7)}。一方、耐凍性の大きいものでも、伸長中は全く耐凍性がないし、耐凍性の小さい亜熟性のもので、充分成熟した枝はある程度の耐凍性をもっている。同一種については、一般に成育期間の長い品種は短い品種よりも耐凍性が小さい^{1),2),5),10),11)}。成育期間の長い品種を成長抑制剤によつて人工的に伸長を早く停止させて成熟させると、低温処理効果も早く現われる^{2),6)}。これらの事より品種間の耐凍性の差は成育期間の長短に帰せられるし、耐凍性獲得は発育段階と密接な関係にある事が判る。

この事をさらに確めるためにジベレリンを葉面撒布し、伸長停止をおくらせた場合、耐凍性増大や低温処理効果が現われる時期がどの様におくれるかを対照及びジベレリン撒布後マレイン酸ヒドラジッドを撒布した材料と比較してみた。またそれに関連して木本類の品種間の耐凍性について数年来断片的に行つてきた結果をあわせて考察してみた。

II.

実験材料は春刈された桑 *Morus bombycis* Koidz. (品種：ケンモチ、タキノカワ)の1年生枝条を用いた。8月10日ジベレリンの50 p.p.m. 溶液を葉面撒布したもの、ジベレリン撒布後さらに9月5日に0.1% マレイン酸ヒドラジッドを撒布したもの、未撒布の対照及び野生種のタキノカワの4系列について比較観察してみた。タキノカワはケンモチよりも約40日早く伸長を停止するので、参考のために比較材料として用いた。ジベレリンを撒布つると対照より伸長が著しく促進され、伸長停止がおくれた。一定の時期に上記の4系列の枝を採集し、先端部より同じ部位において枝の小片(約2~3 cm)を切取つて、耐凍性の大きさをはかり、一部は 0°C で10日間低温処理してから耐凍性の変化を調べた。耐凍性の大きさは用いた凍結条件

* 北海道大学低温科学研究所業績 第509号

で全細胞が生きている最低温度であらわした。中性赤溶液で染まり、しかも2倍の高張溶液中で原形質分離する細胞を生きているとみなした。

III.

10月16日にジベレリン撒布、ジベレリンとマレイン酸ヒドラジッド撒布、未撒布の対照及び野生種のタキノカワについて、枝の先端より20cmの部位にある皮層細胞の滲透濃度、皮部の含水量、耐凍性の大きさ及び低温処理後のそれらの値の変動について調べた結果を第1表に示した。ジベレリンを撒布したものはこの時まで伸長中で耐凍性も殆んどなく、低温処理効果もないが、ジベレリンを撒布してからマレイン酸ヒドラジッドを撒布したものや無撒布の対照は既に伸長を停止し、含水量もかなり減少して低温処理効果も有効である。一方無撒布のタキノカワは約45日前に伸長を停止し、30日前にすでに本実験の対照の状態に達して、低温処理しなくても、 -15°C の凍結に耐えた。10月28日にさらに同様な実験を行つてみた。第2表にその結果を示す。この時にはジベレリンを撒布したものは低温処理が有効になっていた。ジベレリンを撒布してからマレイン酸ヒドラジッドを撒布したものはジベレリン無撒布のものと同じ状態にあつた。タキノカワは低温処理しないものも -20°C での凍結に耐え、低温処理した場合には -30°C での凍結に耐えられるようになっていた。

第1表 耐凍性増大及び低温処理効果に及ぼすジベレリン撒布の影響

(No. 1) (10月16日)

	無 処 理*				低 温 処 理		
	対 照	ジベレリン	ジベレリン +MH	タキノカワ	対 照	ジベレリン	ジベレリン +MH
含 水 量	69%	78%	67.5%	58%			
滲透濃度	0.30M	0.26M	0.32M	0.50M	0.46M	0.36M	0.46M
耐凍性の 大 き さ	$-4.5^{\circ}\text{C}^{**}$	-3°C	-4.5°C	-15°C	-10°C	-4°C	-10°C

* 無処理とは低温処理しないという意味。

** 耐凍性の大きさは全細胞が生きている最低温度で現わした。

第2表 耐凍性増大及び低温処理効果に及ぼすジベレリン撒布の影響

(No. 2) (10月28日)

	無 処 理				低 温 処 理			
	対 照	ジベレリン	ジベレリン +MH	タキノカワ	対 照	ジベレリン	ジベレリン +MH	タキノカワ
滲透濃度	0.42M	0.32M	0.41M	0.54M	0.60M	0.44M	0.60M	0.70M
耐凍性の 大 き さ	-10°C	-5°C	-9°C	-18°C	-13°C	-7°C	-13°C	-30°C

IV.

発育段階と耐凍性増大の関係。ジベレリンやマレイン酸ヒドラジッドで伸長停止をおくらせたり、早めたりする事によつて耐凍性の増大や低温処理が有効になる時期をある程度まで人工的に調節出来る。マレイン酸ヒドラジッドを撒布した前報⁹⁾の結果と併せ考えると、マレイン酸ヒドラジッドを適期に撒布する事によつて20日間以上も低温処理が有効になる時期を早められるし、ジベレリンを撒布する事によつて15日以上これをおくらせる事が出来る。日長処理¹²⁾によつても耐凍性をある程度、人工的に調節出来る。即ち短日処理によつて耐凍性が早く増大し、長日処理によつてそれがおくれる事が知られている。この場合、短日処理によつて成長が早く止まるから、耐凍性増大の時期がはやまり、長日処理にすると、成長停止がおくれるために耐凍性増大の時期がおくれる。

これらの事実より、耐凍性獲得や低温処理効果が発育過程と密接な関連をもっている事が判るし、品種間の耐凍性の差が成育期間の長短に支配される事が明らかである。

伸長が停止してから一定期間経過しないとなぜ耐凍性を生じたり、低温処理効果が現われてこないのだろうか。ここで耐凍性があるか、ないかという事は皮層細胞がある時期までは -5°C での1時間以内の凍結にも全く耐えられないのに、その時から数日経過すると -5°C での4時間以上の凍結に耐えられる様になる事を意味している。耐凍性があるか、ないかという事は耐凍性の測り方によつて相対的に異なっているが、とにかくある時期を境にして耐凍性がかなり急に変化する時期がある。そしてこの時期以後、低温処理効果もそれ以前とくらべて著しくなる。成長停止と耐凍性増大との間に密接な関係がある事は古くから知られているが、現在までこの事実に対する説明は殆んど与えられていない。自然に又は人工的に枝の成長を停止させた場合に起つてくる変化は、皮層部及び材部における澱粉の蓄積、水分の減少及び形成層の活動停止等である。伸長の停止によつて、同化産物の消費が減少して、細胞内に可溶性糖類が増大し、その量が一定量に達した後はそれが澱粉に変化してゆく。かくて組織分化の終了と共に、澱粉が漸次各組織に蓄積されてゆく。これと同時期に5~10日間に皮層部の水分が75~80%から60~65%まで減少する。澱粉の形成は細胞内に蓄えられた可溶性糖類がフォスホオリラーゼの作用で澱粉に変化するものと考えられるが*、この変化によつて水分が減少するとは考えられない。この著しい水分の減少は伸長停止後において、葉における蒸散量と根における吸水量とのバランスが変る事によつて起こるものと考えられる。野性種のタキノカワでは、この時期は8月下旬~9月上旬で、葉の蒸散はまだ盛んなはずである。したがつて、枝の伸長停止に関連して根の吸水が低下するために枝の含水量が著しく減少するものと予想される。この事については葉の蒸散量や根の吸水量を人工的に変化させてこの両者のバランスの破れる事によつて、含水量が減少するのかどうか今後確かめてみる予定である。要するに枝の伸長停止

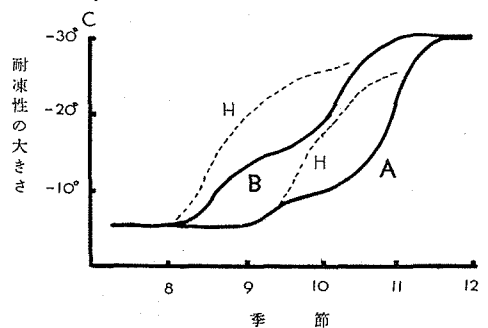
* 未発表

に伴つて組織分化の促進、同化産物の蓄積及び水分の減少等が起こる。これが細胞の生理状態に大きい変化を与える。特に著しい水分の減少は細胞内の濃度を約40%高かめし、低温処理した場合、澱粉から変化した糖類の濃度の上昇をより効果的にする。しかし、この水分減少前においては、たとえ低温処理によつて糖類が増大しても、水分が多いために糖濃度の増加は小さい⁹⁾。しかし、人工的に水分を減少させておいてから低温処理すると、乾燥しない材料と比較して処理効果ははるかに大きい。なほこの水分の減少前においては、 -5°C で過冷却状態にある細胞を植水して凍結させると全細胞が細胞内凍結を起こすが、水分減少後においては大部分の細胞が細胞外凍結をおこす⁹⁾。この理由については今後調べる予定である。

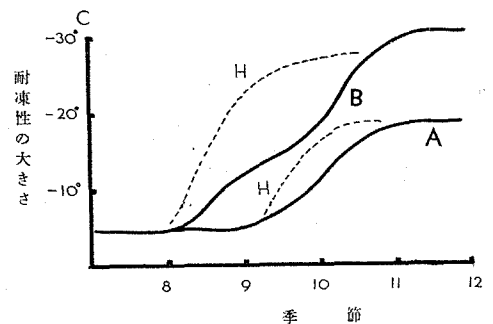
品種間の耐凍性の差。同一種の植物の品種間(熱帯性のものを除く)の耐凍性の差は成育期間の長短によつて説明される事を前に述べた。この品種間の耐凍性の差は木の種類によつて2つの傾向に大別される。クワ、リンゴ、ブドウ等においては各品種が達しうる耐凍性の最大値は同じであるが、そこに達する時期に早晚があるだけである。これらの場合には品種間の耐凍性の差は全く成育期間の長短に帰せられる。

だから冬季においては強い品種と弱い品種との間に耐凍性の大きさの差がなくなる。然し耐凍性が増大しつつある9~11月の期間には品種間に大きい差がある。第1図にその傾向を模式的に示した。弱い品種を人工的に早く成長を停止させれば、9~11月の期間においても品種間の耐凍性の大きさの差は少なくなる。厳寒地においては、弱い品種は先端部が成熟する余裕がないために凍害を受けるが、枝の下部の凍害を受けない部分は強い品種と同程度の大きさの耐凍性をもっている。

それに対してバラ⁹⁾、茶^{10), 11)}等では達しうる耐凍性の最大値が品種間で異なるし、それに達する時期もそれに平行して異つている。第2図の模式図の様に、耐凍性が増大している期間においても、冬期においても、強い品種と弱い品種との間に著しい差がある。弱い品種を人工的に早く成長を停止させても耐凍性が増大する時期は早まるが、その品種が達しうる耐凍性の最大値は変わらないので冬期においても両者の差はなくなる。また上に述べた2つの傾向の中間型もあるものと思う。



第1図 品種間の耐凍性増大過程の比較 (I)
成育期間の短いA品種と成育期間の長いB品種の耐凍性増大の傾向を示す(クワ)。
破線(H)は各時期に低温処理した場合の耐凍性の増大傾向を示す。



第2図 品種間の耐凍性増大過程の比較 (II)
成育期間の短いA品種と長いB品種の耐凍性増大の傾向を示す(バラ)。

品種間の耐凍性の差と滲透濃度の関係。バラ⁹⁾ (10 品種), 桑 (10* 品種) でこの事を調べた結果, 両者の間に完全な平行関係がある事が判明した。この事は冬期に耐凍性が最高に達した時においても, 耐凍性の増大している期間においても, 人工的に耐凍性増大過程を交えた時にも, さらに低温処理前後においても認められた。同様な結果は茶^{10), 11)} (志村), 果樹 (赤羽)^{12), 2)} でも得られている。

Levitt⁹⁾ and Scarth が耐凍性の大きさと滲透濃度の関係を調べるために, 各種の木本類及びリンゴの各品種について詳細に調べた結果では, 両者の間に密接な平行関係が認められない。しかし耐凍性の大きさと細胞の透過性の間には密接な平行関係があると結論している⁹⁾。彼等は実験に用いた木本類やリンゴの各品種の耐凍性の大きさを実測していない。試験場において越冬程度に基いて定められた耐凍性の大きさを基準に用いている。したがって, 彼等のいう耐凍性の大きさは木全体を対象にしている。一方, Scarth 等が滲透濃度を測定した細胞は皮層部の表皮細胞である。しかし, 同じ組織部位の細胞を用いて滲透濃度と耐凍性の大きさを測定しなければ, 両者の間の正しい関係は判らない。木は組織によつて耐凍性の大きさも, 耐凍性増大過程も異なっている。表皮組織は一般に木の組織中最も耐凍性が大きい。一方, 木全体の耐凍性の大きさは木の最も弱い組織によつて支配される。これらの事を考えると, 彼等の実験においては, 材料の取扱方に大きな問題があるので, それらの実験結果が真の事実を反映しているかどうか疑わしい。著者のポプラ, クワについて行つた結果も彼等の実験の不備を指摘出来る。枝全体の耐凍性の大きさは, 冬期において, ポプラでは -30°C に少なくとも 30 日間の凍結に生存出来るが, 桑では -25°C での 1 日間の凍結に耐えるにすぎない。しかし両者の皮層細胞は孰れも -30°C での凍結に少なくとも 3 カ月間耐えうるので, 両者の間には耐凍性の大きさの差はみとめられない。クワは芽, 髓線, 髓冠組織が弱い。皮層細胞の滲透濃度は両者とも 0.7 M である。

前に述べた様に, 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, 異種間耐凍性の大きさの差を滲透濃度だけで説明する事には問題がある。亜熱帯性の耐凍性の小さいものから寒帯性のものまでふくめて約 50 種の木の枝の皮層細胞の耐凍性の大きさとその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高いが, 滲透濃度が高い種類が必ずしも耐凍性が大きいとは限らない。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, 事実は必ずしもそうではない。耐凍性を支配するいくつかの要因があるが, それらのうちで細胞の糖濃度が最も大きい要因と考えられるが, 木の種類によつて, また同一種については時期によつてそれらの関与する度合が異なっているために上の様な結果がえられたものと思われる。

* 未 発 表

摘 要

ジベレリンを撒布して伸長停止をおくらせると、耐凍性増大や低温処理効果が現われる時期がおくれる。ジベレリン撒布後、マレイン酸ヒドラジッドを撒布した場合には、未撒布の対照と比較して耐凍性増大の時期は変らなかつた。マレイン酸ヒドラジッドを撒布した前報の結果と併せ考えると、耐凍性獲得や低温処理効果があらわれる時期は枝の発育段階と密接な関係があるし、品種間の耐凍性の大きさの差はある程度まで成育期間の長短によつてきめられる。

御校閲して頂いた朝比奈教授に謝意を表わします。

文 献

- 1) 赤羽紀雄, 山崎健 1955 リンゴ樹の凍結に関する研究 (2). 園芸学雑誌, **24**, 155.
- 2) 赤羽紀雄, 山崎健, 伏見宏平 1956 MH-30 がブドウの形質に及ぼす影響 (2). 北海道立農試報告, **2**, 1.
- 3) Levitt, J. and G. W. Scarth 1936 Frost-hardening Studies with living alls. I. Osmotic and bound water changes in relation to frost resistance and seasonal cycle. *Canad. J. Res., C*, **14**, 267.
- 4) ——— 1936 Frost-hardening studies with living cells II. Permeability in relation to frost resistance and the seasonal cycle. *Canad. J. Res., C*, **14**, 28.
- 5) 酒井 昭 1955 桑枝条の発育過程と耐凍性獲得の関係. 低温科学, 生物篇, **13**, 21.
- 6) ——— 1957 桑枝条の耐凍性増大に及ぼす抑制剤の影響. 一先枯防止に対する1試案—. 日蚕系雑, **26**, 13.
- 7) ——— 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, **16**, 23.
- 8) ——— 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.
- 9) ——— 1959 バラの耐凍性 (I). 園芸学雑誌発表予定.
- 10) 志村 喬 1940 茶樹の耐寒性について. 日作紀, **12**, 98.
- 11) 志村喬, 渡辺明, 加納照崇 1954 茶の耐寒性の生理的研究. 日作紀, **23**, 121.
- 12) 田口亮平 1957 植物裁種学よりみたる桑の栽培. 蚕糸学会特別講演集, **1**, 1.

Résumé

With the deceleration of the growth process, a twig becomes frost-hardy to some degree without being subjected to low temperature and then it can be hardened further when subjected to low temperature. On the other hand, the growing twig is neither frost-hardy nor able to increase its frost-hardiness, even if it is subjected for ten days to 0°C. A twig the growth of which was early suppressed by spraying maleic hydrazide solution (0.1%) was more resistant to freezing than unsprayed control twigs. Exposure of treated twigs to low temperature is effective in increasing the artificially produced frost-hardiness, but, at the same time, such exposure has no effect on frost-hardening

of the unsprayed control twigs.

Gibberellin solution (50 p.p.m.), a growth stimulating substance, was sprayed in early August on the leaves of a mulberry tree to prolong its growth period. At the middle of October, the treated twigs were still growing; they were neither frost-hardy nor could their frost-hardiness be increased by chilling. At the same time, both the unsprayed control and the twigs on the leaves of which gibberellin solution (50 p.p.m.) had been sprayed followed by a spraying of maleic hydrazide solution (0.1%) in early September, were more frost resistant than the twigs treated with gibberellin solution alone. Besides, the former became very effective to cause the artificial increase of frost-hardiness by chilling.

It is, therefore, very likely that in twigs of a woody plant, the frost-hardiness as well as the ability to be effectively hardened by artificial chilling is closely associated with their stages of development. When the growth of twigs is suppressed, naturally or artificially, the water content of the parenchyma cells of the cortex decreases considerably. Unless such decrease of water content takes place, the twigs cannot be hardened either naturally or artificially. Thus, the varietal differences of woody plants in frost-hardiness can be explained by the length of their growth period.