

は し が き

近年、地球温暖化等による気象変動が農業生産環境に及ぼす影響について大きな関心が寄せられており、関係研究機関等において、その影響の評価や対策技術の開発等が行われております。

果樹農業においては、主に年平均気温の違いによってかんきつ地帯、りんご地帯といった栽培の適地が存在しており、また、果実肥大、着色、糖度といった果実の品質や病害虫の発生等も、開花期や収穫期等における気温、降水量、日照時間等様々な気象条件が複雑に関係しております。

このため、地球温暖化等による気象変動によって、栽培適地の分布や栽培技術等様々な面において、果樹生産が大きな影響を受けることが懸念されております。さらに、永年性作物である果樹の場合は、一度栽植すると容易に改植できないため、こうした気象変動への対応は一年生作物の場合と比べてより重要であり、かつ、長期的な展望を持って取り組む必要があります。

このような状況を踏まえ、将来の果樹農業の方向性を検討する上での基礎資料として供するとともに果樹産地の発展に資するため、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所に委託して、試験研究により得られた成果を活用し、気象変動が果樹栽培や果実の品質等に与える影響を分析し整理するとともに、生産現場における気象変動の影響や対応した取組みについての情報を取りまとめました。

本書が、我が国の果樹農業の発展のために、広く活用されれば幸いです。

平成16年3月

財団法人 中央果実生産出荷安定基金協会
理事長 澤 邊 守

序 文

近年、桜の開花が以前に比べて早いなど、地球温暖化の影響を身近に感じるようになってきました。永年性作物である果樹は、芽の休眠覚醒や果実の品質形成など、温度に敏感な生育相を持つことから、特に温暖化による影響を顕著に受けるものと考えられます。果樹の生産現場では、果実の着色不良や果肉の軟化など、温暖化の影響と思われる変化がすでに認められています。しかし、人類は地球規模での急激な温暖化を歴史上経験したことはなく、今後、どのような影響が果樹農業に出るかは必ずしも明らかではありません。

本書はこのような状況を踏まえ、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所が財団法人中央果実生産出荷安定基金協会からの委託を受け、果樹農業に対する気候温暖化の影響を調査し、取りまとめたものです。まず、現時点で予測される温暖化の影響について、果樹の栽培や病害虫などの専門家に分析をお願いしました。また、全国規模で生産現場における気候温暖化の影響調査を実施し、現状と対応状況を取りまとめました。果樹に対する気候温暖化の影響については研究実績が少ないため、温暖化による影響として本書で取り上げたものの中には、科学的な裏付けの少ないものもありますが、関与が推定されるものとしてあえて掲載しました。このことを十分に留意してご利用願います。

果樹はその特性から品種開発や栽培技術の開発・普及に長年月を要します。気候温暖化の問題も短期間に解決できるものではないと考えられますが、将来を見据えて早くから今後の対策を考えておく必要があります。本書が、果樹に携わる研究者・行政関係者・生産者等に幅広くご活用いただき、果樹農業の発展に寄与できるものとなれば幸いです。

最後に、本書を取りまとめるに当たってご協力頂いた執筆者各位、並びにアンケート調査にご協力頂いた公立試験研究機関の皆様に厚くお礼申し上げます。

平成16年3月

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 果樹研究所
所 長 梶 浦 一 郎

1. 中長期的な気象変動予測から推定される温度変化の果樹農業への影響

農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所 杉浦俊彦

農業は気象への依存度の高い産業であり、温室効果ガス排出に起因する地球温暖化は将来の農業へのインパクトが懸念されている。果樹産業を取りまく問題は数多くあるが、「温暖化」は、担い手不足、消費低迷、輸入増加などと並んで21世紀の大問題となる可能性がある。そこで、この章では果樹産業に及ぼす温暖化の影響を検討し、対策を考えるための端緒としたい。

(1) 気温変動の実際

1988年に国連内に設置されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）は第3次評価報告書（2001年）で20世紀中に地球の平均地上気温は約0.6℃上昇したことを報告した。ただし気候変動の幅は地域によって異なる。気象庁の報告によるとわが国を含む北アジア地域の気温上昇は世界でも最大規模であり、わが国の年平均気温はこの100年間に約1.0℃上昇した（図1）。とくに1990年代はかなりの高温期となった。こうなった要因は気象学的にすっきり解明されているわけではないが、二酸化炭素などの増加に伴う地球温暖化や数十年程度の時間規模で繰り返される自然変動などが原因と考えられている。

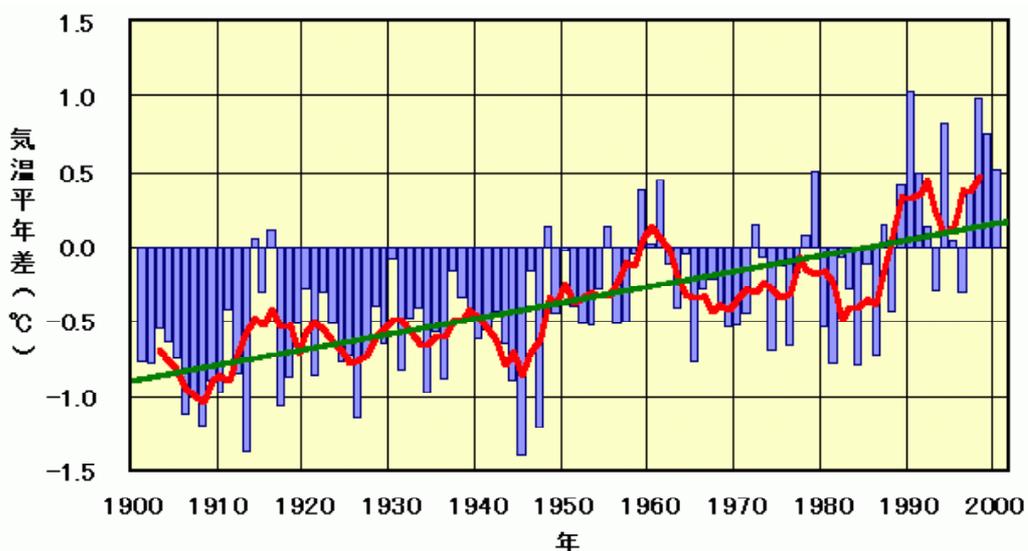


図1 わが国の年平均気温の変動（気象庁）

(2) 気温上昇は続くのか

この夏(平成15年)、わが国では10年ぶりの冷夏であった地域が多かったが、世界的には気温の上昇基調は続いていると考えられる。IPCCの報告では今後100年間の地球の平均地上気温は1990年と比較して1.4 ~ 5.8 上昇すると予測している。また気象庁の「地球温暖化予測情報」によると、日本周辺の気温の変動は、今後100年間に3~5 上昇すると予測されている。日本の地域別の5月~9月の気温上昇規模を推定した報告(林、2001)によるとわが国では北部ほど気温上昇が大きく、2060年代には北海道で3.6、東北で3.3、関東で3.3、近畿で3.2、九州で3.1 上昇するとしている。

このように今後100年間の気温上昇は過去100年間の上昇とは比較にならないほど大規模なものになることが推測されているわけである。

(3) 気候変動に対し脆弱な果樹生産

北のリンゴ、南のカンキツといったようにわが国の果樹生産は地域によって栽培樹種が分化している。果樹生産に影響を及ぼす環境要因は気温、日射、降水、土壌などさまざまであるが、リンゴ地帯、カンキツ地帯が形成された主因は気温の相違である。

わが国の代表的な果樹生産県における年平均気温(気象官署での観測値、実際の栽培地と値とは多少異なる)を表1に示した。リンゴのような寒冷地果樹よりもニホンナシ、モモ、ブドウなどの温帯果樹の方が、さらにそれよりもウンシュウミカン等の常緑果樹の方が暖地で栽培されている。しかし年平均気温で見ると例えばリンゴ生産県の長野とウンシュウミカン生産県の愛媛を比較しても気温の差は4 程度である。もし、3~5 も気温上昇したとしたら、果樹樹種の栽培適地が北上しても不思議はない。

温暖化の問題がクローズアップされて以来、米麦を中心に農業生産への影響が検討されてきたが、他の作目や畜産などに比べ、果樹への影響は最大級のものになる可能性がある。

表1 代表的な果樹生産県の年平均気温(気象庁観測値より)

種別	樹種	主な生産県	年平均気温
(観測値)			
寒冷地果樹	リンゴ	青森	9.7(青森)
	リンゴ	長野	11.5(長野)
中部温帯果樹	モモ、ブドウ	山梨	13.9(甲府)
	ニホンナシ	鳥取	14.5(鳥取)
常緑果樹	ウンシュウミカン	静岡	15.7(浜松)
	ウンシュウミカン	愛媛	15.8(松山)

(4) 果樹が温暖化の影響を大きく受ける理由

果樹は他の作物と比べて温暖化の影響をとくに受けやすい作物と述べたが、その主な理由は永年作物であることと、品質が重視される点にある。

一年生作物では当然のことながら気温の影響を受ける期間が短い。例えば春に播種し夏季に収穫する作物であれば、播種期を早めることにより全体に作期を前進させれば基本的に温暖化に対応できる。もちろん降水量など気温以外の気象要素との相互作用や、他作物との作付け体系の問題があるので簡単には行かない場合も多いが、気候変動の影響を緩和する手段として、作期移動は有効な方法であるといえる。水稻の場合、収穫は秋季となるが、温度依存性が強いのは播種期から開花期ごろまでであり、秋季の気温の影響は比較的小さい。そのため同様な作期移動することにより気候変動の影響を緩和することが可能である。

一方、果樹は人為的な作期移動は容易ではない。しかも生育期だけでなく、休眠期も明確な温度反応があり、温暖化の影響は年中受けることになる。さらに貯蔵養分などを通じて、前のシーズンの気象の影響が翌年になって現れることも多く、気候変動の影響が樹体内に蓄積していくことも考えられる。

わが国の果樹栽培の特徴として、高品質果実を生産することが重視されている。果実品質に及ぼす気象の影響は非常に複雑である。果実肥大、果肉の成熟、着色、果形および糖度、酸度などの食味について、それぞれの項目が別々に気象の支配を受ける。これらの気象のバランスが悪いと品質低下に直結するため、高品質果実を生産可能な気候はごく限定されている。

これら果樹が温暖化の影響を大きく受ける理由の多くは、現在の果樹生産が地域ごとに樹種が分化し、他の作物と比べて適地適作が徹底されている理由にもなっていることがわかる。

また永年作物である果樹は一度、栽植すると数十年間は同一樹での生産を続けなければ経営的に不利となる。樹種にもよるが、30年以上栽培することは珍しくない。したがって、果樹は他の作物と比べて温暖化の影響が著しい上に、他の作物より10年以上早くからその対策をとる必要があるのである。

(5) 栽培適地の変動予測

以上のように果樹は温暖化の影響を強く受けるため、栽培適地の変動が起きる可能性があるが、それがどの程度の規模であるかは、生産者や行政、研究機関にとって、今後の戦略を練る上である程度おさえておく必要がある。果樹では伝統的に年平均気温で適地を推定してきた歴史があり、気候変動予測値から、ある程度推定できる。筆者らは農業環境研究所が開発した「気候変化メッシュデータ」¹⁾を用いてウンシュウミカンとリンゴの栽培環境の変化を試算した²⁾。

ウンシュウミカンの栽培適温は年平均気温15~18 と仮定した。これはウンシュウミカン栽培に適する地域に係る年平均気温として「果樹農業振興基本方針」(農水省、2000)に示

されている温度域である。この温度域は現在、南関東以南の太平洋・瀬戸内海の沿岸部および九州の沿岸部が主に該当し、ウンシュウミカンの主産地とおおむね一致している（図2）。年平均気温15℃以上となる地域は2020年代には山陰地方を中心とした本州の日本海側にも出現し、2040年代には関東および北陸の平野部全域が15℃以上となり、2060年代には南東北の沿岸部まで広がる。一方、南西諸島を除くと現在、18℃以上の地域は九州の南端部のみであるが、この地域は徐々に北上し、2060年代には現在のウンシュウミカン主産地のほとんどが現在の鹿児島市と同等かより高温となる可能性がある。

リンゴ栽培に適する地域に係る年平均気温として「果樹農業振興基本方針」に示されている温度域は6～14℃である。現在この地域は道北、道東及び西南暖地の平野部を除く広い地域に広がっているが、2040年代に東北南部、2060年代には東北中部の平野部まで14℃以上となる一方、北海道はほぼ全域が適地になると予想される（図3）。この温度域は現在の主産地よりかなり広いと考えられたため、より狭い温度域である7～13℃についても検討した（図4）。この温度域は、道南～中部地方山間部等、現在の主産地と概ね一致しているが、2060年代には東北地方の平野部のほぼ全域が範囲外となり、現在の主産地の多くが、暖地リンゴの産地と同程度の気温になる可能性がある。

（6）予測の精度と留意点

上述した栽培適地の変動予測の精度について検討する必要がある。予測の精度に関わる問題として、適地判定法が適当であるかということと温度予測法の確からしさの2点がある。

1) 適地判定法について

果樹の適地判定に関する研究は、1960年代を中心としたわが国の果樹生産が急速に拡大していく過程で進められてきた。ここでは年平均気温を取り上げたが、その他にもいくつかの指標が適地判定に利用されている。この中で生育期（4月から10月）の平均気温、温量指数、積算気温などは、果実が正常に生育、成熟するためにはどのくらいの期間および気温が最低必要であるかを示す指標であり、主に北限の推定に有効なものである。また果樹は永年作物であるので、生育期の温度のみならず、厳冬期の低温の極温が北限の推定には必要な指標である。樹種・品種にはそれぞれ固有の耐凍性があり、また冬季に果実があるカンキツでは果実の低温限界も適地判定の指標として必要である。一方、南限については、樹種・品種に固有の低温要求性を満足させる低温が必要条件のひとつとなっている。またリンゴやウンシュウミカンは高温によって果皮の着色が抑制されることから、着色期の気温が南限を決める重要な要因のひとつである。またリンゴの場合、暖地で発生する花芽不足、新梢の徒長および病虫害の多発といった問題も南限を決める要素として考えられる。

上記の予測では、北限および南限双方の推定が同時にできる比較的簡便な指標として年平均気温を用いたが、より詳細な予測を行っていく上で、果実生育期間の温量、着色期の低温、厳冬期の低温の極温、芽の低温要求性等の果樹栽培に必要な条件を網羅的にかつ慎重に検討していくことが肝要である。さらに温度だけでなく、降水量、日射量、二酸化炭素濃度など、果樹の

生育に深く関わる気象要素も温暖化に伴い変動していくことが推測されており、これらの変動も加味した予測が必要である。

また将来の栽培適地判定を行おうとする場合、これらの北限、南限に関わる要素をそれぞれ独立に検討するだけでは不十分である。例えば、温暖化によって開花期が前進すれば、果実の着色期、成熟期、休眠導入期、耐凍性の獲得時期なども変化する可能性があり、その相互の関係も検討する必要がある。

2) 気温の予測精度

IPCCが第3次評価報告書の中で予測した2100年までの地上気温の全地球平均値の上昇は1.4から5.8であり、その予測にはかなりの幅がある。この推定幅は多数の大気・海洋循環結合モデルによって予測した結果のばらつきである。IPCCでは全球平均の他に、地域別の年平均気温の上昇速度およびその予測の幅を標準偏差として公表している。これによるとわが国周辺の今後の年平均気温の上昇速度は4~5 /100年であり、その標準偏差は約2 である。このうち、年平均気温の上昇速度は本研究でここで使用した「気候変化メッシュデータ」と同程度である。本研究で示した2060年代の値は今から60年後の予測であるので、IPCC発表の標準偏差から推定すると、その予測値のモデル間の幅は±1.2 程度がみこまれる。2060年代における予測値と同程度の温度分布になる時期を予測の幅から推察すると、早い場合は2030年代、遅い場合は2090年代ということになる。

次に当たり前のことであるが、気温には年々変動があることに留意すべきである。気温の上昇速度が4~5 /100年であるといっても毎年確実に上昇するわけではなく、上下しながら上昇するはずである。従って比較的寒冷な年が出現する一方、10年以上先取りするような高温年もあると考えられるので注意が必要である。

(7) おわりに

この章で示した予測は、あくまで年平均気温をベースとした簡易な予想である点、および気象の予測の幅が大きい点などから、まだ精度的に十分なものではないが、現段階では比較的妥当な予測値であると考えられる。これらの値から推定すると、予想されている地球温暖化は今世紀半ばまでにわが国の果樹生産環境を大きく変化させる規模のものであり、各地域において生産を持続してゆくための早急な対策が必要であると考えられる。

(8) 引用文献

1. Yokozawaら (2003) 農業気象 . 59 : 117-130 .
2. 杉浦・横沢 (2004) 園学雑 . 73 : 72-78 .

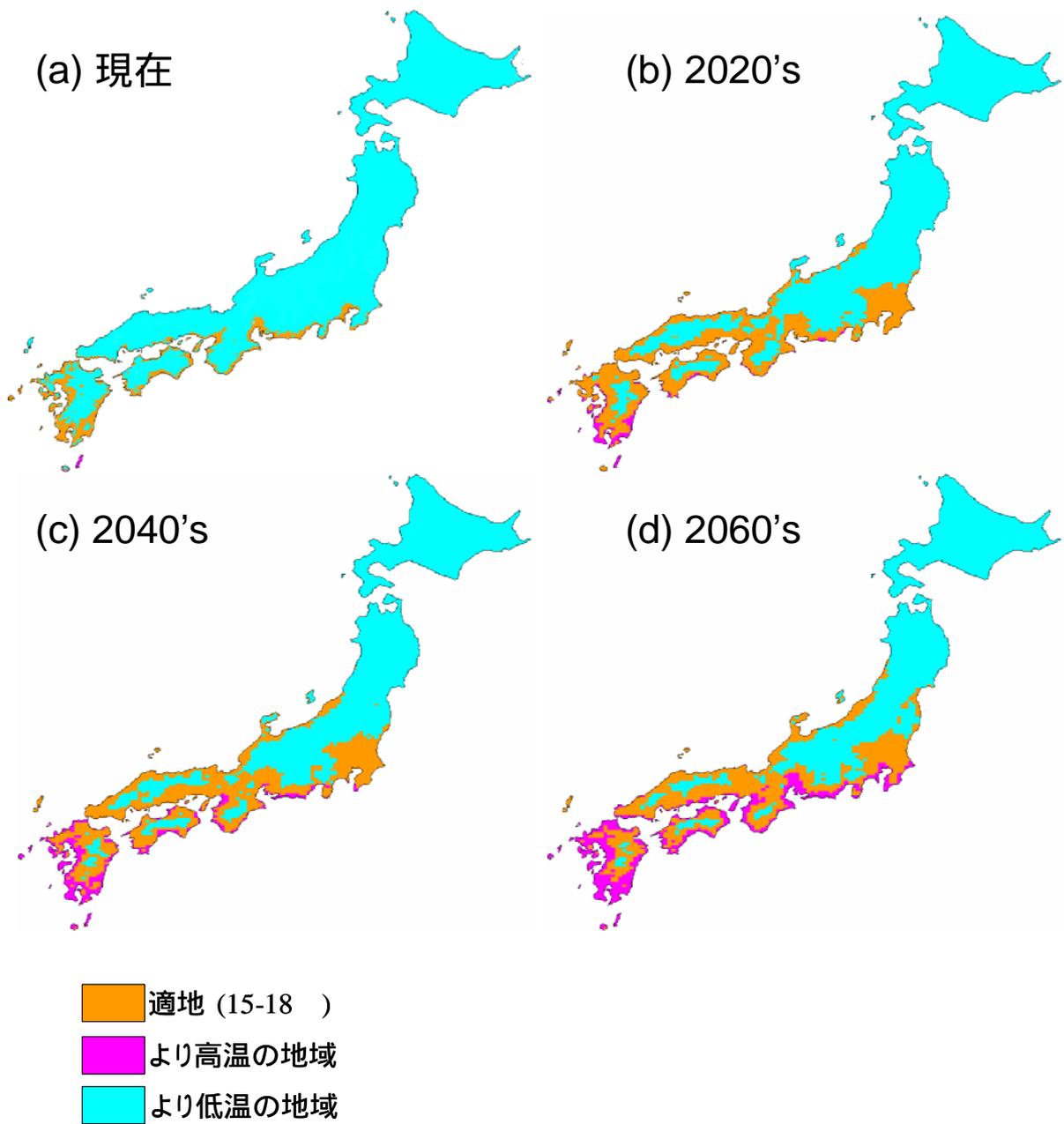


図2 ウンシュウミカン栽培に適する年平均気温 (15~18) の分布。
 現在(1971~2000年の平年値)の値および2020年代, 2040年代, 2060年代の推定値 .

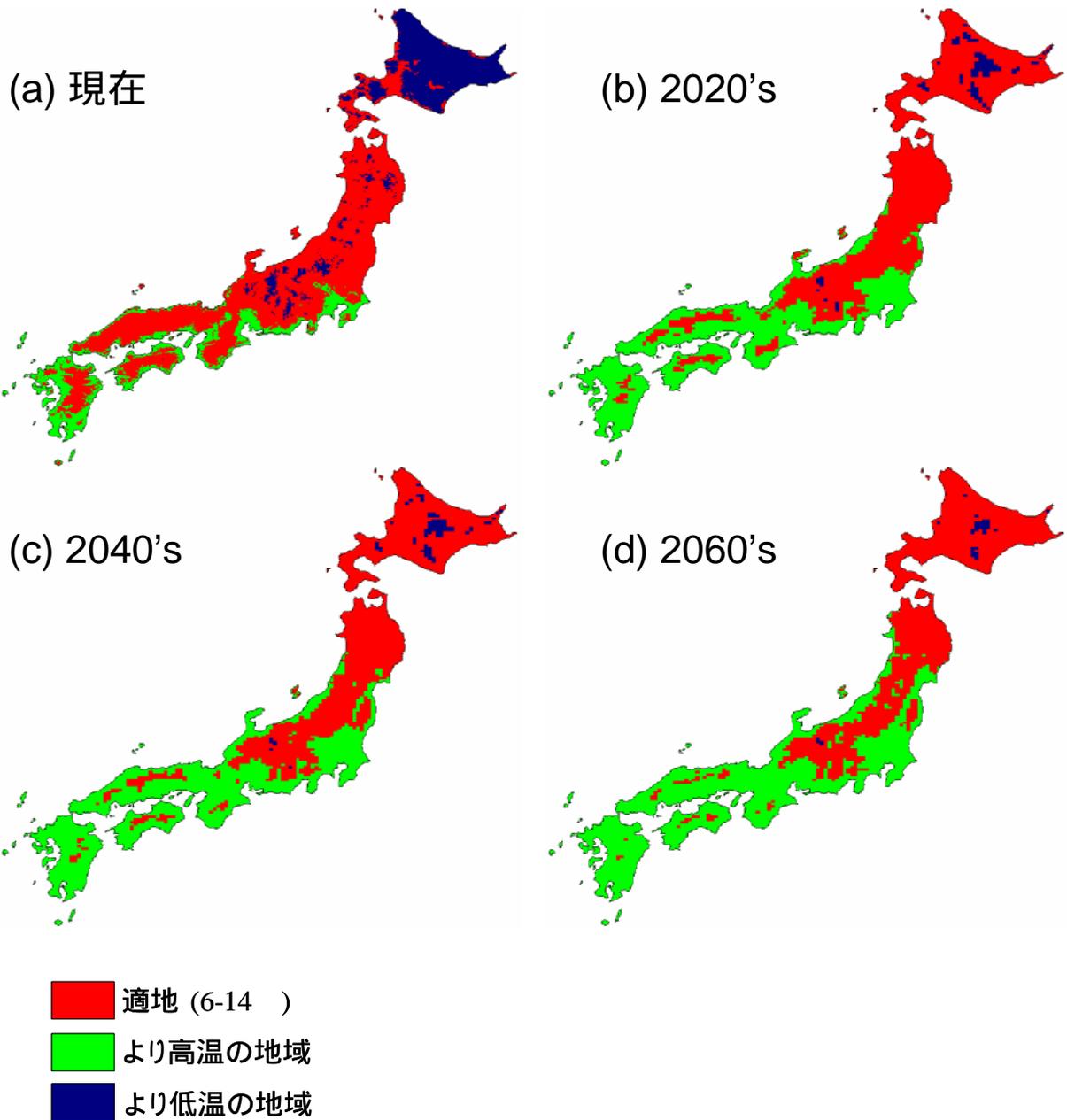


図3 リンゴ栽培に適する年平均気温（6～14℃）の分布。
 現在(1971～2000年の平年値)の値および2020年代、2040年代、2060年代の推定値。

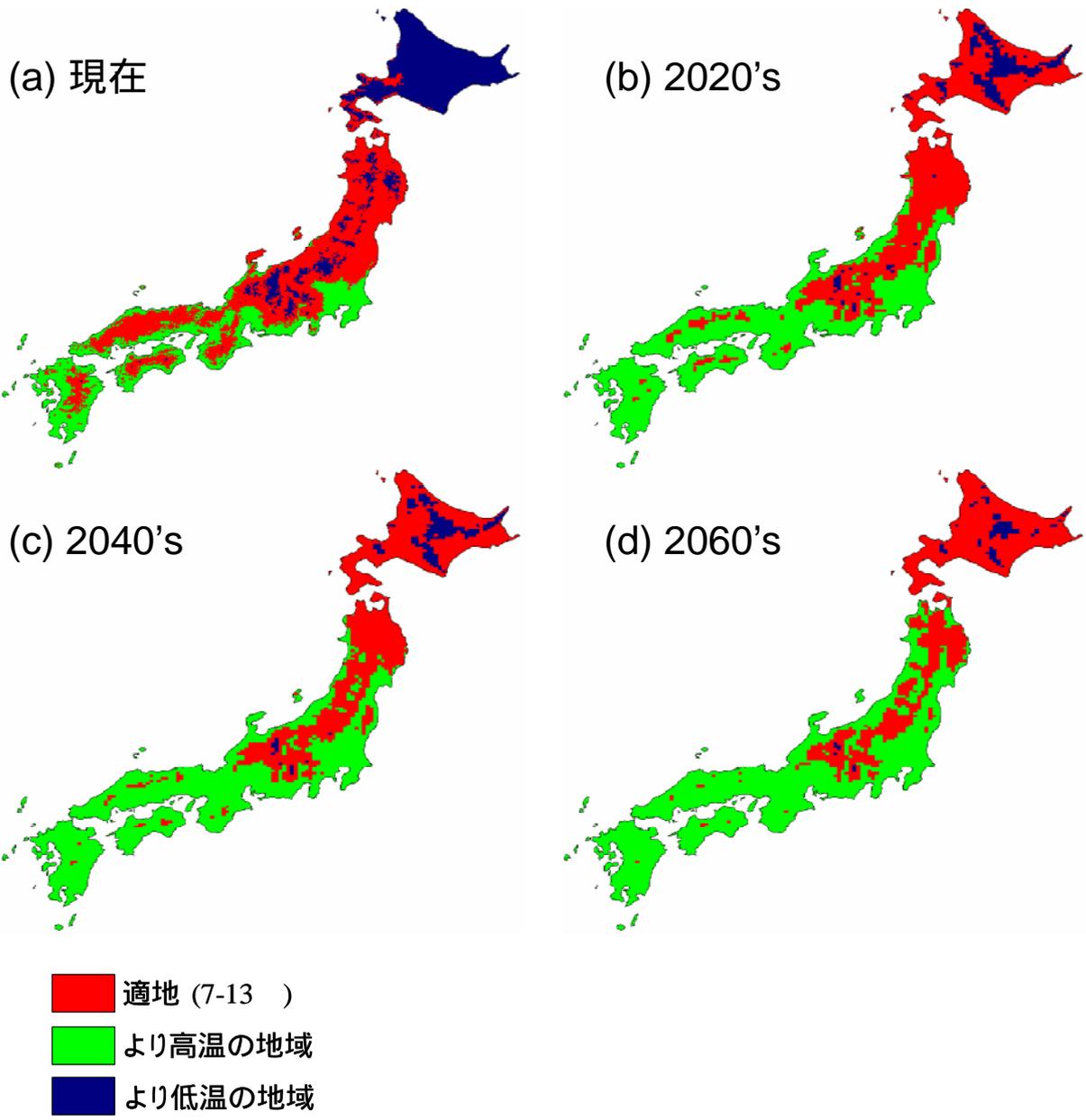


図4 リンゴ栽培に適する年平均気温（7～13℃）の分布。
 現在(1971～2000年の平年値)の値および2020年代，2040年代，2060年代の推定値。

2. 果樹栽培に及ぼす気候温暖化の影響

2. 1. カンキツの生育・成熟に及ぼす気候温暖化の影響

果樹研究所カンキツ研究部 小野祐幸

1. はじめに

カンキツ類の生育適温は、ウンシュウミカンが年平均気温 15 ~ 18 以下、中晩生カンキツ類の多くは 16 以上、タンカン は 18 以上とされている。したがって、栽培地帯は、北は千葉県から南は沖縄県までの、海岸に面した温暖な地域に広範囲にわたって分布している。特に四国南部から九州沖縄地域はウンシュウミカンにとっても、温暖多雨の気候のため浮皮の発生が多い等、成熟期の高温の影響が出現しやすい状況にある。しかしながら、近年の気候温暖化がカンキツに及ぼす影響について検討された研究成果は少ない。

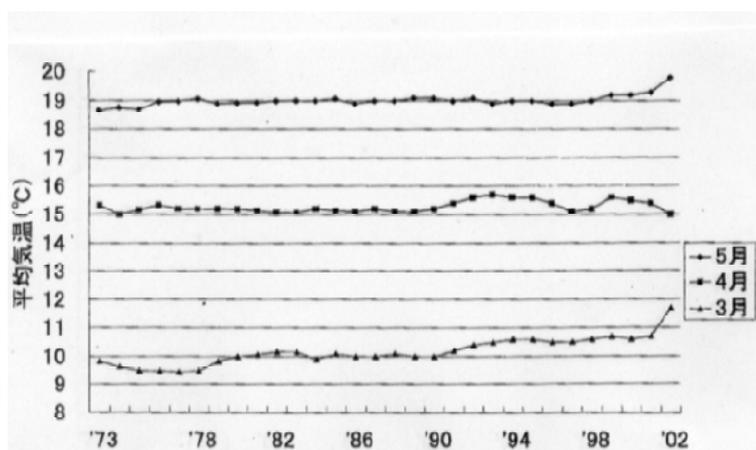
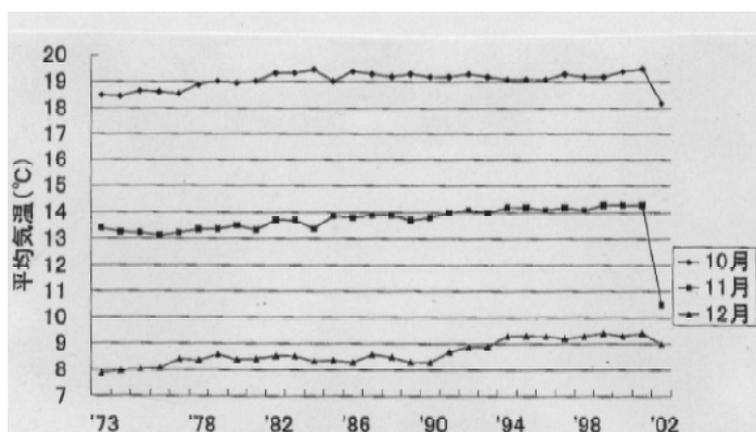
そこで、本報ではカンキツに対する気候温暖化の影響について、主として年平均気温が 17 以上の栽培地域における樹の生育および果実の成熟過程への影響を比較検討することにする。

2. カンキツ栽培地域における温暖化による気象的变化

カンキツ栽培地域でも温暖化の傾向が認められ、愛媛果樹試南予分場においては、過去 50 年間で年平均気温が 1 上昇し 17.1 になった。また、年代別にみると 1990 年代の年平均気温は、1940 年代に比べ約 1 上昇し、1960 年代に比べ 0.6 上昇した⁵⁾。

また、季節別にみた平年値の年次による違いを知るために、愛媛県果樹試南予分場において調査した、春期(3 ~ 5月)と秋期(10 ~ 12月)における平均気温の平年値の変化を第 1、2 図に示した。

3月 ~ 5月における平均気温の平年値の年次別推移を比較すると、いずれの月においても、1970年代に比較して、1990



第 2 図 南予分場における春期(3 ~ 5月)の平均気温の平年値の推移(高木、2003 未発表)

の平年値の年次別推移を比較すると、いずれの月においても、1970年代に比較して、1990

年代は高くなる傾向にあった。しかし、その程度は月によって違っており、3月は1970年代が約9.3、1990年代は10.7であり、両年代の間に1.4の上昇傾向が認められた。しかし、4月は両年代の平均気温の違いは約0.6、5月は約0.2となり、春期から夏期に向かって温度差が小さくなる傾向にあった。

一方、10～12月における、1970年代と1990年代の平均気温の平年値を比較すると、10月は約0.5、11月は約1.1、12月は1.3となり、秋期から冬期に向かって、温度差が大きくなった。

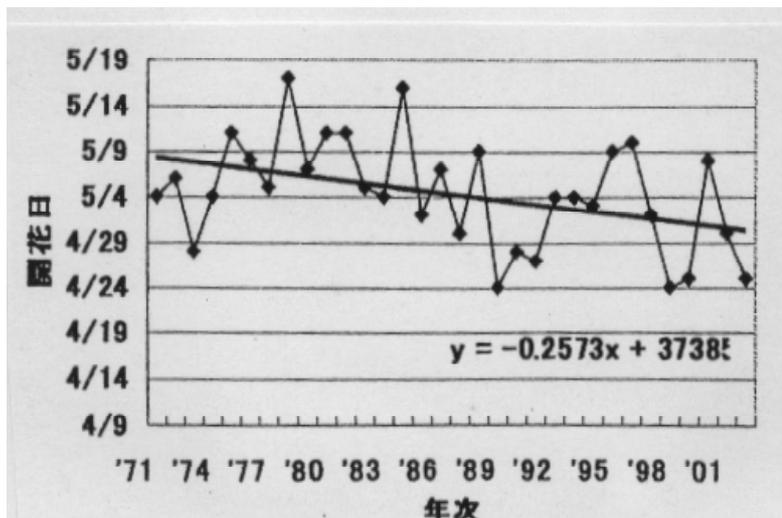
これらの結果から、温暖化の傾向を平均気温の平年値で季節別に比較すると、春期の3月と秋冬期の12月に、年次の違いによる温度差が大きくなることが認められた。すなわち、近年は温暖化の影響により、春が早く到来し、秋の気候が初冬まで延長することが認められた。

3. 温暖化が生育に及ぼす影響

(1) 温暖化が開花に及ぼす影響

温暖化が開花期に及ぼす影響に関して、「吉田ポンカン」を用いて鹿児島果樹試の調査結果を第3図に示した。この調査結果では、開花期は年次によってかなり変動しているが、回帰式をあてはめた計算によると、開花期は過去30年間で約10日早まった。このことは第1図に示したように、温暖化の影響は3月頃の気温の上昇に現れ、その結果として開花期が早まったものと推察される。

他のカンキツ類については、温暖化と開花期との関係を具体的に検討したデータはみられないが、カンキツ栽培地域の温暖化は3月頃の平均気温を上昇させ、開花期を早めるものと考えられる。



第3図「吉田ポンカン」の開花盛期の推移³⁾

(2) 温暖化が秋芽発生および着花に及ぼす影響

西南暖地に当たる九州のカンキツ栽培地域は温暖多雨の気候のため、本州や四国の産地に比べて一般に秋芽の発生が多く、同時に根の生育も遅くまで続くことから樹勢が旺盛になりやすい。そのため、九州南部では10月下旬まで秋芽が発生し、着花不良の要因の一つになっている³⁾。

第1表は、秋芽抑制が普通ウンシュウミカンの着花および着果に及ぼす影響について、調査した結果である。秋芽の発芽抑制により、春梢一本当たりの花数および有用花率が増

加するとともに、夏梢一本当たりの花数および結果数が増加することが認められている。

近年の温暖化の影響により秋冬期の平均気温が上昇しており（第2図）、今後も温暖化が進行するならば、秋芽の遅伸びによる着花の不安定化が予想されるので、着果安定のためにはその対策が重要になると考えられる。

第1表 秋芽抑制が普通温州の着花および結果に及ぼす影響³⁾

処理区	一本当たり春梢			一本当たり夏梢		
	花数	有用花率	結果数	花数	有用花率	結果数
発芽抑制区	4.3	31.5	0.9	10.2	44.7	2.2
無処理区	2.9	21.1	0.4	2.7	68.7	1.3

（3）温暖化がハウスミカンの着花に及ぼす影響

落葉果樹においては、温暖化による冬季の気温上昇のため、休眠に及ぼす影響が知られている。しかし、近年カンキツにおいても暖地のハウスミカン栽培において、秋冬期の気温の上昇により加温開始時期が遅延することが認められている。

第2表は、鹿児島県垂水市における9月以降の23℃以下の積算温度（23℃-日平均気温）1,800時間を基準として、加温開始時期と着花について検討した結果である。1995年から2002年の間で調査したところ、23℃低温遭遇時間1,800時間到達日は年により違いが認められ、早い年と遅い年では12日間の差があった。また、1,800時間が早く到来した年でも、11月の気温が高い年などでは加温後の着花は不良となり、加温を遅らせる年が認められた。

したがって、特に西南暖地においては、温暖化により秋冬期の気温が高くなると低温遭遇時間が短くなり、ハウスミカンの着花不良となる問題が起きると推察される。

第2表 23℃以下の遭遇時間とハウスミカンの着花状況³⁾

年次	23℃以下遭遇時間			1800時間	着花状況
	11月10日	11月20日	11月30日	到達日	
1995	1,012	1,232	1,472	12.14	良
1996	948	1,181	1,421	12.16	良
1997	1,073	1,300	1,540	12.12	不良、11月中下旬高温
1998	786	1,002	1,242	12.24	不良、加湿遅らす
1999	817	1,145	1,385	12.22	不良、加湿遅らす
2000	759	988	1,228	12.24	不良、加湿遅らす
2001	905	1,143	1,383	12.18	良
2002	1,010	1,250	1,490	12.13	良
平均値	914	1,155	1,395	12.17	

注)着花状況は鹿児島果樹試のハウスおよび主要産地の着花状況を勘案して判断した。

4. 温暖化が果実成熟および品質に及ぼす影響

(1) 温暖化が収穫日に及ぼす影響

温暖化が果実に及ぼす影響について検討するために、カンキツ栽培地域の地理的・気候的条件を異にする和歌山県吉備町、鹿児島県垂水市および屋久町、沖縄県名護市の4つの調査地において、「宮本早生」の果実品質調査を行った結果を第3表に示した。

ウンシュウミカンの収穫日（クエン酸含量が1%に到達した日）の早晩は、開花期の早晩や開花期から収穫期までの日平均気温の積算温度との相関が高いと報告されている注）坂本、栗山。吉備町、垂水市、屋久町、名護市における開花期から収穫期までの日平均の積算温度は、3,500～3,600 日であり、収穫までの日数は平均気温が高いほど短くなる傾向にあった。伊庭らは¹⁾、開花期と収穫期の減酸との相関が高いことを認めており、温暖化により開花が早まると酸含量からみた収穫期は早まると考えられる。しかし、一方では収穫期前後の高温は着色を遅延させるので^{4,7)}、温暖化による収穫期の早晩に及ぼす影響は大きい。

第3表 産地別「宮本早生」の収穫日までの積算温度と果実品質³⁾

調査地	開花盛期	収穫日	満開後日数 (日)	積算温度 (日)	着色歩合	果皮色	果肉色	糖度 Brix (%)	酸
吉備町	5.13	10.15	156	3,609	10.0	—	—	8.7	1.02
垂水市	5.03	9.29	150	3,501	2.8	2.6	8.1	7.9	1.07
屋久町	4.28	9.21	146	3,606	2.3	2.0	8.3	7.9	0.99
名護市	4.21	8.30	131	3,527	1.4	2.2	5.9	7.4	0.96

注) 調査年は1995年、果皮色はカラーチャート、着色歩合は0～10段階で判定

(2) 温暖化が果実品質に及ぼす影響

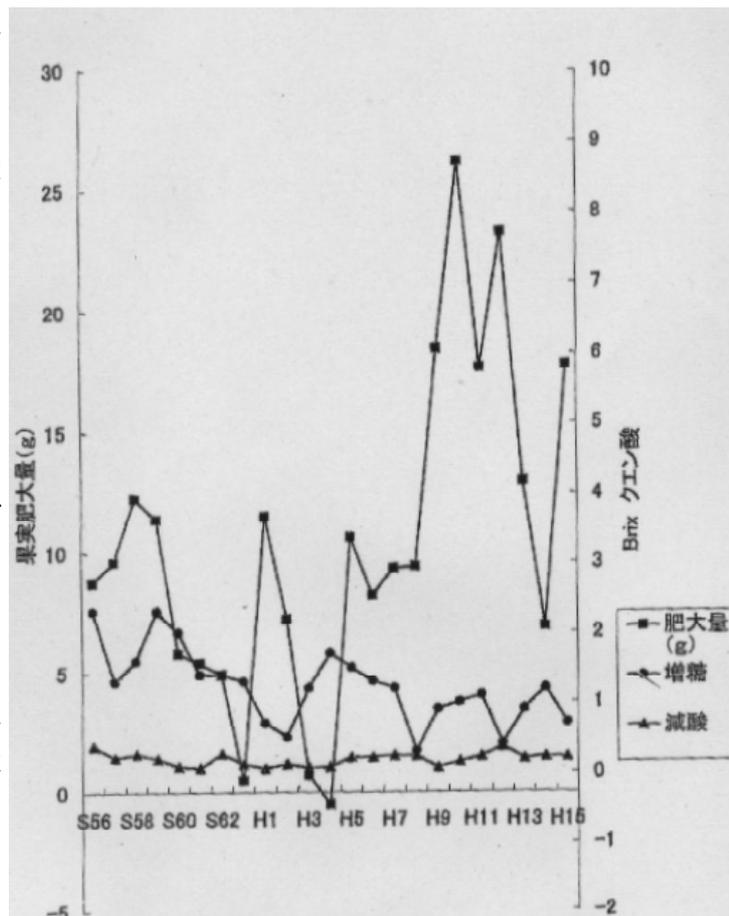
温暖化が果実品質に及ぼす影響に関して、ウンシュウミカンの事例について検討する(第3表)。果実の着色歩合は、平均気温が高く、満開後日数の短い南の地域にしたがって悪くなり、果皮のグリーンが濃い状態であった。つまり、南の地域ほど果肉先熟型の果実になり、着色しないうちに可食期に達していた。また、果皮および果肉の色は、南の地域ほど黄色味が強くなっていた。糖度および酸は、南の地域ほど低い傾向にあった。

以上の結果から、地域の違いから温暖化の影響を考察すると、ウンシュウミカンでは、温暖化により平均気温が上昇した場合、収穫日数が短くなり、着色歩合が悪く(着色遅延)、糖度および酸が低下することが推察される^{2,4,7,8)}。

一方、愛媛果樹試南予分場における果実肥大と品質の調査結果(第4図)、果実肥大は、1970年代から1990年ごろまでは摘果が終了する10月中旬以降の2か月間における果実成

長が 10g 程度であったが、近年の成り年では 20g、不成り年では 30g 以上肥大することが認められた高木注 6)。また、糖度については、近年の温暖化による秋冬期の気温の上昇により、概して増糖の程度は低下する傾向が認められ、糖度が上がりにくくなっている。しかし、酸については、温暖化による影響は認められず、減酸には一定の傾向は認められなかった⁶⁾。

したがって、近年の温暖化がウンシュウミカンの果実品質に及ぼす影響は、果実の肥大については、秋冬期の気温の上昇により(第2図)、後期肥大がおこり、浮皮になりやすい傾向にある。また、糖度については収穫期の増糖の程度は低下するが、酸については減酸に及ぼす影響は少ないと推察される。



第4図 南予分場における 23 年間の早生温州の 10/21 ~ 11/21 の果実肥大と糖度の増加 (高木、2003 未発表)

引用文献

1. 伊庭慶昭ら.(1987)園学要旨.昭 62 秋: 58-59.
2. 栗原昭夫.(1969)園学要旨.昭 44 春: 50-51.
3. 篠原和孝.(2002)平成 16 年度常緑果樹研究会資料: 45-48.
4. 高木敏彦ら.(1967)園学要旨.昭 62 春: 46-47.
5. 高木信雄ら.(2002)園学雑.71 別 1: 181.
6. 高木信雄ら.(2002)園学雑.71 別 2: 303.
7. 新居直祐ら.(1970)園学雑.39: 309-317.
8. 長谷川美典ら.(1987)園学要旨.昭 62 秋: 62-63.

2.2. 落葉果樹に及ぼす気候温暖化の影響

2.2.1. 気候温暖化と落葉果樹の凍霜害

農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所 黒田治之

わが国は世界でも類例のない多種多様な果樹栽培国である。これは、日本列島が亜寒帯から亜熱帯にわたる気象条件を有しているため、それぞれの気象条件に適した果樹が選定され、産地が形成された結果である。このような果樹立地を決める環境要素のうち、比較的降水量に恵まれたわが国では、主に温度が強く関係する。したがって、近年の気候温暖化傾向は、わが国の落葉果樹栽培に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

わが国における気温上昇は、100年につき約1℃の割合で上昇しており、全地球平均気温の上昇より上回っており、また夏季より冬季の気温上昇が大きいとされている⁴⁾。このことは、近年の暖冬傾向によっても実感できるものであり、また日本海側の少雪や全国的な多日照からも実感できる。しかし、このような暖冬傾向にもかかわらず、近年、わが国では北海道や長野県のように冬の寒さが厳しい地帯のみならず、今まで凍害発生がみられなかった比較的暖かい地方でも落葉果樹の凍害発生が目立ってきている（アンケート結果参照）。これらの凍害が暖冬の影響によるか否かについては、凍害発生の要因解析を待たなければならないが、その可能性は高いように思われる。また、落葉果樹では、晩霜害の多発傾向が各地で報告されている（アンケート結果参照）。暖冬時に凍霜害発生というのは、一見矛盾した現象のようにみえるが、寒冷適応という視点からみれば、それほど矛盾したものではなくて、むしろ必然性をもった現象なのである。

ここでは、寒冷適応という視点から、「気候温暖化と落葉果樹の凍霜害」に関わる問題点を提示することで、将来の気候温暖化に対応した果樹栽培技術開発のための参考としたい。

(1) 寒冷適応とは

現存する温帯性植物の多くは、活発に成長している夏には全く凍結に耐えられないが、秋から冬にかけて、耐凍性（凍結に耐える性質および能力）を高め、春の成長開始とともに再び耐凍性を失うという生活環を示す。このような温帯性植物の生活環は、約2,800万年前の大陸移動や造山運動等によって地球上に凹凸ができて熱交換システムが機能しなくなった結果、地球上に寒冷地帯が出現した時期に獲得されたものとされている。その後、幾たびかの氷河期と間氷期を経るたびに、温帯性植物はその耐凍性の強弱によって淘汰と分化を繰り返しながら、現在のすがたに至ったと考えられている。落葉果樹の多くはその末裔であり、したがって、種類によって耐凍能力は異なるが、いずれも耐凍性を保有している。また、落葉果樹の多くは、霜に対してもある程度の耐性を有しており、この能力も

耐凍性と同様に長い年月をかけて獲得された寒冷適応の一つである。

寒冷適応の特徴は、温度依存性にある。同一植物でも寒冷地で生育しているものは耐凍性が高く、温暖地で生育しているものは耐凍性が低くなる。これは、それぞれの地域における気温に順応した結果である。また、耐凍性は秋から冬にかけての低温によって自発休眠（成長に好適な条件を与えても成長しない状態）の覚醒とともに高まり、最高のレベルを発揮して越冬する。しかし、冬から春にかけては気温上昇によって低下する。秋から冬にかけての耐凍性増大を低温順化と呼び、冬から春にかけての耐凍性減少を脱順化という。このように、落葉果樹は温度に対して高い順応性をもつが、この耐凍能力を超えて冷却された場合には、凍死することになる。耐凍能力こそ、落葉果樹の栽培北限を決する最も重要な要因なのである。

（２）気候温暖化と落葉果樹の凍害

上述のように、落葉果樹の耐凍性は季節の温度変化はもとより、毎年の温度変化によっても大きく変動するという温度依存性であることから、暖冬時に大きな影響を受けることは容易に推察できる。しかし、その影響は低温順化と脱順化では異なる。したがって、暖冬下で発生する凍害は低温順化と脱順化で発生要因を異にする。

１）低温順化期の温暖化と凍害

低温順化は低温で促進されるが、高温では抑制される。したがって、秋から冬にかけて、気温が高めに推移すると、耐凍性増大が遅延するとともに最大耐凍性が発揮されないために、初冬期や厳寒期に強い冷え込みがあると凍害を受けることになる。

２）脱順化期の温暖化と凍害

低温順化期は自発休眠状態であるため、高温にさらされても動き出すことはない。しかし、他発休眠状態（外的条件が不適であるために萌芽が抑制された状態で、成長に好適な条件を与えると成長は開始する）に移行した落葉果樹は、容易に動き出す。当然動き出した落葉果樹は耐凍性が低下するため、その後の寒気によって凍害をうける。1931～32年に米国イリノイ州一帯では記録的な暖冬に見舞われ、2月頃に多くの落葉果樹が成長を開始したが、3月に入って、 -15 の寒気が来襲したため、成長を始めていた落葉果樹はことごとく凍死したことが報告されている²⁾。このような極端な暖冬でなくても、脱順化期に暖かい日が3～4日続けば、凍害発生の危険性は高まる³⁾。この場合、暖冬の程度が強いほど耐凍性が弱まるため、凍害発生の危険性は増大することになる。

３）日射と凍害

暖冬時には日射が多くなる。一般に、樹幹日射面の温度は外気温に比べて著しく高くなる。リンゴ樹では外気温が -1.3 のとき、日陰面では0 であったが、日射面は20.5 に達し、その差が20.5 であったことが観察されている⁶⁾。また、モモ樹では外気温が -1.3 のとき日陰面は0.3 であったが、日射面は28.1 に達し、その差が27.8 であったことが報告されている¹⁾。もし、このようなことが低温順化期に起これば、樹幹日射面の耐凍性増大が遅延することになるし、脱順化期に起こった場合には、樹幹日射面の耐凍

性は急速に低下することになる。したがって、暖冬時には低温順化期と脱順化期のいずれにおいても、樹幹日射面（南西面）は凍害を受けやすくなるものと考えられる。なお、日射面の温度は樹皮の色によって影響を受け、光吸収が多い色ほど樹温は高くなる⁷⁾。モモ樹がリンゴ樹より日射面の凍害を受けやすいのは、樹皮の色が赤みを帯びていることにより光を吸収しやすく、樹温が高くなるためと考えられる。

4) 積雪と凍害

落葉果樹の地際部は接ぎ木部に一致する場合が多く、耐凍性が低い⁵⁾。積雪地帯では落葉果樹の地際部は雪によって覆われるため、外気温が氷点下数十度になっても0 に保たれることにより、凍害を免れることができる。しかし、暖冬時には積雪が少なくなるので、落葉果樹の地際部は外気にさらされるようになる。したがって、暖冬時には地際部の凍害が多くなるものと考えられる。

以上のように、暖冬傾向は、日射量の増加や積雪量の減少を伴いながら、樹体の耐凍性を低下させるため、それほど厳しい低温でなくても凍害発生を引き起こすことになる。事実、近年、北海道や長野県などの凍害常習地のほかに、秋田県、山形県および岐阜県ではモモ樹、群馬県ではリンゴ樹、ニホンナシ「豊水」樹、福井県ではニホンナシ樹で凍害が多発している（アンケート結果）。凍害は、様々の要因が複雑に関与して発生することから⁴⁾、単に温暖化の影響だけで起こったとは言い切れないが、温暖化による影響を軽視することはできない。今後、気候温暖化に対応した果樹栽培技術を開発する場合には、その中に凍害防止法を組み込む必要があるものと思われる。

(3) 気候温暖化と落葉果樹の霜害

霜害は、春や秋の凍結に耐えられる能力が非常に低い生育期に起こる凍結害であり、凍害であることには変わらない。また、植物がたとえ凍結しても、その凍結温度や持続時間がその植物にとって耐えられる限度内のものであれば害を生じないという耐凍能力を示す。

霜害は、開花期の降霜による晩霜害と、秋の収穫前にみられる初霜害があるが、落葉果樹では晩霜害の発生が多い。晩霜は、4月から5月にかけて大陸から移動性高気圧が南東に進んでくるとき、その東側で冷たい北西風が吹くため気温が低下し、さらにこの移動性高気圧が日本を被う状態になって風が弱まり、晴天になると、夜間の放射冷却が盛んになり、発生するものである。

1) 霜害の発生条件

落葉果樹の霜害発生時期は、展葉期、開花期、落花期および幼果期に分けられる。展葉期の被害は、子房部位に起こり、被害程度が大きい場合は開花せず、枯死する。開花期には雌しべが被害を受けやすく、落花期は子房の被害によって落果する。幼果期の霜害は霜環と呼ばれるサビ症状を現す。

以上のように、霜害は落葉果樹の生育生態と密接に関係している。リンゴの場合、北海道、青森、秋田県では降霜期のあとに開花するので霜害の危険性は低いが、岩手、福島、長野の諸県では降霜期中に開花期を迎えるために、霜害を受ける危険が高い。一般には、

開花の早い種類や品種ほど、降霜に遭遇する機会が多く、それだけ霜害を受ける頻度が高くなるものと考えられている。

2) 温暖化と落葉果樹の生育生態

他発休眠状態の落葉果樹では、吸水条件が満たされれば、温度が高いほど発芽・開花が早まる。また、他発休眠時期は脱順化期でもあり、落葉果樹にとって高温は他発休眠覚醒と耐凍性減少の二重の意味をもつ。

高温が促進的に作用する温度反応において、必要な温量を高温要求という。高温要求は落葉果樹の種類で異なり、開花期の早いものほど少ない。つまり、ウメの開花期が早いのは、高温要求が少ないためである。また、高温要求が等しい同一品種では九州地方の方が北の地方より早く生育生態が進む。しかし、暖冬で低温要求が満たされない場合には、温暖地でも寒冷地より開花期が遅延することがある。

このように、他発休眠期における落葉果樹の生育生態は、自発休眠状態に規定されるため、日本列島全体を一律に扱えないが、少なくとも低温要求が満たされる地域では、温暖化傾向によって生育生態は早まるものと考えられる。

3) 温暖化と霜害

近年、各地から晩霜害発生の便りが多くなっている。樹種は異なるが、東北6県、新潟県、富山県、茨城県、神奈川県、愛知県では、ここ数年、晩霜害発生が多くなっていることが指摘されている（アンケート結果）。このことは、上述の気候温暖化により落葉果樹の生育生態が早まって、降霜に遭遇する確率が増大したことが大きな理由として挙げられる。したがって、霜害防止策の開発は気候温暖化対策として取り組まなければならない緊急課題の一つといえる。

疑問とするところは、温暖化が進展すれば、降霜回数が減少して、霜害も減少すると思われるのに、実際には各地で霜害発生が多くなる傾向にあることである。このことは、降霜をもたらす気象条件が温暖化が進行しても減少していないことを示しているといえる。現在のところ、気候温暖化と降霜をもたらす気象条件との関係については明らかになっていないが、気候温暖化の予兆として注目されているのは、極端な暑さと寒さのサイクルである。猛暑干ばつの年があるかと思えば、低温寡日照の年もあり、コントラストの強い気象条件になっている。このことは、季節によっても同様であり、暖かい月日の後に寒い月日がきたり、逆に寒い月日の後に暖かい月日が巡ったりしている。したがって、降霜をもたらす気象条件は、気候温暖化が進行しているとしても、数年毎に巡ってくると考えたほうが良いように思われる。同様のことは、冬季の低温についてもいえることであり、暖冬の後の厳しい寒気の来襲を想定しておかなければならない。このことは、気候温暖化に対応した果樹栽培を展望する上で看過できない重大な問題であるので、推定を交えた話にはなるが、以下項を起こして言及してみたい。

(4) もし冬季の低温や春先の降霜をもたらす気象条件が残るとすれば？

暖冬の程度が強まれば強まるほど、凍霜害が発生しやすくなることは、上述のとおりで

あるが、さらに、気候温暖化が進行しても、冬季の低温や降霜をもたらす気象条件が緩和されずに残るとすれば、どうなるのであろうか。凍結に耐える能力は既に述べたように、暖冬傾向が強まると、遅延したり、あるいは低下することが理由で、それほど厳しくない低温で凍霜害を受けるわけであるが、もし厳しい低温や降霜が来襲すると被害程度はますます大規模なものになることは容易に予測できる。

杉浦・黒田⁸⁾は、地球温暖化がわが国のリンゴ栽培環境に及ぼす影響について、年平均気温の変動パターンから、2060年代には、北海道地域まで北進することを予測している。しかし、もし冬季の低温や降霜をもたらす気象条件が残るとすれば、北進予測とは異なり、寒冷地では凍霜害の多発により今までよりも栽培が困難になるのではなからうか。このことは、あくまで冬季の低温や降霜をもたらす気象条件が残ると仮定しての話ではあるが、それほど非現実的な話ではなくて、近年、これまで凍霜害がみられなかった地域において凍霜害が起きているという事実や、気候温暖化は寒暖コントラストの強い気象条件を伴うという特徴からも、ある程度までは予測できる話なのである。

落葉果樹にとって、数十年に1回の頻度で来襲する厳しい低温や降霜は、落葉果樹栽培の北限地を規定する最も重要な要因である。これらの要因が気候温暖化が進行しても緩和されないとすれば、気候温暖化は栽培地の北進とは逆に、縮小という深刻な事態を招くことになるであろう。地球温暖化に伴って、冬期の低温や春先の降霜の動向がどのようになるかを見極めることは、将来の落葉果樹栽培の有り方を検討する上で極めて重要であり、今後注視していかなければならない問題の一つとして付け加えておきたい。

(5) 引用文献

1. Eggert, R. (1944) Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 45: 33-36.
2. Harris, H. A. (1934) Am. J. Bot. 21: 485-498.
3. Howell, G.S. and C. J. Weiser. (1970) J. Am. Soc. Hort. Sci. 95: 190-192.
4. 気象庁編 (2000) 気候変動監視レポート. 19-20.
5. 黒田治之 (1988) 北海道農試研究資料. 37: 1-101.
6. Mix, A. J. (1916) Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Bull. 382.
7. 酒井 昭・和田実男 (1963) 低温科学. 生物編. 21: 25-40.
8. 杉浦俊彦・黒田治之 (2002) 園学雑71(別2). 278.

2.2.2. 気候温暖化が落葉果樹の生育・成熟に及ぼす影響

農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所 杉浦俊彦

温暖化により落葉果樹の果実生育はどのようなことが起こりうるのかを以下に簡単にまとめた。気温上昇の影響は果実の生育ステージによって大きく異なるため、ステージ別に示した。

(1) 果実生育初期

落葉果樹の多くの樹種では果実生育初期の気温が高いと果実の成熟日数（開花期から成熟期までの日数）が短くなる。モモ、ニホンナシ、リンゴ、ブドウなどはこのタイプである。図1はニホンナシ‘幸水’のポット栽培樹あるいは圃場の樹に対し、生育初期（満開後1～33日）に温度処理した場合の成熟日数を示している。生育初期の温度が高いと成熟日数は明らかに短くなり、逆に温度が低い場合は成熟日数が長くなるのが分かる。

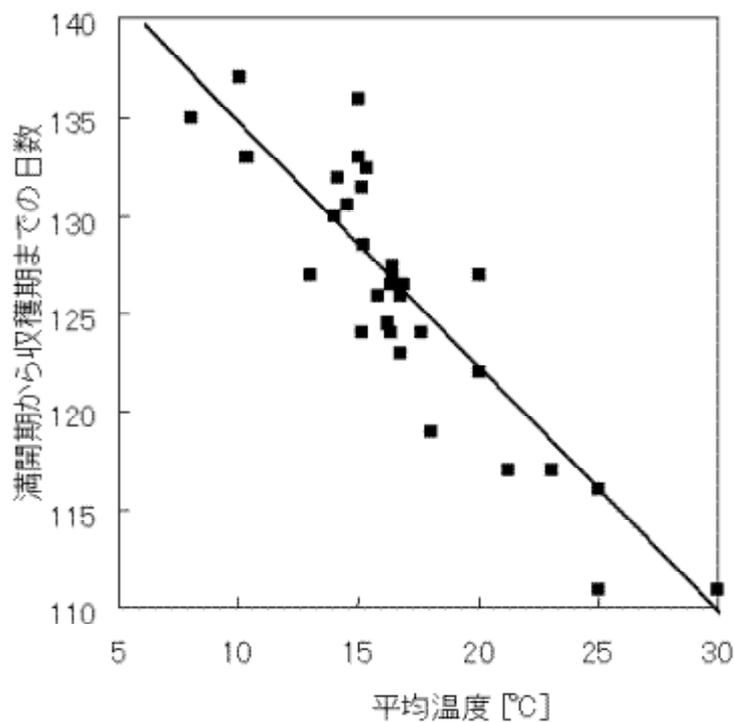


図1 ニホンナシ‘幸水’における幼果期（満開後0～33日）の平均温度と満開期から収穫期までの日数の関係¹⁾

モモではこの時期の温度が高いと硬核期が早く訪れ、そのため熟期が早まる傾向がある²⁾。

生育初期の気温が高いほど果実の成熟日数が短くなると述べたが、これはもう少し正確に書くと果実の成熟というよりは果肉の成熟というべきものである。果皮の着色は後述するように着色期の温度などの影響が現れるための、生育初期の気温が高いからといって、着色が早くならない場合もある。このような場合は果肉の過熟を警戒する必要がある。いわゆる果肉先熟型となり、ナシ、モモではみつ症の原因のひとつとなる。リンゴでは果肉がぼけやすい。

(2) 果実生育中期

果実肥大が急速に進んでいる果実生育中期は比較的気温の影響が小さい時期である。果実の肥大は光合成量に強く影響を受ける。光合成は光の量の影響が強いため、日射量が多いと(干ばつにならなければ)果実肥大には有利である。気温も光合成にある程度、影響するが、15 以下の低温だとか、35 以上の高温が頻発しない限りさほど問題はない。

空気中の炭酸ガス濃度の上昇が地球温暖化の主な原因として考えられている。これは人類の努力に左右されるものであるが、気温の上昇以上に確実視されている。炭酸ガス濃度の上昇は気温の上昇と異なり、光合成には明確に有利に働く。その結果として果実肥大に有利に働くことが予想できる。

(3) 果実成熟期

収穫期の早晩は主に 開花期の早晩(詳細は次項に譲る)、果実生育初期の温度(前述)、果実成熟期の温度の3要素で決まる。この3つのポイントうち考え方が最も難しいのが果実成熟期の温度の影響である。この時期の温度の影響は樹種あるいは品種によって大きく異なる。

アントシアンやカロチノイドなどの色素の発色にはある程度の低温が必要であることが知られている。したがって果皮色の着色で成熟期を決める樹種であれば、高温は果実成熟を遅らせるといえる。リンゴはその典型であり、着色期に高温になるとアントシアンの発色が停滞するため、果実表面の着色が進まず収穫期は遅くなる。

葉緑素の消失も高温によって阻害される。したがってニホンナシのように着色しない樹種においても、高温によって地色の変色が遅れる傾向にある。しかしその影響はリンゴほど明確ではない。

(4) 果実品質

果実成熟期の高温は、前述のようにリンゴやブドウのアントシアンの発色を遅らせるため、着色不良の果実となりやすい。また葉緑素も消失しにくいため、リンゴでは青みが残り赤色の彩度が低下して全体に暗い色となる。

果皮色の進行が遅いことは収穫の遅れにつながるため肉質が柔らかくなって貯蔵性が低

下しやすい。ただし肥大期間が長くなるため、果実は大きくなる。また肥大期間が長いと酸が抜けやすく糖度は上がりやすい。したがって甘みを増すが、極端に影響を受けると味がぼけて本来のおいしさを損ねる。

果実の高温障害としては「やけ」や「みつ症」などがある。リンゴの‘ふじ’などでは高温でミツが入りにくいとされる。

甘ガキは寒い地域では収穫期に達しても渋みが抜けないため、現在の生産北限は茨城県南部といわれる。温暖化が進むとさらに栽培地域が広がる可能性がある。

(5) 引用文献

1. 杉浦俊彦ら (1995) 農業気象 . 51: 239-244.
2. 志村浩雄ら (2001) 園学雑 70(別 2). 222.

2.2.3. 気候温暖化が落葉果樹の休眠・開花に及ぼす影響

宇都宮大学農学部 本條 均

(1) はじめに

このまま温室効果ガス濃度の上昇が続けば、21世紀末には約1.4~5.8の温暖化するという予測もされている(「気候変動に関する政府間パネル」IPCC第1作業部会報告書、2001)。そのような想定に基づき国立環境研究所の甲斐ら¹⁰⁾は平均気温が1℃上昇する毎にサクラ(ソメイヨシノ)の開花は2.7から4.8日促進されるという予測を行い、気温が3℃上昇すると3月20日以前に開花する地域が大幅に拡大し、ウメでは平均6.8日/℃開花が促進されるとした。甲斐らの研究では開花日と月平均気温(1、2、3℃上昇を想定)のみを考慮し、気温・緯度・高度などの要因との関係から解析・地図化を行っているが、植物側の生理的な反応を全く考慮していない。果たして、気温上昇に伴い開花日はどこまで前進していくのであろうか?

さて、気候温暖化による果樹栽培への影響は、年平均気温と冬季の最低極温の変化予測から判断して栽培適地が北進し、逆に南部では夏季高温化の影響で品質不良が発生しやすく経済栽培が困難になると推測される¹⁹⁾。さらに、秋冬期の高温化がおこると落葉果樹の自発休眠覚醒に必要な低温に十分な時間遭遇しないことが予想されるので、その場合休眠が正常に終了せず、発芽や開花の不揃いや生育異常、開花期間の長期化などが起こるのであろう、このように温暖化に伴う将来の果樹栽培への影響を考える時、「休眠」と「開花」という現象は寒候期の温暖化の影響を解析するのに有益な情報となる。

ここでは温暖化気候を想定した時、落葉果樹の「休眠」と「開花」にどのような影響が考えられるかを論議するため、まず想定された温暖化が起こった時に「休眠」や「開花」現象はどのような影響を受けると予測しているか、ある地点を選んで現在の気温より上昇した場合のニホンナシの開花に対する影響予測を行い、現在のニホンナシ産地で開花日は実際にどのような変動を示しているのかと比較検討したい。また、そのような温度上昇が起こった場合の落葉果樹栽培への影響を具体的に考えるために、寒候期の気候がやや温暖にすぎるとして亜熱帯から温帯地域での現在の栽培上の問題点を探ることで、将来への対応策制定に向け気候温暖化問題に対する認識をさらに深めたい。

(2) 落葉果樹の休眠現象

1) 休眠現象とは

温帯落葉果樹は、季節変化に適応して、その内的な生理変化を誘導することで、

冬を生き延び、翌年の生長の準備を整えている。そのため、夏が終わるころから生長を停止し、秋には落葉し、耐寒性も獲得せねばならない。同時に、秋季から翌春の生長開始までの間、外見上は発育が停止した状態となる。この期間を休眠期と呼ぶ。落葉果樹の休眠現象とは、自然条件下で厳しい冬季の気候条件に適応し、生存していくために進化・発達した生理機能の一種といえる。休眠という生長が不活性な状態にはいくつかの種類があり、他発休眠、自発休眠、相対的な抑制等がある。

2) 自発休眠の覚醒と低温

落葉果樹が、自発休眠から脱して生長を再開するためには、一定期間低温に遭遇することが必要とされ、低温要求量が満たされなければ、萌芽・開花の遅延や不揃いを招き、結局結実や果実の生長に影響がでる²²⁾。そのため、熱帯や亜熱帯地域で落葉果樹を栽培しようとするると自発休眠の覚醒が正常に終了せず、栽培上の阻害要因となっている。温帯でも冬季温暖な地帯で落葉果樹を栽培すると、年次により前述の低温要求量が完全には満たされないことがある。さらに、最近では施設栽培の増加や、その経営戦略上の意義からも、自発休眠が終了したかどうかは、加温開始時期の決定、即ち開花や収穫期に関係し、栽培計画上也非常に重要である。ところで、年平均気温が2℃上昇したとすると、東京の気温が現在の鹿児島と、盛岡の気温が仙台と同じになる。そうすると、自然条件下でのニホンナシの自発休眠覚醒時期は、単純に考えると東京では現在より2週間ほど遅れるのではと推定される。また、芽の生理過程に対する低温の連続性の不足や高温の影響で、冬季が温暖なほど自発休眠の覚醒に必要とされる低温遭遇時間が長くなるともいわれ¹⁴⁾、わが国の西南暖地では一層の影響が予想される。

(3) 我が国での温暖化を想定した気温上昇の影響予測

1) 低温持続時間の到達日の遅延

温暖化を想定した気温上昇が自発休眠の覚醒や開花現象に及ぼす影響を解明するために、宇都宮を例として取り上げ、日最高・最低気温の平年値(気象庁観測平年値、統計期間 1961-1990)⁹⁾に対して、それぞれ+1~+10℃まで、1℃ずつ上昇させた場合の自発休眠の覚醒に重要な低温遭遇時間の推移、ニホンナシ「幸水」の自発休眠と開花時期に及ぼす影響を解析した。

一般的に低温量の評価に用いられる 7.2℃以下の低温遭遇時間を求めるには、日別の平年値(最高・最低気温)に清野ら¹⁶⁾の最低・最高気温を用いる推定式により、7.2℃以下の低温持続時間を求めた。

ここでは、平年値と+1~+6℃の場合について、7.2℃以下の低温持続時間を求めた例を示した(表1)。

表 1 平年気温(最高・最低)の日別値から気温を+1~+6 上昇させた場合の 7.2 以下低温持続時間の到達日の変化(宇都宮)

	800hrs	900hrs
平年値	1月1日	1月6日
+1	1月7日	1月12日
+2	1月13日	1月19日
+3	1月20日	1月26日
+4	1月27日	2月3日
+5	2月5日	2月13日
+6	2月16日	2月27日

このように 7.2 以下の低温持続時間は、現在の気温から+4 までは、1 上昇ごとに到達日が 6~7 日遅れるようであった。+4 では約 1 ヶ月遅延することになる。これは、あくまで平年値に対しての温度上昇を想定した結果である。しかし、年次変動をも考慮すると平均で 1~2 の温度上昇があった場合には、樹種や品種により自発休眠覚醒時期が非常に遅延する場合も予想される。このような低温持続時間の到達日が遅延する影響は、宇都宮よりも暖地ほど深刻になり、そのように温暖化した場合には、例え自発休眠が覚醒したとしても、後述するが、その後の樹体の生育反応(開花・発芽)にも影響が出てくることも予想され、施設栽培を行う場合には加温開始期の判定等に影響がでるであろう。

2) ニホンナシ「幸水」における自発休眠覚醒時期の遅延

ここでは、自発休眠覚醒と開花現象についての動的なモデルが開発されているニホンナシ「幸水」を対象に、先ず自発休眠覚醒時期について、宇都宮と鹿児島を例として取り上げ、日最高・最低気温の平年値(気象庁観測平年値、統計期間 1961-1990) に対して、それぞれ+1~+10 まで、1 ずつ上昇させた場合の自発休眠の覚醒に及ぼす影響を解析した(図 1)。自発休眠覚醒時期の予測モデルは、Sugiura & Honjo¹⁷⁾を使用した。

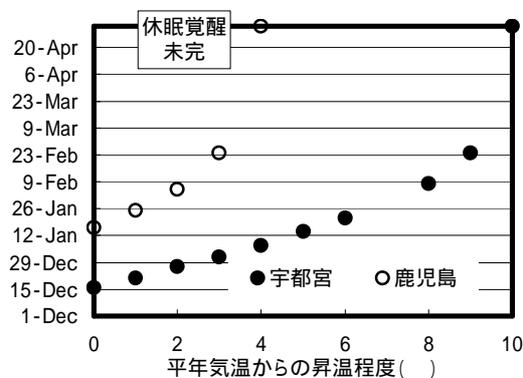


図 2 ニホンナシ「幸水」の自発休眠覚醒時期に及ぼす気温上昇の影響

ここで鹿児島では+4、宇都宮では+10を想定した気温変化を与えると自発休眠は、5月1日までに完全には覚醒できないという結果となった(図1)。鹿児島では+3までなら、2月中には何とか自発休眠が覚醒できるかどうかという限界に近づく。宇都宮では、現在12月中下旬には自発休眠が覚醒しているが、+1上昇毎に5~6日遅れるようになり、+5上昇で1ヶ月遅延が予想される。それに対して、温暖な鹿児島と比較すると、鹿児島では現在の平年気温下では1月16日に自発休眠が覚醒しており、これは宇都宮の+5の場合に匹敵する。もともと年平均気温で4.6の差異があるので当然の結果といえよう。ただ重要な点は、鹿児島では平均で+2の上昇が起これると自発休眠の覚醒時期が2月初旬となり、年によってはさらに遅延する場合も予想できよう。そのような場合には施設化による開花期・成熟期の促進という最大のメリットは期待できなくなるし、露地栽培ですら発芽や開花の遅れや不揃いなどの生育異常現象が多発するであろう。

我が国のニホンナシ産地の平均気温は、ここで対象とした宇都宮(年平均13)と鹿児島(同17.6)の間に大部分が位置するので、対象とする産地が暖地ほど温暖化による自発休眠覚醒時期の遅延の影響はより深刻な問題となる。

3) ニホンナシ「幸水」における開花時期の変動

前項と同様に Sugiura & Honjo¹⁷⁾ のモデルを用いて、ニホンナシ「幸水」の開花時期がどのような影響を受けるかを解析した(図2)。

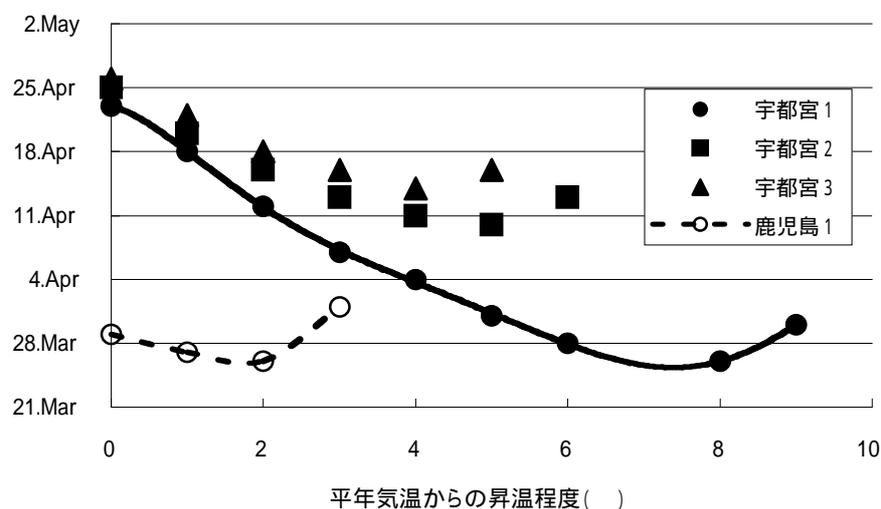


図2 ニホンナシ「幸水」の満開日に及ぼす気温上昇の影響

図2において、「宇都宮1」と「鹿児島1」は、自発休眠覚醒の発育指数(DVI₁)が1.0の時から開花予測を行い、「宇都宮2」と「宇都宮3」はそれぞれDVI₁=1.9

と 2.2 に到達後から予測を行った場合である。

杉浦¹⁸⁾によれば、 DVI_1 が 1.9 から 2.2 に到達してから開花中央日を推定するほうが $DVI_1=1.0$ から推定するよりも精度が高いとし、特に $DVI_1=2.2$ の使用を推奨している。鹿児島では、現在の平年値では DVI_1 が 2.2 に到達するが、+1 の上昇で DVI_1 は 4 月末でも 1.9 未満となった。そのこともあり、ここで提示した鹿児島の開花予測日は、実際の開花中央日からはやや早めの推定値であると考えている。しかし、ここで開花日より重要なことは、+1、+2 までは開花日がやや前進するが、+3 ではかえって遅延する現象が予測されたことである。

この現象は、宇都宮においても同様に観察され、予測を開始した DVI_1 の値にもより変化するが、現在の開花状況の予測精度が最も高い「宇都宮 3」においては +1 から +4 までは開花日が前進するが、+5 になると逆に遅延するようになり、それ以上の昇温を想定すると完全な開花に至らない結果となり、非常に予測が困難となった。

今まで述べたようにいずれの推定値においても、ある閾値以上の気温上昇が起これば開花日の前進は起こらず、かえって抑制的な面が強調されるようになる。それ故、果樹栽培への影響は重大なものとなるであろう。さらに、発芽や開花の不揃いや生育異常、開花期間の長期化が多発するようになるかと推定している。

(4) 温暖化の影響は我が国で発現しているか？

ここまで、温暖化による冬季の気温上昇が落葉果樹の休眠や開花現象に及ぼす影響を予測してきた。しかし、我が国の果樹栽培が未だ経験したことのない状況であるが、実際に起こりうる事態を想定して対応策を検討していかねばならない。先ず、現実には開花現象が全国でどのように推移しているか、地域により温暖化の影響は現れていないか、あるいは差違はあるのかなどを明らかにしておくか、ねばならない。ここでは、ニホンナシ「幸水」を対象に解析した例を紹介する。

1) ニホンナシ「幸水」開花日の年次変動の解析

ニホンナシの開花に関する東北から九州までの 21 地点の生態調査資料と、近傍の気象観測所の資料を用いて、開花日の変動の地域的な特徴と自発休眠の覚醒や開花を推定するモデルとの適合性の検討を行った。「幸水」の開花中央日の年次変動をみると、埼玉県では 10 年間で 2.5 日程度の早期化が起これば、開花中央日の前進傾向が有意に認められた(図 3)。

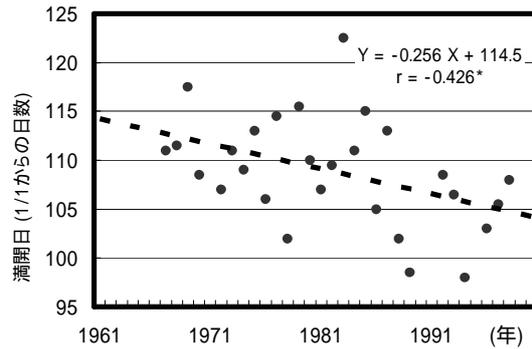


図3 埼玉におけるニホンナシ‘幸水’開花日の推移

それに対して、福岡県では、10年間に2.2日程度の遅延が認められ、最近になるほど年次間の早晩の変動が大きくなる傾向が認められた。その他の19地点については、開花日の前進化傾向がある11都県、遅延傾向にある3県、殆ど変化が認められない5県となり、全国的な傾向は顕著ではなかった(表2)。

表2 わが国におけるニホンナシ‘幸水’開花日の推移

(* t - 検定により5%レベルで有意差が認められた)

観測地点 (県)	パラメータ		相関係数 r
	a	b	
秋田	-0.0519	128.47	-0.102
宮城	-0.1125	126.51	-0.199
福島	-0.0244	118.29	-0.052
群馬	-0.0673	113.38	-0.144
栃木	-0.1454	121.54	-0.295
茨城	-0.0211	113.62	-0.045
埼玉	-0.2563	114.52	-0.426*
千葉	-0.1385	111.96	-0.240
東京	-0.1009	114.17	-0.183
神奈川	-0.0792	110.61	-0.105
新潟	-0.0331	122.45	-0.072
愛知	-0.0339	108.86	-0.085
長野	-0.0629	117.71	-0.119
富山	-0.1172	118.60	-0.221
兵庫	+0.0042	111.73	+0.003
岡山	+0.0186	110.34	+0.033
鳥取	-0.0988	113.53	-0.240
山口	-0.1563	112.56	-0.214
愛媛	-0.1204	110.17	-0.243
福岡	+0.2242	97.74	+0.429*
大分	+0.1599	102.05	+0.247

しかし、自発休眠覚醒時期を推定すると2/3の地点で遅延傾向が認められた。開花予測モデルによる推定開花日と実開花日の誤差(RMSE)を分析すると、四国・九州地域におけるRMSEは他地域に比べて変動が大きく、温暖な地域での推定精度が低下する傾向が認められた。地球温暖化の影響と同時に地域によっては、都

市の温暖化、いわゆるヒート・アイランド現象の影響があり、气象台や観測所の気象環境と果樹園気象環境との差異の有無や気象観測点の経年変動の影響等、数多くの、未解決の問題がある。現在、筆者らは温暖化と都市化の影響を区別して、明確にするべく解明を進めている。

(5) 温暖限界地での落葉果樹栽培

ここまで、温暖化による冬季の気温上昇が落葉果樹の休眠や開花現象に及ぼす影響を予測してきた。我が国の果樹栽培が未だ経験したことのない状況であるが、実際に起こりうる事態を想定して対応策を検討しておかねばならない。そこで、現実に気候が温暖すぎるために落葉果樹栽培が影響を受けている亜熱帯から温帯の高原気候等を利用したブラジル南部地帯での現状と問題点を紹介し、今後の参考に供したい。

1) 南ブラジル地域における落葉果樹栽培の現状と問題点

ブラジル南部地域のサンタ・カタリナ(SC)、リオ・グランデ・ド・スル(RS)、及びパラナ(PR)州では、気候や地理的条件を利用し、リンゴ栽培が26,000ha(年間48万ト)規模にまで拡大した。しかし、MERCOSUL(南米南部共同市場)の発足に伴い、小規模農家は温帯果樹先進地域のウルグアイやアルゼンチンとの、あるいは国内の大規模経営農場との競争にさらされている。そのため、元来リンゴ栽培にはやや温暖に過ぎる地域では、より低温要求量が少ないニホンナシ等の導入による経営基盤の強化を図ろうとした。ニホンナシの自発休眠覚醒のための低温遭遇時間の地域性の解明は、ニホンナシ等の導入可能性を検討するための基礎資料となるが、ブラジル南部地域におけるその解析は十分ではなかった。同時に、ニホンナシ生産は、一部の日系人移住地において試作が行われている程度で、試験研究や栽培技術については未だ模索段階であった。

そこで、同地域に適した持続的栽培技術(リンゴ・ニホンナシ)の導入・開発及び小規模園芸農家の営農基盤の強化をはかるため、1996年12月からSC州農牧研究・普及公社(EPAGRI)とブラジル農牧研究公社温帯農牧研究センター(EMBRAPA/CPACT)で、JICAプロジェクト「南ブラジル小規模園芸研究計画」が開始された(2001年12月終了)。同プロジェクトに参加する機会(1997年、1999年)を得て、ブラジル南部におけるニホンナシ栽培の生産阻害要因である花芽異常現象(花ボケ、Floral Bud Abortion)の原因解明とその制御のための研究を開始した。それ以降EMBRAPA/CPACTとの共同研究を実施している。

2) ニホンナシ等の自発休眠覚醒に関与する低温時間の地域特性

1997年6~10月にEMBRAPA/CPACT(ブラジル農牧研究公社温帯農牧研究センター、RS州Pelotas市)において、同センターのCascata試験場の気象観測デ

ータ（1967～97）を使用し、清野ら¹⁶⁾の最低・最高気温を用いる推定式により、7.2 以下の低温持続時間を求めた。

また、RS と SC 州内の EMBRAPA/CPACT を除く 13 地点（果樹園）には、サーモレコーダー（タバイエスペック、RT-10/11）を設置し、実際の低温持続時間の地域性の観測と前述の推定法の適用可能性を検討した。Cascata 試験場におけるサーモレコーダーでの実観測値とその最低・最高気温から清野ら（1981）の式により求めた低温持続時間（< 7.2 ）との比較では、その推定誤差は ±3.8% 以内という結果が得られた。

Cascata 試験場における低温持続時間の年次変動を解明するため、1967～97 年の 31 年間について、旬と月別の 7.2 以下の低温持続時間を推定した。図 4 は、4～9 月までの月別の低温持続時間の推移を示した。1967～96 年の 30 年間の平均値で見ると、8 月末までに 405.3 時間であるが、標準偏差は 98.4 時間、その変動係数（cv）は 24.3% であった。同様に、6、7 月まででは、各々 182.7 ± 72.4 、 306.3 ± 89.8 、cv は 39.6、29.3 であった、6～9 月までの各月毎の cv は、45.7、42.1、37.4、54.8% であり、年次間変動が非常に大きいことが明らかとなった。例えば、1996 年は寒冬年で、8 月末までに 7.2 以下が 626.5 時間あり 6、7 月の第 3 旬には各々 134.5、114.1 時間と 30 年間で 1、3 位の低温時間を記録した。逆に、1986 年には、8 月末までに 229.4 時間（月間値では 50.6 時間）しか遭遇せず、暖冬年であった。以上のことから、南ブラジル地域での低温遭遇時間の年次変動は非常に大きいものと思われた。

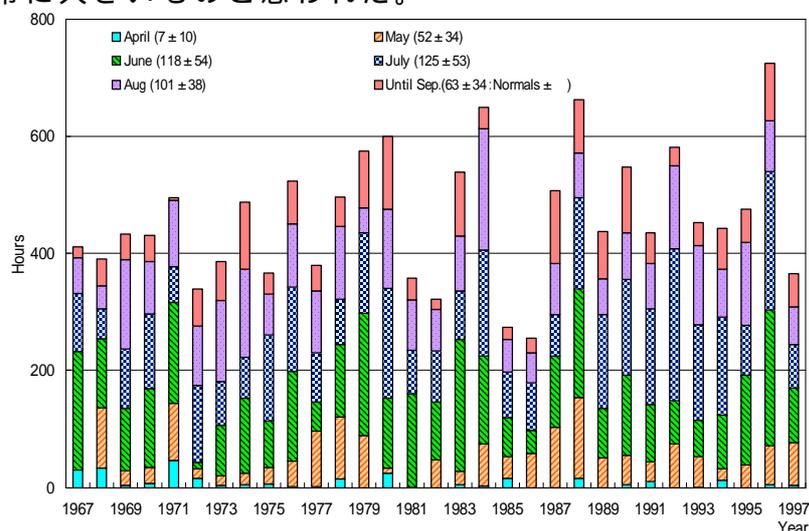


図 4 Cascata Station (RS 州、EMBRAPA/CPACT の試験地) における 7.2 以下の低温遭遇時間の年次変動

3) 花芽異常の発生実態と発生要因の解明

1997 年 6～10 月と 1999 年 11～12 月に、RS 州 (Pelotas、Cascata、Canguçu、

Vacaria)と SC 州(Caçador、Sao Joaquim、Curitibanos)のニホンナシ園(二十世紀、幸水、豊水他)の生態調査を行った。また、気象観測(1967~97)及びニホンナシの生態調査データ(1989~97)は、EMBRAPA/CPACT の Cascata 試験場(RS 州 Pelotas 市郊外)のものを解析に使用した。

1997 年には、花芽異常現象が RS 州の上記 4 地点と SC 州の Caçador、Curitibanos での大発生が観察された。花芽の異常には、混合花芽内の各小花の原基が全部枯死したものから、花芽当たり一輪程度が開花するものまで、品種や園地の状態により種々の事例が観察された、また、一樹や園内での開花期間は 1 ヶ月以上継続した。

そこで、花芽異常に關与する気象要因を明らかにするため、気温の日別値を用いて解析を行った。まず、秋から初春にかけての霜害発生を起こしうる低温発生との関係では、低温の程度、頻度や低温遭遇時間は異常発生と相関がなく、即ち極低温が關与した障害ではないことが示された。次に、旬別の 7.2 以下の低温持続時間との相関をみると、7 月下旬と、7 月中下旬の持続時間とはかなり高い負の相関が認められた。逆に、8~9 月初旬の 25 以上の高温遭遇時間との関係をみると、高い正の相関が認められた、しかし、Nakasu ら¹³⁾が推定した日較差と異常発生とは関係が低いようであった。Sugiura and Honjo の生育モデル¹⁷⁾により推定した Cascata における自発休眠の平均覚醒時期は 8 月中旬であり、各年の推定休眠覚醒時期と開花日の観測値との関係から、自発休眠の覚醒から開花へと生育相の転換が起こる時間がそれまでに受けた低温量に比例して変動すること。その相転換が起こる時間の長短が花芽異常の発生と負の相関関係があることが認められた。

(6) まとめ

温暖化に伴う冬季の気象変動が落葉果樹栽培に及ぼす影響を検証するために、関東北部のニホンナシ生産県である宇都宮を対象に選んで現在の気温より上昇した場合の影響予測を行い、低温持続時間の到達日が遅延すること、ニホンナシ「幸水」の自発休眠覚醒期が気温 1 の上昇で 5~6 日遅延すること、宇都宮では +4 まで、鹿児島では +2 までなら開花日はある程度まで促進されるが、それ以上の昇温は逆に開花現象に阻害的に働くことを推定した。実際にわが国の西南暖地(福岡や大分)では、ニホンナシ「幸水」の開花日が遅れている傾向を認めた。そのような温度上昇が起こった場合の落葉果樹栽培への影響を具体的に考えるために、亜熱帯から温帯の高原気候等を利用したブラジル南部地帯でのニホンナシ栽培を例にして、将来の気象変動に伴い発生する可能性が考えられる温暖化による休眠異常の問題点を指摘した。

ブドウやリンゴに比べて、ニホンナシでは、自発休眠の覚醒を促進する有効な手段(例えば薬剤等)が確立されていないので、自発休眠の実用的な制御技術を開発中である。もし、開花数が十分に得られないような事態になれば、亜熱帯低地の台湾中部で行われている「花芽接ぎ」等の栽培的方法^{11、12})も可能ではあるが、着果全量を接木によるのは、あまりに栽培者の負担とコストが大きくなりすぎる。しかし、温暖化による低温遭遇時間の不足あるいは休眠覚醒の遅延は、わが国の西南団地での施設栽培で最初に起こるのであろうし、急いで解決を要する問題である。栽培的な対策と同時に低温要求性の低い品種の育種も今後重要となる。

昨年12月にRS州Pelotasで開催された亜熱帯地域における温帯果樹栽培についてのワークショップ(*Internatinal Workshop: Temperate Fruit Trees Adaptation in Subtropical Areas*)では、特に低温要求性の低い品種や育種計画が大きな話題となり、モモでは7.2以下の低温遭遇時間が150時間程度で、自発休眠覚醒後に発芽・開花するまでの温度要求量が少ない実用品種が注目されていた。

また、ここでは、触れなかったが温暖化に伴い害虫の世代数の増加や越冬困難害虫の北進、病害発生への影響も大きく変化すると考えられる。専門分野を横断した広範な対応策の研究と実態調査が望まれる。

(7) 参考文献

1. Erez, A. (1987) *Acta Hort.* 199: 137-144.
2. 本條 均ら (1998) 熱帯農業 42(別1). 11-12.
3. 本條 均ら (1998) 日本農業気象学会 1998年全国大会講演要旨. 376-377.
4. 本條 均ら (2002a) 農業工学関連4学会 2002年全国大会講演要旨. 150.
5. 本條 均ら (2002b) 園学雑 71(別2). 288.
6. Honjo, H. et al. (2002a) *Acta Hort.* 587: 389-395.
7. Honjo, H. et al. (2002b) *Acta Hort.* 587: 397-403.
8. Honjo, H. et al. (2002c) *Internatinal Workshop: Temperate Fruit Trees Adaptation in Subtropical Areas.* (CD-ROM版).
9. 気象庁監修 (1996) 気象庁観測平年値(CD-ROM版)気象業務支援センター.
10. 国立環境研究所 (1996) 平成5~7年度環境庁地球環境研究総合推進費終了研究報告書. pp.169.
11. Lin, H. S. et al. (1987) *Acta Hort.* 199: 101-108.
12. Lin, H. S. and W. J. Liaw (1990) *Acta Hort.* 279: 75-82.
13. Nakasu, B. H. et al. (1995) *Acta Hort.* 395: 185-192.

- 14.西元直行 (1991) 農業技術大系果樹編.追録第 6 号 , 施設栽培 50 の 4 . 農文協 .
- 15.Saure, M. C. (1985) Hort. Reviews, 7: 239-300.
- 16.清野 豁ら (1981)農業気象.37: 123-126 .
- 17.Sugiura, T. and H. Honjo (1997) *J. Agric. Meteorol.* 52: 897-900.
- 18.杉浦俊彦 (1997) 京都大学学位論文 .
- 19.Sugiura, T. et al. (2002) *Acta Hort.* 587: 345-351.
- 20.Weinberger, J. H. (1950) *Proc.Amer. Soc. Hort. Sci.* 56: 122-128.
- 21.Westwood, M. N. and N. E. Chestnut (1964) *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84: 82-87 .
- 22.Westwood, M. N. (1978) *Temperate-zone pomology.* W. H. Freeman and Co., New York.

2.3. 病害虫の発生に及ぼす気候温暖化の影響

果樹研究所生産環境部 村井 保、今田 準、吉田幸二、足立 礎
果樹研究所リンゴ研究部 新井朋徳
京都大学大学院農学研究科 刑部正博

はじめに

地球温暖化が農業害虫に及ぼす影響については、井村⁶⁾、桐谷⁸⁾⁹⁾、山村²³⁾などいくつかレビューされている。病害については、温暖化と病害の発生との関係についてはほとんど論議されていない。糸状菌や細菌等はそれぞれ増殖に適した温度域を持っているので、温度条件は病害の発生に大きく影響する。また、湿度や降雨の影響も大きい。果樹病原菌は各種果樹への種特異性が大きく、伝染環や発病時期など果樹のステージに大きく依存することから、発生時期の変化が予想される。また、温暖化による果樹栽培の移動とともに病害の発生地域の移動が予想される。落葉果樹の南限では病害によって淘汰され、南限が北上し、常緑果樹では北限が北上するとともに南方の病害が北上することが予想される。昆虫媒介性の病害は媒介昆虫の分布拡大が病害拡大に大きく貢献し、カンキツグリーンング病などの本州未発生の病害の北上が懸念される。

果樹害虫である昆虫、ダニ類は変温動物であり、様々な気象要因の中で温度の影響は最も大きい。直接的な影響として、分布の北上、冬季死亡率の低下、春の出現の早期化、年間発生世代数の増加があげられる。温度との影響については多くの害虫でデータが取られており、それぞれの地域における発生時期や発生回数などが推定されている。これらのデータは温暖化における害虫の発生を予測するのにも利用できる。

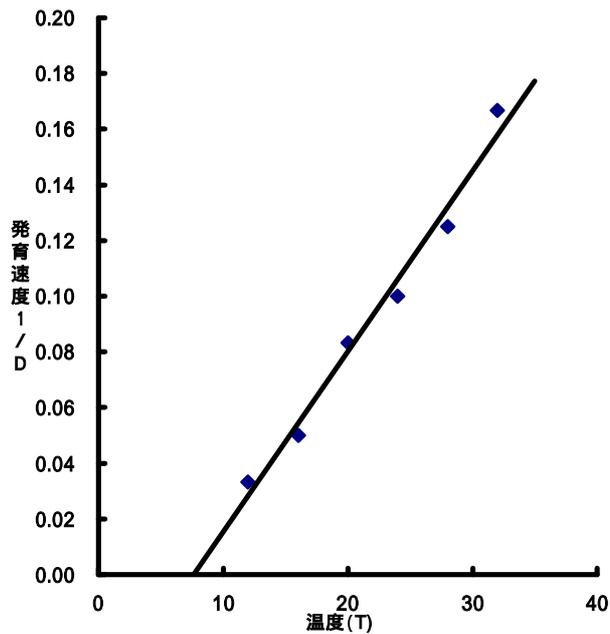
本文では、はじめに、温暖化によって害虫の発生にどのような変化が生じるかについて、理論的背景と主たる影響についてこれまでのレビューを含めて概略を述べ、続いて問題化が懸念される果樹病害虫における温暖化の影響について紹介したい。

1. 害虫の発育と温度

害虫の発育速度や生存率は温度に依存して変化する。図1の下に示したように、中間の温度域では温度の上昇とともに発育速度も速くなるという直線的関係がある。また、限界温度以下では発育できない。通常これを発育ゼロ点と呼んでいる。生存については、種によって幾分異なるが、生存のための温度域が決まっている。昆虫は50℃では熱麻痺を起こし長く接触すればするほど不可逆的で致命的になる。しかし、凍結個体は温度の上昇で蘇生することがある。温度に対する昆虫の反応は種類、発育段階、湿度などによって異なり、変異も大きい。地球温暖化は害虫の発育速度と生存率を変化させ、害虫の発生パターンにも大きく影響するはずである。

昆虫の発育期間と温度との間には次のような関係がある。

$$(T-T_0)D = K \cdots \cdots \cdots (1)$$



Tは飼育温度、 T_0 は発育限界温度（発育ゼロ点）という。Dは温度（T）で発育に要する日数、Kは有効積算温度温量といい日度で表す。実験的には10-35の温度域で任意に設定した温度で昆虫を飼育し、各温度における発育日数（D）の逆数 $1/D = V$ （発育速度）を縦軸に温度（T）を横軸に取り、プロットする。これらプロットの回帰直線を算出し、この回帰直線と横軸との交点の温度が発育ゼロ点となる（図1）。発育ゼロ点と有効積算温量から理論的な年

図1．発育速度と温度との関係

間発生世代数などが求められる。

桐谷⁷⁾は日本産の昆虫、ダニ類430種の発育ゼロ点と有効積算温量についてまとめ、地球温暖化への影響の評価に欠かせないものとなっている。

2．温暖化による害虫発生の変化

1) 昆虫の北上

様々な昆虫が近年北上していることが観察され、気温の上昇以外にはこの現象の説明が困

表1 過去50年間に北上定着した迷蝶⁹⁾

種名	定着場所	定着年
タイワンカキシジミ	八重山群島	1940年代
タイワンアザミ	八重山群島	1966
シロミスジ	八重山群島	1967
ベニモンアゲハ	八重山群島	1968
ナミエシロチョウ	宮古群島	1971
クロボシセセリ	八重山群島	1973
台湾キマダラ	八重山群島	1973
テツイロピロードセセリ	八重山群島	1974
ギンモンウスキチョウ	沖縄群島	1974/1975
ツمامラサキマダラ	八重山群島	1986
台湾モンシロチョウ	八重山群島	1987

難だと言われています。その中でも、ミカン科植物を餌とするナガサキアゲハの分布が九州から北上し、1980年代には大阪府で、1995年には近畿地方全域で見られるようになった²⁵⁾。休眠性の変化に着目されたが、結果は否定的であり、1980年以降の最寒月平均気温の上昇が原因であること示された。この例は、果樹害虫の分布の北上を警戒する典型的な例である。

過去50年間に台湾から北上し、南西諸島に定着した亜熱帯の蝶のリストが示されている(表1)⁹⁾。1960年代を境に北上定着が急激に増えていることがわかる。本土への定着は分からないが、寄主植物の存在如何によってこれら北上種の分布の北限が決まると考えられる。種々の昆虫では、発育ゼロ点、有効積算温量、休眠誘起の条件、致死温度などを組み込んだシミュレーションによる分布予測がなされつつある。とりわけマラリアやネムリ病などの昆虫媒介性の伝染病については、地球温暖化に伴う流行の危険性が指摘されている¹⁴⁾。

2) 冬季死亡率の低下

南方系の害虫であるミナミアオカメムシの分布北限の和歌山県南部の冬季平均気温は6前後であるが、1962-63年の冬は3.6であり、その結果越冬成虫の死亡率は97.5%に達した¹⁰⁾。2.4の気温の変化は分布限界地域の昆虫個体群に壊滅的な影響を与えた。逆に地球温暖化による温度の上昇は冬季死亡率の低下と高生存率の維持を招くことが予想される。

3) 春先の発生の早期化

アブラムシ類は季節的に寄主転換することがよく知られているが、同じ種内にも、冬に1次寄主の木本に産下された卵で越冬し、春にふ化してその後秋にかけて2次寄主の草本上で胎生雌の世代を繰り返す完全生活環型と、暖かい地域では冬でも胎生雌で越冬する不完全生活環型と言われている生活環型がある。温暖化に伴い不完全生活環型が増加するものと考えられている。不完全生活環型のアブラムシは1, 2月の平均気温が1以上高いと、春の分散

表2 各種害虫の1998年の年間世代数の推定と平年値の比較²²⁾

害虫名	春の出現時期の 早期化	K	To	年間世代数の推定			年間発生量 の比較
				1998年	平年	差	
ハスモンヨトウ	±	510	11.0	6.4	5.3	1.1	+1/14
オオタバコガ	±	412	12.1	7.1	5.9	1.2	± 2/3
チャハマキ	5	469	9.8	7.9	5.9	1.4	-32/38
チャノカクモハマキ	10	469	9.3	8.2	6.8	1.4	-34/38
チャノアザミウマ	15	280	9.1	14.0	11.6	2.4	
クワシカイガラムシ	15	952	6.9	5.0	4.2	0.8	
モアガアブラムシ	15	129	3.1	47.3	41.5	5.8	-12/14
カンザワハダニ	40	204	7.8	21.5	17.9	3.6	

年間発生量は+は平年より多、±は平年並み、-は平年より少を示す。

1998年の年間誘殺数が調査した年数の何番目に多い年か、多い順位(降順)/調査年数で示す。空欄は防除園の調査のため発生量を検討できなかった。

開始時期が2週間ほど早まることが知られている⁵⁾。山口ら²²⁾は、発育ゼロ点について8種の昆虫について調査し、そのうち10以下の6種で、春の昇温とともに出現時期の早期化

が認められた(表2)。鹿児島県ではモモアカアブラムシは冬季でも胎生雌で越冬しており、開始時期が2週間ほど早まることが知られている⁵⁾。山口ら²²⁾は、発育ゼロ点について8種の昆虫について調査し、そのうち10以下の6種で、春の昇温とともに出現時期の早期化が認められた(表2)。鹿児島県ではモモアカアブラムシは冬季でも胎生雌で越冬しており、冬季の気温が上がった年では春の出現時期が早まった。これらのように休眠性がないかもしくは浅いような種では発育ゼロ点と有効積算温量で春先の早期化を予測できる。

4) 年間発生回数の増加

発育ゼロ点と有効積算温量を用いた年間世代数の推定から、1998年の鹿児島県では調査したどの種も世代数が増加することが予想され、鱗翅目害虫は1世代、チャノキイロアザミウマは2世代、カンザワハダニは3世代、モモアカアブラムシは6世代増加することが予想されている²²⁾。しかし、鱗翅目害虫ではトラップでの発生消長からは発生ピークの増加は確認できなかった。発生量に関しても大きな変化は認められなかった。これらの原因として、夏期高温の発育に対する影響、天敵類の発生や活動の影響が関わっていることが推察されている。Murai¹²⁾は各種アザミウマ類の発育ゼロ点と有効積算温量を求め1990年から1999年までの10年間の岡山県での年間発生世代数を推定している。ハナアザミウマは最も冷涼であった1993年の11.3回に対して最も暑かった1998年では18.1回と推定され、また、近年果樹でも薬剤抵抗性が問題となりだしたネギアザミウマでは、それぞれ7.1回と10.7回と推定されている¹¹⁾。このように、その年の気温の変動が昆虫の発生状況に大きく影響することが指摘されている。

3. 温暖化で影響が予測される果樹病虫害

1) リンゴ白紋羽病

病原糸状菌は土壌伝染性であり、りんごの根部を加害するため、地上部を衰弱させ枯死に至らせる。発育温度は11.5-30であり、温暖地に多いと考えられる。気温上昇により秋期～春期の活動が旺盛になると発生を助長させる可能性がある。

本病は一般的に開墾後年数の古い平坦地に発生しやすいといわれ、その発生要因としては、主に土壌の種類、土壌環境(過湿、乾燥)、粗大有機物の大量投入などが関わっていると言われている。しかしながら、1986-1989年に実施された発生実態調査によれば、青森県、秋田県の東北北部では紫紋羽病の発生が多く、群馬県で白紋羽病と紫紋羽病の発生は同程度であり、長野県では圧倒的に白紋羽病菌の発生が多いという調査結果が出ていることから(表3)、温度差が発生に関わっている可能性もあるが、気温と発病との関係を具体的に示したデータはない。白紋羽病菌の発育温度は11.5-30であり、紫紋羽病菌では7-35と言われており、発育温度の最低温度の差が白紋羽病発生の差となっている可能性がある。長野県と青森県では平均気温で1、最高気温で2.7、長野県の方が高いが、長野県と秋田県では平均気温がほぼ同じで、最高気温が長野県で1高いのみである。しかしながら、りんごの生育状態を示す1つの指標であるりんごの開花時期は最近7年間の平均で長野県の方が秋田県より平均して4.7日程度早く、高温と降雨が発生に関わると言われる斑点落葉病の発生の急増期は、長野県では6月中・下旬頃であり、秋田県では7月上・中旬頃であることから、長野県と秋田県にも統計上は現れない温度差があると考えられる。

2) 果樹の黒星病

IPCCの気候変動予測では、気温の上昇は海洋より陸上、低緯度より高緯度、夏より冬のほうが著しく、暖冬傾向になると予測されている。一般に温帯果樹は生育停止後、徐々に自発休眠に入り、秋になり気温の低下とともに自発休眠が進む一方で耐凍性を増し、厳しい冬を強制休眠で乗り切るとされている。ところが暖冬下では休眠の覚醒が不十分となって発芽、開花の遅延が起こり、収量が減少することが知られている。このように暖冬傾向によって果樹の栽培環境が変化し、栽培適地の移動が予想されている。

果樹の黒星病には表4に示したように、5種類の病原菌がそれぞれ関与しており、リンゴ、ナシの黒星病は発生量及び被害程度から重要病害であり、核果類ならびにカキの黒星病も果

表3 白紋羽病菌と紫紋羽病菌の発生状況

	白紋羽病	紫紋羽病	両者混在	備考
青森県津軽	0.5%	3.6%	-	発生樹率(1985-1986)
県南	0.2	5.8	-	同上(1985-1987)
秋田県中央以南	0.0	2.9	-	同上(1985)
県北	0.1	4.5	-	同上(1985)
群馬県	28.9	48.5	8.5	紋羽病発生ほ場率(1985-1987)
長野県	28,480a	3466a	-	紋羽病発生面積(1985)

実に発生するため防除対策が必要である。リンゴ、ナシ、モモ、カキに発生する黒星病は、第一次伝染源として機能する有性胞子の存否を除けばほぼ同様の発生生態を有しており、これらの防除には春期の第一次感染の防止が重点であり、また、越冬伝染源となる秋期発病を抑えることも重要である。これらの病原菌の活動の適温は比較的低温、気温の比較的低い春期から梅雨期に発病し、夏期には病勢進展は停滞するが、秋期には気温の低下に伴い再び感染の好適条件となり、翌春の伝染源を多くする要因となる。温暖化に伴う秋期発病の増大や暖冬による休眠覚醒や耐凍性への悪影響により、病害の多発生や栽培適地の移動に伴う発生分布の拡大が予想される。

表4 果樹に発生する黒星病の種類と病原菌

樹種	病原菌
リンゴ	<i>Venturia inaequalis</i>
ナシ	<i>V. nashicola</i>
セイヨウナシ	<i>V. pirina</i>
モモ、スモモ、アンズ	<i>Cladosporium carpophilum</i>
カキ	<i>Fusicladium levieri</i>

3) カメムシ類

主要な果樹カメムシ類はチャバネアオカメムシ、クサギカメムシ、ツヤアオカメムシであ

る。チャバネアオカメムシは全国的に分布するが、クサギカメムシは北陸から東北地方に多く、ツヤアオカメムシは四国や九州の西南暖地が多い。成虫で越冬し、気温の上昇とともに移動を開始する。針葉樹林帯が主な繁殖地であり、球果の豊凶はカメムシの発生数に強く影響する。このため、温暖化により分布域が北にシフトするとともに、行動開始時期の早まりや繁殖シーズンの拡大ならびに球果の早期成熟が起こることから、カメムシの被害が増大すると予想される。発育零点はクサギカメムシ、チャバネアオカメムシ、ツヤアオカメムシの順に高くなる傾向がある（第1表）。また、ツヤアオカメムシでは30 を超えると幼虫の発育遅延や成虫の早期死亡などの高温障害が生じる。このため、気温上昇により分布域が北にシフトし、各地域のカメムシの種構成が変化すると考えられる。

表5 カメムシの発育零点と有効積算温量

種名	期間	発育零点	有効積算温量	出典
		()	(日度)	
クサギカメムシ				
	卵～羽化	12.1	598	20)
	卵～ふ化	12.7	68	24)
	ふ化～羽化	13.9	403	
チャバネアオカメムシ				
	卵～羽化	14.0	411	19)
	卵～羽化	13.8	385	16)
	卵～羽化	12.7	430	2)
ツヤアオカメムシ				
	卵～ふ化	16.1	68	15)より算出
	ふ化～羽化	13.6	326	

カメムシは成虫越冬しており、気温が10 前後になると吸水行動を示し、10数 で飛翔行動を起こす。したがって、温暖化は加害開始の早期化をもたらす。同時に、繁殖活動の早期化にもつながり、繁殖シーズンが拡大する。新しく羽化した成虫は14～15時間の日長で生殖休眠に入り産卵しないが、繁殖シーズンが早まれば第1世代成虫も産卵が可能となるため、

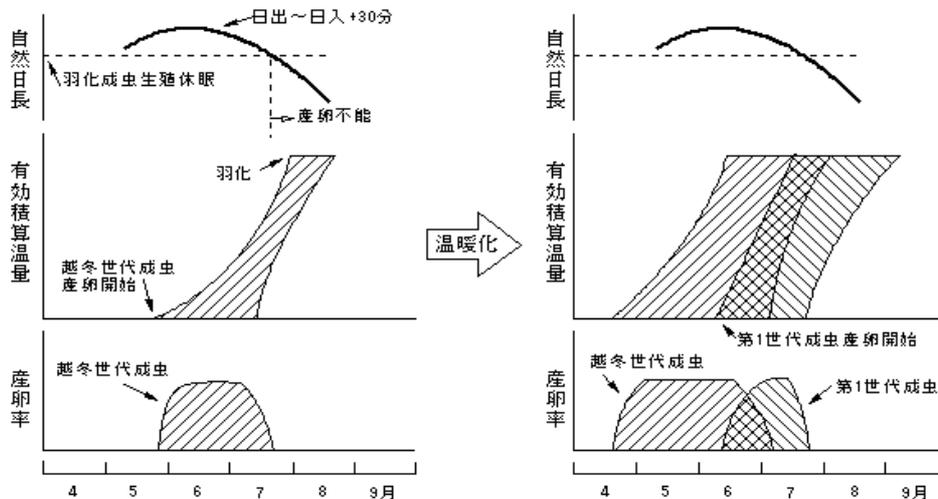


図2 温暖化に伴うカメムシ年間発生回数に変化に関する模式図

世代数が増加すると考えられる（図2）。

果樹カメムシの主要な繁殖場所は針葉樹林帯である。スギやヒノキは前年の夏に花芽分化するため、高温で乾燥した気象条件では翌年の球果の結実量が多くなる傾向がある。また、カメムシは球果の種子を主な餌とするが、温度上昇により球果の成熟が促進されるため、カメムシの増殖率が增大すると推測される。

平成13年は東北地方で果樹カメムシの大発生があり、青森県でもリンゴや洋ナシで大きな被害が出た。東北地方ではこれまでカメムシによる大きな被害が出ていない。そのため、カメムシの被害と気づかなかった農家も多かったようです。青森県ではクサギカメムシが優占種であったが、その時はチャバネアオカメムシが多かった。種構成が変化する可能性を示唆している。ツヤアオカメムシは九州南部から紀伊半島南部にかけて発生量が多いカメムシですが、近年、茨城県のつくばなどでも見られるようになり、東北地方での発生も報告されるようになってきている。

これら主要な3種のカメムシの他に、最近、福岡県で観察された南方系のカメムシが注目される¹⁸⁾。ミナミトゲヘリカメムシ、オオクモヘリカメムシ、エサキモンキツノカメムシの3種です。ミナミトゲヘリカメムシは沖縄から九州南部にかけて分布するカメムシですが、平成12年に福岡県のカンキツ園で採集されている。それが、平成14年カキを加害するのが確認されている。オオクモヘリカメムシは本来の寄主はネムノキですが、カキとミカンを加害することが確認されている。エサキモンキツノカメムシは背中に黄色い紋が付いているカメムシで成虫が卵塊を抱きかかえる習性を持っている。これもミカンを吸汁していることが確認されている。平成15年、つくばの果樹研究所構内のキハダの葉で卵を抱えているのも多数観察されており、分布の拡大は思ったより大きいかもしれない。

4) カイガラムシ類

広範な果樹を加害する主要なコナカイガラムシとしてフジコナカイガラムシとクワコナカイガラムシがある。カンキツではこれらの他ミカンヒメコナカイガラムシとミカンコナカイガラムシの2種が重要な種である。コナカイガラムシ類は温暖化により分布域が北上するとともに、発生時期が早くなり、発生回数の増加により被害が増加すると予想される。しかし、天敵寄生蜂類の発生回数もそれ以上に多くなるため、天敵の働きを有効に利用できれば、問題が発生する可能性は小さいと考えられる。殺虫剤の多用による被害の増加に注意を払う必要がある。有力な天敵が存在しないアカマルカイガラムシが温暖化により発生回数が増加した場合、発生地帯ではその加害が問題となる可能性がある。

カンキツで重要なミカンヒメコナカイガラムシ、フジコナカイガラムシ、ミカンコナカイガラムシの3種のうち、ミカンコナカイガラムシは他2種に比べ低温に対し弱いと考えられ、露地では沖縄などの南部諸島を除きほとんど認められず、主に施設内で発生する。

ミカンヒメコナカイガラムシとその寄生蜂 *Allotropia sp.* と *Anagyrus subalbipes* ならびにフジコナカイガラムシの1世代に要する有効積算温度はそれぞれ636、518、234、759日度である¹⁾。年平均気温が1、2上昇した場合に得られる積算温度は最大で365、730日度と考えられ、1の上昇ではコナカイガラムシ2種と *Allotropia sp.* では1世代の発育に必要な温量に達しないが、*A. subalbipes* では達する。また、2度上昇したときに得られる温量はフジコナカイガラムシでは1世代の発育に必要な温量に達しないが、ミカンヒメコナカイガラムシと *Allotropia sp.* では1世代、*A. subalbipes* では2~3世代の発育に必要な温量以上である。一方、露地におけるコナカイガラムシ類の防除適期である第1世代幼虫の発生時期は1上昇ではほとんど変化はなく、2上昇で10日ほど早くなると考えられた。以上から、露地で発生している2種コナカイガラムシ類については、平均気温が2上昇した場合に発生時期が早まり、現状より1世代多く発生できるようになるが、天敵の発生回数もそれ以上に増加すると予測されることなどから、温暖化がこれらコナカイガラムシ類の発生に対する天敵の働きを促進するような影響があると考えられた。しかし、天敵の増殖率や薬剤散布の影響が不明な状態では天敵の働きを過剰に評価することはできない。露地で発生例がほとんどないミカンコナカイガラムシが温暖化により露地で越冬できるようになった場合、他2種コナカイガラムシよりも1世代多く発生できると考えられることや、本種に対する土着寄生蜂類の寄生性が劣ることなどから、露地においてその問題が発生する可能性がある。施設栽培ではコナカイガラムシ類の発生が問題となるが、これは虫が降雨による洗い流しから免れること、外部と隔離されているため施設内への天敵類の移入が極めて少ないこと、冬季に加温する栽培体系であるため増殖が栽培期間中を通じて可能なことなどの要因が重なっているためと考えられる。

近年、発生が増加傾向にあるアカマルカイガラムシについては、ふ化から産卵までに必要な有効積算温度は639日度で、年平均気温が2上昇した場合、現状に比べ年発生回数が1世代多くなると考えられる。本種には密度を低く抑える天敵が国内に存在しないため、発生地域では温暖化による年間発生回数の増加でその加害が問題となる可能性がある。また、アカマルカイガラムシの発生地域が今後拡大する可能性はあるが、これはそれまで未発生地帯であった所に新たに虫が持ち込まれることが大きな原因であるので、持ち込みのないように

注意が必要である。

5) ハダニ類

ハダニ類は発育期間が短く、適温の範囲内であれば温度が高いほど発育が速くなる。また、高い増殖力を有するため、気温の上昇によって年間の発生回数および発生量が多くなることが予測される。また、ハダニ類には雌成虫が休眠して越冬する種や秋に休眠卵を産み、卵越冬するものがあり、その一方ではまったく休眠しないですべての発育ステージで越冬する種もみられる。休眠は主に短日低温条件下で誘起されるため、休眠性を有する種については地域による日長の差異も年間発生に影響を及ぼす。

過去のデータから、ミカンハダニの卵から産卵開始までの期間の発育零点を 8.96、有効積算温度を 210.53 日度²¹⁾として気温の平年値を元に計算すると、千葉市では3月下旬から年間12世代を、松山市では3月中下旬から13世代を経過し、気温が発育零点を下回る11月下旬から増殖が停止すると推定された。温暖化により両地域の平均気温が2℃上昇した場合を想定して再計算すると、繁殖時期は千葉市では3月上旬～12月上旬、松山市では3月上旬～12月中旬となり、年間世代数はいずれにおいても3世代程度増加すると予測された。

リンゴハダニについて、発育零点を 6.92 とし、最高気温から計算された有効積算温度(244.5 日度)¹⁷⁾を用いて、冬から春の気温の上昇が休眠卵のふ化に及ぼす影響を検討した。その結果、盛岡市では休眠卵のふ化開始時期は平年値では5月上旬であるが、2℃の気温の上昇によってほぼ10日程度早まり、4月下旬になると推定された。冬季に休眠する種では気温のみならず日長の変化が年間世代数に影響する。そこで、ナミハダニについて、発育零点を 10、卵から産卵始めまでの有効積算温度を 179.8 日度として²¹⁾、光温図を用いて温暖化の影響を検討した。盛岡市の気温ではナミハダニは4月の第6半旬から活動を始め、7世代の発育が可能と考えられた。しかし、この地域のナミハダニの休眠臨界面日長は12時間50分程度である³⁾。6世代目(越冬雌成虫を加えれば7世代目)の成虫が出現し始める9月の第一半旬には日長がこれより短くなり、休眠が誘起されるため、盛岡市におけるナミハダニの平均的な世代数は6世代程度と推定される。平均気温が2℃上昇した場合には、春の活動開始時期は4月の第5半旬と推定され、また年間の有効積算温度から9世代の発育が可能と考えられた。しかし、日長には変化がないため、7世代目の後半には臨界面日長に達した。したがって、盛岡市では2℃の気温上昇でナミハダニの世代数は1ないし2世代増加すると推定された(図3)。ナミハダニの日長感受性は地域個体群間で異なるため³⁾、長野市のナミハダニの臨界面日長を12時間と仮定して、光温図による解析を行ったところ、2℃の平均気温の上昇により、年間世代数がほぼ2世代増加すると推定された(図4)。同様に千葉市、松山市でも2世代の増加が推定された(図5, 6)。

ハダニ類の代表的な土着天敵であるケナガカブリダニについて、発育零点を 12.2、有効積算温度を 103.8 日度とし、休眠臨界面日長(成虫休眠)を13時間として⁴⁾光温図による解析を行った。この結果、平年値では盛岡市で年間7～8世代、長野市で11世代、千葉市で12世代、松山市で13世代が経過し、これらの地域で平均気温が2℃上昇した場合、盛岡市で2～3世代の増加、その他の地域ではいずれも3世代の増加が予想された(図7,8,9,10)。

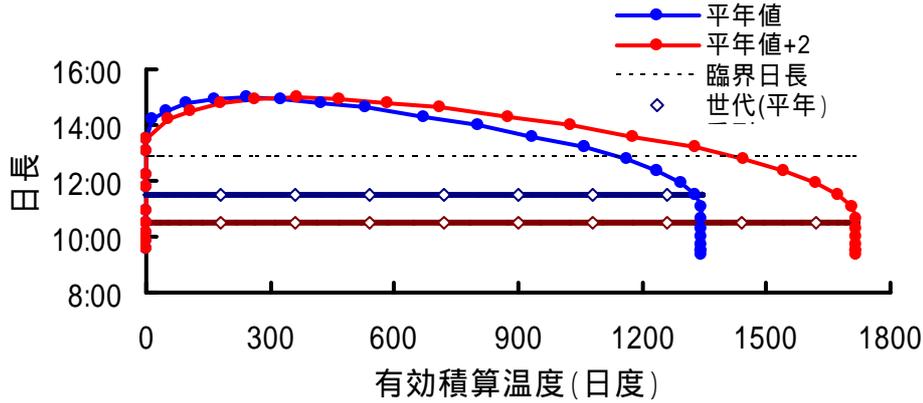


図3 平均気温が2℃上昇した場合の盛岡市におけるナミハダニの光温図と推定世代数の変化 点線は休眠臨界日長を示す

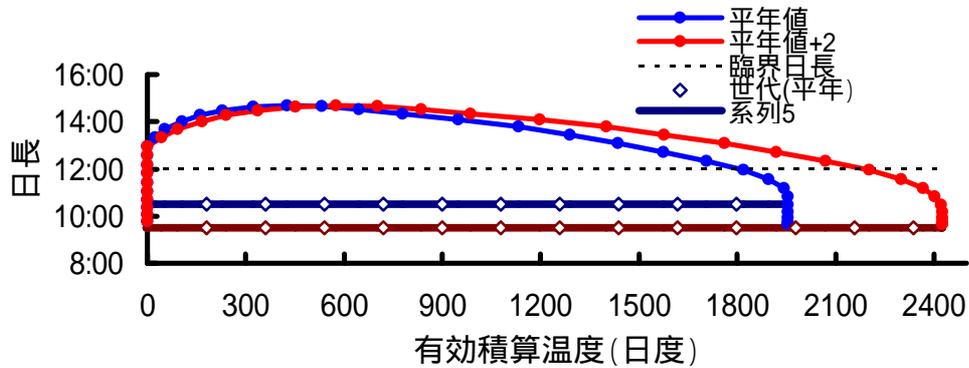


図4 平均気温が2℃上昇した場合の長野市におけるナミハダニの光温図と推定世代数の変化 点線は休眠臨界日長を示す

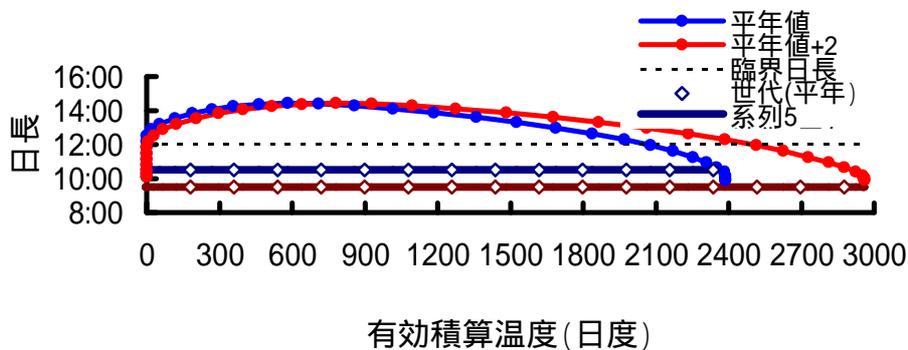


図5 平均気温が2℃上昇した場合の千葉市におけるナミハダニの光温図と推定世代数の変化 点線は休眠臨界日長を示す

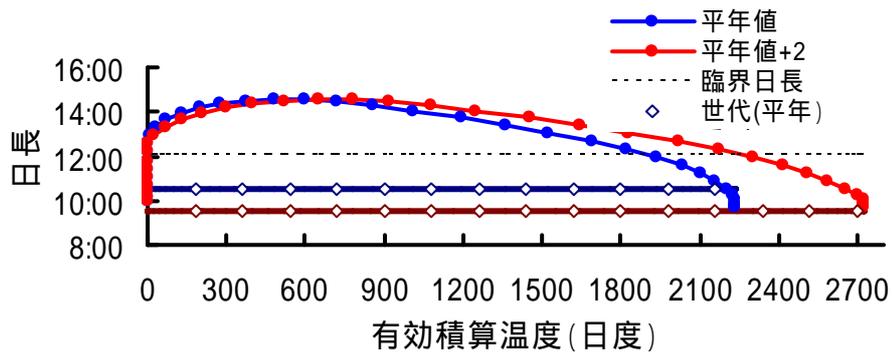


図6 平均気温が2 上昇した場合の松山市におけるナミハダニの光温図と推定世代数の変化 点線は休眠臨界日長を示す

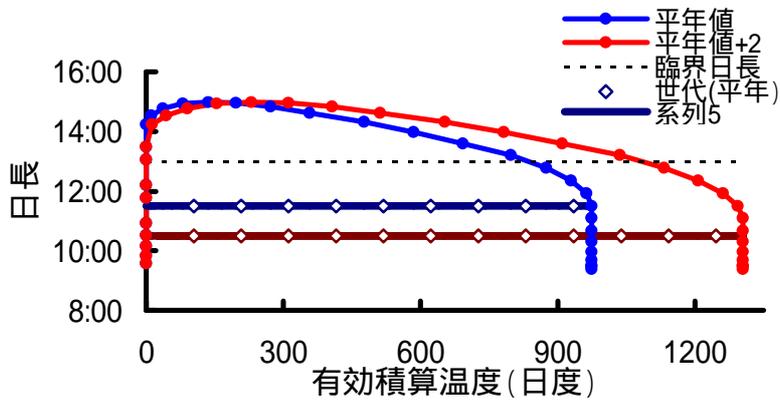


図7 平均気温が2 上昇した場合の盛岡市におけるケナガカブリダニの光温図と推定世代数の変化 点線は休眠臨界日長を示す

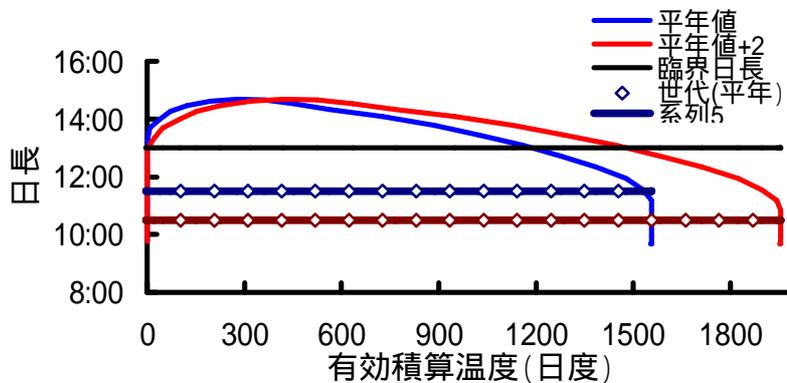


図8 平均気温が2 上昇した場合の長野市におけるケナガカブリダニの光温図と推定世代数の変化

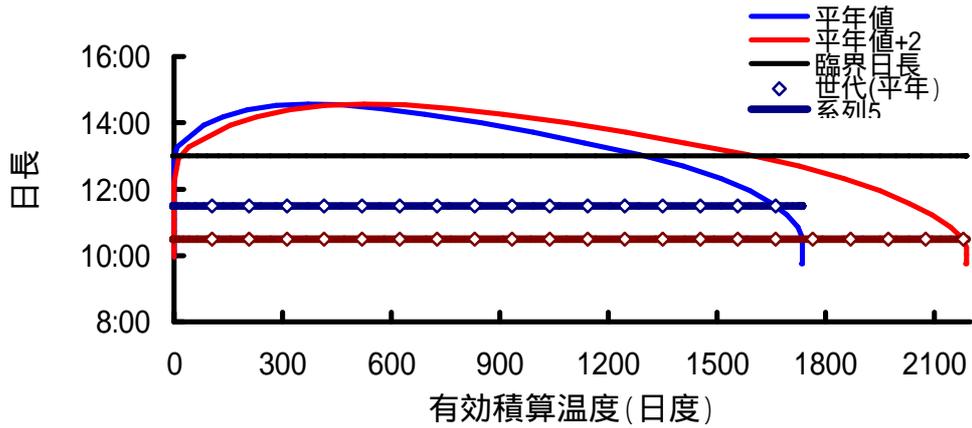


図9 平均気温が2 上昇した場合の千葉市におけるケナガカブリダニの光温図と推定世代数の変化
実線は休眠臨界日長を示す

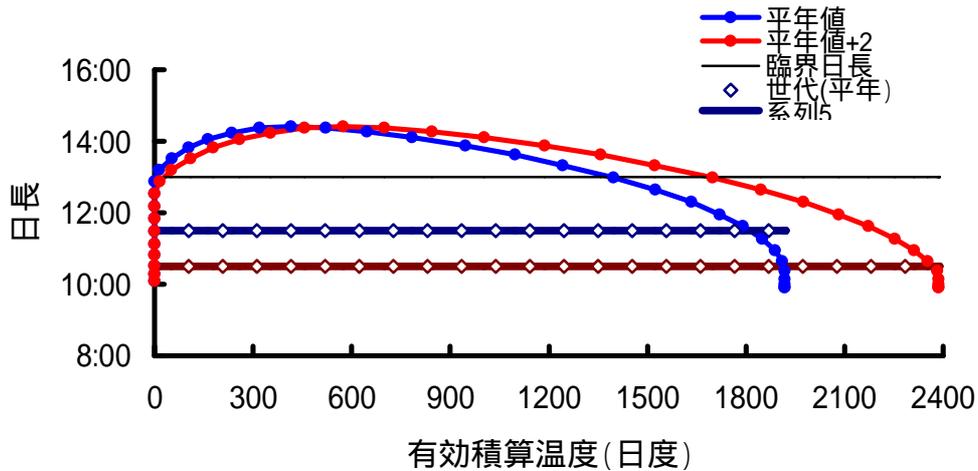


図10 平均気温が2 上昇した場合の松山市におけるケナガカブリダニの光温図と推定世代数の変化
実線は休眠臨界日長を示す

6) 昆虫媒介性果樹病害

ブドウのウイルス病のうち、リーフロール病及びルゴースウッド症状の病原と考えられるウイルスは、海外では数種のコナカイガラムシ類によって伝搬されることが明らかになっている。しかし、国内には海外で報告のある媒介虫種が生息しないため、それらのウイルス病は専ら接木伝染性であると考えられてきた。ところが2000-2001年に行った現地試験の結果

果、ウイルスフリー樹にウイルスが自然伝搬されたことが確認された。わが国に発生しているブドウ葉巻随伴ウイルス 3 (GLRaV-3) 及びブドウ A ウイルス (GVA) が、わが国においてブドウをはじめ多くの植物に発生しているクワコナカイガラムシ *Pseudococcus comstocki*、により伝搬されることが明らかにされた¹³⁾(表 6)。

表 6 GLRaV-3, GVA のクワコナカイガラムシによる伝搬

獲得 吸汁 時間	接種 吸汁 時間	接種検定植物		
		ブドウ		<i>N.benthamiana</i>
		GLRaV-3	GVA	GVA
11 日	7 日	3 / 6	2 / 6	1 / 2
7 日	7 日	2 / 5	2 / 5	4 / 4
4 日	7 日	1 / 4	0 / 4	1 / 4
5-15 分	1 時間	0 / 5	0 / 5	0 / 5
5-15 分	1 日	0 / 5	0 / 5	0 / 5

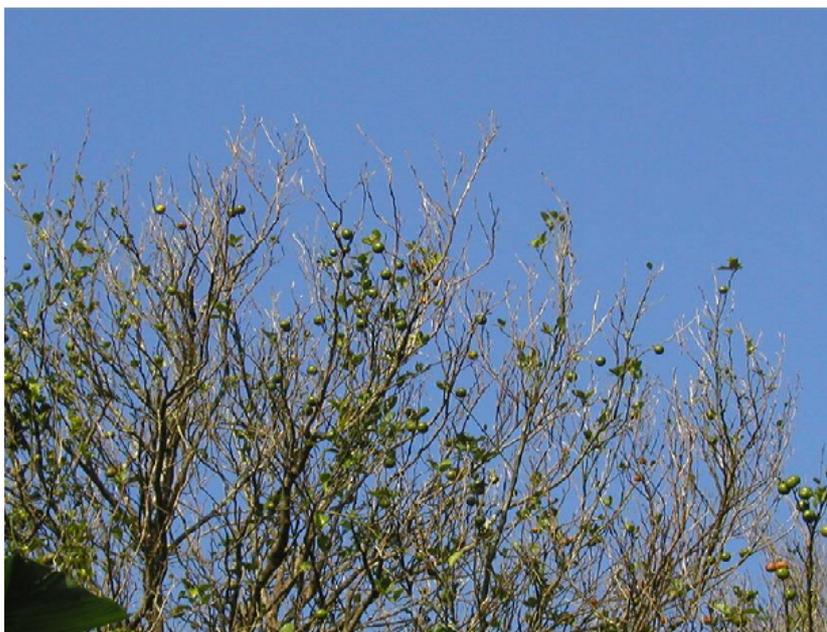
感染株数 / 接種株数 感染の判定は ELISA 及び RT-PCR による。

獲得吸汁源：GLRaV-3, GVA 重複感染ブドウ (品種：カベルネ・フラン) FE6

接種吸汁：10 頭 / 検定植物。ブドウの接種検定にはマスカット・オブ・アレキサンドリア及びカベルネ・フランの実生幼苗を用いた。

試験温度：25

今後、クワコナカイガラムシ以外のコナカイガラムシでも伝搬の可能性を検証する必要がある。これらコナカイガラムシ類は温暖化の影響で世代数が増加し、発生量も多くなることが予想され、ウイルス媒介能力が絶対的に高くなるものと考えられる。



果樹における昆虫媒介性病害として今後注意を払わなければならないものとしてカンキツグリーング (Huanglongbing) 病がある。本病は熱帯、亜熱帯のカンキツに発生する重要病害で、アフリカ南部及び東部、パキスタンから中国に至るアジア、アラビア半島の南西部に広く発生している。

図 1 1 カンキツグリーンング病で枯死したシークワサー

アフリカ系統とアジア系統が知られており、アジア系統は高温でも病徴が激しい。フィリピンでは 1962 年に 700 万本が発病し、1961～1970 年の間にカンキツ栽培地域が 6 割異常も減少した。このようにカンキツ生産地が崩壊するほどの重要病害である(図 1 1)。我が国では 1988 年沖縄県西表島で罹病樹が発見されて以来、沖縄本島北部へも発生分布を広げている。2002 年 4 月には鹿児島県与論島、2003 年には鹿児島県徳之島において新たに発生が認められた。本病は接ぎ木や 2 種のキジラミ：ミカンキジラミ(図 12)とトガリキジラミ科の一種によって伝搬される。前者は東南アジアを中心に分布し、後者はアフリカを中心に分布することが知られている。種子伝搬はないと考えられている。病原体は師管部局在性の難培養細菌であり、ミカン科植物とミカンキジラミ体内でのみ増殖する。カンキツ品種間に発病の程度の差があることは認められているが、発病程度と感染源としての可能性の関係は不明である。

東南アジア一帯ではゾウノリンゴ(*Limonia acidissima*)やツゲコウジ(*Severinia buxifolia*)などミカンキジラミがよく増殖して、本病がよく発病し病原細菌が増殖する新たな寄主植物も明らかになっている。

媒介虫ミカンキジラミはアジアの熱帯・亜熱帯地域に広範に分布するほか、レニユオン島、モーリシャス、ブラジルにも分布する。さらに、1998 年 6 月合衆国フロリダ州でも発生が確認された。2002 年にはテキサスにも広がっている。わが国では奄美大島以南で発生が認められていたが、2002 年 7 月屋久島においても確認され、分布の北上が懸念される。

ミカンキジラミはミカン科の植物にしか寄生しないが、カンキツ類よりもゲッキツが増殖に適しているようで、前者でほとんど寄生が認められないときでも、後者では多数の個体が採集できる(ただし、ゲッキツでは病原菌は増殖できないといわれている)。ゲッキツの分布は熱帯、亜熱帯に限られることからキジラミの生息域限定要因の一つと考えられるが、我が国の本州・九州・四国にはミカン科の植物が山林に自生しており、これらに対するキジラミの寄生性やグリーンング病の発病性については今後の検討課題である。

本種の熱帯・亜熱帯地域での生態については多くの調査があるが、越冬生態や移動能力、行動などについては不明な点が多い。

果樹研の調査によると九州本土での越冬の可能性が示唆されている。

フロリダではミカンキジラミ発見後本病の緊急発生調査が行われた。また、キジラミに対する天敵を導入するための試験も開始された。これまで、本病の発生は認められていないが、現在もキジラミ発生地域における発病調査を行い、注意を払っている。また、天敵の導入についても、天敵体内での本細菌の検出調査を行うなど神経をとがら



図 1 2 カンキツグリーンング病を媒介する
ミカンキジラミ成虫

せている。また、本病とキジラミの研究を USDA とフロリダ大学が中心となって進め、難培養性細菌の培養法の確立、高感度抗体作成等のための基礎的研究も進めているようである。ちなみに、米国では 2002 年バイオテロ防止法が施行され、取り扱いに規制が敷かれた警戒を要する植物病原菌 10 種の中に本病菌も入っており、厳重な管理の元で研究が行われているようである。

温暖化はミカンキジラミの分布北上に有利に働くので、今後の発生動向に注意をはらう必要がある。ミカン科植物は本州から九州にかけて広く山野に自生しており、これらがキジラミの寄主あるいは本病の寄主となりうる可能性は否定できない。ゲッキツやゾウノリンゴは観葉植物や緑化植物として販売されており、全国的に発生源は広がっていると考えた方がよい。また、ツゲコウジはカンキツ台木や盆栽として世界的に利用されている。このような中で、ミカンキジラミと本病の本土定着が生じれば我が国のカンキツ栽培に壊滅的な打撃を与えらると思われる。

カンキツが永年作物であり、媒介キジラミがカンキツ以外の寄主でも増殖できることから、本病はいったん蔓延すると、根絶が困難な病害である。本病そのものの化学的防除防除法については多くの試験が行われているが、本病が根治された事例はない。また、ミカンキジラミは殺虫剤に感受性が高いため、薬剤散布によってカンキツ園の個体群を防除することは容易である。ただ、カンキツ園周辺にゲッキツなどの代用寄主がある地域では、たびたび薬剤散布を行う必要がある。このようなことから、キジラミの常発地域はもとより、近接地域においても本病罹病樹を持ち込まないことが最も重要な発生防止対策となる。

おわりに

温暖化によって発生拡大などが予想される病害虫は、ここで挙げた病害虫以外にもあるかもしれない。侵入害虫、新たな系統の病原体の出現、現在予想できない生物が出現するかもしれない。我が国の施設栽培では侵入害虫との戦いであった。また、薬剤抵抗性個体群や耐性菌の出現の可能性がある。天敵が存在しないところでの侵入害虫の猛威は既に何度も経験しているところであるが、天敵の定着により、年とともに問題は小さくなっていくのも経験している。天敵の働きを生かすのも殺すのも、害虫の増加や侵入に対してどのような防除体系を築くかが重要になってくると考えられる。そのためにも絶えず病害虫の発生動向に注意を怠らないようにしたい。

引用文献

1. 新井朋徳 (1996) 応動昆 . 40 : 25-34.
2. 福田 寛・藤家 梓 (1988) 千葉農試研報 29:173-180
3. 後藤哲雄・真梶徳純 (1981) 応動昆 25:113-118
4. 浜村徹三 (1986) 茶試研究報告 21:121-201
5. Harrington, R. (1995) Insects in a changing environment (Harrington and Stork eds.) Academic Press Ltd. (London) 125-155.

- 6 . 井村治(1996) 農業技術 51:295-300.
- 7 . 桐谷圭治(1997) 農業技術環境研究所資料 21号 72pp
- 8 . 桐谷圭治(1999) 研究ジャーナル 22(4):29-35
- 9 . 桐谷圭治(2001) 昆虫と気象 成山堂書店 177pp.
- 10 . 桐谷圭治・法橋信彦(1970) 農林水産技術会議指定試験(病害虫)第9号 260pp.
- 11 . Murai, T. (2000) Appl. Entomol. Zool. 34:499-504.
- 12 . Murai, T. (2001) Bull. Entomol. Res. 96:193-198.
- 13 . 中野正明ら(2003) 平成14年度成果情報
- 14 . Rogers, D. J. and Packer, M. J. (1993) The Lancet. 342. November 20:1282-1284.
- 15 . 高橋浅夫(1985) 昭和59年度果樹試験場成績概要集 虫害 97
- 16 . 田中健治(1979) 関西病虫研報 21:3-7
- 17 . 津川力(1972) 青森県りんご試験場報告 16:1-73.
- 18 . 堤 隆文 (2003) 果樹カメムシ - おもしろ生態とかしこい防ぎ方 - 農文協 126pp.
- 19 . 梅谷献二・杉江元(1977) 応動昆講演要旨 106
- 20 . 梅谷献二ら(1976) 果樹試験場成績 虫害
- 21 . 内田正人(1982) 鳥取県果樹試特別報告 2:1-63
- 22 . 山口ら(2001) 応動昆 45:1-7
- 23 . 山村光司(2001) 研究ジャーナル 24(10):36-43
- 24 . 柳 武・萩原保身(1980) 植物防疫 34:315-321
- 25 . Yoshio, M. and Ishi, M. (1998) Appl. Entomol. Zool. 33: 281-288.

2.4. 樹園地雑草に及ぼす気候温暖化の影響

東京農業大学短期大学部 鈴木邦彦

地球温暖化によって気象要因がどのように変化するかは、種々の推測がなされている。現在、温室効果化ガスである二酸化炭素の増加に伴う気温の変化は、21世紀半ばには約2℃、21世紀の終わりには約4℃上昇すると予想されている。しかし、それに伴う降水量や降雪量の変化、夏のモンスーンの強度、熱帯低気圧の発生頻度や強度などは異常気象的な変化も予想され、判断が困難とされている⁴⁾。温暖化によって起こると考えられる気温の変化、その原因となる二酸化炭素の濃度変化等が自然植生や草地に及ぼす影響等の変化についての研究が進められている。しかし、樹園地雑草に関する同様な研究は行われていない。そこで樹園地雑草は自然植生や草地の野草や牧草と同様に温暖化に伴って推移していく可能性があると考え、それらの植生の変化を参考に樹園地雑草について検討した。

1. 温暖化による気象要因の変化と植生との関係

一般に、温暖化の原因が大気中の二酸化炭素濃度の上昇にあるとされていることから考えると、熱帯地域に多いC4植物と温帯地域に多いC3植物の内、特にC3植物の光合成能が高まる一方で、気温が高まることにより、C4植物の生長が促進されることが考えられる⁵⁾。さらに温暖地、あるいは熱帯、亜熱帯でなければ生育できなかった低温に弱い草種が次第に北上することが推察される。

西村ら⁴⁾は、自然草原植生の温暖化による移動について推定し、亜寒帯の植生は減少し、冷温帯の植生は北海道で拡大する。また、暖温帯の植生への影響は、主要な種で小さく、亜熱帯での影響は少ないとしている。



図1 日本の草地植生帯⁵⁾

A、B、Cについては表1参照

日本では、気候帯と草地の利用形態によって多様な草地型が存在する(図1, 表1)⁵⁾。主として亜寒

表1 日本の草地植生帯と主要装置型の分布⁵⁾

利用形態	A帯 (亜寒帯)	B帯 (冷温帯・日本海側)	C帯 (暖温帯)
採草	ササ型	ススキ型	ススキ型 ススキ-ネザサ型 ススキ-アズマネザサ型
放牧	ナガハグサ型	シバ型	シバ型 ネザサ型 シバ-ネザサ型 ギョウギシバ型

この他に、ワラビ型が各帯の採草・放牧地に、一年草型が各帯の強放牧地に分布

帯、冷温帯で利用される寒地型牧草のチモシー、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、フェスク類等は C3 植物に属し、暖地型牧草のパヒアグラス、ギニアグラス、バーミュ - ダグラス（ギョウギシバ）等は C4 植物に属する。一般に、これらの牧草は混在するが多いが、暖地型牧草は西南暖地から中部地方を中心に分布し、寒地型牧草は中部地方から東北、北海道地域を中心に分布すると考えられる。現状よりも気温が高まると、前述したように、C3 植物を中心とした寒地型牧草の分布が北上して分布範囲が縮小する傾向を示し、C4 植物を中心とする暖地型牧草地が南西部から北方に範囲を広げることが考えられる。しかし、高温乾燥条件では、C3 植物よりも活発に成長する熱帯地域に起源を持つ C4 植物が優占度を高めることになる一方、大気中の炭酸ガス濃度が高まると C3 植物の光合成能が高まり、生育量が増加して草種構成が複雑に変化するとしている⁵⁾。

2．樹園地雑草の草種の特徴

樹園地に発生する雑草は、基本的には気象条件に影響されるが、栽培される樹種や地域によって異なる。伊藤²⁾は、全国的な樹園地に発生する雑草、リンゴ栽培地帯およびカンキツ栽培地帯に主として発生する雑草について調査し、何れの地域にも共通して発生するヨモギ、ギシギシ、メヒシバ、ハコベ、ツユクサ等の他に、リンゴ栽培地帯では、エゾノギシギシ、セイヨウタンポポ等の他に、草生栽培に導入されたオーチャードグラスやシロツメクサ等の牧草があり、カンキツ園ではハマスゲ、ムラサキカタバミ、ススキ、チガヤ、ヤブガラシ等の野草に類する雑草が多い特徴をあげている。広瀬・八木³⁾が 1966 年に報告した静岡県清水市（現静岡市清水）のカンキツ園における調査結果では、51 科、135 種の雑草が存在したが、ほぼ同じ園地での 1987 年における鈴木⁶⁾の調査では 62 科 191 種に増加していた。約 20 年間に新たに侵入した在来の雑草も認められるが、その間に周辺に増加したアメリカフウロ、コマツヨイグサ、ヒメオドリコソウなどの新たな帰化雑草の侵入があり、そのことが人為的なものか、その間の気象的な影響かは明確でない。

樹園地の雑草群落が自然植生と異なる点は、常に草刈りや中耕、除草剤処理などの人為的な管理作業が行われることである。その他にも、樹園地における雑草の発生は、園地の状況が平坦か、傾斜地か、果樹の種類による栽培法の違い等の影響がある。

一方では、温暖化により、寒地型の植生が次第に北方に追いやられ、暖地型の植生も北上して、次第に南部から亜熱帯型の植生が占有面積を増大させると同時に、栽培可能な果樹の種類が変化し、それぞれの樹種の分布地域が、他の地域に向かって移動することが考えられる。

3．温暖化による既存草種の変化の可能性

特に、温暖化によって気温が高まることにより、現在、落葉果樹の産地となっている地域でも、暖地では低温要求量が満たされなくなる可能性があり、産地がより気温の低い地域に押しやられることが考えられ、それに伴って雑草の植生も北進することが考えられる。

例えば、塊茎によって増殖するハマスゲ (*Cyperus rotundus*) は、西南暖地のミカン園における代表的な雑草である。耕起により、個々の塊茎が分離されると繁殖が促される傾向がある。しかし、高温下での発芽能力は強いが、低温では弱い。萌芽期の地温が 10 以下になると発芽しなくなり、-5 の低温に曝されると、2 時間で死滅する¹⁾。そのため、ハマスゲは、関東地方よりも北に位置するリンゴ園などでは発生は見られない。しかし、温暖化により最低気温が上昇することにより、生育地域が北に拡がることが考えられる。また、現在、西南暖地のカンキツ園などに分布するノハカタカラクサ (*Tradiscantia flumiensis*) のように、寒さには比較的弱く、降霜により枯死するが、カンキツ園の樹冠下で直接霜に当たらない場合は、越冬して生育を維持することが可能であり、半つる性であることから、広い範囲に繁茂する可能性がある。また、現在、関東地方北部まで分布を拡げているセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*) やアレチウリ (*Sicyos angulatus*)、ワルナスビ (*Solanum carolinense*) 等も、気温の上昇により、さらに東北地方にまで分布範囲を拡げる可能性がある。

4．気温上昇以外の変化と雑草との関係

さらに、温暖化とともに、降水量がどのように変化するかについては、量的な予測が困難とされているが、一般的には我が国のように降水量が多い地域ではさらに増加するであろうとされている⁵⁾。そこで、集中豪雨的に降雨量と降雨強度が高まると、草地の土壤流亡が加速され、土質の低下などが引き起こされる可能性が高まる。その結果、傾斜地果樹園では土壤浸食を防止するための対策が必要となり、草生を維持することがさらに重要で、テラス面にもパーミュ・ダグラス等の様な草丈の低い草種が人為的に導入される可能性がある。一方、降水量が多い地域では降水量の増加が予想されるとはいえ、夏季の高温期には寡雨になり、干ばつが発生しやすくなる可能性もある。その結果、この時期の雑草の繁茂が、果樹と雑草との水分の競合を激化させる場合が考えられる。しかし、雑草を根絶すると土壤流亡などの問題が生じる可能性があるので、草丈が低く、かつ、土壤を保持出来るような根系を持つ草種をのり面等に積極的に導入・利用する必要も生じる。

5．温暖化によって新たに侵入が考えられる雑草・雑灌木

温暖化は全般的な気温の上昇だけでなく、気象の変動幅を大きくする可能性がある。前述したように温暖地の樹園地の植生がより高緯度地方へ推移することが考えられるが、極端な低温や干ばつが来襲する頻度も高まる可能性が有る。それらの影響により、一時的に後退しても、生き残った温暖地型の雑草が、再度次第に生育範囲を広げていくことが推測される。現在、亜熱帯地域に広く分布する雑灌木の問題は、さらに問題を大きくする可能性がある。木本性の植物の多くは C3 植物であるとされており、炭酸ガス濃度が高まることにより、現在よりも旺盛に繁茂するようになる可能性がある⁵⁾。現在、亜熱帯地域で問題になっている雑草や雑灌木が侵入・生存し、その対処法を検討する必要が生じる可能性がある。それらのいくつかの可能性についてその例を以下にあげる。

アメリカの熱帯地域原産で、熱帯、亜熱帯地域で問題になっているギンネム (*Leucaena*



写真1 繁殖力旺盛なギンネム

glauca) は、沖縄県では過繁茂し、現在でも問題にされる場合が多い。緑肥や飼料としての利用も行われてはいるが、繁殖力が旺盛で、樹園地に侵入すると防除しにくい雑灌木になる可能性が高い。また、熱帯地域で問題とされるランタナ (*Lantana camara*) は、観賞用に栽培されていたものがカンキツ産地ではすでに逸脱した例もあり、より高緯度地域の戸外で越冬できる可能性も高い。

熱帯の果樹園で雑草発生の調査をした例⁵⁾では、広く世界の熱帯、亜熱帯地域に分布する雑草の他に、その地域特有の雑草も認められる。しかし、近年、鑑賞価値のある植物は、熱帯地域から持ち込まれ、雑草化している例も見られる。現時点では鑑賞価値の低い雑草は帰化しているとは考えにくく、発生密度も高くはないが、イネ科のエノコログサに似た一年生雑草 Bristly foxtail (*Setaria verticillata*)^{7, 8)} や沖縄県等で見られるシンクリノイガ (*Burgrass, Cenchrus echinatus*) 等のように、固

い芒に細かい逆行刺があって、ズボンや靴下に取り付いて、チクチクと痛みを感じることや、払い落とすことが難しい雑草、タデ科の (*Oxygonu sinuatum*)⁸⁾、ヒユ科のハリビユ (*Amaranthus spinosus*)⁵⁾ 等も種子に鋭い刺があり、衣類に付着したり、皮膚を傷つけることもあり、樹園地管理上、障害になる可能性が高く、問題が大きい。熱帯地域の雑草は、草種によっては強い短日性で、温帯地域では子孫を残すことが出来ず、継続的に生育することができないものもあるが、気温が高まることによって、この種の植物でも、帰化して温帯地域に生育できる可能性が生じる。



写真2 芒が絡みつ়く Bristly foxtail

参考文献

- 1.伊藤編(1999) 地下で広がる多年生雑草たち.Dow AgroSciences:57-59 .
- 2.伊藤幹二(1974) 京大博士論文印刷物 .
- 3.広瀬・八木 (1966) 園試報告 B 5 :165-182 .
- 4.西村ら. (2001) 日草誌.47(1):86-92 .
- 5.西岡・原沢編 (1997) 地球温暖化と日本、古今書院:1-103 .
- 6.鈴木 (1992) 雑草研究 . 37(3):195-203 .
- 7.鈴木・小寺 (1988) 雑草研究 . 33 別:185-186 .

8.P.J.Terry • R.W.Michieka (1987) Common weeds of East Africa .

3. 生産現場等における気候温暖化の影響とその対応策について

3.1. リンゴ

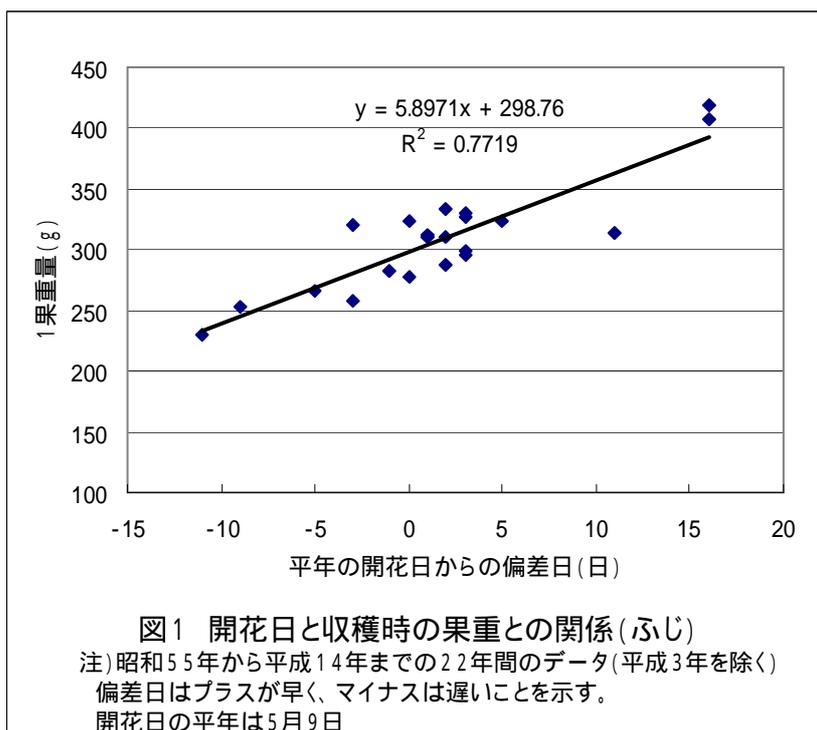
3.1.1. リンゴの貯蔵に対する気候温暖化の影響について

青森県農林総合研究センターりんご試験場 長内敬明

近年気候の温暖化が顕在化してきており、各種果樹への影響が懸念されている。そこで温暖化がリンゴの貯蔵に対する影響について考察した。

(1) 事例

最近では、暖冬傾向であり、消雪が早く、しかも春先の天候が良いために開花が早まることが多い。開花が早まると収穫時の1果重量が大きくなる傾向が認められている(図1)。一般に収穫の遅れた果実には内部褐変やゴム病の発生が多い。大きな果実や収穫の遅れた果実は蜜症状の発生が著しく、また、大きな果実ほどカルシウム含量が低い傾向が見られ、ビターピットの発生も多い¹⁾。したがって、大玉果になることにより、果肉の軟化、油あがり、ビターピットの発生、蜜入り果の発生、内部褐変の発生が懸念される。



また、成熟期に高温になると果実の着色が容易でないために収穫が遅れて果肉が軟化し、貯蔵性がない果実となる場合がある。

ここ3年間(平成13~15年)は異常気象によると思われる北半球の気象のブロッキング現象が夏季に比較的長く続いている。平成15年は特にこの傾向が強く、北日本や東日本ではオホーツク海高気圧の影響を強く受けて冷夏となった。青森県でも、稲作は大冷害となり凶作を招いた。しかし、りんごは逆に冷害に強く平年並みに近い生育を示し、着色に

関しては例年にない良い仕上がりとなっている。ところが、夏季の低温は貯蔵中に‘ふじ’に内部褐変を誘発させる可能性がある。表1には黒石におけるアメダスのデータを示した。この表から、夏季低温の年は‘ふじ’に内部褐変が発生する機会が多いということが伺える。

このことは地球の温暖化とは逆のケースのようでもあるが、温暖化による異常気象が招いている現象なのかも知れない。

表1 アメダス観測による真夏日の出現日数（黒石）と‘ふじ’果実の障害発生

年	6月	7月	8月	9月	合計	発生した障害
4	0	1	3	0	4	長期貯蔵果の褐変
5	0	0	2	0	2	貯蔵果のやけ
6	0	6	16	4	26	
7	0	5	2	0	7	長期貯蔵果の褐変
8	0	4	4	0	8	
9	0	6	3	0	9	
10	0	0	1	1	2	長期貯蔵果の褐変、つる割れ
11	1	8	20	0	29	
12	0	7	7	4	18	
13	0	1	0	2	3	長期貯蔵果の褐変
14	0	2	1	1	4	長期貯蔵果の褐変、つる割れ
15	0	0	2	0	2	?

(2) 対策

- ・ 開花が早く、肥大が良好で、熟度の先行するような年では、収穫を早めるように指導する。
- ・ 日頃からカルシウム剤の散布や土壌施用を行い、樹体や果実のカルシウム含量を高めるように努める。
- ・ 収穫後は速やかに果実を冷却し、果肉の軟化や油あがりを防止する。
- ・ 貯蔵りんごは定期的に品質調査を行い、出荷計画に反映させる。
- ・ 貯蔵りんごは透過型光センサーなどを利用し、褐変したものを流通させない。

(3) 引用文献

1. 福田博之ら. (1985)果実の成熟と貯蔵 86-182. 養賢堂 (東京)

3.1.2. 温暖気候によるリンゴ果実品質の低下

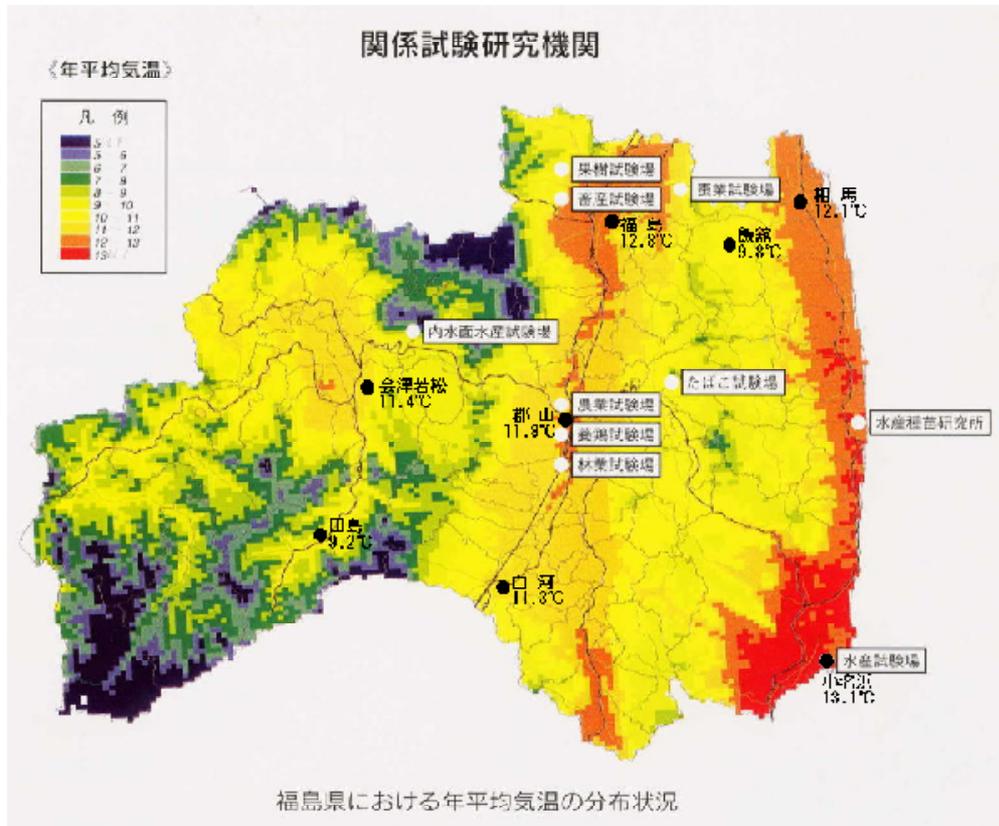
福島県果樹試験場 遠藤敦史

(1) 温暖な気候であるために発生している着色不良問題

福島県は寒冷中山間地帯の中でもリンゴ産地としては温暖な地域にあることから、現在でも高温による果実の着色不良が問題となっている。中でも果樹の主力地帯である福島市を初めとする中通り北部（福島県は浜通り、中通り、会津地方の3地域に大きく分けられる）で気温が高く、他の東北地方各県及び長野県といったリンゴ主産地に比較して着色が劣ると考えられる。例えば岩手県と気温を比較した場合、年平均気温を見てみると福島市が12.8 であるのに対して盛岡市は10.0 で3 近く低い。ただ、この着色不良については以前から言われていることであり、気候の温暖化によって悪化してきているかどうかについては判断が難しいところである。

従来、福島県は気温の高さによる果実成熟の早さを活かして、蜜入り「ふじ」の年内販売を主体としてきた。そして、果実着色については、「ふじ」で60%以上の着色で秀品という県の出荷規格の中で対応してきた。また、現在「ふじ」以上に着色不良が問題なのは早生種（「つがる」）や中生種（「ジョナゴールド」）であるとも考えられる。しかし今後、気候温暖化が進行すると果肉の成熟に果皮の着色が後れを取ることとなり、販売に耐えうるリンゴの生産が困難になるものと考えられる。

図1 福島県における年平均気温の分布状況



(2) 気候温暖化とその影響を受けている可能性のある現象

福島地方気象台(福島市)の気象データによると1991～2000年の10年間の年平均気温は13.2であるが、30年前の1961～1970年の10年間は12.5であり、約0.7の上昇が見られ、福島県でも気候が温暖化している可能性はあると考えられる。

一方、リンゴ樹及び果実についてその変化は表1及び表2のとおりである。これらは、

表1 リンゴ「つがる」に対する気候温暖化の影響の可能性

	発芽月日	満開月日	収穫盛り月日	成熟日数	果実硬度(lbs)
1978～1988年	4月1日	5月3日	9月7日	128日	12.4
1994～2003年	3月26日	4月28日	9月2日	127日	11.2

上段は1979年のデータが欠測のため1978年を加えた10年間

表2 リンゴ「ふじ」に対する気候温暖化の影響の可能性

	発芽月日	満開月日	収穫盛り月日	成熟日数	果実硬度(lbs)
1978～1988年	4月2日	5月4日	11月13日	193日	14.0
1994～2003年	3月27日	4月29日	11月17日	202日	13.2

上段は1979年のデータが欠測のため1978年を加えた10年間

「つがる」及び「ふじ」について2003年を含めた過去10年間と15年前の10年間(1979年が欠測のため1978年を算入)を比較したものである。これらによると発芽日で6日、満開日で5日早まっている様子が見られる。また、収穫については「つがる」で5日早まっており、発芽の早まりが概ね反映している。一方、果実品質の指標である収穫盛期の硬度は「つがる」で1.2ポンド、「ふじ」で0.8ポンド低下している。以上のことは、気候温暖化が進行していると仮定した場合、その影響が現れている可能性があると考えられる。ただし、「ふじ」の収穫盛期はむしろ遅くなっており、成熟日数を見てみると11日長くなっている。これは、「ふじ」の果実硬度が極端に低下することがないため、着色や蜜入りを考慮しながらほぼ例年どおりの時期に収穫している実態の表れであると考えられる。なお、着色については過去のデータが少ないため、その変化は把握できていない。

3.1.3. 富山県におけるリンゴ「ふじ」の青実の発生について

富山県農業技術センター果樹試験場 河崎 進

(1) はじめに

富山県の「ふじ」の導入は昭和40年代に始まり、50年代からは殆ど無袋で栽培され、庭先直販を主体に県内外に販売されている。

導入当初から果実品質の不揃いが問題となっていたが、特に、無袋栽培が行われてからは、果実の地色の抜けない食味の不良な果実「青実」の発生が大きな問題となっている。

この「青実」は、東北地域の主要産地では少ないが、本県での発生は30%以上の年もあることから、暖地特有に発生が多いものと考えられる。

そこで、今までに当果樹試験場で実施した「青実」に関する試験データを基に発生状況・発生要因について概要を述べる。

(2) 気象要因との関係

年度別の「青実」の発生度と気象要因との相関を検討した結果、7月以降の気温が高いほど発生が多く、特に9～10月の気温との関係が強く見られた(第1表)。

このことから、果実が成熟初期の段階と思われる9月以降(満開後120日以降)の高温が、「青実」の発生に関与しているものと考えられる。

また、7月のエスレル散布によって青実が少なくなり、蜜入り果が多くなることから、新梢停止期頃も果実の成熟にとって重要な時期であることが推測された。

第1表 気象要因と青実発生度との相関係数

	5月	6月	7月	8月	9月	10月
最高気温	-0.34	-0.38	0.44	0.37	0.95	0.92
最低気温	0.62	0.34	0.06	0.36	0.97	0.45
気温較差	-0.79	-0.32	0.76	0.32	0.81	0.38



「ふじ」の正常果



「ふじ」の青実果

(3) 窒素施用との関係

尿素の葉面散布時期と「青実」の発生度との関係を検討した結果、8月及び9月の散布により果実品質は低下し「青実」の発生も多かった(第2表)。このことから夏季の窒素吸収を抑制する施肥方法(時期、量及び種類)等の青実軽減化技術の可能性が示唆される。

第2表 尿素の葉面散布時期別の青実発生度

	果重g	青実発生度
6月中旬	260	9.9
7月中旬	290	9.1
8月中旬	290	13.2
9月中旬	290	16
無散布	279	7.9

(4) 花芽の大きさとの関係

花芽の外観的大きさと「青実」との関係を検討した結果、小芽が大芽に比べて発生が多かった(第3表)。

また、果梗の変形した果実(特に著しい症状は、ピグミー果やピンコロと呼ばれる)ほど発生は多かった(第4表)。

このことから、前年の花芽の質(充実程度)が大きな影響を与えているものと考えられる。

第3表 花芽の大きさと果実品質及び青実発生度

	果重g	果肉硬度	糖度%	リンゴ酸%	青実発生度
大芽	366	14.1	15	0.36	8.3
小芽	305	14.4	15.3	0.38	28.2

第4表 果梗の変形程度と青実発生度との関係

変形程度	無	軽	中	重
青実発生	7.6	29.5	54.6	79

(5) 結果枝長との関係

結果枝の長さで「青実」との関係を検討した結果、長い結果枝特に20cm以上のものほど発生が多かった(第5表)。

また、果台枝が長い程、樹勢が強い程、若木が成木に比べて多いなどの調査結果も得ている。

このことから青実の発生は、当年の栄養状況に加えて、花芽の充実程度、分化時期の差異が大きく影響しているものと考えられる。

第5表 結果枝長と果実品質及び青果発生度

	果重g	果肉硬度	糖度%	リンゴ酸%	青実発生度
2cm	344	12.4	14.2	0.3	0
10cm	340	13.1	14.1	0.35	5.6
20cm	313	13.2	13.5	0.35	14.7
30cm	304	13.5	14.5	0.35	27.8

(6) まとめ

「ふじ」に発生する成熟不良果実:「青実」は、これまでの試験結果から当年の7月以降の高温、窒素過多及び前年の花芽形成の遅れや不充実が発生原因と考えられるが、具体的な軽減・防止技術として組立ができるまでの原因解明に至っていない状況にある。

今後、更なる気候温暖化が予想される中、「青実」の発生が増加することが懸念されており、リンゴ生産農家が導入可能な実用性の高い青実防止技術を早急に構築する必要に迫られている。

3.2. ニホンナシ

3.2.1. 福岡県におけるハウスナシの「眠り病」の発生状況と対策

福岡県農業総合試験場 松田和也

(1) はじめに

福岡県のナシは、栽培面積615ha（平成13年）、生産量15,000 tで、粗生産額はカンキツ、ブドウ、カキに次いで4番目に多い35億円である。また、ハウスナシの面積は48haであるが、近年価格下落や（通称）「眠り病」と呼ばれる発芽遅延症状の発生により、生産現場では加温栽培から無加温栽培やトンネル栽培への移行が増加している。

この「眠り病」は加温栽培ハウスで以前から知られてはいたが、問題が顕在化したのはここ数年前からである。特に、平成13年は「眠り病」と考えられる発芽遅延、不良の被害が多く、県内ほとんどの加温ハウス産地で発生がみられた。当初は園内での発生場所がバラバラであること、様々な症状を「眠り病」と一義的に判断していたことから、すべてに合致する原因や対策を講じることが困難であった。そこで、県やJA、生産現場は、この問題を解決するため度々検討会を開催し、発芽遅延症状の分類や発病園の特徴を土壌面、結実管理面、温湿度管理面等から詳細に解析することとした。その結果、現在はこの「眠り病」には症状が発生程度により大まかに分類されること、また、複数の要因が存在するが、その根底には気候温暖化による暖冬傾向があること等が分かってきた。ここでは、福岡県におけるハウスナシの「眠り病」発生の現状と対策について紹介する。

(2) 福岡県における発生状況と要因

この「眠り病」の症状が軽い場合は、発病樹は健全樹と比べて遅れて発芽するものの開花・結実を行う。しかし、症状がひどくなると、花芽のみが発芽したり、芽枯れ等を引き起こす（写真1）。通常、このような樹の多くは、不定芽が遅れて発芽し、生育が徐々に改善されていくが、不定芽の発生がない場合には枯死する樹もある。また、樹勢低下樹ほど「眠り病」の程度がひどく、胴枯れ症状や紫変色枝枯症などの枝幹障害も多い（写真2）。

ハウスナシの「眠り病」が発生する要因について、現地の発病例を参考に分類してみる（図1）と、排水不良、土壌の鎮圧・硬化、有機物不足といった土壌環境悪化からくる根の活性低下、結果過多、N過多・強せん定による軟弱徒長、連年被覆・枝幹障害などによる樹勢低下が考えられる。また、発病樹は、冷気が流入する場所や早朝換気を頻繁に行っているハウス、新しいビニルに張り替えたハウスなどハウス内の温度が急変しやすい条件下で多発する傾向にある。

しかし、ハウスナシの「眠り病」が発生する最も大きな要因は、冬季の高温の影響による耐凍性の獲得不足、自発休眠覚醒期の遅延であると考えられる。

福岡県では、12～2月の平均気温が平年に比べて0.5以上高い暖冬が、ここ15年ほど毎年続いている。また、年によっては秋季も高温傾向で推移するため、近年、樹体の耐凍性

の獲得（ハードニング）が不十分だったり、自発休眠覚醒期が遅延するといった問題が生じている。一度獲得した樹体の耐凍性は、春先の高温により短期間に減少する（デハードニング）が、その後の急な低温等に遭遇すると耐凍性が不足している樹では樹勢の衰弱が急速に進み、前述した紫変色枝枯れ症や胴枯れ症状等の枝幹障害を引き起こす。また、当試験場における自発休眠覚醒期についてみても、杉浦・本條¹⁾による発育速度（DVR）モデルを参考に算出すると、1980～84年は1月6日であったが、85～89年は同9日、90～94年は同11日、95～99年は同14日と年々遅延傾向が顕著になっている。

（3）福岡県における対策

そこで、生産現場ではこのような発生要因を踏まえて「眠り病」に対して次の4つに着目して対策を講じ、多くの成果を挙げている。

1）樹勢強化策

- ・土作りを基本として根を活性化させるため、有機物の投入、深耕、排水溝の設置、グロスガンの利用などを行う。特に、秋根の伸長促進に努める。
- ・チッ素肥料の多用を控えるとともに、葉数確保、徒長枝防止に努める。
- ・年によっては露地栽培に転換するなどして樹勢回復期間を設ける。
- ・枝幹障害が発生しやすいことから、傷口保護、日焼け防止用の保護剤の塗布、間伐樹の完全除去など耕種的防除に努める。
- ・発病と芽の充実に関連がみられ、生産現場では長果枝主体の樹で発生がよく見られる。そこで、発病樹や園では中・短果枝の利用、確保に努める。

2）ビニル被覆前の管理

- ・耐凍性の低下を考慮して、自発休眠覚醒期以降の被覆を厳守する。
- ・ビニル被覆から加温開始までのならし期間の短縮を検討している。

3）ビニル被覆後の温湿度管理

- ・冷氣、すき間風の流入防止、細かい換気、温度の急変や園内のバラツキをなくす。
- ・土壌水分の保持に努める。特に発芽を揃えるため、枝かん水やビニルマルチの利用、細かい換気等を行いながら湿度保持（多湿管理）にも努める。

4）ビニル被覆後の地温確保

- ・透明ビニルマルチや高めの温度設定による地温上昇によって、根の活動を促進させる。

（4）おわりに

平成15年は、冬季が低温で推移したため、全体的に「眠り病」発生は少なかったが、発生がみられた園は、胴枯れ症状などの枝幹障害の発生による樹勢低下園や、被覆後に温度格差が大きかった園などであった。本稿で紹介したように「眠り病」の発生には、複数の要因が関与しているため、その対策を一概にまとめることはできず、発病園の個々の状況に応じた対策が必要になっている。今後、これら「眠り病」の症状の分類・整理をさらに進めるとともに、それらに有効な技術の確立を図る必要がある。



写真1 眠り病



写真2 枝幹障害

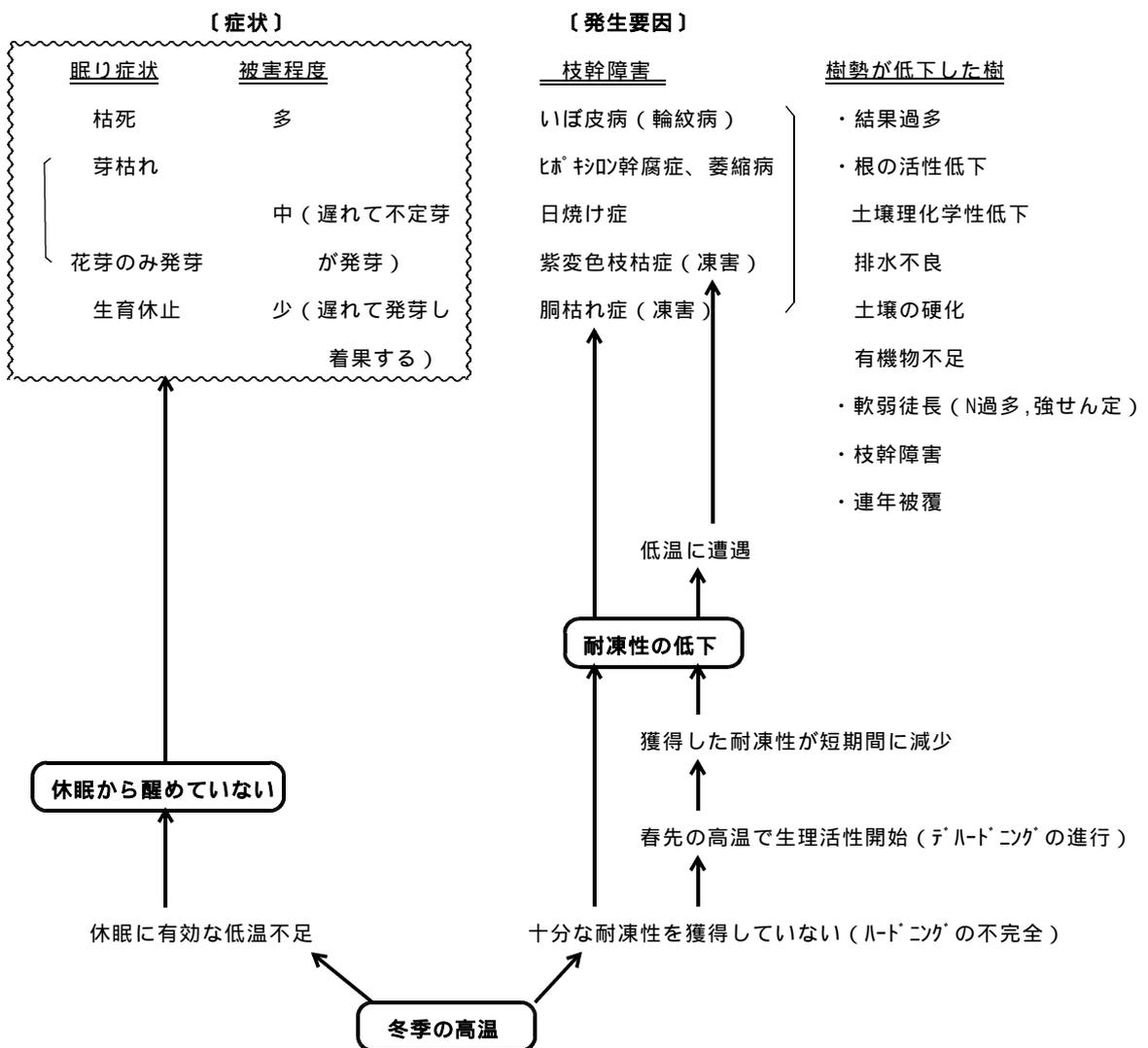


図1 ハウスナシ「眠り病」の発生要因

(5) 引用文献

1. 杉浦俊彦・本條均. (1997) 農業気象. 53:285-290

3.2.2. 熊本県における加温ハウスナシの「眠り症」

藤丸 治

熊本県農業研究センター果樹研究所 落葉果樹研究室

1 はじめに

熊本県のナシ栽培面積は約 630ha で、そのうち施設栽培が‘幸水’を中心に 49ha で導入されている。施設栽培の内訳は、トンネルハウスが 45ha で最も多く、無加温ハウス 1ha、加温ハウスは 3ha となっている¹⁾。

この施設栽培の中でも、近年、特に加温ハウスで開花、展葉が遅れ、正常な果実生産ができない樹が散見されるようになった。生産現場で「眠り症」と呼んでいる症状である。現在まで有効な防止法がなく、現場での指導に苦慮しているのが現状である。

2 「眠り症」の症状

「眠り症」は、加温ハウスと一部のトンネルハウスに見られる症状で、以下に挙げる症状が見られる。

- (1) 開花期に特に腋花芽の開花、展葉が遅れ（写真 1、2）、開花、結実しても果実の肥大が悪い。
- (2) 1 樹全体に症状が出るもの、1 本の主枝のみに症状が出るものがある。
- (3) 翌年に症状がみられなくなる樹（回復樹）がある。
- (4) 夏季になると葉が展葉し、樹の外観上、症状が目立たなくなる。
- (5) 症状が強い場合は、発芽しない芽から側枝の枝枯れをおこす。
- (6) 当年発生の新梢の枯れ込みはみられない。
- (7) 根が角張った形になり、細根はやや縮んだ状態になる（写真 3、4）。



写真1 「眠り症」発症樹
腋花芽先端部分しか開花していない



写真2 「眠り症」の枝
手前の腋花芽は「眠り症」
向こう側が健全樹の状態



写真3 「眠り症」発症樹の根
角張った形になっている



写真4 「眠り症」発症樹の細根
縮れた状態になっている

3 「眠り症」発生園での栽培条件

当研究所で行った聞き取り調査では、発生園での 2002 年の栽培条件は以下のとおりである。

施設面積	12a
品種および樹齢	幸水 21 年生
整枝法	2 本主枝 4 本亜主枝
ビニール被覆日	1 月 28 日
7.2 以下低温遭遇時間	800 時間
加温開始日	2 月 4 日 最低気温設定：7
満開日	健全樹 3 月 5 日 被害樹 3 月 22 日（腋花芽）

「眠り症」は、上記の園地では 1998 年、加温ハウス開始時から発生し、2002 年時で 1 主枝のみ症状が見られる樹も含めて、46 樹中 16 樹で発生している。低温遭遇時間は 800 時間であるため、自発休眠終了間際にビニール被覆を行っていると考えられる。

しかし、仮に 1000 時間での被覆を目指すとなると、過去 5 年間、熊本県で低温遭遇時間に達するのは、早い年では 1 月 19 日だが、遅い年には 2 月 11 日となり（図）、被覆時期は 2 月中旬にずれ込み、加温による早期出荷のメリットがなくなる状態である。

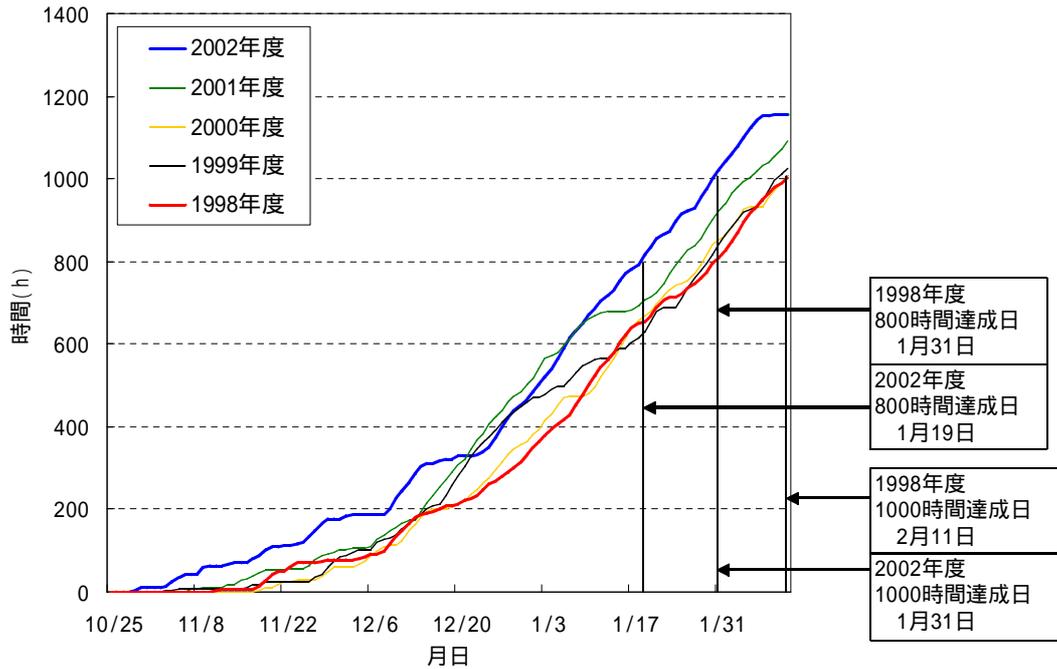


図 熊本県における7.2℃以下低温遭遇時間
(地点:熊本県下益城郡松橋町豊福)

4 現時点での対応策

発生原因がはっきりしないが、以下のことが推測されている。

- (1) 加温後、地上部の樹液の動きは早くなるが、地下部の動きが遅く、生育がアンバランスになり根量不足に陥っているのではないか。
- (2) 腋花芽(長果枝)は栄養生長に傾き、充実不良のうえ落葉が遅く、休眠が不十分なのではないか。
- (3) 低温遭遇時間が足りないのではないか。
- (4) 充実不良枝の凍害の可能性はないのか。

これらの推察から、現地では被害樹への根接ぎを行い、加温開始日を遅らせ、ビニール被覆後の地温上昇のためのマルチを行う等の対策を取っているが、どれも決定的な防止策には至っていないのが現状である。また、当研究所において、ブドウの休眠打破に登録のある、シアナミド剤の塗布試験を実施しているが、効果は出ていない。今後は7.2℃以下低温遭遇時間600～700時間で、ナシに休眠打破の効果があるとされる剤²⁾を塗布する試験を実施する予定である。

5 最後に

近年の暖冬傾向の結果、熊本県での加温ハウスナシのビニール被覆時期は、2 月上、中旬になってきている。しかし、あまり被覆時期が遅くなると開花時期も遅くなり、早期出荷による高単価が期待できなくなるので、施設費、資材費、燃料費等を考慮すると、加温ハウス栽培をあきらめなくてはならない可能性が高くなってくる。

現在、熊本県ではナシの加温ハウス栽培を積極的に推進してはいないが、暖冬傾向がさらに進むことによって、トンネルハウス栽培や露地栽培でも同様の症状が多く出てくることも予想される。そのため、この「眠り症」の原因究明および根本的な解決法を早急に解明する必要がある。

6 引用文献

- 1) 平成 13 年度熊本県果樹振興実績
- 2) 九州地域重要新技術研究成果 No . 28 150 - 160

3.3.モモ

3.3.1.モモのミツ症

熊本県農業研究センター果樹研究所 岡田眞治

(1)はじめに

熊本県では、1980年代までは西南暖地の特性を活かして早生種を主体にしたモモ栽培が行われてきたが、1990年代に入り、高品質・多収、すなわち高価格・高収益を目的に梅雨明け以降に成熟する品種の栽培が各産地で行われるようになった。

ところが、10年ほど前から中生種以降の品種を中心にミツ症が多発するようになり、商品果率が低下するとともに、外観でミツ症と判断できない果実が市場に出回り評価を落としてしまう結果となった。特に‘川中島白桃’は、植栽の始まった1990年代前半は1kg当たりの市場単価が700円以上していたが、近年は、経済不況の影響も加わり、300円程度までに落ち込んでしまった。



写真1 モモのミツ症（外観）

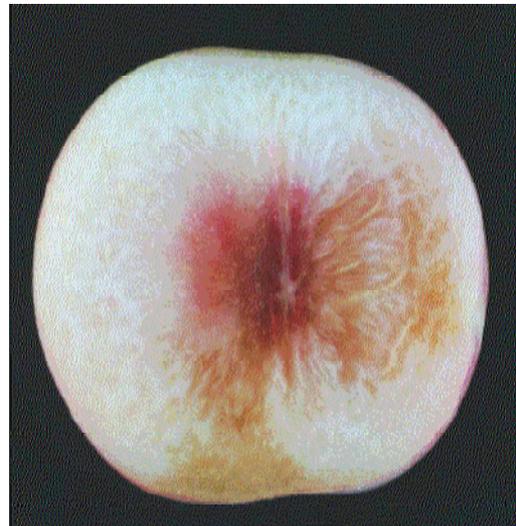


写真2 モモのミツ症（果肉部）

(2)ミツ症の発生実態調査結果

ミツ症のことを、産地では「煮え果」と呼んでいた。ちなみに、試験研究機関では「果肉褐変症」、「果肉異常」と言う場合もある。

2001年に、熊本県内の農家を対象にアンケート調査を行ったところ、53戸の農家から回答が寄せられた。集計結果は以下のとおりである。

モモのミツ症は、1993年から発生がみられ、特に1998年以降に発生がみられた農家が急増していた（第1図）。

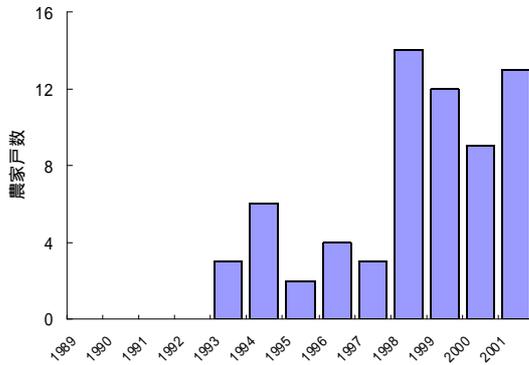
品種別にみると、早生種での発生は少なく、‘長沢白鳳’以降での発生が多かった（第2図）。

着果位置では、日当たりが良いところでの発生が多く、樹冠先端部が樹冠内部より発生が多かった。

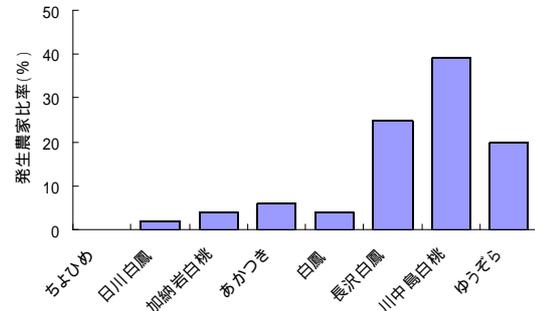
樹勢の強い樹から弱い樹まで発生しており、樹勢とミツ症発生との関係は明らか

ではなかった。

中玉や小玉では発生がみられず、大玉で発生していた。



第1図 熊本県におけるモモの年次別ミツ症発生農家戸数
(アンケート調査農家戸数: 53戸)



第2図 熊本県におけるモモの品種別ミツ症発生農家比率
(アンケート調査農家戸数: 53戸)

(3) ミツ症の障害程度

モモのミツ症は、外観から判断できない軽症のものから、果肉表面が水浸状に褐変して外観から容易に判別できる重症のものまでみられる。そこで、ミツ症の程度を以下のように5段階に評価することとした。

無：果肉に褐変が全くみられない。

微：果肉に合計で1 cm²未満の褐変がみられる。

軽：果肉に合計で1 cm²以上、2 cm²未満の褐変がみられる。

中：果肉に合計で2 cm²以上、赤道部横断面の3分の1未満の褐変がみられる。

甚：果肉に合計で赤道部横断面の3分の1以上の褐変がみられる。



写真3 モモのミツ症の障害程度

(4) ミツ症の発生要因

1) 品種間差異

2000年に、当研究所の圃場に植栽している25品種・系統について、適熟で収穫した果実のミツ症を調査した結果、中・晩生種での発生が多かった。特に、早生種では‘暁星’、中・晩生種では‘長沢白鳳’‘選抜あかつき’‘なつおとめ’‘川中島白桃’‘選抜川中島白桃’‘ゆうぞら’が15%以上の発生率であった。なお、晩生種でも‘まなみ’‘黄金桃’‘阿部白桃’には全く発生しなかった。

2) 果実の大きさとの関係

‘川中島白桃’成木樹に着果した果実をすべて調査したところ、大きい果実ほどミツ症の発生が多く、特に品種特性を越えた400g以上の果実になると、重症果の割合が急増した。単位面積当たりの着果数を13、15、17個/m²に設定した試験でも、平均果重の重い13個/m²区が他の2区より発生が多かった。以上のことから、極端な大玉生産がミツ症の発生を助長するものと考えられる。

3) 果実の熟度との関係

果肉が軟らかくなるほどミツ症の発生が多くなり、特に硬度が1.5kg以下の果実で障害程度「中」以上の重症果率が急増した。また、ミツ症の程度が重い果実ほど糖度が高く、収穫が遅れると発生が多くなることから、過熟になることによりミツ症が発生しやすくなると考えられる。

4) 果実袋との関係

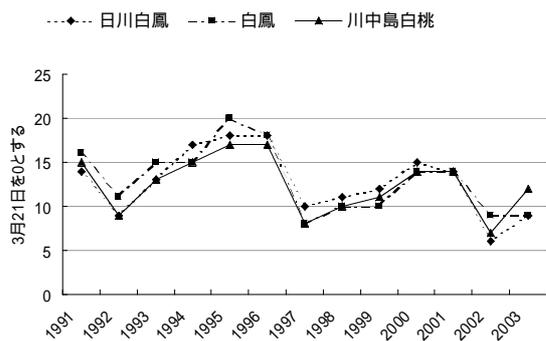
果実袋に、白一重袋、遮光一重袋、遮光二重袋(内袋に撥水紙)、遮光二重袋(内袋にパラフィン紙)を用いたところ、白袋一重袋が他の3区よりミツ症の発生が少なく、遮光袋の中では内袋にパラフィン紙を使ってあるものが最も発生が多かった。以上のことから、ミツ症発生には袋内の温度や急激な環境(温度、光)変化などの影響も考えられる。

5) 収穫後の果実品質変化

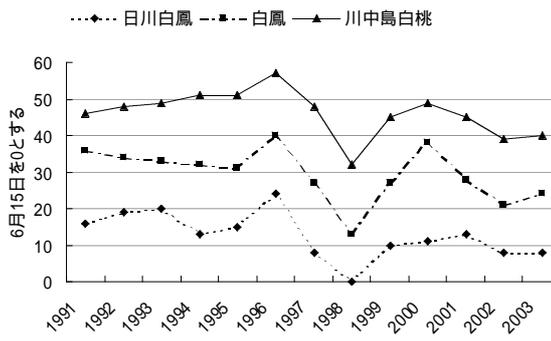
‘川中島白桃’の果実を常温で1週間貯蔵したところ、果肉硬度や重量は低下し、糖度は上昇したが、ミツ症の程度については収穫時と差がなかった。以上のことから、ミツ症は果実が成熟中に発生するものと考えられる。

(5) 気候温暖化とミツ症発生との関連性

第3、4図は、モモの主要品種の満開日と収穫盛期を1991年からみたものである。これによると、ここ13年間で開花期も収穫期も前進化している傾向にある。特に1997年を境に、前の6年間と後の6年間の平均値を比較すると、後の方が満開日は3.8日、収穫盛期は9.1日早くなっている。また、成熟日数は5.3日間短くなっている。



第3図 熊本県農研セ果樹研究所におけるモモの満開日

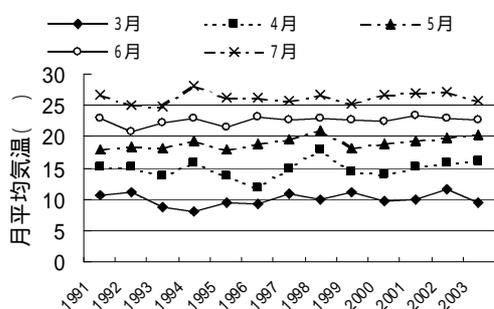


第4図 熊本県農研セ果樹研究所におけるモモの収穫盛期

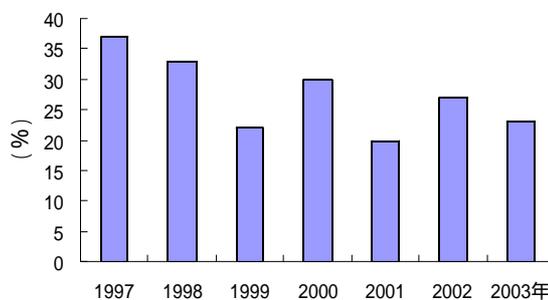
熊本県でモモのミツ症発生が問題になりだしたのは 1993 年頃からで、特に 1998 年以降は 15 % 以上の農家で発生し、年によっては中・晩生種の 50 % 以上でミツ症が発生した農家もある。

当研究所における 3 月～ 7 月までの月平均気温を、1997 年を境に、前の 6 年間と後の 6 年間の平均値で比較すると、後の方が、3 月に 0.7 、4 月に 1.1 、5 月に 1.1 、6 月に 0.6 、7 月に 0.3 ずつ高くなっている (第 5 図)。

当研究所では、発生が目立ち始めた 1997 年からミツ症の調査を行っているが、生育調査を実施している ‘川中島白桃’ の成木樹では毎年 20 % 以上の発生がみられている。なお、ここ 2、3 年は除袋や収穫をやや早めているので、以前からすると発生率は減少している (第 6 図)。



第5図 熊本県農研セ果樹研究所における月平均気温の年次別変化



第6図 ‘川中島白桃’ 成木樹のミツ症発生率

以上のように、モモのミツ症発生には気候温暖化の影響が関与しているものと考えられる。当面の対策としては、品種選定と併せて、適正着果や適期収穫を厳守し、土壌管理や枝梢管理を適切に行い樹勢安定を図ることが重要と思われる。

3.3.2. 長野県におけるモモ樹の枯死について

長野県南信農業試験場 山近龍浩

(1) はじめに

近年、長野県ではモモ樹の枯死が多く発生している。枯死の主な原因は凍害で、凍害の被害を受けた部位から胴枯病に感染し、枯死に至るケースが多い。凍害の発生は県下全域にみられ、前作がモモ園だった園地での発生が多い傾向がある。

凍害以外のケースとしては、冬季の寒風害により樹皮が裂傷を受け、そこから胴枯病に感染する例もある。これは冬季に強い北風が吹く北信地域に多い。

これら冬期間に起きるモモ樹への障害は、樹の休眠と深い関係があり、近年の暖冬傾向が被害の発生を助長しているものと考えられる。

ここでは、現地調査と長野県果樹試験場内の凍害調査の結果から、長野県における凍害の発生状況について述べる。ただし、このデータはあくまでも凍害による被害状況の一例であることをお断りしておく。

(2) 凍害の発生実態調査結果

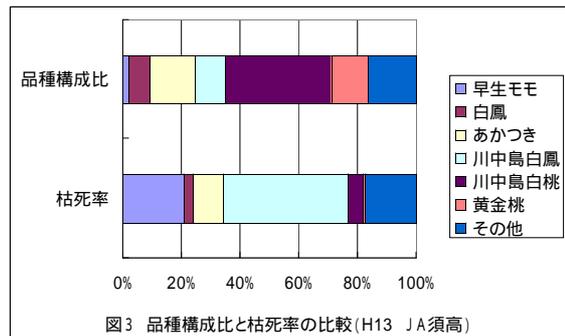
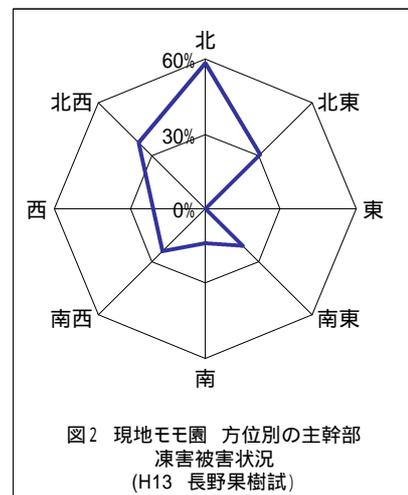
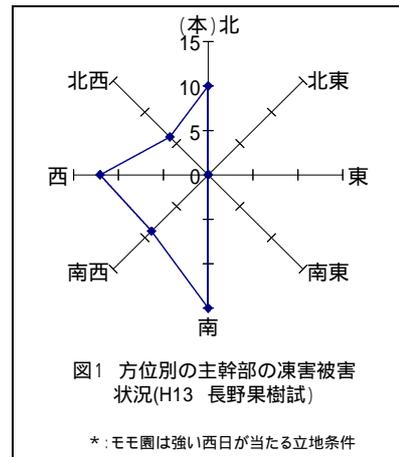
1) 園の立地と被害の方角

モモ園における被害の発生方位は、隣接地の地目や園地の立地条件に影響された。現地調査の結果では、道路や水田、畑など遮蔽物が無く日射や風を直接受ける方角に被害の発生が多かった。また、園全体の樹体の被害が南西に多い場合には、主幹部の被害も南西に多く見られた。図1は長野果樹試験場内の凍害調査の結果だが、西日を浴びる条件下では、南側に次いで西側に凍害が多く発生した(図1)。

この他には、図2に示したように冬季に北風を受けやすい立地条件の園では、主幹の北側に裂傷を受けているケースが多かった。

2) 穂品種と凍害

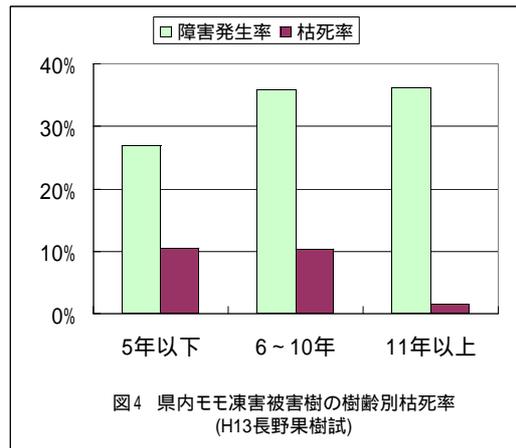
図3はJA須高の出荷量から推測した品種構成比と、凍害後に生産者に対して行ったアンケートから求めた枯死樹の品種別割合を比較したものである。これで見ると「川中島白鳳」は他品種と比較して、凍害の被害により枯死に至る率が非常に高く、「川中島白鳳」枝



変わり系統も同様な傾向が見られた。長野県の主力品種である「川中島白桃」は、裂傷や樹脂の発生などの軽微な障害は他品種と同様に見られたが枯死率は低かった。

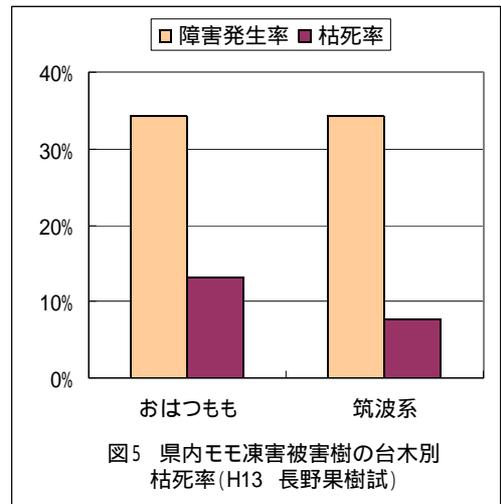
3) 樹齢と凍害

裂傷や樹脂の発生など凍害によって樹が障害を受けた割合は5年生以下の若木が最も少なかったが、凍害による枯死率に限ると若木の方が高く、11年生以上の樹では枯死に至る割合が少なかった(図4)。



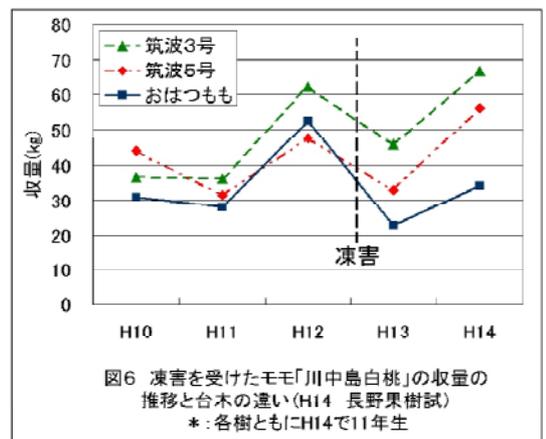
4) 台木の種類と凍害

長野県において主として用いられる「おはつもも」台木樹と筑波系品種を台木に用いた樹で被害状況を観察・比較した結果、軽微な障害も含めた凍害の発生率は差がなかったが、枯死率は「おはつもも」台木樹が高かった(図5)。



5) 凍害を受けた後の樹の生育と収量を

凍害後2年を経過したモモ樹の先端新梢長を台木ごとに調べた結果、「おはつもも」台木樹は「筑波3号」「筑波5号」台木樹と比較して有意に先端新梢長が短く、凍害後に樹勢が回復せずに衰弱した。(表1)。



台木別の収量を比較すると、「おはつもも」台木樹は「筑波3号」「筑波5号」台木樹と比較して、凍害後にあまり収量が回復せず、凍害後の樹勢回復が難しいことが伺えた(図6)。

表1 台木の違いが凍害を受けた11年生「川中島白桃」の新梢生育に及ぼす影響 (H14 長野果樹試)

台木	調査枝数	平均新梢長(cm)	有意差*
筑波3号	292	18.9	a
筑波5号	136	19.7	a
あはつもも	129	10.5	b

*: 異符号間はtukeyの多重比較による1%レベルで有意差あり

3.3.3. 岐阜県におけるモモ障害樹の発生実態と対策

岐阜県中山間農業技術研究所 宮本善秋

(1) はじめに

岐阜県飛騨地方では、夏季冷涼な気候を活かしたモモ生産が行われており、品質の優れる「白鳳」が盆前に収穫され、高い市場評価を得ている。しかし、10数年前から幼木が胴枯れ症状で枯死する障害が発生し始め、近年では増加傾向にある。当研究所では、関係機関と協力して現地調査や対策試験を実施中のため、これまでの結果の概要を紹介する。

(2) 発生状況

当研究所に栽植されているモモの幼木を対象に1989年から発生実態調査を開始した。観察された障害は、主幹部に大小様々な縦の亀裂を生じるものや、樹皮と形成層が褐変壊死し樹皮を剥くと醜臭を発するもの、また両者が併発しているものも多数観察された(図1)。発生程度は樹によって大きく異なり、軽度なものはカルスを形成して治癒したが、幹が全周にわたり被害を受けたものは開花期前後に枯死した。



図1 モモ主幹部の障害発生状況

A: 樹皮亀裂 B: 皮層部壊死 C: 木質部黒変

これらの障害発生率

は、調査を開始した4年生時には既に3割に達しており、7年生では9割を越え、その内2割が枯死した。現地調査でも同様な障害が地域全体で観察され、枯死率は多くの園で2割を越え、多発園では9割以上に達した。

被害部位からは、モモ胴枯病菌が分離され、罹病率が高まるにつれて枯死率も増加し、被害の拡大につながっていた。しかし、接種試験の結果から、本菌が有傷部や死滅組織からは容易に感染するが、健全部位からは感染しにくいことが確認され、クリ²⁾やナシ⁶⁾と同様に凍傷部から二次的に感染していると推察された。また、障害を受けた樹の多くは、地際部からヒコバエが発生しており、枯死を予告するシグナルとさえ言われている。

(3) 原因の究明

当地域における障害発生時期は、3～5年生の幼木期に集中する。このことは果樹の耐凍性が樹齢により変化し、幼木が最も凍害を受けやすく、成木に達すると受けにくくなる

ことと一致する⁵⁾。実際に、耐凍性と関連が深いとされている⁴⁾糖含量について樹齢別に調査した結果でも、幹の糖含量は3～4年生が低く耐凍性が劣ると判断された。

次に、障害発生部位の高さについて調査した結果、幹の地上20～50cmに初期発生が確認され、被害の進展に伴い上下へ広がった。現地調査の結果でも発生部位は、幹の地上10～80cmに集中していた。一般的に主幹の地際部、積雪面及び分岐部は耐凍性が低いと言われており^{2・9)}、このことから障害の主原因は凍害と考えられた。

障害発生部位の方位は、幹の南側又は南西側に特に発生が多い傾向が認められた。南側は晴天の日中は高温になるが夜間は急速に冷やされ温度較差が大きく、凍害を受けやすい部位と言われており^{7・9)}、そのことと合致した。

また、被害を受けた樹の幹横断面には木質部の黒褐変が認められ、これは凍害樹に発生する木質部の黒変(Blackheart)と考えられた。しかし、最近の調査では黒変部位から担子菌が多数分離されることから、現在これらの病原性についても検討中である。

(4) 凍害の多発要因

近年、モモ樹に凍害が急増している背景として、連作による生育障害、樹幹病害虫の増加などの関与が明らかとなってきたが、地球温暖化による暖冬の影響も大きく関与しているものと考えられる。当研究所で観測した気象データによると1月の月平均気温は、1987年から平年に比べて1～2℃高く推移し、17年連続の暖冬傾向となっている(図2)。

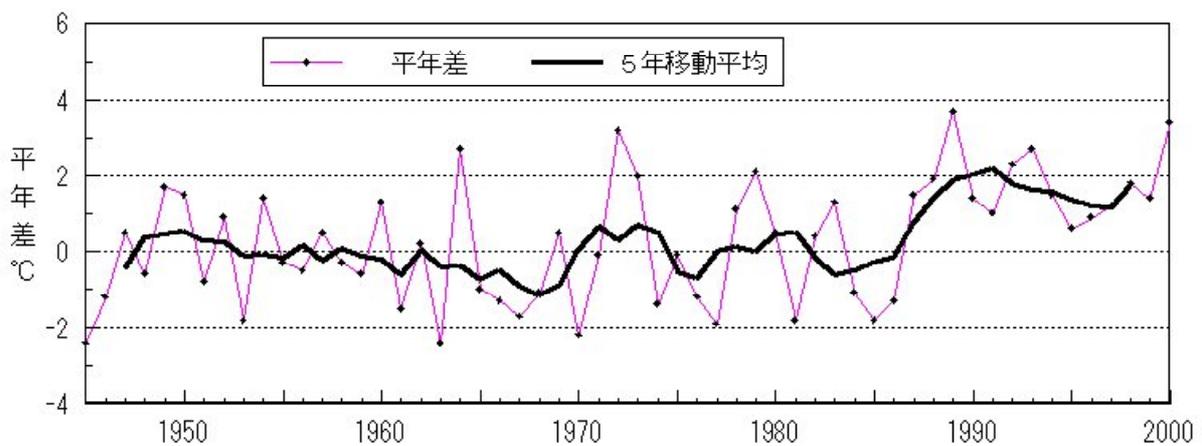


図2 1月の平均気温の平年差の経年変化

(観測地：岐阜中山間農技研 平年値：1961～1990年)

樹体の耐凍性は、秋季の低温によって誘導され、徐々に高まっていくが、秋の気温が高いとハードニングが不十分なまま低温に遭遇して凍害を受けやすくなる。また、冬期間低温が続くと耐凍性は安定した状態が続くが、暖冬で温暖な日が続くと耐凍性が低下し、その後の低温で凍害を受けやすい。さらに、暖冬下では春早い時期から根の水分吸収が始ま

り、樹体の水分含量が増加し、耐凍性が早く低下する。このため、強い寒波でなくても凍害を受けやすくなるものと考えられる。実際に当研究所におけるモモ「白鳳」の発芽期は、以前に比べて年々早くなってきており（図3）、春先の水あげが早まって耐凍性が早く低下し凍害を受けやすい環境条件になっているものと考えられる。

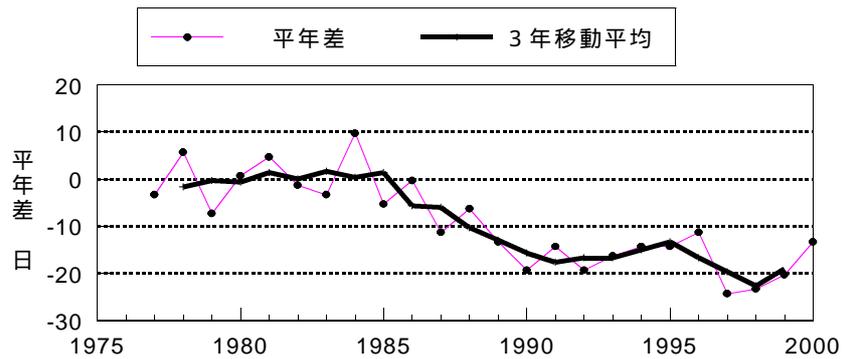


図3 モモ発芽日の平年差の経年変化

(観測地：岐阜中山間農技研 平年値：1977～1986年)

(5) 防止対策

幹へのわら巻きは、ブドウ等では一般的に実施されているが、当所においてモモで実施した結果では、年によって効果に差があり、かえって被害を助長したケースも認められた。これに対して、白塗剤処理は樹温上昇を抑制し、温度格差が小さくなることから、凍害の軽減に有効であった。

剪定や雪害等で主幹部に大きな傷が付くほど、凍害の被害率は明らかに高くなった。このため、不要な枝は太くなる前に早めに剪除することが重要である。やむを得ず太枝を剪除する場合は秋～冬期間に行わず、春暖かくなってから実施する。

穂木の生育や生理作用は台木の影響を強く受け、台木が穂木の耐凍性に大きな影響を及ぼすことがリンゴ¹⁾やブドウ³⁾で知られている。当研究所で実施した台木比較試験の結果でも、使用する台木品種によって凍害の発生程度が大きく異なることが明らかとなった。現在は、台木による耐凍性向上機構を解明すると共に、収集した多くの台木品種の中から高標高積雪地帯に適した耐寒(凍)性台木の選定を進めている。

(6) 引用文献

1. 赤羽紀雄ら. (1968) 北農. 35:15-19.
2. 檜山博也ら. (1970) 農及園. 45:1663-1668.
3. 平田克明. 柴 寿. (1971) 農及園. 46:1314-1316.
4. 黒田治之ら. (1985) 北海道農試研報. 141:29-41.
5. 黒田治之. (1988) 北海道農試研究資料. 37:1-101.
6. 小笠原静彦ら. (1971) 広島農試研報. 30:77-90.
7. 酒井 昭. (1963) 低温科学. 21:25-40.
8. 酒井 昭. (1964) 低温科学. 22:29-50.
9. 酒井 昭. (1967) 低温科学. 25:45-55.

3.3.4. 山形県におけるモモ若木の立ち枯れ

山形県園芸試験場 安藤隆之・佐藤之信

(1) はじめに

近年、山形県のモモの主産地である天童市において、新植あるいは改植されたモモの園地で若木に立ち枯れが多く発生し、問題となっている。

このため、現地調査をとおして立ち枯れの実態を把握し、その発生要因を検討した。

(2) 調査の概要

現地調査は2002年に山形県天童市内20園地で行った。5月上旬から6月上旬に障害発生の有無の確認と障害樹の樹体調査を行った。また、樹齢6年生までの樹を中心に7月下旬から8月上旬にかけ樹体調査を行った。なお、調査対象樹は各園地ともおおむね6年生までとした。

(3) 結果の概要

1) 2002年の調査園地の枯死の状況

2002年は春先の調査までに枯死している樹が多く、調査した20園地の597樹中、枯死樹が117樹と多かった。また、各園地での発生割合は3%~55%と幅があった。同一樹齢での枯死割合が最も高かったのは5年生の35%であり、さらに全体の86%を5年生までの樹が占めていた。

また、園地の方角や高低差、品種による枯死樹の発生程度の差は見られなかった。

2) 枯死樹の特徴

枯死樹のほぼ全てに該当する特徴として、主幹上の皮層に褐変部が認められることがあげられる(表1)。この褐変部は、地際からおおよそ地上80cmまでの間の主幹上の皮層に発生しており(図1)、中には地上2.3mまで進展していたものも観察された。この褐変部は幹を一周するように発生しており、これにより枯死したと考えられた。また、この褐変部と地下部の健全部との境界、主幹上部の健全部との境界は、水浸状にならず明瞭に区別できた(図2)。さらに、このような樹の地下部は生存していた(表1)。

このように、被害部が地際部、幹部、分岐部などに多くみられ、それらの多くは褐変を呈し、健全部との境界が水浸状にならずはっきりと区別できる、いわゆる凍傷痕が観察されることから、この枯死の原因は凍害によるものと考えられた。

また、表3のように、樹高に対する褐変部の長さの割合により枯死の様相が異なり、褐変部の長さの割合が高いと不発芽のまま枯死していることが多く、割合が短いと果実が大豆大以上に肥大するまで枯死を確認できない場合があった。このように、樹高に対する褐変部の長さの割合により枯死の時期が異なっていた。

その他の枯死樹の特徴として、92%の樹で胴枯れ病が発生していたことや、裂開は69%、キクイムシは48%の樹で発生していたことがあげられる(表1)。

胴枯れ病、キクイムシの発生については、2001年の秋に同一園地で樹体調査を行った時点では発生が確認されず、2002年7月の生存樹を対象とした樹体調査では胴枯れ病の発生は8%、キクイムシの発生は2%と少なかったこと(表2)から、また、胴枯れ病は裂開部のカルスに一部発生する程度であったことや、一般的に、胴枯れ病・キクイムシは衰弱樹、障害樹に発生しやすいことなどから、主幹の皮層が褐変してから胴枯れ病、キクイムシが二次的に寄生したものと考えられた。

裂開の発生については、2002年7月の生存樹を対象とした樹体調査では発生率が24%であった(表2)のに対し枯死樹での発生率が69%と高かったことや、障害部を塞ごうとしたカルスの形成により裂開が発生したと考えられるが、カルス部位は凍害を受けやすいことが知られていること等から、裂開の存在は凍害の発生を助長し枯死の原因となると考えられた。

以上のように、春先に立ち枯れしたほとんどの樹には、主幹上の皮層部に褐変部(凍傷痕)が観察され、また、図3のように枯死樹の主幹を輪切りにすると木質部の黒変症状が観察された。これらの症状は凍害の症状と極めて酷似しており、胴枯れ病やキクイムシは主因では無いと考えられることから、枯死の原因は凍害であると考えられた。

(4) まとめ

山形県においてモモの立ち枯れが問題となっている背景には、これまで山形県では加工用品種の栽培が盛んであったが現在は生食用品種の割合が増えてきていることや、発生が消雪の早い地域に多いことがある。

消雪が早い地域において凍害による立ち枯れが多く発生していることは、近年の温暖化現象も重要な要因と考えられるが、今回の調査では気象との因果関係については十分な考察をおこなっていないことから、今後、検討していきたい。

なお、現在、現場でおこなわれている凍害防止対策としては、耐凍性を高めるために徒長や遅伸びをさげ、適正な樹勢に保つような肥培管理が重要と考えられている。また、主幹部へのわら巻き(さらに反射資材などをその上に巻きつける)や、白塗剤の塗布といった対策が取られている。しかし、十分な対策とはいえず、岐阜県でおこなわれているような耐凍性の高い台木の選抜など、抜本的な対策が必要であると思われる。

表1 枯死樹の特徴

調査項目	発生率
地下部生存率	97%
凍傷痕	97%
胴枯れ病	92%
裂開部	69%
キクイムシ	48%
ひこばえ	45%
調査本数	117

注) 枯死樹の約半数以上の樹に見られた項目を掲載

表2 生存樹での発生率

調査項目	発生率
地下部生存率	-
凍傷痕	-
胴枯れ病	8%
裂開部	24%
キクイムシ	2%
ひこばえ	16%
調査本数	597

注) 7月調査

表3 枯死の様相と褐変部の長さ(対樹高)

	調査本数	樹高に対する褐変部の長さの割合				
		20%未満	40%未満	60%未満	80%未満	100%以下
不発芽 ^{a)}	33		3%	18%	6%	73%
発芽後 ^{b)}	54	11%	48%	33%	2%	6%
果実大豆大 ^{c)}	20	15%	70%	15%		

a): 不発芽のまま。

b): 発芽後(開花、展葉後含む)に枯死。

c): 果実が大豆大以上に肥大後、枯死した。



図1 主幹上の皮層部に見られる褐変部の発生部位



図2 主幹上部の褐変部



図3 木質部の黒変(ブラックハート)

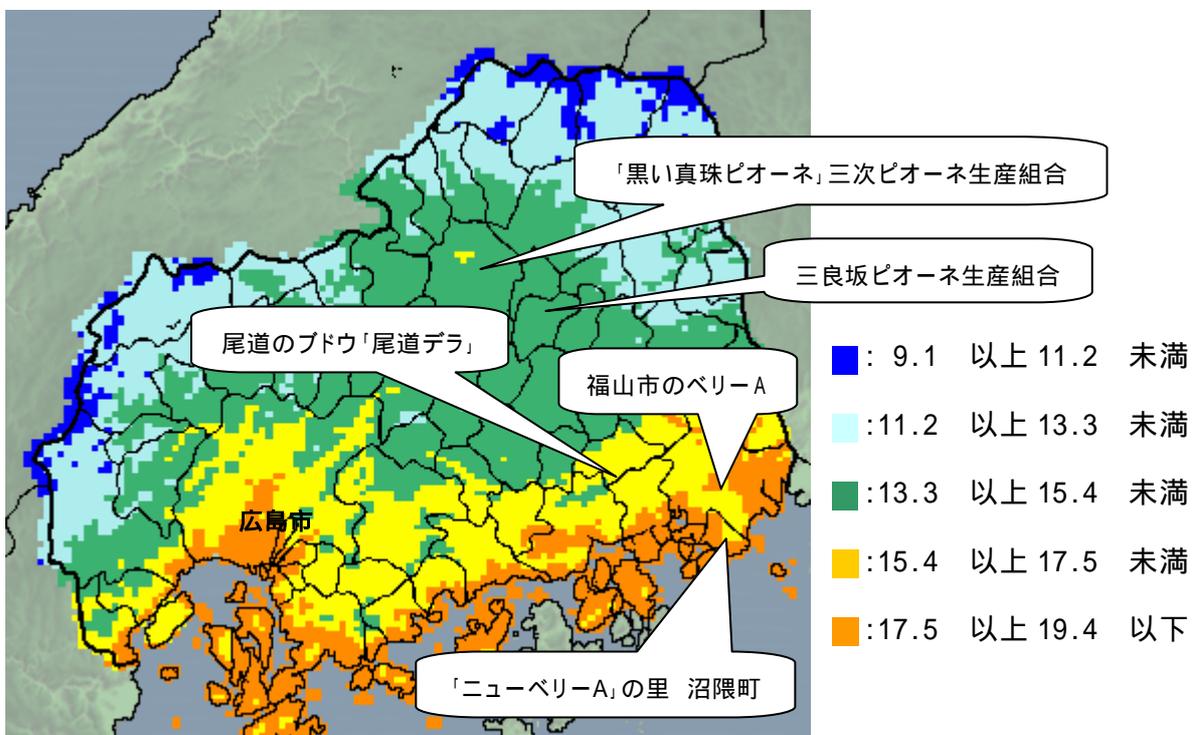
3.4. ブドウ、ウメ、クリ

3.4.1. ブドウの着色不良

広島県農業技術センター果樹研究所 山根崇嘉

広島県におけるブドウの栽培面積は 330ha である。主産地は温暖な瀬戸内沿岸から冷涼な県中北部の中国山麓まで広がり，地形的にも気象的にも農耕地環境の地域差が大きい。

平均気温は第 1 図のように分布している。北部ではリンゴ，島しょ部では柑橘類が栽培されており，日本の縮図といわれている。ブドウは県北部から島しょ部まで県下全域で栽培されているが，冷涼な地域では酸抜けが悪く，温暖な地域では着色が不良となる。主な産地は平均気温 14 から 18 の地域を中心に分布している。温暖な沿岸部地域の占める割合は約 60% と高く，着色不良が大きな問題となる。



第 1 図 広島県における年平均気温の分布とブドウ産地

主なブドウ品種は‘ピオーネ’，‘デラウェア’，‘ベリー A’であるが，‘ベリー A’などの旧来の品種は価格が下落しており，‘ピオーネ’や‘安芸クイーン’へ更新されつつある。

温度による着色への影響は‘安芸クイーン’などの赤色系品種で顕著であり，沿岸部産地ではほとんど着色しない場合もある（第 2 図）。着色と県内産地の気温との関係については，着色開始期から収穫期までの 25 以下の積算温度との相関が高かった（第 1 表）。S 農園は沿岸部に位置するが，加温ハウス栽培であり，成熟期が簡易被覆栽培に比べて 40 日程度早い。そのため，夜温の低い時期が成熟期となり，25 以下の積算温度が 687 時間と多く，着色が良好となる。熟期の前進による着色改善効果は明らかであり，沿岸部産地においても一部で加温ハ

第1表 ブドウ‘安芸クイーン’の着色と果実形質および気温の関係（加藤 2000，未発表）

園地	1房重	1粒重	カラーチャート 指数z	Brix	酸 (%)	収穫量 t/10a	平均気温 (°C)	着色開始から収穫までの気温			
								30°C以上 (時間)	25°C以下 (時間)	20°C以下 (時間)	25-20°C (時間)
S農園	395	14.7	3.5	18.9	0.66	2.16	23.3	52	687	200	487
果樹研究所	440	13.0	3.2	18.7	0.42	2.66	26.6	206	432	0	487
M農園	589	15.2	0.4	17.0	0.46	3.00	27.9	346	228	4	284
K農園	508	17.1	1.9	18.5	0.57	0.48	25.1	92	421	34	387
T農園	252	10.8	4.0	16.8	0.60	0.32	23.7	123	615	217	398
F農園	458	13.5	1.2	18.3	0.50	1.18	27.7	392	492	7	485
N農園	558	19.2	0.2	16.1	0.51	1.69	26.3	186	346	43	303
Y農園	462	13.6	2.1	18.7	0.71	0.82	26.0	145	390	15	375
R農園	494	13.6	4.5	18.7	0.57	1.28	25.5	212	594	56	538
着色との相関(R)	-0.66	-0.70	-	0.54	-0.27	-0.36	-0.66	-0.41	0.84**	0.56	0.73*

z三重県安芸クイーン用カラーチャート。着色との相関係数は加温ハウス以外での数値。

果穂の薬剤処理は、満開4および14日後にジベレリン12.5ppmとフルメット液剤3ppmの混用で処理を行った。

ウス栽培が行われている。

また、広島県の一般的な作型はトンネルによる簡易被覆栽培であるが、トンネルの谷間の棚面に透水性のあるシートを設置することにより保温し、1ヶ月程度の熟期促進を行っている園地も多い。この作型では若干着色が改善される。現在、当研究所では生育ステージ別の温度と着色との関係を研究して



第2図 冷涼地域（左）と温暖地域（右）の‘安芸クイーン’

いる。温度感受性の高い時期を明らかにすることによる、効果的な熟期促進方法を明らかにしていく予定である。

温度以外には光，着果負担が着色に与える影響が大きい^{1,2)}。光については果房への直接的な光が必要である。現地では反射シートや摘葉による補光，鮮やかな色彩とするための遮光袋処理などが試みられている。しかし，その効果は小さく，着色不良を解決するには至っていない。着果負担については沿岸部では500g房を1m²で約6房着房させており，着果過多の感がある。また，植調剤の使用により大粒を目指しており，着色不良になりやすい。環状剥皮処理も試みられているが，効果にバラツキがあり，安定した技術には至っていない。今後は現地での最適着果量，葉面積を明らかにしていく必要がある。また，より効果的な環状剥皮方法を検討中である。

引用文献

- 1) 内藤隆次ら.(1984)島根農試研報 18 : 8-15
- 2) 平野健ら.(1993)園学雑 62 (別2): 122-123

3.4.3. 温暖化がクリの生育に及ぼす影響

熊本県農業研究センター果樹研究所 中満一晴

(1) はじめに

熊本県のクリは、中山間地における地域振興作物として、1960年代前半より植栽が進み、1988年では4,250haまで増加した。その後は減少に転じ、2001年は3,609haと、ピーク時の85%に減少している¹⁾。

1970～1980年代のピーク時に植栽された園の中には栽培不適地が含まれており、そのような園や、放任園では立ち枯れ症が発生するようになった。その中には、黒根立枯病の症状を呈するものもある。

また近年、収穫期の高温・干ばつ年に果肉が発酵・腐敗する変質果の発生が増加し、黒色実腐病の発生も多く見られるようになった。

(2) 過去20年のクリの生育

平均気温の上昇とともに、クリの生育にも前進化が認められる。1981～1985と、1999～2003年までの平均と比較すると、松橋町の‘丹沢’では、発芽日で4.8日、収穫盛期で9.2日前進化し、‘筑波’では、発芽日で3.0日、収穫盛期で4.4日前進化している。

‘丹沢’では、1999～2003年までの収穫盛期の平均は8月24日となり、8月末で収穫がほぼ終了するようになった。このため、腐敗果が多発し、クリの需要期から外れるようになった。

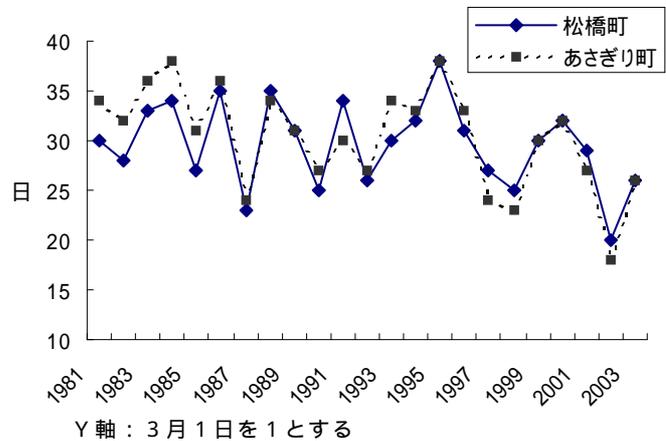
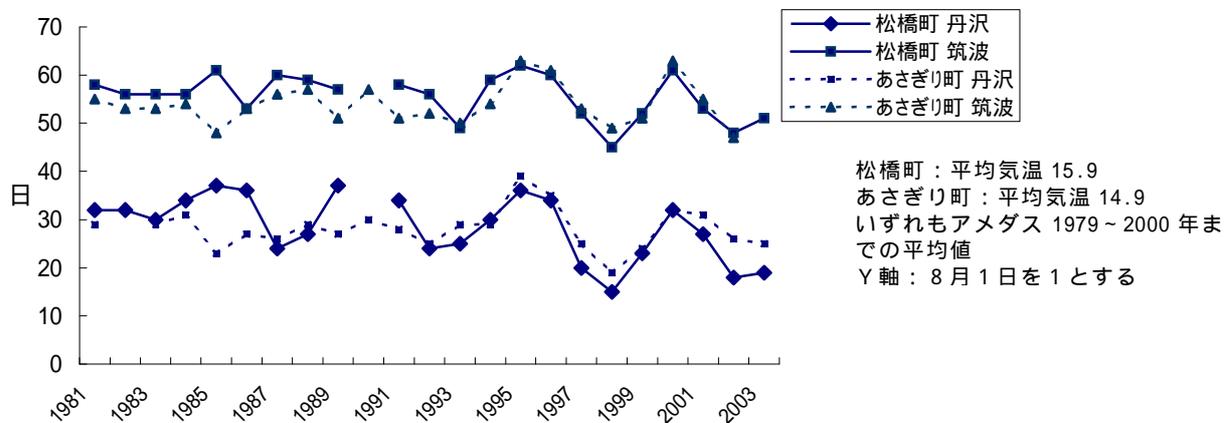


図 - 1 ‘筑波’における発芽日の年次別推移



第2図 ‘丹沢’と‘筑波’における収穫盛期の年次別変化

‘筑波’は、豊産性と秀品率の高さから県下で最も多く栽培されている品種であるが、近年、変質果の発生が大きな問題となってきた。

(3) 変質果、黒色実腐病

1) 発生要因

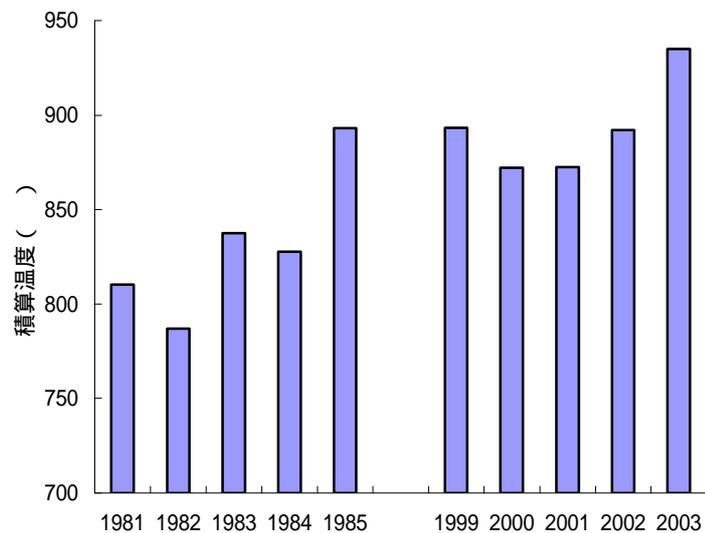
変質果等の多発生は、収穫期の前進化により成熟時の高温遭遇時間が増加したことが最大の要因と考えられる。また、9月の気温が近年上昇していること(第4図)や、‘筑波’の割合が高い品種構成のため、収穫間隔が長くなり、落穂した果実が高温にさらされる時間が長くなったことも発生を助長している。



第3図 黒色実腐病

2) 技術対策

収穫してから消費者へ届くまでに果実温度を上げないよう細心の注意が必要となる。生産現場での対策としては、連日収穫、樹勢強化、品種構成の見直し等が挙げられる。集荷所、選果場では、予冷库への一時貯蔵により品質の変化を防止し、果実温が完全に低下し均一になってから出荷することが重要である。



第4図 9月の最高気温の積算値

注) アメダス(甲佐町)

第1表 ‘筑波’における収穫後の貯蔵温度が変質果に及ぼす影響

加温温度	加温後の日数と変質果(%)					
	加温開始時	1日目	2日目	3日目	4日目	7日目
10	0.0	6.7	6.7	1.0	13.3	20.0
35	0.0	30.0	30.0	36.7	36.7	46.7
50	0.0	56.7	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 1998年調査

(5) まとめ

1980 年代前半から 1990 年代のピーク時に植栽された樹は、老木に差し掛かっており、栽培不適地や放任園では樹勢低下、立ち枯れが増加している。栽培適地であっても、度重なる台風被害により樹勢が衰弱した園も多い。さらに、収穫期の前進化および気候温暖化により、果実腐敗が増加し、クリ栽培を巡る情勢は年々厳しくなっている。

今後、気候温暖化が進めば、収穫期の前進も更に進むことが予想され、これまでの‘筑波’を中心とした品種構成を見直す必要がいずれ出てくるものと考えられる。‘筑波’以降の晩生品種の導入や、稔肉が厚く、黒色実腐病の被害を受けにくい早生～中生品種の探索・普及が今後の課題になる。

(6) 引用文献

- 1 . 平成 13 年度熊本県果樹振興実績

3.4.3. 温暖化がクリの生育に及ぼす影響

熊本県農業研究センター果樹研究所 中満一晴

(1) はじめに

熊本県のクリは、中山間地における地域振興作物として、1960年代前半より植栽が進み、1988年では4,250haまで増加した。その後は減少に転じ、2001年は3,609haと、ピーク時の85%に減少している¹⁾。

1970～1980年代のピーク時に植栽された園の中には栽培不適地が含まれており、そのような園や、放任園では立ち枯れ症が発生するようになった。その中には、黒根立枯病の症状を呈するものもある。

また近年、収穫期の高温・干ばつ年に果肉が発酵・腐敗する変質果の発生が増加し、黒色実腐病の発生も多く見られるようになった。

(2) 過去20年のクリの生育

平均気温の上昇とともに、クリの生育にも前進化が認められる。1981～1985と、1999～2003年までの平均と比較すると、松橋町の‘丹沢’では、発芽日で4.8日、収穫盛期で9.2日前進化し、‘筑波’では、発芽日で3.0日、収穫盛期で4.4日前進化している。

‘丹沢’では、1999～2003年までの収穫盛期の平均は8月24日となり、8月末で収穫がほぼ終了するようになった。このため、腐敗果が多発し、クリの需要期から外れるようになった。

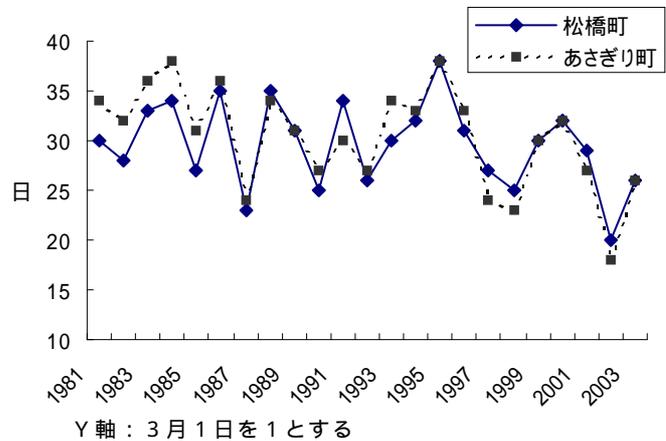
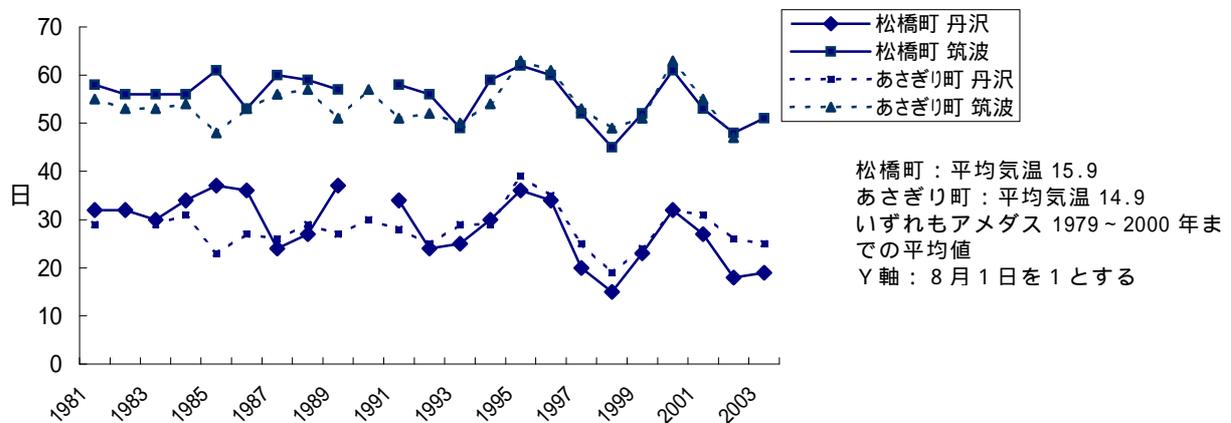


図 - 1 ‘筑波’における発芽日の年次別推移



第2図 ‘丹沢’と‘筑波’における収穫盛期の年次別変化

‘筑波’は、豊産性と秀品率の高さから県下で最も多く栽培されている品種であるが、近年、変質果の発生が大きな問題となってきた。

(3) 変質果、黒色実腐病

1) 発生要因

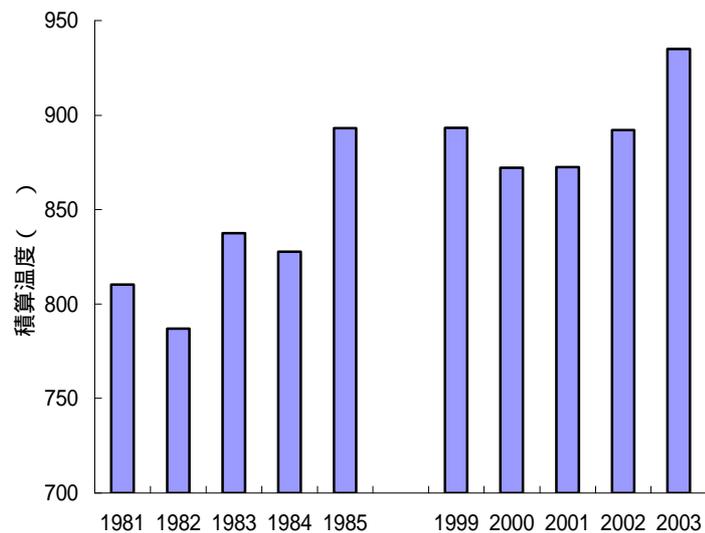
変質果等の多発生は、収穫期の前進化により成熟時の高温遭遇時間が増加したことが最大の要因と考えられる。また、9月の気温が近年上昇していること(第4図)や、‘筑波’の割合が高い品種構成のため、収穫間隔が長くなり、落穂した果実が高温にさらされる時間が長くなったことも発生を助長している。



第3図 黒色実腐病

2) 技術対策

収穫してから消費者へ届くまでに果実温度を上げないよう細心の注意が必要となる。生産現場での対策としては、連日収穫、樹勢強化、品種構成の見直し等が挙げられる。集荷所、選果場では、予冷库への一時貯蔵により品質の変化を防止し、果実温が完全に低下し均一になってから出荷することが重要である。



第4図 9月の最高気温の積算値

注) アメダス(甲佐町)

第1表 ‘筑波’における収穫後の貯蔵温度が変質果に及ぼす影響

加温温度	加温後の日数と変質果(%)					
	加温開始時	1日目	2日目	3日目	4日目	7日目
10	0.0	6.7	6.7	1.0	13.3	20.0
35	0.0	30.0	30.0	36.7	36.7	46.7
50	0.0	56.7	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 1998年調査

(5) まとめ

1980 年代前半から 1990 年代のピーク時に植栽された樹は、老木に差し掛かっており、栽培不適地や放任園では樹勢低下、立ち枯れが増加している。栽培適地であっても、度重なる台風被害により樹勢が衰弱した園も多い。さらに、収穫期の前進化および気候温暖化により、果実腐敗が増加し、クリ栽培を巡る情勢は年々厳しくなっている。

今後、気候温暖化が進めば、収穫期の前進も更に進むことが予想され、これまでの‘筑波’を中心とした品種構成を見直す必要がいずれ出てくるものと考えられる。‘筑波’以降の晩生品種の導入や、稔肉が厚く、黒色実腐病の被害を受けにくい早生～中生品種の探索・普及が今後の課題になる。

(6) 引用文献

- 1 . 平成 13 年度熊本県果樹振興実績

3.5. カンキツ

3.5.1. カンキツの隔年結果

熊本県農業研究センター果樹研究所 榊 英雄

(1) はじめに

カンキツ類は他の果樹に比べて隔年結果しやすく、なかでも温州ミカンはその傾向が強い特性を持っている。熊本県における温州ミカンの10a当たりの収量の推移を図1に示した。毎年隔年結果性はみられていたが、平成4年以降はその傾向が大きくなった。また、本県の主力品種である高糖系の「白川」は、樹勢が強く強い新梢が発生しやすく、他の品種に比べ隔年結果性が大きい傾向にある。温州ミカンの隔年結果については、これまで長年に渡り研究され、対策も実施されているが、近年は年々激しくなる傾向にある。この原因として、高糖系品種の導入や着果過多、収穫の遅れ、施肥量の減少、基本管理の不徹底、さらに気象要因など多くの要因が相互に関係しているものと考えられる。

ここでは、主に気候温暖化が温州ミカンの隔年結果に及ぼす影響について述べ、その対策として実施されている事例について述べる。

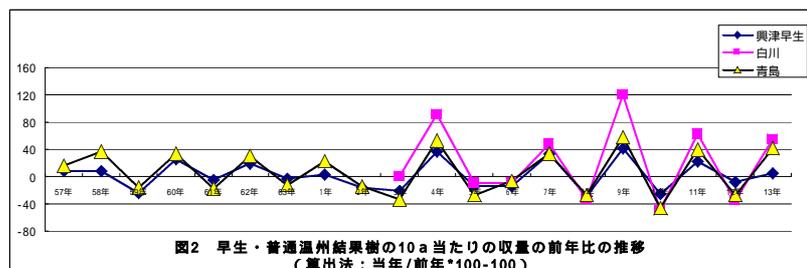
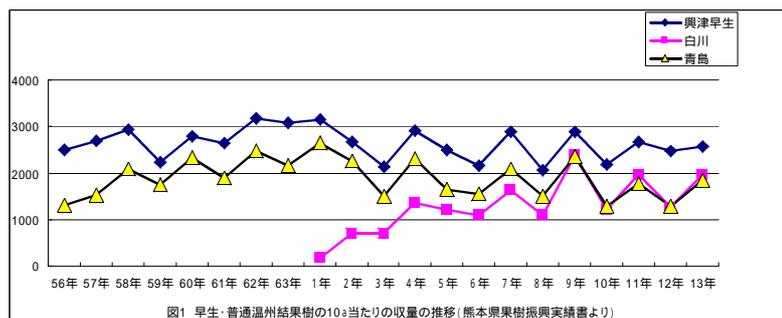
(2) 温州ミカンの隔年結果の現状

1) 樹体条件及び品種

着果量の多少が翌年の着花に最も関係しており、着果量が多いと樹体内の養分蓄積が少なくなり、翌年の着花量は少なく新梢が多くなる¹⁾。近年品種・系統によっては、大果抑制や品質向上のため群状結実させているが、そのため、着果過多となり隔年結果を助長する傾向にある。

収穫の早晚では、温州ミカンでは早生種ほど隔年結果性が小さく、晩生種ほど大きい傾向にあるが、これは収穫時期の早晚が大きく影響している。つまり、極早生温州や早生温州であっても収穫期が遅れるほど翌年の着花量は減少し、晩生温州であっても収穫期が早ければ、着花量は多くなる。

これは、着果過多と同様に遅くまで樹上に果実があると貯蔵養分が消費され、さらに果実からのジベレリン供給も影響しているとされている。現場では、早生温



州の完熟栽培で一部の果実を遅くまで着果させておいたり、収穫労力不足により収穫遅延などが目立ってきている。

また、近年は経営環境の厳しさにより生産費の節減のため施肥量を減じたり、着色や減酸の遅れを危惧し夏肥を削減したり、マルチ栽培等により肥料分の吸収が悪くなっており、これが隔年結果を助長している。

2) 気象要因

最近では異常気象が多発する傾向にあり、これが隔年結果に大きな影響を与えている。平成3年の台風で代表されるような大型台風の襲来や平成6年の夏期の高温乾燥、最近の暖冬傾向など気候温暖化に起因すると考えられる気象現象が樹体に影響し、隔年結果を助長する傾向にある。

着花に及ぼす気象要因として、夏秋期の乾燥や冬期～初春期の高い気温は翌年度の着花にプラスに働き、着花量が多くなる傾向にある。逆に、冬期が低温で落葉があったり、成熟期の高温により着色遅延し収穫が遅れれば、翌年度の着花にはマイナスとなり着花量が減少する。また、春期の気温が高いと春梢の生長が旺盛となり、次年度の結果母枝としては適さない太くて長い新梢になる。着果では、生理落果期の高温は生理落果を助長し甚だしい場合には収穫量に影響し、隔年結果を助長する。

以上のように、気象は年間を通して、着花・果の増減に影響しており、それに樹体条件や品種が絡んで隔年結果が助長されている。

(3) 温州ミカンの隔年結果に対応した生産現場の取り組み

1) 着果法及び枝梢管理による安定生産技術

隔年結果しやすい品種は、樹勢が強く強い春梢が発生しやすく、大果になりやすい傾向にある。そこで、発芽後上向きの強い春梢の芽かきにより、翌年度の結果母枝として優良な春梢が多くなる²⁾。さらに、新梢伸長抑制や樹勢調節のための植物調節剤を組み合わせることで、隔年結果の是正を図っている。

また、上部摘果技術³⁾は大果抑制と隔年結果防止技術として注目を浴びている。平成15年は、8月後半から9月にかけて降雨がなく気温の高い日が続き、極早生温州から普通温州、不知火まで日焼け果が多く発生した。その中で、上部摘果樹においては、日焼け果の発生が少なく大果が抑制された。今後、連年結果性の検証を要するが、県内でも普及に向けた実証が各産地で実施されており、温暖化に対応した技術として期待されている。

2) 隔年交互結実技術

気候温暖化により隔年結果がますます助長されることが予測されるなかで、カンキツの特性である隔年結果性を逆手にとり、樹、園地単位で強制的に遊休年と生産年を交互に設け二年を一サイクルとし、経営の安定を図る結実法がある。県内では「白川」において実施されており、生産年には中玉の高品質果実が慣行栽培の2年以上の生産量を上げている例も多くみられている。今後、高齢化や労力不足に対応した省力技術としても普及が期待されている。

(4) 引用文献

- 1 . 杉山泰之ら . (2002)園学雑 . 71 別 2:310
- 2 . 宮田良二ら . (2002)園学九州集録 . 10:24
- 3 . 高木信雄ら . (2002)園学雑 . 71 別 2:303

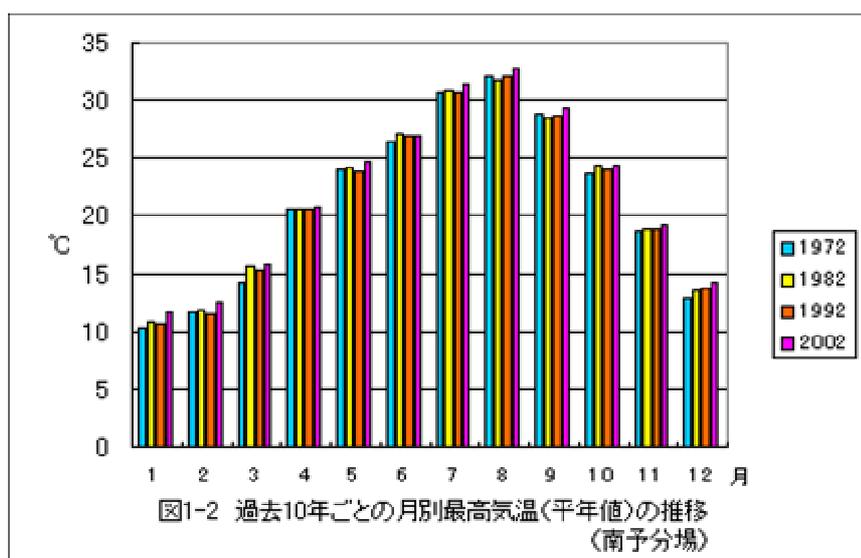
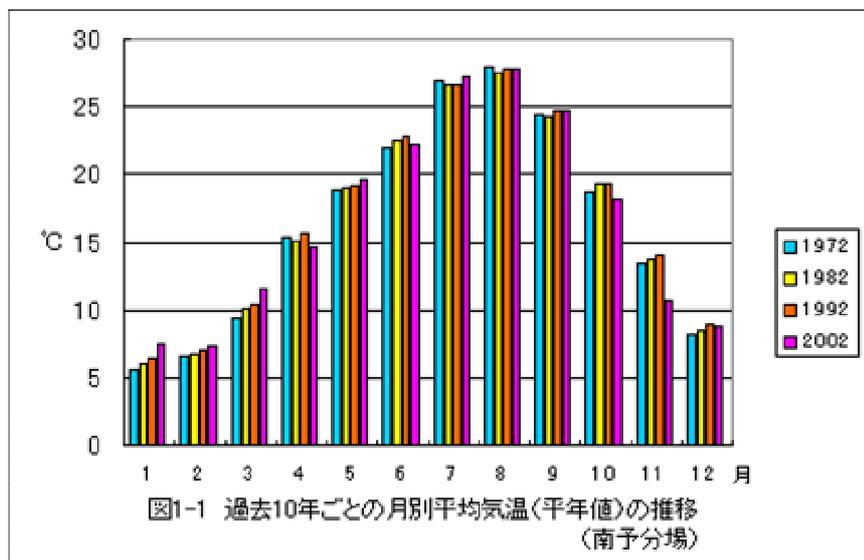
3.5.2. 冬季の温暖化とカンキツの貯蔵

愛媛県果樹試験場南予分場 高木信雄

(1) 冬季の温暖化

愛媛県南予地域では50年間で年平均気温が1℃上昇したが、月別に比較すると図1に示すように温暖化の傾向は夏期よりも冬期の方が顕著である。こうした温暖化は越冬栽培にとっては有利で、「宮内伊予柑」、「せとか」、「カラーマンダリン」あるいは無加温完熟栽培などの栽培面積が増加している。

さらに冬季の温暖化の特徴は秋が長くなって春が早まることである。12月や1月に小春日和がくると、低気圧が近づくに従い最高気温が20℃近くに上昇してばかばか陽気となりまた最低気温も15℃前後になる。低気圧通過に伴い湿度が100%となり暖かい雨が降り、次第にみぞれ混じりとなり、低気圧が通過後は北西の寒風が吹く。



(2) 障害果の発生

そうした小春日和に遇うと、表1に示すように、温州みかんで採収前の樹上の成熟果に浮皮やヤケが、また採収後予措中の果実や、輸送中のダンボール内の果実あるいは貯蔵中の果実に予措戻りや腐敗が大発生して、品質や正品率の低下による販売単価の急落および出荷量の減少を招き、農家経営に致命的な被害を与える。

なお、浮皮の発生は平成9,11,13年の表年に多く、その防止には、表2に示すように新葉をつくることと下垂させることが重要である。また過熟になるとヤケ症や果梗周辺に輪紋が発生するが、これらは夏季の干ばつ年に発生が多く、冷夏には発生が少ない。浮皮やヤケ症の発生防止に樹冠上部摘果の効果が高い。予措戻りに対しては輸送や貯蔵条件の改良が必要である。

表1 愛媛県南予地域における最近の小春日和気象に伴う果皮障害と貯蔵障害の発生

発生時期	発生状況
平成11年 11月14,23日	外なり果で浮皮多発
平成13年 12月3~5日	中生温州輸送中にダンボール内で予措戻りして市場で開封後浮皮と腐敗
1月13~16日	大津4号、青島温州において貯蔵庫で予措戻りして、黄色浮皮果が多発。減酸して味ボケ。土壁や木箱では発生少ない。
平成14年 12月7~10日	その後採収した晩生温州や完熟早生ではヤケ果が予措あるいは貯蔵中に大発生し、さらに低温貯蔵庫で腐敗が多発

こうした障害果の発生には、3月の気温上昇に伴う発芽期の早まりによる着色や減酸など熟期の促進の影響も大きいと推測される。また温暖化の特徴ともいえる気象変動の増大による熟度も発生に関与していると考えられる。

表2 普通温州の完熟栽培における成らせ方の違いによる新葉割合と果皮障害の発生

試験区	新葉割合(%)		浮皮		ヤケ果	
	樹冠上部	樹冠下部	外成果	内成果	外成果	内成果
樹冠上部摘果	48.1	44.6	0.3	0.1	0.1	0.2
全摘果の翌表年	31.1	22.8	2.4	1.1	2.5	0.5

注)ヤケ果、浮皮程度は0:無~5:甚。(2002年12月23日調査)

(3) タイベック簡易貯蔵

さらに高糖完熟志向と採収労力の不足による採収の遅延やスレート葺き倉庫中でプラスチック箱貯蔵の増加も、障害発生を助長していると推測される。そこで平成14年産の大津4号や青島温州および不知火に対してタイベック軒先簡易貯蔵を実施した結果、いずれの品種も、ヤケや腐敗

の発生は減少して、鮮度も食味も良好で、土壁倉庫内の木箱貯蔵よりも好結果が得られた。また不知火では、低温貯蔵と食味や鮮度に差異がなかった。今後温暖気象下の貯蔵方法をさらに改良する必要がある。

表3 青島温州・大津4号における貯蔵法が腐敗果率、品質、鮮度に与える影響

品種	貯蔵法	腐敗果率(%)		果皮の ^Z 萎び	果皮色 ^X	Brix	クエン酸 (g/100ml)	食味 ^Y	鮮度 ^Y
		20日後	40日後						
青島	タイベック(倉庫)	6.6a	17.7a	0.5a	9.2	15.5	0.87	4.5a	4.8a
	タイベック(軒下)	7.6a	18.5a	0.4a	9.6	15.5	1.09	4.5a	4.5a
	W	11.8b	23.1b	2.3b	8.6	13.5	0.85	2.5b	2.5b
有意性		**	*	**	N.S.	N.S.	N.S.	**	**
大津	タイベック(倉庫)	10.8a	23.9a	0.8a	9.5	15.4	0.96	4.5a	4.8a
	タイベック(軒下)	9.7a	20.0a	0.5a	10.4	14.8	0.98	3.0b	3.0b
	W	23.9b	50.3b	1.6b	8.7	16.0	1.04	2.5b	2.5b
有意性		**	**	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	*

分析年月日:平成15年3月3日。Z:0無~5甚。Y:1悪~5良。X:果皮色はカラーチャート。W:土壁倉庫、木箱貯蔵。

表4 不知火における貯蔵法の違いが腐敗果率、品質、鮮度に与える影響

貯蔵法	腐敗果率 (%)	果皮の ^Z 萎び	ヘタ黒果 ^Z	果皮色 (チャート)	Brix	クエン酸 (g/100ml)	食味 ^Y	鮮度 ^Y
タイベック	2.8	0.2	0.9a	8.0	16.2	1.28	4.5a	4.0a
低温貯蔵	0.3	0.1	1.1a	8.1	16.8	1.09	4.0a	4.0a
常温貯蔵	3.3	0.5	1.5b	8.1	16.1	1.10	3.0b	2.5b
有意性	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	*

分析年月日:平成15年3月29日。Z:0無~5甚。Y:1悪~5良。

貯蔵開始日:平成15年3月9日。

3.5.3. カンキツの貯蔵

静岡県柑橘試験場伊豆分場 牧田好高

気候温暖化がカンキツ類の貯蔵に及ぼす影響として、(1)温暖化が果実の形質や貯蔵性に及ぼす影響、(2)常温貯蔵における貯蔵環境に及ぼす影響、が考えられる。そこでここではこの二つの面について、わが国のカンキツ類のなかでもっとも栽培面積が大きく、生産量が多いウンシュウミカンを中心に、予想される影響について考えてみる。

(1) 果実の形質と貯蔵性に及ぼす影響

ウンシュウミカンにおいて貯蔵に適した果実形質とは、「果実が完全に着色しており、浮皮が発生していなく、樹冠の陽光部に結実した M ~ L 級果実で、糖度が高く、酸含量が中程度以上の果実である⁵⁾。」とされてきた。静岡県の主力品種である青島温州においても、近年の異常気象や暖冬の影響と思われる浮皮や水腐れなど果皮障害の多発、さらには貯蔵性の低下などさまざまな果実形質の変化が観察されている。

近年頻発している異常気象が気候温暖化の一端であるとするならば、現在問題化しているさまざまな現象が今後より拡大し、より顕著になってくるとと思われる。そこで貯蔵用果実に求められるさまざまな形質について、想定される影響について述べてみたい。

1) 果実の着色

ウンシュウミカンでは秋季の気象条件などによって、果皮と果肉の成熟時期に差を生じることが知られている。秋季に温度が高い条件では果皮の着色が遅れ、果皮が着色するまで樹上におくと果肉は過熟状態になって品質が低下する²⁾。これは果肉先熟現象とも呼ばれており、西南暖地産のウンシュウミカンではよくみられる現象である。秋の気温低下が比較的早い静岡などの東日本の産地では、果肉先熟現象は以前あまり観察されていなかった。しかし、近年、秋季の気温が高い年が多く、そのため果肉先熟現象によると思われる果実形質を示す年がかなり頻繁にみられるようになった。果肉先熟型の果実では収穫時期の見極めが難しいばかりか、貯蔵性も低下する。

2) 浮皮発生

果肉先熟型果実における貯蔵性低下の最大要因は浮皮の発生によるものである。果実着色期以降、果実が高温多湿条件に遭遇すると、着色は進まず浮皮が発生する。浮皮が発生した果実では、貯蔵中あるいは流過程において、糖度や酸含量の低下、異味・異臭の発生、腐敗の多発などが発生しやすく、品質や貯蔵性が大きく損なわれる³⁾。晩秋から初冬にかけて空中湿度が低く、浮皮が発生しにくかった東日本の産地においても、近年、浮皮の発生が著しい年が多くなってきている。この一因として、高糖度の果実を生産するために、収穫時期を遅くする傾向があることも影響していると考えられる。いずれにしても、温暖化の影響で浮皮発生が、今後、より著しくなることが予想されることから、貯蔵産地

の存亡は浮皮抑制技術の確立にかかっていると見える。

3) 果実階級

青島温州では果実が大きくなりすぎる大玉化が近年問題となっている。この原因としては、過剰な生理落果と果実の後期肥大が大きいことがあげられる。過剰な生理落果は、生理落果期における異常な高温によって引き起こされ、また後期肥大は果実生育期後半における高温多雨条件によって促進される。いずれの原因によるにしても、大玉果は一般的に貯蔵性が劣る。この対策として、大玉果でも品質保持できる貯蔵・流通技術を組み立てる必要がある。また温暖化した気象条件下において安定して中玉果を生産するためには、過剰な生理落果を抑制する技術の開発と中玉系の高糖度温州を育成する必要がある。

4) 果実糖度と酸含量

高糖度系温州の普及やマルチ栽培など高糖度果実を生産する技術が開発されている。温暖化が果実糖度に及ぼす影響は必ずしも明確ではないが、各種の高糖度化技術の利用により、糖度が高い果実の生産は今後もある程度可能と思われる。一方、酸含量は、開花時期の早晩が収穫時の酸含量に影響することが知られている。気象温暖化により今後、開花時期がより早まり、収穫時の酸含量が低くなることが予想され、貯蔵性や果実品質に多大な影響を及ぼすと考えられる。

また、浮皮が著しい果実では、酸含量のみならず糖度の低下もみられるなど、以上述べてきた果実形質への影響は相互に関連しているが、気候温暖化が果実の貯蔵性に及ぼす影響を総合してみると、全体として貯蔵性の低下につながる影響が大きい。

(2) 常温貯蔵における貯蔵環境への影響

ウンシュウミカンの常温貯蔵は、長年にわたる工夫と改良の積み重ねにより、わが国の冬～早春季の気候を巧みに利用した貯蔵技術に組み立てられてきた³⁾。そのため、貯蔵庫の構造も特徴的である。内壁面は土壁が一般的で、断熱性と湿度調節機能を有している。貯蔵に用いる容器は木製の箱が用いられ、容器自体にも若干の湿度調節機能がある。貯蔵庫の各室には、地下経由の吸気口と屋根上の排気口が設けてあり、吸排気口の開閉によって換気量を調節できる構造となっている。常温貯蔵における貯蔵温度は、換気により低温な外気を庫内へ導入することにより調節されるとともに、貯蔵湿度は果実の入庫量と換気量により決まる¹⁾。このように、東日本におけるウンシュウミカンの常温貯蔵は、低温で乾燥した風が卓越する冬季の気候を巧みに利用して組み立てられた技術である。この常温貯蔵技術は、石油エネルギーなどへの依存性が低く、環境負荷が小さい優れた貯蔵法であるが、逆に、外気温や天候などの気象条件の影響を受けやすい欠点がある。

ウンシュウミカンの貯蔵産地における気候温暖化の影響がどのような形で現れるのかが不明な点が多いが、冬季の気温の上昇、即ち暖冬化として現れるとすると、常温貯蔵環境に及ぼす影響が大きい。冬季の気温の上昇は、庫内温度の上昇につながる。青果物の貯蔵においては、低温による凍結や低温障害などを生じない範囲で、貯蔵温度が低ければ低いほど長期間鮮度保持が可能である。貯蔵温度の上昇は、呼吸による果実成分の消費が大きく

なる。また貯蔵湿度を相対湿度で同一に保つとすると、貯蔵温度の上昇により庫内空気の飽和水分不足度は大きくなり、貯蔵中における果実からの水分損失速度が大きくなることが予想される。さらに、果実腐敗の発生は貯蔵温度が高いほど多く、特に、10℃を越えると著しく多くなることが知られている¹⁾。これらのことを総合すると、冬季の気温上昇は、常温貯蔵における貯蔵環境を悪くする方向にあると言え、鮮度保持可能な常温貯蔵期間が現状よりも短縮すると予想される。

引用文献

- 1.伊庭慶昭.(1981)農及園 . 56:173-177 .
- 2.栗山隆明. (1985)果樹全書カンキツ . 202-206 .
- 3.牧田好高(1998)静岡柑試資料 . 195:1-26 .
- 4.真子正史(1988)神奈川園試研報 . 37:7-13 .
- 5.農林省食品総合研究所(1977)食料技術シリーズ No.10 . 1-7 .

3.5.4. カンキツグリーンング病

沖縄県農業試験場名護支場 恩田 聡

沖縄県農業試験場 河村 太・那須泰美

(1) 概要

グリーンング病は、カンキツ類に被害を与える重要な病害で「特定重要病害虫」の一つに指定され、アフリカ、アジア地域に分布し、インドネシア、フィリピンなど東南アジア地域を中心に各国で大きな被害をもたらしている。病原菌は、師部局在性の難培養細菌の一種(*Liberobacter aisaticum*)とされ、寄主範囲はカンキツ類で、接木およびミカンキジラミ(*Diophorina citri*)による虫媒によって伝染する。また、ミカンキジラミは、沖縄県のほぼ全域に分布し、寄主植物はゲッキツおよびカンキツ類で、特にゲッキツに多く寄生する。本病害は、要素欠乏症やカミキリムシの病害に酷似した症状を呈し、葉が黄化し生育不良となり、病徴が進むと、枯死枝が目立ちはじめ、その後株自体が枯死する。今のところ有効な治療方法は無く、発病樹(罹病樹)の伐採処分や、媒介虫の防除による伝染防止が最良の方法となっている。

(2) 沖縄県における発生経緯

沖縄県では、1988年(昭和63年)3月に西表島で2本のシイクワシャー樹で初めて発生が確認され、また、1993年(平成5年)7月には西表島のシイクワシャー樹3本から、さらに、翌年9月には糸満市のシイクワシャー樹1本から発見され、これらは、発見後直ちに伐採され焼却処分された。その後、全県的な調査が開始され、1997年(平成9年)3月までの調査で、県内の広範に渡る地域に散發的に発生していることが確認された。以降は、調査の範囲を樹園地の他、公園や一般家庭の庭先まで広げて行い、2001年(平成13年)3月には、調査サンプルの17.3%(累積)に罹病が認められ、本県におけるグリーンング病の感染は、南北大東島を除く全ての地域に及ぶことが明らかとなった。

(3) 蔓延防止対策

1997年(平成9年)3月までの調査結果を踏まえ、沖縄県病害虫防除所では、同年にグリーンング病に関する病害虫発生予察特殊報を発表し、国は、同年7月に、本病害の県外への蔓延防止策として植物防疫法施行規則の一部改正を行い、移動規制措置(沖縄県からの果実、種子を除くカンキツ類生植物およびミカンキジラミの未発生地域への移動の規制)を講じた。また、沖縄県においては、特定重要病害虫特別対策事業により、発生状況の調査および防除・伐採指導、啓発普及等、総合的な対策への取り組みが開始された。なお、防除においては、罹病樹の発生調査と伐採・処理を強力に推進するとともに、ミカンキジラミについては、殺虫剤に対する感受性が高いことから、カンキツ類の防除歴にこれを加え、農薬散布による防除指導が行われている。

(4) 現状と問題点

本病害の地域別罹病率は、調査初頭は、台湾に近く、本島の南西に位置する八重山地域や宮古地域で高い傾向にあったが、調査回数を経るにつれ、本島各地で確認されるようになり、最近では、本島北部の名護市、大宜味村および国頭村での発生が多くみられるようになった。このことは、本病害が柑橘類の主要産地まで拡大してきたことを示し、本島のカンキツ産業に暗い陰を投げかけるばかりでなく、防除がより難しくなったことを意味している。また、罹病樹は果樹園よりも住宅地域の庭木で多く確認され、庭木のほとんどが記念樹や銘木となっており、伐採に対する理解が得られない場合が多く、このことも、防除の困難化に拍車をかける要因となっている。さらに、農業分野において罹病樹の伐採を進める一方で、他の分野では、都市緑化に力を入れゲッキツや在来カンキツの植栽を奨励するなど、相反する部分も見られ、関係機関相互の連絡調整も重要な課題の一つである。

その他、耕作放棄畑や無防除の庭木におけるミカンキジラミの防除や、本虫の寄宿主植物に対する嗜好性の変化や、気候温暖化による発育速度の促進や世代交代の短縮などが今後考慮すべき課題として挙げられている。

(5) 今後の展開

沖縄県のカンキツは、温暖な気候を背景に、青切り温州ミカンやタンカンを中心に特色ある農業を展開してきた。しかし、近年では、消費者嗜好の変化やハウスミカンの台頭を機に、カンキツからの撤退が進み、耕作放棄畑も目立つようになってきた。このような中、高品質の中晩柑に期待が寄せられ、また、含有する機能性成分からシイクワシャーやその他在来カンキツが注目され、栽培機運が高まってきている。

しかし一方では、時期を同じくして、グリーンング病が沖縄県全域に拡大を続けており、このことは、ブランドの創出やカンキツ農業の新たな展開を阻害する結果となり、地域農業の自立へ向けた動きをも阻害する要因となっている。

このため、従来の蔓延防止対策の拡充強化や他の施策導入による早期の根絶が求められるが、実際には多くの時間と困難を要することから、抜本的な対策と平行して、例えば、樹体抵抗性の増強や、病原菌の増殖抑制または媒介虫の密度低下等により伝染力を低下させるような「暫定的な対処法」の提案も求められる。これは、伐採が難しい罹病樹からの伝染を最小限に止める技術として重要である。また、伐採に応じた農家や庭木の持ち主に対する支援体制も不可欠である。なお、長期的には、樹体内における病原体の無毒化や除去法の開発についても検討することが必要である。

(6) 参考文献

沖縄県植物防疫協会の歩み(30周年記念誌：平成13年)

3.5.5. 鹿児島県におけるカンキツグリーニング病の現状と対策

鹿児島県果樹試験場 濱島朗子

(1) はじめに

カンキツグリーニング病（以下CG病）は、アジア及びアフリカで発生が認められ、カンキツ類が枯死し壊滅的な被害を及ぼす重要病害である。平成6年～9年に、農林水産省植物防疫所により実施された発生実態の調査結果では、与論以北の奄美群島から陽性樹は確認されず、平成9年8月に沖縄県から果実を除くカンキツ類の苗木類及びミカンキジラミの移動規制措置が取られ、現在に至っている。

しかし、本県最南端の与論島は、沖縄本島北部と直線距離で洋上をわずか28 km隔てているだけで、本病の侵入が危惧されていた。そこで、当场では平成13年度から実態調査に取り組んだ。

(2) 与論島における調査

1) 調査方法

ア．調査時期：平成14年3月から平成15年6月

イ．調査地点：ゼンリンの住宅地図に示されたブロックを基に、地理的な偏りが生じ



退緑斑紋



黄化



葉脈が網目状に残る退緑化

カンキツグリーニング病による葉の病徴（タンカン）

ないよう全域的に抽出した。なお，1戸あるいは防風樹で囲まれたほ場を1地点とした。

ウ．肉眼診断：461地点4,317本について，CG病の病徴とされる7つのタイプ^{6・1)}の有無を調べた。

エ．PCR検定：上記のうち，症状が認められ罹病が疑われた243地点840本についてPCR検定により罹病の有無を確認した。

2) 調査結果

ア．罹病樹：103地点215本の罹病が確認された。確認地点は全域に及んだが，島の南東部では検出頻度が高い傾向であった。

イ．病徴：1樹に1種類の症状しか認められない場合にはタイプ が，1樹に複数の症状が認められる場合にはタイプ ・ 及び ・ での罹病が多かった。

ウ．罹病品種：タンカン，島ミカン，エラブオトー，オトー，イシカタ，ポンカン，ユズ及び地元でキンカンと呼ばれている品種など多岐にわたるが，約半数は不明である。

エ．樹齢：5年生から50年以上に及んだ。

オ．媒介昆虫：罹病樹のほとんどでミカンキジラミの寄生を認めた。本虫は調査した3月，4月及び6月，11月，2月のいずれの時期もカンキツ類に寄生しており，11月は寄生が最も多かった。

カ．その他：罹病樹が確認された地点の中には，庭先に植栽されていた13本のうち樹齢が30年を越えているとみられる10本が罹病していた例もあった。

肉眼診断は，病徴が要素欠乏，ゴマダラカミキリの被害及び潮風害と酷似するため，判別が困難であった。

(3) 沖永良部島以北の奄美群島における全域調査

1) 調査時期：平成14年6月から平成15年6月

2) 調査地点，肉眼診断，PCR検定は与論島に準じた。

3) 調査結果

徳之島では，平成15年8月までに2町5集落に66地点125本の罹病樹が確認された。

沖永良部島では，1町1集落から3地点4本の罹病樹が確認された。

奄美大島本島と喜界島では，まだ罹病樹は確認されていない。

表1 奄美群島におけるカンキツグリーンング病調査結果（農業環境対策室）

調査場所	肉眼診断		PCR検定		陽性	
	地点数	樹数	地点数	樹数	地点数	樹数
奄美大島	1,277	15,114	694	840	0	0
喜界島	239	4,977	99	108	0	0
徳之島	1,697	19,003	963	1,922	66	125
沖永良部島	1,225	6,829	354	452	3	4
与論島	461	4,317	243	840	103	215
合計	4,899	50,240	2,353	4,162	172	344

(4) 防除対策

C G 病の罹病が確認された樹は，所有者の理解と協力を得て，関係町村，鹿児島県及び植物防疫所で伐採処分している。伐採する前に，ミカンキジラミの分散を防止するために罹病樹とその周辺のカンキツ類にスミチオン乳剤を散布している。今後も，引き続き国や市町村の協力を得て調査・検定を実施し，感染が確認された樹については伐採することとしている。

また，鹿児島県及び罹病樹が確認された町村では，カンキツ類の苗木等の持ち出しの自粛を要請するとともに，沖縄県からのカンキツ類の苗木等の持ち込み制限について改めて周知を図り，未発生地域への侵入や発生地域の被害拡大を防止する啓発活動を実施している。

(5) まとめ

平成 15 年 8 月，沖縄県でカンキツグリーニング病の国内初発生が確認されてからわずか 15 年で約 200 km 北の徳之島でも罹病が確認された。ミカンキジラミは，すでに屋久島で発生が確認されており^{6.2)}，また，北緯 31 度線の鹿児島県薩摩，大隅半島南端部では越冬可能とされている^{6.3)}。今後，地球温暖化に伴い分布可能地域がさらに拡大し，それに伴いカンキツグリーニング病の発生地域の北上が懸念される。

今年度，九州沖縄農業研究センターを主査とする「カンキツグリーニング病の被害拡大阻止技術の確立」がスタートした。そのなかで，鹿児島県では C G 病の生態解明や肉眼診断の精度向上，媒介昆虫であるミカンキジラミの生態解明と防除体系などの研究に取り組んでいる。

(6) 引用文献

- 1．大津善弘ら．(1998) 日植病報．64:539-545．
- 2．池田常稔(2002) 九州植物防疫．581:3.
- 3．芦原亘ら．(2000) 第 44 回応動昆講演要旨

4 . アンケート調査から見たわが国の果樹農業に対する気候温暖化の影響

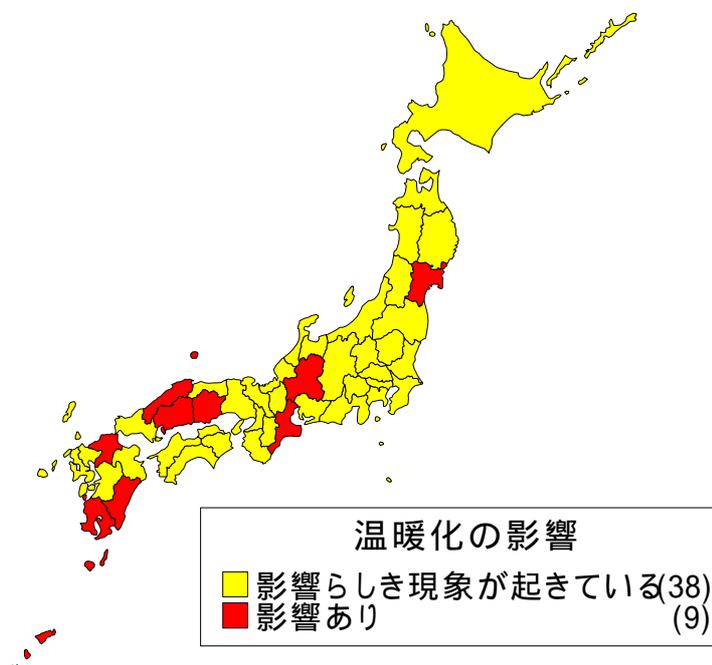
農業・生物系特定産業技術研究所果樹研究所 黒田治之

わが国の果樹農業に対する気候温暖化の影響を評価するために、47 都道府県の果樹関連試験研究機関を対象に、果樹農業に対する気候温暖化の影響についてアンケート調査を実施した。その集計結果を報告する。

4 . 1 . 2003 年現在の気候温暖化影響の概況

気候温暖化が果樹農業に対する影響の有無について、1 . 「温暖化の影響はみられない」、2 . 「温暖化の影響とは断定できないが、温暖化の影響らしき現象が起きている」、3 . 「温暖化の影響がみられる」の3つの選択肢から回答を求めたところ、図に示すような結果を得た。

全体でみると、1 . 「温暖化の影響はみられない」はゼロ県であったのに対して、2 . 「温暖化の影響とは断定できないが、温暖化の影響らしき現象が起きている」は38 都道府県、3 . 「温暖化の影響がみられる」が9 県であり、2 と3 を加えると、すべての都道府県で温暖化の影響が出始めていることがみてとれる。



第1図 気候温暖化がわが国の果樹農業に及ぼす影響

「温暖化の影響がみられる」と回答した9 県は、分散状態であるが、内容的にみると、宮城県ではリンゴの着色不良やニホンナシやブドウが栽培しやすくなったこと、一方、宮

崎県と鹿児島県では主にウンシュウミカンにマイナス影響が現れていること、そしてその他6県では、ニホンナシ、モモ、ブドウ、カキなどにマイナス影響がでていることがみられ、県毎に温暖化の影響を受ける樹種が異なっていることが示されている。いいかえると、宮城県はリンゴの、岐阜県、三重県、岡山県、島根県、広島県および福岡県を結ぶラインはニホンナシ、モモ、ブドウ、カキなどの、そして宮崎県と鹿児島県はウンシュウミカンの、温暖化影響の最前線ということになる。さらに別ないい方をすれば、リンゴは宮城県での、ニホンナシ、モモ、ブドウ、カキなどは、岐阜県、三重県、岡山県、島根県、広島県および福岡県での、ウンシュウミカンは宮崎県と鹿児島県での温暖化影響を知ることにより、樹種毎の動向が捉えられることになる。しかしながら温暖化の影響は、以下で述べるアンケート調査でわかるように、プラスとマイナスの相反する作用がみられ、また、病害虫や雑草の発生などもみられる。このために温暖化に関わる現象は、複雑であることを考慮しておかなければならない。さらに、注意しておかなければならないことは、今回のアンケート調査の回答内容が全て温暖化に関わるものではないということである。多分に温暖化の影響とは相違するものがみてとれる。しかし、本稿の取りまとめに際しては、回答内容をそのまま掲載することにした。それは、温暖化とは別に、現在のわが国の果樹農業の実態が見てとれるからである。

いずれにしても、アンケート調査によれば、現在すでにわが国の果樹農業においては気候温暖化の影響が現れていることは明らかである。以下、その詳細について記述する。

4.2. 調査項目別の気候温暖化影響の集計

4.2.1. 気候温暖化が果樹栽培に及ぼすマイナスの影響

4.2.1.1. 樹体生育に対するマイナス影響

[生育生態の前進]

暖冬年にはウメの開花期が前進する。気温が低く、不安定な1～2月に開花期を迎えると、放花昆虫の活動が不活発なため結実不良になる確立が高くなる（福井県）。三重県では、カキ主要品種の「前川次郎」において、開花期は早期化、成熟期は遅延化している。今後この傾向が進むとすれば、露地栽培での早出し産地としての有利性がなくなる。また、温暖化の影響ではないかもしれないが、近年、春先の高温により発芽期が異常に早い年が見られる。デラウェアの1回目のジベレリン処理適期判定は新梢の展葉数が重要な基準となっているが、初期成育が平年と大きくはずれている年は、この判定基準では処理中心日の誤差が大きくなる場合が多い（三重県）。ウメでは、開花始めの前進化により、初期に開花した花では訪花昆虫の受粉効率が悪く、着果率が下がっている（奈良県）。滋賀県では、原因は断定できないが、県内のブドウ「スカット・ベリーA」産地でジベレリン無核化効果が不安定となり、種子の混入が問題となっている。処理時期の高温条件の影響がないか再現試験を行っている（滋賀県）。温暖な兵庫県のリンゴでは、従来より品種間の開花期の差が大きかったが、近年、その差が拡大して、満開期が10日程度ずれる品種組み合わせも生じ、混植受粉の場合、早期に開花する品種「王林」の中心花が着果不良となっている。新梢の徒長傾向も著しくなり、これによる着色不良、糖度の低下、褐斑病の多発が目立ってきている（兵庫県）。熊本県では、カンキツにおいて、これまで10月10日前後を境に秋梢発生はないと考えられていたが、近年は、それ以降も発生する年が多くみられるようになり、果実品質及び着花の低下に影響していることが考えられる。また、平成4年以降、隔年結果の程度が強くなっている。平成3年の台風の影響も大きいですが、その後の異常気象（温暖化によると考えられる）が上述した現象を引き起こし、隔年結果の増大をもたらしていると考えられる（熊本県）。露地早生ウンシュウで長期間行っている調査データ上、開花時期が前進化している。また原因不明であるが同じ樹において発芽の遅れる傾向が見られ、発芽から開花までの期間が短くなっている（宮崎県）。温暖多雨地帯である鹿児島県では、以前から、カンキツの秋芽発生が、露地、施設ともに翌年の着花不良の一要因となっていたが、近年、その発生は遅くまで続く傾向にある。また、ハウスミカンでは、9月以降の23℃以下の遭遇時間1800時間を基準とする加温開始時期の判断法を提案している。近年、秋冬季の温度上昇により、加温開始時期は遅れる傾向にあり、出荷時期の遅れを招いている（鹿児島県）。

[樹体衰弱]

傾斜地果樹園におけるかん水は、ほとんどが降雨によるものであり、かん水設備を設置していない園が大半を占める。夏季高温期においては根系の浅い若齢樹の園、土壌の深さの浅い保水力の無い園では、かん水量が不足することで樹体生育が低下することが予想される（和歌山県）。徳島県では、1998年頃から県内の一部の産地でウメの衰弱症状が発生している。原因としては、夏期の高温、少雨や連年の着果過多が考えられる。1989～1993年の5年間の8月の降水量が235mmであったのに対して、1994～1998年までの5年間

の平均は 55mm しかなく、約 1/4 の雨量であった。また、1995 年から 5 年間の平均反収は 10 年前の 5 年間の平均の約 1.5 倍に増加している。反収増については、安定着果のためのミツバチ導入などの技術指導の効果が現れたものと思われる（徳島県）。熊本県では、近年、台風の襲来時期が早くなったり、勢力の強い台風の接近が多くなってきている。特にニホンナシでは、大型の台風（例えば、平成 3 年の台風 19 号、平成 11 年の台風 18 号）が来襲したときは、傷果や落果による収量減の他に、落葉・枝折れ等で樹体が損傷またはそれによる不時開花で、翌年の着果数が不足したり、樹勢が衰弱したりして、数年間に亘り影響が及ぶこともある（熊本県）。

[花芽形成の不良]

ハウスミカンでは夏季の高温少雨により花芽分化が遅延している（静岡県）。リンゴにおいて、花芽の不充実、花芽率の低下などがみられる。N 吸収過剰によるおう盛な栄養成長が原因と考えられる。また、樹体の衰弱が早く、経済寿命が短い（富山県）。愛媛県では、カンキツにおいて、平成 14 年産は予想以上に着花結実が良好な園地が認められ、平成 15 年は予想以上着花が不良であった。花芽分化期は 9 ~ 11 月とされているが、秋季の温暖化によって 12 月あるいは 1 月にも花芽分化が進行するのではないかと。また、秋季の少雨も 12 月からの多雨によって、花芽分化に影響するのではないかと。秋冬期の温暖化と降雨量に認められる気象変動の大きいことが、着花予測を困難にしている。また、平成 10 年、12 年産は 3 月から 5 月の気温が高く、強い春梢が発生して、落花が助長されて隔年結果が増幅された（愛媛県）。徳島県では、早期加温ハウスダチ、ミカンにおいて、剪定時期や夏秋母枝管理法の違いにより園地による差が大きいため一概にはいえないが、花芽分化の不安定園が増加し、一部の施設で休園や加温の遅れがみられるようになってきている（徳島県）。近年の温暖化傾向で、ハウスミカン、ハウスカボスの花芽分化が不良傾向になり、これに伴って加温開始時期が遅れ、出荷時期の遅延（価格低下）を招いている（大分県）。ハウスウンシュウミカンでは、花芽分化が遅れる傾向にあり、加温時期が次第に遅れてきている（宮崎県）。

[自発休眠覚醒の不足]

福島県では、今後温暖化が進行し冬期の気温がさらに上昇すると、十分な休眠が得られず発芽の不揃いが懸念される（福島県）。施設栽培ブドウ、モモ、オウトウでは休眠不足のまま加温開始すると発芽や開花までの期間が長くなり、開花や結実が不良となる（山梨県）。ブドウ「デラウェア」早期加温ハウスの 12 月中旬にシアナミド処理、12 月下旬に被覆開始の作型において、シアナミド処理までに十分な低温遭遇時間が得られない年がある（大阪府）。ブドウ施設栽培で 4 ~ 5 月に収穫出荷を行う場合、12 月から加温を開始するが、暖冬のため低温遭遇時間予定と考えられる発芽の不揃いが、近年よく発生している（島根県）。ハウスモモ・ハウスニホンナシでは、暖冬のため、休眠覚醒期の目安である低温遭遇時間の目標値達成日が遅くなっており、ビニールハウスの被覆・加温開始が 2 月にずれ込むことが多くなった。なお、以前は 1 月 20 日頃をビニール被覆の目安としていた。また、開花がやや不揃いなる傾向もみられる（熊本県）。ブドウでは、低温遭遇時間の不足がみられる（宮崎県）。鹿児島県では、ニホンナシ「幸水」の不発芽が近年、増加の傾向にあり、発生が目立ってきている。症状は葉芽も花芽も着かない芽のことである（鹿児島県）。

[施設ニホンナシの“眠り病”]

福岡県南部地域の加温ハウス栽培のニホンナシ「幸水」で、通称“眠り病”と呼ばれる発芽遅延が多発しており、症状がひどい場合には芽枯れや樹体の枯死も認められる。加温前の秋冬季が高温で推移した時に多発している（福岡県）。佐賀県では、ニホンナシ「幸水」の早期加温栽培（1月下旬加温開始）において、ねむり症状が見られ、開花せず生産が行えない園が発生している。発生園で共通していることは作土が浅く、樹勢が低下していること、前年度発生した樹は次年度もほとんど発生していることなどである（佐賀県）。熊本県でも、ニホンナシ「幸水」の施設栽培において、開花、展葉が遅れ、正常な果実生産ができない樹が増えている（熊本県）。

4.2.1.2. 果実生育に対するマイナス影響

[生理落果、収穫前落果の増加]

リンゴ「つがる」では、収穫前の干ばつにより、収穫前落果が多くなる傾向がある（群馬県）。静岡県では、6月から7月までの高温によりウンシュウミカンの生理落果が助長されている。リンゴ「つがる」等において、収穫期前落果が多発している（富山県）。山口県では、6月に気温30℃以上となり、ウンシュウミカンの生理落果が増加している。なお、裏年で着果量が少ない樹においても生理落果量が多く、隔年結果を助長している（山口県）。6月の高温により、ウンシュウミカンの1次落果が助長される傾向にある（香川県）。熊本県では、温暖化の影響とは断定できないが、近年、カンキツにおいて、生理落果期の高温や10日程度乾燥後の降雨が目立つようになり、生理落果が多くなっている傾向にある（熊本県）。

[成熟期の前進]

近年、新潟県内で栽培されているモモ品種の大部分が成熟期前進傾向にあり、現在の主力品種「白鳳」、「あかつき」等では旧盆需要期出荷に対応できない（新潟県）。春先の気温の上昇による開花等の初期成育が早まることが多いことやその後の気温が高めに推移するなどから、成熟期がこれまでになく早まり、選果場の稼働計画や果実の出荷計画が大幅に変更になることがしばしばみられるようになった（長野県）。岡山県の最も重要品種のモモ「清水白桃」は、盆前の7月下旬から8月上旬にかけて成熟していたが、最近では7月中に完熟するのが普通になっている。8月上中旬の盆需要に合致しないことと、梅雨末期の多量の雨に災いされて品質が悪化しやすくなっていることが問題である（岡山県）。広島県瀬戸内沿岸部のモモ産地において、収穫期の前進化がみられ、これまで盆商戦に対応できた「清水白桃」が盆商戦前に収穫が終わる（広島県）。徳島県では、従来スタチは8月下旬頃より収穫開始となり9月いっぱい収穫となるが、近年、収穫時期が早まり8月上中旬から収穫が始まっている。8月上中旬の果実は果汁が少ないため品質面では良くない。ただし、栽培管理の改善や早生品種の導入の影響が大きいため一概に温暖化の影響とは考えにくい。また、徳島県は西南暖地の温暖な気候を利用してニホンナシ「幸水」の盆前出荷ができる数少ない産地であったが、10年前頃から関東のニホンナシ産地から盆前出荷されるようになり、価格が低迷している（徳島県）。

[着色不良、果実軟化、貯蔵性の低下]

北海道のリンゴは、パリパリとした食感が長所とされるが、暖冬年には特に「つがる」等の早生品種において肉質の軟化が進み、市場評価を落とすことがある（北海道）。青森

県では、リンゴの発芽日、開花日等の平年値が、過去 20 年間に 2 ~ 3 日早まっている。異常に早い年では、果実の軟質化や低酸度による貯蔵力不足が問題となる。また、秋季の高温では着色不良や長期貯蔵果における果肉褐変発生など果実品質の低下が心配される（青森県）。岩手県中南部では、年により、9 ~ 10 月の夜温が下がらず、リンゴ早・中生の赤色系品種の着色不良や、または着色遅延がみられる（果肉先熟）（岩手県）。宮城県沿岸地方で気温の日格差の小さい地域では、早生リンゴ「つがる」の着色不良が頻繁に起きようになっている。果肉軟化も早い（宮城県）。秋田県南部の内陸地域のリンゴ「ふじ」は、10 月中の最低気温が高くなり、着色不足となり、収穫時期が遅くなる傾向にある（秋田県）。8 ~ 9 月が高温で経過した場合、平坦部ではリンゴの早生種「つがる」や中生種「昂林」の着色が劣り、果肉も軟化する傾向がみられる（山形県）。以前から福島県はリンゴ産地としては温暖な地域に位置し、果実の生育・成熟が早い。しかし、果実成熟期の気温、特に夜温が高く着色については好ましい環境とは言えない。全般に着色は他産地に比較して劣る傾向にあるが、「つがる」「ジョナゴールド」「ふじ」などで特に問題であると思われる。この現象がここ数年で進行したとは言えないが、今後、温暖化が進行すると、さらに深刻化すると考えられる（福島県）。茨城県のブドウ主力品種「巨峰」の果粒軟化期は 7 月下旬であり、高温による着色不良が懸念される。特に、無加温ハウスで影響が大きい（茨城県）。リンゴの「つがる」などの早生品種を中心に着色不良果が多くなり、果肉硬度が低下し、貯蔵性が低下している。また、リンゴ「ふじ」では、低標高地域を中心に青実果の発生割合が多い。肥培管理等に原因がある場合もあり、温暖化のみによる症状ではないが、8 月以降の果実肥大が大きい場合に発生しやすく、枝の伸長が停止せず、花芽の形成が不良の場合にも多いようである（群馬県）。夏期の昼夜温とも異常に高い年があり、ブドウの着色が不安定になってきている（埼玉県）。ブドウ「高尾」において、以前から発生していた着果過多やウィルスが原因と思われる症状とは明らかに異なる、「デラウエア」のゴマシオ症に類似した着色不良が、年により多発している（東京都）。神奈川県では、「竜宝」、「紅伊豆」、「紅富士」、「安芸クイーン」等の赤系大粒ブドウにおいて、着色期から収穫期までの高温（熱帯夜）の連続により、近年、着色不良が目立っている。また、カキ「富有」において、着色時期の温暖化により、着色の遅れがみられる。現地では、従来 11 月に入ると収穫できた果実が 11 月中旬以降にずれ込み、直売中心の産地であるが販売が苦しくなっている（神奈川県）。富山県では、リンゴ早生品種「つがる」から中生品種において、着色期の高温により着色不良果が多い。さらに、リンゴ果実で軟化、紛質化が早く、日持ち性が低下している（富山県）。ブドウ「安芸クイーン」等の赤色品種で着色不良が起きている（石川県）。着色期の高温により、全般的にリンゴの着色が劣ることが多くなった（長野県）。山梨県では、温暖化の影響とは断定しえないが、ほぼ産地全域（高標高地域を除く）において、着色期に平年を大幅に上回る高温に遭遇したり、夜温が高温で推移する年は着色の遅れや着色が薄い、揃いが悪いなどの着色不良に陥り、成熟しても本来の色に仕上がらないなどの障害が見られる。ブドウでは「巨峰」、「ピオーネ」、「甲斐路系」など黒色・赤色系品種、オウトウでは「佐藤錦」など、リンゴでは「つがる」など（山梨県）。カキの着色遅延がみられる（静岡県）。岐阜県美濃平坦地における 9 ~ 10 月に収穫できる早生～中生のカキ「西村早生」、「伊豆」、「松本早生富有」は、近年、収穫期の高温と降雨の影響で果実軟化を助長するペスタロチア属菌の繁

殖が旺盛になり、果実軟化が増加傾向にある。また、収穫後の温度が高いため、果実の呼吸量が増加し、日持ち性が低下している。さらに、飛騨地域では、8～10月の高温（特に夜温）により、リンゴの早生～中生品種「つがる」、「ジョナゴールド」等の着色が不良となっている。また、着色不良による収穫の遅れからボケ果の多発にもつながっている（岐阜県）。三重県では、ブドウの主要品種「巨峰」と「安芸クイーン」において、着色が遅延化傾向にある（三重県）。滋賀県におけるブドウ栽培は、H型短梢せん定栽培がほとんどで無核化している。特に赤色大粒品種では着色期の夜温が高くなることで、十分な着色がしない状況がみられる。樹勢が強く、着果過多になりやすいこともあるが温暖化すればその傾向が懸念される（滋賀県）。カキの早生種「刀根早生」が8月下旬～9月の異常高温により、着色不良をきたし、収穫時期が遅くなっている。また、収穫初期に気温が高いと果実軟化が増加傾向になる（奈良県）。秋季の気温低下に伴い果皮色が進行する秋果実（カキ、ウンシュウミカン等）とりわけ晩夏～初秋期に収穫される早生種ではこの時期に高温に遭遇すると着色遅延・不良が認められる（和歌山県）。大阪府東南部におけるブドウの無加温及び露地栽培において、7～8月の高温期に成熟する「デラウェア」では、近年、完全着色に達しないことがある。従来からの着果過多に加えて、温暖化により夏季の気温が上昇しているためではないかと思われる。その典型が2002年産にみられた（大阪府）。兵庫県南部のブドウでは、着色期の気温（特に夜温）が高いことによる黒色及び赤色品種の着色不良が増加している（兵庫県）。岡山県の標高の低い（50 m）ブドウ栽培地域では、7月の気温が高いため最近では毎年のように着色が不良となっている（岡山県）。広島県瀬戸内沿岸部のブドウ産地では以前から着色不良果が発生していたが、近年増加の傾向にある。その傾向は簡易被覆栽培において顕著である。とくに、「安芸クイーン」では果実が本来の鮮やかな赤色にならないまま成熟する。果実の着色不良は、温度の影響が大きく、着色開始期から収穫までの気温25以下の積算温度が、高いほど着色が不良となる傾向がある（広島県）。巨峰系赤色品種「安芸クイーン」や欧州系赤色品種で着色不良が発生している。これは、果粒軟化期以降の昼夜温較差が少ないことが原因と考えられる（島根県）。香川県では、夏～秋期の気温が高いことから、極早生及び早生ウンシュウミカンの着色不良・遅延が問題となっており、ブドウでは、瀬戸内沿岸の「ピオーネ」等の黒系大粒品種の着色不良は、以前から問題となっていたが、近年では、着色期における夜温がより高くなっており着色不良園の増加が問題となっている。さらに、カキでは、秋期の高温により、果肉先行で成熟することから、着色不良と果実軟化が問題となっている（香川県）。貯蔵庫内の最低温度が15で最高温度が20に上昇して、湿度も100%近くになると、予措あるいは貯蔵中のウンシュウミカン「大津4号」や「青島温州」が予措戻りして、果皮は黄化し、浮皮も発生し、減酸して味がボケて爛さましの酒のような味がする（愛媛県）。長期貯蔵品種（高糖系）の出荷が過去には常温貯蔵で3月であったが、2月から出荷するようになっている。ただし、酸の低下はみられていない。また、パック出荷の冬至ユズで腐敗果実が増加し問題となっている。暖冬の影響も考えられるが、早くからパック詰めを行うためパック内が蒸れることも原因と考えられるが、一概に温暖化の影響とは考えにくい（徳島県）。福岡県では、以前から秋季の気温が高い年にカキ「伊豆」、「松本早生富有」、「富有」において、果皮の着色が遅れることがあったが、近年は全県的に着色遅延の傾向が認められる（福岡県）。佐賀県では、ブドウ「巨峰」のトンネ

ル、露地栽培において、梅雨期の曇天、収穫前の高温により着色が不良となりやすい。特に平成15年度は6月の台風被害による葉の損傷、その後の日照不足により、着色が極端に悪く、収穫できなかった園も多く見られた（佐賀県）。大分県では、ウンシュウミカン（特に高糖系）において、年次差があるが、秋季の高温年に着色不良果の発生が多くなっている。また、県下沿岸地帯（中津、宇佐、国東地域）には「巨峰」栽培が盛んで、近年「ピオーネ」、「安芸クイーン」等の品種も導入されている。無加温ハウスやトンネル栽培で7月下旬から8月にかけて出荷する作型に着色不良（赤うれ果）が多く発生している（大分県）。熊本県では、カンキツにおいて、秋期高温による秋梢の発生時期がこれまでに比べ遅い時期まで発生するようになっている。このことから、明確ではないが、着色、浮皮（水腐れ症の発生）、糖度などの果実品質や翌年の着花に対し何らかの影響を及ぼしていることが考えられる。また、ブドウでも、夏場の高温のため、無加温栽培以降の作型で着色遅延や着色不良がみられる（熊本県）。宮崎県では、ウンシュウミカンにおいて、特に極早生の着色が遅い。完着マルチで販売したいが、内容は伴っても着色の進行が遅い。ハウスみかんでも春先の高温で着色が遅れる傾向がある。極早生ウンシュウ、早生ウンシュウで収穫期の高温と長雨で腐敗果の発生が多い。特に褐色腐敗の発生が恒常化している。また、ブドウでは巨峰系黒色品種の着色不良が発生している（宮崎県）。鹿児島県では、ウンシュウミカンにおいて、近年、露地、施設ともに着色不良が増加傾向にある。露地栽培では、本県の主力品目である極早生ウンシュウ、施設栽培では、7月出荷のハウスミカンの着色が遅れる傾向となっている。また、ブドウ「巨峰」の屋根掛け栽培を中心に、品種本来の果色が得られない赤熟れの果粒がみられる（鹿児島県）。

[生理障害の増加]

リンゴでは、春の開花期が過度に早すぎる場合は裂果等の障害が生じることがある（岩手県）。山形県では、6月が高温で経過した場合、オウトウの雨よけ施設栽培においてウルミ果（果肉が水浸状態となる）の発生が多くなる傾向がみられる（山形県）。夏季の最高気温の上昇、または日射の強まりによりリンゴ果実の陽光面での日焼け症状の発生が増加している印象を受ける。また、従来、果肉が緻密で日持ちが良いと考えられてきたモモ「あかつき」において、数年前からミツ症の発生が確認され、増加している（福島県）。群馬県の標高400m以下の産地を中心として、リンゴの「さんざ」、「つがる」などの早生品種に、高温障害と考えられるミツ入り症状が発生することがある。高温障害によるミツ入りでは、貯蔵性の低下や内部褐変等につながることが多い。また日焼け果も早生品種を中心に発生しやすい（群馬県）。ブドウでは、7月始めに37-38℃の異常高温に遭遇すると、縮果症が通常年より多く発生する（埼玉県）。神奈川県では、収穫期（11～12月）の温暖化により、ウンシュウミカンの浮き皮果の発生と大玉化が目立っている。特に本県の主力系統である「大津四号」で発生しやすい（神奈川県）。リンゴ「ふじ」で、花芽の不充実及び果実の高温ストレスと考えられる要因によって成熟不良果（青実）の発生が多い（富山県）。ウメの胚固化完了から成熟期にかけて高温や土壤乾燥条件が続くと、果肉中に水浸、しこり症状や樹脂の発生が多くなり、品質が低下する。若木、水田転換園、大玉果などで発生が多い（福井県）。リンゴ、ニホンナシ等において、夏場の高温による日焼果や高温障害によるミツ入り・褐変が近年目立つようになった。特に果実が長時間日光にさらされている部分は被害が大きい。日焼は温度だけでなく紫外線の影響もあると考え

られる（長野県）。山梨県ではモモ、スモモ、リンゴの産地全域において果実肥大期（特に、着色期）に果実が強日射を受けると果面や果肉組織が高温となり着色ムラや果面の焼け、果肉組織が水浸状となったり壊死するなどの障害をひきおこすことがある。ブドウでは主に袋掛け直後に強日射を受けると袋内が高温となり、果房上部の果粒表面が白色化し、後にへこむ。また、モモでは県内産地全域において早生～晩生種にミツ症の発生が見られ、特に「白鳳」以降の中晩生種に多い。夏が平年より高温で推移した年も低温の年も発生しているため温暖化の影響とは断定しえないが近年増加傾向にある。症状は、果肉が水浸状から褐変し発酵臭がする。食味不良となるため商品にならない。発症果の特徴は、大玉で高糖度の果実に多い。果実硬度 2 kg 未満での発生が大半で、熟度の進んだ果実ほど症状が進んでいる。この他、急激に肥大した果実での発生が多い。さらに、オウトウでは、原因は不明であるが、花芽形成期である 7～8 月が高温乾燥で推移した年の翌年は、一本の果梗に複数の果実を形成する双子果の多発生が産地全域においてしばしば見られる（山梨県）。秋季の気温上昇と降水量の増加によりウンシュウミカンで浮皮が発生し、果実の肥大が促される傾向にある。また、冬季の気温の上昇により青島温州等の貯蔵性の低下等が問題になりつつある（静岡県）。ニホンナシ「新高」、「陽水」果実において、果肉の水浸、入り症状が発生している。成熟期の 9 月頃の高温暖年にも発生が多い（愛知県）。岐阜県美濃地域のニホンナシ「幸水」では、近年、梅雨明け後からの急激な高温期になる年に、果皮の着色が遅延されるが果肉は成熟している果肉先熟の果実が増加している。収穫期の高温が原因と考えられている。また、飛騨地域のモモ「白鳳」では、年によって果肉先熟が問題となったこともあったが、近年は多発傾向にある。ニホンナシと同様に収穫期の高温が原因と考えられている。特に樹冠上部で直射日光が当たる部位に発生しやすい（岐阜県）。モモ「あかつき」や「千曲」等の品種で、果肉の水浸、褐変が見られたがここ数年の発生が多いように思われる。とくに熟期の進んだ樹上部の日当たりの良い果実に多い。また、果実肥大期頃の高温暖・多照条件の影響で果実の日焼けがみられ、ブドウでは縮果、カキの果面の日焼け障害等その形跡が残るように近年感じられる。さらにブドウでは、成熟期頃の高温暖条件の影響で穂軸の褐変枯死と果実の萎縮落果が「バッファロー」（アールスメロン）でみられ、ブドウでは袋内で落果し、問題となっている（滋賀県）。京都府では 1998 年頃からモモのミツ症が多発し、その後は少発ながら続いている。症状は収穫果実の果肉内部が水浸状あるいは褐変する症状で、外観からは識別しにくい。発生の多い品種は「八幡白鳳」、「白鳳」、「長沢白鳳」で「山根白桃」、「あかつき」は比較的少ない。樹内では地上部より 2 m 以上で発生が多く、方角は南西方面で発生が多い。袋の種類により袋内の温度が高いほど発生が多く認められる。土壌条件は山林を開発した農地で、粘質のマサ土である（京都府）。兵庫県では、ブドウにおいて品種の区別なく、縮果症や房枯れ症、袋内脱粒などが増加している。土づくりの不足、着果過多、老木化だけでは説明できないと考える。イチジクでは異常成熟果が高温暖少雨の年に多発し、近年増加する傾向にある。正常果の成熟と比べて早く着色するが、果皮につやがなく、果肉はスポンジ状で軽い。本来赤い小花が白く、味が無い。モモでは、高温年に、核周辺に限らず果肉が水浸状～褐変するミツ症がみられ、水田転換園に多く、品種間差もみられる。また、モモでは「紅清水」、「八幡白鳳」等で、成熟果の果肉が赤変する症状（赤肉果）が増加している。果皮に近い部分と核周辺が濃いピンク色に変色するとともに、糖度が低く、商品性は

劣る。高温少雨により助長され、発生に品種間差があると考えられる。ニホンナシ「幸水」の芯腐れ及び「豊水」のミツ症が、最近多発傾向にあり、適期防除、適期収穫の域を越えたところに要因があると考えられる。やや粘質で乾湿の差が大きい土壌条件で多い。さらに、夏季の高温によるウンシュウミカン、カキなどの日焼け果、ブドウの肩焼けが増加している。また、高温少雨の年が多くなり、クリの早生種を中心に小粒化や乾燥果が多発する傾向にある（兵庫県）。岡山県のニホンナシ「新高」では、高温乾燥年に果実の硬化障害が多発するようになった。果肉が硬く、肥大が悪く、糖度は高い。特に果皮に近い部分の果肉が水浸状になる。標高が低くて降雨の少ない瀬戸内沿岸部ほど障害が厳しい（岡山県）。広島県東南部において、モモ「川中島」等の中晩生種において、最近、ミツ症の発生がやや増加している。また、県中山間部の無袋栽培ニホンナシ産地では、平成9年ころより「幸水」において発生が増加傾向にある。心腐れ果の発生の気象要因として、満開から30日間及び収穫30日前から収穫期までの気温が高いこと、降水量が多い傾向がある（広島県）。近年、鳥取県中西部でニホンナシ「二十世紀」、「ゴールド二十世紀」の果肉がスポット状に褐変する果実障害が見られるようになったが、冷夏であった今年は、発生が少なかった。様々な要因が重なって発生しているようだが、近年における夏期の異常高温（最高気温が37℃を超える）も原因の一部ではないかと考えている（鳥取県）。山口県では、近年、秋季の気温が高温傾向で推移していることから、ウンシュウミカンで浮皮の発生が増加している。特に「青島温州」等の普通ウンシュウ、晩生ウンシュウの浮皮が増加し、貯蔵中の腐敗果が増加傾向にある（山口県）。香川県では、ビワにおいて、成熟期の高温により、そばかす症、茂木種のへそ黒、田中種の紫斑症等の障害果が増加している（香川県）。愛媛県では、伊予柑、ポンカン等において、着色期以降、高温多雨に遭遇する頻度が高くなり、果皮障害の発生が増加している。また、2月上旬の小春日和後の降雨や雪によって、ウンシュウミカン「南柑20号」や「大津4号」などでヤケが樹上で発生する。夏期の乾燥年に多い。表年の外なり果には同様の気象条件で浮皮が多発する（愛媛県）。ニホンナシ「新高」において、近年、高知県全域でミツ症が多発傾向にある。夏期の高温との関連性が高いと考えられる（高知県）。佐賀県では、ニホンナシ「豊水」において、例年、ミツ症の発生が見られるが、2003年は特に多かった。樹勢低下園、造成園で発生が顕著である。また、「新高」においても「豊水」同様に、果肉が水浸状になる果実の発生がここ数年多い（佐賀県）。ニホンナシ「新高」において、ヤケ症がみられる（長崎県）。近年、秋季の温暖多雨条件で、ミカンの果皮が弱体化し、果皮障害の発生や貯蔵性の低下が問題となっている（大分県）。熊本県では、ニホンナシにおいて、果皮に近い部分の果肉が水浸状になり、日にかざすと透き通ってみえ、その後褐変するものと、リンゴのミツ入り果のように果肉内部から水浸状になり、それが全体に広がり、その後褐変するものがある。または、両方を併発する場合もある。「新高」では、症状が重くなると果皮が黒褐変化して焼けたようになる。特に夏季が高温・干ばつの年（例えば、平成2、6、11、13年）に激発する。平成10年以降は発生する頻度が多くなり、毎年多少の発生はみられるようになってきた。モモにおいては、果肉が水浸状となり、やがて褐変し、軽い発酵臭がするミツ症の発生がみられる。発生部位は、ニホンナシと同様、外側からのものと内側からのものがある。本県の産地では、平成5年頃から目立って発生し、平成10年以降特に発生が多くなっている。また、品種間差があり、全体的には中・晩生種に発生が多い。

また、クリでは、果肉が煮えたようになり、腐敗臭がする変質果が多発するようになった。高温障害によるものか、黒色実腐病によるものか、区別が付きにくい場合が多い。特に、「国見」や「筑波」での発生が多い(熊本県)。ニホンナシ「豊水」のミツ症が発生するが、気象条件からの予測が難しい(宮崎県)。鹿児島県では、ポンカンにおいて、水腐れ症がみられるようになった。特に開花が早かった平成 14 年に多く発生した。症状は、成熟期に果頂部や果梗部に果皮が凹陷して褐変したり、水浸状を呈したりする。また、成熟期(秋季)の高温多雨で、ポンカンに果肉と果皮との間に空隙を生じる浮き皮が発生しやすい。ニホンナシ「豊水」では、ミツ症が多く見られるようになった。症状は果肉が水浸状になり、症状が進むにつれて拡大、褐変、果肉崩壊する。発生部位は果実のていあ部に多い(鹿児島県)。

[糖度低下と酸度増加]

高糖系ウンシュウミカンにおいて、収穫期の糖度がやや低くなった感がある。ただし、夏秋の降水量(土壤乾燥程度)に影響されるため年次変動があり不明な点が多い(徳島県)。佐賀県果樹試研場内の早生ウンシュウミカンの生態調査において糖度の低下が見られる(佐賀県)。熊本県では、周期的に発生していた初夏～初秋期の少雨(干ばつ)が連続し、高糖度・高酸果実生産をもたらし、「不知火」では高酸のため出荷基準に達しない果実が増加している(熊本県)。

4.2.1.3. 気象災害等の増加

[凍害の増加]

1999 年に空知地方を中心に発生したリンゴ、オウトウの凍害は、前年秋における温暖な気候下で樹体の休眠が進まないうちに、急激な温度低下によって誘発されたとみられる。凍害の症状は、花芽の枯死や樹体の枯れ込みで、枯死樹も多発した。樹体下部での凍害が大きく、このことは積雪部分での凍害が少ないという当地での一般的な発生傾向とは異なっている(北海道)。岩手県中南部のリンゴわい性樹において、凍害と見られる主幹部の障害(台木部は健全なことも多い)により、枯死や発芽遅延が生じることがある。暖冬や土壤の過湿が要因となることが多いように思われる(岩手県)。新植あるいは改植されたモモ園で若木に凍害と思われる立ち枯れが多発している(山形県)。M.9 台木利用リンゴ樹を中心に凍害を受けることがあり、温暖化のために 12 ~ 1 月が温暖で、その後 2 ~ 3 月の寒気により発生すると考えられる。また、ニホンナシ「豊水」では、12 ~ 1 月が暖かく、その後 2 ~ 3 月の寒気により、主枝・亜主枝の先端が枯れ込む凍害が発生することがある(群馬県)。ニホンナシ「幸水」、「豊水」の幼木、苗木で胴枯れ症状の凍害が発生する。台木はほとんど生存している。成木での発生はほとんどみられない。また、クリの幼木の凍害、春先から発芽しないで枯死、台木は生きている(福井県)。近年、暖冬年にはデハードニングが早まることによると考えられるリンゴわい性台木樹、モモ樹の凍害が問題になり始めている。リンゴでは排水不良園や重粘土壌の園地の M.9 台木若木で発生が多い。モモでは「おはつもも」台木での発生が多く、品種では「川中島白鳳」に多く見られる。また、ウメ、スモモ、アンズも苗木～若木では胴枯れ病により枯れることが多いが、凍害が引き金になっているものと思われる(長野県)。岐阜県飛騨地域では、近年 3 ~ 5 年生のモモ幼木が、主幹部で胴枯れ症状を起こして枯死する樹が多発している。主因は凍害と考えられ、発生部位は主幹の地上 10 ~ 80cm に集中しており、主幹の南あるいは

は南西側に発生する傾向がある。また、東濃地域のクリ産地において、定植後2～3年生の幼木が発芽～展葉期に枯死する凍害の発生が見られる。以前から問題となっていたが、特に平成15年は発生が顕著であった。凍害の発生は「利平」が目立ち、南向き園で多い傾向である。温暖化により発芽期が前進するほど発生が増加することが予想される（岐阜県）。近年暖冬傾向が続き、特にクリ、ビワでは、弱い寒波でも被害をうけることが多く、耐凍性の低下が疑われる。ビワでは開花の早い早生種で被害が多いが、クリでは品種間差は少ない（兵庫県）。大分県では、ニホンナシ「幸水」、「豊水」において、主幹や主枝における胴枯病が目立ってきている。秋季の高温・乾燥により冬季の凍傷害をうけやすくなり、胴枯病の発生が助長されている傾向がある（大分県）。

[晩霜害の増加]

岩手県では、冬から春にかけての温暖化によって、リンゴ生育のスタートが早まり、晩霜による花きへの凍霜害が増加傾向にある（岩手県）。リンゴ、ニホンナシでは開花期が全般に早くなり、開花期間中に晩霜害にあう頻度が高まっている。冬季の温暖化で生育ステージが進みがちな状況で、降霜があると被害が大きくなる傾向にある（宮城県）。近年、秋田県全域においてリンゴやニホンナシ等の初期生育が進み、平成14年には平年よりも10日程度、生態が早まっている。このため、開花期前に晩霜害を受け、花器の褐変枯死による結実不良、サビ果や奇形果等による品質低下が起こるなど、その頻度はここ数年高まっている。特に平成13年には減収に結びつく甚大な被害が発生している（秋田県）。近年、山形県では果樹の生育が全般的に早まっている傾向がみられる。生育が早まった年は、オウトウ等で凍霜害を受ける危険性が大きくなっている（山形県）。冬期から春期にかけての気温が平年値よりも高くなることが多くなり、発芽や開花が早まっている様子が見受けられ、このことにより晩霜の被害を受ける恐れが高まると考えられる。温暖化の影響は明確ではないが、近年続けて少なからず晩霜の被害が発生している（福島県）。茨城県では、各樹種とも暖冬による発芽、生育の促進により晩霜害に遭遇する確率が高まっている（茨城県）。神奈川県では、12月から1月の暖冬により、ウメの開花時期が非常に早まり、小田原市梅干し用品種「十郎」など、開花期が早い品種では1月始めから開花することが多くなってきた。その結果、訪花昆虫の飛来が少ないこと、実止まり後の低温・降霜遭遇しやすいことにより、年による結実・生産量の変動がこれまで以上に大きくなっている（神奈川県）。落葉果樹全般に早春の芽の動きが早く、生育が前進しやすいため、晩霜害に遭遇した場合、結実不良や物理的障害など被害が甚大となる年が過去に比べて多くなっている（新潟県）。開花期が早まり、晩霜に遭遇する機会が多くなり、晩霜害が多くなってきた（富山県）。美濃地域の山沿いのカキ産地では、晩霜の被害が年によって発生していたが、近年、暖冬と発芽期前後の温暖が重なり、発芽が早いカキの品種「西村早生」では例年よりさらに早まり、発芽後の耐凍性が低くなった新梢等が晩霜害にあったり、蕾の枯死により着果量が不安定になっている（岐阜県）。春先の高温により、カキの発芽期が前進して、晩霜害が増加する傾向にある（愛知県）。ウメにおいて、開花始めの前進化により、晩霜害を受けやすくなった（奈良県）。広島県のニホンナシ・モモ産地では、開花期の前進化がみられ、晩霜害を受けやすくなった（広島県）。ニホンナシ等において、満開期が早くなる傾向があるため、満開期やその後の寒のもどりで晩霜害が発生し受精不良による変形果、傷果、リング果の発生が増加する傾向にある（大分県）。

[初霜害の増加]

岐阜県美濃平坦地のカキ「富有」は、9月中下旬から気温の低下に伴って着色を開始するが、近年、9～10月の気温が高く、着色開始時期が遅れ、十分な着色をしないまま12月の降霜期を迎え、初霜害（果実が水浸状に軟化）の発生する年が増えてきた（岐阜県）。

[高温障害（日焼け）の増加]

ブドウでは8月以降の高温により、葉やけや縮果症状、また着色不良等の高温障害が発生しやすい傾向にある（秋田県）。リンゴの南西部の主枝の背面を中心に日焼け症状が発生することが多く、特に「陽光」で発生が目立つ（群馬県）。ブドウやニホンナシでは、7月始めに37-38の異常高温に遭遇すると、葉焼けが通常年より多く発生する（埼玉県）。温暖化の影響とは断定しえないが、果樹全般において夏季に強日射を受けた太枝の陽光面の組織が枯死する障害が見られる。特に、立木では北側に伸長した主枝の陽光面や太枝を間引いた場合、衰弱樹などにおいて多い。ひどい場合は、枯死部位から折れてしまい樹形が乱れ減収となる（山梨県）。滋賀県では、雨除け栽培のブドウにおいて被覆状態での高温により新梢基部葉から黄化落葉が進行し、短梢せん定での翌年の芽の充実不良等による影響が懸念される。また、モモの低樹高栽培において、主枝や垂主枝陽光面の高温障害等による樹勢低下が心配される（滋賀県）。

[干害の増加]

ハイブッシュブルーベリーを中心に夏期の高温干ばつによる干害が発生し、枯死にいたる場合がある（群馬県）。兵庫県では、土質が重粘で排水不良のイチジク園において、乾燥による新梢伸長不良、着果数の減少、小玉化が顕著になっている。センチュウの寄生がこれを助長している。ニホンナシでは、老木化とともに、夏季の高温少雨傾向により、近年子持ち花が多くみられる（兵庫県）。

[雪害、雹害、鳥獣害の増加]

リンゴの「ジョナゴールド」、「王林」において降雪期に入っても落葉せず、雪害を受けることがある（秋田県）。温暖化の影響とは断定しえないが、県内山間地域を中心に、近年、降雹が増加傾向にあり、ニホンナシ、モモ、リンゴ等に局地的に毎年のように雹害が発生している（新潟県、岐阜県）。冬期の積雪（特に積雪期間が短くなり）が少なくなり、イノシシ、サル、シカ、野鳥等が多く生存するようになり、鳥獣被害が増加傾向にある（京都府）。

[雑草発生]

雑草草種の変化は不明であるが、春草の伸長期が前進し、夏草が遅くまで生育するようになったために、年間の除草回数が増えた（大阪府）。気温上昇により春草の発生時期が早くなり、生育期間における雑草生育量も多くなった（愛媛県）。

4.2.1.4. 病虫害発生に対するマイナス影響

[病害]

昭和50年代は、輪紋病の粗皮症状が南部地域の一部わい化リンゴ園にみられる程度であったが、近年は果実腐敗が全県で散見されるようになった。本病は樹皮では粗皮症状を、果実では腐敗症状を呈するもので、山形県以南の温暖地方で重要病害と位置づけられていた（青森県）。近年、秋田県全域のリンゴ、ニホンナシ、セイヨウナシにおいて、生育期間の高温、多雨により、輪紋病の発生が増加傾向にある。これまで、県北部のリンゴ園で

は輪紋病の発生は少なかったが、平成 14 年には「ふじ」を主体に輪紋病が多発した。これは、温暖化により、例年発生が問題になる東北南部と気象条件が類似したことによると考えられる（秋田県）。リンゴにおいて比較的温暖な地域で発生していた病害の輪紋病、炭疽病が、主要な病害として取り上げられるようになった。これらの病害の防除のために、全体に防除回数が増える傾向にある（宮城県）。栃木県全域のニホンナシ産地において、近年うどんこ病が多発している（栃木県）。群馬県では、ここ数年、リンゴの炭そ病、輪紋病、斑点落葉病、褐斑病などの発生が目立つ（群馬県）。ここ数年、ナシうどんこ病の発生が多くなっているが、異常な高温が続いた年に発生が多いように見受けられる（埼玉県）。ナシ萎縮病が増加傾向にある（徳島県）。カンキツ黒点病、かいよう病が1ヶ月程度（9月下旬が10月下旬へ）遅くまで発生するようになった（愛媛県）。既知のカンキツ褐色腐敗病菌とは異なる好高温性の病原菌（*Phytophthora palmivora*）による発病が増加している（佐賀県）。平成 15 年に徳之島でグリーンング病の感染が確認された。媒介昆虫のミカンキジラミは、既に屋久島で発生が確認されており、鹿児島県への北上が懸念されている（鹿児島県）。沖縄県におけるグリーンング病は、2001 年調査において、南北大東島を除く全ての地域に感染しているが明らかになった（沖縄県）。

[虫害]

近年、秋田県全域のリンゴ、ニホンナシ、セイヨウナシにおいて、果樹カメムシ類による果実被害が増加している。加害種はクサギカメムシが主体であったが、最近はチャバネアオカメムシの被害も多く見られるようになってきた。また、リンゴ、ニホンナシではモモシンクイガ成虫の発生が9月中旬頃まで見られ、以前よりも発生期間が長い傾向にあり、リンゴハダニでは従来の発生期は8月末までであったが、近年は9～10月にも増加している（秋田県）。従来、予察灯で誘殺されることのなかったツヤアオカメムシ等の南方型害虫が、ここ2～3年誘殺される事例がみられるようになった。これらの虫による被害はまだ明確ではないが、今後確認頻度の高まりとともに果実への被害発生が懸念される（山形県）。栃木県全域のニホンナシ産地において、近年サビダニが多発している（栃木県）。ツヤアオカメムシの北上・定着にとともに、群馬県でも平成13年に初確認され、果樹類果実への吸汁害が懸念されている。また、ダニの多発が各地で目立つ傾向がある（群馬県）。夏期の高温により、ハダニ発生がひどくなってきている（埼玉県）。千葉地域、我孫子地域の積算平均気温の推移から、ニホンナシのナシヒメシンクイの世代数を試算した。平成8～9年以降にナシヒメシンクイの世代数が1世代分増加した可能性がある。また千葉県南部地域で栽培されるピワにおいては、カメムシの食害が発生している。加害する主要なカメムシ類3種の中では、近年、その構成比率が変化している。チャバネアオカメムシが優先種であることには変わらないが、クサギカメムシの比率が低下し、ツヤアオカメムシの比率が高まる傾向がみられる（千葉県）。多摩川ナシの産地である川崎市の都市部を中心に、ハダニの発生が近年極めて多くなっており、防除回数の増加に結びついている。当地域では、ニホンナシ園周辺に舗装道路・ビルなどが多く、照り返しが強いとともに、ヒートアイランド現象による高温が一因とも考えられる（神奈川県）。最近、オオタバコガによるリンゴの加害、ハスモンヨトウによるブドウの食害等、新害虫による被害が各地で散見されるようになった（長野県）。果樹カメムシ類においては、全国的にはチャバネアオカメムシの被害が深刻であると言われているが、近年、東紀州地域ではやや暖地系の

種であるツヤアオカメムシの発生量が多くなってきている。春と秋の二山形のはっきりした発生傾向を示している。秋にカンキツ園地に多数飛来し、収穫直前～収穫期の果実を吸汁して、落果・腐敗果の発生等に影響を及ぼす（三重県）。カキのカキノヘタムシガ発生が長期間に及び、適期防除しにくくなっている（奈良県）。イチジクでは、収穫初期の果実の目が開く時期が早まり、アザミウマ類の発生ピークと重なるために、果実被害の多い年が増えている（和歌山県）。イチジク栽培において、スリップス（果実内の褐変、腐敗）の被害が、近年、特に高温少雨の年に増加している。また、イチジク、カンキツ、ニホンナシ、モモ、リンゴ、ブドウ等におけるダニ、サビダニの多発傾向にある。暖冬が越冬量や年間の世代交代回数へ影響を与えているのではないかと（兵庫県）。温暖な地域で生息するアオマツムシの発生が非常に多くなり、新梢の折れ（枝への産卵のため）等が見られる（鳥取県）。イチジクの害虫（イチジクヒトリモドキ）の北上により、新たな問題となっている（広島県）。香川県では、従来は局所的な発生であったミカンサビダニが、全県下で発生するようになった。温暖化も関与している可能性が考えられる（香川県）。九州南部のみに分布するとされたアカマルカイガラムシが、愛媛県南部に侵入し、かつ分布域が拡大しつつある。また、イチジクヒトリモドキは、愛媛県にも侵入し、定着し被害が発生している。さらに、各カイガラムシ類の初発が10日程度早くなり、従来の防除指針による防除時期では遅くなっている（愛媛県）。徳島県では、カメムシ類の発生が増加傾向にある。暖冬による越冬成虫の死亡率の低下の可能性があるが、一方で餌であるスギ、ヒノキの結実量の増加によるところも考えられる。また、高温乾燥を好むミカンサビダニが近年の気象、特に春から秋にかけての異常な高温乾燥の出現により多発傾向にある。しかし、薬剤感受性の低下により被害が拡大していることも考えられる（徳島県）。カンキツにおいて、南方系のカメムシ類の加害が目立つ。また、ミカンサビダニ等で加害時期が早まっており、このため防除適期も前進化の傾向にある（佐賀県）。大分県では、カンキツにおいて、冬季の極温遭遇の減少による越冬害虫の増加、秋冬季の温暖化による害虫の発生回数の増加と被害期間が長くなっているように感じられる。カメムシ類は成虫での越冬のため、暖冬の影響で越冬個体数が増加し、エサであるヒノキ・スギのきゅう果の増減で果樹園への多飛来が起きやすくなってきている。また、越冬成虫による6月～7月上旬の初期加害による変形果は、被害量は多くないものの毎年発生し有袋の品種で局地的に被害をもたらしている。さらに、ミカンサビダニの果実への加害期間が、これまでは秋季の気温の低下とともに増殖が鈍くなり、果実被害が終息していたが、近年この時期が遅れ加害期間が長期化傾向にある（大分県）。鹿児島県では、カンキツへのサビダニ類、ミカンハダニの発生が目立ってきている。サビダニ類では、新梢伸長期に多発生すると葉がチリメン状になる。また、ハダニ類は、葉を加害すると葉緑素が減少する。そのため、これらに加害されると光合成に悪影響を及ぼし、貯蔵養分の低下を招く。さらに、これまで、屋久島以南で分布を確認していたリュウキュウミカンサビダニが発生した。本種はミカンサビダニと同様に果実を加害する。また、全般的に年世代数が増加し、果実を加害する期間が長くなるため、防除回数が増加している（鹿児島県）。

4.2.2. 気候温暖化が果樹栽培に及ぼすプラスの影響

4.2.2.1. 樹体生育に対するプラス影響

[樹勢の強化および回復]

気温が高くなり、秋期の地温が遅くまで高く維持され、春季の地温上昇も早まることが予想され、弱樹勢カンキツの樹勢が強化される。カンキツの秋肥の吸収が遅くまで続き、晩生品種の樹勢回復も容易になると思われる（愛媛県）。カンキツでは、秋期から冬季の温暖化により、収穫後の樹勢回復および冬季の花芽形成促進のための条件が良好になりつつある（熊本県）。カンキツ類の新植園の育成（育苗）期間が短縮されている（沖縄県）。

[施設栽培の燃料消費量の低減]

暖冬のため、加温栽培ブドウにおいて、重油等の燃料が少なくなっている（島根県）。冬季の温暖化の進展は、ハウスマカンの暖房用燃料の使用量の低減につながっている（大分県）。冬季から春季に掛けての温暖化により、暖房期間が短くなり、燃料費が軽減されている（熊本県）。鹿児島県では、現在、マンゴーやパッションフルーツ等トロピカルフルーツの導入が増加してきているが、温暖化に伴い、暖房費の削減などにより、栽培適地が拡大することが期待される（鹿児島県）。

4.2.2.2. 果実生育に対するプラス影響

[果実の肥大および熟期促進]

北海道では、リンゴ「ふじ」は樹上で果実が凍結するため府県よりむしろ早く収穫される。そのため果実が小さく、完熟していないため果実品質は不十分である。温暖年では、道内各地で「ふじ」の果実肥大や品質が良好となる（北海道）。岩手県では、リンゴ、セイヨウナシ、ブドウ等において、晩霜害に遭遇しなければ、生育の早いスタートにより果実の肥大促進が見込まれる（岩手県）。ニホンナシ「豊水」は従来、酸の抜けが悪く、年によっては品質低下に悩まされていたが、近年は酸抜けも十分で安定的に高品質果実の生産が可能になった。「幸水」と「豊水」の生産比率も豊水が幸水を上回りつつある（宮城県）。ニホンナシにおいて、初期肥大が以前に比較して良好になっている（栃木県）。カキの渋果が減少する可能性がある（千葉県）。ウンシュウミカンの開花時期が昭和50年頃に比べると早くなっており、このことが収穫期の果実の酸含量減少のために、プラスになっている（神奈川県）。ニホンナシ「幸水」において、旧盆前の収穫率が高まり、高価で販売されるようになった（富山県）。福井県では、ニホンナシ品種の総てで開花期の前進化がみられ、収穫期も前進化している。特に「幸水」が盆の前後に収穫できるようになってきている。20年前では、「新水」のジベレリン処理によりようやく盆の前後に出荷可能であった。また、ウメの発育や生長は気温との関係が強く、生育期の気温が高いと果実の肥大が良好で、成熟期も前進する（福井県）。開花から成熟までの期間は短縮されるとともに、果実の初期肥大が旺盛になり、収穫期の前進化傾向がみられる。一方、常緑樹種の中には栽培可能なものが現れ、多様化が考えられる。標高の高い地域にも醸造用ブドウやオウトウなどの栽培適地が現れている（山梨県）。ミカンでは減酸促進により、収穫・出荷期の前進化が起きている（静岡県）。岐阜県では、美濃地域のニホンナシ「幸水」は8月中旬の盆前に収穫される割合が3割程度であるが、温暖化の影響により発芽・開花期が早まり、それに伴って収穫期が前進化しているため、盆前の需要の多い時期の収穫率が高まり、収入も増加する傾向にある。飛騨地域のモモ「白鳳」では、ニホンナシと同様に収穫

始めが8月12日頃であったが、近年は発芽・開花期が早まり、それに伴って収穫始めが1週間ほど前進化している。リンゴについても同様に、発芽・開花期が早まり、成熟期が前進化したことから、晩生種「ふじ」については以前より青味果(未成熟果)が減少した。また、気温が高くなるとカキの発芽・開花期が前進するとともに、光合成産物の生産が増え、果実肥大促進につながる(岐阜県)。三重県では、ニホンナシの主要品種「幸水」において、開花期と成熟期が早期化傾向にある。今後のこの傾向が進めば盆前の高値時期の出荷が容易となる(三重県)。温暖化により、カキ「刀根早生」の開花時期が早くなり収穫時期が遅くなることで肥大促進が期待できる。また、従来、渋残りの点で甘ガキを栽培できなかった地域で、甘ガキの植栽が増えている(奈良県)。着色期が遅延することで、果実が樹上に置かれる期間が長期化し、果実肥大の促進およびそれに伴う収量増が見込める(和歌山県)。大阪府では、カンキツ露地栽培において、ここ10年ほどは、それまでの平年値よりも開花期が5日以上早くなった。カンキツは冬期の低温到来までに収穫しなければならないが、開花が早くなればそれだけ収穫までの生育期間が確保できる。ウンシュウミカンでは果実をより完熟した状態で収穫している(大阪府)。イチジクでは、少雨による腐敗果の減少、日持ち性の向上など、商品化率の向上がみられる。また晩秋の気温が高いため、高い節位の果実まで収穫可能となり、収穫期間が長くなる傾向にある(兵庫県)。発芽揃いが良ければ、暖冬のため成育が促進され、成熟期も早くなる(島根県)。ウンシュウミカンを樹冠上部摘果して新葉をつくり、下垂枝にさせると、12月、1月の温暖気象下でどんどん糖度(14、15度)があがり、完熟高糖果生産ができるようになった(愛媛県)。福岡県南部地域のウンシュウミカンでは、春先の高温により開花期が早まっており、夏秋季も高温傾向のため、減酸が早まる傾向が認められる(福岡県)。ウンシュウミカンにおいて、開花の早期化や生育後期の果実日肥大量の増加により減酸が早くなった(佐賀県)。4月頃から開花する全ての樹種で、果実肥大が促進されている。また、ニホンナシ「幸水」では熟期が前進化し、晩生ニホンナシでは適熟期の拡大がみられる(長崎県)。大分県南部では、温暖な気候を活かした中晩柑栽培が取り組まれてきたが、近年の温暖化傾向で、越年完熟栽培地域が拡大している。また、ニホンナシの満開期が早くなってきており、「新高」の平年開花日は4月11日であるが、ここ数年4~5日早く満開を迎えており、平成14年はさらに早く3月29日に満開となった(3月中に満開になったのは初めて)。そのため、果実の初期生育が早まり、果実肥大の促進がみられる(大分県)。熊本県では、暖冬により、カンキツ類、落葉果樹ともに発芽・開花期が前進化してきている。これにより、良好な果実初期肥大、初期酸含量の低下をもたらしている(熊本県)。ニホンナシにおいて、開花時期が早まり収穫期が早まると、高単価で販売ができる産地が出てきている(宮崎県)。鹿児島県では、近年、ウンシュウミカン、ポンカン、タンカン等の開花期が早まる傾向にあり、特に極早生ウンシュウでは、開花期の早進化により、収穫時期が早まることが期待できる。また、カンキツ果実の減酸が進む傾向にあり、特に極早生ウンシュウにおいて、クエン酸1%以下になる時期が、早くなっている。さらに、ニホンナシでは、最近(平成11~15年)の5年間と、それ以前(平成元年~10年)の10年間を比較すると、「幸水」で2日、「豊水」で5日、「新高」で8日、収穫盛期(平均値比較)が早くなってきている(鹿児島県)。

4.2.2.3. 気象災害等の減少

[凍霜害の減少]

群馬県のユズは、主に中山間地域の風当たりが少ない日溜まりの場所で散在的に栽培されており、これら栽培条件の良い園では従来から寒風害の発生は少なく、変化はみられないと観察される。だが、不適地である平坦から中間地域の風当たりの良い場所で栽培されている散在樹では、従来寒風害による落葉が多く、花芽が着かず、結実が不安定で数年に一度わずかに結実する程度で経済栽培は困難であった。しかし、ここ数年は寒害、寒風害による落葉が少なく、花芽が着生し、隔年結果する程度に多く結実するなどの変化が観察される。また、リンゴにおける春期の晩霜害の発生頻度は、4月には減少していないが、5月は減少する傾向がある。さらに、ブルーベリーでは2～3月における凍害の発生率が少なくなり、従来は耐凍性が低く、栽培が難しかったラビットアイブルーベリーや南部ハイブッシュブルーベリーが栽培可能となっている（群馬県）。イチジクにおいて、寒害の被害が近年少なくなっている。また、千葉県南地域で栽培されているビワでも寒害が少なくなっている（千葉県）。イチジクでは、凍害の減少により、従来、冬季の最低気温により不適地であった内陸部でも栽培が可能となる傾向がある（兵庫県）。香川県では、冬期に最低気温がマイナスまで下がる日数が減少しており、凍霜害によるビワ果実の壊死や障害（はちまき）果は減少し、また中晩カン類のす上がりや苦み果が減少傾向にある。さらに、果樹全般の発芽展葉期において、降霜が減り、新梢枯死などが減少した（香川県）。カキ等において、晩霜害による影響が、近年、少なくなっている傾向にある（鹿児島県）。

[雪害の減少]

近年は温暖化のためか、最大積雪深が20年くらい前に比べて小さい傾向にあり、リンゴわい化栽培等での雪害発生頻度が減少している（青森県）。新潟県では、近年、積雪量が減少しており、以前に比べ立木果樹の雪害が減少した。また、イチジクの適地ではないと考えられていたが、積雪量の減少等によりの栽培面積が増加している。しかし、年によって凍害が発生し、問題となっている（新潟県）。冬季の降雪量が減少し、ニホンナシ、モモの枝折れや棚の破損が減少した（京都府）。岡山県のブドウ等では、豪雪地帯で棚が維持できなかった（蒜山地方）所や生育気温が不足していた地域（岡山県北部）でも栽培が可能になってきた（岡山県）。

[寒風害の減少]

暖冬化の影響で、ミカンでは低温寒風による落葉などが減少している（静岡県）。ミカンでは、暖冬化の影響で冬季の落葉が減少傾向にある（愛知県）。三重県では、ブドウの主産地である伊賀盆地では、露地栽培と加温設備の無いハウス栽培の作型で、発芽から展葉初期に晩霜害を受けることが多かったが、近年は被害が減少している（三重県）。大阪府では、近年、レモンやユズ等の雑柑類の冬期落葉が少なく、生育が順調である。以前は毎年寒波でかなり落葉し、次年度の開花数に影響したが、近年、寒波が来ない年が増えた（大阪府）。広島県ではレモン、デコポン、清見、ウンシュウミカンにおいて寒波被害が減少しており、生産安定が近年続いている（広島県）。山口県では、冬季の気温上昇により、ウンシュウミカンおよび晩生カンキツ果実への寒害が減少している。特に早生ミカンの樹上越冬完熟栽培や樹上越冬が必要な晩生カンキツ栽培が容易になっている。また、瀬戸内海沿岸のウンシュウミカン産地では、冬季の気温上昇により落葉等の寒害が減少して

いる。そのため、コモや寒冷紗被覆による寒害防止作業を省くことができる。日本海沿岸（萩市近辺）のナツミカンが寒害に遭遇する度合いが減ってきている。昭和 50 年代には 3 回被害に遭っているが、その後は平成 3 年に寒害を受けて後、平成 13 年に一部で弱い寒害にあった程度である（山口県）。愛媛県では、レモン、ライムにおいて、寒害の被害がなくなり、秋花や夏花の果実が越冬できるようになり、春から初夏にかけて収穫できる。また、低温の頻度が減少するため、「宮内伊予柑」、「せとか」、「カラマンダリン」、「不知火」等の越冬栽培において露地栽培で十分に生育し、す上がり等の寒害被害が無くなり、安定生産ができるようになった。レモン等は適地が広がる傾向にある（愛媛県）。徳島県では、昭和 56、57 年以降ミカン樹が枯死するような寒害が発生していない。ただし、寒害を受けやすい地域では寒さに強いスダチなどへの改植が進んだため、寒害を受けにくくなったとも考えられる（徳島県）。土佐文旦の先枯れ、樹体枯死被害がみられなくなった（高知県）。低温遭遇の減少によって中山間地のカボス幼木の枯死が減少している。積雪の減少によってミカン樹の枝折れ被害が減少している。低温及び寒風条件の減少によって落葉や枝枯れ被害が減少している（大分県）。1 月から 2 月にかけての - 3 以下の低温遭遇頻度が低くなり、カンキツ果実の寒害発生が減少している（大分県）。冬季の寒波襲来の頻度が少なくなり、中晩柑では樹上越冬栽培地帯が拡大しつつある（熊本県）。

4.2.2.4. 病虫害発生に対するプラスの影響

[病害]

リンゴモニリア病は春の消雪が遅いと多発し、腐らん病は冬の凍寒害が発生要因の一つとされる。これらの病害は山形県以南では比較的発生が少ない。よって、青森県で現在重要病害となっているこれらの病害が、温暖化によって減少する可能性がある（青森県）。群馬県では、リンゴ黒星病などの発生が少なくなっている（群馬県）。ナシ黒星病は秋季の降雨で芽基部・葉への感染が拡大し、それが越冬病斑となる。秋季が高温乾燥傾向になったため、黒星病の越冬菌密度が減少することが予想される（大分県）。

4.3. 樹種別の気候温暖化影響の集計

4.3.1. リンゴ

暖冬に伴って発芽期および開花期が早まっていることが、ほとんどの産地から報告されている。日数的には過去20年平均では2～3日程度とみられるが（青森県）年によっては10日程度早まっている（秋田県）。このことにより、晩霜害が増加している（岩手県、秋田県、宮城県、福島県、新潟県、富山県）また、品種間で開花期にズレが生じることから、受粉不良が起きている（兵庫県）。

果実では、産地全域で着色不良、果実軟化、貯蔵性の低下が起きている（北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、群馬県、富山県、長野県、岐阜県）。また、夏期の最高気温の上昇によって、日焼け果（福島県）早生品種でミツ症（群馬県、福井県、山梨県、長野県）花芽の不充実や成熟不良果の発生が増え（富山県）秋期の気温上昇によって、収穫前落果が増加している（群馬県、富山県）。

温暖化は、落葉期の遅延を引き起こし、雪害を増加させている（秋田県）。さらに、暖冬にもかかわらず、凍害発生が目立っている（北海道、岩手県、群馬県、長野県）。

病害では、温暖地方で重要病害と位置づけられていた輪紋病や炭疽病が温暖化に伴って北上しつつあり、各地で防除回数が増える傾向がみられる（青森県、秋田県、宮城県、群馬県）。

虫害では、秋田県ではこれまでクサギカメムシが主体であったが、近年、チャバネアオカメムシに被害が増加し、また、南方型害虫であるツヤアオカメムシが群馬県に定着、山形県まで北上している。また、モモシンクイガやリンゴハダニの発生期間が長くなる傾向があり（秋田県）オオタバコガの加害もみられるようになっている（長野県）。

一方、温暖化のメリットとしては、温暖化により積雪量が減少傾向にあり、わい化栽培での雪害が減少していること（青森県）北海道や岐阜県では、「ふじ」の果実肥大や品質が向上していることなどがある。また、リンゴモニリア病（青森県）や黒星病（群馬県）などの発生が少なくなっている。

4.3.2. ニホンナシおよびセイヨウナシ

リンゴと同様に、発芽期および開花期が早まっている。その結果、霜害に遭う頻度が高まり、変形果、傷果、リング果等の障害果が増加している（宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、新潟県、広島県、大分県）。南九州では、露地「幸水」で、不発芽減少が目立っており、低温不足が懸念されている（鹿児島県）。九州の施設栽培「幸水」では、加温後、発芽せず、場合によっては樹体枯死が起こる、いわゆる“ねむり病”が多発している（福岡県、佐賀県、熊本県）。

夏期の高温により、子持ち花の発生（兵庫県）葉やけ（埼玉県）太枝の日焼け（山梨県）などが多くなっている。果実では着皮色の遅延や果肉先熟（岐阜県）日焼け果やミツ入り・褐変が増加している（長野県）。「新高」では果肉の水浸（熊本県）ス入り症（愛知県、高知県、佐賀県）硬化障害（岡山県）ヤケ症（長崎県）「幸水」では芯腐れ果（兵庫県、広島県）「豊水」ではミツ症（兵庫県、佐賀県、宮崎県、鹿児島県）な

どの生理障害が多発している。

また、冬季には、暖冬にもかかわらず、凍害および胴枯れが発生している（群馬県、福井県、大分県）。

病害では、うどんこ病（埼玉県）や萎縮病（徳島県）の発生が増加している。

虫害では、全体としてハダニ類の発生が増加している（群馬県、埼玉県、神奈川県、兵庫県）。また、カメムシ類（秋田県）、サビダニ（栃木県）の発生が増加し、千葉県ではナシヒメシンクイの世代数が1世代分増加した可能性がある。

温暖化のメリットとしては、宮城県では「豊水」の酸抜けが十分になり、高品質果実生産が可能になったこと、全般には、初期肥大が良好になって、果実肥大が促進され（大分県、熊本県）、収穫期が早まっている（大分県、宮崎県、鹿児島県）。晩生種では適熟期の拡大がみられ（長崎県）、「幸水」では盆前出荷ができるようになったことが挙げられる（富山県、福井県、岐阜県、三重県）。また、ナシ黒星病の減少がみられている（大分県）。

4.3.3. モモ

早春期の温暖化により、発芽期および開花期が早まるに伴って晩霜害を受けやすくなった（新潟県、広島県）。また、近年、雹害が増加している（岐阜県）。

暖冬の影響としては、施設栽培モモでは低温要求が満たされないことが多くなり、十分な休眠覚醒が得られないまま加温すると、開花・結実が不良になっている（山梨県、熊本県）。また、暖冬にもかかわらず、リンゴと同様に、凍害の被害が多くなっている（山形県、長野県、岐阜県）。

果実については、果実成熟期が前進傾向となって、盆前出荷に対応できなくなり（新潟県、岡山県、広島県）。さらに、果実肥大期の高温・多日照により、ミツ症（福島県、山梨県、滋賀県、京都府、兵庫県、広島県、熊本県）、果肉先熟（岐阜県）、赤肉果（兵庫県）などの生理障害が多発し、また、樹体にも高温障害が発生し、それにより樹勢低下がみられるようになった（山梨県、滋賀県）。

虫害では、ダニ類の多発傾向がみられている（兵庫県）。

温暖化のメリットとしては、岐阜県飛騨地域の「白鳳」が1週間ほど収穫が早まり収入が増加していることである（岐阜県）。

4.3.4. ウメ

暖冬年には、開花期が前進する。その結果、その後に気温が低下すると訪花昆虫の活動が不活発になって、結実不良になる確率が高まる（福井県、奈良県）。また、実止まり後に霜害を受けやすくなっている（神奈川県、奈良県）。

近年、夏期の高温・少雨と着果過多が原因とされる樹体衰弱現象が和歌山県と徳島県で発生している。また、胚固完了から成熟期にかけて高温・少雨が続くと、果肉中に水浸、しこり症状、樹皮脂の発生が多くなっている（福井県）。

温暖化のメリットとしては、生育期の気温が高いと果実の肥大が良好で、成熟期も前進し、高値販売が可能となっていることが挙げられる（福井県）。

4.3.5. オウトウ

早春期の温暖化で生育が進み、晩霜害を受ける危険が大きくなっている（山形県）。

6月が高温で推移すると、雨よけ栽培においてウルミ果が多くなる傾向がみられる（山形県）。また、花芽分化期の7～8月が高温乾燥で推移した翌年には、双子果が多発し、着色期に高温に見舞われたり、夜温が高温で推移する年には、着色不良果がみられる（山梨県）。

北海道では、秋口の温暖気候の後、急激な温度低下により凍害が発生している。施設栽培では、秋から冬にかけて温暖になると自発休眠覚醒が不十分となり、そのまま加温開始すると、発芽や開花までの期間が長くなり、開花や結実が不良となっている（山梨県）。

温暖化のメリットとしては、山梨県において、これまでは栽培ができなかった標高の高い地域にも栽培適地が現れていることである。

4.3.6. ブドウ

近年の早春期の温暖化傾向により、生育生態が前進し、「デラウエア」の1回目のジベレリン処理に誤差が生じてきており（三重県）。また、「マスカット・ベリーA」でジベレリン無核果硬化が不安定になっている（滋賀県）。

ブドウ産地では、黒色・赤色品種において、着色期から収穫期にかけての高温により、着色不良が多発し、問題となっている（茨城県、埼玉県、東京都、神奈川県、石川県、山梨県、三重県、滋賀県、大阪府、兵庫県、岡山県、広島県、島根県、香川県、佐賀県、大分県、熊本県、宮崎県、鹿児島県）。また、果実肥大期の高温による縮果症（埼玉県、滋賀県、兵庫県）、袋かけ直後に強日射を受けることによる果房上部の果粒表面の白色化（山梨県）、肩焼け（兵庫県）、成熟期の高温による穂軸褐変枯死や萎縮落果（滋賀県）、袋内脱粒や房枯れ症（兵庫県）など生理障害の多発が目立っている。

樹体では、葉焼け（秋田県、埼玉県）、太枝の日焼け（山梨県）、新梢基部葉から黄化落葉（滋賀県）が多発している。

施設栽培では、暖冬のために自発休眠覚醒が不十分となり、加温開始後、発芽の不揃いや結実不良が多発している（山梨県、大阪府、島根県、宮崎県）。

害虫では、ハスモンヨトウなど新害虫の被害が多くなっている（長野県）。

温暖化のメリットとしては、晩霜害が減少したこと（三重県）、豪雪地帯で棚が維持できなかった地帯でも栽培が可能になったこと（岡山県）、また、加温栽培では、温暖化に伴って暖房費が低減していることである（島根県）。

4.3.7. カキ

早春時の温暖により、開花期が早進し（岐阜県、愛知県、三重県）、その結果、晩霜害を受けやすくなった（岐阜県、愛知県）。

果実では、夏期の高温による日焼け果（兵庫県）、着色期における温暖化による着色遅延果（神奈川県、静岡県、奈良県、和歌山県、香川県、福岡県）が増加し、また、収穫期の高温による果実軟化や日持ち性の低下が増加している（岐阜県、奈良県、香川県）。さ

らに、岐阜県では、着色しないまま 12 月の降霜期を迎え、初霜害の発生が増えている。
虫害では、カキノヘタムシ発生が長期に及び、適期防除が難しくなっている（奈良県）。
温暖化のメリットとしては、果実肥大の促進（岐阜県、奈良県）および渋残りで甘ガキを栽培できなかった地域で甘ガキの栽植が増えていることが挙げられる（奈良県）。

4.3.8. クリ

高温少雨の年に、早生種を中心に小粒果や乾燥果が多発する傾向にある（兵庫県）。また、近年の高温傾向により、果肉が煮えたようになる変質果が多発するようになった（熊本県）。

冬季には、リンゴやモモと同様に、クリも比較的弱い寒波により凍害を受ける傾向がみられるようになった（福井県、岐阜県、兵庫県、）。

4.3.9. イチジク

高温乾燥により、新梢伸長不良、着果数の減少、小玉化が顕著になっている（兵庫県）。
害虫では、イチジクヒトリモドキの北上により、被害が発生している（広島県、愛媛県）。また、果実の目が開く時期が早まり、アザミウマ類の発生ピークと重なるため、果実被害が増加し（和歌山県）、高温少雨の年にはスリップの被害が増加している（兵庫県）。

温暖化のメリットとしては、晩霜害が減少し（千葉県）、また、積雪量の減少や凍害の減少により、不適地であった地域に栽培が広がっていることである（新潟県、兵庫県）。さらに、晩秋の気温が高いため、高い節位の果実まで収穫可能となっており、少雨傾向により、腐敗化の減少、日持ち性の向上がみられている（兵庫県）。

4.3.10. 小果樹類

ハイブッシュブルーベリーでは、夏の高温により干害が多くなっている（群馬県）。
温暖化のメリットとしては、ブルーベリーでは、凍害の発生が少なくなり、また、耐凍性が低くて栽培が不可能であったラビットアイブルーベリーや南部ハイブッシュブルーベリーが栽培可能になっていることである（群馬県）。

4.3.11. カンキツ類

ウンシュウミカンでは、発芽が遅れ、発芽から開花までの期間が短くなっている（宮崎県）。また、カンキツでは秋芽発生が増え（熊本県、鹿児島県）、花芽分化の遅延がみられる（静岡県、愛媛県、大分県、宮崎県）。また、6月時の高温により、生理落果が増える傾向がみられている（山口県、香川県、熊本県）。

果実品質では、晩夏～初秋にかけての高温により早生種で着色遅延・不良が起きている（和歌山県、大分県、熊本県、鹿児島県、宮崎県）。また、秋季の高温傾向により、浮皮（水腐れ症）発生（静岡県、山口県、愛媛県、鹿児島県）、腐敗果（宮崎県）、果皮障害（香川県、愛媛県、鹿児島県）などの生理障害が増加し、貯蔵性の低下が問題となっている（静岡県、山口県、徳島県、宮崎県）。さらに、ウンシュウミカンでは糖度低下がみられ（徳島県、佐賀県）、「不知火」では高酸果実が増えている（熊本県）。

病害では、黒点病、かいよう病が1ヶ月程度遅くまで発生するようになり（愛媛県）、既知のカンキツ褐色腐敗菌とは異なる新たな病原菌による発病が増加している（佐賀県）。また、グリーンング病が鹿児島県まで北上することが懸念されている（鹿児島県）。

虫害では、暖地系のツヤアオカメムシの発生量が増え、大きな被害をもたらしている（三重県、佐賀県）。秋冬季の温暖化により、越冬害虫が増加し、ミカンサビダニ（香川県、徳島県、佐賀県、大分県、鹿児島県）やミカンハダニ（鹿児島県）が多発傾向にある。また、愛媛県では九州南部のみの分布とされたアカマルカイガラが進入して、分布域を拡大しつつあり、鹿児島県では屋久島以南の分布であったリュウキュウミカンサビダニが発生するようになった。

温暖化のメリットとしては、寒風害（寒害）が減少したことにより、生産が安定したことである（群馬県、静岡県、大阪府、広島県、山口県、香川県、愛媛県、徳島県、高知県、大分県、熊本県）。また、果実への寒害も減少し、す上がりや苦み果が減少している（香川県、愛媛県）。さらに、ハウス用の暖房費が低減していることである（大分県）。果実では、果実の減酸が進み、出荷の前進化がみられる（神奈川県、静岡県、福岡県、佐賀県、鹿児島県）。また、開花から収穫期までの期間が伸びたため、果実肥大が促進され、完熟果実が収穫できるようになった（大阪府、愛媛県、大分県、熊本県）。

4.3.12.ピワ

カンキツ類とは逆に、弱い寒波でも凍害を受けることが多くなった（兵庫県）。果実では、成熟期の高温により、そばかす症、へそ黒、紫斑症などの障害果が増加している（香川県）。

温暖化のメリットとしては、暖冬により、寒害が減少し（千葉県）、寒さが原因で発生する果実壊死やはちまき果が減少したことである（香川県）。

4.4. 気候温暖化影響への対応策について

4.4.1. 落葉果樹の対応策

リンゴ「つがる」の軟化対策：適期収穫の徹底とカルシウム剤散布。凍害対策：耐寒性品種や台木の導入（北海道）。輪紋病対策の指導、貯蔵障害に関するマニュアルの発行（青森県）。岩手県では、凍霜害については、ごく一部の園地で防霜ファンを導入している。焼法を取り入れる動きも見られる。着色不良については、温暖化を意識してのものではないが、「つがる」などでは着色系統の導入が進み、結果として対策となっている（岩手県）。病害の発生増加に伴い、防除回数を増やし、適正な農薬の選択を指導している（宮城県）。輪紋病に対しては、天候により散布間隔の短縮を指導、晩霜害に対しては、人工受粉の徹底および焼法による防止を指導（秋田県）。リンゴ果実着色不良対策（福島県）。防霜ファンの設置（茨城県）。病虫害防除基準の改訂と、薬剤散布の徹底（栃木県）。豊水の凍害では元肥（11月）を減らして、看肥に切り替えている。早生品種を中心に被害が多く、早生品種の構成割合を少なくしている。また、凍害や背面の日焼け等では白塗剤処理などを行っている（群馬県）。ブドウ「高尾」の着色障害果発生原因の究明と対策。微量要素欠乏、高温障害の両面から、原因究明を開始した（東京都）。赤系大粒ブドウの着色不良について、適正着果量の厳守を基本に、袋から着色期の傘ひのかけ替え、棚下を明るく保つこと等を指導。また、環状剥皮による着色向上効果を試験。カキ「富有」の着色遅延対策としては、着色期の摘葉、反射シートによる受光状態の改善を指導するとともに、10月中旬に収穫できる優良品種への更新を勧めている。ハダニ対策としては、効果の高い薬剤を発生初期に使用して、高密度にしない防除を指導。ウメの結実安定には、受粉用品種の適切な混植、ミツバチの導入、防風ファンの設置（神奈川県）。品種構成の検討、防霜ファンや防雹ネット（多目的防災網）等の導入（新潟県）。リンゴの花芽異常、青実対策として、弱剪定、果台枝長の長いものの摘果、Nの遅効き防止策（春肥の減肥、遅効性肥料の活用等）を勧めている（富山県）。ウメの結実不良対策として、ミツバチ放飼密度の増加（福井県）。凍害対策として、白塗剤の塗布、ワラ巻きなどを指導。ニホンナシの有袋栽培においては、日焼け防止のためやや遮光率の高い果実袋を指導（長野県）。着色不良対策としては、特効的な対策はないが、夜間散水や草生栽培などにより園内温度を下げる。果実の日焼け症対策としては、傘や袋かけの実施と新梢をやや多く配置し、果実への直射を遮る。太枝の日焼け対策としては、新梢管理や遮光資材（反射マルチや段ボールなど）により直射光を遮ることと、太枝を無理に剪除しない。オウトウの双子果対策としては、効果は不明であるが、収穫後も定期的に灌水を実施する。温度観測により低温要求量を満たしてから、加温開始する。病虫害の発生予察調査結果をもとに、発生予察情報を作成し、関係指導機関等に情報の提供をおこなうなど対策を講じている（山梨県）。カキでは総合的な対策として、縮間伐の徹底、土づくりの励行を進めている。一方、モモでは凍害対策として、主幹部への白塗剤処理、主幹部へのせん定傷の減少、樹幹病虫害対策の強化、肥培管理の適正化、排水対策の徹底、耐凍性台木の利用等を進めている（岐阜県）。カキ果実の着色促進対策としてマルチ栽培を検討中（三重県）。カキ「刀根早生」の着色不良に対して、環状はく皮、反射マルチ敷設、果実周辺の葉の摘除（摘葉）を指導（和歌

山県)。ブドウでは被覆と棚面の間隔を広くすることで改善するよう指導。モモの日焼け等は太い枝幹部の白い塗布剤処理や発育枝の配置を行うよう指導している(滋賀県)。モモのミツ症対策として、直射日光(特に西日)が当たる場所での着果の場合、枝葉を配置し高温にならないようにする。遮光性の果実袋を使用し、袋内の温度を上げないようにする。摘蕾・摘果を抑制し、極端な大玉果生産をしないこと。収穫適期を遵守し、硬度が 2 kg/cm^2 以下になるまでに収穫するなどの指導を行っている(京都府)。ブドウハウスのシアナミド処理は低温遭遇時間を守ることで、ブドウの着果量を適性にする等の無理をしないなどの管理を指導(大阪府)。ブドウの着色不良:ハウス栽培による前進化、環状はく皮処理、土壌水分コントロール。ブドウの果実障害:土壌改良、マンガン欠乏対策、適期防除。イチジクの異常成熟果:こまめな水管理、排水性の改良。イチジクの虫害:薬剤防除、雑草管理等の徹底。ニホンナシの成熟障害:発生予察と適期防除、光センサーによる選別。クリの凍害:株ゆるめ処理、糖蜜処理。イチジク、カンキツ、モモ、リンゴなどのダニ、サビダニの多発:適期防除。ニホンナシ「二十世紀」の子持ち花の増加:有効土層の浅い園では点滴かん水の導入。リンゴの病害:褐斑病に重点をおいた防除暦の改訂(兵庫県)。ブドウ「ピオーネ」の着色不良地帯は作型や品種の変更を検討。ニホンナシ「新高」の果肉障害にたいしては、こまめな灌水の励行。モモ「清水白桃」の早熟化に対しては、フィルムマルチによる降雨の遮断を指導(岡山県)。モモの開花が前進する対策として、開花遅延技術の開発を検討(広島県)。休眠打破剤の効果的な使用法およびカキの防除歴の見直しを行い、薬剤散布時期・農薬の種類について再検討(島根県)。ハウスニホンナシの発芽遅延に対して、一時的な露地栽培への転換により樹性回復。枝幹障害の発生防止。ビニール被覆後の温湿度管理の徹底などを指導(福岡県)。ニホンナシ「豊水」ミツ症対策として、樹勢強化のための土壌改良および根接ぎを指導。ニホンナシねむり症に対して、加温時期の再検討等を行っている(佐賀県)。ニホンナシ胴枯れ病に対して、被害の早期発見と早期処理。カメムシ類対策:多飛来時:ニホンナシ団地ごとの一斉防除、園外にも薬液がかかるようにSSのファンを回転させる。ヒノキ・スギ林に対する粉剤防除等。初期加害期:ニホンナシ園周辺部に対する防除の徹底と袋かけの早期実施を行っている(大分県)。ニホンナシ「新高」のミツ症対策:土づくりを徹底して樹勢を整えるとともに、側枝間隔を $40\sim 50\text{cm}$ と従来より狭くして、果実が葉陰になるべく隠れ、果実温が上がらないようにしている。なお、葉数が少ない場合などは、収穫前の1カ月間20%程度の遮光ネットを張ることで軽減効果を図ることができる。ただし、遮光率が高かったり、遮光期間が長くなると、果実品質がかなり劣ることがあるので注意する。梅雨明け以降に土壌が乾燥するときは、1週間おきに $20\sim 30\text{mm}$ の灌水を行う。ただし、収穫の20日前頃からは、糖度低下を防ぐため、灌水は控え目に行うようにしている。9月上旬頃からは約1週間置きに樹冠外周部の大玉果を数個ずつ収穫し、発生状況を観察する。多発生が予想される場合は、発生前に収穫し、果実袋に入れたままで5程度で貯蔵すると、約1カ月間は収穫時の品質が保持できる。モモのミツ症対策:大玉果に発生が多くみられるため、過度の大果生産をねらわず、品種に応じた大きさ(例、長沢白鳳 $250\sim 350\text{g}$ 、川中島白桃 $300\sim 400\text{g}$)の果実生産に努める。果実赤道部の果肉硬度が 1.5kg 以下になると障害程度の重い果実の割合が多くなるので、果肉硬度が 2 kg 前後を目安に収穫する。クリの変質果対策:収穫期が高温になる日が多くなってきたの

で、落穂した日のなるべく午前中に収穫し、家庭選果を徹底している。また、選果場に持ち込み後も、果実温が上がらないように、輸送段階も含めて細心の注意を払う。なお、黒色実腐病や炭そ病対策として、間・縮伐や剪定を徹底し、枯れ枝が出ないようにしている。

ニホンナシの台風被害軽減対策： 棚の縦振動を抑えて落果を軽減するため、鋼管を用い棚の補強を行う。 果実落下時の打ち傷を防止または軽減するため、棚のすぐ下にネットを丸めておき、台風襲来前にそれを棚下に広げる。なお、ネットは棚下のなるべく近い所に弛みを付けずに張る方が打ち傷は少ない（熊本県）。ニホンナシ「豊水」のミツ症にたいして、キレートカルシウムを散布し、適期の収穫を行うことを指導（宮崎県）。ニホンナシのミツ症： 収穫適期の徹底（カラーチャート地色3～4、あらかじめ食味、糖度の検討）。 土づくり、土壌改良による細根の増加と活性化。 適正着果、早期落葉の防止による樹勢強化。 土壌の過乾燥を防ぐためのこまめなかん水。ブドウの着色不良： 適正着果量の徹底により、着果過多を回避。 新梢の誘引、摘心の徹底。ニホンナシの不発芽： 樹勢低下の圃に発生する傾向があるので、土づくり、土壌改良による細根の増加と活性化により、樹勢強化を図る（鹿児島県）。

4.4.2. 常緑果樹の対応策

ウンシュウミカンの浮き皮抑制対策として、カルシウム剤散布による方法、房状着果等による大玉防止を指導（神奈川県）。カンキツのカメムシ対策としてマルチ栽培や土着天敵の利用を検討中（三重県）。ウンシュウミカンの着色不良に対して、反射マルチの敷設を指導（和歌山県）。浮皮防止対策として、有機物の施用等樹勢の安定を図るとともに、秋季のカルシウム剤、エチクロゼート散布を指導している。カルシウム剤については、6月後半からの散布による浮皮軽減効果の促進を検討している。生理落果抑制は、発芽期の窒素主体および開花期のカルシウム剤等の液肥散布を行っている。隔年結果是正は「青島温州」を中心に交互結実栽培を推進している（山口県）。樹冠上部摘果で、ウンシュウミカンの浮皮やヤケの発生防止に効果が高い。予措戻り予防のため、タイベック貯蔵を検討。開花異常にたいして、早期樹冠上部摘果による着花の確保を指導。結実不良について、摘蕾再予備枝の代わりになる樹冠上部摘果枝からの、優良な結果母枝の確保を指導。カンキツ黒点病、かいよう病発生に応じた防除対策の指導。カイガラムシ発生に応じた防除対策の指導などを行っている（愛媛県）。ウンシュウミカンの糖度低下に対して、マルチ栽培を推進。ミカンサビダ二等の防除時期の改正（佐賀県）。ハウスミカンの花芽分化不良にたいして、着花促進技術の開発を検討。秋季におけるミカンサビダ二防除の徹底（大分県）。ウンシュウミカンでは隔年結果是正を目的に、普通ウンシュウを主体とした隔年交互結実が普及しつつある。また早生ウンシュウでは樹冠上部摘果について、実証圃を設置し検討を行っている。また、中晩柑の「不知火」では酸高果実解消のための早期一発摘果や灌水装置の設置、苗木主体の新植、改植を推進している（熊本県）。ウンシュウミカンの着色不良：極早生ウンシュウの着色不良に対しては、透湿性シートマルチを設置し、着色促進、品質向上を図っている。ポンカンの水腐れ症：施設化を行い、収穫前にビニル被覆を行う。ポンカンの浮き皮：果皮強化対策として幼果期にカルシウム剤の散布を実施。カンキツの秋芽抑制：ハウスミカンでは、フィガロン乳剤散布や透湿性シートマルチ設置

による雨水の浸入防止を実施し、秋芽を抑制している（鹿児島県）。

4.5. 果樹栽培における気候温暖化影響の活用について

ブドウ、ニホンナシ、モモは温暖地方が栽培適地であるが、青森県ではこれらの果樹も含め、リンゴ以外の果樹振興を図ることとしている（青森県）。様々な樹種が栽培できる環境に成りつつあり、産直活動も活発なので、安定的に生産できる品目を随時経営に取り入れていけるように指導していく（宮城県）。ラビットアイブルーベリーおよび南部ハイブッシュブルーベリーの導入を検討（群馬県）。冬季温暖化を活用したカンキツ類の無加温施設栽培の検討（神奈川県）。具体化の予定は無いが、観光果樹園や直売において、雑柑類の導入はおもしろいのではないかと（大阪府）。冬季の気温上昇による寒害の減少からウンシュウミカンの越冬完熟栽培や山口県育成晩生カンキツの樹上越冬栽培法を開発する（山口県）。中晩柑の中でも特に熟期の遅い（4～5月）完熟系品種「カラマンダリン」、「せとか」等の安定生産が可能となり、これらの品種の露地栽培試験を検討中（愛媛県）。温暖化により、カンキツや落葉果樹では、開花が早まることにより、収穫が早まることが期待されるため、ハウスミカンや極早生ウンシュウにおいて早進化に向けた高品質果実生産技術確立に取り組中である。また、マンゴーやパッションフルーツ等のトロピカルフルーツ栽培が拡大することが予想されることから、技術確立を検討している（鹿児島県）。

4.6.まとめ

気候温暖化は、緩やかに、しかも長期に亘る問題であるため、その実感をつかみきれない側面があるが、既に我が国の果樹農業に影響を及ぼし始めていることが明らかになった。早春期の温度上昇、夏期の高温、秋季の温暖化、そして暖冬を通じて果樹の生育生態、果実品質、収量、気象災害、病害虫の発生生態などに様々な影響がみられている。しかし、それらの影響は、地域や果樹の種類によって、マイナス作用であったり、プラス作用であったり、矛盾した局面が多く、かなり複雑である。

早春期の温暖化は、多くの果樹で発芽や開花期の前進を引き起こしている。その結果、西南暖地では晩霜害が減少し、果樹栽培が安定してきているが、逆に寒冷地では晩霜害が増加する傾向にあり、栽培の不安定要因となっている。しかし、生育生態の前進は、その後の気温上昇とあいまって果実肥大と成熟を促進させ、これまでリンゴ、ニホンナシ、ブドウの栽培北限とされている北海道や東北地方では、高品質果実が収穫ができるようになってきている。また、ニホンナシでは関東地方を中心に盆前出荷の地域が拡大し、販売面で有利になっている。しかし一方で、これまで盆前出荷で高値販売をしてきたニホンナシの栽培地では、その有利性を失いつつある。さらに、モモでは成熟期が早まりすぎて、盆需要に合致しなくなりつつある地域が出始めている。産地再編をもたらす重要な現象として捉える必要がある。

夏～秋期の温暖化は、果樹の品質・収量を左右する重要な時期であるため、そのマイナス影響は深刻である。生理落果や花芽分化の抑制はもとより、果実の着色不良、軟化、貯蔵性の低下などが、落葉、常緑を問わず、多くの果樹でみられている。とくに生理障害の多発は深刻で、果実品質を著しく低下させている。また、夏の高温は干ばつを伴うことが多く、傾斜地果樹園で樹勢低下がみられている。用水対策は今後、ますます重要なものとなる。

落葉果樹では秋から冬にかけての温暖化により、休眠覚醒異常がみられるようになり、ニホンナシなどの落葉果樹における南限地の後退が懸念される。このことは、産地存亡に関わる重大な問題であるため、早急に防止策を開発する必要がある。九州地方では加温施設栽培ニホンナシにおいて、眠り症と呼ばれる異常が多発しているが、この原因は休眠覚醒異常と考えられている。また、暖冬傾向は、凍害などの気象災害が減少することが期待されるが、実際にはリンゴ、モモ、ニホンナシ樹などにおいて、凍害が起りやすくなっている。一方、温暖地ではカンキツを中心に寒風害が減少して、生産安定するというプラスの影響もみられている。また、暖冬傾向下では積雪量の減少による雪害の減少、施設栽培での暖房経費の削減など有利な面もみられている。さらに、暖冬傾向はカンキツ類における収穫後の樹勢回復や花芽形成促進に有利に働いていることが指摘されている。

病害虫は気候温暖化により、北上傾向にあるとともに、その発生期間の長期化が認められている。そのため、薬剤散布回数の増加や新たな薬剤の投入など経費増加が起きており、また防除歴の改変が必要になってきている。注目しなければならないのは、カンキツグリーニング病の北上である。グリーニング病の影響の深刻さを思えば、絶対に北上を阻止しなければならない問題である。一方で、温暖化に伴って、リンゴモニリアや腐らん病、ナ

シ黒星病など発生が減少することが期待されるむきもあるが、今後は病害虫発生予測を迅速に提供できるシステムを構築することが温暖化対策として必要となろう。この他、8月期における日焼け、干害、雹害、鳥獣害、雑草発生の増加等がみられており、今後解決しなければならない課題は多い。

農業は気象条件に依存する産業であるため、気候温暖化の影響は必至であり、その対策はわが国農業が直面している一番重要な課題の一つといわなければならない。既に、気候温暖化への対策を取り始めている県もあるが、多くは未着手状態であり、早急に対策技術の開発を進める必要がある。

気候温暖化に対応した技術のあり方としては、まず、地域や樹種によって影響の仕方が異なることから、地域毎に、樹種ごとにプラス、マイナスの影響を峻別し、それぞれ個別に検討する必要がある。プラスの面は活用すべきである。一方、マイナスの影響については、軽減するための技術開発が必要である。それには、気象変動に基づく生育予測技術の高度化を図り、それによって現在の栽培技術や品種を温暖化に対応したものに直すとともに、防災施設の整備や危険分散化といった方策を幾重にも張り巡らすことが基本となろう。しかし、品種一つとってもその開発には多くの研究分野の深化と参画が必要である。ましてや、気候温暖化に対応した栽培技術の構築には研究全分野の参画が不可欠である。困難な作業となろうが、着実に、誠実に対応し、将来に備えなければならない。

果樹農業に対する気候温暖化の影響に関する調査票

独立行政法人農業技術研究機構果樹研究所

本調査は、気候温暖化（地球温暖化）の進行に伴って生じている各種問題の現状を報告願ひ、今後の気候温暖化に対応した果樹農業のあり方および対策技術を検討する基礎資料を得るために行うものです。温暖化の影響は予測を伴う場面が多く、回答がし難い点があるかと思いますが、ご協力のほどよろしくお願ひいたします。

県名：

Q 1 . あなたの県の果樹栽培において、温暖化の影響が出ていると思いますか。

- 1 . 温暖化の影響はみられない
- 2 . 温暖化の影響とは断定しえないが、温暖化の影響らしき現象が起きている
- 3 . 温暖化の影響がみられる

Q 2 . (前問で2および3を選択した県に)

A . 果樹栽培にマイナスと思われる果実への影響（着色不良、貯蔵性の低下、品質低下、病虫害等）について、その種類と症状を記載ください。

例 . 種類（モモのみつ症）

症状：（樹種・品種、場所を含む）

沿岸地域のモモ（白鳳）には、以前からみつ症がみられたが、近年、増加の傾向がある。症状は核近くの果肉が水浸状態となり、やがて褐変する。褐変部は発酵臭がする。園地内での発生には一定の傾向はみられないが、樹内では地上部より2～3m、南西側に着生した果実に発生する傾向がある。土壌条件は、沿岸部特有の砂質土壌であり、やや乾燥しやすい。等々。

1 . 種類（）

症状：（樹種・品種、場所を含む）

2 . 種類（）

症状：

3 . 種類（）

症状：

別紙アンケート調査票

B. 果樹栽培にマイナスと思われる樹体への影響（成育異常、休眠・開花異常、気象災害の増加、病害虫等）について、その種類と症状を記載ください。

1. 種類（ ）
症状：（樹種・品種、場所を含む）

2. 種類（ ）
症状：

3. 種類（ ）
症状：

Q 3.（前問を記載した県に）マイナス影響に対する対策を講じていますか。

1. 講じている
2. 検討中
3. 講じていない

Q 4.（前問で1～2を選択した県に）技術対策を具体的に記載ください。

Q 5.（Q 1で2および3を選択した県に）温暖化に関係した問題を課題化してありますか。

1. 課題化している（行政施策として）
2. 課題化している（研究課題として）
3. 計画がある（行政施策として）
4. 計画がある（研究課題として）
5. 課題化も計画もない

Q 6.（Q 5で1および2を選択した県に）実施課題を具体的に記載ください。
（課題名、内容、期間、予算措置等）

Q 7.（Q 5で3および4を選択した県に）計画課題を具体的に記載ください。
（課題名、内容、期間、予算措置等）

別紙アンケート調査票

Q 8 . (Q 1 で 2 および 3 を 選択した 県に)

A . 果樹栽培にプラスと思われる果実への影響 (肥大促進、収量増大、各種障害の減少等) があれば、その種類と特徴を記載ください。

1 . 種類 ()
特徴 : (樹種・品種、場所を含む)

2 . 種類 ()
特徴 :

3 . 種類 ()
特徴 :

B . 温暖化の影響として、果樹栽培にプラスと思われる樹体への影響 (樹体成育の促進、気象災害、病虫害の減少等) があれば、その種類と特徴を記載ください。

例 . 種類 (寒害の減少)
特徴 : (樹種・品種、場所を含む)
 県北地域のウンシュウミカンの枝枯れが減少した。

1 . 種類 ()
特徴 :

2 . 種類 ()
特徴 :

3 . 種類 ()
特徴 :

Q 9 . 果樹栽培にプラスと思われる現象を今後、活用する計画がある場合は、その活用計画を具体的に記載ください。

別紙アンケート調査票

Q 10 . 温暖化傾向を解析するのに有効な気象要因(気温、地温、降水量、日射量等々)および成育相(発芽期、開花期、伸長停止期、収穫期、落葉期等々)、病害虫の発生変動の中長期にわたるデータがありますか。また、それらは共同研究の資料として提供可能ですか。

Q 10 . その他(温暖化に関する意見を自由に記載ください)。

本件の調査票に関する問い合わせ先
農業技術研究機構果樹研究所
生理機能部環境応答研究室
黒田治之
〒305-8605 つくば市藤本 2-1
Tel: 029-838-6506; Fax: 029-838-6437
E-メール: hkuroda@affrc.go.jp