HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ブドウの耐凍性
Author(s)	ポゴシャン, カレン・スレノヴイッチ; 酒井, 昭
Citation	低温科學. 生物篇, 27, 125-142
Issue Date	1970-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17759
Type	departmental bulletin paper
File Information	27_p125-142.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Karen Surenovich POGOSIAN and Akira SAKAI 1969 Freezing Resistance in Grape Vines. *Low Temperature Science, Ser.* ***B, 27.*** (With English Summary p. 140)

ブドウの耐凍性*

カレン・スレノヴィッチ・ポゴシャン**
(ブドウ・ブドウ酒研究所，ソ連邦)
酒井　昭
(低温科学研究所)

(昭和44年8月受理)

I. 緒　言

アルメニア共和国は，コーカサスの最南端にあり，トルコと国境を接している。国の大部分は山岳地帯で，首都エレバンは，北緯40°，海抜900 mの高地にある。コーカサス地方は，北方を3000～5000 mのコーカサス山脈によって冬の寒波の進入がさえぎられ，西側は黒海，東側はカスピ海で囲まれているため，高緯度にもかかわらず比較的気候温暖で，とくに，グルジョア共和国の黒海沿岸地帯は，柑橘，茶の著名な産地である。しかし，アルメニアは内陸部に位置するために，グルジョアやアゼルバイジャン共和国と異なり大陸的な気候である。年間降雨量は300 mm以下で，そのわずかな降雨量も晩秋から春に集中しており，夏の期間はほとんど降雨がない。このように，夏は乾燥と高温がつづき，冬は気温の変化が著しい。例年，1～2月の平均気温は－5～－8°Cで，最低気温はせいぜい－20°Cである。しかし，3年に1度位の割合で寒さのきびしい冬があり，最低気温は－30°C近くまでさがり，冬の平均気温も－15°C以低になる。とくに1963～64年の冬は，最低気温が－32°C近くまでさがり，しかも，約30日間，最低気温の平均値が連続的に約－22°C以低（平均気温：－15°C）であった。

アルメニアの主要農産物はブドウおよびその醸造製品で，高海抜，乾燥地帯のために，糖含量の高い，良質の醸造用ブドウが生産される。アルメニアの主要なブドウの産地はエレバン南方に広がるアララト地区で，栽培面積は約4,000ヘクタールにおよんでいる。この地帯は，周辺を山岳・丘陵地帯で囲まれた盆地地形である。

こうした気象的，地形的条件にあるアルメニアではブドウ栽培にとっての最大の問題は越冬である。ブドウ栽培は果実生産が目的であるので，着果をもたらす主芽の凍害防止がもっとも重要な問題となる。しかし，主芽は，耐凍性のもっとも高い品種でもせいぜい－20～－25°Cの凍結にしか耐えない。現在では，秋，果実を収穫したあと支柱からはずして地表面に倒し，11月上旬までに，約20 cmの土で被覆して越冬させている。こうした土伏状態でも，－25°C以低の気温が数日間つづくと害を受けるし，被覆土を除いたあとの3月上旬の冷え込みによってもしばしば害を受ける。アルメニアは凝炭岩が多く，表層土も薄い所が多いので，広大な面

* 北海道大学低温科学研究所業績　第1011号
** 昭和44年1月26日～8月15日迄北海道大学低温科学研究所で研究に従事

積にわたって冬までの短期間に土で被覆することは，労力的にも経済的にも大変なことである。したがって，現在の最大の課題は，土伏しないで越冬させられるようにすることにある。以上述べてきた理由から，アルメニアでは，植栽地選定のための農業気象的な研究，耐凍性品種の育成，耐凍性および凍害の研究がブドウ・ブドウ酒研究所を中心として，数年来，強力に推進されている。

ブドウの凍害は，ヨーロッパの主要産地である地中海沿岸のイタリア，フランス，ブルガリアや，アメリカでも重要な問題となっている。北海道では，しばしば初冬の厳しい冷え込みでブドウが凍害を受ける[1]。また，昭和43～44年の冬，長野県桔梗ケ原や甲府盆地でも大規模な面積にわたって凍害が発生した[2]。

本研究は，ブドウの耐凍性および凍害についての基礎的資料をうるために，効果の高いハードニング(Hardening)の方法，耐凍性品種の特性，急速冷却および急速加温に対する抵抗性，凍害および耐凍性の立場から見たブドウの特性，異なった条件で越冬しているブドウの耐凍性の比較，積雪・寒冷地における早春の耐凍性低下の誘因などについて，昭和44年2月から6月までの5カ月間に行なったものである。

実験材料を提供して頂いた道立農業試験場・赤羽部長，細貝技師，北大苫小牧演習林・前田技官，国立園芸試験場・飯塚，中川両技官，岩野貞雄氏に謝意を表します。

II. 材料と方法

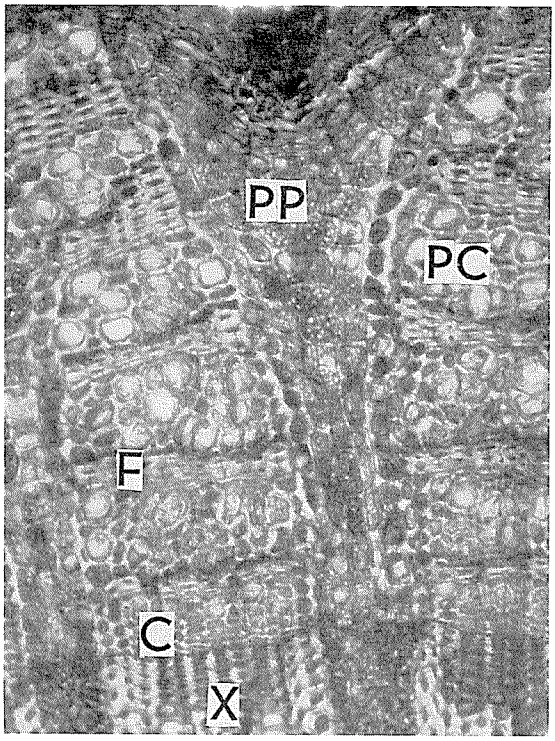
実験材料として，北大苫小牧演習林に自生の野ブドウ *Vitis Coignetiae* Pulliat，十勝地方に自生している野ブドウ[3] *Vitis Amurensis* Ruprecht，栽培品種のデラウェア *Vitis Labrusca*, variety: Delaware，キャンベルス・アーリー *Vitis Labrusca*, variety: Campbells Early，フレドニア *Vitis Labrusca*, variety: Fredonia，およびインドの栽培品種であるアナブ・エ・シャヒイ *Vitis Vinifera*, variety: Anab-e-Shahi の枝を用いた。2月初旬～中旬に北海道で採集した枝は0～－3℃に貯蔵しておき，2月から5月までの期間に使用した。インドの品種であるアナブ・エ・シャヒイは東京から，キャンベルス・アーリー，デラウェアの一部は平塚市の国立園芸試験場から送付された。耐凍性の低いインドの品種を除いて，本州から送付のものは，0℃と－3℃で充分ハードニングしてから使用した。凍結するばあいには，枝を10～15 cmに切断して切口を水でぬらし，ポリエチレン袋に入れて－5℃の低温室に入れ，凍結を確認した後，1時間毎に5℃宛温度を低下させ，所定温度に達してから，そこに16時間おいた。融解は0℃の空中で行なった。同一系列の実験には，長さ約10～15 cmの2～5本の枝を使用した。急速冷却の実験のばあいには，枝を各温度に冷やされたイソペンタン中に入れて冷却した。急速加温の実験のばあいには，所定温度で凍結した枝を氷点下の各温度に保たれているイソペンタン，または食塩と氷との混合液中に入れるか，直接，10℃の水中に入れて融解させた。冷却および加温速度は，熱電対を芽，または靱皮組織中に挿入して温度変化を測定し，電子管式ペン書き記録計で自記させて調べた。

鉢植したブドウの枝の一部を局所的に凍結させていろいろな程度に凍害を起こさせるばあいには，電子冷熱装置[4,5]を用いて冷却した。また，野外で越冬しているブドウの各部位や各組

織の温度変動を調べるために，2月中旬除雪して，フレドニアの6年生の苗を植込み，熱電対で日周温度変化を測定し，電子管式6打点記録計で自記させた。

被害程度を判定するため，凍結後，枝を室内に1～2ヵ月間水挿ししたのち，実体顕微鏡で芽や各組織の褐変の度合を調べた。被害程度は，正常(−)，軽度(±)，中程度(+)，強度(++)，死(+++)の5段階にわけた。第1図にブドウの枝の横断面を示す。

冷却速度は，熱電対を靱皮組織中に挿入し，レコーダーで −5°C から −10°C まで冷却するに要する時間を測り求めた。なお，予備凍結した枝の場合は，予備凍結温度から最終冷却温度に達するまでの時間を測り求めた。また，加温速度は加温前の凍結温度から −20°C に達するまでの時間から求めた。



第1図　ブドウの枝（デラウエア）の横断面

C：形成層　　F：靱皮繊維組織
PC：靱皮柔組織　PP：靱皮射出髄
X：木質部　　×500

III. 結　　果

1. ハードニング処理効果の比較

4月18日苫小牧で採集した野生のブドウ *Vitis Coignetiae* の枝を，0，−3，および −5°C でそれぞれ2週間処理した。その後，一方は1日に5°C 宛温度をさげて所定温度まで冷却し，(A 処理)，他方は1時間に5°C 宛温度をさげて所定温度まで冷却した (B 処理)。なお，いずれも所定温度に1日間おいた。第1表に示すように，−3°C，または 0°C と −3°C で処理後所定温度まで1日に5°C 宛温度をさげてゆっくり冷却したばあい，すなわち A 処理の方が，所定温度まで数時間で冷却した B 処理よりも芽も靱皮組織の耐凍度もつねにかなり高かった。なお，春の材料では，0°C と −3°C でそれぞれ1週間宛処理したときの方が，0°C または −3°C だけで2週間処理したときよりもやや効果が大きかった。しかし，−5°C で2週間処理したばあいは効果が認められなかった。このばあいには，−5°C での2週間の処理中にあるていど害を受けたものと考えられる。なお，0°C で1週間，−3°C で3日間，ついで −5°C で4日間処理した場合も効果がほとんど認められなかった。

2月10日に苫小牧で採集した野生ブドウを用いて，−3°C で2週間処理したばあい，−3°C で2週間処理後 −10°C で3日間処理したばあい，および −3，−5，−10°C の各温度でそれぞれ5日間処理したばあいの効果を比較してみた。これらいずれのばあいも −10°C で処理後，−15，−20 および −25°C の各温度に1日間おいてから −30°C まで冷却した。第2表から明ら

第 1 表 ハードニング効果の比較 (1)

(1969 年 4 月 20 日)

ハードニングの条件 (℃)		凍害の程度** 主芽	副芽	靱皮組織	靱皮射出髄
対照 (無処理)		＋＋	＋＋	＋	±
0 (14 日)	A*	＋＋	− (30%) ＋＋ (70%)	＋	＋＋
	B*	＋＋	＋＋	＋＋	＋＋
0 (7 日), −3 (7 日)	A	＋＋	− (50%) ＋＋ (50%)	±	±
	B	＋＋	＋＋	＋＋	＋＋
−3 (14 日)	A	＋＋	− (25%) ＋＋ (75%)	＋	＋
	B	＋＋	＋＋	＋＋	＋＋
−5 (14 日)		＋＋	＋＋	＋＋	＋＋
0 (7 日), −3 (3 日), −5 (4 日)		＋＋	＋＋	＋	＋

材料： 苫小牧で採集した野生ブドウ *Vitis Coignetiae*

最終凍結温度はいずれも −20℃ (1 日間)

* A は 0, −3, または −5℃ で処理後, −5, −10 および −15℃ の各温度に 1 日宛おいてから −20℃ まで冷却. B は 0, −3 または −5℃ で処理後, −5, −10 および −15℃ の各温度に 1 時間宛おいて −20℃ まで冷却

** 被害程度は ＋ の数で表わした

−, 正常; ±, 軽度; ＋, 中程度; ＋＋, 強度; ＋＋＋, 死

なお, 被害程度に%をつけていないものはすべての芽, 又は組織がその被害程度であることを示す

第 2 表 ハードニング効果の比較 (2)

(1969 年 2 月 10 日)

ハードニングの条件 (℃)	最終凍結温度 (16 時間)	被害の程度** 主芽	副芽	靱皮組織	靱皮射出髄
対照 (無処理)	−25	＋＋＋	±	±	±
	−30	＋＋＋	＋＋＋	＋＋	＋＋
−3 (15 日), −5 (1 時間), −10 (1 時間)→A*	−25	＋＋＋	± (50%) ＋＋＋ (50%)	＋	±
	−30	＋＋＋	＋＋＋	＋＋	＋＋
−3 (12 日), −10 (3 日)→A*	−25	− (25%) ＋＋＋ (75%)	− (80%) ＋＋ (20%)	−	±
	−30	＋＋＋	− (50%) ＋＋＋ (50%)	±	±
	−35	＋＋＋	− (40%) ＋＋＋ (60%)	＋	＋
−3 (5 日), −5 (5 日), −10 (5 日)→A*	−25	− (60%) ＋ (40%)	−	−	−
	−30	− (25%) ＋＋ (75%)	−	±	±
	−35	− (20%) ＋＋＋ (80%)	−	±	±

材料： 苫小牧で採集した野性ブドウ *Vitis Coignetiae*

* A (第 1 表参照) ** 被害程度 (第 1 表参照)

かなように，−3，−5 および −10°C で順次 5 日宛処理したものがもっともハードニング効果が大きかった。冬の材料では，−5°C と −10°C の温度で 3～5 日間宛処理することが効果的である (図版 I-3)。

つぎに，2 月 20 日平塚市から送られた耐凍度がまだ最高度にたかまっていないデラウェアの枝を用いて同様の実験を行なった。第 3 表に示すように，このばあいにおいても，0，−3，−5 および −10°C の各温度で 3～5 日間宛処理した場合がもっとも効果が大きく，−5°C や −10°C での 3～5 日間の処理を欠いたものでは，ハードニング効果がかなり小さかった。このばあい，A，B 両処理の効果の比較は行なうことができなかった。

第 3 表 ハードニング効果の比較 (3)

(1969 年 2 月 23 日)

ハードニングの条件 (°C)	最終凍結温度	被害の程度** 主芽	副芽	靱皮組織	靱皮射出髄
0(8 日), −3(7 日), −5(1 時間), −10(1 時間)→A*	−20	− (80%) ＋ (20%)	−	±	−
	−25	− (30%) ＋＋ (70%)	− (50%) ＋＋ (50%)	＋	＋
	−30	＋＋	＋＋	＋＋	＋＋
0(6 日), −3(6 日), −10(2 日)→A*	−20	−	−	−	−
	−25	− (40%) ＋ (60%)	− (80%) ＋ (20%)	±	±
	−30	＋＋	＋＋	＋＋	＋
0(4 日), −3(4 日), −5(4 日), −10(3 日)→A*	−25	− (55%) ＋ (45%)	−	−	−
	−30	＋＋	− (50%) ＋＋ (50%)	−	−

材料： 平塚市から 2 月 12 日送付されたデラウェア

* A (第 1 表参照)

** 被害程度 (第 1 表参照)

2. 急速融解に対する抵抗性

野ブドウ *Vitis Coignetiae* の冬の枝を約 10 cm の長さに切り，−5°C で凍結させてから −10，−15 および −20°C までゆっくり冷却し，各温度に 1 時間おいてから 10°C の水中に投入して急速にとかした。第 4 表に示すように，−20°C で凍結後 0°C の空中でゆっくりとかしたものは無害であったが，−10°C 以低で凍結後 10°C の水中に入れたものは主芽が害された。害される度合は，低い温度から 10°C の水中に入れたものほど大きかった。ついで，−3°C で 30 日間ハードニングしてから同じ実験を行なったが，ハードニングした枝では，−10 や −15°C で凍結してから水中に入れても害さなかった。しかしハードニングした枝でも −20°C から水中に入れて急速にとかしたときは主芽があるていど害された。

5 ヵ月間 0°C で保存しておいた枝を用いてさらに一連の実験を行なった。−18°C で凍結している枝を 10°C の水中に入れて急速にとかす前に，−10，−7，−5，−3 および 0°C の食塩と氷との混合液中に 30 秒間おいていろいろなていどに再吸水[6] させた。第 5 表から明らかなように，−7 および −5°C に 30 秒間おいて，細胞内にある程度再吸水させたものは，その後 10°C

第 4 表 急速融解に対する抵抗性

(1969 年 2 月 20日, 3 月 19 日)

加温条件 (℃)		被害程度 主芽	側芽	靱皮組織	靱皮射出髄	木質部	加温速度 (℃/分)
ハードニング*前	−20→0 の空中	−	−	−	−	−	7
	−20→10 の水中	− 35% 卅 65%	−	±	±	−	200
	−15→10 の水中	− 50% 卅 50%	−	±	±	−	200
	−10→10 の水中	− 70% 卅 30%	−	−	−	−	—
	−5→10 の水中	−	−	−	−	−	—
ハードニング*後	−20→10 の水中	− 60% 卅 40%	−	±	±	−	200
	−15→10 の水中	−	−	−	−	−	200
	−10→10 の水中	−	−	−	−	−	
	−5→10 の水中	−	−	−	−	−	

材料： *Vitis Coignetiae*

* ハードニング： −3℃ で 30 日間

第 5 表 急速融解の害に及ぼす融解前におかれる温度の影響

(1969 年 3 月 10 日)

融解の条件* (℃)	被害の程度 主芽	副芽	靱皮組織	靱皮射出髄	木質部
−18→0(空中)	−	−	−	−	−
−18→10(水中)	− (30%) 卅 (70%)	− (50%) 卅 (50%)	±	±	−
−18→−10 (食塩と氷の混合液)→10(水中)	− (20%) 卅 (80%)	− (40%) 卅 (60%)	±	±	−
−18→−7 (食塩と氷の混合液)→10(水中)	−	−	±	−	−
−18→−5 (食塩と氷の混合液)→10(水中)	− (80%) 卅 (20%)	−	±	−	−
−18→−3 (食塩と氷の混合液)→10(水中)	卅	−	±	±	−
−18→0(氷水)→10(水中)	卅	− (75%) 卅 (25%)	±	±	−

材料： フレドニア

* 食塩と氷の混合液または氷水中に入れておく時間はいずれも 30 秒

の水中に入れて急速にとかしてもほとんど害がなかった。しかし，−3 または 0℃ に 30 秒間おいたものでは，主芽が殺されたが副芽は無害か，わずかしか害を受けなかった。−10℃ に 30 秒間おいたものでは，−18℃ から直接水中に入れたものとほとんど同程度の害を受けた。他の種類の枝を用いて同様な実験を 4 回繰返したが，いずれのばあいにも，10℃ の水中で融解させる前に −5℃ においたときがもっとも被害が少なく，−7 および −3℃ においたばあいの効果がそれについでいた (図版 I-2)。なお，0℃ においたばあいにはかなりの被害が認められた。

また，10℃ の水中で融解する前に −5℃ の食塩と氷の混合液中におかれる時間の影響について調べたが，用いた材料では10～20秒では保護効果がなく，30秒以上おいたばあいにはほとんど同程度の効果が認められた。

3. 急速冷却に対する抵抗性

苫小牧地方に自生の野ブドウ *Vitis Coignetiae* の冬の枝を10 cm の長さに切って 10℃ から直接，−5，−10，−20℃ に冷やされたイソペンタン中に入れて急冷した。また，一部の枝は −5 および −10℃ で予備凍結してから −20℃ のイソペンタン中に入れて急冷した。第6表にその結果を示す (図版 I-1)。10℃ から −5℃ のイソペンタン中に入れた枝は全く害を受けなかったが，−10℃ に入れたときは主芽に害が現われ，−20℃ に入れたときには主芽も副芽も殺された。しかし，−5 および −10℃ で予備凍結してから −20℃ に入れたばあいには，被害はより少なくなった。これらの実験で明らかなように，ブドウでは，急速融解のばあいと同様，急速冷却のばあいにも靱皮組織や木質部は芽よりも害を受けにくい。

つぎに，十勝地方に自生している耐凍性の高い野ブドウ[3] *Vitis Amurensis* の枝を用いて同様な実験を行なった。第7表に示すように，10℃ から −20℃ のイソペンタン中に入れたときには，主芽，副芽が殺されたが，−5℃ や −10℃ で予備凍結した枝では，−20℃ のイソ

第 6 表 凍害におよぼす冷却条件の影響

(1969 年 2 月 14 日)

冷却条件 (℃)	被害の程度 主芽	側芽	靱皮組織	靱皮射出髄	木質部	冷却速度 (℃/分)
−20 まで空中で緩慢冷却	−	−	−	−	−	2.3
10→−20 イソペンタン	＋＋	＋＋	±	±	±	73
−5 (予備凍結)→ −20 イソペンタン	− 25% ＋＋ 75%	−	−	−	−	50
−10 (予備凍結)→ −20 イソペンタン	− 50% ＋＋ 50%	−	−	−	−	35
10→−5 イソペンタン	−	−	−	−	−	35
10→−10 イソペンタン	＋	−	−	−	−	43

材料： *Vitis Coignetiae*
加温はいずれも 0℃ の空中

第 7 表 凍害におよぼす冷却速度の影響

(1969 年 3 月 17 日)

冷却条件 (℃)	被害の程度 主芽	側芽	靱皮組織	靱皮射出髄	木質部	冷却速度 (℃/分)
−20 まで空中緩慢冷却	−	−	±	−	−	—
10→−20 イソペンタン (10 分)	＋＋	＋＋	＋	±	−	73
−5 (予備凍結)→ −20 イソペンタン (10 分)	−	−	±	±	−	50
−10 (予備凍結)→ −20 イソペンタン (10 分)	−	−	−	−	−	35
−5 (予備凍結)→ −15 イソペンタン (10 分)	−	−	−	−	−	—

材料： *Vitis Amurensis*
加温はいずれの場合も 0℃ の空中

第 8 表 耐凍度と急速冷却の抵抗性との関係

(1969 年 3 月)

種類	耐凍度 (°C)	冷却条件 (°C) −5→−20 イソペンタン 被害程度 主芽	側芽	−5→−15 イソペンタン 主芽	側芽	−10→−20 イソペンタン 主芽	側芽
Vitis Amurensis	−30	−	−	−	−	−	−
Vitis Coignetiae	−23	− 50% ＋ 50%	− 75% ＋ 25%	−	−	− 50% ＋ 50%	−
Vitis Labrusca (Campbells Early)	−20	＋	+	+	−	− 50% ＋ 50%	− 50% + 50%
Vitis Vinifera (Anab-e-Shahi)	−18	＋	＋	＋	−	＋	− 25% ＋ 75%

イソペンタン中に入れて冷却後の加温はいずれも 0°C の空中で行なった

ペンタン中に入れても全く害を受けなかった。以上の結果から，耐凍性の高いものは急速冷却しても害を受けにくい傾向が認められるので，耐凍性の異なる 4 種類の枝で同様な実験を行なった。第 8 表から明らかなように，耐凍性の高いものほど急速に冷却しても害を受けにくい。なお，耐凍性のもっとも高いアムレンシス種でも，10°C から −20°C のイソペンタン中に入れたばあいには芽が害を受けた。

4. 越冬中のブドウの幹の温度変化

2 月 15 日に約 50 cm の積雪を取除いて，6 年生のフレドニアを植込んだ。そして，定期的に幹の上方の枝をとって，耐凍性，含水量を調べた。また，積雪面下 20 cm の幹の部位と積雪面上に出ている枝や幹の異なった部位に熱電対を挿入して，越冬中のブドウの芽，靱皮組織における温度変化を調べた。第 9 表に凍結開始温度，越冬中の冷却および加温速度の最大値を総括して示す。

野外で越冬中のブドウの幹，枝や芽の冷却速度はせいぜい 0.6°C/分 以下であるし，加温速度も 0.7°C 以下である。すでに述べたように，枝を人工的にいろいろな速度で冷却したときは，少なくとも約 2°C/分 以下の速さでは被害を生じなかったし，また加温しても被害を生じなかった。これらの事実から，自然条件下でおこる程度の温度変化では害を受けないことが明らか

第 9 表 越冬中のブドウの幹，芽の凍結開始温度，加温および冷却速度の最高値

(1969 年 2～3 月)

	凍結開始温度 (°C)	早朝における最高の加温速度	日中の最高の加温速度	夕方の最高の冷却速度	日中の最高の冷却速度	夜間の最高の冷却速度
幹	−4～−5	0.36	0.46	0.16	0.6	0.45
芽	−4～−5	0.27	0.70	0.18	—	0.55
測定期日と温度変化		3 月 1 日 (−14→0)	3 月 1 日 (−4→12.5)	2 月21日 (−1→−14)	2 月25日 (1→−8.5)	3 月 7 日 (−2→−8)

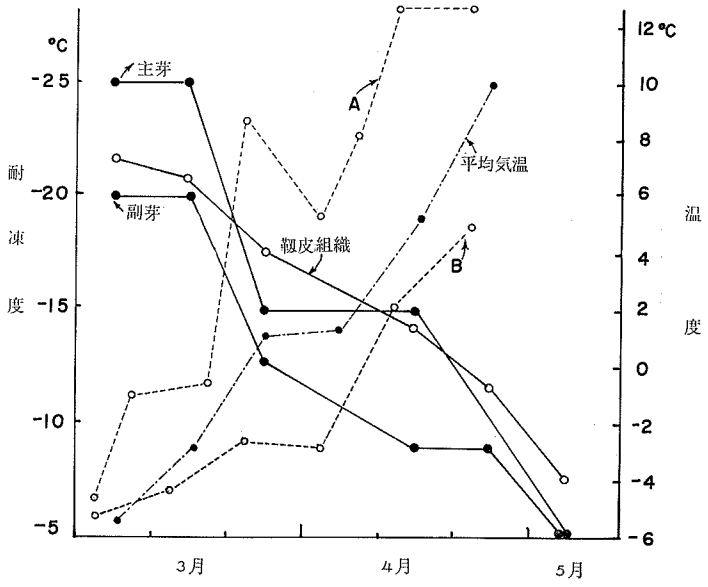
材料： フレドニア

加温および冷却速度はいずれも °C/分 であらわした

である。なお，雪面上 10 cm の幹の南面で記録した越冬中の最低温度は約 −22℃ であった。このブドウは，約 −24℃ の 16 時間の凍結に耐えられる。事実，4 月に幹や枝を調べた結果，被害は認められなかった。こうしたことから考えて冬期間の凍害は，耐えられる限度を越えて温度が低下したときにのみ起こるものと考えられる。

5. 早春における耐凍性の低下を支配する要因

第 2 図に示すように，芽や枝の耐凍度は，3 月中旬以前には全く低下しないが，それ以降 3 月下旬にかけて急速に低下する。雪面下 20 cm (積雪 50 cm) の部位にある幹の温度 (第 2 図 A, B) は，3 月中旬以前は −1～−5℃ の凍結状態に保たれているため，根から積雪上の枝や幹



第 2 図　冬から春にかけての耐凍度の変化と平均気温および雪面下 20 cm にある幹の南側の温度変化
A, B: 雪面下 20 cm の幹の南側の靱皮組織の最高 (A), および最低平均温度 (B) (3 月 18 日迄). 3 月 19 日以降は雪面付近の幹の温度を示す

への水の供給は止められているものと思う。実際，この期間においては，含水量の変動はほとんど認められなかった。しかし，3 月 18，19 および 20 日の 3 日間，最低温度も初めて 0℃ 近くまで上昇し，融雪がすすみ，積雪面下 20 cm の幹に挿入してあった熱電対は積雪面上に現われた。なお，積雪 (30 cm) 面下にある幹の周辺の雪もほとんどとけた。このとき以降，平均気温は初めて氷点下から 2.5℃ 以高にたかまった。3 月 20 日以降も雪面上の幹は夜間凍結し，日中はとける状態が 4 月 14 日頃までつづいた。3 月 15 日から 25 日までの 10 日間に芽の耐凍性は著しく低下したし，幹の含水量もこの時期に初めて生重量当り約 2.5% 増加した。このブドウは，厳寒期に掘取り移植したため，正常のものとちがい水分の増加は少なかったものと思う。一方，2 月下旬から 3 月上旬にかけての気温の日較差が 10～20℃，雪面上 50 cm の部位の幹の南側の温度の日較差が 25～30℃ に達したこともあるが，幹の最高温度が 5 日以上連続して 12℃ 以高に高まることはなかった。こうした条件下では耐凍性は低下しなかった。しかし 3 月中旬に

耐凍性が急に低下し始めたときには，気温や幹の1日の温度較差は2月下旬～3月上旬と同程度であったが，幹の最高温度が連日12℃にたかまったことが特徴である。これらの事実から，温度較差そのものが耐凍性を低下させるのではない[7]。平均気温が0℃以高になり，積雪面下の幹の凍結が数日間，日中数時間だけとけ，根から幹の上方へ水が供給される状態のもとで，幹の最高温度が12℃以高にたかまる日が数日間つづくと耐凍性が低下し始めるようである。このばあい，根からの水の供給開始のみで耐凍性が低下しはじめるか否かについては，今回の実験だけからでは結論が出せない。

6. 積雪中で越冬しているブドウの枝の耐凍性

3月6日，積雪中で越冬しているブドウ（キャンベルス・アーリー）の枝と積雪面の上方で越冬している枝について耐凍性を調べた。第10表に示すように，積雪中で越冬している枝は空中のものより約5℃耐凍性が低いし，含水量も生重量当り約3%高い，なお，2月下旬のデラ

第10表 積雪面の上方および積雪中で越冬しているブドウの枝の耐凍度の比較

(1969年3月6日)

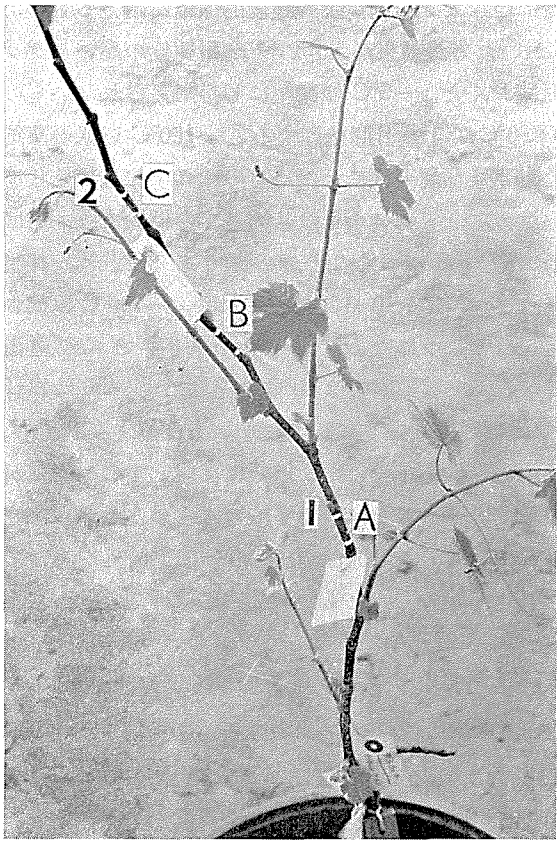
	凍結温度 (16時間) (℃)	被害の程度 主芽	副芽	靱皮組織	靱皮射出髄	含水量 (% w.w.)
積雪面の上方	−20	−	−	−	−	27.5
	−25	−	−	±	−	
積雪中	−20	− 70% ＋ 30%	−	±	−	31.2
	−25	＋	＋	＋	＋	

材料： キャンベルス・アーリー

ウェアの枝を1℃の水中に4～7時間つけておいたが，1時間つけただけで処理前より5℃だけ耐凍性が低下した。このばあい，含水量は約4%増加していた。これらの事実から，冬～早春の材料では含水量が生重量当り4～5%増加すると耐凍性は約5℃位低下することがわかる。

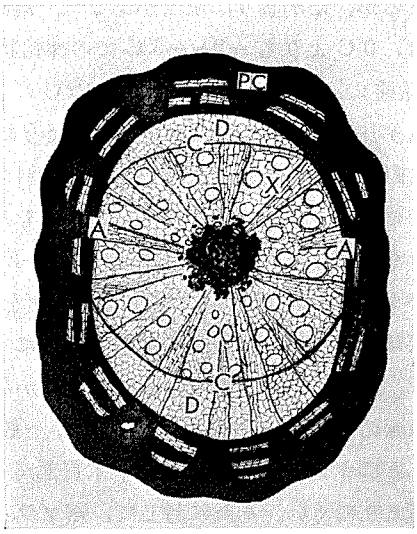
7. 人工的に幹の一部を凍結させて起こした凍害

第3図に示すように，4年生のデラウェアの鉢植したものを電子冷熱装置で約5 cm幅にわたって幹の3ヵ所を−23 (A)，−24 (B) および−26℃ (C) の温度で2時間凍結後，処理部の上部の幹や芽の経過を調べ，幹や枝が凍死する条件を調べた。Aの処理部から5 cm離れた幹の靱皮部の温度は−12℃で，処理部Aに接している芽(1)は−20℃近くまで冷やされたものと思われる。この芽の基部の靱皮組織は中程度の害を受けていた。そのため，この芽は開芽しかけた状態で枯死した。−23℃で2時間凍結された処理部Aでは，靱皮柔組織のみが著しい害を受けたが，形成層は正常であった。−24℃で処理された処理部Bでは靱皮組織も射出髄も褐変枯死していたが，形成層は全周にわたってほとんど無害であった。−26℃に冷やされた処理部Cでは，靱皮組織と髄線が褐変していたほか，第4図に示すように，形成層が約1/3周にわたって被害を受けでた。処理4ヵ月後，処理部Cの一部では，形成層が2/3周にわたって被害を受けていたが，残りの正常な1/3周の形成層が盛んに新しい組織を分化していた。Cの上方の先端の芽は44 cmも伸長していた。しかし，処理部の直上の3つの芽は害を受けてい



第3図　電子冷熱装置で幹の一部を局所的に凍結させたブドウの処理3月後の生育状況

品種：　デラウェアの4年生の鉢植．A, B, Cはそれぞれ−23，−24，および−26°Cの各温度で5 cm 幅にわたって2時間凍結．1，2は処理部直上の芽で枯死



第4図　幹を −26°C まで冷却した時の被害

第3図の処理部Cの断面図で靱皮組織(PC)は全組織が褐変しているが，生存している約2/3周の形成層が新しい靱皮組織(D)を形成中．なお木質部(X)は無害．Aは害を受けている形成層の部分

なかったが全く伸長しなかった。図版II(2, 3)に処理部Cの靱皮組織の被害程度を示す。以上の事実から，芽の基部の靱皮組織が中程度の害を受けると，開芽，伸長できにくいし，靱皮組織が褐変死しても形成層が無害であれば新しく組織を分化できることがわかる。さらに，形成層が約2/3周害されてもその上方にある芽は40 cm 以上も伸長できる。ただし，この程度害を受けた場合には，処理部の上方の枝は夏までに枯死するおそれがあるし，枯死しないとしても，つぎの冬に凍害を受けやすいものと考えられる。さらに，こうした枝の以後の運命は着果量によってもかなり影響されるものと思う。同様な実験を戸外のブドウについても行なったが，現在まだ結果が得られていない。

IV. 考　　察

1. 効果的なハードニングの方法

植物の種類によって，また同一植物でも時期によってハードニングの有効な温度は異なるが，一般に，秋休止状態にある枝でも，15°C 以低の温度にさらすと耐凍性が高まるが，処理効果は15°C 以低，温度の低下につれてたかまり，ことに0°C 付近ではその効果が著しく高い[8,9]。15°C の温度でも鉢植にした植物であるならば(切枝では不可能)，置く時間とともに徐々にたか

まるが，たかまりに限度がある[10]。落葉前後になって2週間以上の連続的凍結に耐えるものでは，0°C よりも −3〜−5°C での凍結状態においた方が効果が大きい[8,9]。耐凍性の高いポプラ（品種： ゲルリカ）では，10〜15°C に2カ月間おくと，−5°C の凍結にしか耐えられないものもが −25°C の凍結に耐えられるようになり，0°C で1カ月間処理すると −100°C 以低の凍結に耐えられるようになる[10]。この材料では，耐凍性を最高度にたかめるのに必ずしも凍結状態でのハードニングを必要としない。しかし，ヤナギ，ドロノキをはじめ多くの植物では，耐凍性を最高にたかめるためには −3〜−5°C での凍結状態におくことが必要である[8,9,11,12]。札幌で10月中旬（落葉10日前）のヤナギを0°C と −3°C で各10日間処理すれば，−100°C 以低の凍結にも予備凍結後の液体窒素処理にも耐えられるようになる[9,11]。またハードニングの適温は，同じ種類の枝でも組織によってかなり異なる。皮層細胞では10°C の温度でも −50°C 以低の凍結に耐えられるようになるが，一般に，木質部の組織は0°C 以低でないとたかまりにくい。ことにヤナギは，枝の組織中木質部がもっとも耐凍性が低く，0°C 以低でないとその耐凍性が高まりにくい。それに対して，ポプラ（品種： ゲルリカ）では他の多くの木本類とちがって木質部の組織の耐凍性が非常に高いし，0°C 以高の温度でも耐凍性が高まりやすい特性をもっている。いずれにしても，ポプラ，ヤナギ，シラカバ等のもっとも耐凍性の高い種類では，落葉2週間前に0°C と −3°C でそれぞれ10日間処理すれば耐凍度はほとんど最高値にまで高まる。

ヤナギとドロノキの枝での結果[9,11]では，ハードニング効果の大きい温度範囲は −10°C までで，−15°C 以低の温度ではハードニング効果が認めがたい。ソ連でも Ogolevet[13] は −20°C 以低では効果を認めていないし，ブドウの枝でももっとも効果のあるハードニング温度は0〜−10°C であることが確められている[14]。従来，Krasavtsev[15,16] は耐凍度を最高にたかめには0°C から −60°C までの温度範囲で5°C 間隔で3〜5日間宛順次低い温度にさらして，凍結状態で1カ月以上にわたってハードニングすることが必要であると述べている。最近，ソ連の研究者達もハードニングのもっとも効果のある温度は −10°C 以高であることを認めている[14,17]。したがって，効果がもっとも大きいハードニングの温度が0〜−10°C の範囲内にあることには異論がない。残る問題は，その温度範囲内での温度と処理期間との組合せ，およびこうした処理後の冷却方法にある。最近のソ連の方法は，−5°C 10日間，ついで −10°C 10日間，又は −3°C，5日間，−5°C 5日間，−10°C 5日間と順次温度を下げて処理している[14,17]。ソ連以外の研究者達は，ハードニング処理後の効果を調べるために，数時間または1日以内に所定温度まで冷却している。しかしソ連の研究者達は，ハードニング処理とその効果を調べる凍結試験とを切離して考えないで凍結試験をハードニング処理の中に組込んでいる。最近は −10°C 以高の温度で処理してから −20，−30，−40°C と各1日間宛おいて，順次所定温度までゆっくり冷却している。従来のように −15°C 以低の温度に数日間おく必要はないと述べている。

今回の実験では秋の材料を使用できなかったが，春の材料では0°C で処理しても −3°C で14日間処理しても効果はほとんど同じで，0°C で7日間処理してから −3°C で7日間処理した方が効果は多少大きい傾向が認められた。しかし，−5°C で14日間処理したばあいには害が生ずるため，効果は少なかった。いずれにしても，0 と −3°C とを組合せて処理した後，−5，−10，−15°C に各々1時間宛おいて −20°C まで冷却したばあいと，−5，−10，−15°C にそれ

ぞれ1日おいてから −20°C に冷却したばあいを較べると，後者の方が常に効果が大きかった。したがって，Krasavtsev[17] が述べているように，耐凍性の比較的低い植物では，ハードニング処理後所定温度まで冷却するばあいに，1日に 10°C の速度で冷却した方が効果があるようである。しかし，なぜ効果があるかについては現在明らかでない。

2. 耐凍性の立場から見たブドウの特性

沿海州およびアムール川流域に自生している野ブドウ *Vitis Amurtensis* はブドウの中ではもっとも耐凍性が高いといわれているが，栽培品種の大部分は −20～−25°C に耐えるのが限度で，現在ソ連で最高の耐凍度を有するといわれている品種（ハーデーシー）でも −28°C にしか耐えない[18]。果実生産の立場から，ブドウにとってもっとも大切なのは主芽であるが，主芽の耐凍度は副芽に較べて低い。ハーデーシー品種の場合でも副芽は −25～−26°C の2～3時間の凍結に耐えるが，主芽は −22～−24°C の1～2時間の凍結にしか耐えられない[18]。主芽に被害があったとき副芽から出る新梢の着果量は極めて少ないので，主芽を凍害から守ることが果実生産上もっとも重要である。ソ連で作られているハーデーシー品種やカールムラウェト品種は，副芽の着果量も多いのが特徴である[18]。ブドウの耐凍性品種を育成する場合，主芽の耐凍性が高く，しかも副芽の着果量の多いものを選ぶことが必要で，アルメニアではこの点に注目して仕事が進められている。ブドウでは，冬期間木質部や形成層の耐凍性が靱皮組織や芽よりも高いのが特徴である。しかし，用いた材料のうち，耐凍性がもっとも低いインドのアナブ・エ・シャヒィ品種のみは冬期間でも形成層だけが選択的に害を受けた（図版 II-4）。ブドウは，冬期間形成層が他の組織よりも強いことのほか，形成層が全周の約 2/3 の部分にわたって害されても，通常枯死しない。もちろん，こうした幹では開芽遅延がおきたり，次年度に凍害を受けやすいものと思う。ブドウの場合でも他の植物と同様[19]，耐凍性の高い種や品種ほど急速冷却にも急速融解にも耐えることが確められた。

現在春の不開芽，開芽遅延，開芽後の生育不良など，開芽時の異常障害を総括してブドウの「ねむり病」と呼んでいる[1]。長野県では 1957, 1963 および 1968 年に大発生し，長野県におけるブドウの栽培の大きな障害となっている。1968 年，甲府地方でもブドウ（デラウェア）の主幹の南側に亀裂を生じ，5月中旬になっても開芽しないものが多かった。三好・平田等[1] の最近の研究によれば，健全な枝が開芽後 16 日を経過した時点でまだ開芽しない結果母枝を調べたところ，靱皮組織や木質部に著しい褐変が認められた。なお，枝の組織中耐凍性がもっとも高い木質部もかなり被害を受けていることから考えて，当然，主・副芽も害を受けて開芽しなかったものと考えられる。これに対してすべての芽が開芽している結果母枝では，木質部には被害はなく，靱皮組織に軽度の褐変が認められたにすぎない。彼等は，靱皮組織や木質部に褐変枯死部がかなり多くても形式層が正常なものもあることを観察している[1]。このことは，冬期間，形成層がブドウの枝の組織中もっとも耐凍性が高いことから考えて当然である。そのためにブドウの幹や枝は耐凍性が比較的低いが，かなりの害を受けても回復しやすい。また，三好・平田等[1] は，健全樹は3月 20 日以降，樹液流動にともなって含水量が急速にたかまるが，被害樹では，2月 20 日以降，含水量は減少しつづけることを述べている。このことは，2月 20 日以前に害を受けたことを示している。彼等の研究によると「ねむり病」の発生しやすい品種

はマスカットベリー A とデラウェアで，これらの品種は，1月下旬には −20°C の凍結に耐えるが，「ねむり病」にかかりにくいコンコードよりも早春耐凍性の低下の早いのが特徴である。赤羽[2]も同様のことを確かめている。これらの事実から考えて，従来ブドウの「ねむり病」といわれているものは凍害とみなされる。こうした凍害の発生の可能性は，耐凍性がまだ低い初冬，厳寒期および早春の3つの時期が考えられる。北海道では，耐凍性がまだ充分にたかまっていない10月下旬～11月中旬に −20°C 近くまで気温が急に低下した場合に被害が発生しやすく[2]，厳寒期や早春には土や雪でおおわれているため被害が少ない。昭和43年春，甲府地方で凍害を受けたブドウの主幹を切ってみたところ，幹の南側のみ形成層が褐変しているものが多く認められたが，こうした形成層の被害は，形成層の耐凍性がまだ充分高くない初冬か，早春形成層の耐凍性が低くなってから受けた害と思われる。いずれにしも，凍害はその時点での組織の耐えられる限度と外気温の低下の度合によってきまる。したがって，長野県や山梨県のようにブドウが棚の上で越冬しているばあいには，初冬，厳寒期，早春のいずれの時期にも害を受ける可能性がある。いつ害を受けるかは年によっても異なる。関東地方や九州でのスギ，ヒノキの幹の地際の凍害が11月中～下旬の冷え込みによっておこることが数年にわたって確認されている。しかしブドウのばあい，本州ではスギと同様に初冬に凍害を受ける可能性が少なくないものと考えられるが，まだ確認されていない。ソ連では「ねむり病」といわないではっきり凍害とみなしている。最近，日本ではクリの地際の害もかなり凍害と認められるようになってきたが，数年前までは胴枯病とされていた。

アルメニアでは，1963～64年に1～2月の平均気温が約 −15°C で，1月中旬～下旬の2週間にわたって，最低気温の平均値が −25～−30°C であった。こうした条件下では，約 20 cm の土で被覆されたブドウも大被害を受けた。1969年2月上旬，気温が −29°C まで低下したので，本年も相当な被害が発生したものと思われる。アルメニアにおける凍害防止の研究の主点は，植栽地の選定資料を得るための農業気象的研究，被覆方法の研究，耐凍性の研究，耐寒性品種の育成におかれている。

V. 摘　　要

冬および春のブドウの枝を用いて，効果的なハードニングの方法，急速冷却および急速加温に対する抵抗性，耐凍性の立場から見たブドウの特性，冬から春にかけて耐凍性を低下させる要因等を調べた。

1. 春の材料では，0 または −3°C で処理後，−5，−10 および −15°C の各温度に1日宛おいてから所定温度まで冷却した場合に最高の耐凍度が得られた。冬の材料では，−3，−5 および −10°C の各温度で各々5日間宛処理後，−15，−20 および −25°C の各温度にそれぞれ1日宛おいてから所定温度に冷却した場合に最高の耐凍度が得られた。なお，春の枝では −3°C 以高，冬の枝では −10°C 以高の温度で処理後数時間以内に所定温度まで冷却したときの耐凍度は，前述の方法で3～4日にかけて冷却した場合よりもかなり低かった。

2. 耐凍性の高いブドウの種や品種の枝ほど急速冷却・急速加温に耐えた。

3. 用いたブドウの冬の枝では，主芽の耐凍性がもっとも低く，ついで副芽，靱皮射出髄，

靱皮柔組織の順にたかい。もっとも耐凍性の低い品種であるアナベ・エ・シャヒィの枝を除いて形成層や木質部は耐凍性がもっとも高かった。ブドウの枝の場合には，形成層が 2/3 周，害されても枯死しない。ブドウの枝の耐凍性は比較的低いが，凍害を受けても回復力が大きいのが特徴である。

4. 札幌で越冬しているブドウでは，3 月中旬まで積雪面下 20 cm の部位の幹は凍結状態に保たれ，根から積雪面上の枝への水の上昇はおさえられており，こうした状態ではブドウの枝の凍耐性は冬の最高値を保っていた。しかし，3 月 18 日以降，雪面下の幹の温度が日中数時間だけ数日間にわたって 0°C 以上になったとき，初めて含水量が増加した。しかもこの期間，雪面上の枝の温度が日中 12°C 以高に保たれていた。こうした条件下でブドウの枝の耐凍度は著しく低下した。

文　献

1) 赤羽紀雄 1961 りんご及びぶどうの凍害に関する研究. 北海道立農業試験場報告, **9**, 1–44.
2) 三好武満・平田克明・柴　寿 1968 ブドウねむり病の発生機構と原因について. 長野県農業試験場報告, **33**, 1–7.
3) 岩野貞雄 本邦産野生ブドウに関する研究 ―本邦における野生ブドウの分布および分類について― 未発表.
4) 酒井　昭 1968 幼木の幹を局所的に冷却する電子冷熱装置. 日林誌, **50**, 79–80.
5) 酒井　昭 1967 幼木の幹の基部における凍害. 低温科学, 生物篇, **25**, 45–57.
6) 吉田静夫・酒井　昭 1967 植物の凍害におよぼす融解速度の影響 I. 低温科学, 生物篇, **25**, 71–79
7) 酒井　昭・斎藤　満 1967 スギの幹の基部の凍害. 日林誌, **49**, 244–251.
8) 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**, 7–15.
9) 酒井　昭 1964 木本類の耐凍性増大過程 X. 枝の耐凍性を効果的にたかめる温度. 低温科学, 生物篇, **22**, 29–50.
10) Sakai, A. and Yoshida, S. 1968 The role of sugar and related compounds in variations of freezing resistance. Cryobiology, **5**, 160–174.
11) Sakai, A. 1967 Studies of frost hardiness in woody plants II. Effect of temperature on hardening. Plant Physiol., **41**, 353–359.
12) Huyster, R. B. V., Weiser, C. J. and Li, P. H. 1967 Cold acclimation in cornus stolonifera under natural controlled photoperiod and temperature. Bot. Gaz., **128**, 200–205.
13) Оголевец, И. В. 1964 Изменение углеводного комплекса в коре деревьев при воздействии отрицательных температур. Физиология Растений, **11**, 889–896.
14) Погосян, К. С. 1967 Температурный режим для второй фазы закаливания виноградной лозы и изменение углеводного состава при отрицательных температурах. Физиология Растений, **14**, 109–115.
15) Красавцев, О. А. 1960 Закаливание древесных растений к морозу. Физиология Устойчивости Растений. Труды конференции. Издательство Академии Наук. СССР. 229–234.
16) Красавцев, О. А. 1961 Закаливание древесных растений к сверхнизким температурам. Известия Академии Наук СССР. Серия биологическая, 228–229.
17) Красавцев, О. А. 1969 Действие длительных морозов на древесные растения. Физиология Растений, **16**, 228–236.
18) Погосян, К. С. 1967 О морозостойкости некоторых сортов и гибридов винограда в условиях открытой зимовки. Труды Армянского института виноградарства, виноделия и плодоводства, АЙАСТАН ЕРЕВАН, **8**, 218–242.
19) Туманов, И. И. и Красавцев, О. А. 1962 Изучение механизма отмирания растений при быстром их оттаивании. Физиология Растений, **9**, 718–729.

20) Погосян, К. С. 1967 Морозостойкость виноградной лозы в зависимости от сроков и темпов нарастания морозов. Академия Наук Армянской СССР. Биологический Журнал Армении, **20**, 61-71.

Summary

To clarify freezing damage under natural coditions, and factors concerning freezing resistance in grape vines, some experiments were made using vines of certain varieties and species of grape.

First, the most effective method for enhancing the freezing resistance was investigated using grape vines collected in winter and in early spring. Exposure to successively colder temperatures of −3, −5 and −10°C at 5 day intervals produced a far greater increase in the freezing resistance than that of any given constant temperature ranging from −3 to −10°C. It was also confirmed that after treatment in a temperature range from −3 to −10°C in winter or from 0 to −3°C in early spring, the vines which were transferred at daily intervals to successively colder temperatures in 5°C steps showed a far greater increase in their freezing resistance than those cooled down to a final temperature within several hours.

The effect of rapid warming on the freezing damage were also investigated using winter grape vines. The frozen vines at −20°C were warmed slowly in air at 0°C (warming rate: 7°C/min) or rapidly by immersion in water at 10°C (warming rate: 200 °C/min). No damage was observed when rewarmed slowly in air at 0°C, while only the buds were killed when warmed rapidly. To determine the effect of a rehydration by keeping frozen cells at temperatures below the freezing point on the degree of damage caused by rapid thawing, the vines frozen at −20°C were immersed into freezing mixtures kept at various temperatures of −10, −7, −5, −3 and 0°C respectively for 30 seconds, before a subsequent rapid warming in water at 10°C. No damage was observed in the vines kept at −5°C. And in those kept at −3 and −7°C, the damage was observed only in the main buds, while those kept at −10 and 0°C respectively were found to be ineffective in lessening the damage caused by a subsequent rapid warming in water at 10°C. It may be considered therefore that the damage of rapid thawing is caused by the rapid flow into the cell interior of thawed water in intercellular spaces at a temperature range around the freezing point.

The effect of rapid cooling on freezing damage was investigated by immersing grape vines into isopentane cooled at −10, −15 and −20°C respectively. In the vines cooled slowly in air at −20°C and in those cooled rapidly by immersion into isopentane kept at temperatures above −10°C from room temperature, no damage was observed, while the vines suffered serious damage, when cooled rapidly by direct immersion into isopentane cooled at temperatures below −15°C (cooling rate: about 70°C/min). However, the prefrozen vines at −5 or −10°C could resist a subsequent rapid cooling to −15 or −20 °C. These facts indicate that a partial dehydration by pre-freezing contributes in lessening the damage caused by a subsequent rapid cooling.

It was also determined that the maximal rates of cooling and warming in the grape vines wintering above the snow surface were observed to be 0.6 and 0.7°C per minute

respectively. As indicated above, these values are too small to cause freezing damage. Further, it was confirmed that the higher the freezing resistance of grape vines, the greater the resistance to both rapid warming and rapid cooling.

Using a potted 4-year-old grape vine (Delaware), 3 different part (about 5 cm in length) on the grape stem were locally cooled down to various temperatures of −22, −24 and −26°C for 2 hours respectively with a thermoelectric apparatus. The phloem tissues were killed when frozen at temperatures below −24°C, although a part of the cambium and xylem tissues remained normal. Even in the part of the stem in which phloem tissues and 2/3 of the total periphery of cambium were killed, the cambial cells in the undamaged part still continued actively to differentiate new tissues.

The degree of freezing resistance in grape vines in winter varies considerably among different tissues, and is generally as follows: xylem, cambium>phloem parenchyma>phloem pith-ray>accessory buds>main buds.

It is characteristic of grape that the cambium and xylem are the most hardy among its vine tissues and the main bud which is the most important for bearing fruit is the most susceptible to freezing injury.

図 版 説 明

図 版 I

1. 凍害に及ぼす急速冷却の影響 (*Vitis Amurensis*)

A: 10°C から −20°C のイソペンタン中に入れて冷却, B: 10°C から −20°C の空中に移して冷却, C: −5°C で予備凍結後, −20°C のイソペンタン中に入れて冷却, D: −10°C で予備凍結後, −20°C のイソペンタン中に入れて冷却, E: −5°C で予備凍結後, −15°C のイソペンタン中に入れて冷却

2. 凍害に及ぼす急速加温の影響 (*Vitis Coignetiae*)

A: −20°C で凍結した枝を 10°C の水中に入れて加温, B, C: −20°C で凍結した枝を −5 (B), または −3°C (C) に冷やされた食塩と氷との混合液中に 5 分間入れてから 10°C 水中で加温

3. ハードニング効果の比較 (*Vitis Coignetiae*)

A: −3°C (5 日), −5°C (5 日), −10°C (5 日), B: −3°C (15 日), −5°C (1 時間), −10°C (1 時間), C: −3°C (12 日), −10°C (2 日)

上記の処理後. いずれも −15, −20 および −25°C の各温度に 1 日宛おいてから A は −35, B は −30, C は −30°C で 1 日間凍結

図 版 II

1. −20°C で凍結後靱皮組織が凍害を受けたデラウェアの枝の横断面

PC: 靱皮柔組織, PP: 靱皮射出髄, C: 形成層 (無害), X: 木質部 (無害) × 220

2. −26°C で凍結後害を受けたフレドニアの枝の横断面

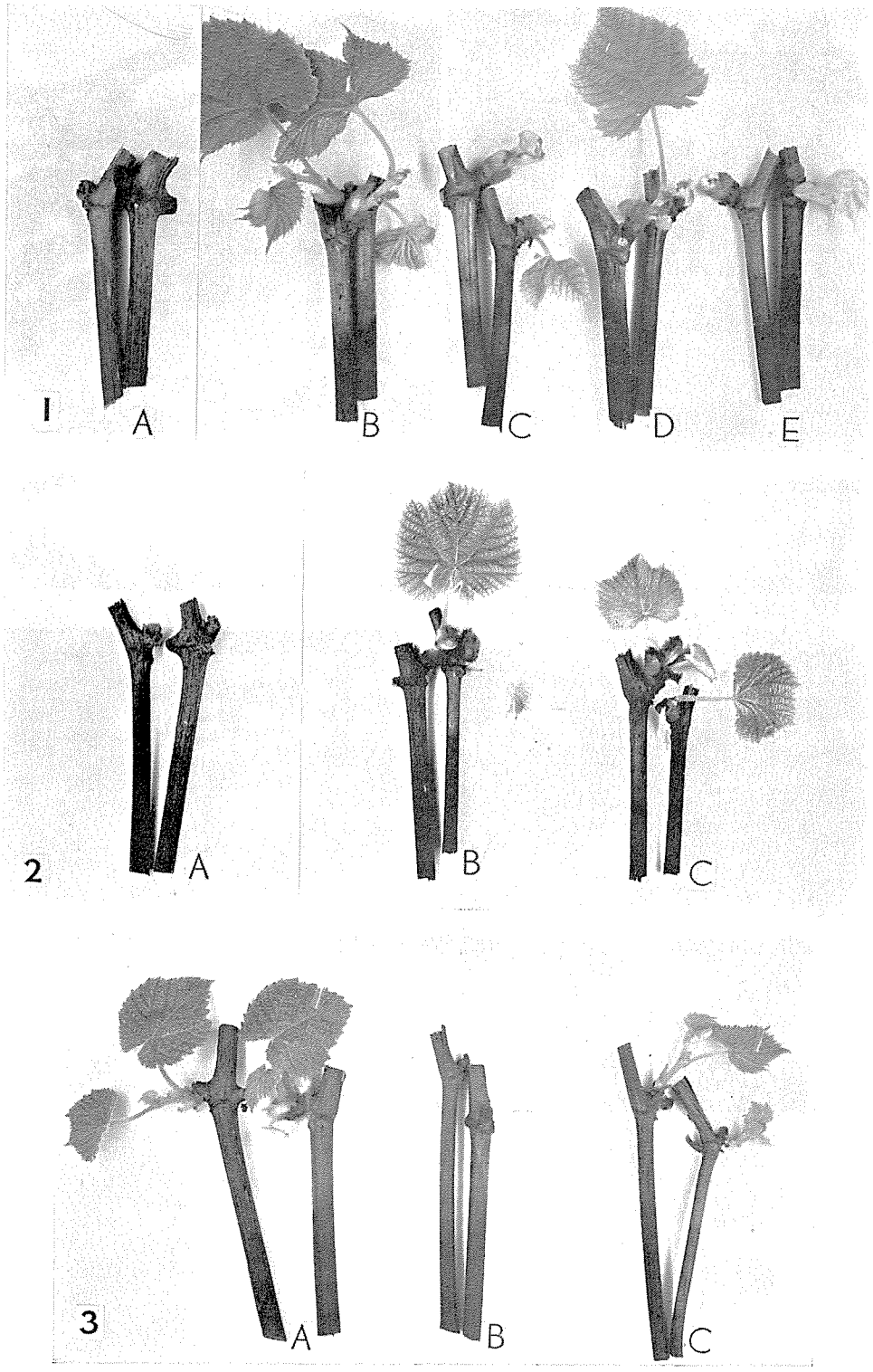
PP: 靱皮射出髄, C: 形成層 (無害) × 330

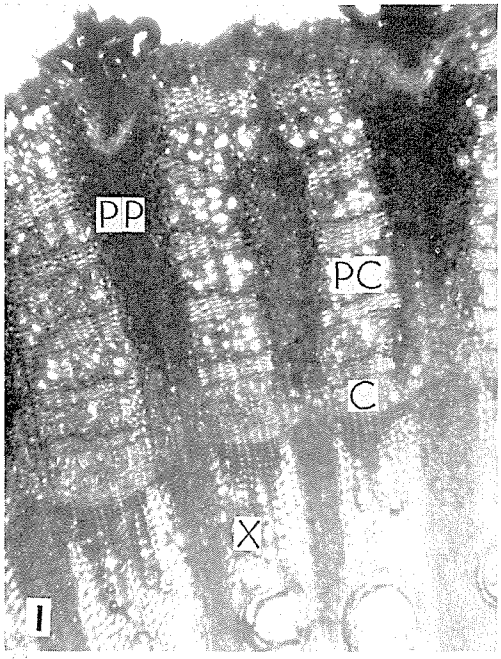
3. 2 と同じ枝の横断面

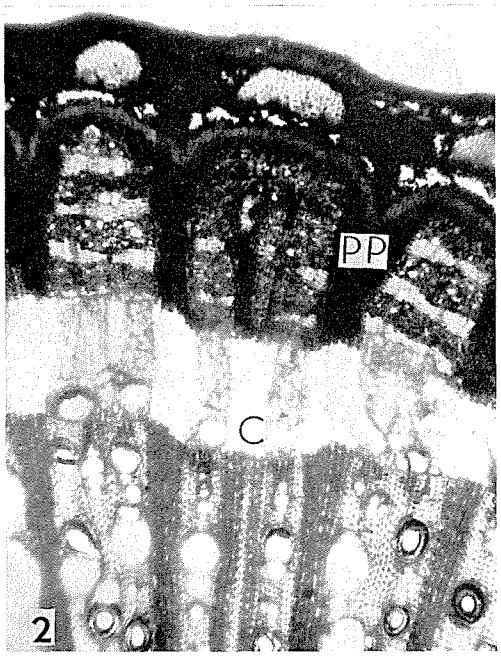
靱皮組織 (PP) は害を受け褐変しているが, 木質部および形成層の一部は正常である
C: 害を受けず分裂活動中の形成層, D: 害を受けた形成層

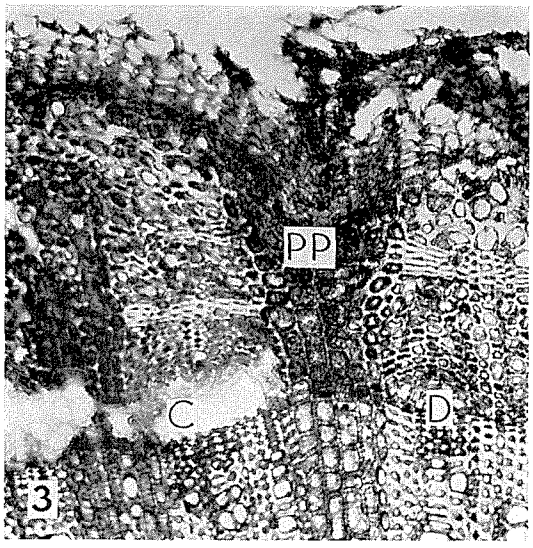
4. −20°C で凍結後形成層のみ害を受けたアナブ・エ・シャヒイの枝の横断面

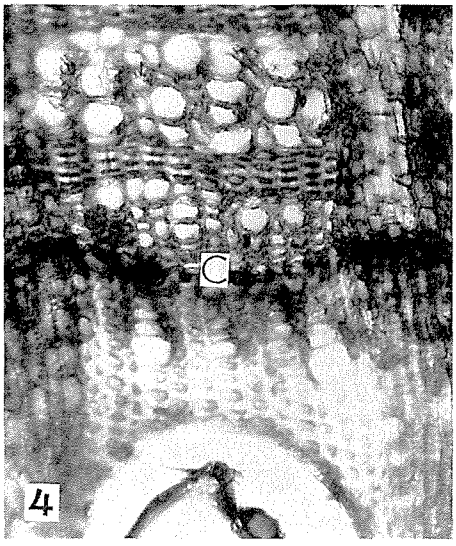
C: 害を受けて褐変している形成層


1
A
B
C
D
E
2
A
B
C
3
A
B
C


PP
PC
C
X
1


PP
C
2


PP
C
D
3


C
4

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	庶糖
45	上から	6	4	6
64	下から	10	4	6
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