

茨城農総七  
園研特報  
Spec. Bull. Ibaraki  
Hort. Res. Inst.  
No. 2 2002

SPECIAL BULLETIN  
OF THE  
HORTICULTURAL RESEARCH INSTITUTE  
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

NO. 2  
March 2002

---

---

茨城県農業総合センター  
園芸研究所特別研究報告

第 2 号  
平成14年3月

---

---

茨城県農業総合センター  
園 芸 研 究 所

茨城県西茨城郡岩間町安居3165-1

Ago, Iwama, Nishi-Ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan

Special Bulletin  
of the  
Horticultural Research Institute  
Ibaraki Agricultural Center

No. 2

March. 2002

Studies on the Cultural Factors which Induce  
the Occurrence of Watercore in Japanese pear 'Housui'  
(*Pyrus Pyrifolia* Nakai)

Fumio SAKUMA

Horticultural Research Institute  
Ibaraki Agricultural Center  
Ago, Iwama, Nishi-Ibaraki, Ibaraki 319-0292, Japan

# ニホンナシ‘豊水’におけるみつ症発生に 係わる栽培要因の解明に関する研究

佐久間 文雄

北海道大学審査学位論文（2001年3月）

## 目 次

緒言	1
第1章 ニホンナシ‘豊水’の成熟特性とみつ症発生との関連	2
第1節 露地栽培における成熟特性	2
第2節 ハウス栽培における成熟特性	5
第3節 みつ症組織部の電子顕微鏡観察	8
第2章 ニホンナシ‘豊水’の成熟とみつ症発生に及ぼす気象要因の影響	11
第1節 成熟に及ぼす気象要因の影響	11
第2節 みつ症多発生年の気象の推移	13
第3節 冷水循環による低温処理の影響	17
第4節 袋掛け等による高温処理の影響	19
第5節 遮光処理の影響	28
第3章 蒸散抑制がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響	30
第1節 ビニル袋による果実被覆の影響	30
第2節 ワックスおよびアブシジン酸 (ABA) 処理の影響	33
第4章 土壌条件と樹勢要因がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響	39
第1節 土壌条件および樹勢要因の影響	39
第2節 摘葉および摘果強度の影響	47
第5章 土壌と施肥管理がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響	52
第1節 土壌水分条件の影響	52
第2節 断根処理の影響	56
第3節 過剰な施肥の影響	58
第6章 植物成長調節物質がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響	60
第1節 ジベレリンの影響	60
第2節 サイトカイニンの影響	66
第3節 エチレン前駆物質である1-アミノ・シクロプロパン・ カルボン酸 (ACC) の影響	67
総合考察	72
摘要	77
謝辞	80
引用文献	81
Summary	86



## 結 言

ニホンナシ‘豊水’（なし農林8号）は、農林水産省果樹試験場において1954年に‘リー14’（菊水×八雲）に‘八雲’を交配して育成された赤ナシ品種で、1972年に命名、登録された<sup>42)</sup>。‘豊水’は、大果で豊産性な上に、糖度が安定して高く、果汁が多く肉質が軟らかくて食味が優れることから、1970年代に主に‘長十郎’への高接更新によって、全国的に普及した。過去10年間の四大市場におけるニホンナシ主要3品種の年産別出荷数量は、‘幸水’が最も多く、1991年以降は‘豊水’が‘二十世紀’を追いぬいて第2位の品種となった。1997年現在では、‘幸水’が43.6%、‘豊水’が27.5%、‘二十世紀’が11.7%の占有率となっている<sup>67)</sup>。特に茨城県は、1974年に県推奨品種に決定した後、全国に先がけて普及を図り、全国有数の‘豊水’の産地となった。1995年現在、‘豊水’は茨城県のナシ結果樹面積1720haのうちの627ha、36.5%を占め、‘幸水’の945ha、54.9%とともに赤ナシの主要二大品種となっている<sup>26)</sup>。しかし、‘豊水’の果実に1973年頃からリンゴのみつ症と類似した果肉障害が発生するようになり、Kajiura et al.<sup>41)</sup>によってニホンナシの“みつ症状”と仮称された。‘豊水’のみつ症は、過去1978、'80、'82、'88、'93年および1998年に関東地方を中心に激しく多量に発生した。みつ症が発生した年には、‘豊水’の市場価格の低下が甚だしく<sup>67)</sup>、経営を不安定にしており、生産者の大きな悩みとなっている。

みつ症については、リンゴを中心に Brooks and Fisher<sup>5)</sup>、Faust et al.<sup>9)</sup>、梶浦<sup>34)</sup>、Marlow and Loescher<sup>57)</sup>らによって総説が記されている。また、ニホンナシのみつ症については、山木<sup>113, 114)</sup>、Yamaki and Kajiura<sup>115)</sup>、Yamaki et al.<sup>117)</sup>が、みつ症の発生機構や発生要因について生理・生化学的に研究し報告している。さらに、梶浦・大村<sup>35)</sup>は、ニホンナシ栽培品種の歴史の変遷とみつ症発生について報告している。

みつ症の発生には、年次および圃地や樹体さらには栽培法によって差がみられることから、遺伝的要因<sup>34, 35, 57)</sup>ばかりでなく、栽培環境要因の影響も大きいと考えられる。リンゴでは、みつ症発生の環境要因として降雨を含めた水分条件、気温、窒素やホウ素およびカルシウム等の栄養条件、さらに若木、寡少着果、大果、強

度な摘果による高い Source-Sink 比等が明らかにされている<sup>57)</sup>。

ニホンナシ‘豊水’のみつ症が多量に発生した1980、'82、'88年には現地実態調査が実施され、みつ症発生と栽培環境要因の関係について検討が加えられた。さらに、今までにいくつかの研究が実施され、みつ症の発生機構や発生要因の解明並びに気象要因および栽培要因、土壌条件や樹勢要因等との関連について単発的に取り組まれた<sup>6, 27, 58, 69, 70, 74, 81, 118)</sup>。しかし、これらの要因とみつ症発生との関係は、未だ不明な点の多いのが現状である。

これまでの研究によって明らかになった点をまとめると、以下のとおりである。ニホンナシ‘豊水’のみつ症は、果実の成熟過程において過熟に伴って発生する生理現象で、通常は農林水産省果樹試験場作製のニホンナシ地色用カラーチャートで指数5以上の過熟果に発生する<sup>113)</sup>。しかし、1978、'80、'82、'88、'93年および1998年のように激しく多量に発生した年には果実にまだ緑色が残る、地色値が3以下の未熟果と判断される果実にも多く発生した<sup>58)</sup>。‘豊水’のみつ症発生には、夏季の低温<sup>6, 29, 58)</sup>や湿害等による根の障害<sup>2, 62, 105)</sup>、カルシウム欠乏<sup>46, 49, 107)</sup>およびエチレン発生<sup>14, 29, 62)</sup>が大きく関与している。また、土壌要因として排水不良地や火山灰土壌にみつ症の発生が多く、沖積土壌に少ない<sup>72, 74, 118)</sup>ことや、樹勢が衰弱して葉数が少ない樹で発生する傾向がみられる<sup>74, 81, 118)</sup>。しかし、せん定の強度や新梢伸長、着果数との関連および土壌や施肥管理との関係は不明な点が多く、また、‘豊水’のみつ症発生に及ぼす高温や蒸散抑制、強樹勢や強摘果による高い Source-Sink 比等の栽培要因に焦点を合わせた研究が欠けていた。

1984年頃より茨城県においては、ニホンナシ‘幸水’の早期出荷を目的にビニル被覆栽培が行われるようになった。しかし、‘幸水’と同じように‘豊水’をビニル被覆栽培すると、果実が大きくなり、果肉が軟らかくなって、みつ症の発生が多くなることが認められ、特に、果実肥大と熟期の促進を目的にジベレリンペーストを満開後30日頃に処理すると、みつ症発生が一層激しく助長された<sup>55, 89)</sup>。‘豊水’は、‘幸水’ほど前進出荷の利点がないため、‘幸水’の受粉樹としてビニル被覆栽培される程度であるが、‘豊

水’のビニル被覆栽培下における成熟特性とみつ症発生の関連を明らかにすることは、みつ症発生の要因解明と防止対策の確立の上で意義の大きいものと考えられる。なお、‘豊水’の成熟特性と収穫適期については、露地栽培での結果は報告されている<sup>38, 59, 63, 68, 71</sup>) が、ビニル被覆栽培での成熟特性とみつ症発生の関連や、成熟に及ぼす気象要因等の影響に関する研究は全く実施されなかった。

以上のことから本研究では、ビニル被覆栽培における‘豊水’のみつ症発生には、遮光や高温および湿度が影響していると考え、ビニル被覆栽培における‘豊水’の成熟特性とみつ症発生の関連を明らかにするとともに、高温や蒸散抑制とみつ症発生の関連を検討した。さらに、露地栽培における‘豊水’のみつ症発生

に及ぼす耕種的栽培要因、主として樹勢調節や強摘果による高い Source-Sink 比および施肥等の影響を検討した<sup>82, 83, 84, 85, 87, 88, 89</sup>)。

さらに、ニホンナシ‘豊水’のみつ症の発生防止については、ジベレリン生合成阻害剤<sup>31, 89, 109</sup>) やカルシウム剤<sup>32, 107</sup>) の利用が考えられる。しかし、生産現場で‘豊水’のみつ症発生を防止しようとする、植物成長調節物質の利用では登録等の問題があり、またカルシウム剤の利用では効果が不安定である<sup>109</sup>) などの問題があり、樹勢やせん定、着果、土壌および施肥管理など栽培管理によって耕種的に防止することが最も望ましい。そこで、本研究で明らかにしたみつ症発生と栽培要因の関連を体系化して、総合的な耕種的防止法について考察を加えた。

## 第1章 ニホンナシ‘豊水’の成熟特性とみつ症発生との関連

ニホンナシ‘豊水’は、成熟に伴う果色の変化が複雑で、収穫適期の判定が困難な上にその幅も短いため、成熟特性の解析法が検討されてきた。その結果、ニホンナシにおける果実の表面色や地色の変化は果実の成熟度の変化と相関が高いことから、ニホンナシカラーチャートが作製され<sup>40, 119</sup>)、このカラーチャートを用いた各品種の成熟特性の把握法と収穫適期判定法が確立された<sup>36</sup>)。‘豊水’の露地栽培における成熟特性と収穫適期判定に関する研究は、いくつかの報告がある<sup>38, 59, 63, 68, 71</sup>)。また、Kajiura et al.<sup>41</sup>) は、ニホンナシ 119 品種の果実を赤道部で横切断し、その切断面にみられるみつ症状を発生仕方から 5 つのタイプに分けた。しかし、これまでにビニル被覆栽培での成熟特性やみつ症発生との関連およびみつ症の組織形態的観察に関する研究はなされていない。本章では、‘豊水’の露地およびハウス栽培における成熟特性とみつ症発生の違いを明らかにするとともに、みつ症の発生様相を電子顕微鏡により詳細に観察した。

### 第1節 露地栽培における成熟特性

梶浦ら<sup>36</sup>) は、Kajiura et al.<sup>40</sup>) や山崎・鈴木<sup>119</sup>) の開発したニホンナシ地色用カラーチャートを用いて、各品種の成熟特性の把握法と収穫適期判定法を確立した。本節では、この手法を用いて茨城県におけるニホ

ンナシ‘豊水’の露地栽培における成熟特性とみつ症発生の関連を検討した。

#### 1. 材料および方法

旧茨城県園芸試験場(茨城県稲敷郡阿見町)に植栽された、ニホンナシ‘豊水’の 1988 年現在樹齢が 17 年生の樹を供試した。なお、本研究で供試した‘豊水’樹はすべて折衷式棚仕立て 3 本主枝整枝である。また、土壌は表層腐植質黒ボク土である。1988 年から 1991 年までの 4 年間にわたり満開後 120 日以降 7 日から 10 日間隔で樹冠内より無作為に果実を 40 果ずつ収穫して、果実品質およびみつ症発生程度を調査した。

本研究における果実品質の調査は、すべて梶浦ら<sup>37</sup>)の方法によって行った。すなわち、果実重、比重、地色、硬度、糖度(Brix)および酸度(pH)について調査した。比重は空気中および水中での果実重を測定し、水中での浮力を求めて算出した。地色は農林水産省果樹試験場作製のニホンナシ地色用カラーチャートを基準にして表示した。硬度はマグネステラー型果実硬度計により、糖度(Brix)は屈折糖度計、酸度は pH 計によってそれぞれ測定した。

みつ症発生程度については、果実を梗あ部、赤道部、蒂あ部の 3 カ所で横断し、各切断面のみつ症発生程度を次のようなみつ指数調査基準<sup>6)</sup>にしたがって調査した(図 1)。

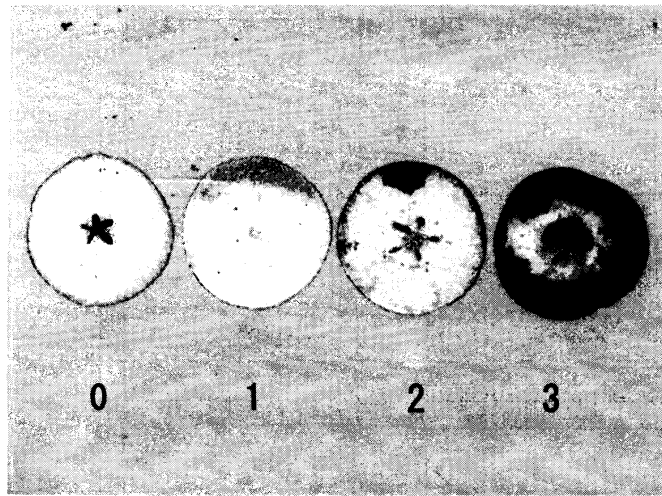


図 1. ニホンナシ‘豊水’のみつ症状とみつ指数

果実赤道部における横切断面の発生程度とみつ指数を示した。

みつ指数 0 : 健全なものおよび果芯部から放射線状に出ているうっすらとしたみつ症状様なものが認められる。

みつ指数 1 : 果皮直下にうっすらとしたみつ症状が認められるか、または 1c m<sup>2</sup>未満の境界明瞭なみつ症状が認められる。

みつ指数 2 : 1c m<sup>2</sup>以上の透明で境界明瞭なみつ症状が認められるか、またはみつ症状の小斑点が切断面のかなりの面積を占める。

みつ指数 3 : 2 の症状がさらに拡大して、梗あ部・蒂あ部で切断面の 1/4 以上、赤道部では 1/8 以上の境界明瞭なみつ症状が認められる。

いずれかの切断面にみつ指数 3 の発生がみられる場合は 3、すべての切断面でみつ指数 2 以下の場合に平均した値（小数点以下は切り上げ）とし、みつ指数 2 と 3 をみつ症重症果とした。みつ症重症果は商品価値がなく、出荷が不可能である。

平均みつ指数は

$$\Sigma (\text{各みつ指数} \times \text{発生果数}) \div \text{調査総果数},$$

重症果発生率は

$$\text{重症果数} \div \text{調査総果数} \times 100$$

から算出した。

## 2. 結果

調査各年における成熟特性を図 2 に示した。

1988 年は、満開後 138 日には地色値が 3 以上になったが、平均みつ指数が 0.36 となりみつ症の発生が多かった。満開後 151 日には地色値が 4.5 以上となり、比重が 1.004 となって急激に低下した。1989 年は、満開後 145 日に地色値が 3.3、糖度が 12.4 % となり適熟期になった。しかし、みつ症の発生がみられ、平均みつ指数が 0.21、みつ症重症果率が 6.4 % となり平年より多かった。満開後 159 日には地色値が 4 をこえ、比重が 1.007 となって著しく低下し、果肉硬度が 2.8 ポンドとなり軟らかくなった。1990 年は、満開後 148 日で地色値が 3 となり、糖度が 13.4 % となって適熟期になったが、平均みつ指数が 0.15、みつ症重症果率が 2.5 % となってみつ症の発生がみられた。満開後 161 日になると比重が 1.014 となって低下し、重症果率が 12.8 % となってみつ症が多く発生した。1991 年は、満開後 144 日に地色値が 3.6 となって適熟期に達したが、みつ症の発生は満開後 155 日になってもみられなかった。

1988 年は、満開後 138 日には地色値 3 の果実が過半数を占め、145 日には地色値 4 の果実が急激に増加した。1989 年は、満開後 138 日には地色値 3 の果実が過半数を占めたが、以降地色値の増加は少なかった。1990 年は満開後 148 日になって地色値 3 の果実が増加した (図 3)。

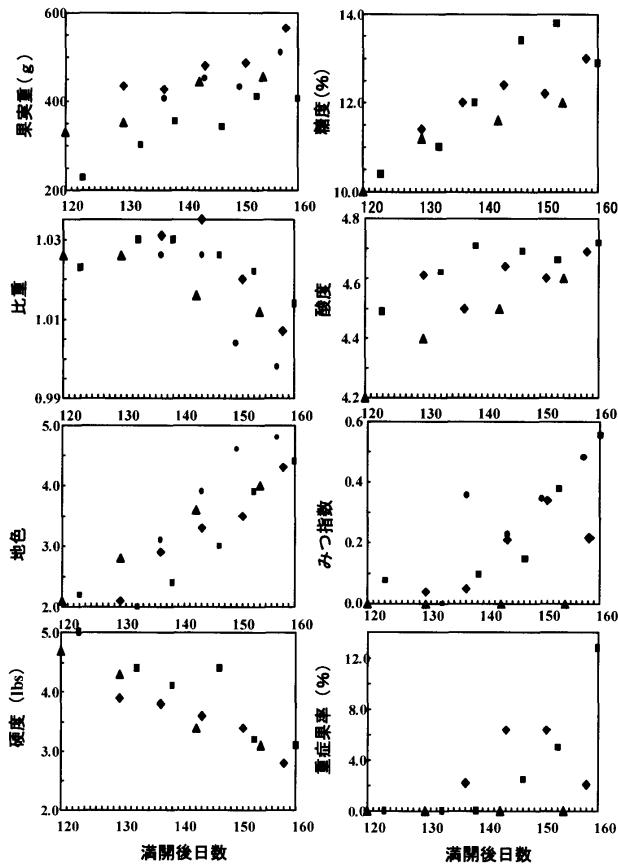


図 2. ニホンナシ‘豊水’の露地栽培における成熟特性  
1988年 (●), 1989年 (◆), 1990年 (■), 1991年 (▲)。

地色値とみつ症発生の関係を図 4 に示した。地色値が大きくなるに従ってみつ症の発生が多くなった。地色値が 4 から 5 になるとみつ指数 3 の果実が多くなり、特に地色値 5 では発生が急激に多くなった。

### 3. 考察

ニホンナシにおける果実の表面色や地色の変化は果実の熟度と相関が高いことから、カラーチャートが作製され、収穫適期判定に用いられるようになった<sup>40, 119)</sup>。ニホンナシ‘豊水’の成熟に関する生理・生化学的研究から、みつ症発生の心配がなく、酸の抜けが良く、可食に達するのは地色用カラーチャートで 3.5 から 4.5 であることが明らかになった<sup>113)</sup>。そして、‘豊水’の収穫適期は地色用カラーチャートで 3.5 ~ 4.5、満開後日数では 135 日 ~ 155 日とされた<sup>38, 59, 63, 68, 71)</sup>。本実験結果でも満開後 145 日あたりが地色値や糖度から適熟期と判定されたが、みつ症の発生が多かった 1988 年および 1989 年には満開後

138 日から地色 3 の果実が多く発生した。

‘豊水’のみつ症は、通常年では満開後 155 日以降成熟に伴って過熟となりみつ症の発生が増し<sup>5, 8)</sup>、地色用カラーチャート値 5 以上の過熟果でみつ症の発生が多くなる<sup>113)</sup>。しかし、夏季が低温の冷夏年には果肉の成熟が先行し地色値がその割に進まない、いわゆる果肉先熟となり、地色にまだ緑色が残るうちにみつ症が多く発生する<sup>5, 8)</sup>。各実験年における気象の経過をみると、1988 年は 4 月中旬から 5 月初旬まで平年より高温に経過したが、6 月下旬以降 7 月中下旬が平年より著しく低温に経過した。また、1989 年は 5 月から 7 月上旬まで平年より低温に経過したために、1988 年および 1989 年はみつ症の発生が多かったと考えられる。1990 年は平年より高温乾燥で経過したが、7 月上旬に一時低温となり、1989 年ほどではないがみつ症の発生がみられた。一方、1991 年は 6 月および 7 月が平年より高温に経過したためにみつ症発生が少なかったと考えられる。なお第 2 章・第 2 節においてみ

つ症発生年における気象の推移をさらに詳細に検討する。

梶浦ら<sup>3,6)</sup>は、ニホンナシにおける成熟特性の解析法として満開後日数別の果皮着色別果実の出現率から果皮着色特性図を作成し、収穫時期の判定に使用できると報告した。本実験結果をこの果皮着色特性図に当てはめると、地色値が3以上の適熟果が出現する収穫始期は、1988年は満開後138日以前、1989年は満開

後131日以降、1990年は満開後134日以降であった。また地色値が3以上の果実が過半を占める収穫盛期は、1988年は満開後138日以前、1989年は138日、1990年は満開後148日であった。

以上のように、年により地色値の変化に差がみられ、みつ症の発生が多い年は、熟度の進んだ果実が早期に出現した。また、地色値が5以上の過熟な果実ではみつ症の発生が多くなった。

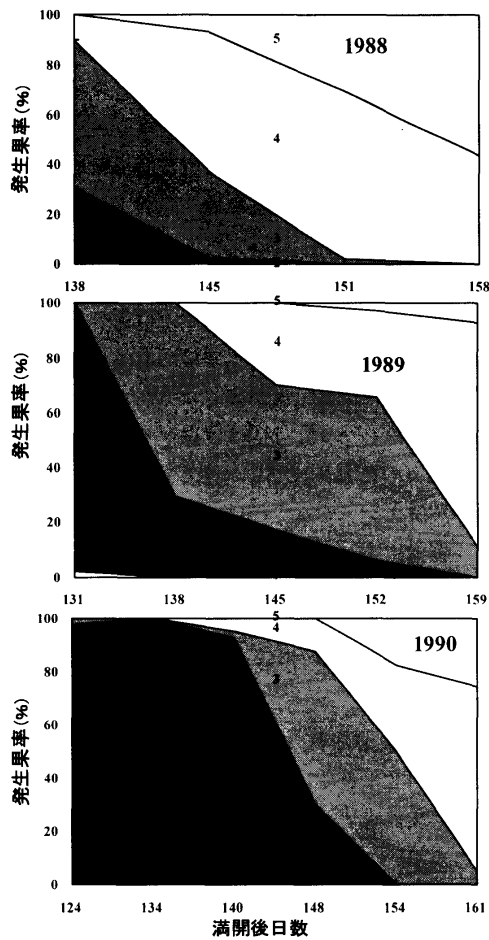


図3. ニホンナシ‘豊水’の露地栽培における満開後日数と地色値の関係  
地色値(カラーチャート指数)は、1と2(■)は緑色で未熟、3(■)と4(□)は中間で適熟、5(□)と6は黄色で過熟である。

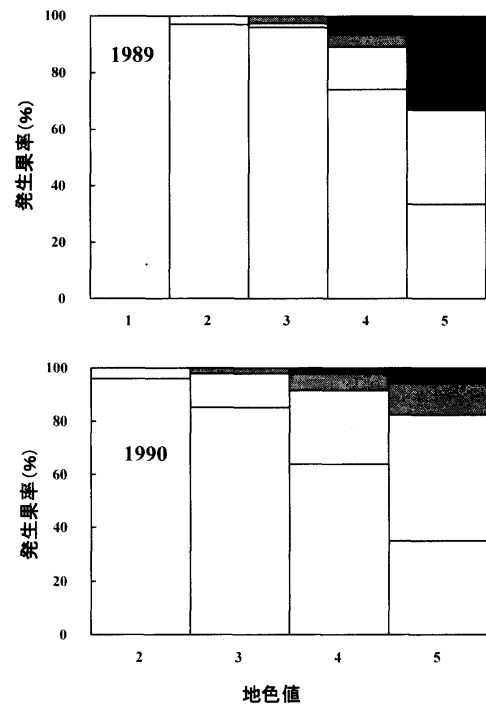


図4. ニホンナシ‘豊水’の露地栽培における地色値とみつ症発生の関係  
みつ指数0(□)は健全、1(□)は軽症、2(■)は中、3(■)は重症である。

## 第2節 ハウス栽培における成熟特性

本節では、前節と同じ手法でハウス栽培におけるニホンナシ‘豊水’の成熟特性とみつ症発生の関連を検討した。

### 1. 材料および方法

1989年から3年間にわたり旧茨城県園芸試験場(茨城県稲敷郡阿見町)に植栽された‘豊水’の高接11年生樹を供試して試験を行った。1989年は2月20日、'90年は3月5日、'91年は2月27日に厚さ0.1mmの農ビを被覆した。その後夜間の最低気温を7

℃に設定して加温した。日中の最高気温は棚面で 30℃を超えないように換気を図った。ビニル被覆は、1989 年は 6 月 26 日、'90 年は 7 月 2 日、'91 年は 6 月 28 日に除去した。

満開後 135 日頃より 10 日間隔で樹冠内より無作為に果実を 30 果ずつ収穫して、前節と同じ方法で、果実品質およびみつ症の発生を調査した。

## 2. 結果

満開日は、1989 年が 3 月 24 日、'90 年が 3 月 26 日、'91 年が 4 月 4 日で、露地栽培樹よりそれぞれ 20 日、11 日および 13 日開花が促進された。

ハウス栽培における「豊水」の成熟特性を図 5 に示した。

1989 年は、満開後 148 日には地色値が 3.2 となり適熟期になったが、平均みつ指数が 0.37、重症果率が 10% となりみつ症が多く発生した。また、満開後 165 日には比重が 0.981 となって急激に低下し、平均みつ指数が 2.1、重症果率が 86.7% となってみつ症が多発した。1990 年は満開後 154 日で地色値 3 となったが、平均みつ指数が 0.6、重症果率が 20% となりみつ症が多く発生した。'91 年は、満開後 146 日で地色値 3.2 となり、適熟期になったが、みつ症の発生はみられなかった。

果実品質を露地栽培と比較すると、ビニル被覆栽培では果実重が大きく、果実肥大が促進される傾向がみられた。また、比重が低く、地色値が小さくて着色が遅延し、果肉硬度が低く軟らかくなり、さらに糖度はやや低く、酸度はやや高い傾向がみられた。みつ症の発生はビニル被覆栽培で明らかに多く、終始露地栽培より多いが満開後 150 日を過ぎると特に多くなった(図 2, 図 5)。

満開後日数と地色の関係を図 6 に示した。1989 年は、満開後 148 日から 154 日まで地色値 3 の果実が大半を占めたが、165 日には地色値 4 の果実が増加した。1990 年は'89 年より地色値の進みが遅く、154 日で地色値 3 および 4 の果実が増加した。

ビニル被覆栽培では、露地栽培より地色値の大きい、特に地色値 4 または 5 の果実の出現時期が遅くその割合も少なかった(図 3, 図 6)。

地色値とみつ症発生の関係を図 7 に示した。地色値 3 以上でみつ指数 3 の果実が発生し、特に地色値 4 と 5 でみつ症発生が著しく増加した。ビニル被覆栽培では、露地栽培より明らかにみつ症、それも重症果の

発生が多く、地色の着色が進まない地色値 3 の果実にも発生が多くみられた(図 4, 図 7)。

## 3. 考察

ビニル被覆によるハウス栽培では、地色値が 3 を超えた適熟期は満開後 150 日前後で、露地栽培樹よりやや遅れる傾向がみられた。地色値が 3 以上の適熟果が出現した収穫始期は、1989 年は満開後 148 日以前、'90 年は満開後 144 日であった。また地色値が 3 以上の果実が 50% 以上占める収穫盛期は、1989 年は満開後 148 日以前、'90 年は満開後 154 日で年により差がみられた。みつ症発生は露地栽培より多く、特に満開後 150 日を過ぎると著しく発生が多くなった。また、露地栽培とは異なって地色値 3 の果実でもみつ症の発生が多かった。

ビニル被覆下では日射や温度、湿度、炭酸ガスおよび風等の環境要因が、露地条件とは大きく異なり、特にビニル被覆によって遮光率は 30% 程度にまで低下し、温度特に最高気温が高くなる。さらに、湿度は夜間には多湿となり、昼間は乾燥する。これらの変化は、ナシ果実の発育や成熟に大きな影響を与える<sup>2,4)</sup>。既にニホンナシ「幸水」では、開花後 30 日間程度のビニル被覆によって露地より果実肥大が促進され、果肉が軟らかくなり、果肉先熟になって果実の大きさ、糖度および果肉硬度では熟期に達していても果実の着色が遅れる<sup>1,6, 17, 18, 20, 21, 22, 23)</sup>ことが明らかにされている。

ハウス栽培における「豊水」の成熟特性は、「幸水」や「二十世紀」と同じように、地色値の進み方よりも果実内容すなわち比重や硬度および糖度などの進み方が早い、いわゆる果肉先熟型になるものと考えられる。これには、第 2 章、第 4 節で詳細に考察するが、ビニル被覆による果実生長初期の高温が大きく影響していると考えられる。ニホンナシの地色は、成熟にもなってクロロフィルが分解しカロチノイドが生成することによって、緑色から黄色に変化する。なお、農林水産省果樹試験場が作製した地色用カラーチャートは、この黄色化の過程を 6 段階に区分したものである<sup>40)</sup>。クロロフィルの分解にはエチレンが強く関与する<sup>2,5)</sup>が、栽培環境要因としては光や温度、糖含量、窒素栄養および土壌湿度等が関与する<sup>5,2)</sup>。ハウス栽培では温度が高いためにクロロフィルの分解が遅れることにより、着色が遅れるのに対して、比重や硬度の低下は高温により促進されて果肉先熟となるものと考

えられる。したがって、ハウス栽培における‘豊水’では地色値3での収穫は遅いと考えられ、収穫適期はみつ症の発生が少ない満開後145日前後と考えられる。

以上のように、ビニル被覆によるハウス栽培では、果実の着色（地色値）が遅れ、比重や硬度の低下が早く進みいわゆる果肉先熟となる傾向がみられた。しか

し、みつ症の発生は露地栽培より多く、特に満開後150日を過ぎると著しく発生が多くなった。また、地色値が3以上でみつ症の発生が多くなった。なお、第2章・第4節において高温とみつ症発生の関連についてさらに詳細に検討する。

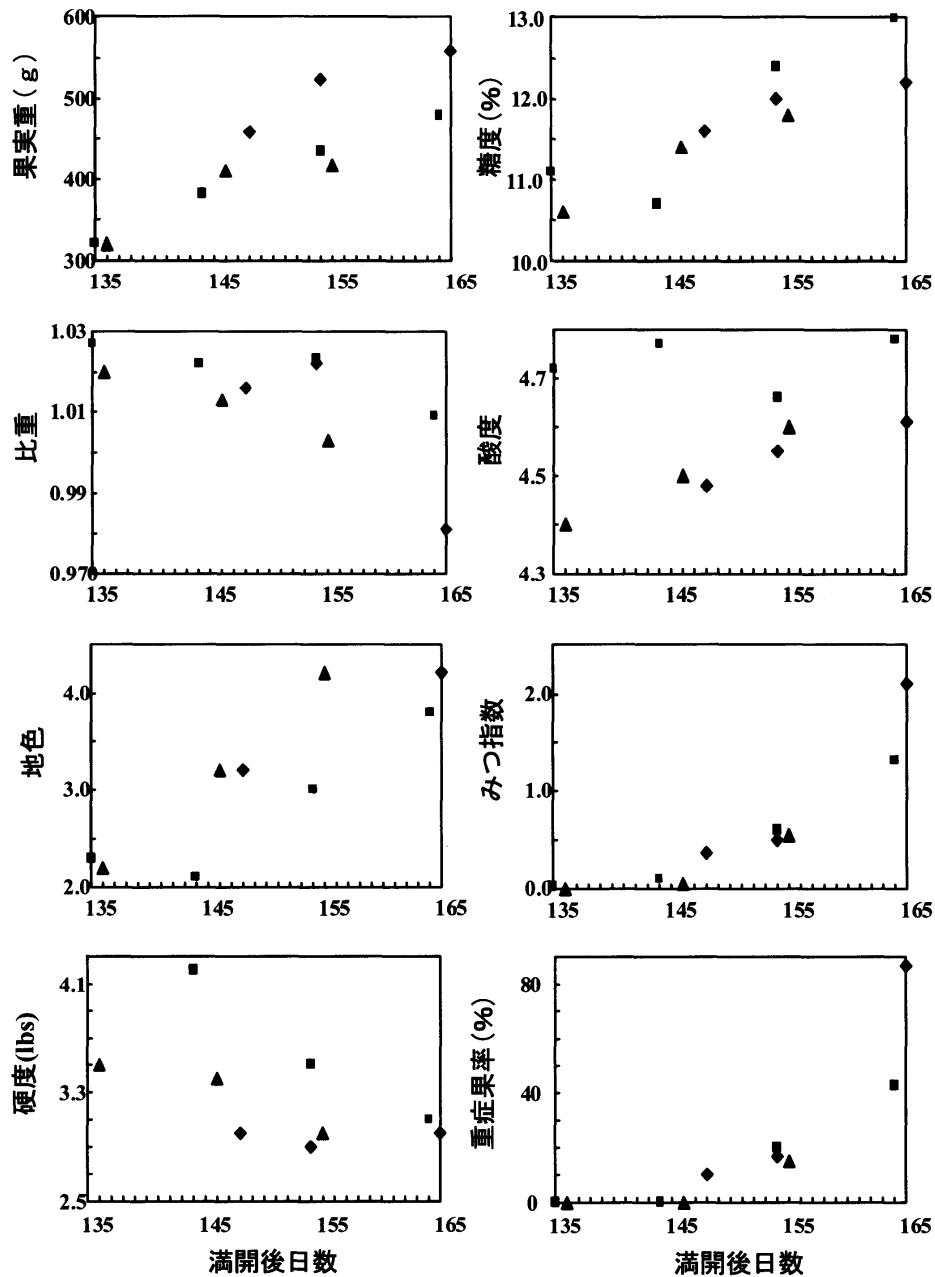


図5. ニホンナシ‘豊水’のハウス栽培における成熟特性  
1989年(◆), 1990年(■), 1991年(▲)

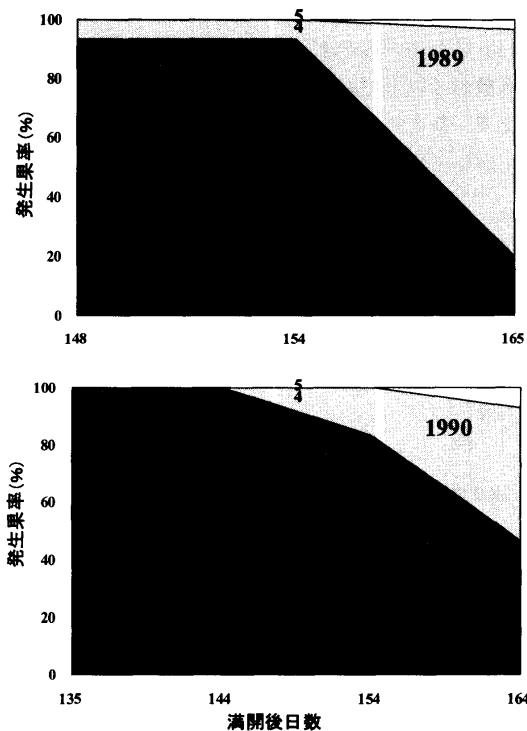


図 6. ニホンナシ‘豊水’のハウス栽培における満開後日数と地色値の関係  
地色値 (カラーチャート指数) は、1と2 (■) は緑色で未熟、3 (■) と4 (■) は中間で適熟、5 (□) と6は黄色で過熟である。

### 第3節 みつ症組織部の電子顕微鏡観察

本節では、ニホンナシ‘豊水’におけるみつ症発生の仕方とみつ症およびす入り組織部の電子顕微鏡による観察によって、みつ症とす入り症状を形態的に検討した。

#### 1. 材料および方法

本研究の一連の実験に供試した果実でみつ症の発生がみられた果実について、みつ症状を観察し、発生の仕方をタイプわけした。また、‘豊水’果実の横切断面のみつ症およびす入り組織部と健全部の果皮下の果肉を2~3mmの厚さに安全カミソリで採取した。試料は、0.1Mリン酸緩衝液で洗浄した後、2%グルタルアルデヒド溶液に2時間浸漬して固定した。固定した試料を0.1Mリン酸緩衝液で数回洗浄後、50~100%エタノールに順次15分間ずつ浸漬して脱水した。脱水した試料をn-ブタノールに12時間浸漬して置換し、凍結乾燥機(日本電子 JFD300)で凍結乾燥した。観察は、走査型電子顕微鏡(日本電子 SM5400LV)で加速電圧20KVで行った。

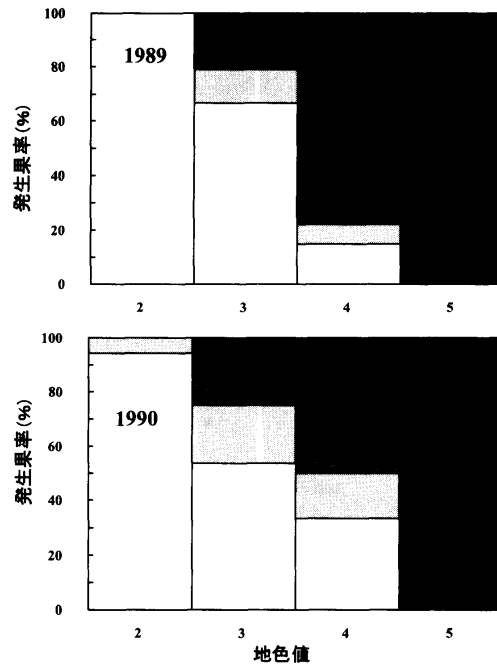


図 7. ニホンナシ‘豊水’のハウス栽培における地色値とみつ症発生の関係  
みつ指数 0 (□) は健全、1 (■) は軽症、2 (■) は中、3 (■) は重症である。

#### 2. 結果

‘豊水’のみつ症状は、発生初期の段階では果芯部から放射線状に境界不明瞭なうっすらとした水浸状のみつ症状様なものも多く認められたが、これは健全果(みつ指数:0)に区分した。その後境界が明瞭になり、みつ症状の多くは果皮直下より内側の皮層部に水浸状に発生がみられた(図8)。これは最も多くみられたタイプであった。また、果芯線の維管束(花卉維管束や萼片維管束)に沿ってスポット状に拡大して発生するものがみられた(図9)。この症状は、みつ症の発生が少ない沖積土壌園や一部火山灰土壌園でも、みつ症発生が少ない年や樹で過熟傾向の果実にみられたが、そう多くはみられないタイプであった。みつ症状がさらに進み激しくなると、果肉が崩壊して陥没し、空洞化するもの(図10)がみられた。この症状は、著しく寡少着果させた場合(図37)やビニル被覆栽培でジベレリンを処理した場合(図45)に発生した。さらに水浸状から褐変化するものがみられた。また、みつ症状は蒂あ部に多く発生する傾向が観察された。



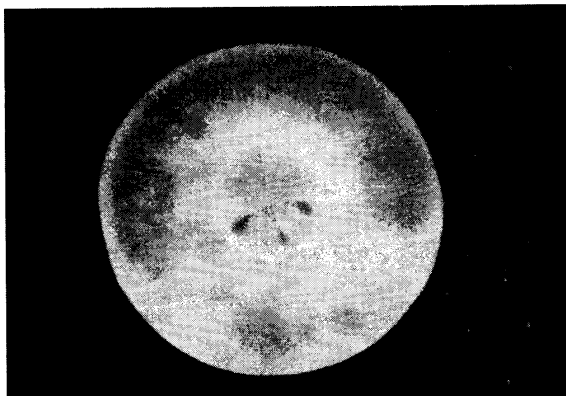


図 8. ニホンナシ‘豊水’のみつ症状  
果皮直下から発生した最も多いタイプを示した。

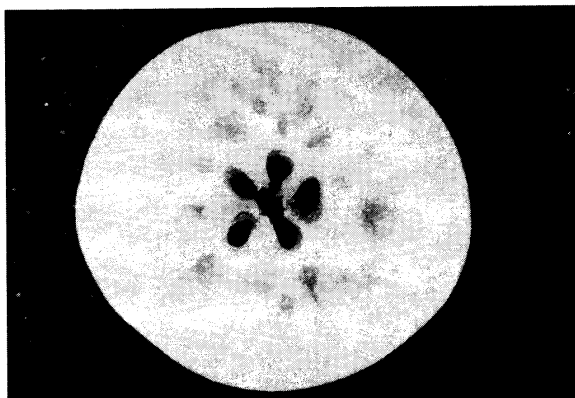


図 9. ニホンナシ‘豊水’のみつ症状  
果芯線に沿った維管束（花弁維管束および萼片維管束）からスポット状に拡大しているタイプを示した。

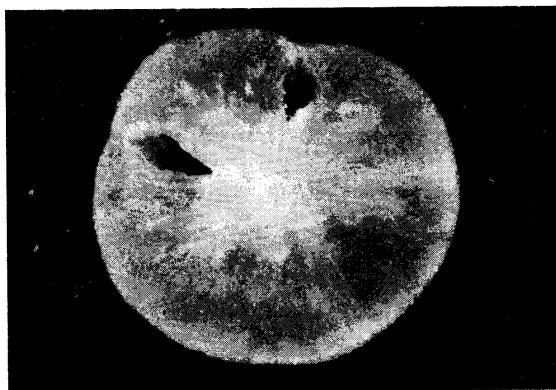


図 10. ニホンナシ‘豊水’のみつ症状  
みつ症状が激しく発生し、組織が陥没して空洞が生じたタイプを示した。

走査型電子顕微鏡でみつ症組織部を観察すると、細胞が大きく変形して肥大し、健全部より細胞の配列が乱れていた。また、微細な厚壁細胞群が観察された（図 11）。

す入り症状は、収穫期後半の熟度がかかなり進んだ果実に、みつ症と合併して発生することが多かった。す入りは、果皮直下の水浸状になったみつ症組織部にみられ、気泡が入り白くスポンジ状に観察された。さらに症状が進むと、果肉全面に拡大した。果実比重が 1.0 以下の水に浮く果実では、みつ症の発生とともにす入りが激しく発生している場合が多かった。

す入り組織部の走査型電子顕微鏡による観察では、す入り組織部の細胞はみつ症組織部より大きく変形し、細胞の破壊が進んでいた（図 12）。

### 3. 考察

リンゴでは、みつ症状の発生の仕方は 5 つのタイプ

に分類されており、多くは果芯部維管束から放射線状に発生する<sup>34)</sup>。また、ニホンナシでは、果実を赤道部で横切断し、その切断面にみられるみつ症状の発生タイプが次の 5 つに分けられている<sup>41)</sup>。A：果芯線の維管束の周辺からスポット状に水浸状が拡大して発生する。B：果肉中央の細かい維管束の周辺に明らかな水浸状がスポット状に発生する。C：果皮近くに発生する。D：果芯線に沿って発生する。E：軽い水浸状が果肉に均等に発生する。‘豊水’では、維管束周辺からスポット状に発生するもの（A）と果皮近くに発生するもの（C）そして B のタイプがある<sup>41)</sup>。本実験では、多くは果皮直下に（C タイプ）発生し、症状がさらに進み激しくなると、果肉が崩壊し陥没するものがみられた。また、まれに A タイプのものがみられた。しかし、B タイプは観察されなかった。

電子顕微鏡でみつ症組織を観察した例は少ない<sup>11)</sup>。みつ症部を走査型電子顕微鏡で観察すると、微細な厚壁細胞群が観察された。その微細な厚壁細胞群にそつ

て果肉細胞が大きく変形して肥大しているのが観察された。この微細な厚壁細胞群が何かは明らかにできなかったが、梅谷ら<sup>11)</sup>はこの微細な厚壁細胞群は維管束とも考えられるとし、周辺の果肉細胞に影響を与え、みつ症発生と関連があると報告した。リンゴでは、発生初期のみつ症状は維管束周辺から拡大し始めることが観察されており、みつ症は維管束による物質供給と関連が深いと考えられること<sup>34)</sup>から、みつ症発生の組織形態的研究がさらに必要であろう。また、ブドウ‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’では、縮果障害の発生要因として維管束の壊死が考えられており<sup>65, 66)</sup>、本観察結果と同様なものであり興味深い、さらに詳細な観察検討が必要である。

す入りは、みつ症が多発生した1988年および1993年に多く発生した。‘豊水’のす入りは、地色値5の過熟果で発生が著しく多くなることが明らかにされている<sup>38)</sup>が、本観察結果でも同様に、収穫期後半の熟度がかかり進んだ果実にみつ症と合併して発生するこ

とが多かった。今までにす入り症組織を電子顕微鏡で観察した例は少ない。す入り組織部の細胞はみつ症組織部より大きく変形し、細胞の破壊が進んでおり、みつ症とは明らかに異なっていた。す入りの発生要因はみつ症とは異なると考えられるが明らかではない。しかし、ビニル被覆栽培の‘豊水’では比重が低下し、す入り症が発生しやすいことから、高温や乾燥が関係していると考えられる。また、第2章、第3章および第6章で検討するが、果実へのビニル袋被覆やワックス処理による高温および蒸散抑制さらには果実へのジベレリン処理によってす入りの発生は助長されたことから、これらの要因とも関係が深いと考えられる。

以上のように、みつ症組織部を走査型電子顕微鏡で観察したところ、微細な厚壁細胞群が観察された。また、その微細な厚壁細胞群にそって果肉細胞が大きく変形して肥大しているのが観察された。しかし、この微細な厚壁細胞群が何かは明らかにできなかった。今後さらに詳細に検討する必要がある。

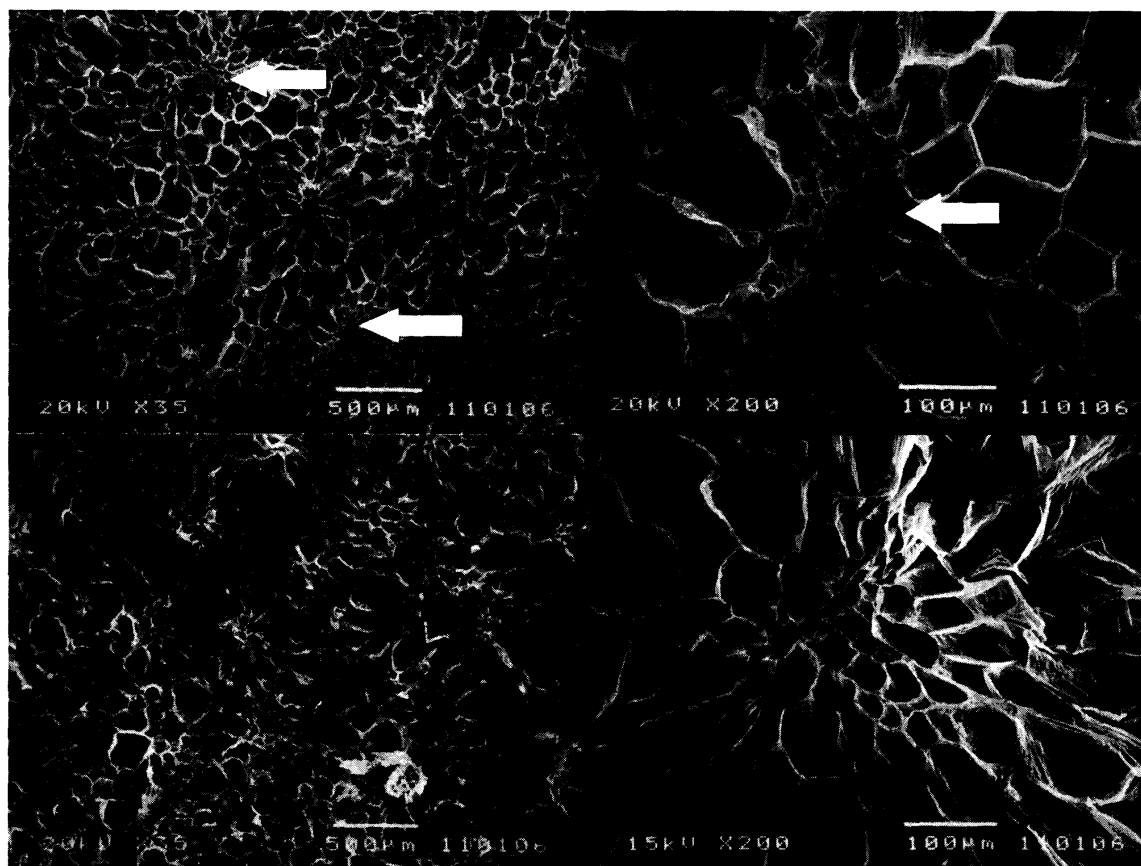


図 11. 走査型電子顕微鏡で観察されたニホンナシ‘豊水’のみつ症組織部

写真上：みつ症組織；左：35倍，右：200倍 矢印は厚壁細胞群 写真下：健全組織；左：35倍，右：200倍

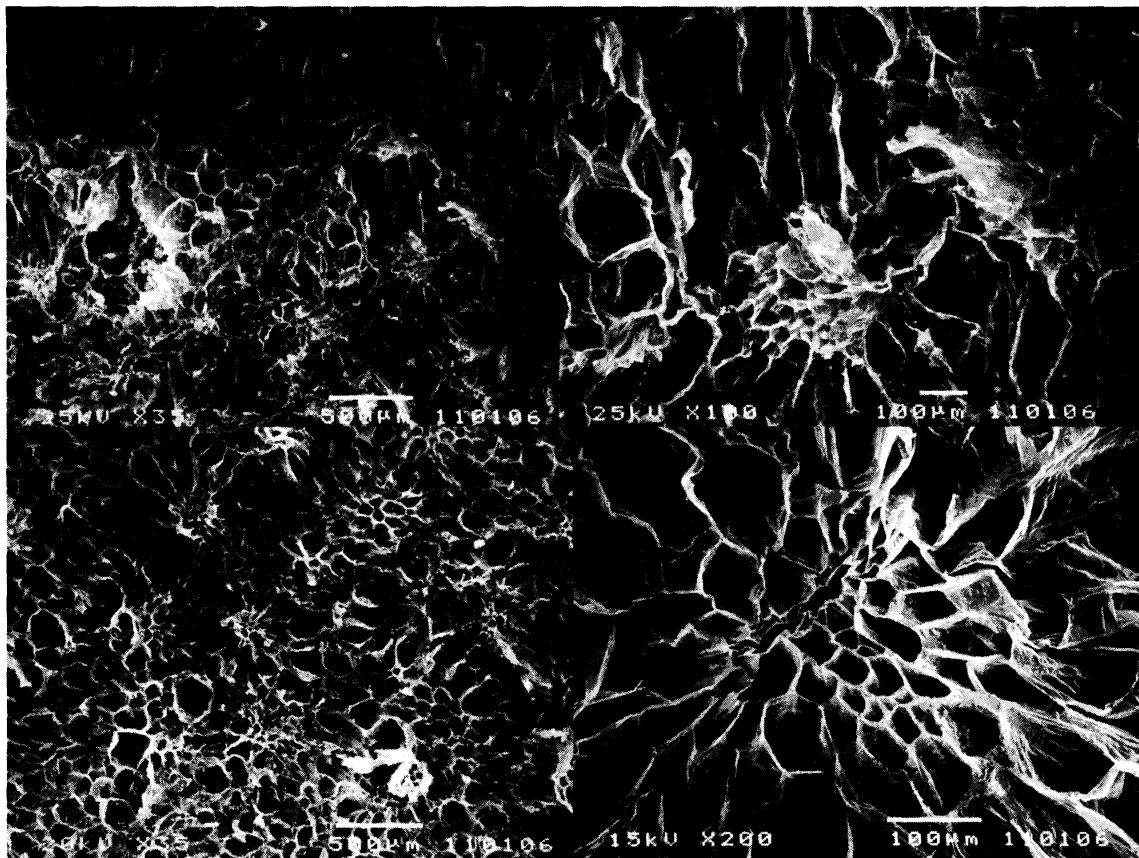


図 12. 走査型電子顕微鏡で観察されたニホンナシ‘豊水’のす入り症組織部  
 写真上:す入り症組織;左:35倍,右:100倍 写真下:健全組織;左:35倍,右:200倍

## 第 2 章 ニホンナシ‘豊水’の成熟とみつ症発生に及ぼす気象要因の影響

本論文の第 1 章で明らかにしたように、ニホンナシ‘豊水’の成熟やみつ症の発生には年により差がみられた。特に‘豊水’のみつ症は、7 月～8 月の夏季が低温、寡日照および多雨の年に多く発生することが経験的に知られている<sup>(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)</sup>ことから、‘豊水’の成熟やみつ症の発生には気象要因が大きく関与しているものと考えられる。また、‘豊水’の成熟やみつ症の発生を的確に予測することは、市場出荷への対応はもちろんのこと、みつ症発生の未然防止や適期収穫などの栽培管理および選果場運営などの労務管理の上で極めて重要なことである。本章では、‘豊水’の成熟期やみつ症の発生を予測するために、成熟に及ぼす気象要因の影響を明らかにするとともに、みつ症が激しく多量に発生した 1980 年、82 年、88 年に共通

の気象要因を明らかにした。また、みつ症が多発した年における‘豊水’の生育や果実品質の変化を明らかにした。さらに、低温または高温処理および遮光処理とみつ症発生の関連を明らかにした。

### 第 1 節 成熟に及ぼす気象要因の影響

第 1 章・第 1 節では、ニホンナシ‘豊水’の成熟に伴う地色値の変化と成熟期が年次によって異なることを明らかにした。ナシやリンゴなどのクライマクテリックタイプの果実の成熟は、エチレンによって誘導される<sup>(2, 3)</sup>が、他にもアブシジン酸やジベレリンなどの植物成長調節物質の影響も大きく受ける。しかし、生産現場で収穫日を予測し、選果場の運営や市場出荷へ

の対応などに役立てようとする、成熟に及ぼす気象要因の影響を明らかにすることが重要である。そこで本節では、‘豊水’の果実生長期中の気象要因が果実の成熟に及ぼす影響を検討した。

### 1. 材料および方法

旧茨城県園芸試験場（茨城県稲敷郡阿見町）に植栽された、‘豊水’の1975年（樹齢9年生）から1987年まで13年間の収穫始期と気象データ（ただし日照時間は高層气象台；つくば市館野）および満開日のデータを基に、‘豊水’の収穫始期と気象要因の相関関係を求めた。また、同様に1975年から1988年まで14年間の満開日から収穫始期までの日数を果実成熟日数として、気象要因との関係を解析した。解析は、重回帰分析で変数選択の分散比 $F_{1/n}$ の値を2.0としたステップワイズ法で行った。

### 2. 結果

収穫始期と気象要因の単相関関係では、4月の平均最低気温と負、7月の平均最低気温、8月の日照時間および満開日と正のそれぞれ有意な相関関係が認めら

れた（表1）。すなわち4月の平均最低気温が高い年、7月の平均最低気温が低い年および8月の日照時間が少ない年に、それぞれ収穫始期が早まった。また、満開日の早い年に収穫始期が早まった。収穫始期と気象要因の重相関関係を検討したところ、4月の平均最低気温、8月の平均最高気温および8月の日照時間を変数とする重回帰式が得られた。また、これとは別に、満開日、8月の平均最高気温および8月の日照時間を変数とする重回帰式も得られた。これらの重回帰式の寄与率は、それぞれ0.660および0.703であった（表2）。

果実成熟日数と気象要因の関係では、全体として相関係数が小さく、有意な単相関関係が認められたのは満開後20日間の積算最高気温( $r=0.554^*$ )のみであった（データは省略）。しかし、重相関関係では、満開後60日間の積算最低気温と満開後60日間の積算降水量および満開日を変数とする重回帰式が得られた。また、満開後60日間の積算最低気温と満開後100日間の日照時間および満開日を変数とする重回帰式も得られた。これらの重回帰式の寄与率は、それぞれ0.538および0.528であった（表3）。

表1. ニホンナシ‘豊水’の収穫始期に及ぼす気象要因の影響（単相関）

	4月	5月	6月	7月	8月
月平均気温	-0.501	-0.195	-0.311	0.450	0.335
月平均最高気温	-0.362	-0.549	-0.318	0.324	0.389
月平均最低気温	-0.570*	-0.191	-0.287	0.595*	0.208
月日照時間	0.445	-0.356	-0.223	0.243	0.652*
月降水量	-0.066	-0.329	0.144	-0.447	-0.041
満開日	0.768**				
成熟日数	0.420				

n=13 有意性; \*:p < 0.05 \*\*:p < 0.01

表2. ニホンナシ‘豊水’の収穫始期に及ぼす気象要因の影響（重相関）

重回帰式	n <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	F値	偏回帰係数の標準誤差
$Y=58.505-1.856X_1-1.980X_2+0.131X_3$	13	0.660	5.865*	$X_1=1.195$ $X_2=1.161$ $X_3=0.048^*$
$Y=12.506-1.012X_2+0.082X_3+0.521X_4$	13	0.703	7.154**	$X_2=1.235$ $X_3=0.056$ $X_4=0.258$

Y:収穫始期<sup>2</sup>; n:測定数  $X_1$ :4月平均最低気温  $X_2$ :8月平均最高気温  
 $X_3$ :8月日照時間  $X_4$ :満開日 有意性; \*:p < 0.05 \*\*:p < 0.01

表 3. ニホンナシ‘豊水’の成熟日数に及ぼす気象要因の影響

重回帰式	n <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	F 値	偏回帰係数の標準誤差
Y=177.805-0.049X <sub>1</sub> -0.033X <sub>2</sub> +0.419X <sub>4</sub>	14	0.538	3.87*	X <sub>1</sub> = 0.019* X <sub>2</sub> = 0.013* X <sub>4</sub> = 0.248
Y=155.898-0.048X <sub>1</sub> +0.027X <sub>3</sub> +0.384X <sub>4</sub>	14	0.528	3.73*	X <sub>1</sub> = 0.018* X <sub>3</sub> = 0.245 X <sub>4</sub> = 0.011*

Y;成熟日数<sup>2</sup>; n=測定数 X<sub>1</sub>;満開後 60 日間の積算最低気温  
X<sub>2</sub>;満開後 60 日間の積算降水量 X<sub>3</sub>;満開後 100 日間の積算日照時間  
X<sub>4</sub>;満開日 有意性; \*:p < 0.05 \*\*:p < 0.01

### 3. 考察

ニホンナシ‘豊水’の収穫始期は、4 月の平均最低気温が高い年、7 月の平均最低気温が低い年および 8 月の日照時間が少ない年に早まることが明らかになった。このような条件の年は、第 2 章・第 2 節でも明らかにしているがみつ症の発生が多い年であった。また、満開後 20 日間の積算最高気温や 60 日間の積算最低気温が高いと果実成熟日数が短くなった。しかし、重回帰式の寄与率は高くても 0.7 程度で最大誤差が 5 日程度であり予測式として利用するには精度が劣ったが、同様の関係は‘幸水’ではより明確に認められており、4 月および 6 月の平均最高気温や満開後 30 日間および 60 日間の積算最低気温の重回帰式を用いて最大誤差 2 日の高い精度で収穫始期や成熟日数の予測が可能であった<sup>8,6)</sup>。さらに杉浦<sup>9)</sup>は、満開後 33 日間の平均気温から収穫期を予測する回帰式を提案している。これらのことから、果実生育初期の温度が果実の成熟に大きく影響しているものと考えられる。

ニホンナシ‘二十世紀’および‘幸水’でも同様に、昼と夜の温度が 25℃までの範囲では温度が高いほど果肉細胞の分裂期間が僅かながら短くなり、細胞数が増加して細胞が大きくなって、果実肥大および熟期が促進され、内生植物ホルモン、すなわちサイトカイニンやジベレリン(GA<sub>4+7+9</sub>)の活性が高くなったとの報告がある<sup>16, 17, 18)</sup>。リンゴでも同様に、高温が果実の成熟を促進する<sup>7,6)</sup>ことが明らかにされている。このように果実生育初期の高温は成熟を促進し、みつ症の発生を助長すると考えられる。なお、詳細には第 2 章、第 4 節で考察する。

以上のことから、満開後 60 日間の果実生育の早期における積算最低気温が高いと果実成熟日数が短くなることが明らかになり、果実生育初期の高温は成熟を促進して、みつ症発生を助長すると考えられた。

## 第 2 節 みつ症多発生年の気象の推移

過去においてニホンナシ‘豊水’のみつ症が激しく、かつ多量に発生した年は、1980 年、'82 年、'88 年、'93 年および 1998 年であった。本節では、これらみつ症が多発した年に共通の気象要因を検討し、みつ症発生の要因を解明しようとした。また、みつ症が多発した年における‘豊水’の生育および果実品質の変化も併せて検討した。

### 1. 材料および方法

‘豊水’のみつ症が激しく、かつ多量に発生した 1980 年、'82 年、'88 年と、みつ症の発生が少なかった 1987 年および 1975 年から 1987 年までの 13 年間の平均値を平年として、4 月～9 月の果実生育期における気象データ(旧茨城県園芸試験場;茨城県稲敷郡阿見町、ただし日照時間は高層気象台;つくば市館野)を比較した。

また、みつ症が多発した年と少発年または平年における‘豊水’の生育と果実品質の変化を比較した。

### 2. 結果

各年における半旬ごとの平均気温、降水量および日照時間の平年偏差を、それぞれ図 13、図 14 および図 15 に示した。

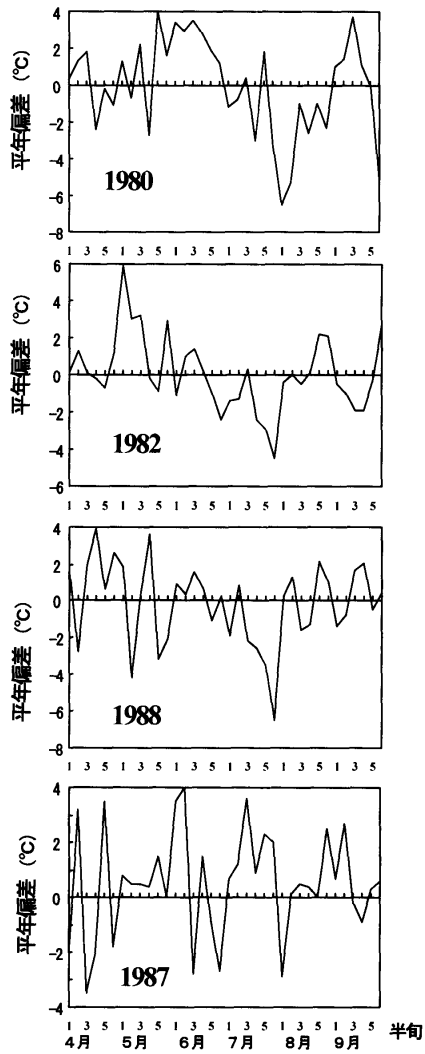


図 13. みつ症発生年における平均気温の  
 平年偏差の変化  
 1980年, 1982年, 1988年はみつ症が多  
 発生した. 1987年は発生が少なかった.

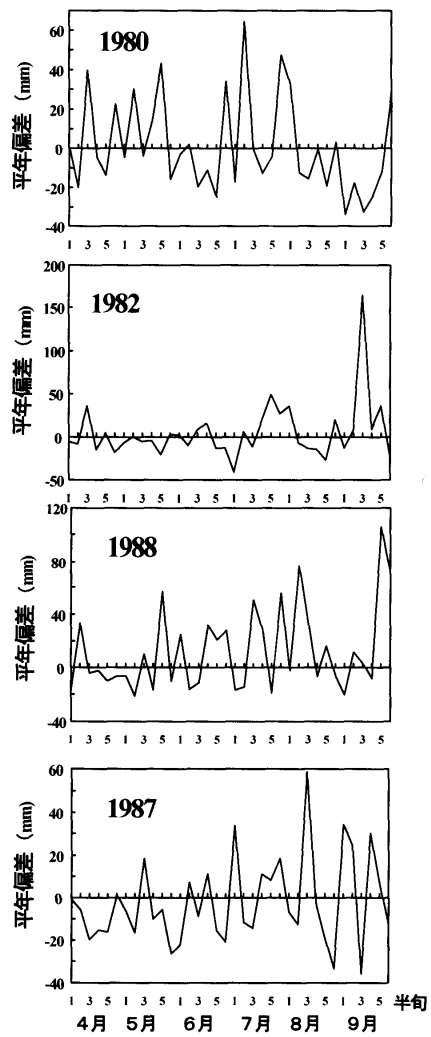


図 14. みつ症発生年における降水量の  
 平年偏差の変化  
 1980年, 1982年および1988年はみつ  
 症が多発生した. 1987年は多発  
 が少なかった.

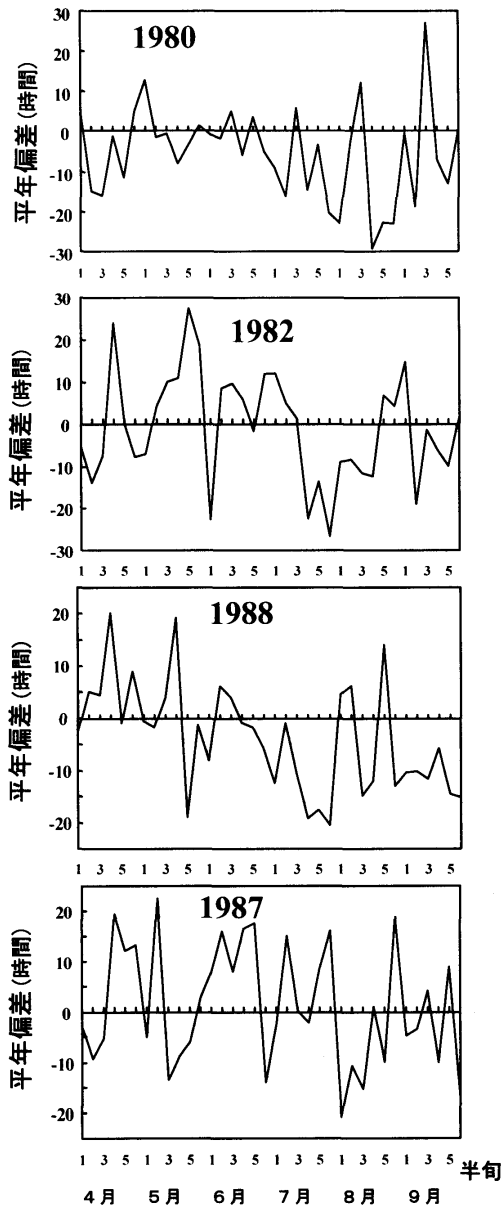


図 15. みつ症発生年における日照時間の平年偏差の変化  
 1980年, 1982年, 1988年はみつ症が多発生した. 1987年は発生が少なかった.

みつ症の発生が多かった 1980 年における気温は、平年に比べて 6 月は高温に経過し、7 月から 8 月は低温であった。特に、8 月は平年より 6℃低い半月があった。1982 年は、5 月が平年より 6℃高い半月があり高温であったが、7 月と 8 月が低温に経過した。1988 年は、4 月中旬から 5 月初旬は高温であったが、6 月下旬以降 7 月が低温に経過した。特に、7 月中下旬は低く、平年より 6℃低い半月があった。一方、みつ症の発生が少なかった 1987 年の気温は、生育期間全般

を通じて高温に経過し、平年より 2～3℃低い半月もあったが、長続きしなかった。

みつ症が多発した 1980 年の降水量は、6 月および 9 月が平年より少なく、7 月と 8 月が多かった。1988 年は 6 月以降が平年より多かった。1982 年は平年より降水量が少なかったが、9 月が多かった。みつ症の発生が少ない 1987 年は比較的降水量が少なかったが、7 月と 8 月および 9 月は平年より多かった。

日照時間は、みつ症発生が多かった 1980 年, 1982

年および 1988 年のいずれも 7 月と 8 月に少なく、1980 年は特に全期間にわたって少なかった。みつ症発生が少なかった 1987 年は 8 月に少なかったが、全般的には多かった。

みつ症が多発した年における‘豊水’の生育は、1980 年の満開日および収穫始期が暦日でそれぞれ平年より 4 日遅く、3 日早かった。1982 年は、それぞれ 5 日早く、7 日早かった。1988 年は、それぞれ 1 日早

く、3 日早かった。満開日から収穫始期までの成熟日数は、1980 年が 132 日、1982 年および 1988 年が 137 日で、それぞれ平年の 139 日より 7 日、2 日および 2 日早く、1980 年は暦日でみるより明らかに成熟が早まった。みつ症発生が少なかった 1987 年と比較すると、成熟日数は、1980 年、1982 年および 1988 年はそれぞれ 14 日、9 日および 9 日短かった (表 4)。

表 4. みつ症発生年におけるニホンナシ‘豊水’の生育ステージ

みつ症	年	開花日			収穫日		
		始め	盛り	終わり	始め	盛り	終わり
多発生	1980	4月21日	4月26日	5月2日	9月5日(132 <sup>2)</sup> )	9月16日(143)	9月22日(149)
	1982	4月14日	4月17日	4月22日	9月1日(137)	9月8日(144)	9月16日(152)
	1988	4月19日	4月21日	4月29日	9月5日(137)	9月13日(145)	9月26日(158)
少発生	1987	4月14日	4月17日	4月21日	9月10日(146)	9月16日(152)	9月28日(164)
平年値	1975～1987	4月18日	4月22日	4月27日	9月8日(139)	9月16日(147)	9月25日(156)

<sup>2)</sup> 満開後日数

表 5. ニホンナシ‘豊水’のみつ指数と果実重、比重、地色および硬度との相関関係(1990年)

実験項目	年	単相関係数				重回帰式の決定係数		重回帰式に選択された説明変数
		果実重	比重	地色	硬度	R <sup>2</sup>		
ハウス栽培	9月6日	-0.037	-0.437*	0.440*	-0.199	0.194	地色	
GA処理	8月17日	-0.028	-0.635***	0.268	-0.350	0.545	果実重,比重,地色	
GA処理	8月27日	0.368*	-0.383*	0.117	-0.474**	0.390	果実重,比重,硬度	
露地栽培	9月14日	-0.175	-0.366*	0.522***	-0.395*	0.338	地色,硬度	
ビニル袋掛け		-0.426**	-0.073	0.154	-0.369*	0.274	果実重,硬度	
強摘果		0.015	-0.398*	-0.027	-0.546**	0.382	地色,硬度	
強制排水		-0.309	-0.504**	0.654***	-0.631***	0.619	比重,地色,硬度	

有意性 \*:p < 0.05 \*\*:p < 0.01 \*\*\*:p < 0.001.

本研究の一連の実験に供試した果実について、試験項目ごとにみつ指数と果実品質との単相関関係を求めた結果を表 5 に示した。果実重との相関は全般的に低く、正または負の相関関係が認められる場合があり明らかでなかった。地色値とは正の有意な相関関係が多く認められ、また比重および硬度とは負の有意な高い相関関係が認められた。特に、みつ指数と比重および果肉硬度との相関関係が高かった。

みつ症が多発した 1988 年の果実品質の変化は、地色値でみると順調に増加し、みつ症発生が多くなった満開後 151 日では 4.5 となった。比重の変化は満開後

151 日に 1.004 となって急激に低下し、以後さらに低下した。みつ症の発生が少なかった 1989 年と 1990 年は地色値の増加が緩慢で、満開後 160 日前後で 4.5 程度となった。また、比重の低下も緩慢で、満開後 150 日をこえても 1.02 程度で、1.0 以下には低下しなかった。このようにみつ症が発生した年には比重の低下が著しかった (図 2)。

### 3. 考察

みつ症の発生が多い年は共通して 7 月～8 月の夏季における気温が平年より低く<sup>6)</sup>、このことは実験的に



再現実証されている<sup>29)</sup>。しかし、本節の結果からみつ症が多発生した年には、夏季の低温に遭遇する前に5月～6月の高温に遭っていることが明らかになった。金子ら<sup>43)</sup>、川瀬ら<sup>47)</sup>も同じ結果を報告している。従来夏季の低温がみつ症発生の引き金と考えられてきた<sup>6, 29, 58)</sup>が、前節および第4節で考察しているように、むしろ5月～6月の果実生長初期の高温が果実成熟を促進し、夏季の低温に対する感受性が高くなり、容易に成熟(老化)の引き金が引かれることによって、みつ症の発生が助長されるものと考えられる。

また、夏季が低温でみつ症の発生する年は果肉先熟となつて、満開日から収穫始期までの成熟日数が平年より短くなることが明らかになり、松浦・青木<sup>58)</sup>と同様な結果を得た。さらに、みつ症発生年における比重の低下は急激で、みつ症発生指数と比重および果肉硬度との間に高い有意な相関関係が認められた。金子ら<sup>43)</sup>や川瀬ら<sup>47)</sup>は、果肉硬度と比重および気温から‘豊水’のみつ症およびす入り症状の発生が予測できると報告しており、本節のデータに今後さらに検討を加え、みつ症の発生程度を高い精度で予測できる予測式を作成し、市場出荷等に対応する必要がある。

みつ症発生が予測される年には、果肉先熟となることから平年より地色値で0.5～1.0早めて収穫することが対策としてすすめられている<sup>58)</sup>。しかし、未熟果が収穫される場合もあることから品質の低下が懸念される。そこでセイヨウナシの収穫適期判定法<sup>9, 11)</sup>に用いられているヨード・ヨードカリ液によるデンプン反応を利用して、‘豊水’の収穫適期の判定を行うことが考えられた<sup>9, 7)</sup>。ヨード・ヨードカリ液の染色によりデンプンの消失程度を簡易に知ることのできるこの判定法は、果色と果実内容が一致しない異常年には有効な方法であると考えられる。すなわち、ニホンナシの食味は糖度と酸の甘味比、特に糖度の影響を大きく受けるが、中でも甘味度の高いショ糖は成熟直前に上昇する<sup>11, 6)</sup>ためである。

以上のことから、みつ症が多く発生した年は、5月～6月が高温に経過した後に夏季7月～8月が低温に経過したことが明らかになった。また、みつ症が発生した年は、成熟日数が短くなるため収穫始期が早まり、さらに果実比重の低下が急激であることが明らかになった。

### 第3節 冷水循環による低温処理の影響

前節で‘豊水’のみつ症発生には、夏季7月～8月の低温が大きく影響していることが明らかになったので、本節では7月に果実を冷水循環により低温処理し、みつ症発生の再現を試みた。

#### 1. 材料および方法

‘豊水’の高接ぎ11年生樹を供試し、樹体をパイプハウスで囲み、1989年2月20日に厚さ0.1mmのビニルで被覆し、夜温を5～7℃に設定して加温した。冷水循環による低温処理の方法を参考図に示した。つまり、缶詰用空き缶の内側に円筒容器(塩ビ管)を針金で固定し、その中に果実を入れて空き缶を枝に固定した。空き缶の側面の上下に穴をあけビニルホースを通して地下水を下部の穴より注水し続け、温まった水を上部の穴より排出した。塩ビ管の底はビニルでふさぎ内部に水が浸入しないようにした。さらに、果実および塩ビ管の中に日光が当たって温度が上がらないように、また雨水が入らないようにアルミホイルで覆った。6月29日に処理を開始し、8月2日に終了した。20果について処理し、塩ビ管内の果実周囲の気温と棚面の外気温を測定した。満開後154日に収穫して定法にしたがって果実品質とみつ症発生程度を調査した。

#### 2. 結果

冷水循環処理期間中における半旬別の最高および最低気温の推移を図16に示した。また、処理期間中の平均の最高および最低気温を表6に示したように、冷水循環によって最高気温が平均で5.7℃、最低気温では1.3℃低下した。

表7に示したように、低温処理によって比重および地色に1%水準で有意な差が認められ、比重が低下して地色値が増加し、成熟が促進された。また、処理区では、みつ指数2および3の重症果は発生しなかったが、一部の果実にみつ指数1の肉質に軽い水浸状の症状を示すみつ症の発生がみられた。一方、無処理区ではみつ症の発生が全く認められなかった。

表 6. 冷水循環が果実周囲の気温に及ぼす影響

処理	反復	最高気温℃	最低気温℃
冷水循環	1	22.5	19.2
	2	22.6	19.2
	3	22.6	19.0
	4	22.9	19.2
	平均	22.7	19.2
無処理	1	28.9	20.6
	2	27.9	20.4
	平均	28.4	20.5

- 1) 6月29日より8月2日まで地下水を果実にふれないようにして循環させた。
- 2) 各値は処理期間中の平均値。

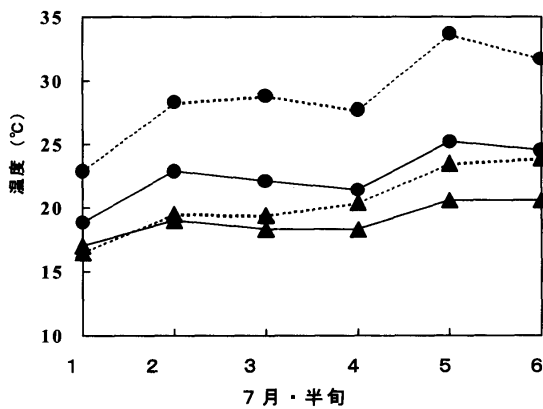
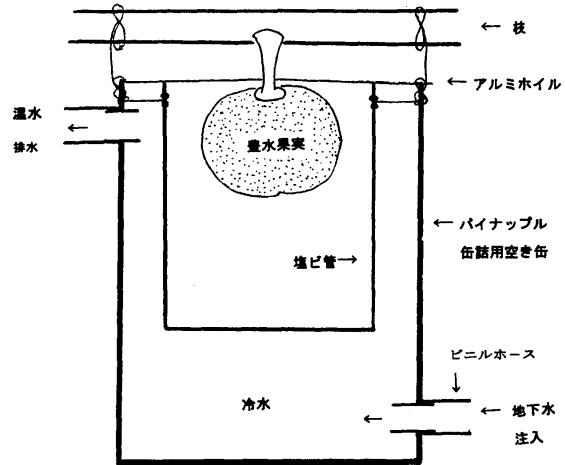


図 16. 冷水循環による低温処理と温度変化  
6月29日より8月2日まで地下水を果実にふれないよう循環させ、低温処理した。冷水循環処理（実線），無処理（点線），最高気温（●）および最低気温（▲）。



参考図  
冷水循環による低温処理方法

表 7. 冷水循環による低温処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

処理	みつ 果実数				果実重 (g)	比重	地色	硬度 (lbs)	糖度 (%)	酸度 pH	みつ 指数
	指数	地色値	3	4							
冷水循環	0	5	1	6	75						
	1	1	1	2	25						
	2	0	0	0	0						
	3	0	0	0	0						
	計	6	2	8							
	%	75	25		358 ± 36	0.995 ± 0.02	3.5 ± 0.4	3.69 ± 0.26	9.8	4.45	0.25 ± 0.46
無処理	0	7	3	10	100						
	1	0	0	0	0						
	2	0	0	0	0						
	3	0	0	0	0						
	計	7	3	10							
	%	70	30		385 ± 39	1.017 ± 0.01	3.1 ± 0.2	3.45 ± 0.44	10.2	4.52	0 ± 0
t-検定 <sup>z</sup>					n.s.	**	**	n.s.	-	-	n.s.

- 1) <sup>z</sup> 有意性 n.s.:有意差なし \*\*p < 0.01. 2) 各値は 平均値 ± 標準偏差.
- 3) 6月29日より8月2日まで地下水を果実にふれないようにして循環させた.
- 4) 満開後154日に調査した.

### 3. 考察

猪俣ら<sup>29)</sup>は、鉢植えの‘豊水’を供試し、人工気象室で低温に遭遇させることによってみつ症の発生を再現実証した。本実験結果でも低温処理区では、比重が低下し、地色値が増加したことから、成熟が促進されて、一部の果実ではみつ症が発生した。しかし、みつ指数に有意な差はみられなかった。処理と無処理区間で大きな差がみられなかった原因としては、猪俣ら<sup>29)</sup>は昼温 21～23℃、夜温 13～15℃の処理を行ったのに対して、本実験では平均で最高気温が 22.7℃、最低気温が 19.2℃と処理した低温の程度が高かったためと考えられる。また、第 2 章・第 5 節で考察するように、空き缶やアルミホイルによる果実の遮光がみつ症発生を抑制する方向に作用したことも一要因と考えられる。

夏季の低温とみつ症発生との関連については、7 月に低温処理した果実の果肉組織からはカリウムイオンの溶出が多くなり、細胞膜透過性が増大したことから、果肉組織の成熟が促進されたために<sup>30)</sup>みつ症が発生したと考えられている。

以上のように、7 月に果実を直接冷水循環により低温処理し、みつ症の発生を再現しようとしたが、比重が低下し、地色値が増加して成熟が促進され、軽い水浸状を呈した果実が一部発生したものの、みつ症の発生は十分には再現できなかった。

## 第 4 節 袋掛け等による高温処理の影響

近年ニホンナシのビニル被覆栽培試験を行っている中で、‘豊水’をビニル被覆栽培すると、みつ症の発生が多くなることが認められた。特に、果実肥大と成熟の促進を目的に、ビニル被覆とジベレリンペーストの果梗塗布処理を併せて行くと、みつ症が激しく発生することが明らかになった<sup>33), 39)</sup>。

そこで本節では、樹体および果実のビニル被覆または袋掛けによる高温処理がみつ症発生に及ぼす影響を検討した。

#### 1. 材料および方法

##### 実験 1. 樹体のビニル被覆栽培による果実生長初期の高温処理の影響

旧茨城県園芸試験場（現在茨城県農業総合センター園芸研究所）に植栽された 1989 年に高接 11 年生の

‘豊水’ 4 樹を供試した。1989 年から 1991 年の 3 年間、樹体を間口 1.8m、棟高 3.6m のパイプハウスで囲み、2 月下旬から 3 月上旬に厚さ 0.1mm のビニルで被覆した。ビニル被覆後直ちに最低夜温を 5～7℃に設定し、灯油暖房で加温した。なお、被覆内の最高気温が棚面で 30℃以上にならないように換気した。6 月下旬～7 月上旬の満開後 90 日頃にビニル被覆を除去した。

##### 実験 2. 樹体のビニル被覆時期の影響

1990 年に高接 12 年生の‘豊水’を 1 樹供試し、同一樹の樹冠を 4 つに分けた。すなわち、① 3 月 5 日から 7 月 2 日までビニルで被覆し、最低夜温を 5～7℃に設定して加温した区、② 満開日の 4 月 6 日から 30 日間のみビニルで被覆し、無加温とした区、③ 満開後 30 日から 30 日間のみビニルで被覆し、無加温とした区、および④ 無処理区の 4 処理区を設けた。なお、被覆内の最高気温が棚面で 30℃以上にならないように換気した。

##### 実験 3. ビニル袋による果実被覆の影響

1990 年に高接 12 年生の‘豊水’を 2 樹供試した。5 月 9 日の満開後 33 日から収穫期まで直接果実だけをビニル袋（0.03mm × 180mm × 270mm; 両角を 1cm 程度切断して小孔をあけた）で被覆した。同一樹内に無処理区を設置した。各処理区の果実 3 果ずつにサーミスターを果芯部に射し込み、果実温度を測定した。

##### 実験 4. 果実へのビニル袋掛け時期の影響

1991 年に 19 年生の‘豊水’を 1 樹供試し、5 月 18 日（満開後 30 日）、6 月 17 日（同 60 日）、7 月 17 日（同 90 日）から収穫日までビニル袋（0.03mm × 180mm × 270mm）をそれぞれ果実 50 果に被覆した。同一樹内に無処理区を設け、処理は主枝単位に行った。

##### 実験 5. 紙製果実袋による袋掛けの影響

1989 年に 17 年生および 28 年生の‘豊水’を供試し、ナシ果実二重袋（トリカ止金入り撥水改良合せ袋、内袋：薄口ロール紙、外袋：パラフィン紙、175mm × 150mm）を満開後 2 週間より 2 週間間隔で袋掛けした。垂主枝の片側半分または側枝単位に 1 処理区当たり 20～30 果に処理した。

##### 実験 6. ポリエチレン袋による果実被覆がエチレンと二酸化炭素の発生に及ぼす影響

1999 年に茨城県農業総合センター園芸研究所（茨城県西茨城郡岩間町）に植栽された 12 年生の‘豊水’を 1 樹供試した。満開後 33 日の 5 月 25 日にポリ

エチレン袋(0.03mm × 180mm × 270mm)を果実にかけた。処理した果実と同じか近くの側枝上に無処理区を設けた。ポリエチレン袋は果実を収穫するまで掛けた。

満開後 151 日の 9 月 20 日に果実を収穫し、エチレンおよび二酸化炭素の発生量を測定した後に、定法によって果実品質およびみつ症とす入り発生程度を調査した。エチレンおよび二酸化炭素の発生量の測定は、次のとおり行った。果実収穫直後に 1 処理区当り内容量 6L のプラスチックボックスに果実 5 果をいれて密封し、25℃室温に静置した。1 時間後および 24 時間後の容器内の空気をシリンジで 1mL 採取し、ガスクロマトグラフィー(島津製作所; GC-15A)でエチレンおよび二酸化炭素濃度を測定し、容器内の果実体積分を除外した残存空気容量からエチレンおよび二酸化炭素発生量を算出した。果実新鮮重 1kg 当りおよび 1 時間当りの発生量で表した。

す入りの発生は、果実を梗あ部、赤道部、蒂あ部の 3 ヶ所で横断し、各切断面のす入り発生程度を次のように指数化して調査した。

す入り指数 0 : 無、健全なもの。

す入り指数 1 : 少、症状がわずかに切断面の 1/10 以下で、果皮直下に点在してみられる。

す入り指数 2 : 中、症状が明らかにみられ切断面の 1/3 以下で、果肉に拡大している。

す入り指数 3 : 多、症状がかなり拡大し、切断面の 1/2 以下みられる。

す入り指数 4 : 甚、症状が激しく、切断面の 1/2 以上で全面に拡大している。

平均す入り指数は

$\Sigma$  (各す入り指数 × 発生果数) ÷ 調査総果数 から算出した。

果実品質およびみつ症発生の調査は、実験 1 から実験 5 まで同様の方法で行った。すなわち、収穫初期の満開後 145 日頃、収穫最盛期の満開後 155 日頃および収穫終期の満開後 165 日頃の 3 回に分け、実験ごとに 1 ~ 3 回無作為に 1 処理区当り 30 ~ 40 果ずつ採取し、定法にしたがって調査した。

## 2. 結果

### 実験 1. 樹体のビニル被覆栽培による果実生長初期の高温の影響

1990 年は暖冬で経過し、露地栽培における‘豊水’の満開日は 4 月 6 日で平年より 16 日早かった。また、4 月から 9 月まで平年より高温に経過した。

ビニル被覆と最低夜温が 5 ~ 7℃での加温によって、露地より 11 日から 20 日開花が促進され、3 月下旬から 4 月上旬に満開となった。ビニル被覆期間中の温度経過をみると(図 17)、4 月の開花以後の最低気温はハウス内外とも大きな差はみられなかったが、最高気温はハウス内の方が著しく高かった。特に、満開後 30 ~ 40 日間で内外の差が大きくなり、ハウス内では最高気温が 30℃を超えた時期もあった。また、ハウス内では昼夜の温度較差が露地より大きかった。

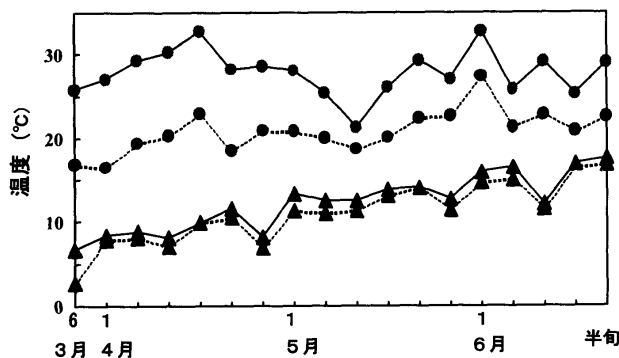


図 17. ハウス内と露地の気温の推移

ハウスは 1998 年に厚さ 0.1mm のビニルを 2 月 20 日より 6 月 26 日まで被覆した。棚面、地上 1.8m の位置で気温を自記温度計により測定した。ハウス内(実線)、露地(点線)、最高気温(●)および最低気温(▲)。

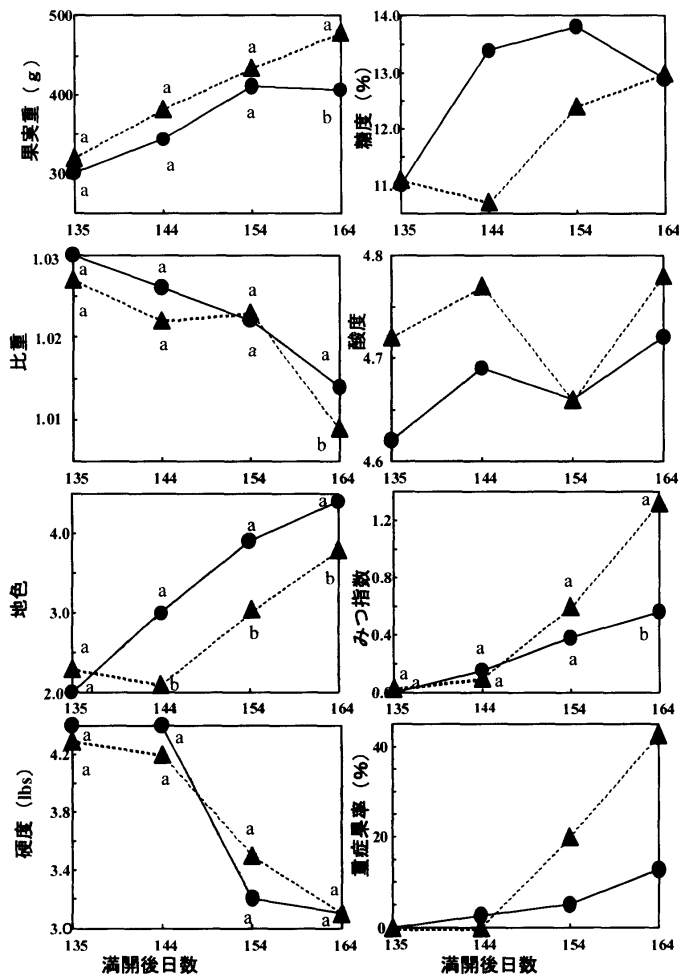


図 18. ビニル被覆がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 1990年に厚さ0.1mmのビニルを3月5日より7月2日まで樹冠全体に被覆した。露地(●), ビニル被覆(▲)。同じ項目および同じ調査日で異なった英文字間では5%水準で有意な差が認められる。

ビニル被覆と露地栽培との間に果実重, 比重, 地色およびみつ指数で有意な差が認められた。つまり, ビニル被覆栽培区の果実は露地栽培区より大きく, 比重はやや低かった。また, 地色値は露地栽培区がやや大きく, 硬度には差がみられなかった(図 18)。みつ症重症果の発生率は, 露地栽培区では満開後 154 日で 5%, 161 日で 12.8%であった。それに対して, ビニル被覆栽培区では満開後 154 日で 20%, 164 日で 42.9%を示し, 露地栽培区の約 4 倍ものみつ症重症果の発生が認められた(図 18)。

この傾向は調査を行った 3 年間とも同様に認められ, ビニル被覆によって, 特に満開後 150 日を過ぎると, みつ症の発生が多くなった。

#### 実験 2. 樹体のビニル被覆時期の影響

1990年に満開後 30 日間および開花前より満開後 90 日まで長期間ビニル被覆した区の果実は, 無処理区より有意に果実重が大きく, 比重が低かった(図 19)。みつ症発生にも無処理区に対して有意な差が認められた。長期間ビニルを被覆し, 満開後 90 日頃にビニルを除去した区のみつ症発生は, 満開後 159 日での重症果率が 23.7%となって最も多く, それに対して, 満開後 30 日間被覆では 10%, 満開後 30 日から 30 日間被覆では 5%の重症果が発生した。しかし, 無処理では全く重症果の発生が認められなかった(満開後 155 日調査)(図 19)。

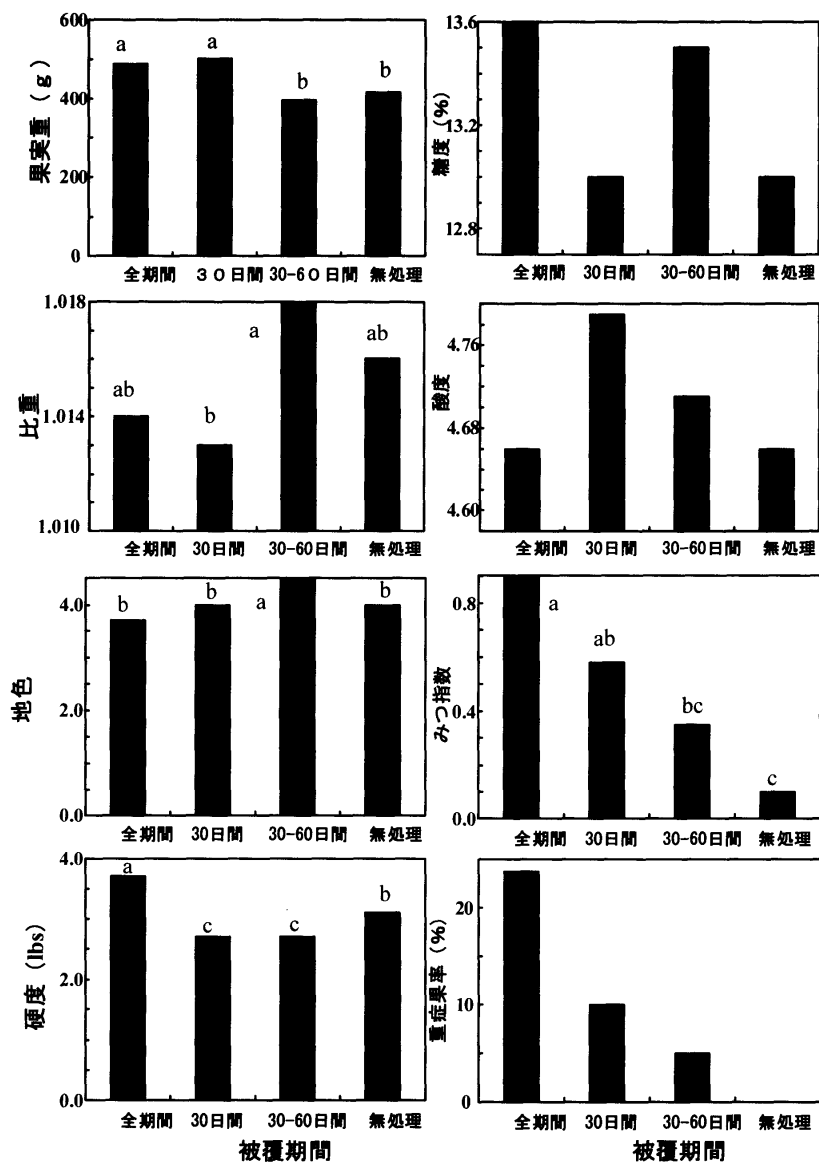


図 19. ビニル被覆時期と被覆期間がニホンナシ「豊水」の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 1990年に厚さ0.1mmのビニルを3月5日から7月2日(全期間区), 満開日から30日間(30日間区), 満開後30日から60日まで(30-60日間区)それぞれ被覆した。満開後155日に調査した。同じ項目で異なった英文字間では補正 Tukey の多重比較により5%水準で有意な差が認められる。

### 実験3. ビニル袋による果実被覆の影響

直接果実にビニル袋を掛けた被覆期間内の平均果実温度は、最低温度では無処理区に対しほとんど差がなかったが、最高温度では3℃程度高かった(表8, 図20, 図21)。また、果実にビニル袋を被覆することによって無処理区との間に果実重, 比重, 硬度およびみつ指数で有意な差が認められ, 果実が大きくなり, 比

重, 硬度および糖度が低下した。さらに, みつ症は著しく多く発生し, 重症果率が32.5%であった。それに対して無処理区では, 重症果率が5%であった(満開後155日調査)(図22)。

表 8. ニホンナシ‘豊水’の果実へのビニル袋掛けが果実温度に及ぼす影響

処理	反復	処理期間中の平均温度(°C)	
		最高果実温度	最低果実温度
ビニル袋掛け	1	30.0	16.4
	2	30.2	16.4
無処理	1	27.2	16.6
	2	27.5	16.5

1990年5月9日より7月14日まで厚さ0.03mm、横幅180mm、縦270mmのビニル袋を果実に掛けた。

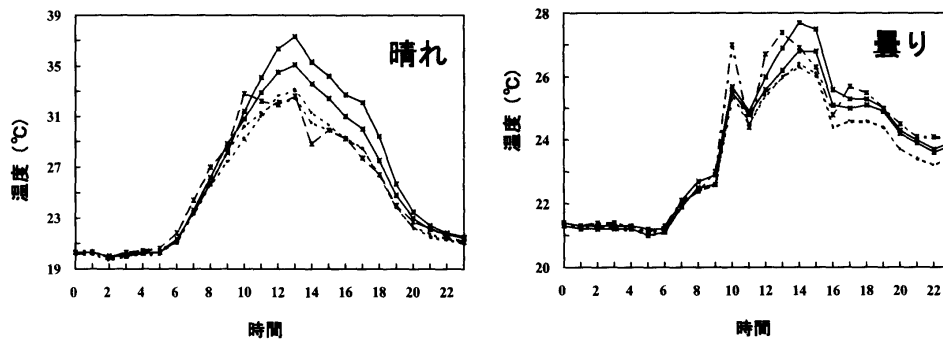


図 20. ニホンナシ‘豊水’の果実へのビニル被覆が果実温度の日変化に及ぼす影響  
ビニル被覆(■)と無処理(●)果実温度および外気温(×)。

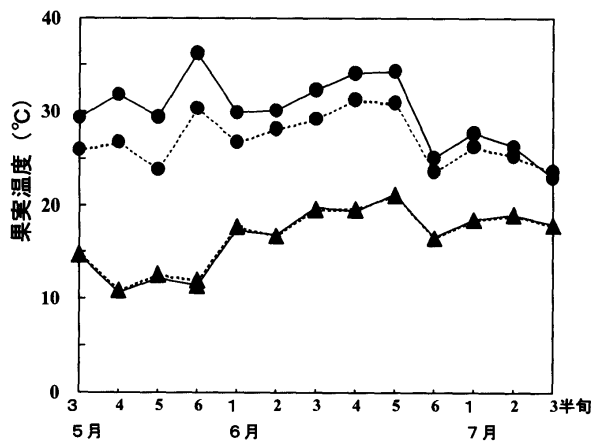


図 21. ニホンナシ‘豊水’の果実へのビニル袋掛けによる果実温度の変化  
厚さ0.03mm、横幅180mm、縦270mmのビニル袋を5月9日、満開後33日より収穫日まで果実に掛けた。ビニル袋掛け(実線), 無処理(点線), 最高果実温度(●)および最低果実温度(▲)。

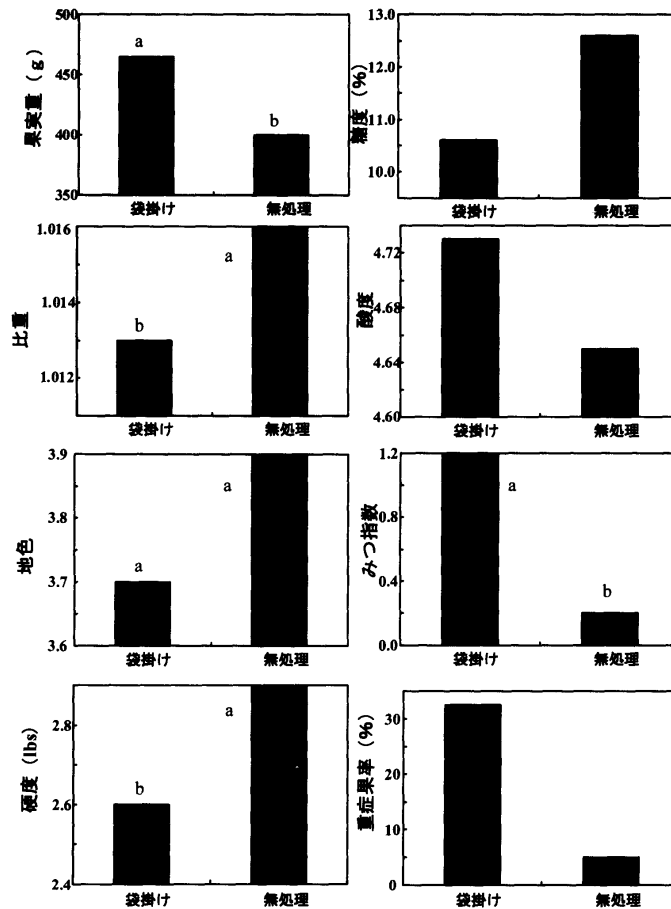


図 22. ニホンナシ「豊水」の果実へのビニル袋被覆が果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 1990年に厚さ0.03mm、横幅180mm、縦270mmのビニル袋を5月9日、満開後33日より収穫日まで果実に掛けた。満開後155日に調査した。同じ項目で異なった英文字間では5%水準で有意な差が認められる。

#### 実験4. 果実へのビニル袋掛け時期の影響

1991年には、果実重がビニル袋掛け処理で増加する傾向がみられたが、有意な差ではなかった。比重、硬度およびみつ指数には有意な差が認められ、果実へのビニル袋掛けにより比重、地色値、硬度および糖度はいずれも低下し、pH値はやや高くなった。さらに、みつ症は平均みつ指数および重症果発生率が満開後90日処理でそれぞれ1.07および36.4%となり、無処理区に対して有意に多く発生した。次いで満開後30日でそれぞれ0.53および14.3%、満開後60日でそれぞれ0.50および20.5%となり、各処理区とも無処理区の0.07および3.3%に比較して大きな値を示した(満開後159日調査)(図23)。なお、図24にビニル袋掛けによって発生したみつ症状を示した。

#### 実験5. 紙製果実袋による袋掛けの影響

紙製の果実袋による袋掛け処理によって果実重が低下し、比重および硬度が高くなった。また、満開6週間後および12週間後処理でみつ症の発生がみられた。特に満開12週間後処理では、無処理区に比べ有意にみつ指数が大きかった(表9)。

#### 実験6. ポリエチレン袋による果実被覆がエチレンと二酸化炭素の発生に及ぼす影響

これまでの実験結果と同様に、ポリエチレン袋による果実被覆によって比重、硬度および糖度がいずれも低下する傾向を示し、またみつ症およびす入りが発生する傾向を示した(表10、表11)。特にみつ指数には、無処理区との間に有意な差が認められた。

エチレン発生量は、被袋果実では $0.34 \mu\text{L}/\text{kgF.W./hr}$ であったのに対して、無処理の果実では $0.06 \mu\text{L}/\text{kgF.W./hr}$ であり6倍の差がみられた。二酸化炭素発生量は、被袋果実



で 7.6mL/kgF.W./hr, 無袋果実で 6.2mL/kgF.W./hr であり, 処理間の差は少なかった (図 25) .

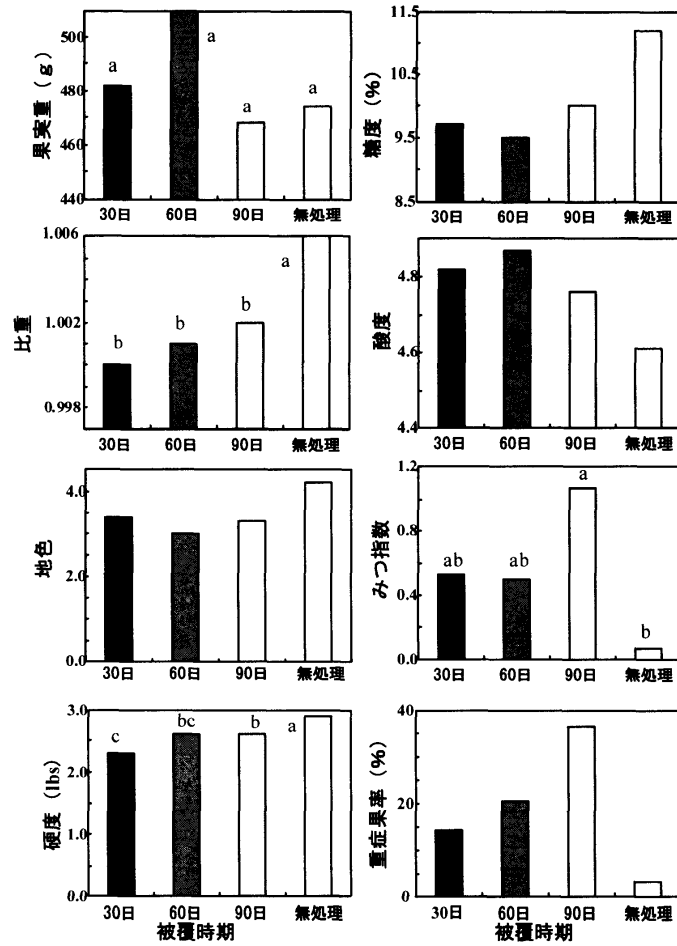


図 23. ニホンナシ '豊水' の果実へのビニル袋被覆時期が果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 厚さ 0.03mm, 横幅 180mm, 縦 270mm のビニル袋を果実に満開後 30 日から (30 日区), 60 日から (60 日区), 90 日から (90 日区) それぞれ収穫日まで被覆した。満開後 159 日, 9 月 24 日に調査した。同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5 % 水準で有意な差が認められる。



図 24. 果実へのビニル袋掛けによって生じたニホンナシ '豊水' のみつ症状

表 9. 果実への紙製袋掛け時期がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

処理時期	果実重 (g)	比重	地色	硬度 (lbs)	みつ指数	重症果率 (%)
満開 2 週間後	512abc	1.030abc	3.1a	3.9ab	0.06b	0.0
4	469bc	1.036a	2.9a	4.1ab	0.00b	0.0
6	531abc	1.031ab	3.1a	4.4a	0.24ab	11.8
8	516abc	1.030abc	2.9a	4.1ab	0.00b	0.0
10	580ab	1.024bc	3.0a	3.8b	0.00b	0.0
12	495abc	1.027abc	2.8a	4.1ab	0.36a	14.2
14	527abc	1.033ab	3.1a	3.9ab	0.00b	0.0
16	444c	1.034a	3.0a	4.3a	0.00b	0.0
無処理	597a	1.022c	2.9a	3.7b	0.05b	0.0
18	427a	1.026a	2.9a	3.2a	0.25a	10.0
無処理	481a	1.028a	2.9a	3.2a	0.40a	10.0

- 1) ナシ果実二重袋 (内袋: 薄口ロール紙; 外袋: パラフィン紙製, トリカ止金入り撥水改良合せ袋, 175mm × 150mm) を処理日より収穫日まで果実に掛けた.
- 2) 同じ欄で異なった英文字間では補正 Tukey の多重比較により 5% 水準で有意な差が認められる.

表 10. ポリエチレン袋掛けがニホンナシ‘豊水’の果実品質に及ぼす影響

処理	果実重 (g)	比重	地色	硬度 (lbs)	糖度 (%)	pH
袋掛け	499	1.004	4.5	2.7	11.6	4.86
無処理	510	1.008	4.7	3.1	13.4	4.76
t-検定 <sup>z</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-

- 1) 満開後 33 日の 5 月 25 日にポリエチレン袋 (0.03mm × 180mm × 270mm) を果実にかけた. ポリエチレン袋は果実を収穫するまで被覆した.
- 2) 満開後 151 日の 9 月 20 日に収穫し調査した.
- 3) <sup>z</sup>有意性 n.s.: 有意差なし.

表 11. ポリエチレン袋掛けがニホンナシ‘豊水’のみつ症とす入り発生に及ぼす影響

処理	みつ指数	みつ症果発生率 (%)	重症果率 (%)	す入り指数 <sup>z</sup>	す入り果発生率 (%)
袋掛け	2.4	100	80	0.8	60
無処理	0.2	20	0	0.2	20
t-検定 <sup>y</sup>	*	-	-	n.s.	-

- 1) 満開後 33 日の 5 月 25 日にポリエチレン袋 (0.03mm × 180mm × 270mm) を果実にかけた. ポリエチレン袋は果実を収穫するまで被覆した.
- 2) 満開後 151 日の 9 月 20 日に収穫し調査した. 3) <sup>z</sup> す入り指数 0: 無, 1: 少, 2: 中, 3: 多, 4: 甚.
- 4) <sup>y</sup> 有意性 \* : p < 0.05 n.s.: 有意差なし.

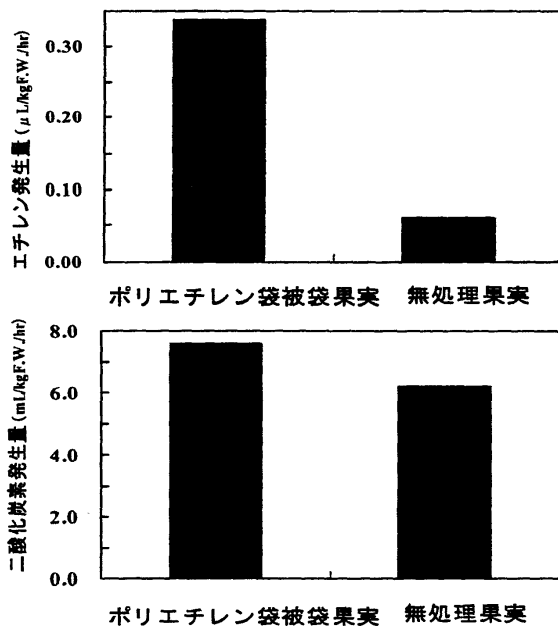


図 25. ニホンナシ‘豊水’の果実へのポリエチレン袋被覆がエチレンと二酸化炭素発生に及ぼす影響  
厚さ 0.03mm, 横幅 180mm, 縦 270mm のポリエチレン袋を 5 月 25 日, 満開後 33 日より収穫日まで被覆した。満開後 151 日の 9 月 20 日に調査した。

### 3. 考察

‘豊水’の樹体や果実を満開後 30 日頃までの果実生長初期にビニルで被覆した結果, 果実肥大が促進され, 比重が低下して, みつ症の発生が多くなった。特に果実のみを被覆した場合に発生が多かった。ビニル被覆栽培で満開日が露地栽培より 11 ~ 20 日促進され, 成熟期が暦日で促進されたことによって, みつ症発生の引き金となる夏期の低温<sup>29)</sup>に遭う機会が多くなったためと考えられる。しかし, 単に発育ステージが促進されたばかりでなく, 高温そのものがみつ症発生に関与しているものとも考えられる。

リンゴでは, みつ症発生の環境要因のひとつとして温度があげられている<sup>57, 76, 100)</sup>。すなわち, 暑い天候や干ばつ, 直射日光などによる温度の上昇とみつ症の発生に密接な関係があると報告されている。しかし, 温度が果実および果肉細胞にどのように作用し, みつ症発生を助長するのかは明らかにされていない。

果実の成熟は, 第 1 節で明らかにしたように満開日からの成熟日数や有効積算温度が品種特性として概ね一定であり, 予測が可能である。また, 着色 (表面色および地色) や比重と硬度から判定できる。第 1 章・

第 2 節で考察したように, ビニル被覆栽培区の果実は露地栽培区より地色の進み方は遅いが, 比重が低下し, 硬度がやや低いことから, 果肉先熟となり, 高温によって成熟が促進されたと考えられる。

第 2 章・第 1 節では, ‘豊水’の 14 年間のデータから収穫始期と気象要因の関係を解析し, 果実生長初期の高温は成熟を促進することを明らかにした。特に満開後 60 日間の積算最低気温の影響が大きかった。また, ニホンナシ‘二十世紀’および‘幸水’でも, 果実の初期生長におよぼす温度環境の影響が明らかにされている<sup>16, 17, 18, 95)</sup>。すなわち, 昼や夜の温度が 25 °C までの範囲では温度が高いほど, 果肉細胞の分裂期間が僅かながら短くなり, 細胞数が増加し, 細胞が大きくなって, 果実肥大および熟期が促進され, 内生植物ホルモンのサイトカイニンやジベレリン (GA<sub>4+7+9</sub>) の活性が高くなった。同様に, リンゴでも高温が果実の成熟を促進することが明らかにされている<sup>76)</sup>。

リンゴの果実をプラスチック袋で被覆した場合, 白い布で被覆した場合に比べてみつ症が多く発生することが報告されており, これはプラスチック袋被覆によ

## 第5節 遮光処理の影響

って、袋内の気温と湿度が高まり、光や空気の組成が変化したためと考えられている<sup>9)</sup>。これと同様に、果実に対し直接ビニル袋を被覆した本実験の結果でも、みつ症の発生が著しく多くなった。しかし、紙袋を掛けた果実ではビニル袋を掛けた果実ほど比重や硬度の低下がみられず、みつ症発生も少なかった。このことから、果実温度の上昇がみつ症発生に大きく影響していると考えられるが、温度ばかりでなく、蒸散作用の抑制や呼吸およびガス交換との関係を検討する必要がある。特に、ビニル袋内に水滴が多量にたまり多湿条件下にあったことが観察されたことから、みつ症発生が増加した要因として高温ばかりでなく多湿による蒸散抑制の影響も考えられる。

ポリエチレン袋による果実被覆処理によって果実からのエチレン発生が増加した。リンゴでは高温多湿下で蒸散が抑制された果実ではエチレン生成が促進され、早期落果を引き起こしたとの報告がある<sup>5,11)</sup>。したがって、ポリエチレン袋により果実が高温多湿となり蒸散が抑制されて、エチレンの発生が増加し、みつ症発生を引き起こしたとも考えられる。しかし、二酸化炭素発生量には大きな差がみられなかったことから、呼吸の差は少なかったと考えられる。なお、本実験の結果は成熟した果実での測定であるので、ポリエチレン袋による果実の被覆がエチレン発生や呼吸に及ぼす影響をより詳細に検討するためには、果実生育中におけるエチレンや二酸化炭素の測定が必要である。

以上のことから、果実生長初期の高温は果実肥大や成熟を促進することによって細胞の老化を進めるため、温度感受性の強い発育ステージと6月～7月の梅雨期の低温が一致し、みつ症の発生を助長すると考えられる。また、高温多湿下では、蒸散が抑制されてエチレンの発生が増加した結果、みつ症の発生が助長されたと考えられる。この点については、第3章でさらに検討する。

高温がみつ症発生に影響を及ぼす時期を明らかにするために、果実発育ステージを変えてビニル袋で果実を被覆したところ、すべての処理区で無処理区よりみつ症が多く発生したが、満開後90日以降、果実生長後期の処理でより多かった。果実生長後期における高温の影響についても、果実生長初期の場合と同様に成熟を促進するためと考えられるが、さらに検討が必要である。

第2章・第2節で明らかにしたように、‘豊水’のみつ症が激しく多量に発生した年には7月の日照時間が平年より少ない傾向がみられた。埼玉県園試<sup>8,11)</sup>も、満開後101～110日の低温および日照時間とみつ症発生に高い相関関係があることを認めている。しかし、原田ら<sup>14)</sup>は遮光処理ではみつ症発生が再現できなかったことを報告している。そこで本節では、みつ症発生に及ぼす日照の影響を明らかにするために遮光処理を行い、みつ症発生との関連を検討した。

### 1. 材料および方法

旧茨城県園芸試験場(茨城県稲敷郡阿見町)に植栽された、1989年に樹齢17年生の‘豊水’4樹を供試した。試験は1989年および1990年の2年間実施した。遮光処理は、1989年には6月30日より8月3日までの34日間、#660(82%遮光)の黒寒冷紗を1樹では樹冠全体に、他の1樹では樹冠の半分に被覆して行った。1990年は前年供試した同一樹に対し、7月2日から収穫後の9月18日までの78日間、同じ寒冷紗を樹冠全体に被覆して遮光処理を行った。なお、各年次とも寒冷紗で被覆しない無処理区を2樹設けた。

調査は1989年には満開後144日と158日、1990年には満開後150日と160日に行った。1回につき1樹当たり30果ずつ任意に採取し、定法にしたがって果実重、比重、地色(果樹試カラーチャート)、硬度(マグネステラー型果実硬度計)、糖度(Brix)、酸度(pH)およびみつ指数を測定した。

### 2. 結果

#### 1) 1989年の調査結果

遮光処理と無処理区の間には果実重と地色値で有意な差が認められ、遮光処理によって果実肥大が抑制された。また、地色値の進みが遅れ、比重が高く、硬度と糖度が低かった(表12-1)。これらのことより遮光処理によって果実の成熟が抑制された。

また、みつ症の発生は遮光処理によって抑制された。すなわち、樹冠全体を遮光処理した場合、満開後144日には無処理区とみつ症重症果発生率に差はなかったが、満開後158日にはみつ指数に有意な差が認められ、無処理区では重症果が6.7%発生したのに対して、処理区では全く重症果の発生がみられなかった(表

12-1). 樹冠の半分を遮光処理した場合にはみつ指数に有意な差は認められなかったが、みつ症の発生が抑制される傾向がみられ、重症果発生率は満開後 144 日には無処理区および処理区でそれぞれ 20 %および 13.3 %であり、満開後 158 日には無処理区では 10 %であったのに対して、処理区では全く発生しなかった(表 12-2).

## 2) 1990年の調査結果

遮光処理によって果実重、地色および硬度に有意な

差が認められたが、みつ指数に有意な差はみられなかった。前年の結果と同様に果実肥大が抑制され、処理 2 年目では 250g 程度果実重が劣った。地色値や比重、硬度および糖度に及ぼす影響も前年と同様で、遮光処理区では果実の成熟が著しく抑制された。みつ症については、満開後 150 日では無処理区で重症果が 10 %発生したが、処理区では発生しなかった。また満開後 160 日では、重症果が処理区でも 3.3 %発生したが、無処理区では 6.7 %発生し、無処理区の発生率がより大きかった(表 12-3).

表 12-1. 遮光処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1989年)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
遮光 <sup>1)</sup>	144	389d	1.034b	2.9d	4.3a	12.0	4.72	0.1ab	0
	158	449ce	1.021c	3.7b	2.9b	12.2	4.73	0 b	0
無処理	144	476be	1.044a	3.2c	3.8ce	12.4	4.67	0 b	0
	158	555a	1.012d	4.2a	2.8de	12.7	4.66	0.3a	6.7
分散分析 <sup>2)</sup> 処理区間 *			n.s.	*	n.s.	—	—	n.s.	—

1)<sup>1)</sup> 6月30日より8月3日までの34日間、#660(82%遮光)の黒寒冷紗を樹冠全体に被覆した。

2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。

3) 同じ欄で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5%水準で有意な差が認められる。

表 12-2. 遮光処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1989年)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
遮光 <sup>1)</sup>	144	401b	1.051a	3.2c	3.9a	11.6	4.60	0.40a	13.3
	158	453ab	1.014c	4.0b	3.3ab	12.0	4.61	0.10a	0
無処理	144	452ab	1.033b	3.7bc	3.5ab	12.6	4.55	0.67a	20
	158	498a	1.003c	4.6a	2.6c	13.0	4.63	0.35a	10
分散分析 <sup>2)</sup> 処理区間 *			*	*	*	—	—	n.s.	—

1)<sup>1)</sup> 6月30日より8月3日までの34日間、#660(82%遮光)の黒寒冷紗を樹冠の半分に被覆し、残りの樹冠の半分を対照(無処理)とした。

2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。

3) 同じ欄で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5%水準で有意な差が認められる。

表 12-3. 遮光処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1990)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
遮光 <sup>1)</sup>	150	194c	1.018ab	2.0c	5.2a	8.9	4.66	0.10a	0
	160	238d	1.016bc	3.3b	4.2b	10.4	4.69	0.47a	3.3
無処理	150	430b	1.023a	3.5b	4.0b	12.6	4.55	0.30a	10
	160	483a	1.013c	4.4a	3.5c	13.4	4.64	0.50a	6.7
分散分析 <sup>2)</sup> 処理区間 *			n.s.	*	*	—	—	n.s.	—

1)<sup>1)</sup> 7月2日から収穫後の9月18日までの78日間、#660(82%遮光)の寒冷紗を樹冠全体に被覆した。

2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。

3) 同じ欄で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5%水準で有意な差が認められる。

### 3. 考察

本章の第2節で明らかにしたように、みつ症が多発した年は共通して梅雨明けが遅れ、7月の夏季が低温で寡日照であった。また、日照不足がみつ症発生の一要因であるとする報告はいくつかある<sup>6)・8)・11)</sup>。これまでに日照とみつ症発生の関連は、リンゴで強い日射が果実温度を高めて果実成熟を促進し、みつ症の発生を助長することが報告されている<sup>5)・7)</sup>。また、本論文の第2章・第4節で明らかにしたように、高温は‘豊水’のみつ症の発生を助長した。このように、日照がみつ症発生に及ぼす影響は気温との関係が付随して影響するため、これまで必ずしも明確ではなかった。遮光処理を行い、日照単独の影響について検討した研究はごくわずかである<sup>14)</sup>。

## 第3章 蒸散抑制がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

前章では、ビニル袋の果実被覆がみつ症の発生を著しく助長したこと、その原因として果実温度の上昇が大きく影響していることを明らかにした。しかし、ビニル袋による果実被覆が果実に及ぼす影響は、温度ばかりではないので、蒸散作用の抑制や呼吸およびガス交換等との関係を検討する必要がある。特に、ビニル袋内に水滴が多量にたまり多湿条件下にあったことが観察されたことから、みつ症の発生が増加した要因として、高温ばかりでなく多湿による蒸散抑制の影響が考えられる。植物における蒸散作用は、葉温を下げて葉の過熱を防ぎ、また蒸散に伴う体内の水分の流れは無機養分の移動にとって重要な働きをなす<sup>3)・31)</sup>。しかし、蒸散抑制とみつ症発生の関係に焦点を当てた実験例はなかった。そこで、本章ではビニル袋による果実被覆やワックスおよびアブシジン酸(ABA)の果実散布処理、すなわち果実の蒸散抑制とみつ症発生の関連を明らかにした。

### 第1節 ビニル袋の果実被覆の影響

第2章・第4節では、‘豊水’の樹体および果実をビニルによって被覆して高温を維持すると、果実肥大と成熟が促進されてみつ症発生が助長されることを明らかにした。しかし、ビニル被覆下における果実をとりまく環境は温度ばかりではなく、光や湿度、風および炭酸ガスなどもあり、これらが蒸散や呼吸などに影

原田ら<sup>14)</sup>は、‘豊水’で寒冷紗による20%遮光処理を実施したがみつ症発生は再現できなかつたと報告している。本実験では遮光率82%のかなり厳しい処理を行ったが、みつ症は発生しなかつた。樹冠の半分を遮光し、同一樹内の無処理区と比較しても、みつ症の発生は少なかつた。

以上のように、従来の結果、あるいは事前の予想とは異なるものの、遮光はむしろみつ症の発生を抑制する傾向が認められた。さらに、降雨時には日照低下が大きいことから、降雨とみつ症発生の関係を検討する必要がある。降雨の影響としては蒸散抑制や土壌水分過多、湿害による根の傷みなどが考えられる。これらの要因とみつ症発生の関係については第3章および第5章で検討する。

響することも考えられる。そのうち光については、第2章・第5節で遮光処理によってみつ症発生が再現できなかつたことから、影響はほとんどないと考えられる。そこで本節では、‘豊水’の果実への水を封入したビニル袋被覆処理によって蒸散作用を抑制し、みつ症発生との関係を検討した。

#### 1. 材料および方法

1990年に旧茨城県園芸試験場(茨城県稲敷郡阿見町)に植栽された‘豊水’の18年生樹を供試し、7月4日(満開後89日)に20mLの水を入れたビニル袋(0.03mm×180mm×270mm)で果実を収穫日まで被覆処理した区と無処理区を同一樹内の主枝単位に設けた。なお、8月4日(満開後120日)にビニル袋の一角に1cm程度の孔をあけ、水を排出した。その後、ビニル袋は孔をあけたまま収穫日まで被覆した。処理は30果に行った。また、1991年には5月18日(満開後30日)、6月17日(同60日)、7月17日(同90日)から収穫日まで、ビニル袋(0.03mm×180mm×270mm)に水20mLを封入して、それぞれ果実50果に被覆した。同一樹内に無処理区を設け、処理は主枝単位に行った。

果実の収穫調査は、1990年は9月7日(満開後154日)、1991年は9月24日(満開後159日)に無作為に1処理区当たり30果ずつ採取して行った。

## 2. 結果

1990年の結果では、水を入れたビニル袋の果実被覆処理によって無処理に対して果実重が20g抑制され、比重、地色値および糖度が低下する傾向がみられたが、有意な差ではなかった。果肉硬度は5%水準で有意な差が認められたが、その差は少なかった。みつ症の発生は、処理区では平均みつ指数と重症果発生率が0.77および26.9%であったのに対して、無処理区ではそれぞれ0.37および10%であり、有意な差ではないが処理区で約2倍多くみつ症が発生した(図26)。

1991年は、水を封入したビニル袋の果実被覆によ

って果実重が増加したが有意な差ではなかった。比重および硬度に有意な差が認められ、比重、地色値、硬度および糖度が低下して、pH値が高くなった。みつ症の発生は、満開後30日の早い時期からの処理で発生が有意に多かった。すなわち、満開後30日処理区では平均みつ指数と重症果発生率はそれぞれ0.87と26.7%、満開後60日ではそれぞれ0.53と18.2%、満開後90日ではそれぞれ0.40と10.5%であったのに対して、無処理区ではそれぞれ0.07と3.3%であった(図27)。なお、水を封入したビニル袋を果実に被覆して発生したみつ症状を図28に示した。

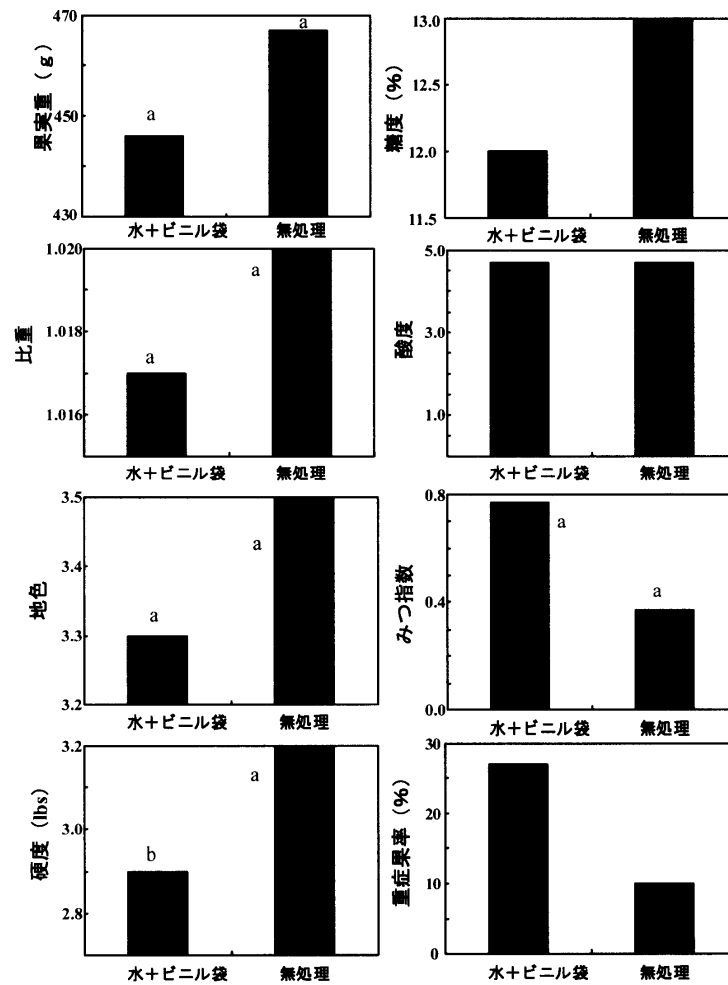


図 26. 水を封入したビニル袋の果実被覆がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
1990年に水20mLを封入したビニル袋を満開後89日から収穫日まで果実に掛けた。なお、水は満開後120日の8月4日に除去した。9月7日、満開後154日に収穫調査した。同じ項目で異なった英文字間では5%水準で有意な差が認められる。

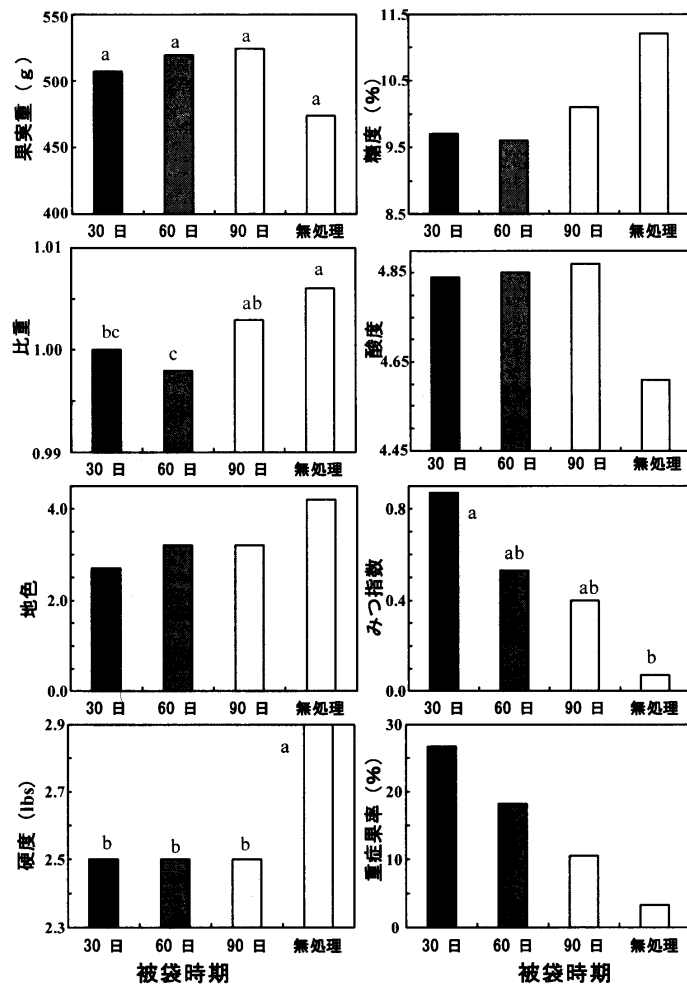


図 27. 果実への水を封入したビニル袋被覆時期がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 1991年に厚さ0.03mm, 横幅180mm, 縦270mmのビニル袋に水20mLを封入して果実に満開後30日から(30日区), 60日から(60日区), 90日から(90日区)それぞれ収穫日まで掛けた。9月24日, 満開159日後に調査した。同じ項目で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意な差が認められる。

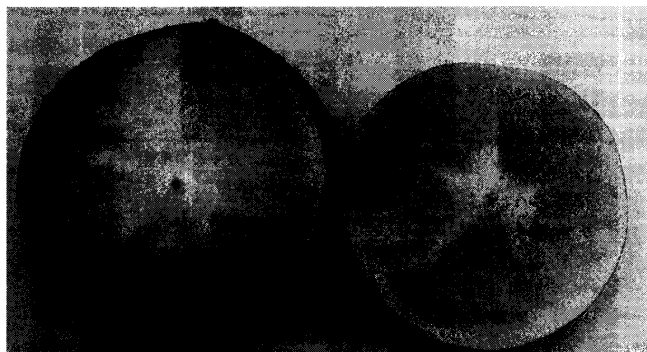


図 28. 果実への水を封入したビニル袋掛けによって発生したニホンナシ‘豊水’のみつ症状



### 3. 考察

リンゴでは、みつ症発生にかかわる環境要因のひとつとして水分条件があり、蒸散作用の抑制や高い土壌水分、灌水および降雨がみつ症の発生を助長する<sup>5,7)</sup>と報告されている。降雨による収穫の遅れが果実の成熟を進ませるため、また高い湿度がカルシウムの移動を減少させるために、みつ症の発生を促すと考えられている。

植物における蒸散作用は、葉温を下げて葉の過熱を防ぎ、また蒸散に伴う体内の水分の流れは無機養分の移動にとって重要な働きをなす。蒸散作用に影響する植物および環境要因としては、葉の大きさや形、表面の特徴、気孔、日射量、大気飽差、温度、風および水の補給等がある<sup>3,3, 108)</sup>。したがって、蒸散抑制による‘豊水’のみつ症発生については、蒸散作用が抑制されることにより果実温度が上昇し、またカルシウムなどの無機養分の不足を生じて、みつ症が発生すると考えられる。

ニホンナシでは、これまでに蒸散抑制とみつ症発生の関係に焦点を当てた実験がなかったので、水を20mL 封入したビニル袋を用いて果実を被覆し、蒸散作用を抑制した状態でのみつ症発生との関係を検討した。

ビニル袋に水を入れて果実を被覆した結果、みつ症が無処理区に対して明らかに多く発生した。特に、満開後 30 日から収穫期までの、果実生育の早い時期から被覆処理した区でみつ症の発生が多かった。ニホンナシの果実は満開後 20 日～25 日以降気孔が大きくなり、孔辺細胞が崩れてコルク化し、果点が形成される。また、‘豊水’などのいわゆる赤ナシの果皮は、果実の最外層部のクチクラが壊れてコルク化したものであり、クチクラのコルク化は多湿条件下で著しい<sup>15)</sup>。したがって、満開後 30 日の果実生育の早い時期から水を入れたビニル袋で多湿条件に曝されたことにより、果点の発達とコルク層の形成および気孔の閉鎖が促進され、蒸散や呼吸が抑制されてみつ症の発生が多くなったと考えられる。

ニホンナシで、蒸散抑制とみつ症発生の関係を論じた例は少ないが、蒸散作用とカルシウム移動<sup>8, 33, 79, 94)</sup>およびカルシウム欠乏とみつ症発生の関係は多く報告されている<sup>7, 46, 49, 57, 75, 77, 107)</sup>。蒸散作用と果実へのカルシウムの移動は関係が深く、カルシウムは蒸散流によって植物体内を移動する。パパイアでは、果実へのカルシウムの移動は、果実の蒸散作用が最も高

い満開後 40 日以内に最も多かったことが報告されている<sup>79)</sup>。また、リンゴの実生を用いた実験で、高い湿度条件下では葉におけるカルシウムの蓄積が減少したことが明らかにされている<sup>94)</sup>。

さらに、リンゴでは果実のカルシウム含量の約 90 % は開花後 6 週間で吸収蓄積され、成熟に伴ってカルシウムが不足すると果実に生理障害が発生する<sup>8, 37, 93)</sup>。ニホンナシ‘長十郎’でも同様に、果実内のカルシウム含量の増加は開花後約 1 か月間が顕著である<sup>102)</sup>。これらのことから、果実生長の早い時期に蒸散作用を抑制するとカルシウムの吸収蓄積を抑制し、みつ症発生を助長させると考えられる。

また、水を封入したビニル袋による果実被覆によって第 2 章・第 4 節で明らかにした高温処理と同様な条件となり蒸散が抑制されて、エチレンの発生が増加し、みつ症の発生が助長されたと考えられる。

以上のことから、みつ症発生と高温および蒸散抑制の関係が明らかになった。

## 第 2 節 ワックスおよびアブジジン酸 (ABA) 処理の影響

本節では、蒸散を抑制する働きのあるワックスやアブジジン酸 (ABA) を果実に処理し、みつ症発生との関係を検討した。

### 1. 材料および方法

#### 実験 1. ワックスおよびアブジジン酸 (ABA) の果実散布処理の影響

1998 年に茨城県農業総合センター園芸研究所に植栽された樹齢 6 年生および 11 年生の‘豊水’ 2 樹を供試した。ワックス 10 % 液 (グリーンナー; 日本グリーンナー: ワックス 10 %) を 5 月 23 日 (満開後 34 日) の 1 回, 5 月 23 日および 5 月 27 日 (満開後 38 日) の 2 回, 5 月 23 日, 5 月 27 日および 5 月 31 日 (満開後 42 日) の 3 回果実に散布した処理区をそれぞれ設けた。また、アブジジン酸 (ABA) の 500ppm 液を同日、同様に 1 回, 2 回, 3 回果実に散布した処理区をそれぞれ設けた。処理は、電動小型噴霧器で果実 1 果当たり 20 ~ 30mL を茎葉に液がかからないように十分に散布した。展着剤の加用は行わなかった。1 処理区当たり 20 果以上を供試し、処理は 1 本の垂主枝の片側ずつ行い、無処理区を同様に設置した。

果実の収穫調査は、9月9日（満開後143日）と9月15日（同149日）の2回、無作為に1処理区当たり20～30果ずつ採取して行った。

### 実験2. ワックス処理がエチレンと二酸化炭素発生に及ぼす影響

1999年に茨城県農業総合センター園芸研究所に植栽された‘豊水’の12年生樹を供試した。ワックス（グリーンナー；日本グリーンナー：ワックス10%）10%液を5月21日（満開後29日）、5月25日（満開後33日）、5月31日（満開後39日）の3回果実に筆で1果当たり2～3mLを丁寧に塗布した。処理した果実と同じか近くの側枝上に無処理区を設けた。

満開後151日の9月20日に果実を収穫し、第2章・第4節実験6と同じ方法で果実品質、みつ症、す入り程度、エチレンおよび二酸化炭素発生量を調査した。

## 2. 結果

### 実験1. ワックスおよびアブシジン酸（ABA）の果実散布処理の影響

果実へのワックス10%液の散布処理によって果実重が30g程度減少したが、有意な差ではなかった。果実比重は無処理の1.006に対して0.991と低下し、5%水準で有意な差が認められた。硬度や糖度もやや低下する傾向がみられたが、有意な差は認められなかった。また、ABA500ppm液の散布によって果実比重がやや低下する傾向がみられたが、有意な差はみられず、他の果実品質にも差はみられなかった（表13）。

ワックス10%液の散布処理によってみつ症発生が助長されたが、有意な差はみられなかった。また、ABA処理ではみつ症発生に無処理区と大きな差はみられなかった。つまり、平均みつ指数は、ワックス10

%液処理区では1.2およびABA処理区では0.96であったのに対して、無処理区では0.68であった。みつ症発生果率はワックス処理区、ABA処理区および無処理区でそれぞれ57.9%、48.7%および28.7%、重症果発生率はそれぞれ32.2%、21.8%および18.8%であった（図29）。

ワックスおよびABAの散布回数とみつ症発生の関係は、図30と図31のとおりである。ワックスおよびABAとも散布回数が増すに従ってみつ症発生が多くなる傾向であったが、有意な差ではなかった。

ワックスおよびABA散布によって比重低下の大きい果実では、す入りがみつ症とともに発生した。す入りは、ワックス10%液の散布処理で発生が多かったが、有意な差は認められなかった（表14）。なお、ワックス散布処理によって発生したみつ症状とす入り症状を図32に示した。

### 実験2. ワックス処理がエチレンと二酸化炭素発生に及ぼす影響

これまでの実験結果と同様に、ワックス処理によって比重と硬度が低下し、みつ症およびす入りが発生する傾向を示した（表15、表16）。

エチレン発生量は、ワックス処理果実では0.27μL/kgF.W./hrであったのに対して、無処理の果実では0.06μL/kgF.W./hrであり、4倍程度の差がみられた。二酸化炭素発生量は、ワックス処理果実で8.0mL/kgF.W./hr、無処理の果実で6.2mL/kgF.W./hrであり、処理間の大きな差はなかった（図33）。

表13. ワックスまたはアブシジン酸(ABA)散布がニホンナシ‘豊水’の果実品質に及ぼす影響

処理 <sup>1)</sup>	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH
ワックス	378 ± 67	0.991a ± 0.03	4.0 ± 0.6	2.7 ± 0.5	10.9 ± 1.0	4.76 ± 0.25
ABA	405 ± 75	0.996ab ± 0.02	4.1 ± 0.6	2.7 ± 0.5	11.1 ± 0.7	4.71 ± 0.15
無処理	406 ± 78	1.006 ± 0.09	4.0 ± 0.6	2.9 ± 0.4	11.3 ± 0.9	4.61 ± 0.10
分散分析 <sup>2)</sup>	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

1)<sup>2)</sup> ワックス10%液およびアブシジン酸(ABA)500ppm液を5月23日（満開後34日）、5月27日（同38日）、5月31日（同42日）の1～3回果実に散布した。

2)<sup>3)</sup> 有意性 n.s.:有意差なし; \*p < 0.05. 3) 平均値 ± 標準偏差 (3回反復)。

4) 同じ欄で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意差が認められる。

5) 満開後143日および149日に調査した。

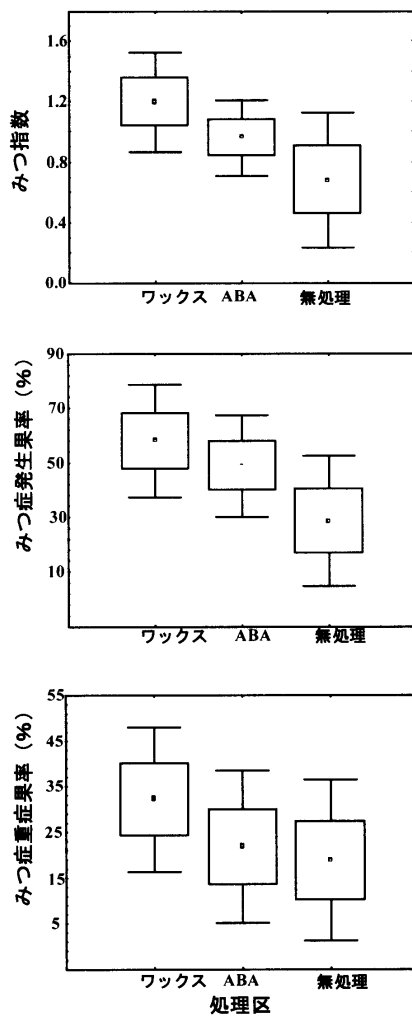


図 29. ニホンナシ「豊水」の果実へのワックス、ABA 散布処理がみつ症発生に及ぼす影響

- 1) ワックス 10%液およびアブジジン酸 (ABA) 500ppm 液を 5 月 23 日 (満開後 34 日), 5 月 27 日 (同 38 日), 5 月 31 日 (同 42 日) に 1~3 回果実に散布した。9 月 9 日 (満開後 143 日) と 9 月 15 日 (同 149 日) の 2 回調査した。
- 2) 内側の四角は平均値, 外側の四角は  $\pm 1.00 \times$  標準誤差, 縦棒は  $\pm 1.96 \times$  標準誤差を示す。

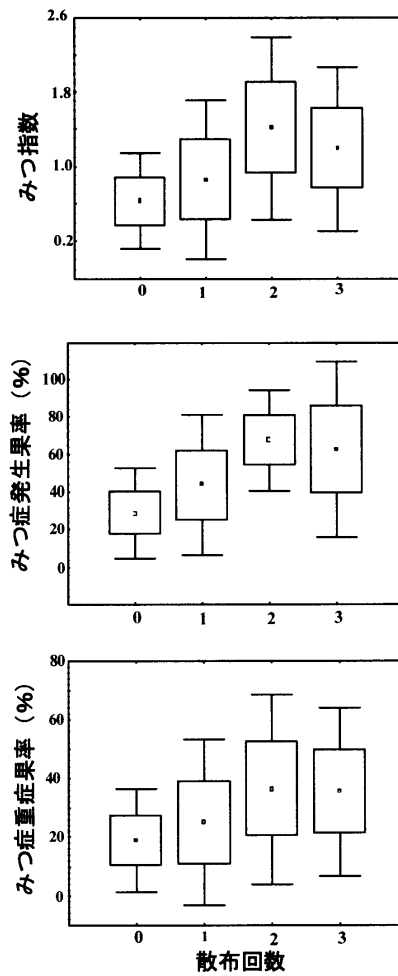


図 30. ワックス 10%液の果実散布回数がニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響  
 1) ワックス 10%液を 5 月 23 日 (満開後 34 日), 5 月 27 日 (同 38 日), 5 月 31 日 (同 42 日) の 1~3 回果実に散布した。9 月 9 日 (満開後 143 日) と 9 月 15 日 (同 149 日) の 2 回調査した。  
 2) 内側の四角は平均値, 外側の四角は  $\pm 1.00 \times$  標準誤差, 縦棒は  $\pm 1.96 \times$  標準誤差を示す。

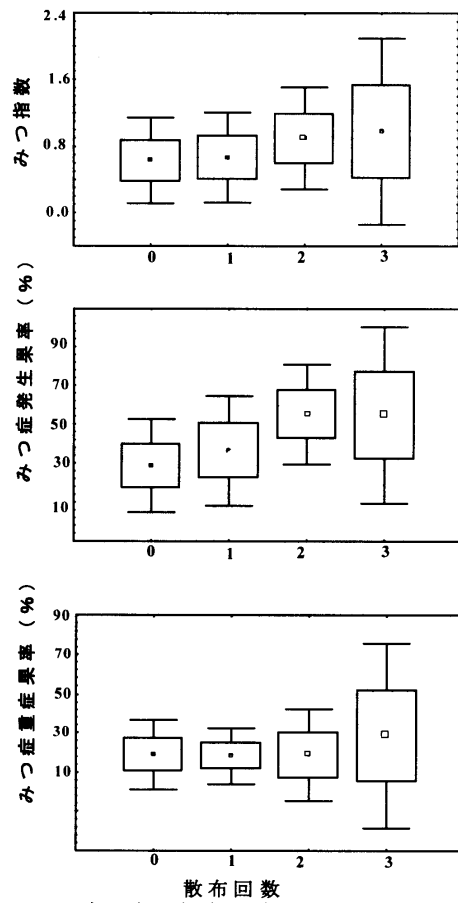


図 31. アブシジン酸 (ABA) 500ppm 液の果実散布回数がニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響  
 1) アブシジン酸 (ABA) の 500ppm 液を 5 月 23 日 (満開後 34 日), 5 月 27 日 (同 38 日), 5 月 31 日 (同 42 日) の 1~3 回果実に散布した. 9 月 9 日 (満開後 143 日) と 9 月 15 日 (同 149 日) の 2 回調査した.  
 2) 中心の四角は平均値, 外側の四角は  $\pm 1.00 \times$  標準誤差, 縦棒は  $\pm 1.96 \times$  標準誤差を示す.

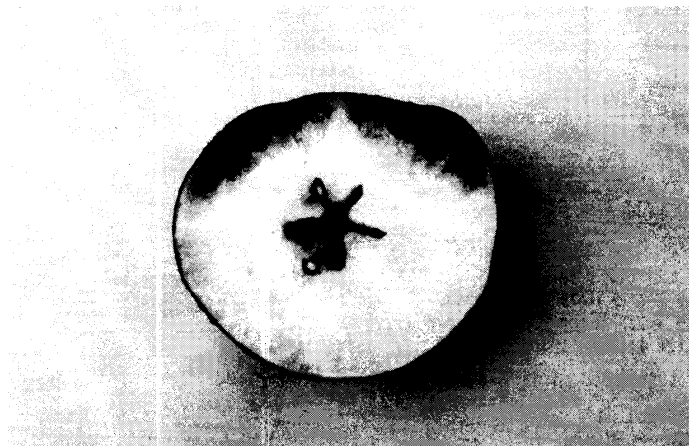


図 32. ワックス10%の果実散布によって発生したみつ症状とす入り症状

表 14. ワックスまたは ABA 散布がニホンナシ ‘豊水’ のす入り発生に及ぼす影響

処理 <sup>1)</sup>	処理回数	調査果数	す入り果数	す入り果発生率%
ワックス	1 回	21	3	14.3
	2 回	18	8	44.4
	3 回	12	5	41.7
	合計	51	16	31.4
ABA	1 回	22	1	4.5
	2 回	28	5	17.9
	3 回	25	12	48.0
	合計	75	18	24.0
無処理		25	4	16.0
分散分析 <sup>2)</sup>		-	-	n.s.

- 1)<sup>2)</sup> ワックス 10% 液およびアブシジン酸 (ABA) 500ppm 液を  
5 月 23 日 (満開後 34 日), 5 月 27 日 (同 38 日),  
5 月 31 日 (同 42 日) の 1~3 回果実に散布した。  
2)<sup>3)</sup> 有意性 n.s.:有意差なし。  
3) 満開後 143 日および 149 日に調査した。

表 15. ワックス処理がニホンナシ ‘豊水’ の果実品質に及ぼす影響

処理	果実重 (g)	比重	地色	硬度 (lbs)	糖度 (%)	pH
ワックス処理	449	0.989	4.9	2.60	13.6	4.80
無処理	510	1.008	4.7	3.14	13.4	4.76
t-検定 <sup>2)</sup>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-

- 1) ワックス 10% 液を 5 月 21 日 (満開後 29 日), 5 月 25 日 (同 33 日),  
5 月 31 日 (同 39 日) の 3 回果実に塗布した。  
2) 満開後 151 日の 9 月 20 日に調査した。  
3)<sup>2)</sup> 有意性 n.s.:有意差なし。

表 16. ワックス処理がニホンナシ ‘豊水’ のみつ症とす入り発生に及ぼす影響

処理	みつ指数	みつ症発生果率 (%)	重症果率 (%)	す入り指数 <sup>2)</sup>	す入り発生果率 (%)
ワックス処理	1.4	80	40	1.8	80
無処理	0.2	20	0	0.2	20
t-検定 <sup>3)</sup>	n.s.	-	-	n.s.	-

- 1) ワックス 10% 液を 5 月 21 日 (満開後 29 日), 5 月 25 日 (同 33 日), 5 月 31 日 (同 39 日)  
の 3 回果実に塗布した。  
2) 満開後 151 日の 9 月 20 日に調査した。  
3)<sup>2)</sup> す入り指数 0:無, 1:少, 2:中, 3:多, 4:甚。 4)<sup>3)</sup> 有意性 n.s.:有意差なし。

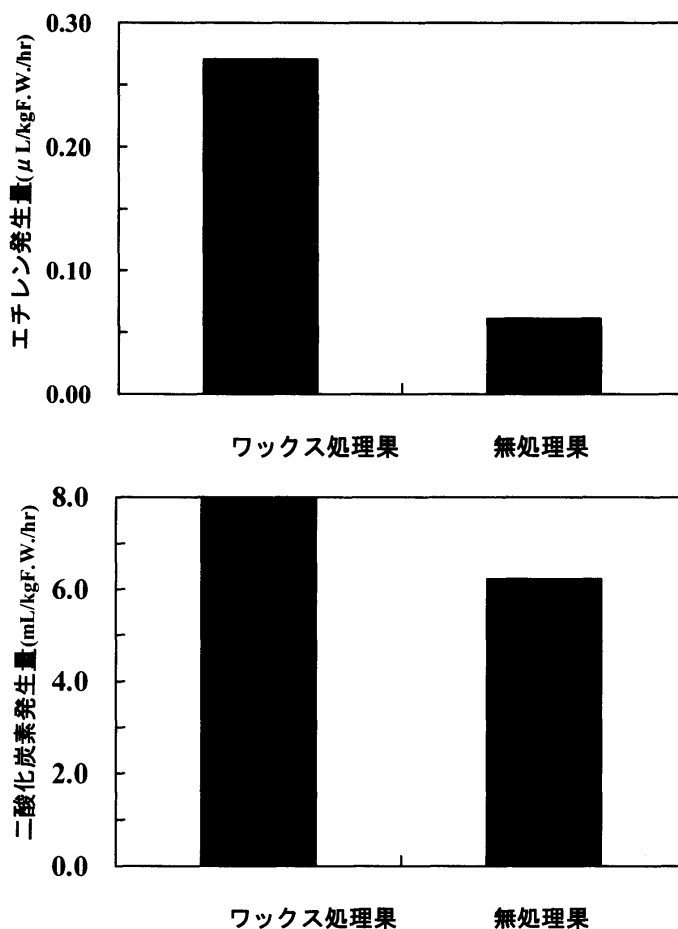


図 33. ワックス散布がニホンナシ‘豊水’果実のエチレンと二酸化炭素発生に及ぼす影響  
ワックス 10%液を満開後 29 日, 33 日, 39 日の 3 回果実に散布した. 満開後 151 日の 9 月 20 日に調査した.

### 3. 考察

ワックスは蒸散抑制剤であり, ABAは気孔の開閉を調節し, 蒸散作用を抑制する植物成長調節剤である<sup>50)</sup>. ワックスまたはABAの果実散布によって, みつ症発生が助長される傾向がみられた. しかし, ABAでは大きな差がみられなかった. これは, ABAが光の影響を受けやすく<sup>50)</sup>, 効果が不安定であったためと考えられ, 処理濃度や散布回数, 散布方法などさらに検討が必要である. また, 満開後 25 日以降では孔辺細胞が崩れてコルク化し, 果点形成される<sup>15)</sup>ので, ABAの気孔の開閉を調節し, 蒸散を抑制する作用が劣ったためとも考えられる. このように蒸散抑制剤処理, 特にワックス処理によってみつ症発生が増加する傾向にあり, また, 処理回数が増すに従ってみ

つ症発生が多くなる傾向がみられたことから, ワックスが果点を覆うことによって蒸散作用を抑制し, みつ症の発生を助長したと考えられる. 猪俣ら<sup>32)</sup>は, 炭酸カルシウム剤を散布した‘豊水’果実の表面の温度は, 対照区の果実より低く, 炭酸カルシウム剤の散布は果実からの蒸散を促進したと考えられ, その結果みつ症の発生が抑制されたと報告している.

ワックス処理によって, 第2章・第4節実験6で明らかにしたポリエチレン袋による果実被袋の場合と同じように, エチレンの発生量が増加した. これは, ワックス処理によって蒸散が抑制されたことによるもので, 蒸散抑制によりエチレンの発生が増加し, みつ症の発生を引き起こしたと考えられる. リンゴでは, 高温多湿下で蒸散抑制によりエチレンが発生して生理落果を引き起こしたことが報告されている<sup>31)</sup>. しかし,

二酸化炭素発生量には大きな差がみられなかったことから、呼吸の差は少なかったと考えられる。また、ポリエチレン袋被袋の場合よりエチレンの発生は少なかった。このことが、みつ指数にポリエチレン袋被袋では有意な差が認められたが、ワックス処理では有意な

差が認められなかったことの一因と考えられる。

以上のことから、果実へのワックス散布処理によってみつ症およびす入り発生が助長され、みつ症発生と蒸散抑制の関係が明らかになった。

## 第4章 土壌条件と樹勢要因がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

‘豊水’のみつ症発生は、年次および園地や樹体さらには栽培法によって差がみられることから、遺伝的要因<sup>3,5)</sup>ばかりでなく、栽培環境要因の影響も大きいと考えられる。特に、生産現場でみつ症の発生を防止しようとする場合、せん定や着果、新梢、土壌および施肥等の栽培管理との関連を明らかにしておく必要がある。リンゴでは、若木や寡少着果、大果、強度な摘果による高い Source-Sink 比等がみつ症発生と関係があることが報告されている<sup>5,7)</sup>。

土壌要因として排水不良地や火山灰土壌にみつ症の発生が多く、沖積土壌に少ない<sup>7,2, 7,4, 11,8)</sup>ことや、樹勢が衰弱して葉数が少ない樹で発生する傾向がみられる<sup>7,4, 8,1, 11,8)</sup>こと等が明らかにされているが、せん定の強度や新梢伸長、着果数との関連および土壌条件や施肥管理との関係は不明な点が多く、また、ニホンナシでは強樹勢や強摘果による高い Source-Sink 比等の栽培要因に焦点を合わせた研究がこれまで欠けていた。

そこで、本章では現地実態調査からみつ症発生と土壌および樹勢等の栽培要因との関係を検討し、さらに摘葉や強摘果により Source-Sink 比を人為的に変えてみつ症発生との関係を明らかにすることにより、耕種的なみつ症発生の防止方法を検討した。

### 第1節 土壌条件および樹勢要因の影響

‘豊水’のみつ症は、過去1978年、'80年、'82年、'88年、'93年および'98年に関東地方を中心に激しく、かつ多量に発生した。1980年、'82年、'88年の多発年には、現地実態調査が実施され、その結果が報告されている<sup>6, 5,8, 6,9, 7,4, 8,1, 11,8)</sup>。これらの報告の中で、土壌条件や樹勢要因とみつ症発生との関係について、明らかにされた点もあるが多くの解明されていない。

本節では、1988年のみつ症が多発生した年と1989年および1990年の3年間の現地実態調査結果から、特に樹勢要因および土壌要因とみつ症発生の関係を

討した。

#### 1. 材料および方法

##### 1) 1988年調査

調査は茨城県土浦、石岡および下館各地区農業改良普及所（現在茨城県農業総合センター土浦および下館各地域農業改良普及センター）の協力を得て、みつ症発生状況を聞き取り、火山灰土壌と沖積土壌別さらにみつ症発生の多少別に、1地区普及所管内より35～40園を目標に合計103園を抽出した。

10月11日より21日までの間に現地調査を実施した。調査項目は、樹勢要因として、新梢の発生本数（長さ50cm以下、51～100、101cm以上に分別）、予備枝の本数、葉枚数、側枝の本数（枝齢1年、2年、3年、4年生以上に分別）とした。調査は2㎡（2m×1m）の枠を1園1樹について亜主枝間の中間部に当て、1樹2カ所測定した。みつ症の発生程度については、発生率が把握できず、園主からの聞き取りによる発生の多少でデータを解析した。2㎡2カ所のデータを合計した4㎡当りの元データ、また、新梢と側枝の本数は長さ、枝齢別に発生率に換算し、さらに予備枝と葉枚数は1㎡当りに換算し、判別分析で解析した。

また、土壌、地域、新梢と側枝の本数（発生割合）、予備枝本数と葉枚数（1㎡当り）を要因アイテムとし、カテゴリーを表18のように分けて、みつ症発生の多少との関係を数量化2類で解析した。

##### 2) 1989年および1990年調査

1989年は1988年調査園の中から、各市町村、土壌型およびみつ症発生程度を考慮して20園を抽出した。さらに、1990年はみつ症発生程度が代表的な8園を絞り込んで調査した。調査は7月下旬～8月上旬に、1988年と同様に行った。満開後145日および152日の2回、1樹当たり30果ずつ任意に採取し、定法にしたがって果実重、比重（水中浮力より算出）、地色（果樹試カラーチャート）、硬度（マグネステラー

型果実硬度計), 糖度 (Brix), 酸度 (pH) およびみつ指数を測定した。

## 2. 結果

### 1) 1988年の調査結果

調査した 103 園の内, 火山灰土壌園が 88 園, 非火山灰土壌園が 15 園あった。発生の多かった園は 47 園の内 46 園, 発生の少なかった園は 56 園の内 42 園がそれぞれ火山灰土壌園であったことは既に報告した<sup>7,2)</sup> とおりで, その後現地での聞き取りおよび観察の結果, 次のようなことが明らかになった。

- (1) 火山灰土壌園で発生が多い。
- (2) 湛水状態にあった沖積土壌園では発生がみられず, 排水の良い火山灰土壌園で多い。
- (3) 紋羽病, 萎縮病および胴枯病等に罹病した樹勢不良樹に発生が多い。
- (4) 樹勢不良樹に発生が多い。
- (5) 樹齢, 苗木, 高接および中間台による差は明らかではない。

非火山灰土壌園のデータが少なかったので判別分析は火山灰土壌園についてのみ行った。その結果, 樹勢要因の特性値の平均に差は認められなかった (表 17), また判別関数による判別結果は, 誤判別率が高かった (データ省略)。

数量化 2 類による解析の結果, みつ症発生に及ぼす影響が最も大きいのは地域と土壌条件であった。土壌条件では, 非火山灰土壌で発生が少なく, 火山灰土壌で発生が多かった。ついで 1 年生側枝の多い園で発生が多く, 4 年生以上の側枝が少ない園でみつ症の発生が少なかった。また, 101cm 以上の新梢の発生が少ない園で発生が少なかった。偏相関係数は, 要因として土壌, 1 年生側枝の割合, 101 cm 以上の新梢本数割合の順で大きかった (表 18)。

103 園のスコアのヒストグラムは図 34 のとおりで, 多発園を少発園に誤って区分したのが 9 園 (19%) および少発園を多発園と誤って区分したのが 17 園 (30%) であり, 81% ~ 70% の精度であった。

表 17. 火山灰土壌園におけるニホンナシ '豊水' のみつ症発生程度と樹勢特性値

樹勢特性	みつ症多発園の 平均値 (46 園)	みつ症少発園の 平均値 (42 園)	全園の 平均値 (88 園)	標準偏差
新梢長別本数 <sup>z (y)</sup>				
101cm 以上	14.2 ( 34.9)	15.0 ( 35.2)	14.6 ( 35.1)	6.2 ( 12.3)
51 ~ 100cm	16.2 ( 39.0)	16.6 ( 38.8)	16.4 ( 38.9)	6.5 ( 9.5)
50cm 以下	10.7 ( 26.1)	11.2 ( 25.9)	10.9 ( 26.0)	7.1 ( 13.7)
予備枝本数 <sup>z (x)</sup>	2.6 ( 0.7)	3.2 ( 0.8)	2.9 ( 0.7)	2.6 ( 0.7)
葉枚数 <sup>z (x)</sup>	1711 (428)	1721 (430)	1716 (429)	459 (115)
枝齢別側枝本数 <sup>z (y)</sup>				
1 年生	0.8 ( 7.6)	0.6 ( 6.7)	0.7 ( 6.7)	1.1 ( 10.6)
2 年生	2.4 ( 23.7)	2.4 ( 22.7)	2.4 ( 23.2)	1.8 ( 16.4)
3 年生	3.2 ( 33.3)	3.7 ( 36.3)	3.4 ( 34.7)	1.9 ( 17.5)
4 年生以上	3.2 ( 35.5)	3.3 ( 35.2)	3.2 ( 35.3)	2.1 ( 24.1)

<sup>z</sup> 樹冠面積 4 m<sup>2</sup> 当りの数    <sup>y</sup> ( ) は比率    <sup>x</sup> 樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当りの数

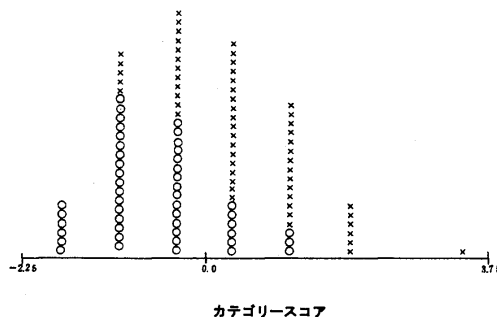


図 34. 103 園におけるヒストグラム

- 外的基準: 1 みつ症多発園 (○).  
2 みつ症少発園 (×).



表 18. ニホンナシ‘豊水’の樹勢要因と土壤条件がみつ症発生に及ぼす影響

要因	アイテム	カテゴリー	データ数	カテゴリースコア	範囲	偏相関係数
土壤条件		1.火山灰土壤	88	-0.300	2.062	0.416
		2.非火山灰土壤	15	1.762		
地域		1.新治	7	-0.164	2.789	0.263
		2.土浦	2	-2.517		
		3.出島	15	0.272		
		4.千代田	9	-0.495		
		5.石岡	11	0.219		
		6.八郷	10	0.083		
		7.下妻	18	-0.277		
		8.下館	22	0.269		
		9.関城	9	0.267		
新梢長別本数割合						
101cm 以上		1.10%未満	2	-0.432	1.214	0.311
		2.30%未満	36	0.750		
		3.50%未満	52	-0.465		
		4.50%以上	13	-0.149		
51 ~ 100cm		1.30%未満	19	0.100	0.216	0.059
		2.50%未満	67	-0.066		
		3.50%以上	17	0.150		
50cm 以上		1.10%未満	9	-0.158	0.595	0.102
		2.30%未満	56	0.153		
		3.50%未満	31	-0.131		
		4.50%以上	7	-0.442		
予備枝本数 <sup>2</sup>						
		1.0 本	23	-0.148	0.770	0.215
		2.1 本未満	39	-0.352		
		3.1 本以上	41	0.418		
		1.300 枚以下	12	0.036		
葉枚数 <sup>2</sup>		2.500 枚未満	69	-0.073	0.282	0.071
		3.500 枚以上	22	0.209		
枝齢別側枝本数割合						
1 年生		1.0%	65	0.414	1.419	0.314
		2.20%未満	24	-0.537		
		3.20%以上	14	-1.004		
2 ~ 3 年生		1.50%未満	37	0.742	1.355	0.262
		2.70%未満	26	-0.113		
		3.70%以上	40	-0.613		
4 年生以上		1.10%未満	10	1.377	1.971	0.259
		2.30%未満	40	0.321		
		3.50%未満	17	-0.406		
		4.70%未満	27	-0.532		
		5.70%以上	9	-0.594		
外的基準						
みつ症発生		1.多発生	47	-0.618		
		2.少発生	56	0.519		

<sup>2</sup> 樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り

## 2) 1989年の調査結果

みつ症重症果発生率は、全園平均で満開後 145 日で 26 %、154 日で 28 % と多かった。みつ症発生の多い園の果実は小果で果色（地色）が進んでいる傾向がみられた。

‘長十郎’などに高接更新されて（中間台樹齢 30 年以上）、10 年以上経た高樹齢で、樹勢の低下した樹に発生が多かった（表 19、園 No.1,3,4,6,13,15）。同じ火山灰土壌園でみつ症発生が少ない園（No.7,11）と多い園（No.2,14,15）との比較では、樹勢要因に一

定した明らかな傾向は認められなかった。

樹勢要因とみつ症発生に有意な相関関係が認められたのは、満開後 145 日調査で樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り予備枝本数と正、樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り着果数と正の 2 つの要因のみであった。他に有意ではないが、みつ症発生に係わる要因として 51-100 cm の新梢発生割合と負、満開後 145 日調査で樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り側枝本数と正、樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り葉枚数と正、および葉面積指数と正の傾向が認められた（表 20）。

表 19. ニホンナシ‘豊水’の樹勢要因がみつ症発生に及ぼす影響(1989年)

園	1	2	3	4	5
地域	千代田	千代田	千代田	石岡	石岡
土壌型 <sup>v</sup>	表層腐植質 黒ボク土	厚層腐植質 黒ボク土	厚層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 黒ボク土	中粗粒 灰色低地土
樹齢(年)	10		10	10 以上	
高接ぎ中間台品種(年)	長十郎 29		長十郎 20	早生赤 60	
新梢本数 <sup>z</sup>	11.9	9.5	12.2	20.6	20.8
平均新梢長(cm)	57.3	73.4	70.1	70.2	81.3
新梢長別本数割合(%)					
50 cm 以下	55.5	30.2	32.4	35.3	21.4
51-100 cm	34.1	47.4	51.7	47.9	51.4
101 cm 以上	10.4	22.4	15.9	16.8	27.1
枝齢別側枝本数割合(%)					
1 年生	2.4	0	0	16.2	4.5
2 年生	17.1	0	45.5	24.3	29.5
3 年生	41.5	22.6	27.3	27.0	31.8
4 年生	19.5	22.6	13.6	21.6	29.5
5 年生	14.6	29.0	4.5	5.4	4.5
6 年生以上	4.9	25.8	9.1	5.4	0
側枝本数 <sup>z</sup>	2.7	2.5	1.8	1.8	1.9
予備枝本数 <sup>z</sup>	1.2	1.3	0.8	0.6	0.4
平均予備枝長(cm)	44.5	48.7	39.7	33.9	43.9
葉枚数 <sup>z</sup>	504	521	387	626	543
葉面積指数	2.76	2.64	2.24	3.47	2.98
着果数 <sup>z</sup>	17.7	22.4	12.2	10.6	9.9
葉果比	28.5	23.3	31.8	59.2	54.8
果実重(g) <sup>y(x)</sup>	396(446)	321(365)	386(420)	417(417)	441(449)
比重 <sup>w</sup>	1.012	1.006	1.008	1.010	1.013
地色	3.7(3.9)	3.6(4.0)	3.2(3.4)	3.2(3.2)	3.2(3.5)
硬度(lbs)	3.3(3.6)	2.9(3.0)	3.3(3.3)	3.0(3.0)	3.4(3.5)
みつ指数	0.93(0.67)	1.83(1.77)	1.10(1.47)	1.47(1.73)	0.63(0.50)
重症果率%	33.3(20.0)	70.0(60.0)	40.0(53.3)	50.0(56.7)	20.0(13.3)

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り    <sup>y</sup>: 満開 145 日後    <sup>x,w</sup>: 満開 152 日後

表 19.(続き)

園	6	7	8	9	10
地域	石岡	八郷	八郷	八郷	下館
土壌型 <sup>v</sup>	淡色 黒ボク土	淡色 黒ボク土	淡色 黒ボク土	厚層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 多湿黒ボク土
樹齡(年)	10以上	15	15	15	12
高接ぎ中間台品種(年)	新興	長十郎 30	長十郎 35	新世紀 25	
新梢本数 <sup>z</sup>	14.1	11.3	11.7	14.0	17.6
平均新梢長(cm)	77.8	68.8	73.0	77.6	55.0
新梢長別本数割合(%)					
50 cm以下	29.6	34.2	26.3	23.0	52.9
51-100 cm	40.4	46.6	57.6	55.8	37.0
101 cm以上	30.0	19.2	16.1	21.2	10.1
枝齡別側枝本数割合(%)					
1年生	0	0	4.0	26.3	53.3
2年生	26.7	17.6	20.0	42.1	30.0
3年生	6.7	11.8	44.0	15.8	11.7
4年生	22.2	23.5	20.0	15.8	5.0
5年生	17.8	11.8	8.0	0	0
6年生以上	26.7	35.3	4.0	0	0
側枝本数 <sup>z</sup>	2.2	1.3	2.5	2.3	1.8
予備枝本数 <sup>z</sup>	0.9	0.3	1.2	0.4	0.1
平均予備枝長(cm)	75.6	40.5	60.8	73.0	29.0
葉枚数 <sup>z</sup>	777	550	612	604	379
葉面積指数	4.76	2.79	2.90	3.19	2.05
着果数 <sup>z</sup>	19.5	12.0	17.7	10.2	8.4
葉果比	39.8	45.7	34.5	58.9	45.0
果実重(g) <sup>y(x)</sup>	420(560)	367(405)	353(377)	424(458)	397(444)
比重 <sup>w</sup>	1.014	1.018	1.013	1.011	1.017
地色	3.4(3.9)	2.8(3.4)	3.2(3.3)	2.9(3.1)	3.4(3.5)
硬度(lbs)	2.9(2.9)	3.3(3.6)	3.2(3.4)	3.7(3.9)	3.4(3.4)
みつ指数	1.30(1.83)	0.20(0.37)	0.47(0.68)	0.63(0.77)	0.17(0.63)
重症果率%	50.0(60.0)	3.3(3.3)	13.3(17.8)	20.0(23.3)	6.7(13.3)

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り    <sup>y</sup>: 満開 145 日後    <sup>x,w</sup>: 満開 152 日後

表 19. ( 続き )

園	11	12	13	14	15
地域	下館	下館	関城	関城	下妻
土壌型 <sup>v</sup>	厚層腐植質 多湿黒ボク土	厚層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 黒ボク土
樹齡(年)	7	13	7	9	9
高接ぎ中間台品種(年)		長十郎 34	吉野 35		長十郎 28
新梢本数 <sup>z</sup>	7.7	6.1	7.5	8.9	9.6
平均新梢長(cm)	76.4	63.4	91.6	64.8	76.4
新梢長別本数割合(%)					
50 cm以下	30.0	40.7	12.0	46.4	27.5
51-100 cm	57.4	42.5	40.1	30.9	42.2
101 cm以上	21.6	16.7	41.9	22.7	30.3
枝齡別側枝本数割合(%)					
1年生	5.3	18.5	0	16.0	2.4
2年生	15.8	32.3	32.4	40.0	33.3
3年生	10.5	21.5	29.4	24.0	52.4
4年生	10.5	18.5	17.7	8.0	9.5
5年生	26.3	6.2	11.8	0	0
6年生以上	31.6	3.1	8.8	12.0	2.4
側枝本数 <sup>z</sup>	0.9	1.4	1.5	1.2	1.9
予備枝本数 <sup>z</sup>	0.3	0.2	0.3	0.1	0.9
平均予備枝長(cm)	31.1	49.3	35.0	34.7	37.5
葉枚数 <sup>z</sup>	66	308	409	404	495
葉面積指数	1.84	1.63	2.20	2.11	2.71
着果数 <sup>z</sup>	16.5	13.4	8.5	14.3	3.4
葉果比	22.2	23.1	48.0	28.2	147.2
果実重(g) <sup>y(x)</sup>	395(424)	356(399)	368(406)	434(452)	381(385)
比重 <sup>w</sup>	1.019	1.016	1.011	1.012	1.015
地色	3.4(3.4)	3.3(3.7)	3.4(3.2)	3.6(4.0)	3.4(4.1)
硬度(lbs)	3.5(3.6)	3.6(2.5)	2.8(3.5)	2.9(3.1)	3.1(3.1)
みつ指数	0(0.13)	0.4(0.37)	0.87(0.83)	1.43(1.87)	1.70(2.20)
重症果率%	0(3.3)	16.7(10)	30.0(26.7)	50.0(70.0)	56.7(73.3)

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り    <sup>y</sup>: 満開 145 日後    <sup>x,w</sup>: 満開 152 日後

表 19. ( 続き )

園 地域	16 下妻	17 下妻	18 下妻	19 下妻	20 千代田
土壌型 <sup>v</sup>	厚層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 黒ボク土	細粒褐色 低地土	細粒褐色 低地土	表層腐植質 黒ボク土
樹齡(年)	12	12	16	17	15
高接ぎ中間台品種(年)		長十郎 40			長十郎
新梢本数 <sup>z</sup>	10.3	9.2	15.0	10.3	9.1
平均新梢長 (cm)	78.1	70.5	66.6	76.6	74.6
新梢長別本数割合 (%)					
50 cm以下	29.9	30.1	38.1	29.2	22.2
51-100 cm	40.5	48.6	43.8	42.1	59.5
101 cm以上	29.5	21.3	18.1	28.8	18.3
枝齡別側枝本数割合 (%)					
1年生	11.1	3.4	11.9	0	0
2年生	33.3	13.8	22.0	26.1	23.1
3年生	25.9	17.2	35.6	30.4	23.1
4年生	11.1	31.0	13.6	32.6	23.1
5年生	14.8	13.8	10.2	10.9	23.1
6年生以上	3.7	20.7	6.8	0	7.6
側枝本数 <sup>z</sup>	1.1	1.2	2.0	1.7	0.9
予備枝本数 <sup>z</sup>	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6
平均予備枝長 (cm)	32.6	34.5	35.3	39.3	30.2
葉枚数 <sup>z</sup>	450	466	456	491	308
葉面積指数 <sup>z</sup>	2.70	2.50	2.96	2.73	1.89
着果数 <sup>z</sup>	8.8	12.1	10.0	10.2	6.6
葉果比	51.4	38.7	45.6	48.2	46.6
果実重 (g) <sup>y(x)</sup>	437(433)	422	407(424)	477(501)	317
比重 <sup>w</sup>	1.012	-	1.010	1.017	1.017
地色	3.7(3.7)	3.1	3.9(3.8)	3.4(3.4)	4.1
硬度 (lbs)	3.1(3.7)	3.1	3.0(3.2)	3.7(3.6)	2.6
みつ指数	0.97(0.57)	0.43	0.27(0.47)	0.27(0.09)	0.51
重症果率%	30.0(13.3)	13.3	6.7(6.7)	0(0)	14.1

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り    <sup>y</sup>: 満開 145 日後    <sup>x,w</sup>: 満開 152 日後

表 20. ニホンナシ '豊水' の樹勢要因とみつ症発生の相関関係 ( 1989 )

樹勢要因	満開 145 日後調査		満開 152 日後調査	
	みつ指数	重症果率	みつ指数	重症果率
新梢本数 <sup>z</sup>	.039	.029	.093	.036
新梢総伸長量 <sup>z</sup>	.098	.073	.105	.059
平均新梢長	.145	.099	.030	.047
新梢長別本数割合				
50 cm以下	-.033	.010	.032	.022
51-100 cm	-.300	-.303	-.264	-.255
101 cm以上	.265	.217	.162	.174
枝齡別側枝本数割合				
1年生	-.227	-.191	-.094	-.122
2年生	.077	.047	.144	.178
3年生	.292	.217	.165	.156
4年生	-.128	-.159	-.242	-.238
5年生	-.040	-.001	-.186	-.175
6年生以上	-.002	.057	.102	.101
側枝本数 <sup>z</sup>	.335	.355	.288	.250
予備枝本数 <sup>z</sup>	.464 *	.450 *	.324	.303
予備枝長	.157	.193	.176	.164
葉枚数 <sup>z</sup>	.324	.308	.352	.297
葉面積指数 <sup>z</sup>	.332	.316	.360	.299
着果数 <sup>z</sup>	.405	.467 *	.400	.411
葉果比	-.085	-.170	-.115	-.176

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup>当り

有意性 \*: p < 0.05.

### 3) 1990年の調査結果

みつ症重症果発生率は、全園平均で満開後 145 日で 20.4 %、152 日で 6.3 % であり、前年より発生が少なかった。みつ症の発生が多い園の果実は果色（地色）が進んでおり、果肉が軟らかい傾向がみられた。

1989 年に引き続き No.6 および No.15 園は重症果の発生が多かった。この 2 園に共通的なことは平均新梢長が長い、1 年生側枝割合が多い、および果実が大き

く発生が少なかった（表 21）。

樹勢要因とみつ症発生に有意な相関関係が認められたのは、満開後 152 日調査で平均新梢長と正、101 cm 以上の新梢発生割合と正、満開後 145 日調査で果実重と正の 3 つの要因であった。他に有意ではないが、樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り予備枝本数と正、樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り葉枚数と正、着果数と負、葉果比と正、および硬度と負の傾向がみられた（表 22）。

表 21. ニホンナシ‘豊水’の樹勢要因がみつ症発生に及ぼす影響 (1990)

園	2	6	7	8
地域	千代田	石岡	八郷	八郷
土壌型 <sup>v</sup>	厚層腐植質 黒ボク土	淡色 黒ボク土	淡色 黒ボク土	淡色 黒ボク土
樹齢(年)		10 以上	16	16
高接ぎ中間台品種(年)		新興	長十郎 30	長十郎 35
新梢本数 <sup>z</sup>	9.7	11.7	11.7	8.0
平均新梢長(cm)	69.3	71.4	66.4	62.7
新梢長別本数割合(%)				
50 cm 以下	35.4	33.3	38.9	44.4
51-100 cm	43.4	45.5	38.9	36.5
101 cm 以上	21.2	21.1	22.2	19.0
枝齢別側枝本数割合(%)				
1 年生	2.5	14.5	10.9	6.1
2 年生	35.0	37.7	21.8	36.4
3 年生	42.5	17.4	40.0	27.3
4 年生	12.5	21.7	18.2	27.3
5 年生	5.0	7.2	5.5	3.0
6 年生以上	2.5	1.4	3.6	0.0
側枝本数 <sup>z</sup>	2.0	2.2	3.0	2.1
予備枝本数 <sup>z</sup>	0.44	0.54	0.76	0.57
平均予備枝長(cm)	36.3	39.5	38.6	39.0
葉枚数 <sup>z</sup>	531.0	457.0	460.0	417.0
着果数 <sup>z</sup>	11.3	11.6	9.8	12.3
葉果比	46.9	39.5	47.0	33.8
果実重(g) <sup>y(x)</sup>	348(348)	418(450)	326(386)	325(348)
比重 <sup>v</sup>	1.013	1.020	1.025	1.017
地色	3.9(3.7)	4.4(4.1)	3.3(3.3)	3.7(3.6)
硬度(lbs)	3.1(3.5)	3.1(3.2)	3.9(3.8)	3.2(3.2)
みつ指数	1.20(0.50)	1.20(0.40)	0.0(0.0)	0.53(0.10)
重症果率%	33.3(13.3)	43.3(10.0)	0.0(0.0)	16.7(0.0)

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り    <sup>y</sup>: 満開 145 日後    <sup>x,w</sup>: 満開 152 日後

表 21. ( 続き )

園 地域	11 下館	12 下館	15 下妻	18 下妻
土壌型 <sup>v</sup>	厚層腐植質 多湿黒ボク土	厚層腐植質 黒ボク土	表層腐植質 黒ボク土	細粒褐色 低地土
樹齡(年)	8	14	10	17
高接ぎ中間台品種(年)	吉野 40	長十郎 34	長十郎 28	
新梢本数 <sup>z</sup>	5.8	5.1	9.3	11.8
平均新梢長 (cm)	70.3	66.2	79.4	67.9
新梢長別本数割合 (%)				
50 cm以下	28.0	43.2	28.7	42.1
51-100 cm	50.9	30.5	36.5	36.5
101 cm以上	21.1	26.3	34.8	21.4
枝齡別側枝本数割合 (%)				
1年生	2.6	7.2	12.8	27.7
2年生	36.8	45.8	37.2	36.1
3年生	36.8	37.3	39.4	21.7
4年生	13.2	6.0	7.4	14.5
5年生	5.3	2.4	3.2	0.0
6年生以上	5.3	1.2	0.0	0.0
側枝本数 <sup>z</sup>	1.3	1.8	3.6	2.6
予備枝本数 <sup>z</sup>	0.03	0.32	0.95	0.25
平均予備枝長 (cm)	29.0	55.1	49.8	49.6
葉枚数 <sup>z</sup>	343	347	473	439
着果数 <sup>z</sup>	11.6	8.2	3.6	7.8
葉果比	29.5	42.5	130.4	95.4
果実重 (g) <sup>y</sup> (x)	340 (369)	336 (376)	423 (450)	358 (371)
比重 <sup>w</sup>	1.024	1.017	1.017	1.017
地色	3.4 (3.6)	3.6 (3.3)	3.7 (3.7)	4.2 (3.4)
硬度 (lbs)	3.9 (4.2)	3.6 (3.3)	3.4 (3.2)	3.2 (3.2)
みつ指数	0.10 (0.00)	0.33 (0.13)	1.57 (0.90)	0.17 (0.03)
重症果率%	3.3 (0.0)	3.3 (6.7)	50.0 (26.7)	3.3 (0.0)

<sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り    <sup>y</sup>: 満開 145 日後    <sup>x,w</sup>: 満開 152 日後

表 22. ニホンナシ '豊水' の樹勢要因とみつ症発生の相関関係 (1990)

樹勢要因	満開 145 日後		満開 152 日後	
	みつ指数	重症果率	みつ指数	重症果率
新梢本数 <sup>z</sup>	.196	.275	.150	.059
新梢総伸長量 <sup>z</sup>	.362	.438	.346	.265
平均新梢長	.685	.699	.816 *	.838 * *
新梢長別本数割合				
50 cm以下	-.451	-.505	-.524	-.525
51-100 cm	.056	.149	-.042	-.112
101 cm以上	.500	.449	.719 *	.810 *
枝齡別側枝本数割合				
1年生	-.007	-.032	-.041	-.053
2年生	.254	.177	.196	.251
3年生	.015	-.086	.206	.290
4年生	-.138	-.020	-.349	-.496
5年生	.257	.342	.146	.107
6年生以上	-.408	-.375	-.378	-.341
側枝本数 <sup>z</sup>	.366	.387	.526	.519
予備枝本数 <sup>z</sup>	.539	.561	.618	.588
予備枝長 <sup>z</sup>	.126	.041	.237	.330
葉枚数 <sup>z</sup>	.608	.602	.570	.476
着果数 <sup>z</sup>	-.305	-.253	-.546	-.633
葉果比	.422	.398	.610	.629
果実重	.781 *	.833 *	.613	.627
比重	-.557	-.436	-.488	-.457
地色	.454	.484	.542	.438
硬度	-.615	-.598	-.424	-.386
みつ指数		.984 * * *		.983 * * *

n=8    <sup>z</sup>: 樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り    有意性 \* : p < 0.05; \*\* : p < 0.01; \*\*\* : p < 0.001.

### 3. 考察

‘豊水’にみつ症が多発生した1982年に、全国の公立試験研究機関から実態調査の結果が報告され、みつ症発生の大きな要因のひとつとして夏季の低温が明らかにされた<sup>6, 58, 69</sup>。しかし、栽培要因との関係は、火山灰土壌で発生が多く沖積土壌で少ないこと、樹勢が衰弱し、葉数が少ない樹で発生する傾向がみられることなどのほかは、明らかでなかった<sup>74, 118</sup>。さらに、埼玉県園試<sup>81</sup>の調査では土壌および樹体の栄養条件等の影響は明らかにできなかった。

土壌群別では黒ボク土にみつ症が多く発生し、灰色低地土では少ないことが明らかにされている<sup>72, 74, 80</sup>。しかし、その発生機構は明らかにされていない。

また、従来地下水位の高い排水不良地でみつ症発生が多いとされてきたが<sup>74</sup>、明らかでないとする報告もある<sup>81</sup>。今回の調査では、長期間湛水状態にあった沖積土壌園でみつ症の発生が少なく、同じ火山灰土壌園でも、土壌水分の多い黒ボク土園ではみつ症の発生が少ない傾向であった。これらのことから今後、土壌型と根の発育や土壌水分とみつ症発生の関係を検討する必要がある。

1988年はみつ症発生率が数字としてとらえられず、園主からの聞き取りでみつ症発生を多少に分け、判別分析および数量化2類で解析した。その結果、1年生側枝が多い、および101cm以上の長い新梢が多い園でみつ症の発生が多い傾向であった。1990年も同様に平均新梢長および101cm以上の新梢割合とみつ症発生に正の相関関係が得られた。

みつ症発生と樹勢要因との関係は、聞き取り調査では樹勢が衰弱した樹に発生が多く、埼玉県園試<sup>80</sup>や大友<sup>74</sup>と同じ結果であったが、実態調査では明らかな傾向は認められなかった。むしろ、前述のとおり側枝年齢が若く、予備枝本数が多い、また新梢伸長が旺盛で葉数の多い園でみつ症の発生が多い結果が得られた。これは、多比良ら<sup>98</sup>が1～2年生の若い側枝を多く配置した樹で、みつ症の発生が多いと報告しているのと同じ結果であった。

着果量については、着果過多にもなる樹勢衰弱との関係からみつ症が発生すると考えられ、1989年の調査結果では着果量と正の相関関係が得られた。埼玉県園試<sup>80</sup>でも、小玉で早熟傾向の園でみつ症の発生が多いとしている。しかし、明らかな傾向は認められないとする報告もある<sup>74</sup>。また、1990年調査の結果では逆に着果数が少なく、葉果比が大きく、果実が大

きくなるとみつ症発生が多くなる傾向にあった。1989年と1990年で逆の結果が出たことについては調査園数の違いなどの問題も考えられるが、さらに詳しく第2節で検討する。

以上のように、‘豊水’のみつ症は土壌要因の他に、さらに要因として考えられた側枝年齢、新梢長、着果数、葉枚数および果実の大きさなど樹勢要因との関係は、年次によって結果が異なり、明らかな傾向は得られなかった。しかし、従来の知見に反し、側枝年齢が若い、予備枝が多い、新梢が長い、葉数が多い、および果実が大きいなど、樹勢が強くてもみつ症が発生することが明らかになった。

## 第2節 摘葉および摘果強度の影響

ニホンナシのみつ症組織部の細胞間隙や細胞質には、健全部に比べてソルビトールが多く含まれ<sup>113</sup>、その原因としては、葉より転流してきたソルビトールが果肉細胞内に取り込まれずに細胞間隙に蓄積したか、または一旦は細胞内に取り込まれながら、フルクトースやグルコースに転換されずに、細胞より浸出したと考えられる<sup>113</sup>。したがって、葉におけるソルビトールの生合成と果実への転流、ソルビトールの果肉細胞内への取り込みとソルビトールからフルクトースやグルコースなどへの転換、または果肉細胞壁や細胞膜の活性等、主として葉(Source)と果実(Sink)の関係がみつ症発生に密接にかかわっているものと考えられる。事実リンゴでは高いSource-Sink比がみつ症発生の要因となることが明らかにされており<sup>97</sup>、みつ症発生の一要因として強度な摘果があげられている<sup>76</sup>。このようにリンゴではSource-Sink比とみつ症発生との関係が報告されているが、ニホンナシでは研究例がない。

第2章・第4節では、‘豊水’の樹体および果実をビニルによって被覆するとみつ症発生が助長され、これは高温による果実肥大と成熟の促進のためであることを明らかにした。一方前節では、単位面積当りの葉数が多く、新梢伸長が旺盛な園や著しく着果を制限して果実肥大を促進した樹でみつ症の発生が多いことを認め、みつ症発生とSource-Sink比との関係を示唆した。

そこで本節では、摘葉および摘果処理によりSource-Sink比を人為的に変えてみつ症発生との関係

を検討した。

## 1. 材料および方法

### 実験 1. 摘葉処理

1989年に旧茨城県園芸試験場（茨城県稲敷郡阿見町）に植栽された17年生の‘豊水’4樹を供試した。6月16日に果そう葉以外のすべての葉を新梢ごと摘除した。また、翌年7月4日に前年摘葉した1樹に対し、同様の方法で再度摘葉処理を実施した。着果量は、処理および無処理樹ともに樹冠面積1㎡当り12果にそろえた。

さらに摘葉時期がみつ症発生に及ぼす影響を検討するために、1990年に18年生の‘豊水’を供試し、主枝単位で5月10日摘葉、7月17日摘葉および無処理区を設けた。摘葉の方法は、前述したように果そう葉のみを残し、他のすべての葉を新梢ごと摘除した。

### 実験 2. 摘果処理

1991年に旧茨城県園芸試験場（茨城県稲敷郡阿見町）に植栽された19年生の‘豊水’2樹を供試し、樹冠面積1㎡当り12果の対照区（標準着果）に対し、樹冠面積1㎡当り4果の強摘果区（寡少着果）を各1

樹設けた。摘果は満開後22日に予備摘果、満開後64日に仕上げ摘果を実施し、所定の着果量に仕上げた。

さらに同1991年に、みつ症が例年著しく多発している現地（茨城県下妻市）の‘豊水’の高接ぎ11年生樹を供試し、樹冠面積1㎡当り12果の標準着果区と樹冠面積1㎡当り8果の強摘果区を樹単位に設けた。

果実は、およそ満開後140日（収穫始期）、150日（盛期）および160日（終期）に、1樹当り30果を無作為に収穫した。果実品質は果実重、比重、地色、硬度、糖度（Brix）および酸度（pH）について調査した。

## 2. 結果

### 実験 1. 摘葉処理とみつ症発生との関係

摘葉処理によって果実は1年目に20～40g、2年目には有意な差が認められ100g程度小さくなった。地色値には1990年の満開後160日で処理区間に有意な差がみられ摘葉区が小さく、やや成熟が抑制された。比重および果実硬度は大きな差ではないが有意な差が認められ、摘葉区が無処理区よりやや高く、糖度は無処理区が1%程度高かった（図35）。

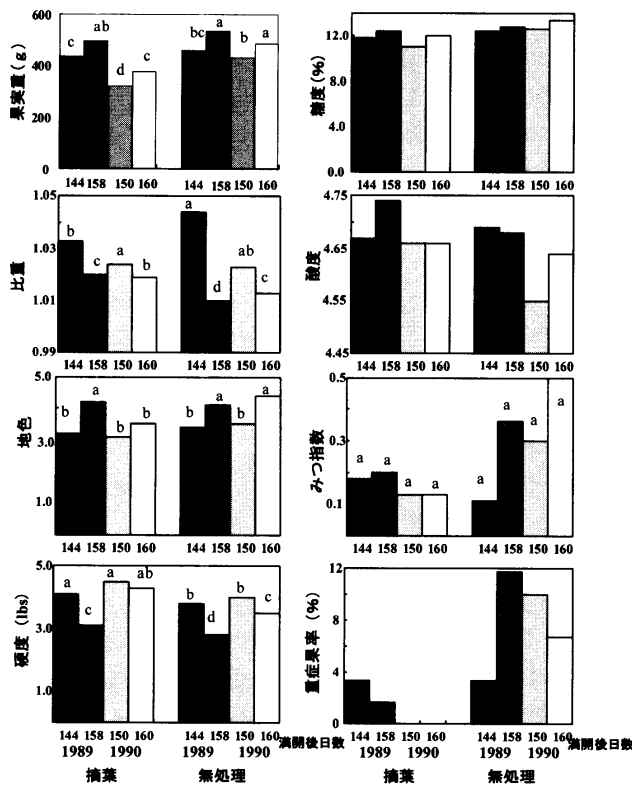


図35. 摘葉がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
1989年は6月16日に、1990年は7月4日に果そう葉を残して他の新梢葉は新梢ごとすべて摘除した。同じ年次および同じ項目で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意な差が認められる。



みつ症発生に有意な差は認められなかったが、摘葉によりみつ症発生が減少する傾向にあった。1989年の満開後144日ではほとんど差がみられなかったが、158日にはみつ症重症果発生率が無処理区の平均11.7%に対して、摘葉区は1.7%と少なかった。1990年も同様に、満開後150日および160日ともに摘葉区においてみつ症重症果の発生が少なかった(図35)。

摘葉時期が早い区でみつ症発生が少ない傾向にあったが、有意な差ではなかった。すなわち、満開後157日では差がみられず、満開後164日のみつ症重症果発生率は5月摘葉区で6.7%であったのに対して、7月摘葉区では10.0%および無処理区では13.3%であった(表23)。

表 23. 摘葉処理時期がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

摘葉時期	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
5月10日	157	495b	1.019a	3.7a	2.8b	11.6	4.67	0.40a	10.0
	164	505b	1.007bc	4.0a	2.6b	12.2	4.85	0.30a	6.7
7月17日	157	523ab	1.020a	3.7a	3.2a	12.0	4.68	0.33a	10.0
	164	571a	1.012bc	4.1a	2.8b	12.4	4.75	0.30a	10.0
無処理	157	528ab	1.017ab	3.6a	3.1a	12.2	4.68	0.37a	10.0
	164	572a	1.006c	3.9a	2.6b	12.5	4.75	0.47a	13.3
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間	*	*	n.s.	*	—	—	n.s.	—

1) 果そう葉のみを残し、他のすべての葉を新梢ごと摘除した。2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。  
3) 同じ欄で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5%水準で有意な差が認められる。

## 実験2. 摘果強度とみつ症発生との関係

1989年9月20日に17年生の‘豊水’1樹を供試し、樹上のすべての葉を摘除した結果、二次伸長して年内の一部開花し、大半の花芽が枯死した。翌年この樹は樹冠面積1㎡当たり2果しか着果しなかったが、この果実は大きく、地色値の増加が進まず、果色が緑色のままであった。また、果実比重は無処理区で1.015であったのに対して、処理区では0.996であり有意な差が認められ著しく低下した。みつ症の発生はみつ指数に有意な差が認められ、無処理区の重症果発生率が6.7%であったのに対して、処理区では53.3%であり著しく多発した(図36)。症状は梗あ部周辺に多く発生し、果皮直下から全面に広がっていた(図37)。このみつ症の様相は、地色値が小さく着色が進まないままに果肉先熟となる、冷夏年に異常発生したみつ症の様相に似ていた。

1991年は、樹冠面積1㎡当たり4果に強摘果した区の果実は満開後152日で果実重、硬度およびみつ指数に有意な差が認められ、みつ症重症果が40%以上となって多発した(図38)。現地(茨城県下妻市)の結果も同様で、満開後146日では強摘果区の果実が大きく、みつ症重症果が36.7%となって多発した(図39)。

## 3. 考察

従来、高接ぎ更新樹で樹齢が進み樹勢が低下した樹に、みつ症発生の多いことが経験的に知られている<sup>7,4)</sup>。しかし、着果量や果実肥大とみつ症発生の関係は明らかでなかった<sup>7,4)</sup>。本論文の前節では、現地調査から‘豊水’のみつ症は単位面積当りの葉枚数が多く、新梢伸長が旺盛な樹や著しく着果を制限して果実肥大を促進した樹で発生が多いことを認め、みつ症と Source-Sink 比との関係を示唆した。本節ではさらに摘葉および摘果処理により Source-Sink 比を人為的に変えてみつ症発生との関係を検討した。

### 摘葉処理とみつ症発生との関係

果そう葉を残して他の葉を新梢ごと摘除したところ、みつ症の発生が抑制された。リンゴや西洋ナシでは、夏季剪定によって果実内のカルシウム含量が増加し、種々の果肉障害が減少することが報告されている<sup>10, 56, 61)</sup>。また、ニホンナシ‘長十郎’で新梢伸長を抑制した結果、果実へのカルシウム転流が増加して硬化障害の発生率が低下したことを認めている<sup>10, 11)</sup>。さらに夏季剪定が‘豊水’のみつ症発生を抑制したとの報告がある<sup>9)</sup>。これらのことから、本実験で新梢ごと摘葉(夏季剪定)してみつ症発生が抑制されたのは、果実へのカルシウム転流が増加した結果と考えら

れる。カルシウムは、細胞内においてカルモジュリンと結合して細胞のシグナル伝達などをとおして、様々な生理作用を調節する2次メッセンジャーとしての働

きを持ち<sup>1,78)</sup>、直接的にカルモジュリン阻害剤処理によって‘豊水’のみつ症発生を助長した実験例が報告<sup>107)</sup>されている。

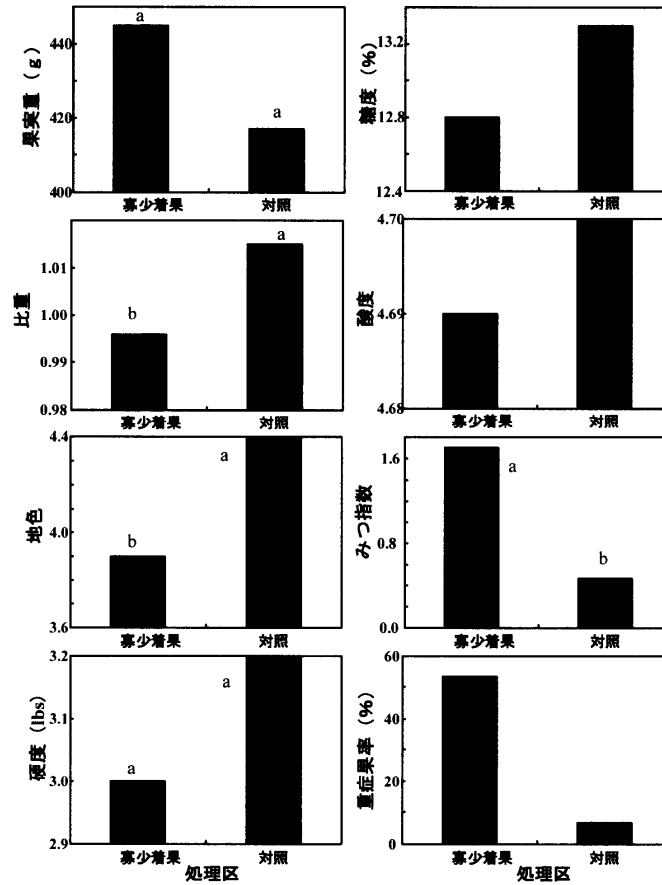


図 36. 寡少着果がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 1989 年前年に全摘葉した結果、翌 1990 年には単位樹冠面積当り 2 果/m<sup>2</sup>と寡少に着果した区と 12 果/m<sup>2</sup>着果の対照区を比較した。満開後 160 日に調査した。同じ項目で異なった英文字間では 5%水準で有意な差が認められる。

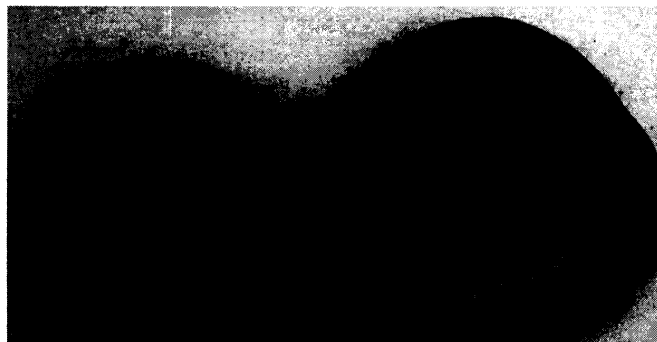


図 37. 樹冠面積1m<sup>2</sup>当り2果の寡少着果によって発生したニホンナシ‘豊水’のみつ症状

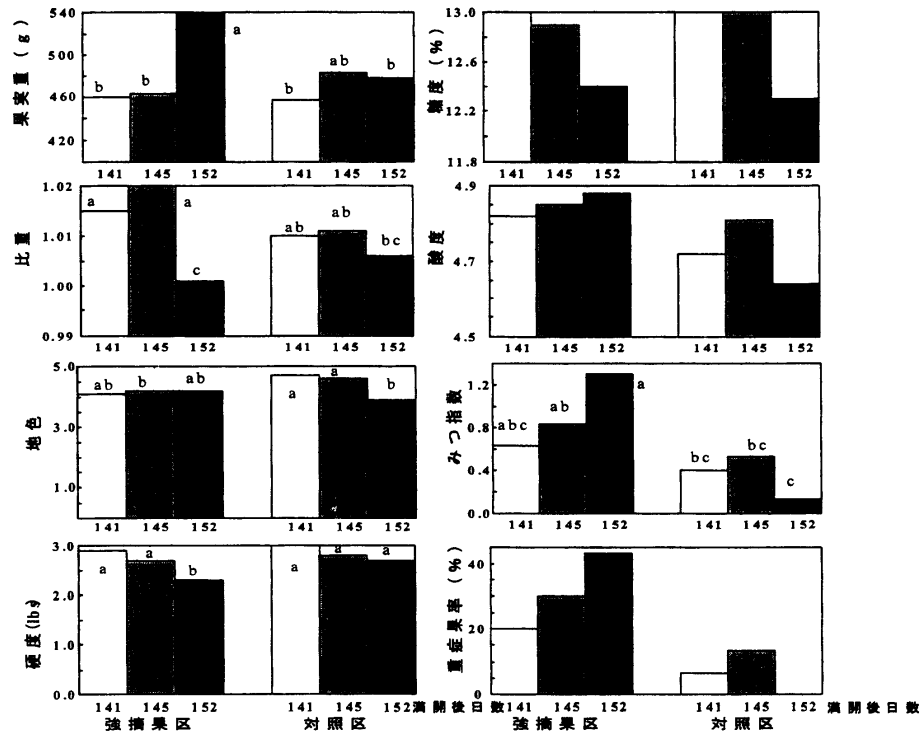


図 38. 強摘果がニホンナシ「豊水」の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
1991年に旧茨城県園芸試験場に植栽された樹を供試し、単位樹冠面積当り  
4果/m<sup>2</sup>に強摘果した。対照区は12果/m<sup>2</sup>である。同じ項目で異なった  
英文字間では Tukey の多重比較により 5%水準で有意な差が認められる。

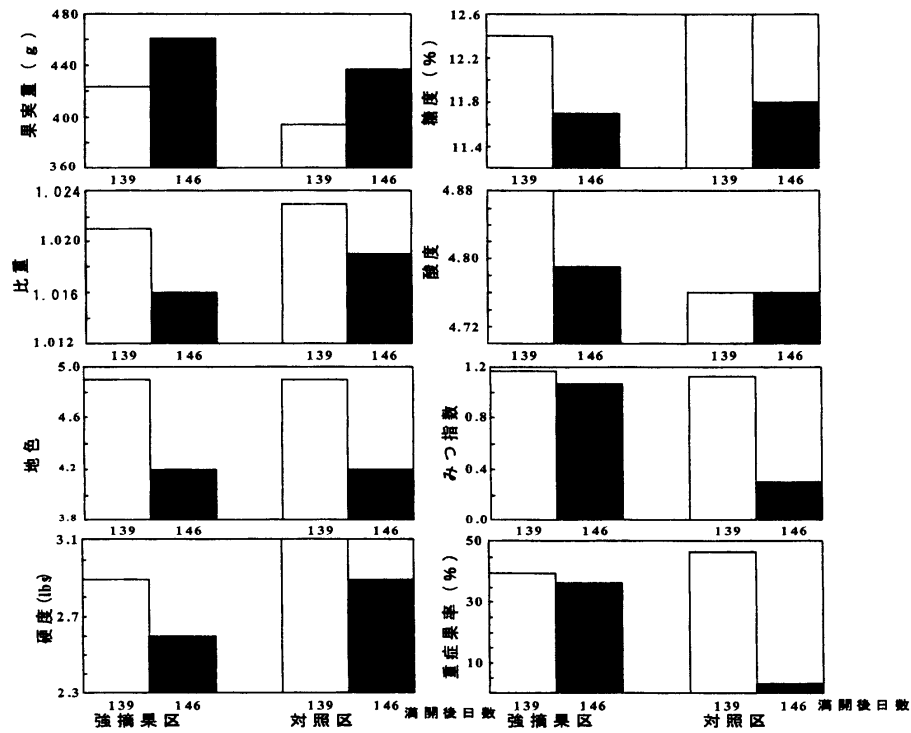


図 39. 強摘果がニホンナシ「豊水」の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
1991年に現地下妻市に植栽された樹を供試し、単位樹冠面積当り 8果/m<sup>2</sup>  
の強摘果区と12果/m<sup>2</sup>の対照区を設けた。

### 摘果強度とみつ症発生との関係

着果量が樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り 2 果と、極端に少ない樹の果実は著しく大きく、地色が進まず、果色が緑色のままであった。また、果実比重が低下し、みつ症が著しく多発した。これは地色値が小さく着色が進まないまま、果肉先熟となる冷夏年の異常発生の様相に似ていた。さらに、樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当り 12 果の標準着果に対して 4 果または 8 果と強度な摘果を行った結果、著しくみつ症が多発した。例年みつ症重症果を多発 (50% 以上) している現地下妻市の園 (表 19 および表 21 の No.15 園) は、例年樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当りの着果数が 3 ~ 4 果であり強摘果を行っていた。また、第 4 章・第 1 節で供試した県下 20 園における樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当りの着果数と葉果比の関係を求めたところ、両者に有意な相関関係が認められ、樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当りの着果数 12 果は葉果比 46.8, 8 果は 62.3, 4 果は 77.7 となった。摘葉処理によって、果実比重および硬度が高くなり、糖度が低下して成熟が抑制された。一方、強摘果処理

によって、地色値は小さいが比重および硬度が低下し、糖度が高まり成熟が促進された。みつ症発生は果実の成熟度と密接な関係があることから、成熟が抑制された摘葉処理でみつ症発生が抑制され、成熟が促進された強摘果処理でみつ症発生が助長されたと考えられる。リンゴでは着果制限による果実肥大促進がみつ症発生に関係のあること<sup>9,3)</sup>、高い Source-Sink 比が果実の成熟を促進するためにみつ症発生を助長すること<sup>5,7)</sup> および夏季せん定がみつ症の発生を抑制したこと<sup>5,6)</sup> が報告されている。さらに、急激なリンゴ果実の生長は、果実内へのカルシウムの取り込みを低下させ、各種の生理障害の発生を助長すると報告<sup>3, 5,7, 9,3)</sup> されている。これらのことから、本実験の強摘果による‘豊水’のみつ症発生は、果実の急激な肥大によってカルシウムの吸収蓄積が低下して生じた結果と考えられる。

以上のことから、‘豊水’のみつ症は、Source に対して Sink が小さすぎる場合に生じる生理障害であると考えられた。

## 第 5 章 土壌と施肥管理がニホンナシ ‘豊水’ のみつ症発生に及ぼす影響

‘豊水’のみつ症は、同じ園の中でも発生する樹と発生しない樹があることから、根本的には根の機能低下に発生原因があると考えられている<sup>1,0,3)</sup>。‘二十世紀’では耕土の浅い、下に不透水層のある滞水しやすい地点にみつ症発生が多かった<sup>6,2)</sup>、また‘豊水’で湛水処理によるストレスがみつ症発生の誘因になる<sup>2)</sup>との報告がある。しかし、同じ‘豊水’で湛水や乾燥処理を行い、土壌水分とみつ症発生の関係を検討したが、明らかな結果は得られなかった<sup>2,9)</sup>という報告もある。一方、生産現地では一度に多くの断根を伴う土壌改良や樹勢の低下した‘豊水’で豚糞等の多施用や過剰施肥によってみつ症の発生を助長した事例がみられた。リンゴでも過剰施肥がみつ症の発生を助長することが報告されている<sup>5,7)</sup>。

そこで、本章では土壌水分条件や断根または過剰な施肥が‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響を検討した。

### 第 1 節 土壌水分条件の影響

ニホンナシやリンゴではこれまで土壌水分の多い、排水不良地にみつ症の発生が多いとされてきた<sup>5,3, 6,2)</sup>。しかし、1988 年のみつ症多発年に現地調査した結果、

長期間湛水状態にあった沖積土壌園や比較的土壌水分の多い多湿黒ボク土壌でみつ症発生の少ないことが認められた (第 4 章・第 1 節)。そこで本節では土壌水分条件とみつ症発生の関係を検討した。

#### 1. 材料および方法

##### 実験 1. 土壌排水の良否

旧茨城県園芸試験場 (茨城県稲敷郡阿見町) のナシ栽培圃場は、表層腐植質黒ボク土で周囲の一边が陸田に隣接し、地下水位が高く夏期の乾燥時でも地下水位が 40cm 程度で、排水不良であった。1989 年に、その陸田に隣接して地下水位の最も高い地点に植栽された‘豊水’の 17 年生樹 (排水不良区) と、それより約 20m 隔てた比較的排水の良い地点の‘豊水’の同年生樹 (排水良区) を供試して、土壌排水の良否とみつ症発生の関係を検討した。

##### 実験 2. 土壌湛水および強制排水処理

1989 年に旧茨城県園芸試験場 (茨城県稲敷郡阿見町) に植栽された‘豊水’の 17 年生 1 樹を供試し、1991 年までの 3 年間樹冠下の周囲に、根を切らないようにして幅 30cm および深さ 20cm の溝を掘り、7 月初旬より収穫日まで、樹冠下の地表面に水を朝、昼、

夕それぞれ 1,500L ずつ断続的に放水し湛水状態を維持した。

また新たに、'豊水'の18年生樹を供試し、1990年4月10日に根を切断しないよう樹冠下の周囲に幅30cm および深さ50cmの溝を掘り、溝内の水をポンプで強制排水した。さらに樹冠下地表面をビニルで被覆し、雨水の浸入を阻止した。この実験は2年間継続した。さらに、1991年に新たに'豊水'の19年生樹を供試し、同様に5月26日に樹冠下周囲に溝を掘り、樹冠下地表面をESシート(エーザイ生科研)で収穫期まで被覆した。

土壌水分の調査は、主幹より東側に1m離れた地下30cmの地点にポーラスカップを埋設して、土壌水分圧を毎朝9時に測定した。

果実の収穫調査は、おおよそ満開後145日(収穫初期)、満開後155日(盛期)および満開後165日(終期)頃を目安に、無作為に1処理区当り30果ずつ採取して行った。果実品質の調査は、定法により果実重、

比重、地色、硬度、糖度(Brix)および酸度(pH)について調査した。

## 2. 結果

### 実験1. 土壌排水の良否がみつ症発生に及ぼす影響

1990年の土壌水分圧の推移を図40に示した。陸田に隣接した地下水位の高い地点の排水不良地では、最低水銀柱11mm(PF1.15)から最高28mm(PF1.55)と土壌水分が終始多かった。一方、それより20m程度離れた排水良地では、最低水銀柱22mm(PF1.25)から最高39mm(PF1.65)とやや土壌水分が少なかった。

みつ症の発生に有意な差は認められなかったが、土壌排水不良区で1989年は平均みつ指数、重症果発生率がそれぞれ0.43, 16.7%(満開後158日)であり、1990年はそれぞれ0.47, 6.7%(満開後158日)であったのに対して、土壌排水良区では1989年は平均みつ指数、重症果発生率がそれぞれ0.3, 6.7%, 1990年はそれぞれ0.5, 6.7%であった(図41)。

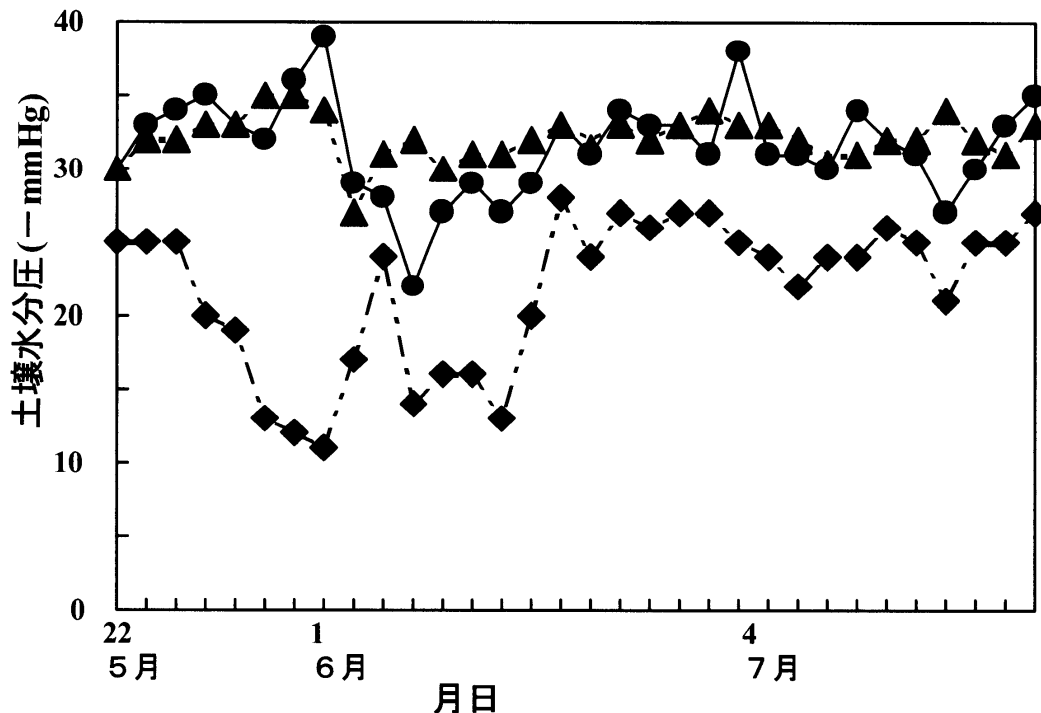


図40. 1990年における土壌水分圧の推移

排水良地(●), 排水不良地(◆)および強制排水(▲)。

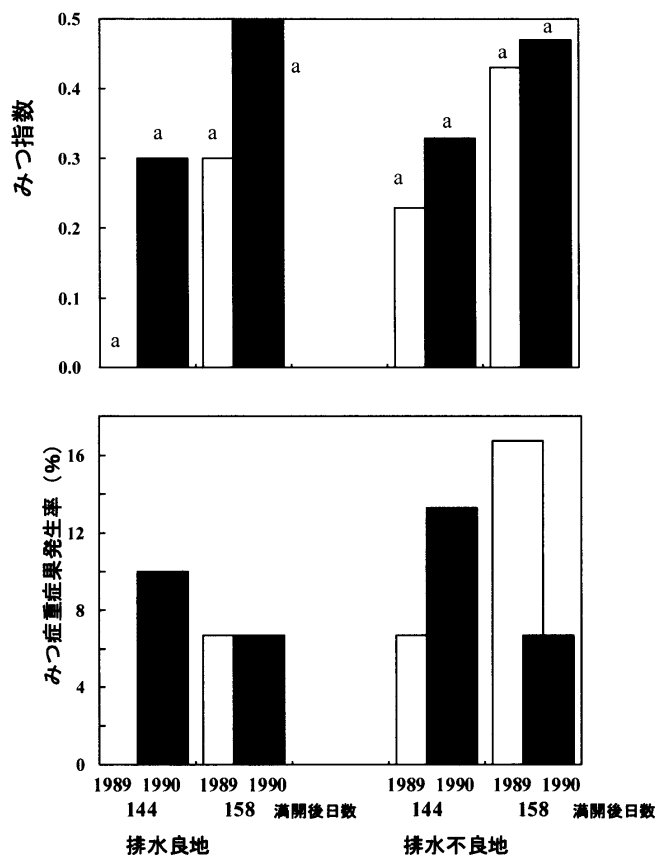


図 41. 土壌排水がニホンナシ「豊水」のみつ症発生に及ぼす影響  
 同じ年次および同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5%水準で有意な差が認められる。

### 実験 2. 土壌湛水および強制排水処理がみつ症発生に及ぼす影響

湛水処理と無処理区間に果実重および地色値で有意な差が認められたが、みつ指数には有意な差はみられなかった。湛水処理により果実肥大が抑制され、満開後 160 日では比重が低下し、地色値がやや大きくなったが、硬度および糖度には差がなく、pH 値はやや高くなった。処理後 3 年目には花芽着生が著しく劣り、着果数が樹冠面積 1 m<sup>2</sup> 当たり 1.6 果となって減少した。その結果、果実肥大に差はなかったが、処理区で比重が大きく、地色値が小さくて成熟が遅れた。また、糖度が 1% 以上低下した。みつ症発生は、処理 1 年目では平均みつ指数に大きな差はみられなかったが、重症果発生率は湛水処理区の満開後 144 日、158 日でそれぞれ 3.3%、0% であったのに対して、無処理区では

それぞれ 6.7%、16.7% であった。処理後 2 年目ではやや差が少なくなったが、同じ傾向であった。しかし、処理後 3 年目には差が認められなかった (表 24)。

樹冠周囲に溝を掘り、強制排水処理した区と無処理区間に土壌水分に差はみられなかった (図 40)。つまり、強制排水処理区では最低水銀柱 27mm (PF1.55) から最高 35mm (PF1.65) であったが、無処理区では最低水銀柱 22mm (PF1.25) から最高 39mm (PF1.68) であった。

果実品質は処理 1 年目では比重および硬度が無処理区より有意に低下した。みつ症は、処理 1 年目にはいずれも処理区で有意に多く発生した。1990 年は処理区の平均みつ指数、重症果発生率が満開後 150 日でそれぞれ 0.47、13.3%、満開後 160 日でそれぞれ 1.17、36.7% であったのに対して、無処理区の平均みつ指数、

重症果発生率は満開後 150 日でそれぞれ 0.3, 10 %, 満開後 160 日でそれぞれ 0.5, 6.7 %であった。1991 年にはむしろ無処理区でみつ症発生が有意に多かった (表 25)。  
 年における初年目の処理でも同様で、みつ症重症果発生率が無処理区より多かった。しかし、処理後 2 年目

表 24. 湛水处理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

年	処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
1989(1年目)	湛水	144	448b	1.040a	3.7b	4.0a	12.4	4.63	0.23a	3.3
		158	506a	1.003b	4.5a	2.7b	13.0	4.74	0.10a	0.0
	無処理	144	442b	1.044a	3.6b	3.7a	12.4	4.59	0.23a	6.7
		158	508a	1.008b	4.1a	2.8b	13.0	4.70	0.43a	16.7
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間		n.s.	n.s.	*	n.s.	-	-	n.s.	-
1990(2年目)	湛水	150	305b	1.023a	3.5c	3.6a	12.3	4.77	0.40a	6.7
		160	328b	1.009b	4.9a	3.0b	13.4	4.77	0.37a	6.7
	無処理	150	395a	1.024a	3.3c	3.7a	12.0	4.77	0.33a	13.3
		160	417a	1.015b	4.4b	3.2b	13.3	4.70	0.47a	6.7
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間		*	n.s.	*	n.s.	-	-	n.s.	-
1991(3年目)	湛水	145	483a	1.023a	4.0b	3.1a	11.6	4.76	0.57a	11.5
	無処理	145	489a	1.011b	4.6a	2.8b	13.0	4.81	0.53a	13.3

1) 樹冠下の周囲に根を切らないように幅 30cm, 深さ 20cm の溝を掘り, 7 月初旬より収穫日まで 樹冠下の地表面に水を朝, 昼, 夕それぞれ 1,500L ずつ断続的に放水し湛水状態にした。

2) <sup>2)</sup> 有意性 \*:p < 0.05 n.s.:有意差なし。

3) 同じ年次および同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5 %水準で有意な差が認められる。

表 25. 強制排水処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

年	処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
1990(1年目)	強制排水	150	440bc	1.017ab	3.3b	3.9ab	12.4	4.74	0.47b	13.3
		160	490a	1.005c	4.3a	3.0c	12.6	4.80	1.17a	36.7
	無処理	150	430c	1.023a	3.5b	4.0a	12.6	4.55	0.30b	10.0
		160	483ab	1.013b	4.4a	3.5b	13.4	4.64	0.50b	6.7
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間		n.s.	*	n.s.	*	-	-	*	-
1991(2年目)	強制排水	145	443ab	1.020a	4.0b	2.9a	12.2	4.85	0.23a	6.7
		159	485a	1.010b	4.0b	3.1a	11.0	4.75	0.16a	3.3
	無処理	145	489a	1.011b	4.6a	2.8a	13.0	4.81	0.53a	13.3
		159	397b	1.020a	4.6a	2.8a	13.0	4.76	0.60a	20.0
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間		n.s.	n.s.	*	*	-	-	*	-
1991(1年目)	強制排水	144	397	1.020	4.6	3.2	13.0	4.76	0.60	20.0
		159	476	1.010	4.6	2.9	11.9	4.74	0.13	3.3
	無処理	144	416	1.012	4.3	3.0	12.2	4.74	0.13	3.3
		159	465	1.008	4.4	2.8	11.4	4.64	0.10	0.0

1) 4 月 10 日に根を切断しないよう樹冠下の周囲に幅 30cm, 深さ 50cm の溝を掘り, 溝内の水をポンプで強制排水した。さらに樹冠下地表面をビニルで被覆し, 雨水の浸入を阻止した。

2) 1991 年に新たに他の樹を供試し, 同様に 5 月 26 日に樹冠下周囲に溝を掘り, 樹冠下地表面を E S シート(エーザイ生科研)で収穫期まで被覆した。3) <sup>2)</sup> 有意性 \*:p < 0.05 n.s.:有意差なし。

4) 同じ年次および同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5 %水準で有意な差が認められる。

### 3. 考察

土壌水分の多い排水不良地でみつ症の発生が多い傾向であったが、その差は少なかった。また、湛水処理によるみつ症の発生は無処理区と差が認められなかった。これは、1988年のみつ症が多発した年に現地調査した結果、長期間湛水状態にあった沖積土壌園でみつ症発生が少なかったことと一致した。しかし、長年にわたる湛水条件下では樹勢が低下し、花芽着生が劣り、みつ症発生が増加する傾向がみられた。一方、降雨や土中の横からの水浸入を遮断し、強制排水処理を行った結果、みつ症が多発した。しかし、処理2年目には発生が少なくなった。このとき土壌水分圧に大きな差はみられなかったが、ポラスカップを地下30cmの深さに埋設したためと考えられる。また、土壌水分圧の他に土壌含水量(率)を測定する必要があったと考える。供試樹では、1989年の処理前年におけるみつ症重症果発生率が、強制排水処理樹で3.3%および無処理樹で6.7%であり、いずれも処理前年まではみつ症の発生が少なかったが、処理によって明らかにみつ症の発生が助長された。

これらのことから、‘豊水’のみつ症発生は、排水不良地で多い傾向はあるものの、湛水処理で増加することもなく、強制排水処理によって発生が多くなったことから、土壌水分の変動など根圏を取り巻く環境の急激な変化が関与しているものと考えられた。

‘二十世紀’では耕土の浅い、下に不透水層のある滞水しやすい地点にみつ症が多く発生<sup>6)2)</sup>、またリンゴでは土壌水分が増加するにつれて、みつ症の発生が多くなることが報告されている<sup>5)3)</sup>。さらに、湛水処理によって根にエチレンが生成されること<sup>4)4)5)</sup>や根の呼吸が阻害されシアン化合物が蓄積すること<sup>1)0)3)</sup>によって、生育が阻害されることが知られている。また、‘豊水’で湛水処理によるストレスがみつ症発生の誘因になる<sup>2)</sup>との報告がある。一方、‘豊水’で湛水や乾燥処理を行い、土壌水分とみつ症発生の関係を検討したが、明らかな結果は得られなかった<sup>2)9)</sup>という報告もあり、一定した結果は得られていない。このように、本実験結果とは異なる報告もあるが、ポット植えの‘豊水’を供試している実験が多い<sup>2)2)9)</sup>ことから、停滞水期間や酸素量などの差による根の活性に差があったためと考えられる。

以上のように、排水不良や長期間にわたる湛水や急激な土壌水分の変動など根圏を取り巻く環境は、みつ症発生に大きく関係すると考えられる。

## 第2節 断根処理の影響

‘豊水’のみつ症は、土壌排水不良による根の湿害<sup>6)2)1)0)5)</sup>が大きな要因と考えられている。湿害等による根の障害はエチレンの生成<sup>4)5)</sup>やシアン化合物の蓄積と呼吸阻害<sup>6)0)1)0)3)</sup>を引き起こし、地上部に悪影響を与える。

本節では直接断根処理を行うことによって、根の障害と‘豊水’のみつ症発生との関係を検討した。

### 1. 材料および方法

旧茨城県園芸試験場(茨城県稲敷郡阿見町)に植栽された、1989年に17年生の‘豊水’4樹を供試した。試験は1989年より1991年まで3年間、同一樹に対し同じ処理を実施した。断根処理は3年間とも5月中旬に主幹部より1m離して幅40cmおよび深さ60cmにトレンチャーで樹冠下を一周して掘り、その後掘り上げた土をそのまま埋め戻した。処理1年目は根が少なく、直径3~5cmの根を5本程度切断した。処理2年および3年目は根切断部より細根が多く発生したので、その細根を切断した。

調査は満開後145日の収穫始期、満開後155日の収穫盛期および満開後165日の収穫終期に分け、実験ごとに1~3回、1回につき1樹当たり30果ずつ任意に採取し、定法にしたがって果実重、比重(水中浮力より算出)、地色(果樹試カラーチャート)、硬度(マグネステラー型果実硬度計)、糖度(Brix)、酸度(pH)およびみつ指数を測定した。

### 2. 結果

断根処理と無処理区間に果実重および地色値に有意な差が認められ、断根処理によって果実肥大がやや抑制されたが、比重がやや低下し、地色値が大きくなって成熟が促進された。また、糖度は1%弱高くなった。

みつ症の発生に有意な差はみられなかったが、断根処理によって処理1年目は多くなる傾向を示した。つまり、重症果発生率は満開後144日で処理区が6.7%であったのに対して、無処理区は3.4%であった。しかし、満開後158日では差が認められなかった(表26-1)。

処理2年目では果実肥大がさらに抑制され、断根処理区が100g程度劣った。また、地色値が大きくなって成熟が促進された。みつ症発生には有意な差が認め



られず、むしろ無処理区で重症果の発生率が大きかった(表 26-2)。処理 3 年目では比重および硬度に有意な差が認められたが、みつ指数には有意な差はみられなかった。断根処理区の果実がやや大きく、比重、硬度および糖度がやや高く、みつ症は満開後 141 日の重

症果発生率が処理区では 23.3 % および 10 % であったのに対して、無処理区では 6.7 % であり断根処理によって多く発生する傾向がみられた(表 26-3)。

表 26-1. 断根処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1989 年)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
断根	144	418c	1.038b	3.8c	3.8a	13.1	4.63	0.22a	6.7
	158	460b	1.007c	4.6a	2.8b	13.7	4.75	0.42a	11.7
無処理	144	459b	1.045a	3.4d	3.8a	12.4	4.63	0.12a	3.4
	158	532a	1.010c	4.2b	2.8b	12.9	4.68	0.37a	11.7
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間	*	n.s.	*	n.s.	-	-	n.s.	-

- 1) 5月中旬、主幹部より 1m 離して幅 40cm、深さ 60cm にトレンチャーで樹冠下を一周して掘り、その後掘り上げた土をそのまま埋め戻した。2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。  
3) 同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5 %水準で有意な差が認められる。

表 26-2. 断根処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1990 年・2 年目)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
断根	150	320c	1.027a	3.9b	3.9a	12.4	4.76	0.32a	6.7
	160	336c	1.015c	4.7a	3.5b	13.0	4.64	0.40a	6.7
無処理	150	413b	1.023b	3.4c	3.8a	12.3	4.66	0.32a	11.7
	160	450a	1.014c	4.4a	3.4b	13.4	4.67	0.48a	6.7
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間	*	n.s.	*	n.s.	-	-	n.s.	-

- 1) 5月中旬、主幹部より 1m 離して幅 40cm、深さ 60cm にトレンチャーで樹冠下を一周して掘り、その後掘り上げた土をそのまま埋め戻した。2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。  
3) 同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5 %水準で有意な差が認められる。

表 26-3. 断根処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1991 年・3 年目)

処理	反復	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
断根処理	1	415b	1.019a	4.6a	3.8a	15.2	4.72	0.73a	23.3
断根処理	2	485a	1.019a	4.6a	3.5b	12.9	4.74	0.60a	10.0
無処理		457ab	1.010b	4.7a	3.0c	13.0	4.72	0.40a	6.7
分散分析 <sup>2)</sup>	処理区間	n.s.	*	n.s.	*	-	-	n.s.	-

- 1) 5月中旬、主幹部より 1m 離して幅 40cm、深さ 60cm にトレンチャーで樹冠下を一周して掘り、その後掘り上げた土をそのまま埋め戻した。  
2) 満開後 141 日に調査した。3)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし。  
4) 同じ項目で異なった英文字間では Tukey の多重比較により 5 %水準で有意な差が認められる。

### 3. 考察

‘豊水’のみつ症は、同じ園の中でもみつ症が発生する樹と発生しない樹があることから、根本的には根の機能低下に発生原因があると考えられている<sup>1)5)</sup>。そこで前節では根に障害を与えみつ症の発生を再現しようとして、‘豊水’樹に湛水および強制排水処理を実施した。しかし、湛水処理ではみつ症の発生を助長

することはできず、強制排水処理でも処理当年は発生がみられたが、2 年目では発生がみられなかった。また、みつ症が多発した 1988 年に現地調査したところ、長期間湛水状態にあった沖積土壌園の‘豊水’樹でもみつ症の発生がみられなかった。これらのことから、実際圃場ではかなり劣悪な条件にも根が適応して、みつ症の発生が少なかったと考えられる。

本節では直接根を切断し、みつ症発生に及ぼす影響を検討した。処理1年目ではみつ症が発生したが、無処理区と大きな差はみられなかった。また、2年目には差がみられず、3年目になってかなりの差がみられた。供試園は地下水位が高く、夏季の乾燥時でも地下水位が40cm程度で、滞水しやすい排水不良地である。そのため根群の発育が悪く、主幹部より1m離れた位置でも根は少なかった。さらに、処理樹の全根量や切断した根量を測定しておらず断根程度は明らかではないので、断根がみつ症発生に及ぼす影響を本実験結果から断定することはできない。しかし、生産現地では深耕ロータリーによる土壌改良を一度に全園にわたって実施した結果、それ以降みつ症が多く発生するようになった事例がみられた。この原因の一つとして、一度に多くの根を切ったためと考えられる。

以上のことから、一度に多くの断根を伴う土壌改良はみつ症発生を助長すると考えられる。

### 第3節 過剰な施肥の影響

生産現地では、樹勢の低下した‘豊水’に豚糞等の多施用または過剰施肥によってみつ症の発生を助長した事例が認められているので、本節では過剰な施肥が‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響を検討した。

#### 1. 材料および方法

旧茨城県園芸試験場（茨城県稲敷郡阿見町）に植栽された、1990年に18年生の‘豊水’2樹を供試した。元肥（3月5日）として窒素、リン酸および加里の各成分を18kg/10aのみ施肥した区を対照区とし、その他に5月7日、6月6日、7月18日および8月2日の各日にNK化成（17-0-17）を樹冠下に追肥し（7月18日、8月2日は液肥を灌注した）、窒素と加里の各成分量で元肥+追肥の合計48.9kg/10aを施肥した多肥区を設置した。多肥区は着果数を標準（12果/m<sup>2</sup>）より3果多くした。

また、1991年は標準区、元肥倍量区および追肥倍量区の3区を設置した。標準区は全量元肥で、成分量では窒素と加里を各20kg/10aおよびリン酸を10kg/10a施肥した。元肥倍量区は全量元肥で、窒素、リン酸および加里をそれぞれ標準区の倍量施肥した。追肥倍量区は、元肥は標準区と同量施肥し、その他に5月17日、6月17日、7月17日および8月17日の4

回、NK化成（17-0-17）1kgを樹冠下に追肥した。元肥+追肥の合計成分量は、窒素および加里がそれぞれ40kg/10aである。

調査は満開後145日の収穫始期、満開後155日の収穫盛期および満開後165日の収穫終期に分け、実験ごとに1~3回、1回につき1樹当たり30果ずつ任意に採取し、定法にしたがって果実重、比重（水中浮力より算出）、地色（果樹試カラーチャート）、硬度（マグネステラー型果実硬度計）、糖度（Brix）、酸度（pH）およびみつ指数を測定した。

#### 2. 結果

1990年の調査結果では、比重、硬度およびみつ指数に有意な差が認められた。多肥区で果実肥大が促進され、地色値が大きく、比重および硬度が低下した。みつ症は多肥区に多く発生し、重症果発生率は満開後154日で多肥区が30%であったのに対して、対照区は5%であった。満開後161日ではそれぞれ25%および12.8%であり、多肥区で多かった（表27-1）。

1991年も同様に処理区間に比重、硬度およびみつ指数で有意な差が認められた。元肥倍量区で果実が大きく、比重および地色値が低かった。みつ症は元肥倍量区に多く発生し、重症果率は満開後144日で元肥倍量区が26.7%であったのに対し、標準区は13.3%であった。また、満開後152日ではそれぞれ13.3%および0%であった（表27-2）。追肥倍量区は調査日によって差がみられ、みつ症重症果は満開後159日では標準区の方が多かったが、満開後166日では追肥倍量区の方が多かった（表27-3）。

樹勢が低下した樹に追肥を倍量施用した区は、比重、地色および硬度が有意に低下してみつ指数が有意に大きかった。すなわち、みつ症重症果は樹勢の強い樹では発生しなかったのに対して、樹勢が中庸な樹では満開後159日に3.3%発生し、樹勢が弱い樹では満開後144日から発生し、満開後159日には16%が発生した（表28）。

表 27-1. 過剰な施肥がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1990年)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
過剰施肥	154	408a	1.018b	4.1b	2.8b	13.2	4.80	1.03a	30.0
	161	555a	1.008c	4.7a	2.8b	13.0	4.69	0.98ab	25.0
無処理	154	411a	1.022a	3.9b	3.2a	13.8	4.66	0.38c	5.0
	161	406a	1.014b	4.4a	3.1a	12.9	4.72	0.56abc	12.8
分散分析 <sup>1)</sup> 処理区間		n.s.	*	n.s.	*	-	-	*	-

1) 5月7日, 6月6日, 7月18日, 8月2日の各日にNK化成(17-0-17)を追肥し(7月18日, 8月2日は液肥を灌注), 窒素, 加里成分量で48.9kg/10aの標準(無処理)の2倍量の施肥を実施した.

2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし.

3) 同じ欄で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意な差が認められる.

表 27-2. 過剰な施肥がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1991年)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
過剰施肥 <sup>2)</sup>	144	495a	1.004a	4.5b	2.7a	13.7	4.79	1.03a	26.7
	152	529a	0.996b	4.1ab	2.4b	13.0	4.74	0.50b	13.3
無処理	144	489a	1.011a	4.6a	2.8a	13.0	4.81	0.53ab	13.3
	152	478a	1.006a	3.9b	2.7a	12.3	4.64	0.13b	0
分散分析 <sup>1)</sup> 処理区間		n.s.	*	n.s.	*	-	-	*	-

1)<sup>1)</sup> 成分量で, 窒素, 加里各40kg/10a, リン酸20kg/10aを施肥し, 標準(無処理)の2倍量の基肥を施用した.

2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし.

3) 同じ欄で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意な差が認められる.

表 27-3. 過剰な施肥がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響(1991年)

処理	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
過剰施肥 <sup>2)</sup>	154	995	1.014	4.1	2.9	12.7	4.67	0.13	1.1
	166	511	1.006	4.2	2.8	11.4	4.69	0.22	6.4
無処理	159	444	1.006	4.3	2.6	12.8	4.70	0.10	3.3
	166	405	1.002	4.4	2.8	11.9	4.64	0.10	0

<sup>2)</sup> 5月17日, 6月17日, 7月17日, 8月17日の各日にNK化成(17-0-17)1kgを樹冠下に追肥し, 成分量では, 窒素, 加里各40kg/10aである. 標準(無処理)の2倍量の施肥を実施した.

表 28. 過剰な施肥と樹勢の強弱がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

樹勢程度	満開後日数	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)
強	152	510a	1.014bc	4.1	3.0a	12.3	4.61	0.10ab	0
	159	461ab	1.007de	4.2	2.9a	11.5	4.59	0.03b	0
中	144	425b	1.023a	4.5	3.0a	13.4	4.77	0.03b	0
	152	468ab	1.016b	4.3	2.9ab	12.5	4.66	0.06b	0
弱	159	515a	1.010cd	4.2	2.9ab	11.4	4.68	0.23ab	3.3
	144	466ab	1.013bc	4.2	2.6bc	13.2	4.83	0.46a	10.0
	152	508a	1.011bcd	3.8	2.9ab	12.3	4.75	0.23ab	3.3
	159	478ab	1.002e	4.3	2.5c	11.3	4.79	0.40ab	16.0
分散分析 <sup>1)</sup> 処理区間		n.s.	*	*	*	-	-	*	-

1) 5月17日, 6月17日, 7月17日, 8月17日の各日にNK化成(17-0-17)1kgを樹冠下に追肥した. 成分量では, 窒素, 加里各40kg/10aである. 標準(無処理)の2倍量の施肥を実施した.

2)<sup>2)</sup> 有意性 \*: $p < 0.05$  n.s.:有意差なし.

3) 同じ欄で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意な差が認められる.

### 3. 考察

過剰な施肥によって‘豊水’のみつ症発生が再現できた。過剰な施肥によるみつ症発生は、リンゴでいくつか報告されているが相反する結果もあり、条件を揃えてさらに検討する必要がある<sup>5,7)</sup>。‘豊水’の生産現地においても樹勢が低下した園で、過剰に豚糞や化成肥料を施用した結果、みつ症の発生が多くなった事例がみられた。本実験でも樹勢の低下した樹に過剰に施肥したところ、みつ症の発生が増加した。

みつ症の発生要因としてカルシウム不足が考えられている<sup>7, 4, 9, 5, 7, 7, 5, 7, 7, 10, 7)</sup>が、過剰施肥によって窒素や加里が過剰となり、相対的にカルシウムが不足したためにみつ症が発生したと考えられる。実際リンゴで

は、果肉中の窒素や加里含量とカルシウム含量の比とみつ症やカルシウム欠乏に起因する生理障害の発生との間に密接な関係が認められており、カルシウム含量の比率が低いとみつ症など生理障害が発生する<sup>7, 8, 7, 5, 9, 3)</sup>。また、過剰な施肥が根に障害を与え、みつ症発生を助長したとも考えられる。さらに、前章で明らかにしたように、1～2年生の若い側枝を多く配置したり、新梢長が100cm以上と長いなど樹勢が強くてもみつ症の発生が多くなる<sup>8, 2, 9, 8)</sup>ことから、過剰施肥によって窒素過剰の生育をさせると新梢伸長や果実肥大を促進し、みつ症の発生を引き起こすと考えられる。

以上のことから、養分バランスを崩すような窒素や加里の過剰施肥はみつ症発生を助長すると考えられる。

## 第6章 植物成長調節物質がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

植物成長調節物質とみつ症発生との関連は、エチレンについてニホンナシ<sup>1, 4, 2, 9, 6, 2)</sup>やリンゴ<sup>1, 3, 4, 4, 1, 1, 2)</sup>で多く報告されている。いずれもエチレンとみつ症との関係は深く、カルシウム欠乏<sup>7, 4, 6, 4, 9, 5, 7, 7, 5, 7, 7, 10, 7)</sup>とともにみつ症発生の大きな要因と考えられている。しかし、近年‘豊水’の果実肥大と成熟の促進を目的に、ビニル被覆とジベレリンペーストの果梗塗布処理を併せて行くと、みつ症が激しく発生することが明らかになった<sup>5, 5, 8, 9)</sup>。さらに、みつ症は果実の成熟過程における過熟、すなわち老化現象である<sup>1, 1, 3)</sup>が、サイトカイニン<sup>9, 0)</sup>は老化を阻止するホルモンであることから、みつ症の発生を抑制する効果が期待できると考えられる。

本章では、みつ症発生とジベレリン、サイトカイニンおよびエチレンの前駆物質である1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) の関連を検討し、植物成長調節物質によるみつ症発生の防止法を検討した。

### 第1節 ジベレリンの影響

第1章および第2章で既に明らかにしたように、‘豊水’をビニル被覆栽培するとみつ症の発生が多くなることが認められた。特に、果実肥大と成熟の促進を目的に、ビニル被覆とジベレリンペーストの果梗への塗布処理を併せて行くと、みつ症が激しく発生することが明らかになった<sup>5, 5, 8, 9)</sup>。

そこで本節では果実生長初期のジベレリン処理とみつ症発生との関係を検討した。

#### 1. 材料および方法

##### 実験1. ジベレリンペーストの果梗塗布処理の影響

1989年に28年生の‘豊水’1樹を供試し、満開2週間後より2週間間隔で亜主枝の片側半分または側枝単位に、ジベレリンペースト (協和発酵; GA<sub>3</sub>:4:1:7:2.7%) を1果当り30mg果梗に塗布処理し、残りの片側を無処理とした。また、この実験と並行して1989年から1991年までの3年間、第2章・第4節・実験1に供試したビニル被覆栽培の高接11年生の‘豊水’1樹で、満開後30日に同様の処理を行い、ハウス栽培におけるジベレリン処理とみつ症発生との関係を検討した。

さらに、1990年には29年生の‘豊水’1樹を供試し、満開後46日にジベレリン (協和発酵; GA<sub>3</sub>:3:1) の50ppm, 500ppm, 1000ppm各溶液を果実および新梢に散布した。

##### 実験2. ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールの果実散布処理の影響

1990年および1991年に第2章・第4節・実験1のビニル被覆栽培した高接12年生(1990年)の‘豊水’1樹を供試した。満開後30日に主枝単位にパクロブトラゾール製剤であるPP-333 (アイ・シー・アイ・ジャパン; 21.5%) 500倍液 (パクロブトラゾールの最終濃度430ppm) の果実散布区および無処

理区を設けた。

実験1および実験2において各区より20果を無作為に抽出し、満開後30日より収穫日まで、果実の縦径と横径を10日間隔でノギスを用いて測定した。

みつ症発生についての調査方法は、実験1および実験2とも同様に行った。つまり、収穫初期の満開後145日、収穫最盛期の満開後155日および収穫終期の満開後165日頃の3回に分け、実験ごとに1~3回、無作為に1処理区当たり30果ずつ採取した。

果実品質は定法により果実重、比重、地色、硬度、糖度(Brix)および酸度(pH)について調査した。

### 実験3. ジベレリンペーストの果梗塗布処理がエチレンと二酸化炭素発生に及ぼす影響

1999年に茨城県農業総合センター園芸研究所に植栽された‘豊水’の12年生樹を供試した。満開後29日の5月21日にジベレリンペーストを果梗に一周して均一に1果当たり100mg程度、指で塗布した。処理した果実と同じか近くの側枝上に無処理区を設けた。

満開後151日の9月20日に果実を収穫し、第2章・第4節実験6と同じ方法で果実品質、みつ症、す入り程度、エチレンおよび二酸化炭素発生量を調査した。

## 2. 結果

### 実験1. ジベレリンペーストの果梗塗布処理の影響

1989年は暖冬で経過し、‘豊水’の満開日は4月13日で平年より9日早かった。4月は平均気温が平年より2℃高く、5月と6月はやや低め、7月は平年並、8月と9月は高温であった。しかし、7月上旬は平均気温が平年より3℃低かった。

果実生長初期に果実にジベレリンペースト(GA<sub>3+4+7</sub>)を塗布処理することにより、みつ症の発生が有意に促進された。すなわち、満開4週間後の処理では、満開

後139日の収穫果においてみつ症重症果が42.9%、6週間後の処理でも35.3%と著しく多く発生した。その後8週間後から12週間後までの処理では発生率が低くなったが、それでも15%の発生がみられた。一方、無処理区では全くみつ症重症果の発生は認められなかった(図42)。

1990年にビニル被覆栽培した‘豊水’の満開後30日の果実に、ジベレリンペーストを果梗塗布すると、満開後100日頃まで無処理より横径肥大量が多く、果実肥大停滞の期間が短く、その程度も小さかった(図43-1, 図43-2)。また、著しく果実が大きくなり、果実比重および果肉硬度が有意に低下した。さらに、地色値が大きく、成熟が促進された(図44)。みつ症は満開後135日のかなり早い時期から有意に発生が認められ、満開後144日には43.3%、154日には73.3%、164日では86.7%とほとんどの果実がみつ症重症果であった(図44)。また、ジベレリンペーストの果梗塗布処理によつてす入り症状が著しく多発した。これらの結果は、他の2年間でも同様であった。なお、図45にビニル被覆栽培の‘豊水’の果梗にジベレリンペーストを塗布処理して発生したみつ症状とす入り症状を示した。

ジベレリン(GA<sub>3</sub>)溶液を果実に散布した場合にも、果実重、比重およびみつ指数に有意な差が認められ、果実肥大が優れて比重が低下し、地色値が大きくなって成熟が促進され、みつ症が多く発生した(表29)。50ppmの低濃度から1000ppmの高濃度までのいずれの処理区でも発生が認められ、ジベレリンの濃度に正比例して発生率が増加した。しかし、ジベレリン溶液の新梢散布処理では無処理区と同様に、みつ症重症果は全く発生しなかった(表29)。

表29. ジベレリンの散布方法がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

散布方法	散布濃度 (ppm)	果実重 (g)	比重	地色	硬度 (lbs)	糖度 (%)	pH	みつ指数	重症果率 (%)
果実散布	50	459c	1.014c	3.9a	2.9a	13.0	4.45	0.36ab	3.3
	500	553ab	1.014c	4.0a	3.2a	13.0	4.57	0.43ab	10.0
	1000	601a	1.015bc	3.6a	3.2a	13.0	4.69	0.70a	20.0
新梢散布	50	459c	1.020a	3.8a	3.1a	13.2	4.56	0.26ab	0
	1000	449c	1.013c	4.1a	3.0a	13.2	4.55	0.40ab	0
無処理		507ab	1.020ab	3.5a	3.3a	12.6	4.69	0.20b	0
分散分析 <sup>2</sup> 処理区間		*	*	n.s.	n.s.	-	-	*	-

1) 満開後46日にジベレリン(GA<sub>3</sub>)の50, 500, 1000ppmの各溶液を果実および新梢に散布した。

2) <sup>2</sup> 有意性 \*:p < 0.05 n.s.:有意差なし。

3) 同じ欄で異なった英文字間ではTukeyの多重比較により5%水準で有意な差が認められる。

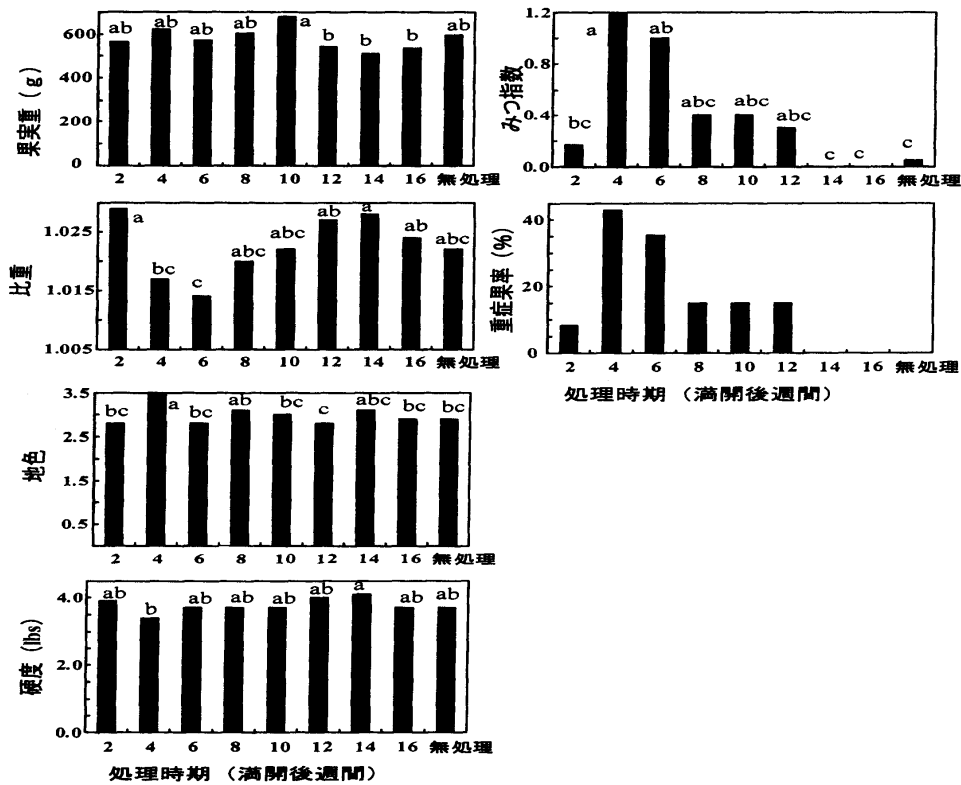


図 42. ジベレリン処理時期がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 ジベレリンペーストを果梗に1果実当り30mg塗布した。満開後139日に調査した。  
 同じ項目で異なった英文字間では補正 Tukey の多重比較により5%水準で有意な差が認められる。

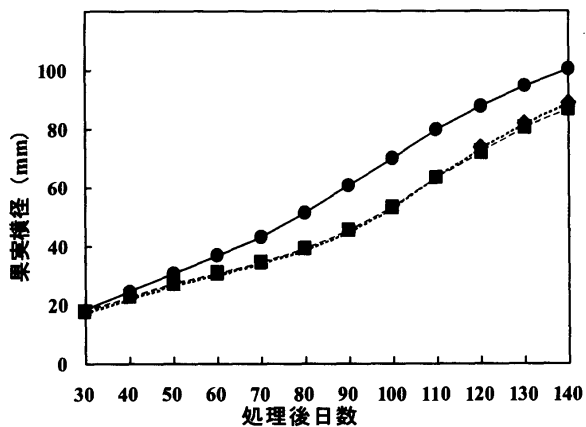


図 43-1. ニホンナシ‘豊水’の果実横径の変化

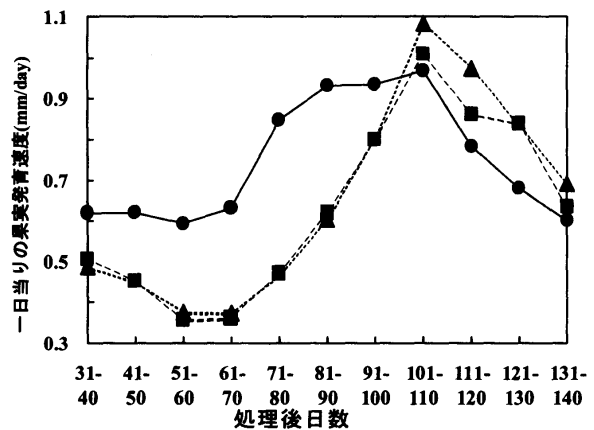


図 43-2. ニホンナシ‘豊水’の1日当りの果実横径の変化

1日当りの果実発育速度 = 果実横径  $D_2 - D_1 / 10 \text{days}$  (mm/day)

1990年にビニル被覆した樹を供試し、果実に処理した。

ジベレリン (●), パクロブトラゾール (▲) および無処理 (■)。

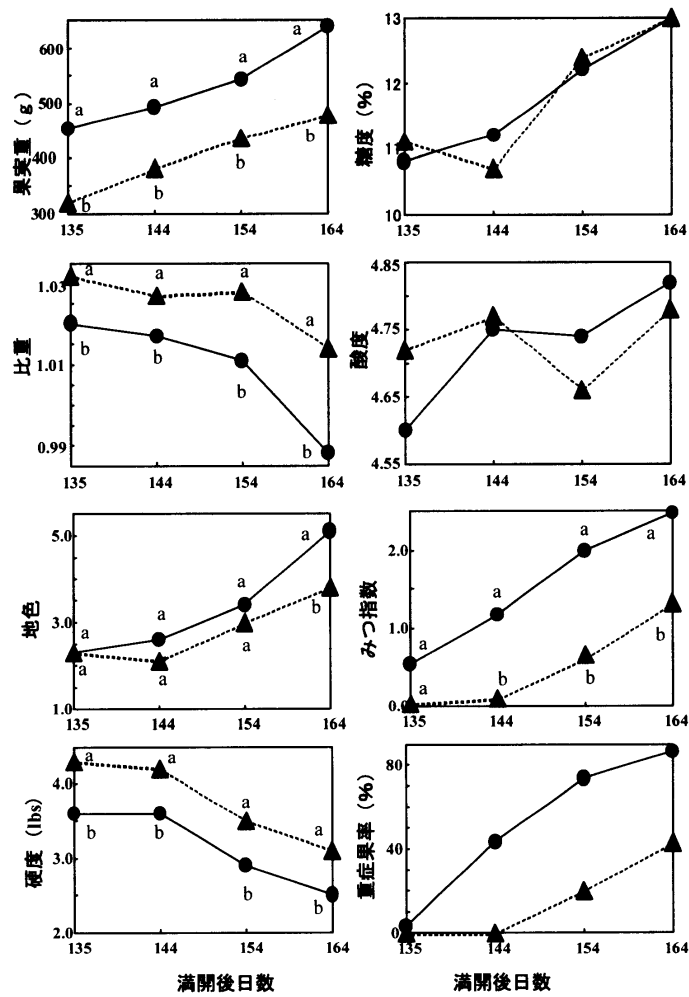


図 44. ジベレリン処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
 1990年にビニル被覆した樹を供試し、満開後30日にジベレリンペーストを果梗に1果当り30mg塗布した。ジベレリン(●)および無処理(▲)。同じ項目および同じ調査日で異なった英文字間では5%水準で有意な差が認められる。

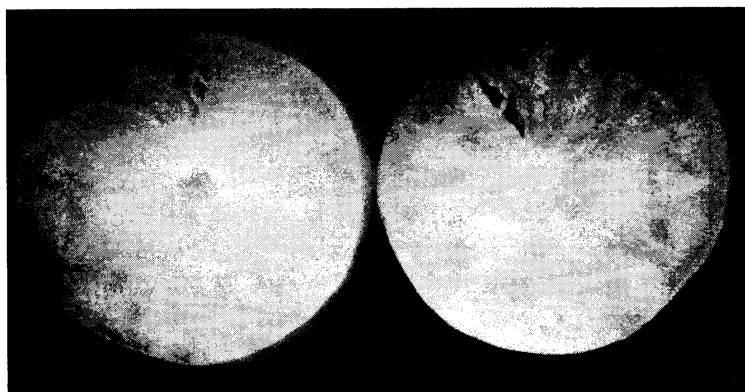


図 45. ハウス栽培でのジベレリン果梗塗布によって発生したニホンナシ‘豊水’のみつ症状とす入り症状

**実験2. ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールの果実散布処理の影響**

1990年にビニル被覆栽培した‘豊水’の満開後30日の果実にパクロブトラゾール430ppm液を散布処理した結果、満開後40日頃までの果実の横径肥大量はやや少なかったが、満開後100日以降は多くなった(図43-1, 図43-2)。果実重や地色値および硬度には有意な差はみられなかったが、比重はやや低かった(図46)。

みつ症の発生には有意な差が認められ、パクロブトラゾール処理によって顕著に抑制された。すなわち、みつ症重症果の発生率は満開後154日で、無処理区が20%であったのに対して、パクロブトラゾール処理区では6.7%と少なかった。さらに、満開後164日では無処理区が42.9%であったのに対して、パクロブトラゾール処理区では8%と顕著に抑制された(図

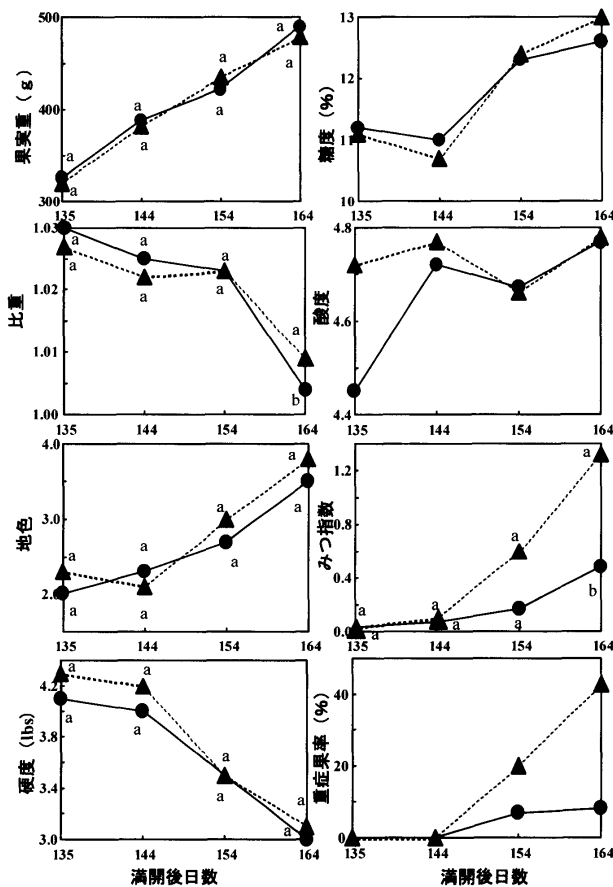


図46. パクロブトラゾールの果実散布がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
1990年にビニル被覆した樹を供試し、満開後30日パクロブトラゾールの430ppm液を果実に散布した。パクロブトラゾール(●)および無処理(▲)。同じ項目および同じ調査日で異なった英文字間では5%水準で有意な差が認められる。

46)。これらの結果は、1991年も同じ傾向にあった。

**実験3. ジベレリンペーストの果梗塗布処理がエチレンと二酸化炭素発生に及ぼす影響**

これまでの実験結果と同様に、ジベレリンペーストの果梗塗布処理によって果実重が増加し、比重と硬度が低下して、みつ症およびす入り症が多く発生する傾向を示した(表30, 表31)。比重、みつ指数およびす入り指数には有意な差が認められた。

エチレン発生量は、ジベレリン処理果実で0.06  $\mu$ L/kgF.W./hrであったのに対して、無処理果実でも0.06  $\mu$ L/kgF.W./hrで差が全くみられなかった。二酸化炭素発生量は、ジベレリン処理果実で6.6mL/kgF.W./hrであったのに対して、無処理果実でも6.2mL/kgF.W./hrでほとんど差はなかった(図47)。

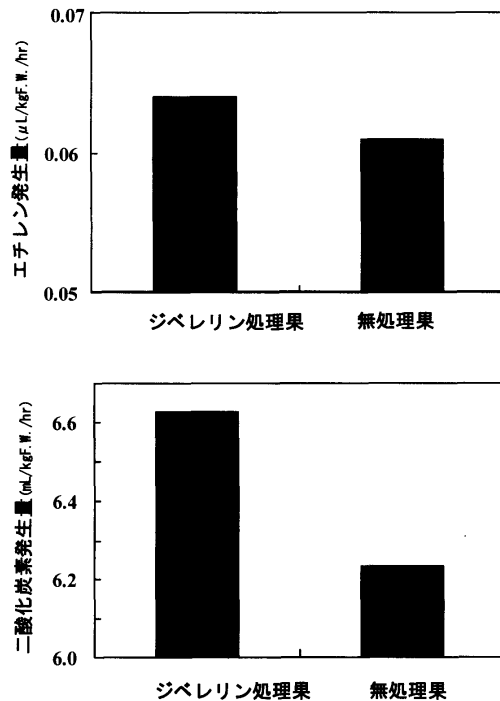


図47. ジベレリン処理がニホンナシ‘豊水’果実のエチレンと炭酸ガス発生に及ぼす影響  
満開後29日にジベレリンペースト100mgを果梗に塗布した。満開後151日の9月20日に調査した。



表 30. ジベレリンの果梗塗布処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質に及ぼす影響

処理	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH
ジベレリン	529	0.984	4.8	2.46	11.8	4.77
無処理	510	1.008	4.7	3.14	13.4	4.76
t-検定 <sup>1)</sup>	n.s.	*	n.s.	n.s.	-	-

1) 満開後 29 日の 5 月 21 日にジベレリンペーストを果梗に 1 果当り 100mg 程度塗布した. 2) 満開後 151 日の 9 月 20 日に収穫し調査した.  
3) <sup>1)</sup>有意性 \* : p < 0.05 n.s.: 有意差なし.

表 31. ジベレリンの果梗塗布処理がニホンナシ‘豊水’のみつ症とす入り発生に及ぼす影響

処理	みつ指数	みつ症発生果率(%)	みつ症重症果率(%)	す入り指数 <sup>2)</sup>	す入り発生果率(%)
ジベレリン	2.4	100	80	2.6	100
無処理	0.2	20	0	0.2	20
t-検定 <sup>3)</sup>	*	-	-	*	-

1) 満開後 29 日の 5 月 21 日にジベレリンペーストを果梗に 1 果当り 100mg 程度塗布した. 2) 満開後 151 日の 9 月 20 日に収穫し調査した.  
3) <sup>2)</sup>す入り指数 0: 無, 1: 少, 2: 中, 3: 多, 4: 甚  
4) <sup>3)</sup>有意性 \* : p < 0.05 n.s.: 有意差なし.

### 3. 考察

満開後 30 日の‘豊水’果実にジベレリン (GA<sub>4+7</sub>) を処理すると果実肥大が著しく促進され、比重および硬度が低下し地色値が大きくなって、成熟が促進され、みつ症が多く発生した。特に、ビニル被覆栽培下でジベレリン処理を施すと発生が顕著に多かった。前川ら<sup>33)</sup>も同様の結果を報告している。

これまでジベレリンとみつ症発生の因果関係は明らかにされていないが、細胞壁多糖類が顕著に蓄積する果実肥大準備期<sup>113), 114)</sup>にジベレリンを処理すると、細胞の肥大や成熟が促進されることにより、みつ症の発生が助長されたと考えられる。ニホンナシ‘新世紀’で開花 4, 6 および 8 週間後にジベレリンを処理した結果、細胞数と細胞の大きさが増加した<sup>64)</sup>。また、同じニホンナシでジベレリン処理の結果、果肉細胞数が増加し、細胞が大きくなるとともに、成熟が 7 日程度促進された<sup>19)</sup>報告がある。さらに、‘二十世紀’および‘新水’では満開後 30 日頃ジベレリンを果実に処理すると、果実の肥大が促進され、成熟が早まる。これは既に実用化技術として普及している<sup>194)</sup>。さらにみつ症が発生した果実の果肉組織には、ジベレリン様物質が多く含まれていることが明らかにされている<sup>31), 98), 109)</sup>。リンゴでもカルシウム欠乏による果

実の生理障害であるビターピットの発生には、新梢や果実中の高いジベレリンレベルが重要な要因となっている<sup>92)</sup>との報告があり、ジベレリンと生理障害発生の関係が示唆されている。

本実験では、‘豊水’の果実に満開後 30 日にジベレリン生合成を阻害するパクロブトラゾールを散布したところ、みつ症の発生が顕著に抑制された。果実肥大は、満開後 40 日頃までの初期の果実肥大がやや抑制され、満開後 150 日頃までは地色値が小さく、比重が高いことから成熟がやや抑制された。梅谷・佐久間<sup>109)</sup>も、‘豊水’でパクロブトラゾール処理によって効果的にみつ症発生を抑制することができ、そして早い時期の処理では新梢伸長や果実肥大を抑制することから、また遅い時期の処理でもみつ症発生の抑制効果が高いことから、満開後 80 日の処理がよいとしている。また、猪俣ら<sup>31)</sup>も‘豊水’でジベレリン生合成阻害剤がみつ症発生を抑制する効果は高いと報告している。さらに、リンゴ‘デリシャス’で花弁落下期とその 2 週間後にパクロブトラゾールを散布した結果、収穫期の果肉硬度とカルシウム含量が高まり、貯蔵中のビターピット等の生理障害が減少した<sup>12)</sup>との報告がある。

これらのことより、果実生長初期でのジベレリンは果肉細胞の肥大を促進し、果実の成熟を早めることに

よってみつ症の発生を助長する。一方、ジベレリン生合成阻害剤のパクロブトラゾールはこれらを抑制したため、みつ症果の発生を軽減したものと考えられる。

ジベレリン処理によってみつ症およびす入り症が有意に増加したが、エチレンや二酸化炭素発生量にはほとんど差がみられなかった。したがって、ジベレリンによるみつ症およびす入り症発生の助長はエチレン誘導によるものとは考えられない。なお、本実験の結果は成熟した果実での測定であるので、ジベレリンペースト処理がエチレン発生や呼吸に及ぼす影響をより詳細に検討するためには、果実生育中におけるエチレンや二酸化炭素の測定が必要である。

以上のことより、果実生長初期、つまり満開後 30 日頃のジベレリン処理は果実の肥大や成熟を促進することにより、みつ症の発生を助長したと考えられた。また、ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールを満開後 30 日の果実に散布処理すると、著しくみつ症の発生が抑制された。これらの結果から、みつ症発生は果実生長初期のジベレリン処理と密接な関係にあると考えられた。

## 第 2 節 サイトカイニンの影響

前節でジベレリンが‘豊水’の果実肥大と成熟を促進し、みつ症の発生を助長することを明らかにした。みつ症は果実の成熟過程における過熟、すなわち老化現象であると考えられている<sup>11)3)</sup>。一方、サイトカイニンは老化を阻止するホルモンとされており<sup>9)1)</sup>、みつ症の発生を抑制する効果が期待できると考えられる。そこで、本節ではサイトカイニンのみつ症発生に及ぼす影響を検討した。

### 1. 材料および方法

1990 年に旧茨城県園芸試験場（茨城県稲敷郡阿見町）に栽植された‘豊水’の高接 12 年生樹を供試した。樹体をパイプハウスで囲い、3 月 5 日に厚さ 0.1m のビニルで被覆し夜温を 5～7℃に設定して加温した。7 月 2 日にビニル被覆を除去した。4 月 25 日の満開後 30 日にサイトカイニン様成長調節物質であるホルクロルフェニユロンの 0.1% 含むフルメット液剤（協和発酵）の 50 倍希釈液（ホルクロルフェニユロンの最終濃度 20ppm）を果実に噴霧器で溶液が滴るほど十分に散布した。展着剤は加用しなかった。主枝単位に

処理し、同一樹内に無処理区を設けた。

調査は、満開後 144 日（8 月 17 日）、154 日および 164 日の 3 時期に行い、1 回につき各区 30 果ずつ任意に採取し、果実品質は定法により果実重、比重、地色、硬度、糖度（Brix）および酸度（pH）について調査した。

### 2. 結果

サイトカイニン様成長調節物質であるホルクロルフェニユロンの 20ppm 溶液を満開後 30 日の果実に散布する処理が、果実品質とみつ症発生に及ぼす影響を図 48 に示した。ホルクロルフェニユロンの果実散布処理によって、果実品質およびみつ症発生に有意な差は認められなかった。しかし、果実重は無処理区より 40 g 増加し、地色値の増加がやや抑制された。また、みつ症の発生は、平均みつ指数では無処理区に対して各調査日ともに 50% 以下の値に抑制された。特に満開後 144 日では、無処理区が 0.13 であったのに対して、処理区では 0.03 でありみつ指数が著しく小さかった。また、重症果発生率は満開後 154 日では差がみられなかったが、満開後 164 日では無処理区が 20% であったのに対して、処理区では 10.5% であり重症果の発生が抑制された。

### 3. 考察

サイトカイニンは老化を防止する働きがある<sup>9)1)</sup>。一方、みつ症は果実の成熟過程における過熟、つまり老化現象であると考えられている<sup>11)3)</sup>、みつ症の発生を防止する効果が期待できると考えられた。そこで‘豊水’のみつ症発生に及ぼすサイトカイニンの影響を検討した結果、サイトカイニン様物質であるホルクロルフェニユロンの果実散布によって果実肥大が促進され、成熟が抑制されて、みつ症の発生が抑制された。折本ら<sup>7)3)</sup>は、同様に‘豊水’で合成サイトカイニン剤であるベンジルアミノプリン（BA）の 100ppm 液を満開 2～3 週間後に果実浸漬処理することによって、果肉中のカルシウム含量が増加し、みつ症が抑制されたと報告している。また、梅谷・佐久間（未発表）は、ホルクロルフェニユロンの本実験より低濃度の 2ppm～10ppm 液を‘豊水’の満開期に散布することによってみつ症の発生を抑制できることを明らかにしている。

以上のことから、サイトカイニン様活性を持つホルクロルフェニユロンの 20ppm 溶液を満開後 30 日の果

実に散布することによって果実肥大が促進され、成熟が抑制されてみつ症の発生が抑制されることが明らかになった。したがって、合成サイトカイニン剤を利用す

ることによってみつ症の発生を防止できるものと考えられ、実用化に向けての適切な使用法を今後さらに検討する必要がある。

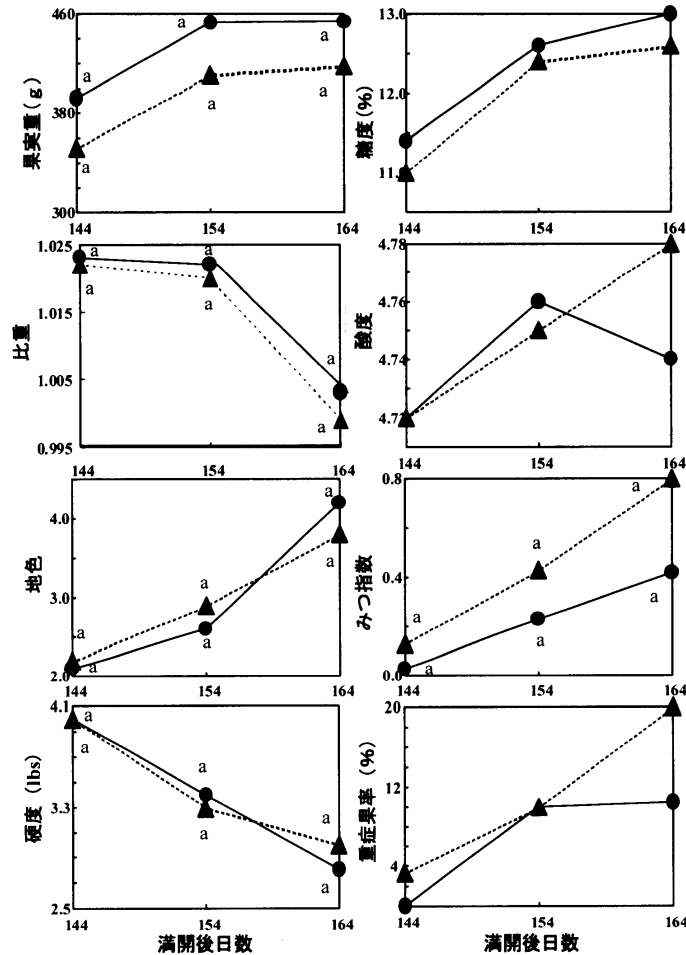


図 48. ホルクロルフェニユロンの果実散布がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響  
ビニル被覆した樹を供試し、ホルクロルフェニユロンの20ppm液を満開後30日に果実散布した。ホルクロルフェニユロン(●)および無処理(▲)。同じ項目および同じ調査日で異なった英文字間では5%水準で有意な差が認められる。

### 第3節 エチレン前駆物質である1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) の影響

エチレンは成熟ホルモンとして、リンゴやナシなどクライマクテリック型果実の成熟を誘導する。また、エチレンは傷害によっても生成される。エチレンの生理作用は、植物の成長抑制、果実の成熟促進、花の萎凋、落葉、落果の誘起など多岐に及び、植物の生育や

環境変化への対応等と密接に関わっている<sup>25)</sup>。また、エチレンとみつ症発生の関係は、ニホンナシ‘豊水’<sup>14, 29, 62)</sup>やリンゴ<sup>13, 44, 112)</sup>で報告されている。いずれもみつ症とエチレンの関係は深く、カルシウム欠乏<sup>7, 46, 49, 57, 75, 77, 107)</sup>とともにみつ症発生の主要因の一つと考えられている。

エチレンは1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) を前駆物質として生成され、外部から添加したACCは様々な植物組織でエチレンに転換する<sup>25)</sup>。また、根の湿害による障害がみつ症発生の一要因と考

えられている<sup>10,5)</sup>が、湛水処理によって根に ACC が蓄積し、地上部でエチレンが発生する<sup>1, 4, 5)</sup>ことが報告されている。

このように、‘豊水’のみつ症発生は、エチレンと密接な関係があるとされているが、この因果関係は十分には明らかにされていない。そこで本節では、エチレンの前駆物質である 1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) を‘豊水’果実に処理し、果実発育や果実品質とみつ症発生に及ぼす影響を検討した。

### 1. 材料および方法

#### 実験 1. ACC 散布時期が果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

1989 年に旧茨城県園芸試験場 (茨城県稲敷郡阿見町) に栽植された‘豊水’の 28 年生樹を供試し、満開 2 週間後より 2 週間間隔で満開 16 週間後まで、また‘豊水’の 17 年生樹を供試し満開 18 週間後に、それぞれ ACC500ppm 液を果実全面に噴霧器で 1 果当り 10mL 散布した。側枝単位に処理を行い、同一樹内に無散布区を設けた。満開は 4 月 13 日であった。8 月 28 日 (満開後 137 日) に果実を各処理区 20 果ずつ採取し、果実品質およびみつ症発生程度を定法に従って調査した。

#### 実験 2. ACC の幼果期散布処理が落果に及ぼす影響

1990 年に‘豊水’の 18 年生樹を供試し、満開後 46 日に ACC500ppm 液を 1 果当り 5mL 散布した。処理後に落果数と果径を経時的に測定した。果径は果実 20 個について処理後 10 日間隔で縦径と横径をノギスで測定した。また、満開後 154 日に処理区と無処理区の果実を採取して、定法によって果実品質とみつ症発生程度を調査した。

## 2. 結果

### 実験 1. ACC 散布時期が果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

ACC500ppm の満開 6 週間後処理は著しく落果を助長した。果実は小さくて非常に硬く、果皮はなめらかでコルク層が形成されず、緑色であった。また、果実比重が著しく低下した。さらに、種子の発育は悪く、稔実種子数が少なく、不稔実種子が多かった。水浸状果も 40 % と多く発生した。満開 8 週間後処理も同様の結果であったが、落果は認められず、果実重の変動が大きかった (表 32)。

満開 8 週間後までの処理では有意に果実重が小さく、果肉硬度が大きかったが、12 週間後以降では地色値が有意に大きくなり、硬度が低下して成熟が促進された。

みつ症の発生は満開 16 週および 18 週後の成熟期前の処理で多かった (表 32)。なお、図 49 に ACC 散布処理によって発生したみつ症状を示した。

### 実験 2. ACC の幼果期散布処理が落果に及ぼす影響

ACC 散布の 10 日後には落果がみられ、その後 30 日まで落果が多くみられ、累積落果率は 70.8 % に及んだ。一方、無処理区では全く落果がみられなかった (図 50)。

果実肥大は、処理 10 日後までは果実横径が増加しなかったが (果実縦径のデータは省略)、30 日以降には無処理と差がなく肥大した (図 51)。果実重、比重および硬度に有意な差が認められたが、みつ指数には有意な差はみられなかった。つまり果実重は無処理の 60 % 程度と小さく、地色値が大きくて、硬度と比重が低く、成熟が促進された。また、みつ症の発生は有意ではないが無処理区の約 3 倍多かった。さらに、稔実種子数は無処理区では 5.1 個であったのに対して ACC 散布区は 4.5 個であり少なかった (表 33)。

表 32. ACC500ppm 溶液の果実散布時期がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

ACC 散布時期	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	みつ指数	重症果率(%)
満開 2 週間後	465abc	1.032a	3.2bcd	3.6b	0.2a	10
4	423bc	1.036a	3.0cd	4.5a	0 a	0
6	165d	1.006b	3.1bcd	3.1bc	1.0a	40
8	365c	1.034a	2.9d	3.4bc	0.2a	5
10	475abc	1.029a	3.1bcd	3.3bc	0.3a	13
12	505ab	1.025ab	3.4bc	3.1c	0.5a	15
14	437abc	1.030a	3.4ab	3.2bc	0.2a	10
16	523ab	1.025ab	4.1a	3.3bc	0.6a	25
無処理 <sup>z</sup>	536a	1.033a	2.9d	3.5b	0.1a	0
18	457a	1.025a	3.9a	3.0a	1.2a	38
無処理 <sup>y</sup>	482a	1.028a	2.9b	3.2a	0.4b	10

1) <sup>z</sup> 28 年生樹を供試した. 2) <sup>y</sup> 17 年生樹を供試した. 3) 8 月 28 日 (満開後 137 日) に収穫し調査した. 4) 同じ欄で異なった英文字間では補正 Tukey の多重比較により 5% 水準で有意な差が認められる.

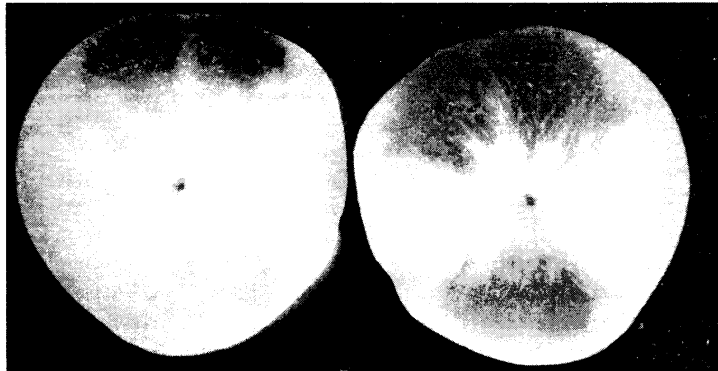


図 49. ACC500ppm液の果実散布で発生したニホンナシ‘豊水’のみつ症状

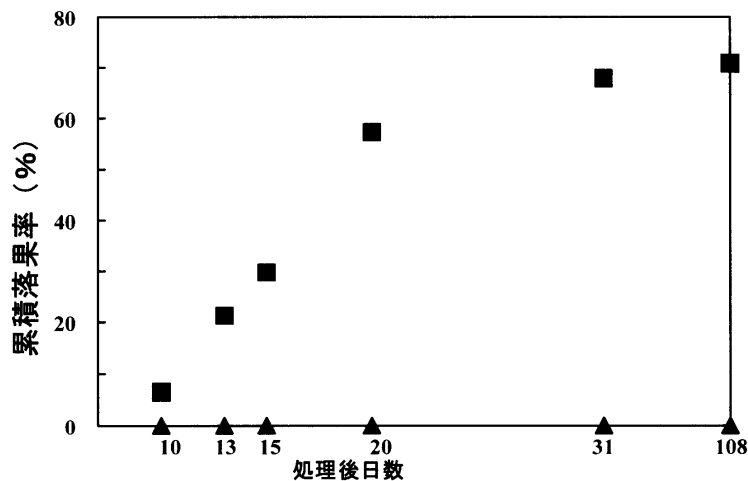


図 50. ACC500ppm 液の果実散布がニホンナシ‘豊水’の落果に及ぼす影響  
満開後 46 日に ACC500ppm 液を 1 果当り 5mL 散布した. ACC 散布 (■) および無散布 (▲).

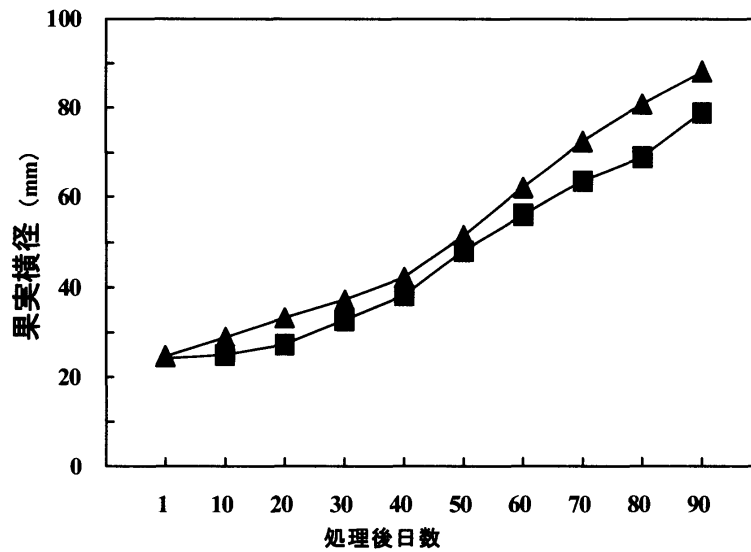


図 51. ACC500ppm 液の果実散布がニホンナシ‘豊水’の果実肥大に及ぼす影響  
 満開後 46 日に ACC500ppm 液を 1 果当り 5mL 散布した。ACC 散布 (■) および無散布 (▲)。

表 33. ACC の果実散布処理がニホンナシ‘豊水’の果実品質とみつ症発生に及ぼす影響

処理	果実重(g)	比重	地色	硬度(lbs)	糖度(%)	pH	みつ指数	重症果率(%)	稔実種子数
ACC 散布	279b	1.008b	3.9a	2.7b	13.0	4.63	1.00a	28.6	4.5 ± 1.8
無処理	467a	1.020a	3.5a	3.2a	13.0	4.69	0.37a	10.0	5.1 ± 1.8

1) 満開後 46 日に ACC500ppm 液を 1 果当り 5mL 散布した。 2) 満開後 154 日に調査した。  
 3) 同じ欄で異なった英文字間では 5%水準で有意な差が認められる。

### 3. 考察

満開 6 週間後の果実発育初期に ACC の 500ppm 液を散布処理することによって、果実肥大が著しく劣り、果実比重が顕著に低下して、水浸状果が多く発生した。また、満開 16 週間および 18 週間後の成熟期前における ACC500ppm 液の散布処理によって、地色値が増し、果肉硬度が低下して成熟が促進され、みつ症が発生した。

ACC の果実散布によりエチレンが発生する<sup>110)</sup>が、発生したエチレンは膜の透過性を増し、細胞壁分解酵素の活性を増したと考えられる<sup>25)</sup>。一方、低温処理やエセホンおよびジベレリン処理をした‘豊水’の果肉は膜の透過性が増し、カリウムイオンが漏出することが明らかにされている<sup>30)</sup>。したがって、エチレンにより膜の透過性が増すことによって、細胞内外にソルビトールやスクロースなどが集積して、水浸状を呈

したと考えられる。

‘豊水’果実へのエセホン処理によりみつ症の発生がみられ<sup>14, 29, 62)</sup>、リンゴでも同じ結果が報告されている<sup>13, 44, 112)</sup>。また、湛水処理によって根に ACC が蓄積し、地上部でエチレンが発生する<sup>4, 45)</sup>ことから、根の湿害による障害がみつ症発生の一要因と考えられている<sup>103)</sup>。このように、みつ症はエチレンが引き金になって発生すると考えられている。

しかし、第 2 章・第 4 節、第 3 章および第 6 章・第 1 節で明らかにしたように、みつ症発生とエチレン発生には必ずしも明確な関係はみられない。すなわち、ポリエチレン袋による果実の被覆処理やワックス散布処理によりみつ症が発生し、エチレンの発生が多かったが、ジベレリン処理ではみつ症が統計的に有意に多く発生しながらエチレンの発生は少なかった。また、‘豊水’のみつ症発生とエチレンとの関係は、みつ症

が発生することによって果実が過熟となりエチレン量は高まるが、エチレンとみつ症の関係は直接的な関係は低く、二次的なものとする報告もある<sup>28, 110)</sup>。さらに、田辺<sup>106)</sup>は、エチレン生成特性と成熟特性からニホンナシ品種を5群のタイプに類別し、エチレン生成量やエチレン生成酵素（EFE）活性とみつ症の発生しやすい品種とは関係が低いことを報告している。これらのことからエチレンとみつ症発生の関係は必ずしも明らかでない。

また、満開6週間後の幼果期におけるACC500ppm液の散布によって、落果が特異的に増加した。ニホンナシでは‘長十郎’で生理落果（早期落果）が認められているが、‘豊水’では生理落果は少ないので、ACC散布処理によって発生したエチレンが落果を助

長したと考えることができる。エチレンは植物器官の離脱を誘導し、幼果の段階で落果する果実はエチレン生成が著しいことが知られている<sup>25)</sup>。しかし、エチレン処理と生理落果は必ずしも関係がないとする報告もある<sup>11, 96)</sup>ことから、エチレンと落果の関係はさらに検討が必要である。

以上のことから、‘豊水’果実への幼果期のACC散布は、早期落果を引き起こし、また満開16週間および18週間後の成熟期直前の散布は、みつ症の発生を助長することが明らかになった。しかし、エチレンが‘豊水’のみつ症発生の直接の引き金かどうかは明らかではなく、みつ症とエチレンの関係をさらに検討する必要がある。

## 総 合 考 察

ニホンナシ‘豊水’は、農林水産省果樹試験場において果実品質の向上、特に肉質の改善を目標に育種を行ってきた集大成の赤ナシ品種である。‘豊水’は、青ナシ系統の‘リー 14’（菊水×八雲）に青ナシ品種の‘八雲’を交配して育成された<sup>4,2)</sup>とされるが、青ナシと青ナシの交配組み合わせから赤ナシは生まれず<sup>4,6)</sup>、交配組み合わせには疑問がある<sup>5,4)</sup>。また、年次によって果肉に生理障害である“みつ症状”<sup>4,1)</sup>が発生し、大きな問題となっている。これは‘豊水’が‘二十世紀’を中心に近縁種間で交配を続けることによって誕生したためと考えられている<sup>3,9)</sup>。

ニホンナシ‘二十世紀’は、完熟期においてみつ症が発生しやすい品種であり、主産地の鳥取県では水ナシと呼ばれてきた。‘八幸’や‘八里’などみつ症が発生しやすい品種は、いずれも‘二十世紀’の後代である。梶浦・大村<sup>3,5)</sup>によれば、江戸時代に栽培されたニホンナシの品種のみつ症発生率は 27 %程度であるのに対して、‘二十世紀’後代の近年の品種や系統を主とした交配実生では 72 %と非常に高い発生率である。さらに、晩生品種のみつ症発生率は 20 %であるのに対して早生品種は 77 %と早生品種ほどみつ症の発生が多い。肉質の軟らかい早生や中生品種を育成するために、‘二十世紀’を中心に近親で交配を続けた結果みつ症の発生率が高まったと考えられ、みつ症発生は遺伝的要因がかなり大きいと考えられる<sup>3,5)</sup>。リンゴでも同様にデリシャスを中心としたその後代の品種系統にみつ症発生が多いことが明らかにされており、みつ症の多くの部分は遺伝的要因であるといえる<sup>3,4, 5,7)</sup>。

しかし、みつ症の発生は、年次や園地および樹体さらには栽培法によって差がみられることから、遺伝的要因ばかりでなく、栽培環境要因の影響も大きいことが考えられる。そこで本研究では、みつ症発生の耕種的防止法を確立するために、栽培要因とみつ症発生の関連を検討した。

みつ症の発生は果実の成熟と密接な関係がある<sup>1,13)</sup>ことから、みつ症の発生時期や様相を明らかにするために‘豊水’の成熟特性を検討した。また、ビニル被覆によるハウス栽培ではみつ症の発生が多くなることから、ハウス栽培での成熟特性とみつ症発生の関連を検討した。さらに、みつ症の発生を形態的に観察した

研究例がないので、電子顕微鏡でみつ症組織を観察した。

‘豊水’のみつ症発生には年次間差がみられることから、気象要因と密接な関係があると考えられるので、成熟とみつ症発生に及ぼす気象要因の影響を検討し、予測式の作成を試みた。また、7月～8月が低温、多雨、寡日照の冷夏年に、またはハウス栽培でみつ症の発生が多くみられることから、低温や高温並びに湿度や遮光との関連を実験的に検証した。

‘豊水’におけるみつ症の発生を耕種的に防止しようとする場合、特にせん定や新梢管理、着果管理または土壌や施肥管理、さらには収穫時期等の栽培管理との関連を明らかにしておくことが極めて重要であり、これらの関係を現地実態調査並びに実験により検討した。

‘豊水’のみつ症発生には、夏季の低温<sup>6, 2, 9, 5, 8)</sup>や湿害等による根の障害<sup>2, 6, 2, 1, 0, 5)</sup>、カルシウム欠乏<sup>4, 6, 4, 9, 1, 0, 7)</sup>およびエチレン発生<sup>1, 4, 2, 9, 6, 2)</sup>が大きく関与していることが明らかにされており、特にエチレン発生とカルシウム欠乏との関連が従来強調されてきた。しかし、ハウス栽培で果実肥大と熟期の促進を目的にジベレリンペーストを満開後 30 日頃に果梗に塗布処理するとみつ症の発生が激しく助長された<sup>5, 5, 8, 9)</sup>ことから、ジベレリンとみつ症発生の関連について検討した。さらに、老化を防止する働きのあるサイトカイニンおよびエチレンの前駆物質である 1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸 (ACC) との関連も検討した。

本研究の結果から以下のようなことが明らかになった。

‘豊水’は、成熟に伴う果色の変化が複雑で収穫適期の判定が困難な上に、その幅も短いため、成熟特性と適期収穫に関する研究が実施された。その結果、ニホンナシ果実の成熟度と果色（地色）が一致することから、農林水産省果樹試験場において果色カラーチャートが作製され、カラーチャートを利用した熟期判定法が開発された<sup>3, 6, 4, 0, 1, 1, 9)</sup>。そして、カラーチャート利用による収穫適期判定法が確立された<sup>6)</sup>。このニホンナシ地色用カラーチャートを利用して、‘豊水’の成熟特性とみつ症発生の時期を検討したところ、茨城県における‘豊水’の成熟期は、農林水産省果樹試験場作製のニホンナシ地色カラーチャートの値が 3.5 で



満開後 145 日頃と判断されたが、年次によってはみつ症の発生がみられた。

‘豊水’のみつ症は、果実成熟の一過程、つまり過熟現象であり、細胞壁の崩壊と光合成代謝産物であるソルビトールの細胞間隙への浸出であることが明らかにされており、地色値が増加するほど発生が多くなる<sup>11,31)</sup>ことから、果実の熟度とみつ症の発生には密接な関係が認められ、満開後 150 日を過ぎたカラーチャート地色 5 の過熟果には、みつ症の発生が多くみられた。

‘豊水’におけるみつ症の発生は、例年では収穫初めに日焼け果に発生がみられ、収穫が進むにつれて発生は減少する。そして収穫終わり頃の過熟果にまたみつ症の発生がみられるようになるが、通常年に日焼け果や過熟果に発生するみつ症は量的に少なく、生産現場では大きな問題とはならない。しかし、果実の着色と熟度が一致しない果肉先熟型となる場合は大きな問題となる。果色にまだ緑色が残り、外観上はまだ未熟と判断されるが、果肉は成熟しており比重および硬度が低下して、みつ症が発生しているからである。

近年のように糖度が上昇し酸が十分に低下して、良く着色した完熟果を市場出荷するような場合はみつ症の発生を助長する危険性があるので、糖度や酸度とみつ症発生との関連を良く見極めカラーチャートを利用して適期収穫を行うことが望まれる。また、7 月～8 月が低温の年には成熟前の果実にもみつ症は異常に発生する<sup>5,38)</sup>が、このようなみつ症の発生が予測される年には、果実の着色にとらわれずに一定期間ごとに果実を採取し、熟度やみつ症の発生を調査することが必要である。また、平年よりカラーチャート地色値で 0.5～1.0 早めて収穫する<sup>5,38)</sup>ことが対策としてとられているが、未熟果が収穫される場合もあることから品質の低下が懸念されるので、ヨード・ヨードカリ染色によるデンプン反応を見て収穫する<sup>37)</sup>ことが望ましい。

一方、ビニルを被覆したハウス栽培では、地色値の進みは露地栽培よりも遅いが比重や硬度が低下して成熟が進む傾向にあった。そして、みつ症の発生が著しく多く、地色値が 3 以上の成熟の早い時期からみつ症の発生が多かった。このようにハウス栽培では、果肉先熟型となりみつ症の発生が助長されることが明らかになった。この要因としては、高温の影響が大きく、高温により果肉の熟度は進むが果皮のクロロフィルの分解が遅れ着色が遅れるためと考えられる。また、ビニル被覆下で高温多湿となり蒸散が抑制され、エチレ

ンの生成やカルシウムの吸収不足によってみつ症の発生が助長されると考えられる。

みつ症組織部の走査型電子顕微鏡観察により、みつ症組織部には厚壁細胞群が多く存在し、その周辺の細胞は大きく変形して肥大し、その配列が乱れていることが明らかになった。しかし、この厚壁細胞群を明らかにするまでには至らなかった。今後の研究課題である。また、す入り組織部の走査型電子顕微鏡による観察では、す入り組織部の細胞はみつ症組織部より大きく変形し、細胞の破壊が進んでいることが明らかになった。みつ症発生に関する組織形態の研究はこれまで行われておらず、この研究をさらに発展させることによってみつ症の新たな発生機構の解明が期待できると考えられる。

過去 13 年間の収穫始期と気象データとの関係を回帰分析し、‘豊水’の成熟には 4 月および 7 月の平均最低気温や 8 月の日照時間が大きく影響することが明らかになった。そして、5 月～6 月が高温に経過し、7 月～8 月が平年より低温に経過すると、‘豊水’の成熟が促進され、みつ症の発生が多くなった。また、‘豊水’の収穫始期や成熟日数と気象要因との重相関関係式が得られたが、予測式として使用するには寄与率が小さく、さらに検討する必要がある。さらに、みつ症が多発する年には比重の低下が急激であることから、果肉硬度と比重および気温からみつ症発生が予測できる<sup>43,47)</sup>。今後は‘豊水’の成熟期やみつ症の発生を高い精度で予測することにより、栽培管理や市場出荷等への対応に活用できるよう、さらに検討を加える必要がある。

‘豊水’のみつ症発生は、夏季 7 月～8 月の低温ばかりでなく高温も影響していることが明らかになった。高温は、生育期をとおして影響しており、特に生育初期の高温は果実肥大や成熟を促進することが明らかとなり、ハウス栽培の‘豊水’にみつ症の発生が多いことで裏付けられている。従来夏季の低温がみつ症発生の引き金と考えられてきたが、果実生長初期の高温が果実の成熟を促進することにより低温に対する感受性を増し、みつ症発生の誘因となっているものと考えられる。しかし、成熟前の高温がより多くみつ症発生を助長することや夏季の低温との関係などさらに検討する必要がある。

夏季 7 月～8 月の低温がみつ症の発生を助長する<sup>6,29,58)</sup>ことから、冷水循環による低温処理を行ったが低温の程度が弱く、また遮光のためと考えられる

がみつ症の発生を十分に再現することはできなかった。また、寒冷紗被覆による遮光処理を実施したが、みつ症発生と遮光の関連はほとんどみられず、むしろ遮光はみつ症の発生を抑制する傾向がみられた。

蒸散作用を抑制することによってみつ症の発生が増加したこと、また炭酸カルシウム剤を散布した‘豊水’果実は、蒸散が促進されて、みつ症の発生が抑制された<sup>3,2)</sup>ことから、蒸散作用とみつ症発生には密接な関連があることが明らかになった。蒸散抑制によるみつ症の発生については、エチレン発生や果実温度の上昇、またはカルシウム不足等のためと考えられる。果実における生理障害の発生は、多くがカルシウム吸収の欠乏と関連づけられており、果実のカルシウム吸収は蒸散作用と密接な関係があり、多湿による蒸散作用の抑制はカルシウムの蓄積を減少させる<sup>3,4)</sup>。また、果実のカルシウム吸収は、果実の蒸散作用が最も高い満開後40日以内に最も多い<sup>7,9)</sup>ことが報告されている。しかし、ニホンナシ‘新高’では7月～8月が高温で土壤が乾燥し、果実へのカルシウムの転流が阻害されて、みつ症が発生した<sup>4,9)</sup>ことから、果実生長後期における高温や乾燥と蒸散およびみつ症発生との関連も検討する必要がある。

現地実態調査から、みつ症発生は土壤や樹勢要因と密接な関係があることが明らかになった。土壤群別では黒ボク土にみつ症が多発し、灰色低地土では少ないことが明らかで、同じ火山灰土壤園でも土壤水分の多い黒ボク土園ではみつ症の発生が少ない傾向が認められた。これらのことから今後、土壤型と根の発育、土壤水分と根の障害および蒸散等、これらとみつ症発生の関連を検討する必要がある。火山灰土壤における物理および化学性は気相の割合が多く、春先の地温の上昇が遅れ夏期に地温の上昇とともに窒素の発現がみられることから、新梢伸長が遅くまで続きカルシウム等塩基の果実への蓄積不良や果実の急激な肥大等による塩基バランスの崩れおよび細胞壁や細胞膜の脆弱化等がみつ症の引き金になると推察される。また、断根を伴う土壤改良や養分バランスを崩すような窒素や加里の過剰な施肥はみつ症の発生を助長すると考えられる。

また、従来の知見に反して、側枝枝齢が若い、予備枝が多い、新梢が長い、葉数が多い、果実が大きいなど樹勢が強くても、みつ症が発生することが明らかになった。さらに、摘葉処理(夏季せん定)により果実の肥大および成熟が抑制されて、みつ症の発生が抑制された。それに対して強度な摘果処理によってみつ症

が多く発生した。リンゴで強勢な新梢伸長や果実の急激な生長は、果実内へのカルシウムの取り込みを低下させ、各種の生理障害の発生を助長することが報告されている<sup>3, 5, 7, 9, 11)</sup>ことから、‘豊水’のみつ症発生の場合も、本実験結果から高い Source-Sink 比により生じるものと考えられる。近年‘豊水’は大果にし、酸が十分に抜けた完熟果を出荷する傾向にあり、みつ症発生を助長する懸念があるので注意が必要である。さらに、近年ニホンナシ‘幸水’は、樹齢が30年生以上と高樹齢化しており、樹勢および収量が低下してきたことから、せん定を強めたり予備枝を多く配置するようになった。また、施肥量を増加し、回数を多く分施するようになった。‘豊水’でも‘幸水’と同じように強せん定または過剰な施肥を実施している園がみられることから、みつ症の発生を助長していると考えられるので、施肥やせん定等の適切な栽培管理が必要である。

果実の肥大や成熟は、植物成長調節物質によって制御されており、特にジベレリンやエチレンの関与が大きい。みつ症発生との関連については、エチレンについていくつか報告がみられる<sup>1, 4, 2, 9, 6, 21)</sup>が、ジベレリンおよびサイトカイニンについては新発見である。果実生長初期の満開後30日頃のジベレリン(GA<sub>3</sub>)処理は果実の肥大や成熟を促進するために、初夏に起きる低温に遭遇する頻度が高くなり、あるいは低温に対する感受性が高くなり、容易に成熟(老化)の引き金が引かれることによって、みつ症の発生が助長されると考えられる。また、ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールの430ppm液を満開後30日の果実に散布処理すると、著しくみつ症の発生が抑制された。これらの結果から、みつ症発生は果実生長初期のジベレリン処理と密接な関係にあると考えられた。また、合成のサイトカイニン様物質であるホルクロルフェニユロンは、みつ症の発生を抑制したことから実用化が望まれる。ホルクロルフェニユロンによるみつ症の発生防止効果については登録に向け現在さらに検討中である。また、エチレンの前駆物質である1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)処理は、明らかに水浸状果の発生を助長したが、エチレンとみつ症発生の関連についてはさらに検討が必要である。

また、ACCの幼果期処理は落果を著しく助長した。茨城県におけるナシ栽培の全作業労働時間に占める割合は、人工授粉および摘果作業等の結実管理作業が26.7%で、整枝せん定作業の29.6%、収穫作業の

18.9 %とともに多い<sup>26)</sup>。省力・低コスト栽培が望まれている今日、薬剤による摘果は省力化の一方法である。セイヨウナシについては、現在日本植物調節剤研究協会にてエチレンによる摘果効果を検討中であるが、本研究結果からニホンナシにおいても可能性が考えられるので、さらに検討したい。

以上、本研究の結果から、みつ症発生の要因として果実生長初期の高温やジベレリンおよび高い Source-Sink 比による急激な果実肥大に伴う細胞壁や細胞膜の脆弱化、または高温やジベレリンによる成熟促進に伴う過熟化、さらには蒸散抑制や高い Source-Sink 比によるカルシウムの吸収蓄積の阻害などが考えられる。

‘豊水’の果実発育は、満開後 30 日間程度の細胞分裂期(S<sub>1</sub>)、満開後 30 日～60 日頃までの細胞肥大準備期(S<sub>2</sub>)、新梢伸長停止後の最も果実が肥大する細胞肥大期(S<sub>3</sub>)および成熟期(S<sub>4</sub>)の 4 期に分けられる。細胞肥大準備期は細胞壁を構成する多糖類が蓄積される重要な時期であり、この時期に細胞壁構成多糖類が十分に蓄積されないと、細胞肥大期や成熟期に裂果やみつ症等の障害が発生しやすくなる<sup>113, 114)</sup>。また、この時期はカルシウムが最も果実に吸収蓄積される時期でもある<sup>102)</sup>ことから、細胞肥大準備に高温や強摘果およびジベレリン処理等を行うと、果実肥大を急激に促進することにより細胞壁の充実が不十分となって、さらに成熟が促進されて、夏季の低温等の影響を受けやすくなり、みつ症の発生を助長すると考えられる。

ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールがみつ症の発生を効率的に抑制すること、また合成のサイトカイニン様物質であるホルクロルフェニユロン

もみつ症の発生を抑制する効果のあることを明らかにした。しかし、パクロブトラゾールのニホンナシ‘豊水’に対する適用は現在未登録のため実用化できないし、みつ症の発生を抑制するカルシウム剤<sup>32, 46, 49, 107)</sup>の抑制効果は不安定<sup>109)</sup>であり、新たな耕種的防止法の確立が必要である。

本研究の結果を総合すると、栽培要因とみつ症発生の関連を図 52 のようにまとめることができる。この図を基に考えられる耕種的防止法は以下の通りである。

『適切な整枝せん定や排水対策、土壌改良および施肥や着果管理または新梢等の夏期管理等により適正な樹勢を維持し、適切な果実肥大と適期収穫を行うことが基本的に重要である』。具体的には、排水対策と乾燥防止を図り、有機物やカルシウム資材を投入して土壌改良を行い、根の発育を促す。土壌改良に際し断根を極力避ける。過剰な施肥(窒素や加里)や強いせん定による徒長を防止する。また、2～3年生の短果枝を中心に利用して風通りの良いせん定を行い、葉数の多い果そうに着果させ直射日光を当てないようにする。強い副梢や徒長枝の発生する果台には着果させない。強い新梢や徒長枝は誘引や摘芯を行い、伸長を抑制するか夏季せん定で除去する。さらに、極端な大玉果または着果過多による小玉果を避け、適正な果実の大きさに仕上げる。冷夏年などでみつ症発生が予想され、果肉先熟となる場合はヨード・ヨードカリ液による染色によりデンプン反応をみて、みつ症が発生する前に収穫するなど適期収穫が耕種的防止法であると考えられる。

本研究で得られた成果は、‘豊水’のみつ症発生を耕種的に防止し、高品質な果実を安定して生産する技術として現地に普及できるものであると考える。

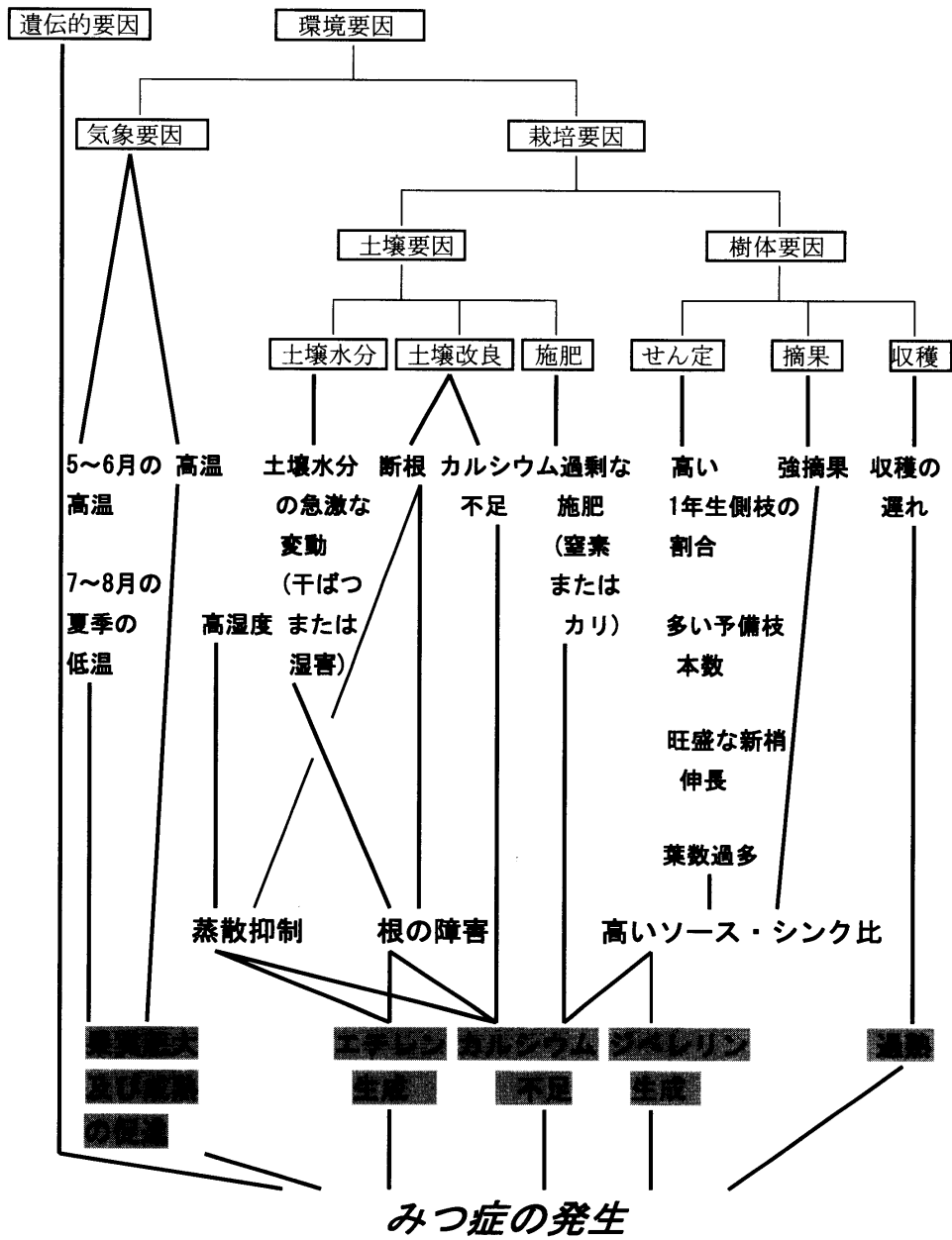


図 52. ニホンナシ「豊水」の栽培要因とみつ症発生に関連図

## 摘 要

農林水産省果樹試験場で育成されたニホンナシ‘豊水’は、大果で豊産性の上に、果汁が多く、糖度が安定して高く、肉質が良いなど優れた特性を持っている。しかし、果皮色の変化が複雑で収穫適期の判定が困難な上に、年によって生理障害であるみつ症が発生するなど栽培上重要な問題点がある。特に、ビニル被覆栽培の‘豊水’は、果肉先熟となりみつ症の発生が助長される。そこで、ビニル被覆栽培における‘豊水’の成熟特性および高温や蒸散抑制とみつ症発生との関連を検討した。さらに、‘豊水’のみつ症発生に及ぼす樹勢や強摘果による高い Source-Sink 比および施肥等の栽培要因の影響を検討し、耕種的なみつ症の発生防止法を探究した。

### 第1章 ニホンナシ‘豊水’の成熟特性とみつ症発生との関連

茨城県における‘豊水’の成熟特性とみつ症発生との関連を検討した。その結果、満開後145日で、農林水産省果樹試験場が作製したニホンナシ地色用カラーチャートの値が3以上となり適熟期となった。しかし、1988年、1989年および1990年はみつ症の発生がみられた。特に地色値が5以上の熟度の進んだ果実でみつ症の発生が多くなった。また、ビニル被覆によるハウス栽培では、果実の着色(地色値)が遅れ、比重や硬度の低下が早く進み果肉先熟となり、地色値が3を超えた時期は満開後150日前後で、露地栽培樹よりやや遅れる傾向がみられた。しかし、みつ症の発生は、露地より多く特に満開後150日を過ぎると著しく発生が多くなった。また、地色値が3以上でみつ症の発生が多くなったことから、収穫適期はみつ症の発生が少ない満開後145日前後と考えられた。

‘豊水’のみつ症状は、多くは果皮直下から内側の皮層部に水浸状に発生がみられたが、中には果芯線維管束に沿ってスポット状に拡大して発生するものもみられた。みつ症状がさらに進み激しくなると、果肉が崩壊して陥没するものや水浸状から褐変するものがみられた。走査型電子顕微鏡でみつ症組織部を観察すると細胞が大きく変形して肥大し、健全部より配列が乱れていた。また、微細な厚壁細胞群が観察された。す入り症状は収穫期後半の熟度がかなり進んだ果実にみ

つ症と合併して発生することが多かった。す入り組織部の走査型電子顕微鏡による観察では、す入り組織部の細胞はみつ症組織部より大きく変形し、細胞の破壊が進んでいた。

### 第2章 ニホンナシ‘豊水’の成熟とみつ症発生に及ぼす気象要因の影響

‘豊水’の果実生長期中の気象要因が果実の成熟に及ぼす影響を検討した。その結果、4月の平均最低気温、8月の平均最高気温および8月の日照時間を変数とする収穫始期の重回帰式が得られた。また、満開後60日間の積算最低気温と降水量および満開日を変数とする果実成熟日数の重回帰式が得られた。さらに、‘豊水’のみつ症が多発した年に共通の気象要因を検討したところ、5月～6月が高温に経過した後に夏季7月～8月に低温に遭遇したことが明らかになった。また、みつ症が発生した年における‘豊水’の生育は、成熟日数が短くなり、収穫期が早まるとともに、果実比重の低下が急激であった。さらに、みつ指数と果実比重および果肉硬度との間には高い有意な負の相関関係が認められた。

夏季における低温とみつ症発生との関係を明らかにするために、7月に冷水循環により果実を低温処理した。その結果、果実周囲の最高気温が平均で5.7℃、最低気温では1.3℃外気温より低下した。低温処理によって比重が低下し、地色値が増加して成熟が促進されて、軽い症状のみつ症の発生がみられたが、大きな差ではなかった。

みつ症発生に及ぼす高温の影響を明らかにするために、‘豊水’の樹体や果実を、果実生長初期にビニルで被覆処理したところ、ビニル被覆によって果実重が増加し、比重が低下してみつ症の発生が多くなった。特に果実のみを被覆した場合にみつ症の発生が多かった。また、果実の異なる発育ステージにビニル袋で果実を被覆した結果、満開後90日から収穫期までの果実生育後期処理でみつ症の発生が著しく多かった。さらに、ポリエチレン袋による果実被覆処理によってみつ症およびす入り症が多く発生し、果実のエチレン発生が増加したが、二酸化炭素の発生には大きな差はみ

られなかった。

夏季が日照不足の年にみつ症が多く発生する傾向がみられたので、‘豊水’のみつ症発生に及ぼす遮光処理の影響を検討したところ、遮光処理によって果実肥大や果実の成熟が抑制され、糖度が低く、酸の低下が抑制された。これらのことは処理2年目では、より一層顕著に現れた。しかし、みつ症の発生は遮光処理によって抑制されたことから、遮光処理がみつ症発生に及ぼす影響はほとんどないと考えられた。

### 第3章 蒸散抑制がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

果実へのビニル袋被覆処理とワックスおよびアブシジン酸散布処理によって、みつ症発生に及ぼす蒸散抑制の影響を検討した。水を20mL入れたビニル袋で果実を被覆した結果、みつ症が多発した。特に、満開後30日以降果実生育の早い時期から収穫期まで被覆した場合、最も多く発生した。また、ワックス散布処理によって果実比重が低下し、みつ症の発生が助長された。す入り症の発生も併せてみられた。アブシジン酸の散布処理でもみつ症の発生が増加する傾向がみられたが、大きな差ではなかった。ワックス処理によってエチレンの発生量が増加したが、二酸化炭素発生量には大きな差はみられなかった。以上のことから、果実のビニル袋被覆またはワックス散布処理によってみつ症およびす入り症の発生が助長され、みつ症発生と高温および蒸散抑制との関係が明らかにされた。

### 第4章 土壌条件と樹勢要因がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

みつ症発生に及ぼす土壌条件や樹勢要因の影響について、現地実態調査から検討したところ、みつ症発生に及ぼす要因は土壌条件が最も大きく、長期間湛水状態にあった沖積土壌園や、土壌水分の多い黒ボク土で発生が少なかった。また、果実が小さく成熟の進んだ果実のみつ症発生が多く、着果量と正の相関関係が認められたが、逆に着果数が少なく果実が大きい園でも発生が多かった。さらに、単位面積当りの葉枚数が多いとみつ症が多い傾向がみられた。また、側枝枝齢が若くて新梢長が長く、予備枝本数が多いとみつ症の発

生が多かった。

みつ症発生に及ぼす摘葉・摘果強度の影響を検討し、以下の結果を得た。摘葉処理によって、みつ症の発生は抑制され、果実肥大や着色および成熟が抑制された。この果実は果実比重や硬度がやや高く、糖度が若干低下した。一方、樹冠面積1㎡当り12果の標準着果に対し、2果、4果または8果と強度な摘果を行った過少着果区では、みつ症が多発した。これらの果実は大きく、果実比重が低下し、果色は緑色のままであった。みつ症は梗基部周辺に多く発生し、果皮直下から全面に広がっていた。これらの症状は、地色値が小さく着色が進まないまま果肉先熟となる、冷夏年のみつ症発生の様相に似ていた。以上のことから、ニホンナシ‘豊水’のみつ症は、Sourceに対してSinkが小さすぎる場合に生じる生理障害であると考えられた。

### 第5章 土壌と施肥管理がニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

みつ症発生に及ぼす土壌水分の影響を検討した。その結果、排水不良地に植栽された‘豊水’でみつ症の発生が多い傾向がみられた。しかし、7月初旬より収穫期まで湛水状態に維持したところ、果実肥大が抑制され、成熟が促進されたが、みつ症の発生は無処理と差がなかった。一方、雨水の浸入を遮断し、強制排水処理を行ったところ、初年目はみつ症が多く発生したが、2年目は発生が少なかった。これらのことから、みつ症の発生には土壌水分の急激な変動が関係していると考えられた。

みつ症発生に及ぼす断根および施肥の影響を検討した。その結果、断根処理によって果実肥大が抑制され、地色値が増加し比重が低下して、成熟が促進された。みつ症は処理1年および3年目に多く発生したが、2年目では明らかな差はみられなかった。また、過剰な施肥は果実肥大を促進し、比重、硬度および糖度を低下させ、みつ症の発生を助長した。特に、樹勢の低下した樹に多肥するとみつ症が多く発生した。以上のことから、断根処理や過剰な施肥はみつ症の発生を助長すると考えられた。

## 第6章 植物成長調節物質がニホンナシ ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす影響

みつ症発生に及ぼす果実生長初期のジベレリンの影響を検討した。満開後30日にジベレリン(GA<sub>3</sub>)ペーストを果実の果梗に塗布処理したところ、果実重が増加し、比重および硬度が低下して、みつ症およびす入りが多く発生した。特に、ビニル被覆栽培した場合にこの傾向はより顕著であった。しかし、果実のエチレンおよび二酸化炭素発生には処理の影響がみられなかった。一方、ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールの430ppmを満開後30日果実に散布処理すると、著しくみつ症の発生が抑制された。これらの結果から、みつ症発生は果実生長初期のジベレリン処理と密接な関係にあると考えられた。

サイトカイニン様物質であるホルクロルフェニユロンの20ppm溶液を満開後30日の果実に散布した結果、果実肥大が促進され、成熟が抑制されてみつ症の発生が抑制された。

果実発育と果実品質、みつ症発生に及ぼすエチレン前駆物質である1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の果実散布処理の影響を検討した。ACCの果実散布によって地色値が大きくなり、比重や硬度がやや低下し、成熟が促進された。満開16週および18週後の成熟期前におけるACCの500ppm液の果実散布処理でみつ症の発生が多かった。また、満開6週後果実へのACC500ppm液の散布処理は著しく落果を助長した。果実は小さく、果皮が緑色でなめらかでコルク層が形成されず、果肉硬度は非常に硬かった。さらに、種子の発育は悪く不稔実種子が多く、水浸状果が多く発生した。以上のことから、果実への幼果期のACC散布は早期落果を引き起こし、また満開

16週間および18週間後の成熟期直前の散布はみつ症発生を助長するものと考えられた。

以上の研究結果を要約すると次のようにまとめられる。ニホンナシ‘豊水’は、満開後145日で地色値が3以上の適熟期となるが、年によりみつ症が発生し、露地栽培では地色値5以上で特にみつ症の発生が多くなった。また、ハウス栽培では露地栽培に比較して果実の着色(地色値)が遅れ、比重や硬度の低下が早く進み果肉先熟となり、地色値3以上でみつ症の発生が多くなった。走査型電子顕微鏡でみつ症組織部を観察すると細胞が大きく変形して肥大し、健全部より配列が乱れており、微細な厚壁細胞群が観察された。みつ症が多く発生した年は、5月～6月が高温に経過した後、夏季7月～8月に低温に遭遇した。しかし、従来みつ症発生の要因とされてきた夏季の低温ばかりでなく高温の影響も大きく、高温にさらされることによって果実肥大と成熟が促進され、みつ症の発生が助長されると考えられた。また、従来みつ症発生の要因と考えられていたエチレンやカルシウムの他に、ジベレリンやサイトカイニンとみつ症の発生には密接な関係があり、さらに高温と蒸散抑制によるエチレン発生がみつ症の発生を助長し、若い側枝齢や強勢な新梢伸長および強度な摘果による高いSource-Sink比、土壌水分条件や過剰な施肥等の栽培要因とみつ症発生との関係が深かった。さらに、ジベレリン生合成阻害剤であるパクロブトラゾールがみつ症の発生を効率的に抑制した。また、サイトカイニン様物質であるホルクロルフェニユロンもまたみつ症発生の抑制効果があることを認めた。

本研究結果から、栽培要因とみつ症発生の関連を図52にまとめ、ニホンナシ‘豊水’におけるみつ症発生の総合的な耕種的防止法について考察を加えた。

## 謝辞

本論文の作成に当たり北海道大学大学院農学研究科教授大澤勝次博士には、終始叱咤激励と懇切丁寧なご指導を、さらには的確なご高見を賜った。衷心より深甚なる感謝の意を申し上げます。また、本論文の作成に当たり懇篤なご教示とご査閲を賜った北海道大学大学院農学研究科教授岩間和人博士、同教授浦野慎一博士並びに同助教授増田 清博士に謹んで感謝の意を表します。

本研究は、農林水産省の補助事業である地域重要新技術開発促進事業により「ニホンナシの生育予測法の策定と着果管理及び収穫適期判定法の確立」の課題名で1986年から1988年まで埼玉県園芸試験場が主査となり、栃木県農業試験場、旧茨城県園芸試験場、千葉県農業試験場、旧三重県農業技術センター、群馬県園芸試験場、旧神奈川県園芸試験場の共同試験で実施された。また、同じ地域重要新技術開発促進事業により「ナシ・カキ・ウメの成熟異常果防止実用化技術の確立」の課題名で、1989年から1991年までの3年間にわたり、旧茨城県園芸試験場（現茨城県農業総合センター園芸研究所）が主査となり、埼玉県園芸試験場、群馬県園芸試験場、旧岐阜県農業総合センターとの共同試験により実施されたものの一부를とりまとめたものである。本研究の企画および推進に際しては、農林水産省農業研究センター企画連絡室連絡調整第2科長田島克巳氏、プロジェクト研究第5チーム長金野隆光氏、同チーム小野祐幸氏、連絡調整第1科長椋田高義氏、同古谷勝司氏、研究交流第1科長中村文夫氏および農林水産省果樹試験場企画連絡室長小崎 格氏、連絡科長高梨和雄氏、同鴨田福也氏、同伊庭慶昭氏、研究交流科長上田義治氏、育種部育種第2研究室長栗原昭夫氏、加工適正研究室田中敬一氏、栽培部長長谷嘉臣氏、栽培第1研究室長間苧谷 徹氏、同福元将志氏、

同室寿松木 章氏、栽培第2研究室長鈴木邦彦氏、同室猪俣雄司氏、土壤研究室長駒村研三氏、気象研究室長本條均氏、同室朝倉利員氏、同室杉浦俊彦氏各位に多くのご指導、ご助言とご協力を賜った。衷心より感謝申し上げます。また共同研究各県試験場の各位、栃木県農業試験場果樹部長松浦永一郎氏、同金子友昭氏、埼玉県園芸試験場果樹部長奥野 隆氏、同部水戸部 満氏、同部浅野聖子氏、千葉県農業試験場果樹研究室長関本美知氏、同室川瀬信三氏、群馬県園芸試験場果樹課長村岡邦三氏、同課松波達也氏、旧岐阜県農業総合センター果樹科長松村博行氏、旧三重県農業技術センター果樹研究室長前川哲男氏、旧神奈川県園芸試験場菱谷政富氏、他多くの研究員各位の皆様にご指導、ご助言とご協力を頂いた。心よりお礼申し上げます。

本研究の企画と推進に当たり茨城県園芸試験場元場長小森 昇氏（故人）、同根本 弘氏、同小沼 寛氏、同果樹部元部長渡辺幸夫氏、同石塚由之氏（故人）、同桧山博也氏、同部山本正幸氏（故人）、同部鈴木陽子氏、茨城県農業総合センター園芸研究所果樹研究室長片桐澄雄氏、同室多比良和生氏、同室梅谷 隆氏、同土壤肥料研究室折本善之氏、同流通加工研究室長桑原 茂氏、同室芝山 撰氏、同生物工学研究所果樹花き育種研究室高津康正氏の各位には共同研究者として多くのご指導、ご助言とご協力を頂いた。心より感謝申し上げます。また、茨城県園芸試験場果樹部高野俊雄氏、同部野口昭治氏、同部武田光雄氏、同部池田 恵氏（故人）の各位には、試験の実施に際し多くのご協力を頂いた。深く感謝いたします。さらに、試験データのとりまとめ等に当たり茨城県園芸試験場果樹部吉田静恵氏、千本松英美子氏には多くのご助力を頂いた。感謝いたします。また、現地調査および現地試験に当たり快くご承諾とご協力を頂いた茨城県各地区農業改良普及所および生産者の多くの各位に深く感謝申し上げます。



## 引用文献

- 1) Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J. D. Watson. 1994. Molecular biology of the cell. 3rd Ed. p.749-751. Garland Pub.Inc., New York, London.
- 2) 朝倉利員・本條 均.1990.ナシみつ症の発生機構の解明.農林水産技術会議事務局編.研究成果236.気象要因に起因する果実の発育異常の解明と制御技術. p.80-82.
- 3) Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Ann. Rev. Phytopathol. 17:97-122.
- 4) Bradford, K.J. and S.F. Yang. 1981. Physiological responses of plants to waterlogging. HortScience. 16:25-30.
- 5) Brooks, C. and D.F. Fisher. 1926. Water-core of apples. J. Agr. Res. 32: 225-260.
- 6) 千葉県農業試験場(主査), 埼玉県園芸試験場, 栃木県農業試験場, 茨城県園芸試験場, 神奈川県園芸試験場, 富山県農業試験場果樹試験場. 1983. 総合助成試験研究報告書. 日本ナシ新品種の安定供給法の確立に関する試験. p.90-101.
- 7) Fallahi, E., W. S. Conway, K.D. Hickey and C.E. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. HortScience 32:831-835.
- 8) Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. p.83-95. Wiley-interscience. New York.
- 9) Faust, M., C. B. Shear and M. W. Williams. 1969. Disorders of carbohydrate metabolism of apples. Bot. Rev. 35:168-194.
- 10) Forshey, C.G., D.C. Elfving and R.L. Stebbins. 1992. Training and pruning apple and pear trees. p.62. Amer. Soc. Hort. Sci. Alexandria, Virginia.
- 11) 福井博一・今河 茂・田村 勉. 1984. リンゴの早期落果とエチレン生成及び離層形成との関係. 園学雑. 53(3):303-307.
- 12) Greene, D.W. 1991. Reduced rates and multiple sprays of paclobutrazol control growth and improve fruit quality of 'Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(5):807-812.
- 13) Greene, D.W., W.J. Lord and W.J. Bramlage. 1977. Mid-summer applications of ethephon and daminozide on apples. II. Effect on 'Delicious'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4):494-497.
- 14) 原田久男・弦間 洋・福島正幸・大垣智昭. 1989. 土壌の差異及び果実に対する遮光、水かん注、エセフォン処理がニホンナシ「豊水」のみつ症発現に及ぼす影響. 筑波大農林研報. 1:13-31.
- 15) 林 真二. 1960. 果樹栽培生理新書・梨. p.237-252. 朝倉書店. 東京.
- 16) 平田尚美・赤山喜一郎・高橋英吉・平塚 伸・新山敏昭. 1983. 日本ナシの果実発育と温度環境に関する研究(第3報) 幼果期における昼夜温の変化と幸水果実の発育特性. 園学要旨. 昭 58 春 :142-143.
- 17) 平田尚美・赤山喜一郎・林 真二. 1981. 日本ナシの果実発育と温度環境に関する研究(第1報) 幼果期(果肉細胞分裂期)における温度の影響. 園学要旨. 昭 56 秋:74-75.
- 18) 平田尚美・佐々木 修・高橋英吉・平塚 伸. 1982. 日本ナシの果実発育と温度環境に関する研究(第2報) 早期保温とケミコン剤の併用による果実肥大と熟期促進. 園学要旨. 昭 57 春:116-117.
- 19) 平田尚美・林 真二・田辺賢二・山田敏士. 1978. ジベレリンの形態と日本ナシ果実の発育及び成熟について. 園学要旨. 昭 53 秋:130-131.
- 20) 廣田隆一郎. 1987. 落葉果樹の施設栽培における問題点. 昭 62 秋園芸学会シンポジウム要旨. 13-21.
- 21) 廣田隆一郎・高田弘生・坂本英則. 1983a. 日本ナシのビニール被覆栽培に関する研究(第1報) ビニールトンネル栽培による二十世紀の熟期促進. 佐賀果試研報. 8:43-52.
- 22) 廣田隆一郎・田久保義和・稲富和弘. 1988. 日本ナシのビニールトンネル被覆栽培に関する研究. (第3報) 果実の肥大に関する2、3の要因について. 佐賀果試研報. 10:103-117.
- 23) 廣田隆一郎・田久保義和・高田弘生. 1983b. 日本ナシのビニールトンネル被覆栽培に関する研究. (第2報) 二十世紀・新水・幸水の果実発育について. 佐賀果試研報. 8:53-63.
- 24) 本條 均. 1994. 園芸作物の生育好適環境条件. (3) 果樹. 三訂施設園芸ハンドブック. p.365-372.

- (社) 日本施設園芸協会.
- 25) 兵藤 宏・楊 祥発.1994.エチレン.高橋信孝・増田芳雄共編.植物ホルモンハンドブック [下].P.161-201.培風館.東京.
  - 26) 茨城県.1997.茨城の園芸.p.109. p.149.
  - 27) 茨城県園芸試験場(主査),埼玉県園芸試験場,岐阜県農業総合研究センター,群馬県園芸試験場,栃木県農業試験場,千葉県農業試験場,三重県農業技術センター.1992.地域重要新技術開発促進事業研究成果報告書.ナシ、カキ、ウメの成熟異常果防止実用化技術の確立.p.23-137.
  - 28) 猪俣雄司・佐々木俊之・福元将志・村瀬昭治・鈴木邦彦.1992.ニホンナシのみつ症に関する研究.(第6報)みつ症の発生と果肉組織の植物ホルモン含量との関係.園学雑.61(別1):6-7.
  - 29) 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄 稔・篠川俣雄・及川 悟・鈴木邦彦.1993a.ニホンナシ‘豊水’のみつ症の発生条件の解明に関する研究.園学雑.62:257-266.
  - 30) 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄 稔・篠川俣雄・鈴木邦彦.1993b.ニホンナシ‘豊水’のみつ症の発生と膜の透過性との関係.園学雑.62: 267-275.
  - 31) 猪俣雄司・及川 悟・八重垣英明・鈴木邦彦.1996.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼすジベレリン及びジベレリン生合成阻害物質の影響.果樹試報.29:51-65.
  - 32) 猪俣雄司・八重垣英明・鈴木邦彦.1999.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす被袋,炭酸カルシウム剤処理および果実-外気温の差の影響.園学雑.68:336-342.
  - 33) 石原 邦.1981.水分蒸散機構.熊沢喜久雄編.植物生理学 5.水とイオン.p.98-108.朝倉書店.東京.
  - 34) 梶浦一郎.1974.リンゴの蜜症状.農業及び園芸.49.1223-1229.
  - 35) 梶浦一郎・大村三男.1982.ニホンナシ栽培品種の成熟特性の変異と収穫方法の解析並びに成熟現象からみた品種の歴史的変遷.果樹試報 A9:61-113.
  - 36) 梶浦一郎・大村三男・佐藤義彦・町田 裕.1980.ニホンナシ品種の成熟特性の解析並びに収穫時期の判定のための「果皮着色特性図」.園学雑.49(1).15-22.
  - 37) 梶浦一郎・大村三男・佐藤義彦・町田 裕.1982.ニホンナシ果実の成熟特性の解析法とその利用.農林水産技術会議事務局編.研究成果 142.果実の成熟生理の解明とそれに基づく鮮度保持技術の開発.73-78.
  - 38) 梶浦一郎・大村三男・志村 勲.1981.ニホンナシ‘豊水’の収穫に適した熟度とカラーチャートを利用した収穫法について.果樹試報 A8:1-12.
  - 39) 梶浦一郎・佐藤義彦.1990.ニホンナシの育種及びその基礎研究と栽培品種の来歴及び特性.果樹試報.特報.1:1-36.
  - 40) Kajiura.I,K.Suzuki and T.Yamazaki.1975.Color chart for Japanese pear (*Pyrus serotina* var. *culta* Rehder). HortScience.10(3).257-258.
  - 41) Kajiura.I, S.Yamaki, M.Omura and I.Shimura.1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder. var. ‘Culta’ Rehder). 1. Description of the disorder and its relation to fruit maturity. Scientia Horticulturae.4:261-270.
  - 42) 梶浦 実・金戸橋夫・町田 裕・前田 誠・小崎 格・田代俊生・岸本 修・清家金嗣.1974.ニホンナシの新品種‘八幸’と‘豊水’について.果樹試報A 1:1-12.
  - 43) 金子友昭・田中敏夫・青木秋広.1983.ナシ豊水のみつ及びす入り症状の発生予測について.園学要旨.昭 58.春:144-145.
  - 44) 加藤公道・佐藤良二.1978.リンゴ果実の成熟(第2報).成熟期の呼吸量,エチレン排出量および内部ガス濃度の相互関係ならびに比重または蜜入りとの関係.園学雑.46(4):530-540.
  - 45) Kawase,M. 1972. Effect of flooding on ethylene concentration in horticultural plants. J.Amer.Soc. Hort.Sci.97.584-588.
  - 46) 川瀬信三・関本美知.1991.ニホンナシ豊水のみつ症の発生に及ぼすキレートカルシウム及びカルシウム拮抗剤の効果と深耕の影響.園学雑.60別1:98-99.
  - 47) 川瀬信三・関本美知・長門寿男・石田時昭・一鍬田 済.1995.ニホンナシ‘豊水’のみつ症の発生と予測.千葉農試研報.36:67-75.
  - 48) 菊池秋雄.1948.果樹園芸学.上巻.p.115.養賢堂.東京.
  - 49) 木村和彦・真鍋 紘・渡辺 勇.1993.ニホンナシ‘新高’の生理障害に関する研究(第2報)水ナシ果発生に及ぼす気象条件と果実内カルシウム含量との関係.高知農技セ研報. 2:65-74.

- 50) 近藤矩朗.1994.アブジジン酸.生理作用.高橋信孝・増田芳雄共編.植物ホルモンハンドブック [下].p.78-117.培風館.東京.
- 51) 工藤和典・櫻村芳記・西山保直・福田博之.1989.リンゴの生理的早期落果に関する研究.第1報.生理的落果に及ぼす気象要因の影響.果樹試報 C.16:23-43.
- 52) 熊代克巳.1977.植物生理からみた果樹栽培の基礎知識.p.107-110.長野県経済連.
- 53) Lotter,J.D.V., D.J. Beukes and H. W. Weber. 1985. Growth and quality of apples as affected by different irrigation treatments. J.Hort.Sci.60 (2): 181-192.
- 54) 町田 裕.1983.各品種の栽培上の特性.豊水.農業技術大系.果樹編.3. ナシ・西洋ナシ.p 73.農文協.東京.
- 55) 前川哲男・服部吉男・小林 昇.1989.ニホンナシの生育予測法の策定と着果管理および収穫適期判定法の確立.三重農技報告.17: 11-24.
- 56) Marini, R.P. and J.A.Barden. 1982. Yield, fruit size, and quality of three apple cultivars as influenced by summer or dormant pruning. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 107(3):474-479.
- 57) Marlow,G.C. and W.H. Loeschner. 1984. Watercore.Hort. Rev. 6: 189 - 251.
- 58) 松浦永一郎・青木秋広.1981.ニホンナシ「豊水」の成熟特性と収穫適期判定.第2報.1980年の不良天候下における成熟の特異性.栃木農試研報.27:107-112.
- 59) 松浦永一郎・坂本秀之.1980.ニホンナシ“豊水”の成熟特性と収穫適期判定.栃木農試研報.26:111-118.
- 60) 水谷房雄.1980.モモのいや地及び耐水性に関する研究.愛媛大学農学部紀要.24:147-161.
- 61) Myers,S.C. and D.C.Ferree.1983.Influence of time of summer pruning and limb orientation on yield, fruit size, and quality of vigorous 'Delicious' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(4):630-633.
- 62) 長柄 稔.1989.水ナシ.農業技術大系.果樹編.3.ナシ・西洋ナシ. p 323-328 の 4.農文協.東京.
- 63) 長門寿男・吉岡四郎・関本美知・新堀二千男.1982.ニホンナシ「幸水」「豊水」の成熟特性とカラーチャート利用による収穫適期の判定.千葉農試報.23:59-74.
- 64) Nakagawa,S.,M.J.Bukova,N.Hirata and H.Kurooka. 1968.Morphological studies of gibberellin-induced parthenocarpic and asymmetric growth in apple and Japanese pear fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci.37:9-19.
- 65) 中野幹夫.1989a.ブドウ「マスカット・オブ・アレキサンドリア」における縮果障害果の組織学的観察と発生要因.園学雑.58(2):289-296.
- 66) 中野幹夫.1989b.ブドウ「マスカット・オブ・アレキサンドリア」果粒の発育第Ⅱ期の特徴と“シミ”症状の発生要因.園学雑.58(3):529-536.
- 67) 日園連.1998.平成10年度版果樹統計 p.41-46.
- 68) 西元直行・沢辺治之.1981.富山県におけるニホンナシ「豊水」の収穫適期ならびに適熟果判定法に関する研究.富山農試研報 12:13-20.
- 69) 農水省果樹試編.1983.ナシ豊水のみつ症状果の発生防止に関する試験.昭和57年度落葉果樹に関する重要研究問題検討会.第一分科会(栽培)資料.P111-146.
- 70) 農水省農林水産技術会議事務局.1990.研究成果236.気象要因に起因する果実の発育異常の解明と制御技術.
- 71) 奥野 隆・向井武勇・水戸部 満・浅野聖子・大友忠三・本多健一郎・山田晴彦.1983.ニホンナシ新水・幸水・豊水の果実成熟の特性とカラーチャートによる収穫適期判定.埼玉園試研報 12: 1-15.
- 72) 折本善之・佐久間文雄.1993.ニホンナシ「豊水」のみつ症発生園土壌の実態.茨城農経セ園研報.1:23-43.
- 73) 折本善之・植田稔宏・小山田勉.1994.ニホンナシ「豊水」のみつ症に対する合成サイトカイニン剤の抑制効果.園学雑.63(別1).168-169.
- 74) 大友忠三.1983.ナシ「豊水」の果肉障害.技術と普及.4:79-83.
- 75) Perring,M.A. 1968. Mineral composition of apples VIII.-Further investigations into the relationship between composition and disorders of the fruit. J.Sci.Fd Agric. 19:640-645.
- 76) Perring,M.A. 1971. Watercore in apples. Annu.Rpt. E. Malling Res. Sta. for 1970.161-162
- 77) Perring,M.A. 1984. Lenticel blotch pit, watercore, splitting and cracking in relation to calcium

- concentration in the apple fruit. *J.Sci. Food.Agric.* 35(11):1165-1173.
- 78) Poovaiah B.W. 1985. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. *HortScience.* 20:347-351.
- 79) Qiu,Y., M.S.Nishina and R.E.Paul. 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(2): 246-253.
- 80) 埼玉県園芸.1992.ナシ、カキ、ウメの成熟異常果防止実用化技術の確立. 地域重要新技術開発促進事業研究成果報告書(主査 茨城県園芸試験場). p.23-137.
- 81) 埼玉県園芸試験場(主査),栃木県農業試験場,茨城県園芸試験場,千葉県農業試験場,三重県農業技術センター,群馬県園芸試験場,神奈川県園芸試験場.1989.地域重要新技術開発促進事業研究成果報告書.ニホンナシの生育予測法の策定と着果管理及び収穫適期判定法の確立. p.186-277.
- 82) 佐久間文雄・片桐澄雄・折本善之・多比良和生・梅谷 隆・鈴木陽子・桧山博也・石塚由之.1995a.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生要因の解明.みつ症発生に及ぼす樹勢要因の影響.茨城農総セ園研報.3:1-10.
- 83) 佐久間文雄・片桐澄雄・多比良和生・梅谷 隆・桧山博也.1996a.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす断根・施肥の影響.茨城農総セ園研報.4:10-15.
- 84) 佐久間文雄・片桐澄雄・多比良和生・梅谷 隆・桧山博也.1998.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす摘葉・摘果強度の影響.園学雑.67(3):381-385.
- 85) 佐久間文雄・片桐澄雄・多比良和生・梅谷 隆・桧山博也.2000.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす果実への袋掛けと蒸散抑制剤処理による高温と蒸散抑制の影響.園学雑.69(3):283-289.
- 86) 佐久間文雄・片桐澄雄・山本正幸・多比良和生・鈴木陽子・石塚由之・渡辺幸夫.1989.ニホンナシの生育予測法の策定と着果管理及び収穫適期判定法の確立.地域重要新技術開発促進事業研究成果報告書(主査 埼玉県園芸試験場). p.198-201.
- 87) 佐久間文雄・多比良和生・梅谷 隆・桧山博也.1996b.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす遮光の影響.茨城農総セ園研報.4:7-9.
- 88) 佐久間文雄・梅谷 隆・桧山博也.1999.ニホンナシ‘豊水’の果実発育,品質,みつ症発生に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の散布時期の影響.茨城農総セ園研報.7:1-5.
- 89) 佐久間文雄・梅谷 隆・多比良和生・片桐澄雄・桧山博也.1995b.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす果実生長初期の高温とジベレリンの影響.園学雑.64(2):243-249.
- 90) 桜井直樹.1994.サイトカイニン.生理作用.高橋信孝・増田芳雄共編.植物ホルモンハンドブック[上].p.580-614.培風館.東京.
- 91) 佐竹正行.1989.収穫時期の判定.農業技術大系.果樹編.3.ナシ・西洋ナシ.p技23-技25.農文協.東京.
- 92) Saure,M.C. 1996. Reassessment of the role of calcium in development of bitter pit in apple. *Aust. J. Plant Physiol.*23:237-243.
- 93) Shear,C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience* 10:361-365.
- 94) Stebbins,R.L. and D.H.Dewey. 1972. Role of transpiration and phloem transport in accumulation of <sup>45</sup>Ca in leaves of young apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97:471-474.
- 95) 杉浦俊彦.1997.ニホンナシの気象生態反応の解析と生育予測モデルの開発.29-41.京都大学学位論文.
- 96) 寿松木 章・岩永秀人・村上ゆり子・間苧谷徹.1988.カキ果実の生理落果とエチレン発生量との因果関係.園学雑.57(2):167-172.
- 97) 鈴木信男.1994.ニホンナシ(赤ナシ)果実の発育・生育異常の発生と対策.平成5年度落葉果樹課題別研究会資料.農水省果樹試験編集.p.1-8.
- 98) 多比良和生・佐久間文雄・桧山博也.1993.ニホンナシ‘豊水’の側枝年齢の違いと収量、果実品質及びみつ症発生との関係.茨城農総セ園研報.1:1-9.
- 99) 多比良和生・佐久間文雄・片桐澄雄・桧山博也.1995.ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす夏季せん定の影響.園学雑.64(別2):134-135.
- 100) 高橋文次郎・渡辺俊三・山木昭平・新居直祐・兵藤 宏・奥瀬一郎・中村三夫・原田 隆・杉浦 明.

- 共訳.1993.果樹の栽培と生理. Kay Ryugo 著. Fruit culture. Its science and art. 生理障害.リンゴとナシのみつ症状.p.138-139.文永堂.東京.
- 101) 高辻豊二・青葉幸二.1984.ナシの生理障害に関する研究(第5報)新梢管理と袋掛けが硬化障害発生に及ぼす影響.園学要旨.昭59春:118-119.
- 102) 高辻豊二・青葉幸二.1985.ニホンナシ果実の硬化障害に関する研究(第2報).障害発生樹のCa栄養特性について.果樹試報A.12:37-59.
- 103) 田村文男・田辺賢二・片山雅至.1995.ナシ台木の耐水性とシアン耐性呼吸との関係.園学雑.64(1):47-53.
- 104) 田辺賢二.1986.落葉果樹産地における植物化学調節剤の有用性と利用の実際.植物の化学調節.21(1):35-43.
- 105) 田辺賢二.1992.ニホンナシ栽培の問題点と展望.平4秋園芸学会シンポジウム要旨.p4.
- 106) 田辺賢二.1994.エチレン生成要因と液胞膜活性からみたニホンナシ果実の成熟特性と品種類別.平成5年度科研費補助金研究成果報告書.1-46.
- 107) 田中敬一・猪俣雄司・川瀬信三・関本美和・永村幸平・川上千里.1992.ニホンナシ(*Pyrus pyrifolia* Nakai var. *culta* Nakai) みつ症の発生機構とCa-EDTAによる防止効果.園学雑.61:183-190.
- 108) 田崎忠良監修.1986. P.J.Kramer 著.水環境と植物.蒸散.p.300-350.養賢堂.東京.
- 109) 梅谷 隆・佐久間文雄.1993.生育調節物質によるニホンナシ‘豊水’みつ症発生防止効果.茨城農総七園研報.1:11-22.
- 110) 梅谷 隆・佐久間文雄・檜山博也.1999.ニホンナシ‘豊水’果実のエチレン発生とみつ症発生に及ぼす1-アミノ・シクロプロパン・カルボン酸(ACC)の影響.茨城農総七園研報.7:6-10.
- 111) 梅谷 隆・佐久間文雄・高津康正・片桐澄雄.1996.走査型電子顕微鏡によるニホンナシ‘豊水’みつ症果組織の観察.園学雑.65(別2):164-165.
- 112) Wang,S.Y. and M.Faust. 1992. Ethylene biosynthesis and polyamine accumulation in apples with water core. J.Amer.Soc.Hort.Sci.117(1):33-138.
- 113) 山木昭平.1982.ニホンナシ果実の生理障害(ボケ,石ナシ,みつ症状果など)における生化学的特徴.昭57秋園芸学会シンポジウム要旨.7-16.
- 114) 山木昭平.1985.果実の成熟過程.ニホンナシ.p.28-33.果実の生理障害と回避対策.ニホンナシ,西洋ナシ,みつ症状.p.122-125.伊庭慶昭・福田博之・垣内典夫・荒木忠治編著.果実の成熟と貯蔵.養賢堂.東京.
- 115) Yamaki,S. and I.Kajiura.1983. Change in the polysaccharides of cell wall, their constituent monosaccharides and some cell wall-degrading enzyme activities in the watercore fruit of Japanese pear(*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder). J.Japan.Soc.Hort.Sci.52:250-255.
- 116) Yamaki,S., I.Kajiura and N.Kakiuchi. 1979. Changes in sugars and their related enzymes during development and ripening of Japanese pear fruit (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder). Bull.Fruit Tree Res. Stn. A6:15-26.
- 117) Yamaki,S., I.Kajiura, M.Omura and K.Matsuda. 1976. Watercore in Japanese pear(*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder). II. Chemical changes in watercored tissue. Scientia Horticulturae.4:271-277.
- 118) 山崎利彦.1983.豊水のミツ症状.果実日本.38(2)34-35.
- 119) 山崎利彦・鈴木勝征.1980.果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究(第1報)カラーチャートの色特性.果樹試報.A7.19-44.

# **Studies on the cultural factors which induce the occurrence of watercore in Japanese pear 'Housui' (*Pyrus pyrifolia* Nakai)**

**Fumio SAKUMA**

## **Summary**

Japanese pear 'Housui' (*Pyrus pyrifolia* Nakai) was bred in the National Institute of Fruit Tree Science (Ibaraki, Japan) in 1972. This new cultivar has many excellent characteristics as fruit, i.e., the flesh is soft and juicy, texture is fine and sugar content is high. However, 'Housui' tends to produce watercore fruits probably due to physiological factors occurring especially in a year with a relatively cool early summer. The incidence of watercore fruit was also high on the trees cultured in the greenhouse. In order to prevent the occurrence of watercore in Japanese pear cv. Housui by improving its cultural method, the environmental, morphological and physiological factors causing the occurrence of watercore were investigated.

## **Chapter 1. Ripening characteristics and symptoms of watercore**

The fruit at the optimum maturity stage in the open field showed a ground color shade value of more than 3 on the color chart made by the National Institute of Fruit Tree Science (Ibaraki, Japan). The optimum harvesting date was about 145 days after full bloom. Even at that optimum stage, however, watercore occurred in 1988, 1989 and 1990. Especially in over-mature fruits, which had a color shade value of more than 5, the incidence of watercore was high. In the greenhouse, maturation of fruit was delayed several days than that in the open field, and the incidence of watercore was high in fruits which had a ground color shade over 3 and were harvested at over 150 days after full bloom. The optimum harvesting date in the greenhouse cultivation was considered to be about 145 days after full bloom.

The symptoms of watercore in the fruits of 'Housui' mostly appeared near the skin, and around the main

vascular bundles of the core line (petal and sepal bundles). Cavities developed in the areas with severe watercore symptoms, and browning was observed. Sclerenchyma cells were found in watercored tissues by the observation using a scanning electron microscope (SEM).

## **Chapter 2. Relationship of maturity and the occurrence of watercore with meteorological factors**

The harvest date was closely correlated with the average of the minimum temperature in April, the average of the maximum temperature in August and the duration of sunshine in August. The number of days from full bloom to harvest were closely correlated with the cumulative value of minimum temperature for and the cumulative amount of precipitation for 60 days from full bloom.

The common meteorological factors in the years when the incidence of watercore fruits of 'Housui' was high were a higher temperature in May and/or June, and a lower temperature in July and/or August. The number of days from full bloom to harvest was shortened and the harvest date was hastened in the years with a high incidence of watercore. Furthermore, the specific gravity decreased rapidly during the ripening period. The watercore index, i.e., normal(0) ~ severely induced(3), was negatively correlated ( $p < 0.05$ ) with the specific gravity and flesh firmness.

Low temperature treatment of fruits with cool water caused the specific gravity to decrease and water-soaked fruits to occur. However, the effect of treatment on the occurrence of watercore was unclear.

The effect of high temperature during the early period of fruit development on the occurrence of watercore in

'Housui' fruit was examined by covering trees or fruits with polyvinyl chloride film during the early period of fruit development. The treatment induced heavier fruits with smaller specific gravity and higher incidence of watercore compared with the control without the film. The incidence of watercore was especially high in the fruits covered with film. Watercore was the severest in fruits covered with the polyvinyl chloride bag during a period from 90 days after full bloom to harvest. The ethylene production increased when the fruits were covered with a polyethylene bag. However, there was no significant difference in the carbon dioxide production between the fruits covered with a polyethylene bag and the control fruits not bagged. Thus, the occurrence of watercore is considered to relate not only to the exposure to lower temperature during early summer, but also to the high temperature during the fruit development.

The effect of decrease of radiation on the occurrence of watercore in 'Housui' was examined by shading the tree canopy. The fruit development and/or maturity were suppressed by the treatment. The fruits in the shading plot had a lower Brix and higher acid concentration compared with those in the control plot without shading. These differences between the plots were clearly seen in the second year of the treatment. The occurrence of watercore was suppressed by shading the tree canopy. Thus, the decrease of radiation was concluded not to directly increase the incidence of watercore.

### **Chapter 3. Effect of transpiration suppression on the occurrence of watercore**

Effects of suppression of transpiration by polyvinyl chloride bagging or by spraying with 10% wax (an anti-transpirant) or with 500 ppm abscisic acid on the occurrence of watercore fruit in 'Housui' were examined. The fruits covered with polyvinyl chloride bags containing 20ml water from 30 days after full bloom to harvest mostly developed severe watercore. The fruits sprayed with 10% wax, a transpiration inhibitor, also became pithy, had a lower specific gravity, and exhibited more watercore than the control. The spraying of 500 ppm abscisic acid had no significant effect on watercore occurrence. The

ethylene production of fruits sprayed with 10% wax increased relative to that of the control fruits. However, there was no significant difference in the carbon dioxide production of fruits between the fruits sprayed with 10% wax and the control fruits. From these results, the occurrence of watercore was considered to be correlated closely with the high rate of transpiration in the fruit.

### **Chapter 4. Relationship of the occurrence of watercore with the soil condition and the tree vigor**

The soil condition and tree vigor were investigated in 103 orchards in order to find the factors related to the occurrence of watercore in 'Housui'. The occurrence of watercore was closely correlated with soil conditions, i.e., watercore was less in alluvial soil orchards where water was logged for a long period, and in water-rich volcanic ash soil (Kuroboku) orchards. A positive correlation ( $p < 0.05$ ) was found between cropping fruit load and the occurrence of watercore. Watercore occurred more in small and over-ripened fruits. Conversely, abnormally big fruits also developed watercore. The incidence of watercore was correlated with the number of leaves per unit area, the length of current shoot and the number of reserved branches.

Effects of leaf defoliation (summer pruning) and fruit thinning on the occurrence of watercore fruits in 'Housui' were examined. Leaf defoliation treatment significantly reduced the occurrence of watercore fruit. However, at harvest, the fruits in the defoliated trees were smaller and had a greener ground color than those in the control. In addition, they had a lower specific gravity and soluble solids concentration, and firmer flesh than the control. The trees in which the fruits were thinned excessively, leaving only 2, 4 or 8 fruits per  $m^2$  of canopy, had a higher percentage of watercore fruits. The fruits at harvest in the treated trees were larger than those of the control, which had 12 fruits per  $m^2$  of canopy, but had lower specific gravity and greener ground color. Watercore occurred especially around the stalk cavity and below the skin of the fruits; these symptoms were similar to those of fruit produced under abnormal climate conditions such as a cool summer. Thus, watercore of 'Housui' was

considered to be caused by a higher source-sink ratio of the tree.

## **Chapter 5. Effects of soil water condition, root pruning and excess fertilization on the occurrence of watercore**

Effects of soil water condition on the occurrence of watercore fruit in 'Housui' were examined by flooding the field and forced drainage. 'Housui' trees planted in an ill-drained orchard yielded fruits with watercore. 'Housui' trees flooded the soils from July to harvesting date yielded smaller and more highly matured fruits compared with the control trees. However, they yielded watercored fruits almost to the same degree as the control ones. 'Housui' trees subjected to forced drainage yielded fruit with severe incidence of watercore compared with the control trees at the treatment year, but the differences disappeared in the second year after the treatment. Thus, the occurrence of watercore was considered to be correlated closely with a sudden change in soil water condition.

The effects of root pruning and excess fertilization on the occurrence of watercore in 'Housui' were examined. The trees with pruned roots yielded smaller fruit with a yellower ground color, smaller specific gravity and more mature fruits compared with the control trees. An increase in the incidence of watercore was observed in the first and third year of the treatment, but was not clear in the second year. The trees fertilized excessively yielded heavier fruits with smaller specific gravity, smaller flesh firmness, lower Brix, and higher incidence of watercore compared with the control trees. The incidence of watercore was especially high in the trees with less vigor. Thus, root pruning and excess fertilization were considered to induce the occurrence of watercore.

## **Chapter 6. Relationship of the occurrence of watercore with the plant growth regulators**

The effect of gibberellin(GA) treatment during the early period of fruit development on the occurrence of

watercore in 'Housui' fruit was examined. After gibberellin(GA<sub>3-4-7</sub>) was sprayed on the fruit surface or applied on the pedicel 30 days after full bloom, the fruits became heavier, and had a smaller specific gravity and flesh firmness compared with the controls. GA treatment also led to the greater incidence of watercore, especially when the treatment was combined with film treatment. There was no significant difference between the GA treatment and the control in either the ethylene or carbon dioxide production by the fruit. The fruit sprayed with paclobutrazol, a gibberellin inhibitor, at 30 days after full bloom significantly suppressed the occurrence of watercore. Thus, the occurrence of watercore was considered to be related to the gibberellin contents during the early period of fruit development.

Effects of spraying of forchlorfenuron (cytokinin) on the occurrence of watercore were examined. The fruits sprayed with the forchlorfenuron at 30 days after full bloom were heavier and had a lower incidence of watercore compared with the controls.

Effects of the stage of spraying of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) on the occurrence of watercore in 'Housui' were examined. Spraying with ACC promoted the maturation of the fruit; that is, the ground color became yellow earlier, and specific gravity and flesh firmness were lower. Spraying of a 500ppm ACC solution at 16 or 18 weeks after full bloom caused severe watercore, whereas that at 6 weeks after full bloom caused excessive dropping of the fruits. These fruits were small, firm and smooth, and they had a green skin color. A cork layer was not formed. The seed development was inferior and most of the seeds were empty. ACC-spraying at 6 weeks after full bloom also produced water-soaked fruits.

**In conclusion, the optimum harvesting date in Japanese pear 'Housui' (*Pyrus pyrifolia* Nakai) was about 145 days after full bloom, when the fruits had a ground color score of more than 3 on the color chart. Watercore occurred severely in over-matured fruits which had a ground color score of more than 5 in the open field, and of more than 3 in the greenhouse. The common meteorological factors in the years with a high incidence of watercore fruits of 'Housui' were a**



higher temperature in May and/or June, and a lower temperature in July and/or August. The occurrence of watercore was considered to be related to a higher temperature during the fruit development, exposure to lower temperature during early summer, higher gibberellin contents during the early period of fruit development, suppressed transpiration of the fruit, a higher source-sink ratio of the tree, a sudden change of soil water condition and excess fertilization. Spraying

of paclobutrazol, a gibberellin inhibitor, and of forchlorfenuron (cytokinin) at 30 days after full bloom significantly suppressed the occurrence of watercore.

The cultural methods to prevent the occurrence of watercore in Japanese pear cv. Housui were discussed and the cause-effect relationship between environmental factors and watercore incidence was summarized (Figure 52) .