Akira SAKAI 1955 The Relationship between the Process of Development and the Frost Hardiness of the Mulberry Tree. *Low Temperature Science, Ser. B, 13.* (With English résumé p. 31)

桑枝條の發育過程と耐凍性獲得との關係* **

酒 井 昭

(低温科学研究所 生物学部門)

(昭和 30 年 9 月 受理)

I.

多くの植物は秋から冬にかけて，気温の降下につれて，耐凍性を増大する所謂 hardening の現象はよく知られているが，その耐凍性獲得の機構については現在まだ解明されていない。この耐凍性獲得の問題は，耐凍性を解明する上にも，耐寒性植物を育種する上に於ても，又寒冷地に於ける栽培管理に対する基礎資料を提供する点に於ても重要な問題である。又桑，果樹等の木本類に於ては品種間に耐寒性の大きい差があるが，どこにその原因があるか今の所判つていない。育種上，桑の品種間の耐寒性判定法が問題になつているので，この実験では木本類の耐凍性獲得機構の研究の一端として桑を材料にえらんだ。寒冷地に於ては耐寒性の弱い木本類は，凍害によつて先枯現象を起す。従来桑の耐寒性という場合胴枯病菌，芽枯病菌等の被害によつて生じたものと，凍害によつて生じたものとが区別されないで，耐寒性は越冬性の意味に使はれて，概念の明確を欠くことが多かつた。ここでいう耐凍性とは凍害に対する抵抗性の意味に用いる。即ち植物組織内に凍結が起つたばあい，凍結により受ける害の程度を表わすものである。

桑の先枯，或は耐寒性について古くから多くの報告があるが，観察調査の域にとどまるものが多かつた。最近大島[3] (1951) は松本地方に於て気象条件，栽培管理の観点から長年の詳細な観察に基いて，先枯の原因を調べている。彼によれば先枯の気象要因としては，落葉期から12月迄の平均気温及び最低気温が特に関係深く，厳寒期の気温は余り関係がない。又栽培管理の点からは初秋に於ける摘葉，窒素肥料過多，日照不足，及びおそい時期の枝条伐採は先枯を多くする。品種的には枝条がおそく迄生育する品種ほど先枯が多い事を報告している。桑，果樹等の木本類の品種間に可成り耐凍性の差があるが，この品種間の耐凍性の差はどこにその原因があるのであらうか。又成育期間の長い品種は先枯が多い事は古くから知られているが，この原因はどこにあるのであろうか。これらの問題を解明するために発育過程と耐凍性獲得の観

---

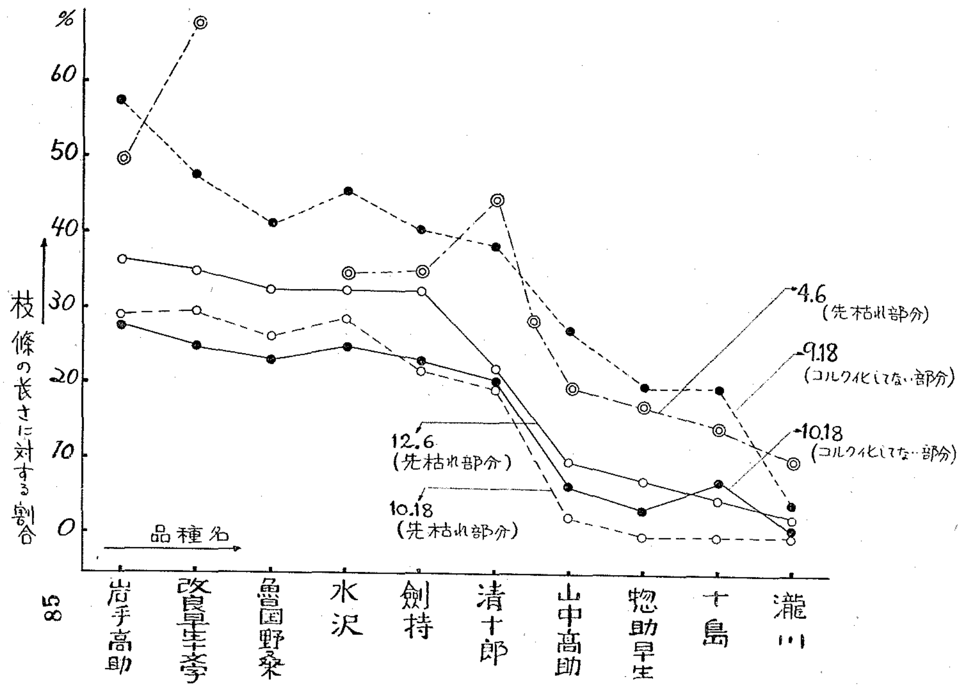
* 北海道大学低温科学研究所業績 第 302 号
** 農林省，農業，蚕糸業，林業及び水産業に関する科学研究助成金による。

点から1954年9月より1955年5月の間に行つた桑の先枯現象，自然的，人工的 hardening と耐凍性との関係について調べた結果を報告する。研究に当つて御指導を賜つた青木教授及び実験材料について御便宜を賜つた北大，養蚕教室，越山，玉沢氏及び農林省蚕糸試験場浜田成義桑樹部長，相田二三夫技官，同福島支場長杉山多四郎氏に感謝する。

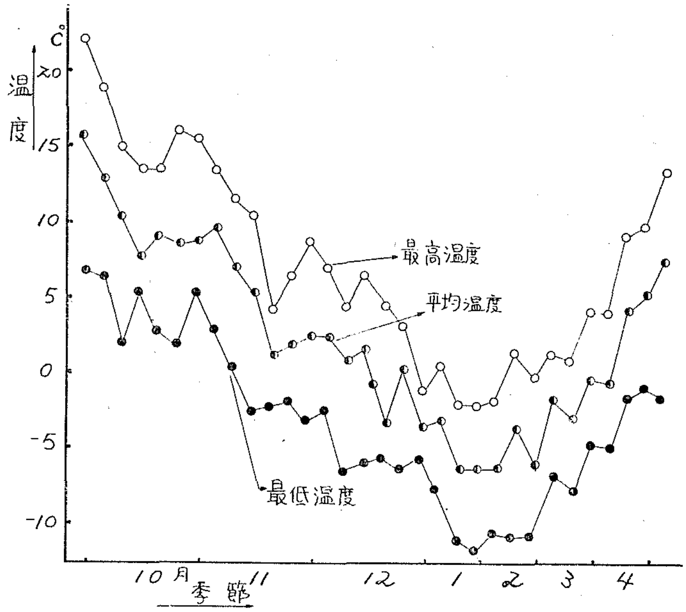
II.

実験材料の桑 (*Morus bombycis* Koidz) は北大農学部桑園 (10年前に府県より移植) の春刈仕立 (根刈) の枝条を使用した。

従来先枯の度合は翌春になつて枯れた先端部分の長さを測つて，先枯の度合を判定していたから，先枯の進行する経過が判らなかつた。先枯の進行経過を追う為に1954年10月18日，12月6日及び1955年4月6日の3回，同じ株について，一品種について10本宛先枯割合を測つた。10月8日に初霜があり，10月18日の第1回の測定迄に4回氷点下の気温があつた。その間の最低気温は −5°C であつた。10月8, 9日の霜で葉は全部凍死した。第1図に示す様に10月18日迄に，弱い品種は枝条の長さの30%位先枯を起しているが，強い品種は殆んど先枯を起していない。第2図に示す様に10月下旬頃より気温は急激に降下し，11月10日以後は5日間の平均最低気温が氷点下になる。12月20日頃気温は零下10数度に低下するが，12月旬頃より積雪は急に増加し，1月には1m近くに達し枝条は殆んど雪に埋もれる。小島[7]は



第1圖　品種間に於ける先枯れ及びコルク化しない部分の長さの季節的変化

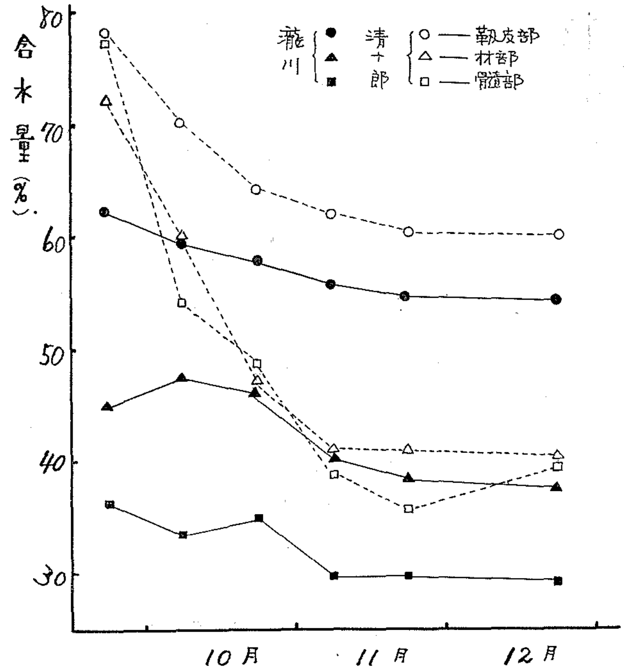


第 2 圖　札幌に於ける秋及び冬の気温変化 (1955)

積雪の深さによる雪中温度の垂直分布を調べたが，雪と地面との境界は約0°Cであり，積雪の深さが30 cm以上に達すると，外気温の影響は非常に少くなり，昨年1月の最低気温は −20°Cの時，積雪 (約1 m) 表面下30 cmの雪中温度は −5°Cであつた。従つて積雪地帯では枝条は雪に埋もれて，低温度から保護されるから，1，2月頃の厳寒期の影響は考慮する必要がない。従つて先枯の大部分は秋から冬にかけての凍害によつて起る。先枯は品種によつて大いに異り調べた品種では滝川，十島，惣助早生，山中高助は先枯少く，清十郎，剣持，水沢，魯国野桑改良早生十文字，岩手高助と順を追つて先枯が多くなる。

品種によつて先枯度合にかような差があるのは，どんな理由によるのであろうか。1954年1月強い品種である滝川と，それより弱い品種といわれている矢留，剣持の枝条の中央部の耐凍性を調べてみた所，いずれも −25°Cで5日間の凍結後生存していて発芽した。−30°〜−35°Cの温度に1日間凍結した場合は，どの品種も皮層柔細胞の細胞は完全に原形質分離をするが，枝条はやがて枯れてしまつた。1954年秋から冬の間，強い滝川と弱い魯国野桑，清十郎について，枝条の中央部の耐凍性の変化を調べた。後で述べる様に，清十郎が一番強く滝川と魯国野桑の間には差がなかつた。両者の差は5°C* 位であつた。いずれにしても先枯しない枝条中央部及び下部を比較する限りでは，冬迄に同じ外的環境に対して大体同じ耐凍性を獲得する事が判る。たとえ差があるとしてもその差は僅かである。従つて品種間で耐凍性に著しい差があるのは，先端部に限られる。この差が先端部の耐凍性獲得の度合の差によるのか，到達しう

* 枝条が生存しうる最低温度の差が5°Cの意味である。



第 3 圖 枝条中部の含水量の季節的変化

る耐凍性獲得の度合は同じでも，耐凍性獲得の時期が異るのによるのであろうか。

遠藤[1] (1916)，大島[3] (1951) は枝条伸長停止期の早晩によつて先枯が多い事を報告している。発育過程と耐凍性獲得との関係を見出すために，発育停止の一つの判定基準として，枝条に於けるコルク層の形成過程をえらんだ。成長中の枝条部分にはコルク層は形成されない。枝条内各部分の分化形成が充分行われて木質化がすすみ，形成層の活動が衰え，芽の形成が終了する頃枝条の含水量は 60% 以下になる。このような発育停止期前後になると，枝条表面にコルク層が形成されてくる。第 3 図に清十郎と滝川の枝条の中部の各組織の含水量の季節的変化を示してある。滝川は 9 月 22 日既に上部も中部も平均含水量は 55% 位で靭皮部は 60%，材部は 50%，髄部は 35% 位で先端部数 cm を残して枝条は殆んどコルク化している。清十郎の上部は各組織共 80% 位でコルク化していない，この部分は 10 月中旬先枯をした。中部の平均含水量は 75% 位で靭皮部と髄部は 80% 近くあるが，この頃より含水量は急激に低下して 10 月 23 日頃には滝川の含水量に近くなる。

発育停止の判定基準としてコルク層の形成過程をえらべば，枝条のどの部分迄大凡発育が終つているか，一見して判別出来る。9 月 18 日と 10 月 18 日に各品種について，枝条の長さに対するコルク化部分の長さを測定した結果を第 1 図に示した。滝川は 9 月 18 日に上部 2〜3 節を残して殆んどコルク化しているが，弱い品種では枝条長さの 40〜50% が未コルクの状態である。10 月 18 日には強い品種では，未コルク化の部分は 10% 以内であるのに，弱い品種で

は20〜30% 未コルク化の状態である。10月18日迄の各品種についての先枯の割合と未コルク部分の割合とは完全に平行関係にある。従つて未コルク化の部分，即ち発育の完了していない部分が凍害によつて先枯を起すのであろう。10月18日より12月6日迄の間に先枯は，5〜10% 増加するに過ぎない。融雪1週間後 (4月6日) に先枯を測定したが，滝川，十島等の強い品種でも12月6日よりも更に10% 位先枯を起している。岩手高助，改良早生十文字，清十郎は12月6日より更に20〜30% 先枯を起している。然し剣持，水沢は12月6日以降殆んど先枯が進行していない。清十郎，改良早生十文字，岩手高助の著しい先枯の進行は，融雪時の不利な条件による病害の影響にもとづく事が多いと思われる。然しながら12月6日以降，品種によつて先枯の進行度合がかように著しく異つている理由は今のところ判らない。今後更に調べる予定である。3月末の融雪頃，枝条は，−10°C で，4月末には −5°C でそれぞれ24時間の凍結に耐えうる程度の耐凍性を保持しているが，5月中旬の燕口期になると耐凍性は殆んどなくなる。このように4月中は耐凍性がかなり保持されているので，融雪後の低温によつて先枯が進行する事は殆んどない。

著者[8] (1955) は枝条の中部について，24時間凍結後の枝条の生存の最低温度の季節的変化を調べたが，9月下旬頃には精々 −5°C に耐えうる程度であるが，10月8日以降氷点下の気温の到来と共に，耐凍性が増大し始め，10月下旬以降は平均最低気温より15°C 前後先廻つて，耐凍性を増大して行く。之は先枯の多い品種でも，先枯の少い品種でも，枝条中部についてはその増加割合はあまり変らない。雪に埋もれる12月下旬には枝条は −25°C の凍結に少くとも24時間たえうる。皮層柔細胞は −40°C で少くとも24時間の凍結後，正常な原形質分離をする。

10月に入ると気温が低くなるので，枝条の発育速度は低下する。従つて枝条上部の未発育の部分は，凍死する可能性が多い。枝条の発育過程の進んだ部分でも，10月下旬から11月中旬頃は耐凍性は割合少く精々 −10°〜−15°C (24時間凍結) に耐えうる程度である。従つて枝条の耐凍性を越える程度に気温が急激に降下する年は，先枯が多い。之に反して，秋から冬にかけて気温が漸次降下する場合には先枯は少ない。11月下旬以降になると，枝条の耐凍性は著しく増大するので，気温が短時間急激に降下しても凍害を蒙る機会は少くなる。

大島[3] (1951) も述べているように先枯の気象要因としては，秋から冬にかけての最低気温が問題であつて，厳寒時の気温は余り関係がない。

III.

発育過程と耐凍性獲得の関係を更に確かめるために，発育過程を追うて人工的に0°C 附近の低温度にさらして，hardening 処理を行つた場合，品種によつて，又同一品種でも枝条の上，中，下部で耐凍性獲得の割合が，どの様に異なるかを調べた。このために5品種を鉢植にして温室内で同一条件下で栽培した。強い品種として滝川 (札幌での株分苗) を，弱い品種として改良魯桑，国桑21号 (東京，日野より送付の2年苗) 魯国野桑 (福島より送付2年苗) を7寸鉢

に植え，12月末より温室で栽培した。五郎治早生（埼玉県小山より送付）は2月中旬に入れた。温室の温度は2月末迄15°～20°C，3月～4月は20°～30°Cであつた。

滝川は2月末伸長を停止し，3月上旬よりコルク層が形成され始め，3月25日には枝条の長さの2/3がコルク化した。含水量も著しく低下し，木質化も進み，頂芽も充分成育していた。之に反して，弱い品種である改良魯桑，国桑21号は滝川よりも1カ月おくれて伸長を停止し，頂部までコルク層が形成されたのは，4月下旬であつた。伸長停止後の枝条の高さは改良魯桑，国桑21号では40～50 cm，滝川は20～30 cmであつた。

滝川，改良魯桑，国桑21号の3品種について，3月15日より10日間人工的にhardening処理を行つた。温度を調節しうる二重箱（高さ90 cm，幅70cm，長さ100 cm）の中に鉢植を入れ，箱の中の温度を，昼間（約6時間）10°Cに，夜間は0°～2°Cに保つた。又箱の上部に10 W螢光燈3個を取付け，昼間8時間だけ照明した。箱内の湿度は約90％であつた。対照にはその間温室におかれた鉢植を用いた。対照と低温処理した枝条の各品種間，及び同一品種の枝条の上，中，下部の間に，どの様な耐凍性の差があるかをしらべた。枝条はまだ充分発育していないので，品種間及び同一品種の枝条各部分の耐凍性の差は僅かであるので，判定方法は精密な方法を使用した。1.5 cmの長さに切つた枝の小片の髄の中心部に熱電対の一方を挿入して，全体を保護試験管に入れだいたい一定冷却速度（0°C附近に於ける冷却速度は約4°C/分である）で冷却し，枝小片の温度が−3°Cになつた時，小片の下端に植氷して，過冷却を破り，以後−5°Cになるまで冷却してから融かした。枝条の太さにより，又含水量の差等によつて，植氷後−5°Cになるまでに要する時間は，同一温度で冷却していても，かなり異つてくる。−3°Cから−5°Cになるまでの時間が異なると，細胞が細胞外凍結の状態にある時間も異つてくる。この時間を色々変えて調べてみた結果，時間の長い方が明に細胞の生存率が低下する。従つて−3°Cより−5°Cになる時間を，同一に調節する事は困難であるが，出来る丈一定範囲内になるように努めた（35分～45分）。

融解後枝条小片の各側面の皮層柔細胞，皮層柔細胞の各層，及び篩部組織より一層の縦断切片約10個を切り取つて中性赤で染色後，0.5 Mの平衡塩溶液で原形質分離を調べた。参考に横断切片をもしらべた。第1表に示す様に耐凍性の度合を質的に差異がある A，B，C の3階級に分け，更にそれらをそれぞれ2～3のグループに分けて，耐凍性の度合の基準にした。同一材料についても，組織の各部分で耐凍性が異つている。表皮細胞下の細胞群は，もつとも強く，クロロプラストの細胞が之につぎ，篩部組織は，皮層柔細胞よりはるかに強い。皮層の柔細胞がもつとも弱く，一番おくれて耐凍性を獲得するので，耐凍性度合の判定

第1表　耐凍性の判定基準

等	級	皮層柔細胞の生存率（％）
A	7	100～90
	6	90～70
B	5	70～50
	4	50～30
	3	30～10
C	2	10～0
	1	0
	0	0

第 2 表　枝条各部位に於ける各組織の含水量

種品名	枝条部位	組織部位		
		靭皮部	木部	髄部
改良魯桑	中	80	70	75
	下	80	69	57
滝川	中	66	50	53
	下	65	49	40

第 3 表　品種間に於ける低温処理による耐凍性獲得の比較
(−5°C に凍結した場合)

品種名	改良魯桑			国桑 21 号			滝川	
枝条部位	上	中	下	上	中	下	上	下
対照	C (1)	C (1)	C (2)	C (2)	C (2)	C (2〜3)	B (5)	A (6)
低温処理	C (1)	C (2)	B (3〜4)	C (2)	C (2)	B (3〜4)	A (6)	A (6)

も，皮層の柔細胞を中心にして調べた。改良魯桑，国桑 21 号は，下部の 1〜2 節にコルク層の形成が始まつた程度で，枝条の上半部は木質化が不充分で柔かく，枝条の上部 1/3〜1/4 の部分は，髄の中に生きた柔細胞が多く，髄は 90% 以上の含水量をもつていた。滝川は枝条の半分以上コルク化が進み，充分に木質化され，よく成育した頂芽が形成されていた。第 2 表に枝条各部位に於ける各組織の含水量の値を示した。第 3 表に低温処理した後品種間に於いて耐凍性が如何に変化したかを比較して示た。

改良魯桑，国桑 21 号は，低温処理しても枝条の上，中部は耐凍性をまさない。下部は皮層柔細胞が 30〜40% 生存しているので，少しではあるが確に耐凍性をましている。より長い間低温処理すると，葉柄及び枝条上部が次第にたれさがつてくるから，この程度の発育過程にある枝条に対して，2 週間以上の低温処理を行う事は困難である。

滝川は対照も，低温処理したものも，皮層柔細胞が殆んど生存しているので，−5°C では低温処理の効果を比較する事が出来なかつたため −10°C で実験した。4 cm の長さに切つた枝の両端を濡れた脱脂綿で包み，直径 6 cm のシャーレに互に直接ふれないようにならべ，濡れた糸で脱脂綿を連絡して，過冷却が同時に破れるようにし，蓋をして，−10°C の恒温箱の中で 80 分間冷却した。その場合の 5°C に於ける冷却速度*は約 0.5 °C/分 であつて，約 40 分位で凍結が起り約 80 分で −10°C に達した。融解後，枝条の両端を除き，中央部について前記のように耐凍性を調べた結果を第 4 表に示した。第 3 表と同様に滝川は対照もある程度のの耐凍性を有している。更に低温処理によつて明に耐凍性をましている。上部迄発育がかなり進んでい

* 互にふれないようにおかれた枝の上に直角に小さい寒暖計をおいて，冷える速さをはかつた。従つてここにいう冷却速度とはこの寒暖計の冷える速さである。

第 4 表 品種間に於ける低温処理による耐凍性獲得の比較
(−10°C に凍結した場合)

品種名	改良魯桑	国桑 21 号	滝川	
枝条部位	下	下	上	下
対照	C (0)	C (1)	B (3)	B (3)
低温処理	C (2)	B (3)	B (5)	A (6)

るので，枝条の上下による耐凍性の差はみられない。改良魯桑，国桑 21 号の下端は，第 3 表と同様低温処理によつて僅か耐凍性をましている。0°C 附近の低温にあわなくても，発育が進んでくると耐凍性がある程度増大してくる事が判つたので，頂部までコルク化された滝川を，更に 40 日間温室 (20°～30°C) において耐凍性の変化を調べてみたところ，3 月 24 日の対照，即ち第 4 表の対照と較べて少し耐凍性をましているにすぎなかつた。従つて発育が終つてから更に長く高温状態においても，それだけでは耐凍性は増加しなかつた。

強い品種である五郎治早生について，同様に調べた結果を第 5 表に示した。之は前の改良魯桑，国桑 21 号と同一の発育過程にあつて，下端 1～2 節のみコルク化している。強い品種でもこの程度の発育過程では，低温処理しても，下部のみが僅かに耐凍性をますに過ぎない。上，中部の皮層柔細胞は低温処理しても，しなくても，−5°C 迄の短時間の凍結で死んでしまう。之に反して，弱い品種である魯国野桑でも伸長が停止し，下端部がコルク化し始めてから 1 カ月後，即ち上端までコルク層が形成され，頂芽が充分成育した状態では，第 6 表に示すように対照でもかなりの耐凍性を示している。そして枝条の上部と下部の間に耐凍性の差がない。低温処理した場合，枝条の上部も下部も同じ程度に著しく耐凍性をましている。

以上の結果より強い品種でも，弱い品種でも，発育過程がある程度進まあい間は，たとえ低温処理されても耐凍性をまさないが，枝条の発育過程が充分進んでくると，品種の耐寒性の

第 5 表 五郎治早生の枝条各部位の低温処理による耐凍性獲得の比較
(−5°C に凍結した場合)

枝条部位	上	中	下
対照	C (1)	C (1)	C (2～3)
低温処理	C (1)	C (1)	B (3～4)

第 6 表 魯国野桑の枝条各部位の低温処理による耐凍性獲得の比較

凍結温度	−5°C			−10°C
枝条部位	上	中	下	下
対照	B (5)	B (4)	B (4)	B (3)
低温処理	B (5)	A (6～7)	A (6～7)	A (6～7)

強弱にかかわらず，低温処理されなくとも，ある程度耐凍性を獲得してくる。然し発育が終了してから低温度にさらさないで，高温状態においただけでは，耐凍性はある量以上には増大しない。

東京附近では多くの木が11月初旬に落葉する。12月頃より最低気温は氷点下に降下する事が多い。枝条の先端部迄発育がすすんでから氷点下の気温にさらされるので枝条は先端部近く迄耐凍性をます事が出来る。従つて先枯が少ない。1月初旬，埼玉県小山より送付された五郎治早生の耐凍性を調べてみたが，枝条は −25℃ の24時間の凍結後生存していたし，皮層柔細胞は −40℃ で24時間の凍結後全部正常の原形質分離を示した。冬期に於て到達する事が出来る耐凍性の大きさは，東京附近でも札幌でも変りないし，枝条の中部以下については品種間にも大きい差はみられない。従つて桑の場合，寒冷地への適応は生育期間の縮少という方面にのみ現われている。

IV.

伸長停止前にある改良魯桑2鉢の枝条下半分を3月26日摘葉し，対照とそれ以後の伸長を比較した。対照は1週間後に伸長を停止したが，摘葉した方の2鉢共摘葉後25日迄に10～20 cm 伸長した。従つて伸長停止前に摘葉する事によつて，上部枝条の伸長が継続され，成育期間が長びく傾向がある。初秋に於ける摘葉は発育停止をおくらせるために，先枯を増大するものと思われる。大島[3] (1951) は先枯の要因として摘葉の外，日照不足，夏の窒素肥料過多を挙げているが，之等の要因はいずれも成育期間を長びかせ，枝条の発育停止をおくらせる。伐採時期に付いては，田口，西村[4] (1953) は春切区と立通区との落葉について，春切区は10月中旬落葉するのに，立通区は9月下旬に落葉する事を報告している。従つて同一品種についても仕立方によつて，当然先枯も変つてくる。立通，春刈，夏刈の順に先枯も多くなるものと思われる。

池田[2] (1931) は立木硬度計を用て桑の枝条各部の硬度を秋に測定して，耐寒性の強い品種の枝条は，其の下部と上部との硬度の差が少く，前者100に対して後者40以上のものは栽培安全なる品種であるとみなしいる。木の硬度は主に木質化の程度に支配され，木質化の程度は発育の過程によつて支配される。

遠藤[1] (1916) はコクル層の発達せるものは，耐寒性が大きいとみなしている。その理由として，コルク層は熱の不良導体のため温度の急変を調節するし，水湿の侵入を阻止する，又病菌，害虫等の侵害を防ぐ外，コルク層の中に含まれているスペリン，やタンニンの分解物である赤褐色のフロバフエンを含有していて，これ等の物質が種々の化学物質に侵蝕され難い等の理由を挙げている。然しコルク層の発達を発育過程の観点から内部条件の現われとして把えないで，唯コルク層の表面的保獲作用を述べているにすぎない。

以上の結果から耐凍性という観点からは，成育期間を短くするように栽培管理すると共に

成育期間の短い品種を栽培し，又育種上耐寒性の品種の作出陶汰に於ては，成育期間に注意を払う事が必要ということになる。

寒冷地に於ては栽培植物の成育期間を短くする事が根本問題であるが，成育期間の短かい植物を育種するにはどうしたらいいであろうか，I. V. Michurin[5] は耐寒性の強い多くの果樹を作る場合，生育期間を短くするように注意を払つた。Michurin は生育期間の短い品種を創る一つの方法を我々に示している。即ち「原産地が地域的に遠くはなれた雑種実生で，5月中旬頃迄に発芽したものよりも，気温の高い6月～7月初旬に芽を出した実生苗の中の若干のものの中に，早く成長と成熟を終るものがある。そしてそれらの性質は往々にして変化する事なく固定して残り，生育期間の短い植物種が出来る。」

発芽開花がおそく，発芽後迅速な発育をする成育期間の短い品種を作つて，春霜を防ぎ，熟期を早め，耐寒性をます目的から Kuzimin[6] (1955) はブドウの実生苗（遠隔交雑かどうか記載がない）でいろいろの時期に播種した場合，生育期間にどのような差が現われるかを調べて Michurin の説をたしかめた。

成長を停止させる要因はなんであるか，どうして成育期間の短い植物種を作るか，又成育期間の短い植物種の生理的，生化学的，及び代謝的特性の研究は北方農業に於ける基礎問題である。

摘　　要

人工的に hardening 処理を行つて，発育過程と耐凍性獲得の関点から，桑の枝条の耐凍性獲得機構の一端を調べた。又先枯の現象及び品種によつて先枯の度合が異る原因を調べた。

1　桑の先枯現象は枝条先端部の未発育部分の凍害によつて起るものである。未発育の部分は全く耐凍性がなく，又 0°C 附近で 10 日間低温処理しても耐凍性は得られない。然しながら発育が終つてくると，20°C 以上の高温状態に於ても，ある程度耐凍性が生じてくる。然し発育終了後そのまま高温状態におくだけでは，ある価以上に耐凍性はまさないが，このような枝条を 0°C 近くの低温度にあわせると，耐凍性は増加する。従つて枝条が低温度にさらされて耐凍性をます事が出来る内的条件として，枝条の発育の過程が問題になつてくる。

2　従来強いといわれている品種でも，弱いといわれている品種でも，充分発育した枝条部分は，冬期殆んど同じ程度の耐凍性を有している。即ち −25°C の凍結に数日間耐え得る。強い品種は初霜前に頂部迄発育を終つて，既にある程度耐凍性を有しているし，低温度にさらされてさらに耐凍性を増大しうる内的条件が備つている。然し弱い品種は枝条上部が未発育の状態である。従つて強い品種と弱い品種との差は成育期間の長短によつて決定される。桑の場合は寒冷地に対する適応は成育期間を短かくする方面にあらわれている。

3　発育終了の度合の一つの判定基準として，枝条のコルク層の形成過程を選んだ。秋に於ける枝条のコルク化していない部分の長さと，先枯れの長さとの間に完全な平行関係があ

る。従つて品種間の先枯の簡単にして有効な判定方法の一つは，枝条に於けるコルク層の形成過程を調べる事である。これによれば，枝条を損傷する事なく，初秋に一見して先枯の度合を予想出来る利点がある。

文　献

1) 遠藤保太郎 1916 桑樹の耐寒性に就て. 蚕業新報, ***278***, 4.
2) 池田正五郎 1931 桑条の硬度と耐寒性との関係. 蚕糸学雑誌, ***3***, 161.
3) 大島利通 1951 寒害による桑樹の先枯に就て. 繊維学報, ***1***, 19.
4) 田口亮平・西村善次 1953 収獲法を異にする桑樹の地下部に於ける貯蔵物質含有量の季節的変化. 信州大学繊維学部研究報告, ***3***, 3.
5) Michurin, I. V. 1950 Selected works. 265.
6) Kuzimin, A. IA. 1955 Novye morozostoikie corta vinograda. Priroda, ***1***, 1060.
7) 小島賢治 1955 積雪層の粘性圧縮. 低温化学, 物理篇, ***14***,
8) 酒井　昭 1955 耐凍性及び皮層細胞の生理状態の季節的変化. 低温科学, 生物篇, ***13***, 33.

Résumé

Taking the stage of development of twigs into consideration, studies were made on the mechanism by which twigs obtain frost-hardiness and on the cause for difference in the frost-injury found among certain varieties of mulberry trees.

The death of mulberry tree twigs in autum and winter is caused by frost-injury of the parts which are still developing at that time. The undeveloped upper parts of a twig are neither frost-hardy nor able to icrease their frost-hardiness, even if they are subjected for ten days to 0°C. When the developmental process of the twigs has advanced and the activity of growth has decreased, these twigs become frost-hardy in some degree without being subjected to low temperatures. As long as they are kept at high temperatures (20～30°C), the frost hardiness of these twigs can not further increase over a definite level, but when subjected for several days to about 0°C, it cosiderablly increases. Therefore, the developmental stages of twigs are important as an inner factor which is required for hardening by means of low temperatures.

In parts of twigs where the development had been completed in winter, the maximum frost-hardiness was almost the same in the various varieties of mulberry trees studied, although in autum differences of frost-hardiness among them were cosiderable.

The upper parts of twigs of unhardy varieties are in an undeveloped stage in early autum, while, at that time, hardy varieteies have completed their development to the top of twigs. They are in some degree frost-hardy and can be hardened further by subjection to low temperatures. Accordingly, the length of the upper parts of twigs damaged by freezing of hardy and less hardy varieties depends upon the length of their period of growth.

Since the cork layer is formed in the surface of twigs with the deceleration of growth processes, the formation of the cork layer was used as an indicator to decide the stage of the growth process. In the stuied ten varieties there was a parallel correlation between the length of the cork-less part of twig in early autum and that of the parts which had died of frost in winter. Accordingly, the estimation of the length of cork-less part of twigs in early autum may be turned to practical use for determining their frost-hardiness.