

1987年青森県におけるリンゴ樹の晩霜害

山 谷 秀 明・小 原 信 実・斉 藤 貞 昭
工 藤 智¹⁾・三 浦 一 昭²⁾・今 井 勝 重

Late Frost Damage to Apples in Aomori, 1987

Hideaki YAMAYA, Nobumi OBARA, Sadaaki SAITO,
Satoshi KUDO, Kazuaki MIURA and Katsushige IMAI.

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036 - 03 JAPAN

平成2年3月26日受理

1) 現青森県営農大校 039 - 25 上北郡七戸町

2) 現青森県平賀地区農業改良普及所 036 - 01 南津軽郡平賀町

目 次

I 緒 言	81
II 異常低温発生時の気温の経過とリンゴ樹の芽の発育ステージ	81
III 霜害の様相	85
1. 4月13～14日の低温障害	85
2. 5月6日の低温障害	86
IV 津軽地方の結実状況	89
V 5月6日の霜による被害園の追跡調査	90
1. 霜害が果実生産に及ぼす影響	90
2. 霜害が果実の品質と貯蔵性に及ぼす影響	93
3. 霜害がリンゴ樹体に及ぼす影響	95
VI 霜害にかかわる調査と試験	98
1. 中心果，側果および腋果の形質調査	98
2. 花器の霜害発生温度	102
3. 水酸化第二銅水和剤（コサイドボルドー）処理と低温障害	103
VII 総合考察	104
VIII 摘 要	105
引用文献	105
Summary	107
写 真	108

I 緒 言

一般に植物が致死温度以下まで冷やされるときに起きる害を凍害というが、春や秋の凍結に耐えられない生育期の凍害を習慣上霜害と呼んでいる。したがって霜害も凍害であることには変わらない(16)。リンゴ樹の場合、休眠期の2月下旬ごろ耐凍性は最高になり、マイナス25℃以下の低温にも耐えられるが、それ以降は急激に耐凍性は低下する。しかしリンゴ樹の部位や組織によって耐凍性は異なるので、ある一定の低温にさらされてもリンゴ樹全体が死滅することはまずない(22)。休眠が破れて芽が発芽した生育期以降はリンゴ樹の芽、特に花芽の耐凍性が最も低下しているため、晩霜に遭った場合花芽の生死が問題となる。1987年には4月13～14日と5月6日に異常低温に見舞われ全県の規模で霜害が発生し、青森県リンゴ園全栽培面積の約28%に当たる7,355 haで被害を受けた。いままで青森県りんご試験場では腐らん病と凍

害との関連を明らかにするために休眠期のリンゴ樹の耐凍性を研究してきたが(6)、生育期の晩霜害は青森県では南部地方で発生することが多かったため、リンゴ樹の霜害についての調査研究は主に青森県畑作園芸試験場で行われてきた(9)。しかし、昭和62年は南部地方だけでなく津軽地方の広い地域にわたって霜害が発生したため、津軽地方のリンゴ園の被害状況を調査した。また、霜害がリンゴ果実生産と果実品質及びリンゴ樹の生理生態に及ぼす影響を明らかにするために被害樹の追跡調査をし、さらに霜害にかかわる幾つかの試験をも実施した。

本試験研究遂行に当たり、青森県農林部りんご課桜庭保夫(現平賀地区農業改良普及所)及び成田博両氏にご援助いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

II 異常低温発生時の気温の経過とリンゴ樹の芽の発育ステージ

調 査 方 法

気象観測値はりんご試験場(東経140度37分、北緯40度38分、海拔約70m)、森田村共済組合(森田村山田)及び木造町孤槌小学校(木造町孤槌)で測定したものを使用した。孤槌小学校は水田地帯にあり、森田村共済組合とは約9km離れている。

りんご試験場で記録した4月13～14日と5月6日の最低気温の発生頻度は昭和6年からの観測値を温度の低い順に並び変え、統計年数をおのおの値の順位で割算して求め、再現期間として表わした。また5月6日の最低気温の青森県での分布は青森地方気象台が農業気象対策打合せ会議に資

料として提出したものを使用した。

芽の各発育ステージの調査はりんご試験場圃場の樹で行った。調査の基準は以下のとおりである。

発芽日……頂芽の先が割れ、内部に包まれた葉先の青みが現われたものが1樹に3個以上みられたとき。

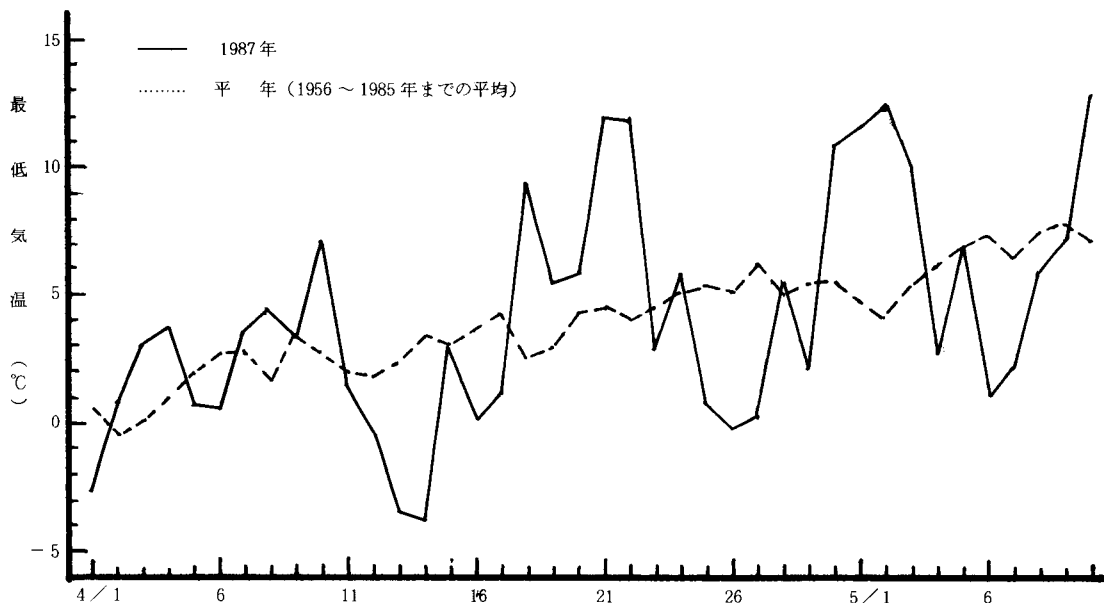
展葉日……1樹のなかに完全に開いた葉が1枚でもみられたとき。

開花日……1樹で1～2花咲いたとき。

満開日……1樹内の70～80%の花が咲いたとき。

結 果 と 考 察

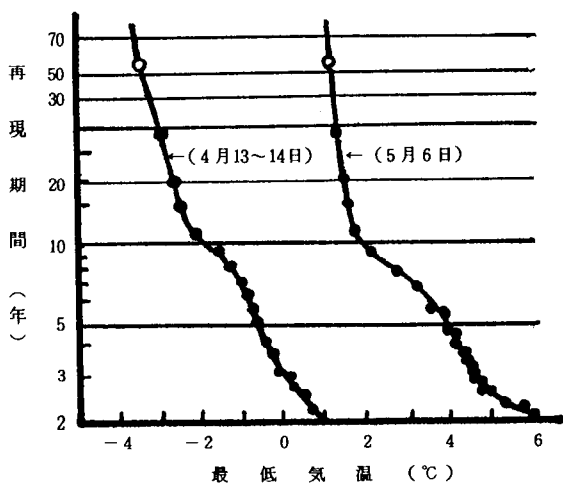
第1図にりんご試験場の春期における平年と1987年の最低気温の推移を示した。



第1図 1987年春期の最低気温の推移 (りんご試験場)

1987年は4月14日に -3.6°C 、4月26日には 0°C 、そして5月6日に 1.4°C と三つの極小値をもって周期的に変化した。4月13~14日及び5月6日の最低気温は第2図のとおり50~60年に一回のまれにしか起こらないほどの低温であった。

第1表にはりんご試験場での1987年の主な品種



第2図 りんご試験場の4月13~14日と5月6日の最低気温の再現期間 (○は1987年)

の各発育ステージとその平年差を示した。1987年は雪も少なく、春先の天候にも恵まれて発芽日は‘国光’以外の各品種とも1~4日早まり、特に‘つがる’と‘ジョナゴールド’は早まった。

発芽日以降は気温の変動が大きく、リンゴ樹の発育は急速な進展と停滞を繰り返し、開花日は‘つがる’で平年より2日早まったが、‘ジョナゴールド’は1日遅れとなった。しかし発育が遅い‘国光’は開花日が平年より3日早まり、‘ふじ’、‘デリシャス系品種’と同じ5月10日であった。

最低気温が極小値を示した4月14日は発芽3~6日後で、4月26日は展葉5~8日後であり、そして5月6日は開花直前であった。CHILDERS (1)はりんごの発芽の発育段階を silver tip から post bloom まで9段階設けている。これと対応させると4月14日の花芽の発育ステージは half-inch green, 27日は tight cluster そして5月6日は full pink に当たる。

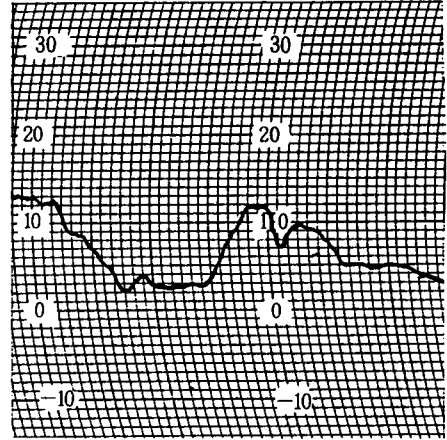
第3図から第6図にはりんご試験場と晩霜被害地の5月5日から6日にかけての気温と風速などの経過を示した。

第1表 りんご試験場における1987年主要品種の発育ステージ

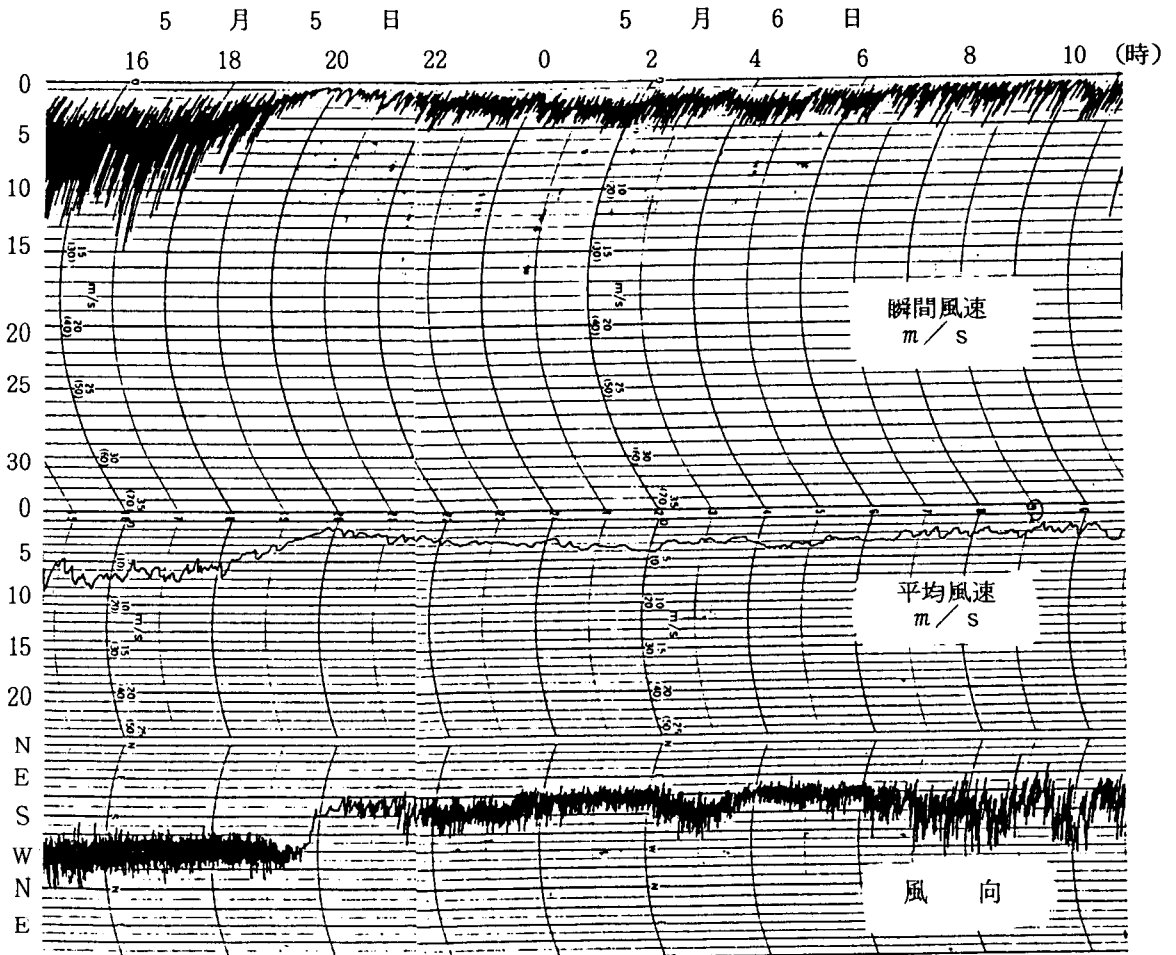
品 種	発芽日	展葉日	開花日	満開日
ふ じ	4. 10 (-2)	4. 21 (-1)	5. 10 (0)	5. 13 (-1)
デリシャス系	4. 11 (-1)	4. 21 (-2)	5. 10 (-1)	5. 15 (-1)
つ が る	4. 9 (-3)	4. 22 (-2)	5. 8 (-2)	5. 13 (-2)
陸 奥	4. 8 (-1)	4. 19 (-1)	5. 8 (-1)	5. 13 (-1)
王 林	4. 11 (-1)	4. 21 (-3)	5. 8 (-1)	5. 11 (-3)
ジョナゴールド	4. 9 (-4)	4. 22 (-1)	5. 9 (+1)	5. 13 (0)
国 光	4. 18 (0)	4. 29 (-1)	5. 10 (-3)	5. 15 (-4)

() 内は平年差

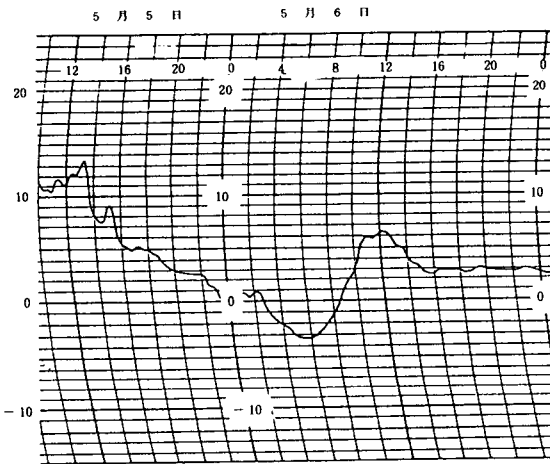
5 月 5 日 5 月 6 日
12 18 0 6 12 18 0 (時)



第3図 5月5～6日のりんご試験場における気温の推移

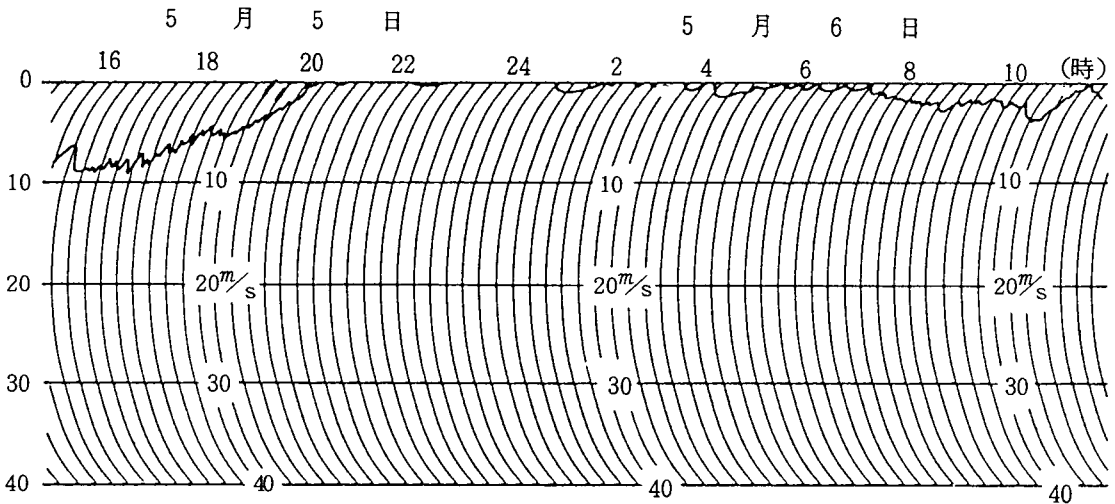


第4図 5月5～6日のりんご試験場における風の状況



第5図 5月5～6日の凍霜被害地
における気温の推移
(木造町菰槌)

黒石では5月5日の13時ごろには最大瞬間風速(時) 19.7 m/秒を記録するほどの強い西風が吹いていたが、その風も14時ごろをピークに衰えて20時ごろには無風状態になった。その後再び風が幾分か吹き始め、そのときには南風に変った。気温は14時ごろから低下し始め、21時ごろ最低となった。しかしその後気温は23時にかけて2℃ほど上昇し、やがてそれから1.5℃ほど低下したが、6日の0時から6時まではそのままの気温で経過し、降霜はなかった。ところが木造・森田では5月6日0時から2時ごろまでは0.5℃前後で経過したが、その後再び気温は下がり始め、5時30分ごろ-3.3℃まで低下した。また木造・森田では5月5日20時から6日3時ごろまで無風状態であったが、



第6図 5月5～6日の凍霜被害地における平均風速(m/s)の推移
(森田村共済組合)

6日の4時以降は平均風速1 m/秒前後の風が吹いており、風向については5月5日20時ごろまでは西寄りであったが、6日1時ごろからはやや南寄りの東風との現地の報告がある。

HAMER (3) は霜を二つに分けており、一つは風が伴った冷氣に基づく wind frost で、もう一つは無風状態の晴れた日に地表近くの熱が放射されて

気温が低下し、地表が白くなる radiation frost である。5月3日から7日にかけては上空に真冬の寒気が入った。このため日中も気温が上がらず、特に5日夜から6日朝にかけて冷たい高気圧に覆われる中、風も弱まり、放射冷却も加わって気温が下がったが、6日の霜は wind frost に近かったと思われる。



第7図 1987年5月6日の最低気温分布
(昭和62年度第二回農業気象対策打合せ会議資料)

第7図に1987年5月6日の青森県の最低気温の分布を示した。

一般に植物体温は気温よりも2℃前後低いことが知られており、霜害が最も起こりやすい時期の危険温度は気温で0℃程度と考えられているが(20)、このことからすれば1987年5月6日は下北地方を除く青森県内のほとんどの地域で霜害発生の危険温度まで下がったことになる。

III 霜害の様相

1. 4月13～14日の低温障害

調査方法

4月の終わりに、中心花の発育が停止している花そうが見られたので、津軽地方30か所のリンゴ園での霜害発生状況を調査した。リンゴ樹の芽の発育程度は地域によって異なるが、発育の進捗がりんご試験場より早い地域か遅い地域かは経験的に知られているので発育の進展程度別に5段階に分けて調査園を選定した。

1品種1樹について50花そうを1987年5月1日に花そう内の中心花と側花別に被害を調査した。中心花か側花のどちらか一方でも被害をうけている花そうを被害花そうとし、花そう被害率を算出した。

結果と考察

第2表には品種別に花そうの被害の内容を示し、第3表には花そう被害と芽の発育の進展との関係を品種別に示した。

第2表 1987年4月13～14日の低温による品種別被害

品 種	花そう被害率	花 そ う の 被 害 内 容			
		全 花	中心花のみ	中心花と側花	側 花 の み
	%	%	%	%	%
ふ じ	1.9	0.0	1.3	0.3	0.3
デリシャス系	3.4	0.9	2.3	0.1	0.1
つ が る	14.1	0.0	12.1	0.7	1.3
陸 奥	18.5	0.0	17.5	0.5	0.5
王 林	1.8	0.0	1.6	0.0	0.2
ジョナゴールド	7.7	0.0	7.2	0.4	0.1

第3表 発育の進展程度と4月14～15日の低温による被害

品 種	花 そ う 被 害 率				
	きわめて 早い地域	やや早い 地域	りんご試験場 並の地域	やや遅い 地域	きわめて 遅い地域
	%	%	%	%	%
ふ じ	8.0	0.0	3.4	0.9	0.0
デリシャス系	6.0	2.7	7.3	1.3	0.3
つ が る	8.7	20.5	25.1	14.7	0.9
陸 奥	10.0	27.3	21.1	28.5	3.3
王 林	2.0	3.0	2.3	1.8	0.6
ジョナゴールド	7.0	10.0	9.4	12.0	10.0

‘つがる’と‘陸奥’の中心花で被害が多く、次いで‘ジョナゴールド’で、‘ふじ’、‘王林’および‘デリシャス系品種’では少なかった。また被害はいずれの品種とも中心花に集中しており、側果の被害は極めて少なかった。

‘つがる’と‘陸奥’では発育の進展が極めて遅い地域と極めて早い地域ではほかの地域に比べて被害が少なかったが、‘ジョナゴールド’など他の品種ではその地域差はなかった。

一般に花芽の発育が進むにつれて花芽の耐凍性は弱まることが知られている(1)。発育の進展が極めて遅い地域で被害が少ないのは花芽の発育が遅れているからであろう。被害が‘陸奥’と‘つがる’に多く、しかもそれらの中心花に被害が集中しているのはいずれも発育の進展が早く、花芽の発育が進んでいるためで、遺伝的差ではないと思われる。また同じ津軽地方でも発育の進展が極めて早い地域と極めて遅い地域で被害が少なかったが、この理由として考えられるのは生育の進展が極めて遅い地域では異常低温に見舞われたものの、花芽の発育が霜害を受けるほど進んでなく、極めて早い地域では霜害を起こすほどの低温にならなかったことである。

しかし、‘ジョナゴールド’の場合、発芽日が‘つがる’と同じ日であるにもかかわらず、‘つがる’に比べて被害が少なく、しかも地域によって被害量に差がないのは単に発育の進展の遅速だけでは

説明できない。

2. 5月6日の低温障害

調査方法

津軽地方の霜害が激しかった森田村と鶴田町で調査した。

森田村では霜害があった日の1987年5月6日に‘ふじ’は22園、‘つがる’は16園について、1園地につき20～40花そうを採取し、中心花及び側花のめしべ、おしべ及び胚珠のいずれかが褐変している花の割合を求め、それぞれを中心花被害率及び側花被害率とした。

鶴田町では1987年5月18日に品種別にめしべ及びおしべの褐変状況を調べた。また、‘ふじ’で樹冠の部位別(上部と下部、外部と内部)、防風林の有無及び傾斜地の部位別(上部、中部、低部)の被害の差を調べた。開花時の被害としてめしべとおしべの褐変のほか胚珠の褐変と花らいの発育不全(発芽後の生育が停止した状態、主に中心花)が見られたが、胚珠の褐変調査は行なわず、また花らいの発育不全については4月13～14日の低温が原因と考えられたので、5月6日の被害率の算出に当たっては除外した。

結果と考察

第4表には森田村での‘ふじ’と‘つがる’の被害を比較して示した。

中心花、側花とも‘ふじ’の方が‘つがる’より被害が多かった。

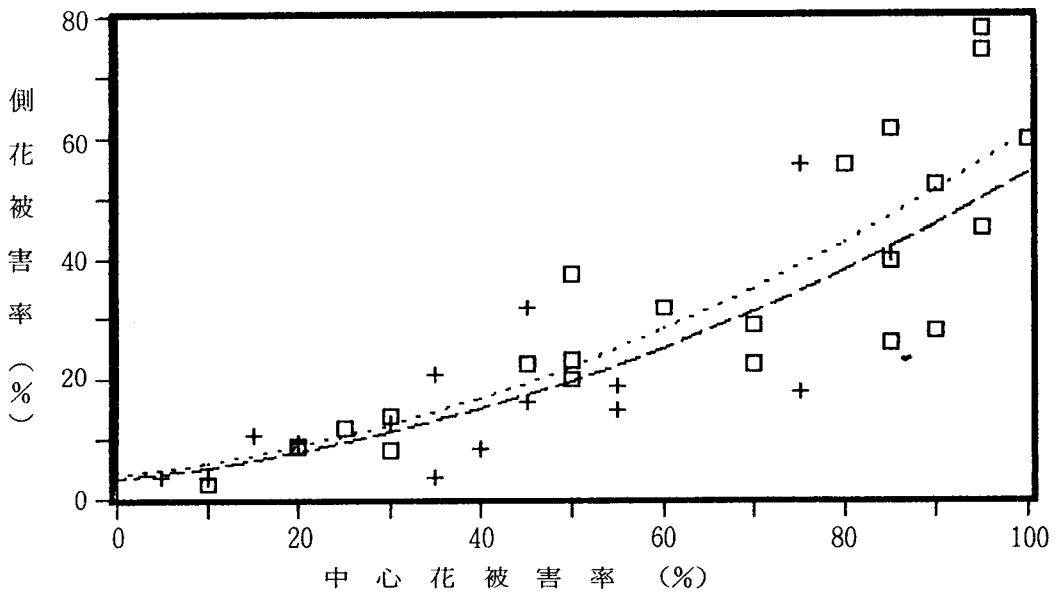
第4表 ふじとつがるの被害の差(森田村)

被害部位	調査園数	被害率		※1 有意性
		ふじ %	つがる %	
中心花	16	62.8	39.7	***
側花	16	32.2	17.1	**

※1：対応のある t 検定。

第8図には‘ふじ’と‘つがる’の中心花の被害率と側花の被害率との関係を示した。両者は2次曲線関係にあり、両品種ともほぼ同一線を示した。

第5表に鶴田町での各品種の被害率を示した。中心花のめしべの褐変花率は‘つがる’が他の品種に比べて少なく、おしべの褐変花率は‘つがる’と‘ふじ’がほかの品種に比べて少なかった。一



第8図 中心花被害率と側花被害率の関係

(□, …… : ふじ, +, --- : つがる)

第5表 5月6日の低温による品種別被害状況(鶴田町)

品 種	中 心 花		側 花	全 花
	めしべ褐変花率	おしべ褐変花率	めしべ褐変花率	めしべ 花 そ う の 褐 変 率
つ が る	54.4	29.4	8.0	0.0
千 秋	87.8	73.5	55.4	26.0
デリシャス系	97.4	66.8	68.2	34.0
世 界 一	98.9	95.0	60.1	30.5
ジョナゴールド	70.2	63.4	42.6	5.5
陸 奥	93.9	90.5	61.9	36.0
王 林	77.8	66.7	26.2	4.6
ふ じ	79.1	40.9	42.6	12.3

方側花のめしべは‘つがる’と‘玉林’が他の品種に比べて少なかった。また1花そう内のすべてのめしべが被害を受けた花そうの割合(全花めしべ褐変花そう率)の少なかった品種は‘つがる’、‘玉林’及び‘ジョナゴールド’であり、次いで少なかったのは‘ふじ’であり、‘陸奥’、‘デリシャス系品種’、‘世界一’及び‘千秋’は多

かった。

このように開花直前の被害は品種により差があったが、この差は品種による花芽の発育程度の差では説明しにくく、品種固有の遺伝的素質による差であろう。

第6表には樹冠の部位による被害の違いを枝量の程度別に示した。

第6表 樹冠の部位と低温障害
(鶴田町, ふじ)

枝量	樹冠の部位	中心花		側花	全花
		めしべ褐変花率	おしべ褐変花率	めしべ褐変花率	めしべ褐変花そう率
少	上部	87.9	58.6	48.4	16.0
	下部	79.1	40.9	42.6	12.7
	内部	76.0	25.3	41.9	11.0
	外部	79.1	40.9	42.6	12.7
多	上部	82.3	38.5	39.9	11.0
	下部	54.6	9.3	24.7	3.0
	内部	13.1	2.0	6.3	0.0
	外部	54.6	9.3	24.7	3.0

第7表 防風林の有無と低温障害
(鶴田町, ふじ)

防風林の有無	中心花		側花	全花
	めしべ褐変花率	おしべ褐変花率	めしべ褐変花率	めしべ褐変花そう率
有	20.2	1.0	3.0	0.0
無	79.1	40.9	42.6	12.7

枝量の多い樹が少ない樹に比べて被害が少なく、特に枝量の多い樹の内部で被害が少なかった。

第7表には防風林のある園とない園との被害の違いを示した。

防風林がある園では防風林がない園に比べて被害が極めて少なかった。

第8表は傾斜地の上、中及び低部に植えられている樹の被害率を示した。

第8表 傾斜地の部位と低温障害
(鶴田町, ふじ)

傾斜地の部位	中心花		側花	全花
	めしべ褐変花率	おしべ褐変花率	めしべ褐変花率	めしべ褐変花そう率
上部	4.0	0.0	0.3	0.0
中部	8.7	0.3	1.5	0.0
低部	25.4	0.3	5.8	0.3

傾斜地の低部にある樹で特に被害が多かった。冷気は低いところを通ると考えられ、傾斜地の低部にあるリンゴ樹の被害が多かったのはそのためと考えられる。また冷気は林などがあると、そ

れより山側に冷気が停滞して部分的に低温域ができ、反対に、谷側では冷気が遮断されるので部分的な温暖域になることが知られている(19)。防風林によって被害が軽減されたのは冷気の流れが遮断されて、調査したリンゴ園が温暖域になったためと考えられる。しかし反対に防風林が冷気を停

滞させ低温域ができる場合もあるわけで、防風林がかえって被害を大きくすることもあり得る。さらに枝量の多い樹が少ない樹に比べて被害が少なく、特に枝量の多い樹の内部で被害が少なかったが、これも冷気の流れが枝で遮断され、樹冠内部が温暖域になったためと考えられる。

IV 津軽地方の結実状況

調査方法

津軽地方70か所を選定し、1987年6月4～8日に開花・結実状況調査を実施した。調査対象品種は‘ふじ’，‘デリシャス系品種’，‘つがる’，‘陸奥’，‘ジョナゴールド’，‘王林’，‘紅玉’及び‘国光’で、1か所につき‘ふじ’と‘デリシャス系品種’は3樹、その他の品種は1樹を調査した。

調査に当たって枝齢5年生程度の水平に伸びた成り枝を、樹冠の南北方向からおのおの1枝、上枝と下枝をおのおの1枝の計4枝を1樹から選んだ。そして各枝ごとに先端から枝の基部に向かって連続してついている頂芽25個のうち開花している花芽の数及び中心花が結実している花そうの数などを調べ、各枝の値をそれぞれ合計して100頂芽当たりの数を求めた。

この開花・結実調査は1957年から毎年行われているものであり、1987年は霜害との関連を探るため開花・結実調査結果とは別にまとめ、集計した。

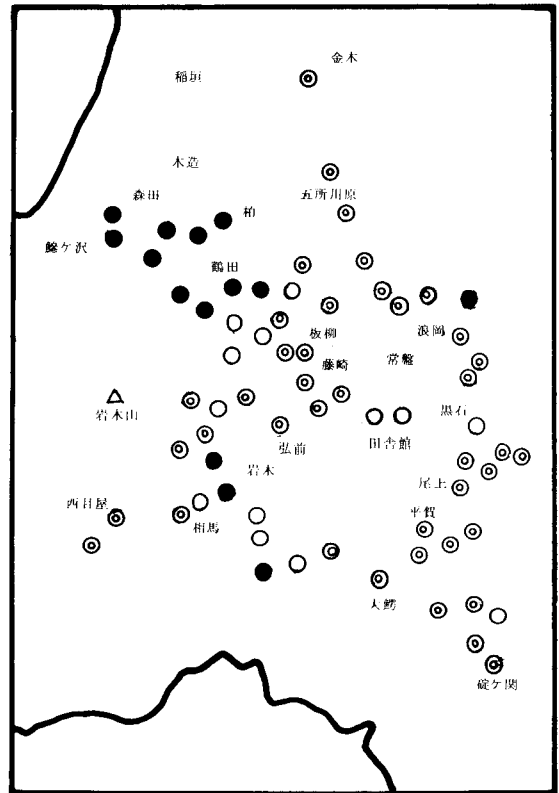
‘紅玉’は本数が少なかったのもよってまとめて当たらせて集計から除外し、また‘ふじ’の場合は70か所のほかに24園でも同様の調査をしたので、これらの結果を加えて成績をまとめた。

開花している花芽のうち中心花が結実している割合を中心花結実率とし、次の式で算出した。

中心花結実率(%) = $100 \times (\text{中心花が結実している花そう数}) / (\text{開花した花そう数})$

結果と考察

第9図に津軽地方リンゴ園の‘ふじ’の中心花結実率を3段階に分け、その分布を示した。中心



第9図 津軽地方のふじの結実状況

●：中心花結実率40%以下，○：同40～60%，◎：同60%以上。

花結実率40%以下で極めて低い地域は森田村、柏村、鶴田町及び鵜田町とこれらの町村に隣接した弘前市の一部、そして岩木町及び相馬村とそれらに隣接した弘前市の一部であり、さらにこれら地域から離れた浪岡町五本松であった。

第9表は‘ふじ’の中心花結実率を基に4段階に調査箇所を振り分け、それら地域の中心花結実

第9表 結実の良否と品種(津軽地方)

品 種	中 心 花 結 実 率			
	不良な地域	やや不良な地域	良好な地域	非常に良い地域
ふ じ	22.0	36.9	52.8	73.6
デリシャス系	13.8	30.5	45.3	71.8
つ が る	48.4	52.0	63.5	72.8
陸 奥	36.5	40.1	58.3	65.0
王 林	38.0	59.3	59.0	72.3
ジョナゴールド	28.4	44.3	58.4	68.9
国 光	58.2	67.2	45.3	86.1

率を品種別にまとめたものである。

結実の不良な地域の各品種の中心花結実率を小さい順に並べると以下のとおりであった。'デリシャス系品種' < 'ふじ' < 'ジョナゴールド' < '陸奥', '王林' < 'つがる' < '国光'

リンゴの開花期間中の気象は結実に大きな影響を及ぼす(11), また結実是个々の園のママコバチなどの訪花昆虫の密度, 人工授粉の仕方及び品種の混植状況などの影響を受ける。したがって, 1987年の中心花結実率の低い園がそのまま霜害を受けた園だとは限らない。しかし花そう結実率(側花も含めて1花でも結実している花そうの開花花そうに対する割合)は'デリシャス系品種', '国

光'がそれぞれ85.8%, 93.2%で平年をかなり上回り, 'ふじ', 'つがる', 'ジョナゴールド'はそれぞれ85.4%, 86.7%, 83.2%で平年並で, '陸奥', '王林'がそれぞれ78.9%, 84.9%と平年を下回っただけであった。このことからすれば, 開花後の天候が結実に悪影響を及ぼしたとは考えられず, 1987年に著しく中心花結実率が低い地域があったのは開花以前の低温による霜害のためであり, 特に5月6日の霜害の影響を受けたためと考えられる。

以上のことから結実が不良な地域での各品種の中心花結実率の差はそのまま開花直前の花芽の耐凍性の差を示していると考えられる。

V 5月6日霜害被害園の追跡調査

1. 霜害が果実生産に及ぼす影響

調 査 方 法

被害を受けた12園地を選定し, 'つがる', '陸奥'及び'ふじ'を調査対象とした。各品種とも1園地2樹について結実率及び中心果と側果の肥大状況などを調査し, 'ふじ'については霜害を受けない13園地についても下記の1部の調査をした。

1) 全頂芽中心花結実率……頂芽100個の中で開花し, 中心花が結実している花そうの中で, 1987年6月2~3日に調査した。

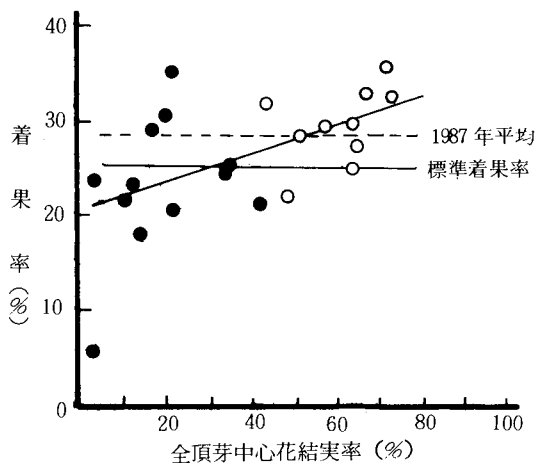
2) 着果率……頂芽100個の中で結実し, 着果している数で, 摘果作業がほぼ終わった7月中旬に調査した。

3) 側果の割合と果実の大きさ……7月中旬に目通りの高さに着生している果実について1樹当たり60果にラベルを付け, それら果実が中心果か側果かを判別して側果の割合を算出した。また果実の幼果期の大きさはラベルを付けた果実について7月13~27日に横径をキャリパーで測定し, りんご試験場果実肥大調査の肥大経過から7月21日

現在の大きさに換算した。収穫期の果重はラベルを付けた果実を収穫し、1果ごとに測定した。

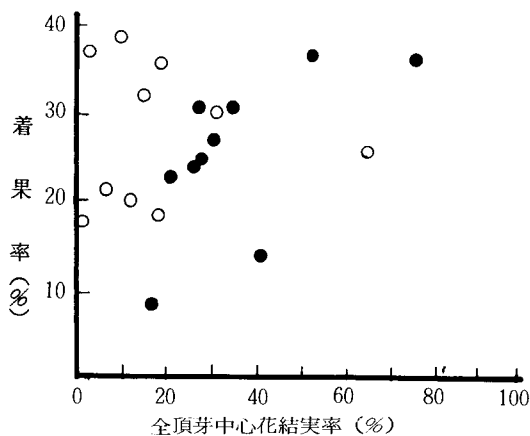
結果と考察

第10図に‘ふじ’の場合、第11図に‘つがる’及び‘陸奥’の場合の全頂芽中心花結実率と着果率との関係を示した。



第10図 ふじの結実率と着果率

●：被害園，○：被害のない園。



第11図 つがると陸奥の結実率と着果率

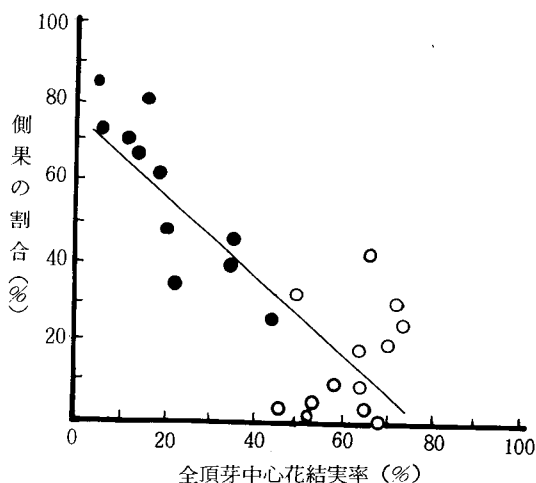
○：陸奥，●：つがる。

‘ふじ’の場合では霜害を受けて全頂芽中心花結実率が低い園ほど着果率は低く、全頂芽中心花結実率が30%以下になると標準着果率（4頂芽1果）を確保できない園が多かった。また被害園は

被害を受けない園に比べて1987年の青森県下の平均着果率を下回った園が多かった。

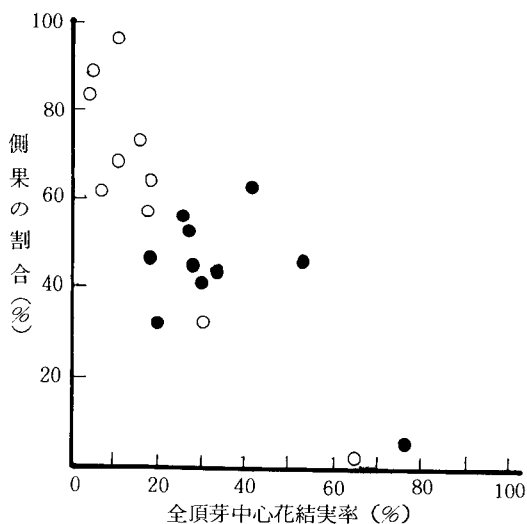
‘つがる’の場合も‘ふじ’と同じく、全頂芽中心花結実率が低い園ほど着果率は低い傾向を示したが、‘陸奥’の場合ではその傾向が見られなかった。

第12図に‘ふじ’の場合、第13図に‘つがる’及び‘陸奥’の場合の全頂芽中心花結実率と側果の割合との関係を示した。



第12図 ふじの結実率と側果の割合

●：被害園，○：被害のない園。

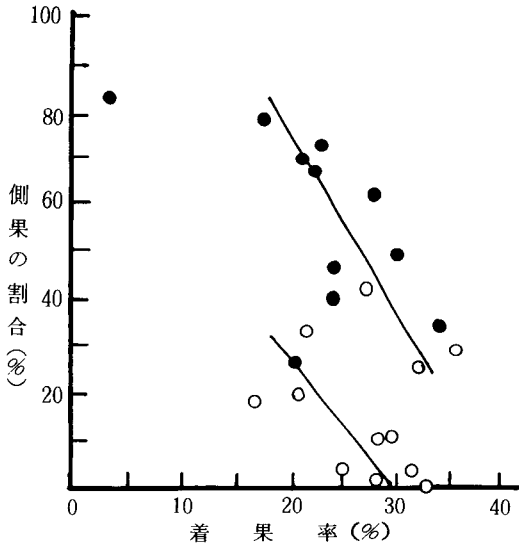


第13図 つがる，陸奥の結実率と側果の割合

○：陸奥，●：つがる。

‘ふじ’，‘つがる’及び‘陸奥’のいずれの場合も全頂芽中心花結実率が低い園ほど側果の割合が高かった。

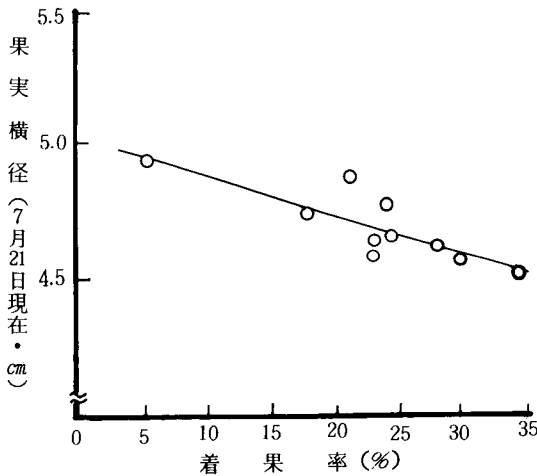
第14図には‘ふじ’の場合で着果率と側果の割合との関係を示した。



第14図 ふじの着果率と側果の割合

●：被害園，○：被害のない園。

同じ着果率でも側果の割合が多いグループと少ないグループに別れ，被害園のほとんどは多いグループに属した。またいずれのグループでも着果率の低い園ほど側果の割合が多くなった。

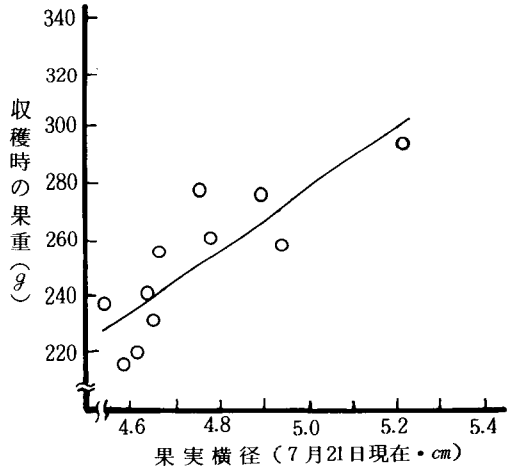


第15図 ふじの着果率と幼果の大きさ

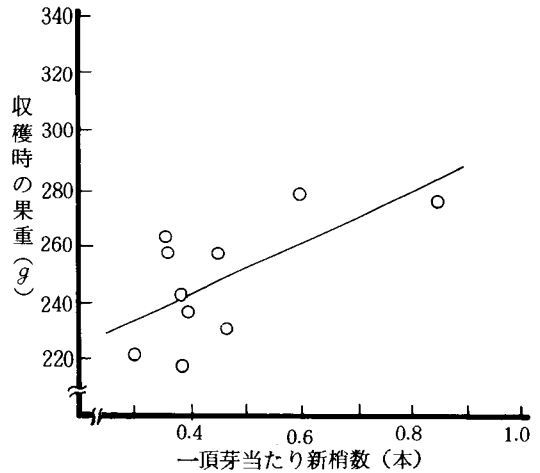
第15図には‘ふじ’の着果率と幼果の大きさの関係を示した。

7月21日現在の果実の大きさは着果率が高い園ほど小さかった。

第16図には‘ふじ’の幼果期の大きさと収穫果の大きさとの関係を示し，第17図には頂芽当たり発生新梢数と収穫果の大きさとの関係を示した。



第16図 ふじの幼果の大きさと収穫時の大きさ



第17図 ふじの新梢数と収穫果の大きさ

幼果期の果実の大きさが大きい園ほど収穫時の果実も大きく，また発生した新梢が多い園ほど収穫時の果実は大きかった。

1987年の場合，地域によって中心花結実率が低

かったのは開花以前の低温による霜害のためであり、特に5月6日の霜害の影響を受けたと考察した。しかし全頂芽中心花結実率の低い園もそのまま霜害を受けた園だとは限らない。なぜならば全頂芽中心花結実率の場合は特に花芽の多少に大きく影響され、結実の条件が整っても開花率が高くないと全頂芽結実率は高くはならず、その高低は花芽形成率に大きく影響されるからである。

花芽の形成は前年の着果率と気象、特に7月の最低気温の影響を受けることが知られていて(25)、その年の開花率は前年のうちに決定されているし、また既に考察したように1987年は開花後の天候が結実に悪影響を及ぼしたとは考えられない。以上2つのことから1987年の場合、全頂芽中心花結実率の低いのも霜害を受けたためとすることができ

る。霜害を受けた園では側果の占める割合が高く、しかも標準着果率を確保できなかった園が多く、側果を利用しても着果量が不足するほどひどい霜害であった。仮に全頂芽中心花結実率が25%の‘ふじ’の園があるとしたら、すべて中心果で、標準着果率25%を確保できるはずである。しかし実際は標準着果率以下の園が多く、しかも成らせている果実の約半分は側果である。このことは結実した中心果の半分はなんらかの理由で摘果されたことを示している。

リンゴの場合、一般に中心果は側果に比べて開花が早いので概して大形で、形状も大きさもよく揃い、かつ収量が多いので摘果作業の際には側果は摘除され中心果を残す。しかし、いくら中心果であっても小さいもの、不正なもの、傷害のあるもの、あるいは接近し過ぎているものなどは摘除される。これらの理由とあわせて1987年の被害園では発育の劣った中心果しか残らなかったとみなされ、そのために霜害を受けた園では多くの中心果が摘除されたものと考えられる。

1果当たりの新梢葉数が多いほど果実の肥大は良くなることが知られているが(23, 24)、今回の

霜害を受けた園でも新梢が多く発生している園ほど収穫時の果実は大きかった。また幼果の大きさが大きいほど収穫時の果実も大きくなることが知られており(23, 24)、今回の霜害を受けた園の調査でも同様の結果が得られた。

幼果の大きさは満開期が早いほど、また満開後1か月間の気温が高いほど大きくなることが知られている(12, 21)、今回霜害を受けて調査の対象とした園は地域が限定されていて、満開日も気温も園地により大きな差がなかったため、幼果の大きさは着果率により一義的に決定されており、着果率の高い園ほど幼果は小さかった。

以上のことから少しでも大きな収穫果を得るためには、霜害を受けた場合でも過着果は慎重に調整すべきと考える。

2. 霜害が果実の品質と貯蔵性に及ぼす影響 調査方法

津軽地方の霜害を受けた10園地を選定し、‘つがる’、‘陸奥’及び‘ふじ’を調査対象とした。調査園の所在と園主は次のとおりである。

浪岡町五本松	安田 太
板柳町掛落林	小沢 保
弘前市三和	斎藤 東輔
弘前市三和	永野 慶昭
弘前市三和	山上 新一
弘前市十面沢	増田 栄蔵
弘前市十腰内	長内 重光
鯉ヶ沢町小屋敷	三浦定二郎
鯉ヶ沢町建石	木村 豊治
鶴田町尾原	瓜田 良一

7月中旬に各品種とも1園地2樹について目通りの高さに着生している果実で1樹当たり60果にラベルを付け、それら果実が中心果か側果かを判別した。またラベルをつけた果実の幼果期の大きさは7月13～27日に横径をキャリパーで測定し、りんご試験場果実肥大調査の肥大経過から7月21日現在の大きさに換算した。

‘つがる’は9月14～17日、‘陸奥’は10月28

日、そして‘ふじ’は11月4～6日にラベルを付けた果実を収穫して1果ごとに果重を測定し、さらにサビの程度と果形を調査した。

調査後収穫果を二分し、一方は収穫直後に1果ごとに糖度、酸度及び硬度を常法により分析し、他方は果重を測定後0℃に普通冷蔵した。冷蔵したものを5か月後に再度1果ごとに果重を測り、貯蔵中の果重の減少量を求め、また硬度は1果ごと、糖度と酸度は樹ごとに中心果と側果に分けてそれぞれ1つにまとめて分析した。

なお、サビの程度と果形はいずれも4段階に分

けて調査したが、データをまとめる際、健全果とサビ果（梗窪部にサビのあるのも含む）及び正形果と変形果の2段階に区分した。

結果と考察

第10表に各品種の果実の大きさと形状を中心果と側果に区分して示した。

いずれの品種も幼果では側果より中心果の方が大きい、収穫果ではその差はなかった。また変形果の割合は中心果と側果で差はなかったが、‘つがる’が‘陸奥’と‘ふじ’に比べて変形果の割合が低かった。さらにサビ果の割合はいずれの品

第10表 被害園の果実の大きさと形状

品種	花そう内着果位置	幼果期 横径 (7月21日)	収穫果重量	変形果の割合	サビ果の割合
つがる	中心果	5.57 cm	262 g	18.3 %	80.3 %
	側果	5.48	254	22.8	96.3
陸奥	中心果	5.70	365	49.2	52.8
	側果	5.65	348	45.2	88.4
ふじ	中心果	4.80	252	44.3	16.9
	側果	4.73	252	48.3	39.4
有意性	品種	**	**	*	*
	花そう内着果位置	*	NS	NS	*

種とも中心果に比べて側果の方が高く、また‘ふじ’が‘つがる’と‘陸奥’に比べてサビ果の割合が低かった。

第11表には被害園の収穫時の中心果と側果の果実品質を示した。

糖度は‘ふじ’で側果の方が中心果より高かったが、‘つがる’と‘陸奥’では差がなかった。

硬度は‘陸奥’と‘ふじ’で側果の方が中心果より高かったが、‘つがる’では差がなかった。

酸度は‘陸奥’では中心果の方が側果より高かったが、‘ふじ’では逆に側果の方が高く、‘つがる’では差がなかった。

第11表 被害園の果実品質 (収穫時)

調査項目	品種	中心果	側果	有意性 (対応のあるt検定)
糖度 %	つがる	11.56	11.48	NS
	陸奥	11.72	11.76	NS
	ふじ	12.41	12.76	***
硬度 ポンド	つがる	15.11	15.08	NS
	陸奥	16.60	16.78	*
	ふじ	16.18	16.77	**
酸度 mg/ml	つがる	2.95	2.96	NS
	陸奥	4.63	4.57	*
	ふじ	2.82	3.02	***

第12表 被害園の果実の貯蔵性

調査項目	品種	貯蔵5か月後の減少量		有意性 (対応のあるt検定)
		中心果	側果	
糖度 %	つがる	0.02	0.00	NS
	陸奥	0.36	0.12	NS
	ふじ	0.64	0.65	NS
硬度 ポンド	つがる	1.95	1.73	*
	陸奥	3.65	3.62	NS
	ふじ	1.46	2.14	NS
酸度 mg/ml	つがる	1.38	1.39	NS
	陸奥	1.44	1.47	NS
	ふじ	1.55	1.80	**
果重 g	つがる	5.56	5.71	NS
	陸奥	10.15	10.09	NS
	ふじ	7.86	8.40	*

第12表に中心果と側果の貯蔵5か月後の糖度、硬度、酸度及び果重の減少量を示した。

糖度の減少量はいずれの品種とも中心果と側果で差がなかった。

硬度の減少量は‘つがる’で側果より中心果の方が多かったが、‘陸奥’と‘ふじ’では差がなかった。

酸度と果重の減少量はいずれも‘ふじ’で側果の方が中心果より多かったが、‘つがる’と‘陸奥’では差はなかった。

島(17)は中心果は色沢が遅く発達し、未熟の傾向があって風味に乏しいが、大きい果実を得る一手段として側果を間引いて中心果を立てるとしており、また中心果はつるサビが少ないと記述している。

またHINTONら(5)は中心果と側果の収穫時の糖、酸含量および貯蔵中の重量減を試験したが、貯蔵中の重量減は側果の方が中心果より多く、また糖含量は中心果と側果との間に差が認められなかったと報告している。

さらに工藤ら(8)は品種により異なったが、

着色、屈折計示度、リンゴ酸含量は側果が中心果を上回ることが多く、また貯蔵性は側果の減量がわずかに多い程度で、側果はその濃厚な食味を維持していたと報告している。

今度の結果は霜害を受けた後の果実を対象としたが、中心果と側果の果実品質の相違は島(17)、HINTONら(5)、工藤ら(8)の報告とほぼ同様であり、側果は中心果に比べてサビ果が多く、‘ふじ’では貯蔵中の果重の減少量は側果が中心果より多かった。しかし果実の大きさについては幼果期では中心果の方が側果より大きかったが、収穫時には有意差はなく、側果が中心果に比べて生育後半の肥大量は多かった。

開花が早く果実肥大の良い中心花が霜害を受けたので、今度の結果は被害を免れた開花の遅い中心花の果実と側花の果実とを比較したことになるのだが、側果は中心果よりサビは多いが、糖度などの果実品質や貯蔵性は中心果に比べて特に劣るということはなかった。

3. 霜害がリンゴ樹体に及ぼす影響

調査方法

津軽地方前記10園地の‘つがる’、‘陸奥’及び‘ふじ’の各品種を1園地2樹について中心花結実率は1987年6月2～3日に、着果率は7月中旬に調査した。また樹勢、頂芽当たり発生新梢数、平均新梢長、二次伸長している新梢の割合及び新梢葉中クロロフィル含量を7月下旬から8月にかけて調査した。

樹勢については次の5段階に分けて調査した。

- 1：著しく弱い 2：弱い 3：中位
4：強い 5：著しく強い

頂芽当たり発生新梢数と二次伸長している新梢の割合の場合、調査に当たって枝齡5年生程度の水平に伸びた成り枝を、樹冠の南北2方位から、上枝と下枝に分けておのおの1枝の計4枝を1樹から選んだ。そして各枝ごとに先端から枝の基部に向かって連続して着いている頂芽50個、1樹当たり合計200個から発生している新梢本数とそれ

ら新梢の中で二次伸長している本数を調査した。

樹冠の目通りの高さに発生している新梢から1樹当たり30本を選び、その長さを測り、平均新梢長とした。

8月下旬に新梢の中央葉を1樹当たり30枚採取し、OZEROL N. H. と J. TITUS の方法 (14)

でクロロフィル含量を測定した。

なお樹齢は各園主から聞き取りし、また1988年6月中旬には頂芽当たり発生新梢数を調査したのと同様の方法で枝を選び、それら枝の頂芽200個のうち開花した花芽の数を調べ、開花率を求めた。

第13表 樹勢と樹勢要因との関係

要因アイテム	カテゴリー	カテゴリー数量	範囲	偏相関係数
品 種	つがる	0.0024	0.4724	0.3827
	陸奥	-0.2086		
	ふじ	0.2063		
頂芽当たり 発生新梢数 (本/100芽)	0 - 20	0.0370	0.1789	0.1898
	21 - 40	0.0496		
	40 - 60	-0.1293		
	60 -	-0.4318		
平均新梢長 (cm)	10 - 19	-0.5342	0.9535	0.6221
	20 - 29	-0.0402		
	30 -	0.4193		
二 次 伸 長 し て い る 新 梢 の 割 合 (%)	1 - 9	-0.0706	0.6265	0.3841
	10 - 19	-0.0517		
	20 - 29	0.3767		
	30 -	0.5558		
葉中クロロフィル 含 量 (mg/100cm ²)	6.0 - 6.9	0.1637	0.2947	0.2461
	7.0 - 7.9	0.0382		
	8.0 -	-0.1311		

N = 30

定 数 項 = 3.3233

重相関係数 = 0.7724

結 果 と 考 察

第13表に樹勢を外的基準、品種と頂芽当たり発生新梢数、平均新梢長、二次伸長している新梢の割合及び葉中クロロフィル含量を要因として数量化I類を用いて分析した結果を示した。

樹勢の変動のうち、ここで選択された5つの要因により、およそ60% (重相関係数の2乗) が説明された。

各アイテムのカテゴリーに付与する数量の範囲あるいは偏相関係数をみると品種を除いた4つの

要因の影響の度合は平均新梢長が最も大きく、次いで二次伸長している新梢の割合であり、頂芽当たり発生新梢数と葉中クロロフィル含量は小さかった。

カテゴリー数量は平均新梢長が長いほど、また二次伸長している新梢の割合が多いほど大きかった。このことは平均新梢長が長く、二次伸長している伸長の割合が多い樹ほど樹勢が強いことを示している。

第14表に平均新梢長を外的基準、品種と中心花

第14表 平均新梢長に及ぼす要因

要因アイテム	カテゴリー	カテゴリー数量	範囲	偏相関係数
品 種	つがる 陸奥 ふじ	- 2.9173	5.7515	0.3816
		2.8342		
		0.0830		
中心花 結実率 (%)	0 - 19 20 - 39 40 - 59 60 -	- 2.3237	6.9374	0.4020
		1.3913		
		- 0.4383		
		4.6136		
着 果 率 (%)	0 - 9 10 - 19 20 - 29 30 -	- 1.5131	6.5046	0.4091
		4.9914		
		- 0.0893		
		- 1.4344		
樹 齢 (年)	0 - 9 10 - 19 20 - 29 30 -	11.4756	14.6750	0.5508
		3.4209		
		- 3.2002		
		- 1.9860		

N = 30 定数項 = 25.74
重相関係数 = 0.655393

結実率、着果率及び樹齢を要因として数量化I類で分析した結果を示した。

平均新梢長に最も影響する要因は樹齢であり、樹齢が少ないほど平均新梢長は長かった。しかし

中心花結実率及び着果率が低いほど平均新梢長が長くなることが期待されたが、その傾向はなかった。

第15表に翌年の開花率を外的基準、品種と中心

第15表 翌年の開花率と要因

要因アイテム	カテゴリー	カテゴリー数量	範囲	偏相関係数
品 種	つがる 陸奥 ふじ	6.3242	16.3712	0.7671
		3.7229		
		- 10.0470		
中心花結実率 (%)	0 - 19 20 - 39 40 - 59 60 -	3.9404	6.9623	0.4341
		- 3.0219		
		- 1.2477		
		- 0.4656		
着 果 率 (%)	0 - 9 10 - 19 20 - 29 30 -	5.0702	7.6709	0.4185
		5.0390		
		- 0.1034		
		- 2.6319		
平均新梢長 (%)	10 - 19 20 - 29 30 -	12.5074	20.0331	0.7381
		- 0.1371		
		- 7.5257		
葉中クロロフィル 含量 (mg / 100 cm ²)	6.0 - 6.9 7.0 - 7.9 8.0 -	- 9.0870	13.2270	0.5169
		- 0.5555		
		4.1400		

N = 30 定数項 = 67.1233
重相関係数 = 0.90515

花結実率、着果率、平均新梢長及び葉中クロロフィル含量を要因として数量化I類で分析した結果を示した。

翌年の開花率の変動のうち、選択された5つの要因により、およそ81%が説明された。また品種を除いた4つの要因の影響の度合は平均新梢長が最も大きく、次いで葉中クロロフィル含量であり、平均新梢が短いほど、また葉中クロロフィル含量が多いほど翌年の開花率は高かった。

中心花結実率の高低と翌年の開花率との間には一定の関係は認められなかったが、着果率の低い樹では開花率が高い傾向があった。

降霜直後に心配されたことの1つに直接の被害もさることながら、翌年への悪影響があり、着果量の不足からリンゴ樹が徒長し、花芽の形成が阻害されるのではないかと懸念された。

樹勢は人によって判断基準が異なることも考えられるが、大方新梢の長さで判定可能であった。その新梢の長さは樹齢の影響が強く、中心花結実量や着果量の影響は少なかった。

先に考察したように中心花結実率が低いほど霜害を強く受けたとみなしてよいが、今度の結果ではその中心花結実率と平均新梢長との間には一定の関係は認められなかったので、霜害を受けて枝が徒長し、樹勢が強くなったことはないと考えられた。

同じく中心花結実率の高低と翌年の開花率との間にも一定の関係はなく、霜害を受けたために花芽の形成が抑制されたということはない。

しかし枝の徒長を恐れる余り無肥料にするなど施肥を控えた園では葉中クロロフィル含量が低下し、開花量を低下させた。また摘果を強くして着果率を減らした園では標準着果率にした園より、開花率が5%程度しか高くならなかった。

このように霜害を受けても樹は徒長することなく、また花芽形成に特に悪影響することもなかったが、これは側果を利用してではあるが、標準着果率に近いほどの着果量を確保できた園が多かったことと、これら園主が薬剤散布などの栽培管理を怠らなかつたためと考えられた。

VI 霜害にかかわる調査と試験

1. 中心果、側果及び腋果の形質調査

調査方法

りんご試験場圃場に植えられているMM. 106, マルバ台‘スターキングデリシャス’, ‘陸奥’及び‘ふじ’ (以上1968年4月栽植), M. 26台‘スターキングデリシャス’, ‘陸奥’及び‘ふじ’ (以上1974年4月栽植), M. 26, M. 9A, マルバ台‘つがる’ (以上1982年4月栽植)をおのおの3樹ずつ供試した。

1987年6月10日におのおの樹の中心果、側果及び腋果にそれぞれ5果ずつラベルを付け、6月19日に横径と縦径をキャリパーで測定した。しかし‘陸奥’と‘つがる’は2回目の摘果作業が終了していたので、腋果は確保できなかった。

‘つがる’は9月11日, ‘スターキングデリシャス’は10月21日, ‘陸奥’は10月28日そして、

‘ふじ’は11月7日に収穫し、収穫後は0℃の冷蔵庫に保管し、随時果実分析を行った。

収穫果については横径、縦径、重さ、サビの程度、糖度、酸度及び種子数を1果ごとに調査し、また果実の水分含量は品種、台木別に中心果、側果及び腋果ごとにまとめて分析し求めた。

縦径を横径で割算して得た値を果径指数とした。サビの程度は次の基準で数値化した。

0: サビなし

1: サビが梗窪部にだけある

2: 梗窪部からやや肩部にサビがはみ出ている

3: 果実の肩部から胴部にかけて広くサビがみられる

水分含量は果肉部の一部を採取してその生体重を測定し、その後70℃の通風乾燥機で乾燥させて乾物重を求め、水分割合として表わした。

結果と考察

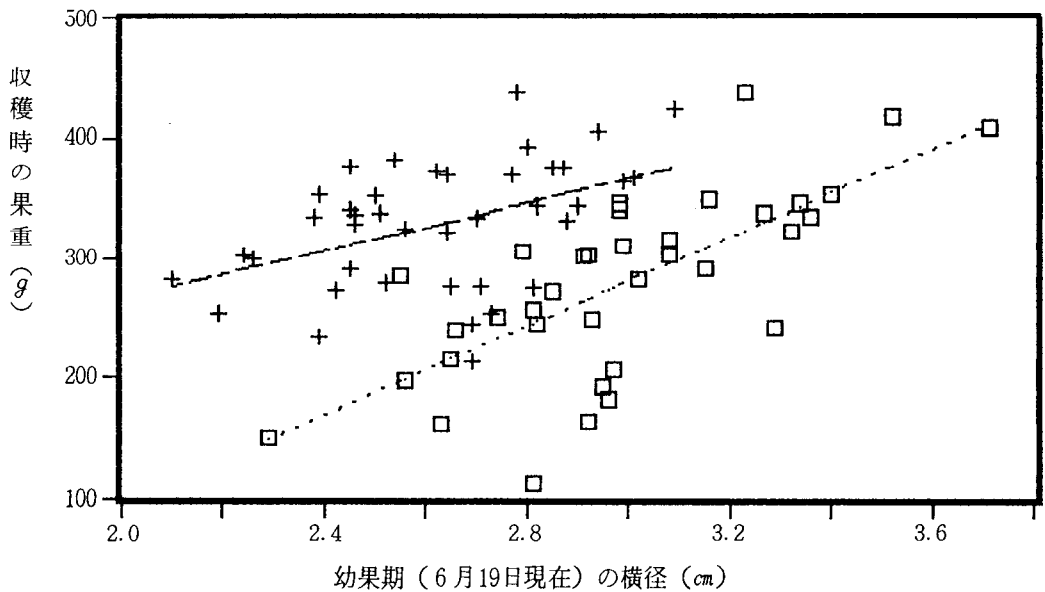
腋果の幼果の大きさと収穫時の果重を示した。ま

第16表には各品種の台木別に中心果、側果及び

た第18図には‘スターキングデリシャス’の幼果

第16表 花そう内着果位置と果実の大きさ

台木	花そう内 着果位置	つがる		スターキング・デリシャス		陸奥		ふじ	
		幼果横径	収穫果重量	幼果横径	収穫果重量	幼果横径	収穫果重量	幼果横径	収穫果重量
		cm	g	cm	g	cm	g	cm	g
M. 26	中心果	3.54	319	2.88	276	3.41	401	2.83	238
	側果	3.44	334	2.45	319	3.12	374	2.60	273
	腋果	—	—	2.38	216	—	—	2.25	199
MM.106 (M.9A)	中心果	(3.90)	(371)	2.93	230	3.69	478	2.90	277
	側果	(3.51)	(352)	2.66	338	3.31	449	2.76	294
	腋果	—	—	2.64	250	—	—	2.71	260
マルバ	中心果	3.41	281	3.22	339	3.73	496	2.95	249
	側果	3.22	274	2.71	326	3.45	407	2.85	298
	腋果	—	—	2.61	251	—	—	2.58	231
有意性	台木	**	**	**	NS	**	*	**	NS
	着果位置	**	NS	**	**	**	*	**	**



第18図 スターキング・デリシャスの幼果と収穫果の大きさ

[]: 中心果, +: 側果

の大きさと収穫果の関係を中心果と側果に区別して表した。

幼果の場合、各品種とも中心果の方が側果より大きかったが、収穫果の場合は‘陸奥’で中心果の方が側果より大きく、‘つがる’ではその差はなく、そして‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’では側果の方が中心果より大きかった。しかし‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’の腋果

は幼果、収穫果とともに中心果と側果のいずれよりも小さかった。

また‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’では6月下旬以降の果実肥大量は側果の方が中心果より多く、‘つがる’の場合も同じ傾向であったが、‘陸奥’では中心果と側果の肥大量の差はなかった。

第17表には各品種の中心果、側果及び腋果の果

第17表 花そう内着果位置と果形及びサビの程度

台 木	花そう内 着果位置	つがる		スターキング・デリシャス		陸 奥		ふ じ	
		果 形	サビの	果 形	サビの	果 形	サビの	果 形	サビの
		指 数	程 度	指 数	程 度	指 数	程 度	指 数	程 度
M. 26	中 心 果	0.898	1.13	0.901	0.06	0.952	0.73	0.859	0.00
	側 果	0.881	2.75	0.899	2.36	0.972	2.36	0.849	0.95
	腋 果	—	—	0.889	1.93	—	—	0.836	1.16
MM.106 (M.9A)	中 心 果	(0.913)	(1.50)	0.909	0.78	0.992	0.56	0.909	0.13
	側 果	(0.903)	(2.86)	0.914	2.40	1.010	2.15	0.889	0.60
	腋 果	—	—	0.879	2.13	—	—	0.884	0.38
マルバ	中 心 果	0.874	1.20	0.908	0.42	0.963	1.13	0.905	0.00
	側 果	0.864	2.20	0.905	2.33	0.998	2.41	0.886	0.85
	腋 果	—	—	0.890	2.26	—	—	0.884	0.38
有意性	台 木	*	NS	NS	NS	*	NS	**	NS
	着果位置	NS	**	NS	**	*	**	*	**

径指数とサビの程度を台木別に示した。

‘陸奥’では側果が中心果より果径指数が高く、‘ふじ’では逆に中心果の方が側果より果径指数が高く、‘つがる’及び‘スターキングデリシャス’では有意差がなかった。

またいずれの品種の場合も中心果より側果でサビが多く、腋果は側果と同程度のサビであった。

第18表には各品種の種子数及び水分含量を、第19表には糖度及び酸度を台木別に示した。

第18表 果そう内着果位置と種子数及び水分含量

台 木	花そう内 着果位置	つがる		スターキング・デリシャス		陸 奥		ふ じ	
		種子数	水分 含 量	種子数	水分 含 量	種子数	水分 含 量	種子数	水分 含 量
		個	%	個	%	個	%	個	%
M. 26	中心果	6.25	—	5.80	85.2	6.02	86.0	7.78	85.6
	側果	6.88	—	5.57	84.8	5.43	85.2	6.02	84.7
	腋果	—	—	5.36	84.1	—	—	6.69	84.5
MM.106 (M.9A)	中心果	(6.94)	—	4.98	85.0	7.85	86.3	4.80	85.6
	側果	(6.52)	—	5.86	85.3	6.36	85.6	6.26	84.5
	腋果	—	—	6.13	84.7	—	—	6.76	84.6
マルバ	中心果	5.51	—	5.55	—	6.13	86.2	7.53	87.4
	側果	4.60	—	5.15	—	6.20	86.4	7.00	86.0
	腋果	—	—	5.31	—	—	—	6.00	85.5
有意性	台 木	*	—	NS	NS	NS	NS	NS	**
	着果位置	NS	—	NS	NS	NS	NS	NS	**

第19表 花そう内着果位置と糖度及び酸度

台 木	花そう内 着花位置	つがる		スターキング・デリシャス		陸 奥		ふ じ	
		糖 度	酸 度	糖 度	酸 度	糖 度	酸 度	糖 度	酸 度
		%	mg/ml	%	mg/ml	%	mg/ml	%	mg/ml
M. 26	中心果	14.80	3.27	12.43	3.64	11.81	3.93	13.01	3.74
	側果	14.92	3.16	13.48	3.69	12.47	4.26	13.56	3.96
	腋果	—	—	13.91	3.68	—	—	13.79	4.22
MM.106 (M.9A)	中心果	(14.73)	(3.07)	12.98	3.38	11.79	4.74	12.90	3.42
	側果	(14.72)	(3.38)	12.79	3.43	12.36	4.61	13.41	3.60
	腋果	—	—	13.02	3.38	—	—	13.65	3.59
マルバ	中心果	13.80	3.04	12.71	3.06	11.81	5.01	12.46	3.82
	側果	13.80	3.15	12.22	3.43	11.62	4.96	12.83	3.95
	腋果	—	—	12.83	3.22	—	—	13.25	4.28
有意性	台 木	*	NS	NS	*	NS	*	NS	**
	着果位置	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*

各品種とも種子数と糖度では中心果、側果及び腋果の間には有意差がなかった。水分含量は‘ふじ’で中心果が側果と腋果にくらべて多かったが、その他の品種では有意差がなかった。また酸度は‘ふじ’で側果と腋果が中心果に比べて高かったが、その他の品種では有意差がなかった。

この試験では蜜入り程度、硬度及びヨード反応によるデンプンの集積程度をも調査したが、いずれの場合も中心果、側果及び腋果の間には有意差がなかった。

中心果、側果及び腋果の果実形質については工藤ら(8)が実際の晩霜害後のものではないが、4～5年間にわたって調査した結果が報告されている。

1987年はりんご試験場内でも4月13～14日の低温により中心花の発育を停止した花そうが多かったため、今度の調査と工藤らの調査とでは条件が異なるが、‘ふじ’では側果が扁平の傾向を示したこと、‘陸奥’では逆に側果が腰高の果形を示したこと、サビは側果が多かったこと、‘ふじ’では酸度が中心果より側果で高かったことなどは共通している。

工藤ら(8)は果実の大きさは中心果>側果>腋果の傾向にあったが、品種あるいは年次により順位が異なる場合もあったと報告しているが、今度の調査結果では‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’で幼果では側果の方が小さかったにもかかわらず、収穫果では側果の方が大きく、6月下旬以

降の肥大量は側果の方が多いことを示していた。このように違った結果となったのは、われわれの調査は霜害後の結果であり、工藤らの調査結果は実際の晩霜害後のものではなかったことに起因すると考えられる。

このように‘スターキングデリシャス’と‘ふじ’の場合は、6月下旬以降の肥大量が側果の方で中心果より多いので、霜害を受けた後の、摘果時に同じ大きさの中心果と側果がある場合は、側果を残した方が果実肥大の点では有利と考えられる。ただ側果は中心果に比べてサビが多いので、外観を重視する現状では中心果を残すのが実際のであろう。

2. 花器の霜害発生温度

試験方法

1987年5月7日にりんご試験場内の‘ふじ’、‘つがる’、‘陸奥’、‘王林’、‘スターキングデリシャス’、‘千秋’及び‘国光’について花そうを採取し、少量の水をとともに10花そうずつビニール袋に入れて低温処理した。

処理温度は -1 ± 0.1 、 -2 ± 0.2 、 -3 ± 0.4 及び -4 ± 0.6 ℃で、約8時間処理した。

低温処理後は室温で融解し、めしべの褐変の有無を中心花と側花ごとに調査した。

結果と考察

第20表には低温処理別に各品種のめしべの褐変した割合を中心花と側花に区別して示した。

第20表 低温処理とめしべの褐変

処理温度 ℃	部 位	めしべが褐変した中心花および側花の割合						
		ふ じ	つがる	陸 奥	王 林	スターキング	千 秋	国 光
		%	%	%	%	%	%	%
-1 ± 0.1	中 心 花	0	0	0	0	0	0	0
	側 花	0	0	0	0	0	0	0
-2 ± 0.2	中 心 花	0	0	0	0	0	0	0
	側 花	0	0	0	0	0	0	0
-3 ± 0.4	中 心 花	20	40	0	40	10	0	50
	側 花	38	0	7	25	7	5	17
-4 ± 0.6	中 心 花	70	70	50	50	90	40	40
	側 花	55	23	49	25	69	10	21

めしべが褐変したのはいずれの品種も -3°C 以下からで、 -2°C 以上では褐変がみられなかった。

側花は中心花よりめしべの褐変は少なかったが、品種による耐凍性の差は明らかでなかった。

花器の耐凍性については工藤ら(7)が圃場栽植樹に直接低温処理した結果から、安全限界温度は中心花花らい着色期で -1.0°C 、開花期で -1.5°C としており、これはわれわれの結果の -2°C より高い。工藤ら(7)はさらに同じ低温処理でも立木と切り枝とで比較すると立木での被害が大きいことも報告しており、上記の安全限界温度の違いは主に処理方法の差によるものと考えられる。

3. 水酸化第二銅水和剤(コサイドボルドー)処理と低温障害

試験方法

1987年5月20日に中津軽郡西目屋村白沢の‘スターキングデリシャス’の3~4年枝を採取し、直ちに少量の水の入ったビニール袋に入れて持ち帰り、 0°C の冷蔵庫に保管した。開花状況は4~5分咲きであった。

炭酸カルシウム剤(クレフノン)200倍加用のコサイドボルドー500倍及び100倍液を1枝当たり50ml霧吹で散布し、また対照として炭酸カルシウム剤200倍液を散布し、再び 0°C の冷蔵庫に保管した。

散布処理3日後に -1 ± 0.1 、 -3 ± 0.4 及び $-5 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ に約8時間処理した。各区は3反復した。

低温処理後は室温で融解し、めしべの褐変の有無を中心花と側花別に調査した。

結果と考察

第21表には低温処理別に水酸化第二銅水和剤散布区と対照区のめしべの褐変した割合を中心花と側花に区別して示した。

-1°C 低温処理ではめしべの褐変はなく、 -5°C ではほとんどのめしべが褐変した。

-3°C での褐変程度は各区分には明確な差はなく、水酸化第二銅水和剤の霜害防止効果ははっきり

第21表 水酸化第二銅水和剤処理と低温障害

		めしべが褐変した中心花および側花の割合							
		-1 ± 0.1		-3 ± 0.4		-5 ± 0.8			
希釈倍数		中心花		側花		中心花		側花	
		%	%	%	%	%	%		
500 倍		0	0	58	20	100	100		
		0	0	17	0	100	100		
		0	0	27	14	100	100		
1000 倍		0	0	60	0	100	100		
		0	0	80	31	90	90		
		0	0	83	79	100	100		
対 照		0	0	50	0	100	100		
		0	0	43	25	100	88		
		0	0	57	21	100	100		

りしなかった。なお花弁と葉には水酸化第二銅水和剤の葉害がみられた。

近年葉などの表面上に凍結核活性(INA)を有する細菌が着生していることが知られており(15)、多くの論文や総説がある(2, 4, 13, 18)。水酸化第二銅水和剤はこれら細菌を殺し、氷核形成を阻害して霜害を防止するといわれているが、今回の試験ではその効果ははっきりしなかった。リンゴ樹での氷核細菌の確認も含めて今後研究する必要がある。

VII 総 合 考 察

1987年は4月13～14日と5月6日に青森県では異常低温に見舞われたが、その時のリンゴの花芽の発育ステージは4月13～14日では発芽3～6日後の half-inch green で、5月6日では開花直前の full pink であった。

4月13～14日の霜害は開花直前に主に中心花の発育不全となって現われ、'つがる'、'陸奥'の発育進展の早い品種に多かったが、側花の被害はほとんどなかった。このように4月13～14日の低温による品種間の被害差は芽の発育程度の差に帰することができ、品種の遺伝的差によるものではない。

他方5月6日の霜害では降霜直後に既にめしべ、おしべ及び胚珠が褐変したが、葉が縮む(縮葉)などの被害は少なく、調査中縮葉症状がみられたのは鯉ヶ沢町建石の水田地帯にあった園地だけであった。被害の程度は品種により差がみられたが、低温に対する抵抗性の順位は調査園地により異なることもあり、地形の差や園地の環境条件によって順位が入れ替わるものとみなされるが、津軽地方の結実状況をも考え合わせると、開花直前の花芽の低温に対する抵抗性の差は品種固有の遺伝的差によるものと考えられる。ただ'国光'はほとんど被害がなかったが、これは遺伝的に耐凍性が高いことによるものか、あるいは花芽の発育が遅れていたことによるものか明かでない。

5月6日の降霜の直後、調査を行ったが、午前10時ごろでも日陰では凍結している花そうがあった。現地の観測記録では最低気温が -3.3°C であり、低温処理の試験結果からしても被害が大きかった地域では $-3\sim-4^{\circ}\text{C}$ まで気温が低下したと推定される。

降霜後、青森県りんご生産対策推進本部から農作物生産指導臨時情報(霜害に対する技術対策)として次の3点が出された。

(1) 人工授粉を徹底する。特に中心花が被害を

受けている場合は、側花の健全と思われる花に対して念入りに行う。

(2) 実立ちがはっきりし、受精が確実に行われたかどうか確認できる落花7～10日後ころまで摘果を見合わせる。

(3) 薬剤散布など、今後の栽培管理作業が粗雑にならないようにする。

霜害を受けた12園で聞き取りしたが、薬剤散布は少ない園で9回、ほとんどの園で11～12回散布していた。また摘果作業も6月15～30日にはほとんどの園では終了し、12園のうち8園では有袋栽培であった。しかし着果量不足による枝の徒長を心配してか、追肥をしたのは3園のみであり、授粉はほとんどの園がマメコバチに頼り、マメコバチと人手授粉を併用したのは4園であった。このように霜害を受けた園でも栽培管理作業はほぼ基本どおりに行われ、側果を利用してではあるが、標準着果量に近い着果数を確保できた園が多かった。しかもその果実の果面には舌状や線状のサビが予想していたほど多くなかったのは以外であった。

確かに霜害を受けた園では果面になんらかのサビがある果実の割合は中心果でさえも'ふじ'で16.9%、'陸奥'で52.8%そして'つがる'で80.3%と高かった。しかしほとんどは梗窪部から肩部にかけてのいわゆるつるサビで、果実の胴部まで広がった大きなサビは少なかった。もちろん摘果作業で、変形果やサビのめだつた果実は摘除されたとはいうもの、従来からいられているような霜害特有の舌状サビなどが少なかった。この理由として考えられることに5月6日の霜はいわゆる、wind frostに近かったことがあげられる。

また霜害を受けた園で側果を利用してではあるが、標準着果量に近い着果数を確保できた。この理由の一つには1987年は開花量が多かったことがあげられる。'ふじ'を例にとると霜害を受けた

12園での開花率は59～84%で、平均74.4%であり、また津軽地方70か所の平均値でも76.0%で、1971年に調査を開始して以来最高の水準であった。このことが霜害を受けても被害を免れた花の絶対量を多くし、摘果にあたって比較的品質のよい果実を選ぶことができたものと考えられる。

もう一つはリンゴ樹自体の習性に基づくものである。すなわちリンゴの花はある時点ですべての花が一斉に開花するのではなく、最初の花が咲いて、最後の花が咲くまでには約2週間ほどかかる。(10)このようにいろいろ発育程度の異なった花があり、それぞれの耐凍性が異なるので、ある一時点で低温に遭遇しても凍死を免れる花がある。

1987年の場合90%の中心花が凍死しても、50%ほどの側花は生きていた。

このようなリンゴ樹自体の花芽の習性と、しかも開花率が高ったことで、1987年は霜害を受けた

ものの凍死を免れた花が比較的多かったと考えられる。

側果は中心果に比べてつるサビは多いものの、糖度などの果実品質および貯蔵性は特に劣ることはなかった。しかも幼果期から成熟期までの肥大量は品種によっては側果の方が中心果より多いものもあったことから、霜害を受けた場合サビがめだたない発育の良い側果を積極的に利用すべきと考える。

また標準着果率に着果している限りでは樹が徒長して翌年の花芽形成に悪影響することはないので、サビがめだたない発育の良い側果が不足する場合は、多少果形の悪いサビの着いた果実でも着果させて果実を生産したほうが得策であり、少しでも果実の肥大を良くし、また翌年の花芽の形成を増加させる意味でも追肥はした方がよいと考える。

VIII 摘 要

1987年青森県で霜害が発生したので霜害のリンゴ樹への影響を把握し、今後霜害が発生したときの事後対策に資するため、りんご試験場圃場をはじめ、津軽地方の被害園50か所余りの園を調査した。

霜害は4月13～14日と5月6日に発生した。そのときの最低気温は4月13～14日では-3.6℃付近で、5月6日では-3.3℃付近であった。

4月13～14日の降霜により、'陸奥'及び'つがる'の中心花が被害を受け、開花直前に中心花

は発育不全となりその後落花した。

また5月6日の降霜では主に中心花のめしべと胚珠が被害を受けて褐変したが、'デリ系品種'が最も被害が多く、ついで'千秋'、'ふじ'、'ジョナゴールド'であり、'陸奥'及び'王林'は比較的少なく、'つがる'が最も被害が少なかった。

引 用 文 献

1. CHILDERS, N. F. (1983) Modern Fruit Science : 336 p. Horticultural Publications, Florida.
2. GUSTA, L. U. and B. J. O'Connor (1987) Frost tolerance of wheat, oats, barley, canola and mustard and the role of ice-nucleating bacteria, Can. J. Plant Sci. 67 : 1156 - 1165.
3. HAMER, P. J. C. (1975) Physics of frost, Climate and The Orchard : 66 - 72, Commonwealth Agricultural Bureaux, Kent.
4. 馮王香・羽生寿郎・岡野通明・中山敬一・今久(1989) 作物の霜害に及ぼす氷核活性細菌の影響について. 農業気象, 45 : 7 - 12.

5. HINTON, J. C., J. O. JONES and F. C. LEWIS (1931) Further observations of the influence of position in the cluster on the quality of apples. Long Ashton Agr. Hort. Res. Sta. Ann. Rept. (1931) : 68 - 76.
6. ICHIKI, S. and H. YAMAYA (1982) Sorbitol in tracheal sap of dormant apple (*Mallus domestica* BORKH) shoots as related to cold hardiness. Plant Cold Hardiness and Freezing Stress, 2 : 181 - 187. Academic Press, New York.
7. 工藤和典・西山保直・久保田貞三 (1983) リンゴの晩霜害に関する研究 第1報 リンゴ花器、幼果の晩霜害発生限界温度. 果樹試報, C 10 : 23 - 34.
8. 工藤和典・久保田貞三・榎村芳記・瀧下文孝・西山保直・福田博之 (1986) リンゴの晩霜害に関する研究 第2報 果そう内着果位置および花芽の種類の違いが果実形質に及ぼす影響. 果樹試報, C 13 : 19 - 30.
9. 栗生和夫・山田隆・市田俊一・高橋正治 (1977) 青森県における1975年のリンゴの霜害実態調査. 青畑園試研報, 2 : 45 - 48.
10. 三上敏弘 (1969) 発芽, 開花, 結実期のりんご. りんごの一年 : 14 - 24. 青森県りんご協会, 青森
11. 小原信実・福島住雄・三上敏弘・玉田隆・佐藤昌雄 (1970) リンゴの自然結果と気象. 園学要旨, 昭45秋 : 50 - 51.
12. 小原信実 (1985) 気象条件とリンゴ果実の生育および成熟. 農及園, 60 : 1148 - 1152.
13. 小幡斉・徳山泰 (1987) 氷核活性細菌. 日本農芸化学会誌 61 : 1123 - 1125.
14. OZEROL, N. H. and J. S. TITUS (1965) The determination of total chlorophyll in methanol extracts. the Transactions of the Illinois State Academy of Science, 58 : 2.
15. 酒井 昭 (1982) 植物の耐凍性と寒冷適応 : 35 - 39. 学会センター, 東京.
16. 酒井 昭 (1982) 植物の耐凍性と寒冷適応, 217 p. 学会センター, 東京.
17. 島 善鄰 (1931) 摘果と袋掛. 実験リンゴの研究 : 276 - 278. 養賢堂, 東京.
18. 高橋幸吉 (1985) クワの凍霜害と氷核細菌研究の動向. 植物防疫 39(1) : 8 - 13.
19. 坪井八十二 (1965) ミカン気象学入門 : 41 - 127. 静柑連, 静岡.
20. 坪井八十二 (1977) 新編農業気象ハンドブック, 516 p. 養賢堂, 東京.
21. 渡辺政弘・山谷秀明・雪田金助・石山正行・清藤盛正 (1987) 1983年青森県における陸奥等実割れの発生実態. 青森りんご試報, 24 : 85 - 104.
22. 山谷秀明 (1985) 低温の生育への影響. 果樹全書リンゴ : 256 - 257. 農村漁村文化協会, 東京.
23. 山谷秀明 (1986) 良品多収の条件と実践例 (上). りんご技術, 22 : 15 - 21. 青森県りんご協会, 青森.
24. 山谷秀明 (1987) 良品多収の条件と実践例 (下). りんご技術, 23 : 24 - 29. 青森県りんご協会, 青森.
25. 山谷秀明 (1987) 花芽分化と気象. 青森農業, 38(8) : 23 - 25.

Late Frost Damage to Apples in Aomori, 1987

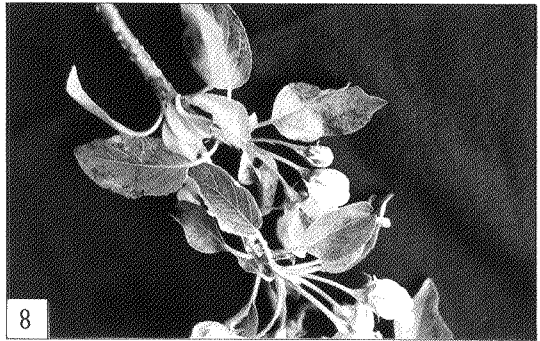
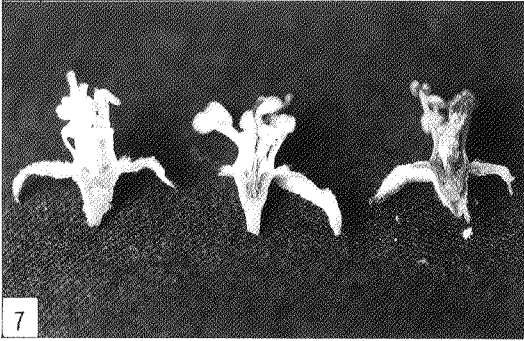
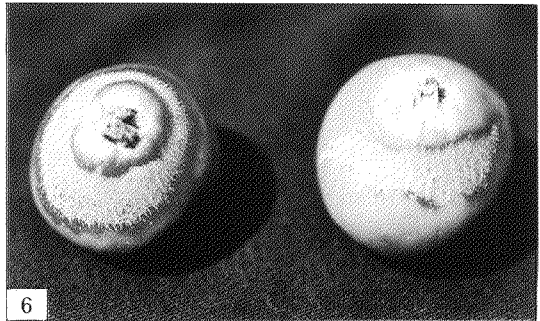
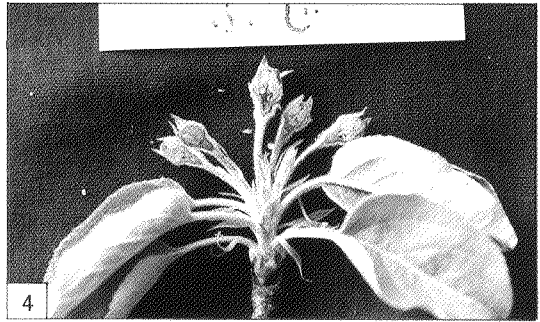
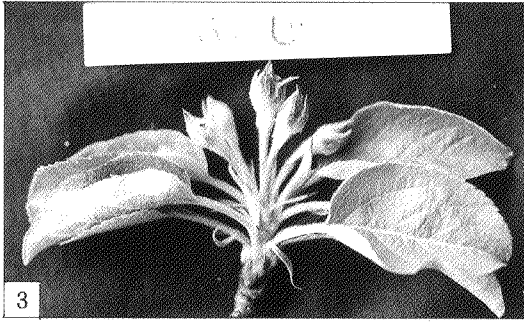
Hideaki YAMAYA, Nobumi OBARA, Sadaaki SAITO,
Satoshi KUDO, Kazuaki MIURA and Katsushige IMAI
Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036 - 03 JAPAN

Summary

Frost damage to apple flower buds was assessed at the experimental orchard of the Aomori Apple Experiment Station and in fifty commercial orchards in Aomori following spring frosts in 1987, of -3.6°C at the half-inch green stage and -3.3°C at the full pink stage of flower bud development.

After the first frost, lateral flowers of buds had developed normally but king flowers had dwarfed in the pink stage and these king flowers sloughed off during bloom period. After the second frost, longitudinal sections through individual flower buds showed considerable browning to the pistil and/or ovary of buds damaged.

Apple cultivars differed in bud hardiness during the two frosts. 'Mutsu' and 'Tsugaru' had more freeze injury than 'Jonagold', 'Delicious', 'Fuji' and 'Orin' during the first frost but during the second frost 'Tsugaru' had the least amount of injury. Differences in the ability of apple cultivars to withstand the second frost were: 'Tsugaru' was in the best resistance; 'Orin', 'Mutsu', 'Jonagold', 'Fuji' and 'Sensyū' ranked next; 'Delicious' was the most susceptible.



写真説明

1. 4月13~14日の低温による障害
(開花直前の症状)
2. 4月13~14日の低温による障害
(開花時の症状)
3. 5月6日の降霜直後の外観
4. 5月6日の低温による障害
図版3のものを縦割りした。中心花のめしべ

- と胚珠が褐変している。
5. 5月6日の低温による障害
(カラマツになった状態)
6. 5月6日の低温による果実への障害
(品種つがる、6月16日採取)
7. 低温処理と障害
左から-1, -3, -5℃処理。
8. 水酸化第二銅水と剤処理による葉害