

リンゴ樹における1年生枝の生育と耐凍性との関係

誌名	北海道農業試験場研究報告 = Research bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station
ISSN	03675955
著者	黒田, 治之
巻/号	152号
掲載ページ	p. 1-8
発行年月	1989年3月

リンゴ樹における1年生枝の生育と耐凍性との関係

黒田 治之*

I 緒 言

果樹の凍害は冬季の低温によって発生するが、一地方、一園地、あるいは特定の樹種や品種のすべてが同時に被害を受けるとは限らない。ある園地の果樹は健全であっても、隣の園地で凍害が見られる場合もあり、また同一園地の同一品種においても、1樹だけが被害を受け、他の樹は健全な場合が多々ある。このような状況は、同一樹内においてもみられ、健全な枝に混じって凍害を受けた枝が良く観察される。その発生原因としては、局所的な気象条件を考慮しなければならないが、個体あるいは枝の個別的な内的条件の方がより密接に関係していると考えられる。

黒田ら(1985 a, b)は、このような観点からリンゴ樹の耐凍性と生育との関係を検討し、凍害発生が個体の生育状態と密接に関係していることを明らかにした。しかし、同一個体内に発生する枝の生育状態と耐凍性との関係は明らかでない。

本研究では、果樹の1樹内に発生する枝の生育状態と耐凍性との関係を明らかにするため、リンゴ樹の同一樹内1年生枝の生育特性値についての主成分分析により、その生育特性の分類を試み、次いで、その分類結果に基づいた枝の生育状態と耐凍性との関係を検討した。

II 材料及び方法

1. 枝の生育分類

北海道農業試験場果樹園に定植されている4年生リンゴ「スターキング・デリシャス」樹(台木:M

7)を供試した。1978年9月21日に1樹内に発生した長さ8cm以上の1年生枝をすべて採取し、それらの生育特性値を測定し、主成分分析を行った。採取した1年生枝を二次生長の有無で分けた後、二次生長を起こしていない枝については、その長さ、基部の直径、葉数、平均節間長、含水量及び乾物重、さらに組織粉末比重の7形質を調査した。二次生長枝については、一次生長部と二次生長部に分け、それぞれの長さ、含水量、乾物重及び組織粉末比重を調査した。

組織粉末比重は、供試枝を105℃、24時間乾燥後、放冷、粉碎した粉末を直ちに秤量し、容積測定用のメスシリンダーに入れ、その容積を測定し、粉末比重(g dry weight/cm³)を算出した。

主成分分析は農林水産研究計算センター登録のMAP(多変量解析プログラム)を使用して行った。

2. 枝の「先枯れ」調査

北海道農業試験場果樹園に定植されている4年生リンゴ「スターキング・デリシャス」樹(台木:M7)の1年生枝について、自然条件下における「先枯れ」を1979年5月21日に調査した。

調査は前記の主成分分析によって得られた分類に基づき、各生育状態の枝ごとに「先枯れ」枝数率及び「先枯れ」長率を測定した。なお、調査対象樹は冬期間常に樹冠部が積雪面上に現れるように除雪した。

3. 枝の耐凍性の測定

北海道農業試験場果樹園に定植されている15年生リンゴ「スターキング・デリシャス」樹(台木:ミツバカイドウ)より、前記の主成分分析の結果に基づいた各生育状態の1年生枝を採取し、耐凍性の検定に供した。

採取した枝をポリエチレン袋に入れ、常温水で湿

Table 1 Means, standard deviations and correlation matrix of variables in the one-year old twigs in an apple tree.

Variable	Mean	Standard deviation	Length	Basal diameter	Dry weight	Number of leaves	Length of internode	Water content	Specific gravity of tissue powder
Length (cm)	42.133	17.275	1.000						
Basal diameter (cm)	0.618	0.182	0.838	1.000					
Dry weight (g)	5.523	4.284	0.878	0.928	1.000				
Number of leaves	20.148	5.998	0.964	0.887	0.912	1.000			
Length of internode (cm)	2.298	0.329	0.635	0.402	0.388	0.514	1.000		
Water content (% of F.W.)	58.777	5.020	0.748	0.450	0.512	0.640	0.642	1.000	
Specific gravity of tissue powder (g D.W./cm ³)	0.621	0.046	0.615	0.804	0.720	0.661	0.315	0.370	1.000

Sample size = 135; F.W. : fresh weight; D.W. : dry weight

らせ、-5℃の恒温器内で植氷後、1時間ごとに5℃ずつ温度の低い恒温器に順次移し、-5~-30℃の所定の温度 (Table 8) に達してから16時間凍結処理した。凍結処理した枝を+5℃の恒温器内で融解後、温室内で水挿し培養を2~3週間行い、芽の展開状態と枝の各組織の褐変状態により、枝の生死を判定した。

III 結 果

1. 同一樹内における1年生枝の生育分類

供試樹から得られた1年生枝の数は305本であり、その内二次生長をしていた枝の数は170本であった。二次生長枝を除いた135本の枝について、7種類の形質を測定し、主成分分析を行った。第1表は7形質間の相関係数を示し、主成分分析で得られた固有

Table 2 Eigen values and its contributions of principal components

Component	Eigen value	Contribution ratio	Cumulative contribution
Z ₁	5.044	0.721	0.721
Z ₂	1.053	0.150	0.871
Z ₃	0.423	0.060	0.931
Z ₄	0.325	0.046	0.978
Z ₅	0.080	0.011	0.989
Z ₆	0.057	0.008	0.997
Z ₇	0.018	0.003	1.000

値と寄与率を第2表に、固有のベクトルと因子負荷量を第3表に示した。第3主成分までの累積寄与率は93.1%で、1年生枝の生育状態は第1~第3主成分によって説明できる。

第1主成分Z₁の係数はすべて正である。因子負荷量をみると、Z₁は長さ、基部の直径、乾物重量及

Table 3 Eigen vectors and factor loading of variables

Variable	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇
Length	0.431 ^{a)}	-0.112	0.246	0.123	-0.353	0.091	-0.770
	0.967 ^{b)}	-0.115	0.160	0.070	-0.100	0.022	-0.103
Basal diameter	0.408	0.319	-0.049	0.165	0.333	-0.767	-0.051
	0.917	0.327	-0.032	0.094	0.094	-0.183	-0.007
Dry weight	0.411	0.259	0.221	0.169	0.573	0.591	0.098
	0.924	0.265	0.144	0.096	0.162	0.141	0.013
Number of leaves	0.427	0.060	0.287	0.167	-0.576	-0.020	0.610
	0.959	0.061	0.187	0.095	-0.163	-0.005	0.081
Length of internode	0.279	-0.622	-0.564	0.442	0.094	0.055	0.100
	0.627	-0.638	-0.367	0.252	0.027	0.013	0.013
Water content	0.320	-0.532	0.250	-0.689	0.226	-0.124	0.108
	0.719	-0.545	0.162	-0.393	0.064	-0.030	0.014
Specific gravity of tissue powder	0.341	0.382	-0.652	-0.481	-0.212	0.188	-0.031
	0.765	0.392	-0.424	-0.274	-0.060	0.045	-0.004

a) Eigen vector

b) Factor loading

Table 4 Number of twigs and variables in the four groups classified by the principal component analysis

Group	Number of twigs (twig)	Length (cm)	Basal diameter (cm)	Dry weight (g)	Number of leaves (leaf)	Length of internode (cm)	Water content (% of F.W.)	Specific gravity of tissue powder (g D.W./cm ³)
I	17	49.5	0.46	2.74	20.2	2.67	66.9	0.582
II	45	59.6	0.83	10.63	26.6	2.42	62.3	0.668
III	61	31.7	0.55	3.19	16.8	2.24	55.0	0.608
IV	12	15.6	0.32	0.78	11.4	1.40	52.1	0.556

び葉数と高い相関をもっている。これらの形質はいずれも大きさを表すものであり、第1主成分は大きさを表す因子である。

第2主成分 Z_2 の係数には、正負のものが混じっている。主成分係数が正のものは、基部の直径、乾物重、葉数及び組織粉末比重であり、負のものは長さ、平均節間長及び含水量である。正の係数は太さや重さに関係し、負の係数は含水量を除けば長さに関係した形質である。しかし、含水量も長さとの相関が高く、長さに関係した変数とみられる。それ故、 Z_2 が正で大きいものは短く、太い枝であり、負のものは長く、細い枝であり、この主成分は形の特徴を表す因子と考えられる。

第3主成分 Z_3 は組織粉末比重との相関が高い。組織粉末比重は植物体の充実度を表す形質とされていることから(瀬瀬, 1940)、この主成分は枝の充実度を表す成分とみなすことができる。

なお、第4主成分以降は以上のような共通的な形

質が認められなかった。

第1主成分 Z_1 と第2主成分 Z_2 について、供試1年生枝135本の2元散布図を第1図に示した。第3主成分も参照して、この2元散布図より1年生枝の生育状態は4つの群に分類される。

各群に属する1年生枝の各形質の平均値を求めた結果を第4表に示した。この結果と樹体内における枝の着生部位の観察結果とを考え合わせると、I群に属する枝は樹冠内部の日陰部に位置しているもので、長さは種々であるが、基部が細く、節間が長く、含水量が高く、充実度が低い、いわゆる徒長性を示している。II群の枝は樹冠上部の直立性枝であり、平均長が59.6 cm、基部の太さが0.83 cmと長大で強い生長を示し、含水量が多いが、充実度が高いのが特徴である。III群の枝は樹冠全体に存在し、調査形質が他の群の枝のそれらに比べて中間の値を示し、充実度が高い。IV群の枝は樹冠下部の下垂状態の枝に散見でき、長さが15.6 cm、基部の太さが0.32 cmと小さく、含水量が少なく、充実度が低い。以上のI~IV群の枝は、それぞれの生育状態を直接的に表現するために、徒長枝、強勢枝、中勢枝、及び弱勢枝と呼ぶことにする。

樹冠全体に散見できる二次生長枝は、他の枝と明らかに区別される。その一次及び二次生長部の調査形質を第5表に示した。その生育状態を含水量と組織粉末比重でみると、一次生長部は中勢枝と強勢枝の中間を示し、二次生長部は徒長枝に近い状態を示

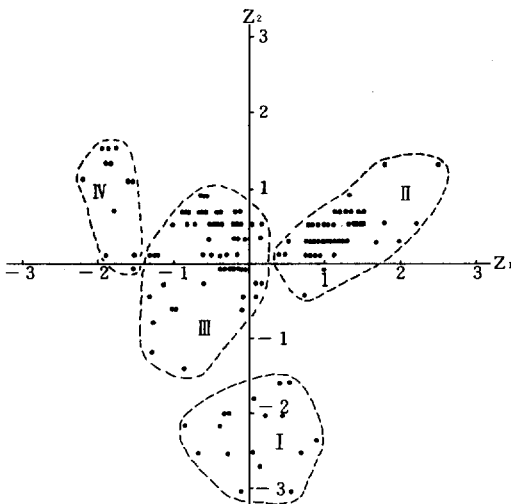


Fig. 1 Scatter diagram of 135 twigs on z_1 and z_2

Table 5 Comparison of four characters in the primary and secondary parts of the secondary growth twigs

Part of secondary growth twigs	Length (cm)	Dry weight (g)	Water content (% of F.W.)	Specific gravity of tissue powder (g D.W./cm ³)
Primary	41.1	3.98	56.2	0.615
Secondary	4.8	0.27	64.0	0.579

Table 6 Characteristics of the five classes of one-year old twigs in an apple tree.

Group	Name of twig	Developing portion and slope of twig	Specificity
I	Succulent growth twig	Shady state in the inner portion of canopy	Lankness, very high water content and low substantiality
II	Vigorous growth twig	Upright state in the upper portion of canopy	Hugeness, high water content and high substantiality
III	Moderate growth twig	Oblique state in the whole surface of canopy	Medium size, medium water content and high substantiality
IV	Weak growth twig	Hanging state in the lower portion of canopy	Small size, low water content and low substantiality
	Secondary growth twig	Whole surface of canopy	Primary part ; state between the moderate growth twig and the vigorous growth twig Secondary part ; resemblance to succulent growth twig

Table 7 Relationship between the growth and the killing back in the one-year old in an apple tree

Twig	Number of twigs surveyed (twig)	Number of killing backed twigs		Average length of twigs surveyed (cm)	Average length of killing backed twigs	
		Number (twig)	Percentage (%)		Average length (cm)	Percentage (%)
Succulent growth twig	17	17	100.0	40.8	12.4	30.4
Vigorous growth twig	67	63	94.0	62.7	4.1	6.5
Moderate growth twig	50	20	40.0	33.8	5.5	1.6
Weak growth twig	23	14	60.9	12.6	0.6	4.6
Secondary growth twig	108	108	100.0	46.3	4.8	10.8
Total	265	222	83.8	196.2	27.4	14.0

していた。

以上の結果をまとめて示したものが第6表である。なお、以後の実験においては次の基準にしたがって、1年生枝の生育状態の判定を行った。

徒長枝：樹冠内部に着生した長さ50cm前後の細長い枝

強勢枝：樹冠上部に着生した垂直で、長さが60cm前後の枝

中勢枝：長さ30cm前後の結果枝の先端の枝

弱勢枝：樹冠下部に着生し、下垂した長さ15cm前後の結果枝先端の枝

二次生長枝：二次生長部10cm前後、全長30cm前後の結果枝先端の枝

2. 1年生枝の生育と「先枯れ」との関係

北海道農業試験場で観測された1978年11月から1979年3月までの気温の変化を第2図に示した。11

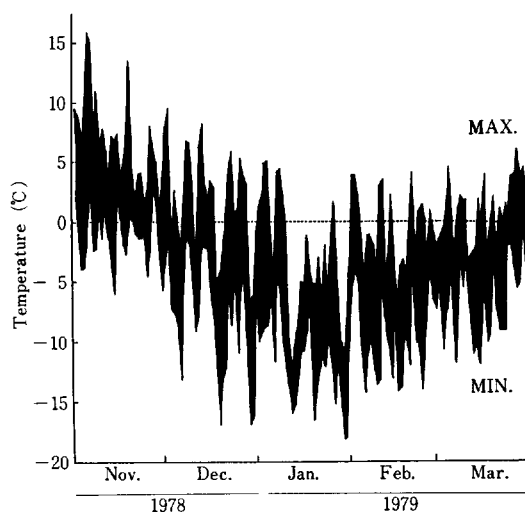


Fig. 2 Changes in air temperature at the Hokkaido National Agricultural Experiment Station (Sapporo) from November 1978 to March 1979.

Table 8 The seasonal changes in freezing resistance in the one-year old twigs with different growth status in an apple tree

Date	twig	Freezing temperature (°C)					
		-5	-10	-15	-20	-25	-30
Sept. 21	Succulent growth twig	●	●				
	Vigorous growth twig	●	●				
	Moderate growth twig	△	●				
	Weak growth twig	△	●				
	Secondary growth twig						
	{ Primary part	●	●				
{ Secondary part	●	●					
Nov. 7	Succulent growth twig		△	●	●		
	Vigorous growth twig		△	●	●		
	Moderate growth twig		○	●	●		
	Weak growth twig		○	△	●		
	Secondary growth twig						
	{ Primary part		○	●	●		
{ Secondary part		△	●	●			
Dec. 6	Succulent growth twig			△	△	●	
	Vigorous growth twig			○	○	●	
	Moderate growth twig			○	○	△	
	Weak growth twig			○	○	△	
	Secondary growth twig						
	{ Primary part			○	○	△	
{ Secondary part			△	△	●		
Jan. 9	Succulent growth twig				○	△	●
	Vigorous growth twig				○	○	△
	Moderate growth twig				○	○	△
	Weak growth twig				○	○	△
	Secondary growth twig						
	{ Primary part				○	○	△
{ Secondary part				○	△	●	
Feb. 9	Succulent growth twig				○	△	△
	Vigorous growth twig				○	○	△
	Moderate growth twig				○	○	△
	Weak growth twig				○	○	△
	Secondary growth twig						
	{ Primary part				○	○	△
{ Secondary part				○	△	●	
Mar. 15	Succulent growth twig				○	△	△
	Vigorous growth twig				○	○	△
	Moderate growth twig				○	○	△
	Weak growth twig				○	○	△
	Secondary growth twig						
	{ Primary part				○	○	△
{ Secondary part				○	△	△	
Apr. 11	Succulent growth twig			△	●	●	
	Vigorous growth twig			○	△	△	
	Moderate growth twig			△	△	●	
	Weak growth twig			△	●	●	
	Secondary growth twig						
	{ Primary part			○	△	●	
{ Secondary part			△	●	●		

Symbols : ○, live ; △, injured ; ●, died.

月に入ってから氷点下の日が多くなり、12月29,30日にそれぞれ -16.8°C 、 -16.2°C の低温を記録した。1月に入ると気温はさらに低下し、29日と30日の両日に -18.0°C の低温を記録した。2月以降の気温は比較的高めに推移した。

このような温度条件下で発生した1年生枝の「先枯れ」を、前記の分類基準にしたがって、各生育状態別に調査した結果を第7表に示した。徒長枝ではすべての枝で「先枯れ」がみられ、枝の長さの30.4%が凍死していた。二次生長枝では、徒長枝と同様に全ての枝が「先枯れ」を起こしていたが、枝の全長に対する「先枯れ」の長さの比は10.8%にすぎなかった。これは二次生長部がすべて凍害を受けたのに対して、一次生長部では殆ど凍害を受けなかったことによるものである。強勢枝も殆どの枝で「先枯れ」を起こしていたが、「先枯れ」長率は低かった。中勢枝は最も被害が少なく、「先枯れ」を受けた枝の殆どが頂芽だけの被害で、皮層や木部組織の凍害はみられなかった。また、弱勢枝の「先枯れ」は強勢枝と中勢枝の中間の値を示した。

以上の結果から、中勢枝は寒さに対して最も強く、次いで弱勢枝、強勢枝、二次生長枝の順で弱くなり、徒長枝が寒さに最も弱かった。

3. 1年生枝の生育状態と耐凍性の関係

前記の徒長枝、強勢枝、中勢枝、弱勢枝及び二次生長枝の基準で採取した1年生枝及び二次生長枝の一次生長部と二次生長部の耐凍性の季節的変化を第8表に示した。寒さに最も強かった中勢枝の耐凍性は、9月下旬から増大し始め、11月7日に -10°C 、12月6日に -20°C の凍結に耐え、厳寒期の1月9日に最高の -25°C の凍結に耐えられるようになった。この状態は3月15日まで続き、4月11日になると耐凍性の減少が認められ、 -15°C の凍結に耐えられなくなった。

このように中勢枝の耐凍性の季節的変動パターンを基準にして他の枝の耐凍性をみると、徒長枝では冬期間常に耐凍性が低く、厳寒期においても -25°C の凍結に耐えられなかった。強勢枝では、11月7日においても -10°C の凍結に耐えられず、耐凍性増大が著しく遅延した。しかし、この枝は厳寒期には最高の耐凍性を示すようになり、早春期の耐凍性減少が最も遅かった。弱勢枝では耐凍性増大が早く、厳寒期の耐凍性も最も高い値を示した。しかし、こ

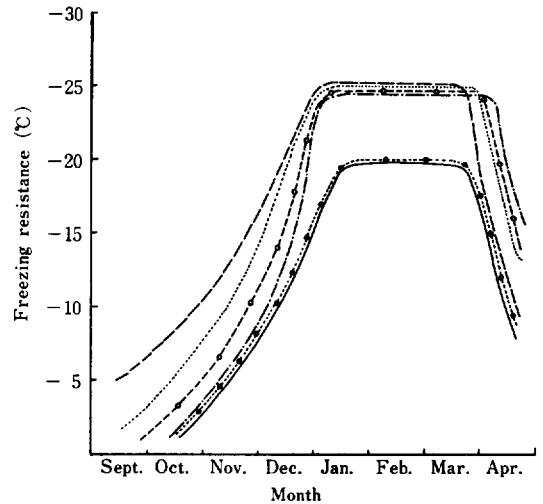


Fig. 3 Seasonal patterns of freezing resistance at the growth characteristics of one-year old twigs in an apple tree.

—, Succulent growth twig; ---, Vigorous growth twig; ·····, Moderate growth twig; -·-·-, Weak growth twig; --○-, Primary part of secondary growth twig; ···●···, Secondary part of secondary growth twig.

の枝は4月11日には -20°C の凍結で凍死し、早春期の耐凍性減少が徒長枝と同様に早かった。二次生長枝の耐凍性の季節的変動パターンは一次生長部と二次生長部で異なっていた。一次生長部の耐凍性は9月から3月までの間では中勢枝より低く、強勢枝より高い関係がみられたが、4月上旬からはその関係が逆転し、中勢枝より高く、強勢枝より低い関係を示した。一方、二次生長部の耐凍性は徒長枝のそれとほぼ同じパターンで変化した。

IV 考 察

リンゴ樹における1年生枝の7つの形質を基に、主成分分析を行った結果、同一樹内の1年生枝は徒長枝、強勢枝、中勢枝、弱勢枝の4群に分類され、さらに生育状態が明らかに異なる二次生長枝を加えると、同一樹体内の1年生枝の生育状態は5種類に分けられる。

主成分分析による生育状態の分類にしたがって、自然条件下で発生した1年生枝の「先枯れ」と生育状態との関係を調査した結果、「先枯れ」の発生は枝の生育状態によって異なることが認められ、徒長

枝で最も多く、二次生長枝、強勢枝、弱勢枝、中勢枝の順で少なくなった。このことは枝の耐凍性が生育状態によって異なるために生じたことを示している。事実、1年生枝の耐凍性は生育状態によって著しく相違することが認められた。その結果を模式図にまとめたものが第3図である。

中勢枝は「先枯れ」が少なく、寒さに対して最も強い生育状態であった。その耐凍性は9月下旬から増加し始め、1月上旬に最高に達し、4月上旬より減少し始めるが、このような耐凍性の季節的変動パターンはその枝の遺伝的な耐凍性能力を最高度に発現した結果と思われる。これに比較して、徒長枝は、冬期間常に耐凍性が低い。このようなことから、徒長枝が凍害を受けやすいことは明らかである。

強勢枝では、耐凍性増大は遅延するが、厳寒期の耐凍性は最高能力を発揮し、早春期の耐凍性は穏やかに減少する。したがって、強勢枝は耐凍性増大が遅延する初冬期が凍害を受ける危険期といえ、この時期を過ぎると耐凍性の高まりにより、その危険は減少する。他方、弱勢枝では、耐凍性増大は早く、厳寒期の耐凍性は最高能力を発揮するが、早春期の耐凍性は早く減少する。したがって、弱勢枝での凍害発生は早春期に起こりやすいものと考えられる。

二次生長枝の耐凍性の季節的変動は一次生長部と二次生長部で異なる。一次生長部の耐凍性変動は、強勢枝と中勢枝との関係が4月上旬に逆転するが、両者の中間を示す。一方、二次生長部の耐凍性は徒長枝と同様な変動をする。北海道の中央以北で二次生長部が例外なく凍害を受けるのは、こうした理由によるものであろう。この場合、一次生長部も凍害を受けているならば、その発生は初冬期の冷え込みによるものとみられる。

以上の結果から、同一樹内に発生する1年生枝の耐凍性は生育状態と密接に関係していることが明らかになった。しかし、同一樹に耐凍性の異なる5種類の枝が共存している理由、あるいは、このような枝の共存が樹体全体の耐凍性とどのように関係しているのは明らかでなく、今後の問題である。

V 摘 要

果樹の同一樹内に発生する1年生枝の生育状態と

耐凍性との関係を明らかにするため、リンゴ樹を用いて検討した。

1. 主成分分析により、同一樹内の1年生枝は徒長枝、強勢枝、中勢枝及び弱勢枝の4群に分類された。また、生育特性の明らかな二次生長枝を加えると、1年生枝の生育特性は5種類であった。なお、二次生長枝の一次生長部は中勢枝と強勢枝の中間の生育状態を示し、二次生長部は徒長枝と同じ生育状態を示した。

2. 1年生枝の「先枯れ」は生育状態によって異なり、徒長枝で最も多く、次いで二次生長枝、強勢枝、弱勢枝、中勢枝の順で少なくなった。

3. 1年生枝の耐凍性の季節的変動は、その生育状態によって著しい相違を示した。寒さに対して最も強かった中勢枝の耐凍性の変化を基準にすると、①徒長枝では冬期間常に耐凍性が低く、②強勢枝では耐凍性増大が遅延したが、厳寒期の耐凍性は最高値を示し、早春期の耐凍性は穏やかに減少し、③弱勢枝では耐凍性増大は早く、厳寒期の耐凍性は強勢枝と同じに最高値を示したが、早春期の耐凍性減少は早かった。

二次生長枝の耐凍性の季節的変動は、一次生長部と二次生長部で異なり、前者は中勢枝と強勢枝の中間を、後者は徒長枝のそれとほぼ同様の変動を示した。

謝辞 本研究の実施にあたり、当場の谷口諒、田中久夫技官のご協力を得た。また、當場作物第二部長（現地域基盤研究部長）成河智明氏、同園芸作物第1研究室長（現作物開発部果樹研究室長）千葉和彦博士には本報告の御校閲をいただいた。ここに記して厚く謝意を表する。

引用文献

- 1) 額額理一郎(1940)：植物総合生理から見た体内舞台[2]。農及園，15，1283—1290。
- 2) 黒田治之，西山保直，中島二三一(1985a)：リンゴ樹の耐凍性の季節的変動に及ぼす土壤水分含量の影響。北海道農試研報，141，29—41。
- 3) 黒田治之，西山保直，中島二三一(1985b)：リンゴ樹の耐凍性の季節的変動に及ぼす時期別土壤水分含量の影響。北海道農試研報，144，51—62。

Relationship between Growth Characteristics and Freezing Resistance of One-year Old Twigs in an Apple Tree

Haruyuki KURODA

Summary

This study set out to determine the relation between growth characteristics and freezing resistance of one-year old twigs in an apple tree. The classification of twig growth was examined by principal component analysis, and the seasonal changes in freezing resistance of twigs, classified by growth characteristics, were investigated.

The results may be summarized as follows.

1. Principal component analysis classified the growth type of twigs into four groups: succulent, vigorous, moderate, and weak. Including secondary growth twigs with clear growth habits, the twigs form five classes. The growth of primary tissue of secondary growth twigs was between moderate and vigorous twigs, while the growth of the secondary tissue was similar to that in succulent growth twigs.

2. The five classes showed large differences in the killing back appearance. The degree of freezing injury was highest in succulent growth twigs, and decreased in the order secondary, vigorous, and weak, and injuries were much more common than in moderate growth twigs.

3. The seasonal patterns in freezing resistance of one-year old twigs was clearly different for

the different growth types. Moderate growth twigs showed the least killing back, the freezing resistance began to increase in late September, and was the maximum in January. This maximum potential was maintained until mid-March, and started to decrease in April. The freezing resistance in succulent growth twigs was lower than in the moderate growth twigs from autumn to spring. In the vigorous growth twigs, the increase in freezing resistance from autumn to early winter was later, and the maximum was in mid-winter, followed by a slow decrease in early spring. In weak growth twigs, freezing resistance developed faster and exhibited the maximum in mid-winter, the reduction of the freezing resistance in early spring was also more rapid. The freezing resistance in the primary and secondary tissues of secondary growth twigs differed considerably. The former was between that in moderate and vigorous growth twigs, and the latter was similar to that in succulent growth twigs.

These results clearly show that the freezing resistance of one-year old twigs are closely related to the growth of the twigs.