

温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状

杉浦俊彦*・黒田治之^a・杉浦裕義

農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所 305-8605 つくば市藤本

Influence of the Current State of Global Warming on Fruit Tree Growth in Japan

Toshihiko Sugiura*, Haruyuki Kuroda^a and Hiroyoshi Sugiura

National Institute of Fruit Tree Science, Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605

Abstract

To grasp the actual influence of global warming on fruit tree production in Japan, a questionnaire was sent to prefectural institutes for fruit tree research. All 47 prefectures responded. All prefectures replied that global warming had affected on at least one tree species. The impact had extended to almost all tree species. The tree species were classified in to two types by responses of fruit development to climate changes. One group was the earlier development type and the other was the prolonged development type. The former were tree species in which both flowering and maturation periods had accelerated; these included Japanese pears, peaches and Japanese apricots. The latter were tree species in which the flowering period had accelerated, while maturation period had not accelerated; this type included apples, Japanese persimmons, grapes and satsuma mandarins. Fruit qualities of the prolonged development type had clearly changed, for example coloring faintly, enlarging, reduction of acid, softening and spoiling rapidly. Freezing injury on evergreen fruit trees and figs had decreased, while it had increased on other fruit tree species. Late frost damage showed both increase and decrease by region.

Key Words : climate change, coloring, flowering period, freezing injury, maturation period

キーワード : 着色, 開花期, 気候変化, 成熟期, 凍害

緒 言

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第3次評価報告書 (IPCC, 2001) によると, 大気中の温室効果ガス濃度の上昇によって全球の年平均地上気温が1990年と比較して2100年には1.4°C ~ 5.8°C 上昇すると予測されている。それに伴い, わが国の農業生産も顕著な影響を受ける可能性があるが, とくに果樹生産については, 今世紀半ばまでにリンゴおよびウンシュウミカンの大規模な産地移動が指摘されるなど (杉浦・横沢, 2004), 甚大な影響が予想される。

一方, 気象庁は, 都市化の影響が比較的小さい気象官署の過去の観測値を解析し, 日本の気温は20世紀の100年間に1.0°C 上昇したと報告しており (気象庁, 2002), 温暖化はすでに始まっていると考えられている。またサクラの開花期やカエデの紅葉期は近年, 有意に前進・遅延するなど

(気象庁, 2005), 生物への温暖化の影響も顕在化している。果樹においても, ニホンナシでは開花期や収穫期の有意な前進が報告されている (本條ら, 2002; 伊藤・市ノ木山, 2005)。

温暖化等の気象変動が及ぼす影響は, わが国の果樹生産の根幹に関わるものであるだけに, 果樹の温暖化対策を進めていくことは急務であるが, その前提として, 将来, 具体的にどのようなことが起こりうるか明確にすべきある。人工気象室等を用いた昇温実験を樹種ごとに行えば, 比較的高精度なデータが得られるものの, 網羅的に行うには, 大規模な試験が必要となる。また, 生産者や行政が温暖化対策を検討していくためには微細なデータよりも, 広範囲な情報が必要になると考えられる。

しかしながら, すでに気温が上昇している事実 (気象庁, 2002) を考えれば, すでに発生している現象を集約することで, 温暖化によるインパクトを概観でき, 樹種間の影響の差異などに関する知見が得られる可能性がある。そこで, 温暖化がわが国の果樹農業に及ぼす影響についてできるだけ網羅的に把握をすることを目的として, 全国の果樹関係公立試験研究機関に対して調査を行った。ここでは, その中で明らかになった果樹の生育や果実品質の変化について報告する。

2006年7月28日 受付. 2006年8月31日 受理.

本研究の概要は園芸学会平成16年度秋季大会で発表した。本研究は(財)中央果実生産出荷安定基金の委託事業「平成15年度果樹農業生産構造に関する調査」の一部として行われた。

果樹研究所業績番号 第1441号

* Corresponding author. E-mail: sugi@affrc.go.jp

^a 現在: 鹿児島大学農学部

材料および方法

近年の温暖化の進行に伴って各都道府県の農業生産現場において生じている各種現象や問題点、メリットについての情報を収集するため、果樹農業に対する温暖化の影響についての調査票を全国の果樹関係公立研究機関へ2003年6月に送付し、同年11月までに全47都道府県から回答を得た。調査は選択肢を設けず、果実または樹体に及ぼしている影響について自由な記述を求めた。回収した調査票の記述のうち、生育の変化に関する内容を集約し、解析するとともに、文献等による調査結果の裏付けを試みた。

結 果

果樹生育への温暖化の影響について、いずれの都道府県からも、それぞれ何らかの現象が発生しているとの回答が得られた。以下には具体的な内容をいくつかの項目に分類して示す。

1. 花芽・果実の発育に関する影響

花芽や果実の発育に関わる温暖化の影響に関する記述を第1表に整理した。発芽・開花期の前進については29と多くの都道府県から指摘があった。指摘した都道府県は、北日本から南日本まで分布し、地域的な偏りはなかった(データ省略)。

発芽・開花期が一方的に早期化傾向にあるのに対し、果

実の成熟期は前進と遅延の両方があった。このうち前進が顕著なのはニホンナシとモモであり、比較的遅延が多かったのはカキである。

果実着色の遅延・不良について指摘は、47都道府県のうち32と最も多く、やはり北日本から南日本まで分布し、地域的な偏りはなかった。発芽・開花期の前進および着色の遅延・不良が、現時点で、全国で最も顕著に表れている現象であるといえる。ただし、発芽・開花期の前進がどの樹種でもほぼ共通にみられるのに対し、果実着色の遅延・不良は、リンゴ、ブドウ、カキ、ウンシュウミカンのように顕著な樹種と、ニホンナシ、モモ、ウメのように全く指摘のない樹種に分かれた。

自発休眠覚醒の遅延など低温要求性の問題は露地栽培についての指摘はなかったが、施設栽培ではブドウやニホンナシなどでみられた。常緑果樹でも、施設栽培ではウンシュウミカンにおいて花芽分化の遅延が指摘された。

2. 果実品質等に関する影響

果実品質等への温暖化の影響への記述を整理し、4都道府県以上から指摘のあったものについて第2表に示した。複数の樹種にわたって記述がみられたのは、大玉化、低酸化・脱渋促進、果肉軟化、貯蔵性低下および日焼け果の増加であった。これらのうち、日焼けの増加を除いた事項は、リンゴ、カキ、ウンシュウミカンなど果実着色の遅延・不良が指摘されたグループで多かった。

第1表 花芽・果実の発育に関する影響を指摘した都道府県数

変化内容	全樹種 ²	ニホンナシ	モモ	ウメ	リンゴ	オウトウ	ブドウ	カキ	ウンシュウミカン
発芽・開花期の前進	29	12	2	4	4	1	1	4	8
成熟期の前進	17	9	4	1	1			1	1
成熟期の遅延	4				1			3	
果実着色の遅延・不良	32				11	1	20	7	6
自発休眠覚醒・発芽の遅延・不良(施設内)	6	3	2			1	3		
花芽分化の遅延(施設内)	5								5

² 1樹種でも指摘をした都道府県数、右列に示した樹種以外の樹種も含む

第2表 果実品質に関する影響を指摘した都道府県数

変化内容 ²	全樹種 ²	ニホンナシ	モモ	ウメ	リンゴ	ブドウ	カキ	ウンシュウミカン	カンキツ ^x
大玉化	9			1	2	1	3	3	
低酸化・脱渋促進	10	1			1		2	4	2
果肉軟化	9				7		3		
貯蔵性低下	8				3		1	4	
日焼け果の増加	7	2	1		4	2	2	1	
みつ症の増加	14	8	8						
縮果症の増加	4					4			
生理落果の増加	4							4	
浮皮の増加	7							6	1

² 4都道府県以上から指摘されたもののみ

² 1樹種でも指摘をした都道府県数、右列に示した樹種以外の樹種も含む

^x ウンシュウミカンを除く

第3表 気象災害に関する影響を指摘した都道府県数

変化内容 ²	変化	全樹種 ¹	ニホン ナシ	モモ	ウメ	リンゴ	オウトウ	ブドウ	カキ	クリ	イチジク	ウンシュ ウミカン	ビワ
凍害(寒害, 寒風害)	増加	10	3	3	2	4	1			3			1
	減少	14									3	10	2
晩霜害	増加	14	5	1	2	3	1		2				
	減少	4				1		1	1				
雪害	増加	1				1							
	減少	4	1	1		1							
樹体・葉の日焼け	増加	5	1	1		1		2					

²4 都道府県以上から指摘されたもののみ¹1 樹種でも指摘をした都道府県数, 右列に示した樹種以外の樹種も含む

一方, 糖度に関する記述は少なく, 上昇あるいは低下について言及した都道府県数は全樹種を合わせても1ないし2であった。

第2表のうち, みつ症の増加以下の4項目は特定の樹種の果実に現れている現象である。樹種特有の影響としては, ニホンナシおよびモモのみつ症の発生増加が, それぞれ8, ウンシュウミカン等カンキツの浮皮の増加が7と, 比較的多くの都道府県から指摘された。また, ブドウの縮果症とウンシュウミカンの生理落果の増加についての指摘がそれぞれ4ずつあった。

3. 気象災害等に関する影響

気象災害に関する記述を整理し, 4 都道府県以上から指摘のあったものについて第3表にまとめた。このうち凍害については, 増加したと記述した都道府県数は10, 減少は14であった。樹種別に見ると, 増加はほとんど落葉果樹であり, 減少は常緑果樹とイチジクであった。晩霜害については, 増加した都道府県が多く, 14であったが, 減少も4あった。雪害は減少, 樹体や葉の日焼けは増加傾向であった。

地域別にみると, 凍害が増加したとした都道府県数は北海道・東北で3, 北陸1, 関東・東山2, 東海・近畿3, 中国・四国0, 九州・沖縄1であった。また, 晩霜害が増加したとした都道府県は北海道・東北で5, 北陸2, 関東・東山2, 東海・近畿3, 中国・四国1, 九州・沖縄1であった。凍害, 晩霜害も増加を指摘した都道府県数は, どちらかといえば東日本以北で多く, 西日本以南に少ない傾向であった。一方, 晩霜害の減少についての指摘は, 関東・東山1, 東海・近畿1, 中国・四国1, 九州・沖縄1で, 西日本以南が中心であった。

雪害に関する記述では増加が北海道・東北で1, 減少は北海道・東北, 北陸, 関東・東山, 東海・近畿が各1であった。

考 察

1. 全体について

全都道府県より, それぞれ温暖化に関する何らかの現象の発生についての回答が得られ, またほとんどの樹種に及んでいることから, 地域・樹種によらず, 温暖化の果樹へ

の影響がすでに現れはじめている可能性が高いことが示された。わが国の果樹栽培面積は1950年頃から急増し, ピークを迎える1975年頃までに約3倍になった(農林水産省, 1994)。このころまでに多くの果樹産地が形成されたと考えられるが, わが国の気温は1990年代以降, 顕著に上昇している(気象庁, 2005)。近年, 温暖化の影響の顕在化は, この産地形成後の気温の変動が基本的な原因になっている可能性がある。この気温上昇は, 北日本, 東日本, 西日本, 南西諸島のいずれにおいても同程度であり(気象庁, 2005), 今回の調査で, 地域によらず, 全国的に影響が現れたことと一致している。

2. 花芽・果実の発育に関する影響

今回の調査で, 半分以上の都道府県から指摘のあったのは, 発芽・開花期の前進と着色の遅延・不良である。春季あるいは自発休眠覚醒後の気温が高いと発芽・開花期が前進することは, リンゴ(市田ら, 1976; 鎌田, 1992; 鈴木・丹野, 1970), カンキツ(岡田ら, 1984; 田端, 1983), ウメ(鈴木ら, 1993; 渡辺ら, 1975), オウトウ(別府ら, 1997), ナシ(青木ら, 1985; 熊本, 1980; 小野ら, 1988; 杉浦ら, 1991), ブドウ(本永ら, 2000; 杉浦ら, 1995b), モモ(五井, 1982), カキ(中條, 1982; 小松ら, 1998)など, 樹種によらずよく知られている。

秋冬季の高温は落葉果樹の自発休眠覚醒を遅延させ, 発芽・開花期を遅延させる可能性もあるが, 今回の調査では, 露地栽培において, 発芽・開花期が遅延しているという指摘はなかった。しかし, 人工的に低温期間を短縮させる加温施設栽培では, 自発休眠期の低温不足が顕在化しており, 加温栽培が盛んな落葉果樹であるブドウ, オウトウ, ニホンナシ, モモにおいて, 施設内における自発休眠覚醒遅延や発芽不良が指摘された。亜熱帯地域で温帯果樹を生産している場合には露地栽培でも自発休眠覚醒不良が顕在化している場合があり(本條ら, 2006), わが国でも, 今後, 自発休眠覚醒不良について注視する必要がある。

カンキツでも, 花芽分化するためには低い温度が有効である(井上, 1990; 大垣・伊東, 1972)。この現象も施設内でのみ指摘されている。

アントシアニンやカロテノイドといった色素によって果皮が着色する果実では、リンゴ (Albrigo・Childers, 1970; Creasy, 1968; 苫名・山田, 1988; 山田ら, 1988), ブドウ (内藤ら, 1986; 苫名ら, 1979), カキ (中条ら, 1973), ウンシュウミカン (井上・銭, 1988; 栗原, 1969; 宇都宮ら, 1982) などで、高温によって果皮の着色が遅延もしくは阻害されることが知られており、この現象が温暖化により生産現場において発生している可能性が高い。

一方、ニホンナシ、ウメ、モモなどのように、特定の色素の発現よりも、クロロフィルの消失が熟期の判断材料として重要であるものは、果実着色の遅延・不良が目立ちにくいと考えられる。また、クロロフィルの消失も高温で阻害されるものの (小林, 1975), アントシアニン等の色素の発色ほど顕著ではなく、ニホンナシでは高温による消失阻害は比較的小さいことが示唆されている (杉浦ら, 1995a)。

成熟期については、ニホンナシ、ウメ、モモなど特定色素の発現が顕著でない樹種では、前進が指摘された。これは開花期が前進した結果、果実の発育ステージ全体が前倒しに進行し、成熟期の早期化として現れているものと推察される。一方、特定の色素の発現が明確なリンゴ、カキ、ブドウ、ウンシュウミカンでは、果実成熟期的前進および遅延の両方が指摘されたり、開花期の前進に比べて成熟期の前進の指摘が少なく、必ずしも成熟期は開花期の前進に相応しなかった。リンゴやカキでは、開花期が早いほど、収穫までの日数が長くなるという報告もあり (福田, 1985; 鄭ら, 1990), 温暖化により、これらの樹種では果実の生育期間が延長している可能性がある。この理由として、リンゴ、カキ、ブドウ、ウンシュウミカンなど、盛夏期以降に成熟する樹種は、開花期が前進し、発育ステージが前倒しになると、その分、着色期が高温期に遭遇することになる。しかも、温暖化により、果実生育期間全体が高温になっている場合がある。この2つの理由により、色素の発色が遅延し、果実の生育期間が延長することが考えられる。

以上のことから、温暖化の影響は大きく2つの類型に分類できるものと考えられる。すなわち、ニホンナシ、モモ、ウメなどは、開花期と成熟期がともに前進する、果実生育期前進タイプである。一方、リンゴ、カキ、ブドウ、ウンシュウミカンなどは、開花期が前進する一方で、必ずしも収穫期は前進しない、果実生育期延長タイプである。

3. 果実品質等に関する影響

果実品質に関する変化は、果実生育期前進タイプよりも、果実生育期延長タイプで顕著であった。果実生育期が長くなれば、その分、大玉化する可能性がある。リンゴ、カキ、ウンシュウミカンなどの生育期延長タイプでは大玉化が指摘されている一方で、生育期前進タイプで大玉化の指摘がほとんどないのは、このためと推察される。

果肉軟化および貯蔵性低下についても、生育期延長タイプのみに発生が指摘されており、生育期間の延長がこれらの大きな要因のひとつと考えられる。

リンゴ (山田ら, 1988) やカンキツ (栗原, 1969; 宇都宮ら, 1982) の減酸およびカキの脱渋 (中条ら, 1973; 原田ら, 1990) は、果実生育期が高温になると促進される傾向がある。しかし、それらの現象は生育期延長タイプで顕在化する傾向にあったことは、生育期間の延長により減酸や脱渋が進むことが原因のひとつであることを示唆している。

一方、果実の日焼けについては、果実表面温度の上昇が主な原因である (下大迫ら, 1982)。気温の上昇が表面温度上昇を助長している可能性があり、このような高温の直接の影響については両タイプの樹種ともに発生が指摘されている。

樹種特有の現象のうち、落葉果樹ではニホンナシおよびモモ果実のみつ症発生増加が顕著であった。ニホンナシ‘新高’では8、9月の高温・乾燥がみつ症発生の重要な要因であり (岡田ら, 2005), これが近年のみつ症多発の原因であると推察される。‘豊水’でも、幼果期の高温がみつ症の原因のひとつであり (佐久間ら, 1995), このため、温暖化で発生が増加する可能性はある。しかし、‘豊水’の場合、夏季の低温も原因のひとつと報告されており (猪俣ら, 1993), 単純ではない。

モモのみつ症の発生原因については、不明な点が多く、明確ではないが、成熟期の高温も発生に関与している可能性が指摘されている (藤丸ら, 2005)。

ブドウの縮果症の発生原因もまだ明確になっているとはいえないが、高温の関与が示唆されている (高木, 1991; 若菜ら, 2003)。ウンシュウミカンの生理落果に対する気象の影響は単純ではないが (岡田・小中原, 1985), 高温がひとつの要因となっている (岩垣ら, 1977; 小野ら, 1984; 谷口, 1983)。

一方、カンキツの浮皮については、完全着色に近づくに連れて増加が目立つことから (河瀬, 1984), 果実生育期間の延長が原因のひとつであると推察される。

4. 気象災害等に関する影響

凍害については、樹種により、被害の増加と減少の両方が明確に分かれた。比較的低温に弱く、低温障害が栽培地域の広がりを阻害していた常緑果樹やイチジクでは、凍害が減少し、温暖化による大きなメリットとなっていることが示唆された。一方、落葉果樹では、凍害の増加も指摘された。耐凍性の誘導には秋季の低温が必要なこと (酒井, 1982) や、いったん耐凍性が高まっても数日の高温で低下すること (Howell・Weiser, 1970; Proebsting, 1959) から、暖冬が凍害を増加させていると推察される。また、地際部は生理的に樹体の中で耐凍性が低い部位であるが (黒田, 1988), 積雪の減少により、この部分が保温されにくくなることも、凍害発生の原因となっている可能性がある。

落葉果樹の晩霜害は、東日本以北で増加が、西日本以南で増加と減少が指摘された。降霜期よりも発芽・開花期が遅ければ晩霜害は発生しない。この降霜期と発芽・開花期の関係は気象条件により異なるため、晩霜害の発生頻度に

は地域差がある(小林, 1975). そのため, 気候の変動により, 以前より発生しやすくなる地域と, 発生しにくくなる地域が, 樹種ごとに分けられると推察される. 今後は, 危険性が増減する条件を詳細に検討してゆく必要がある.

雪害は樹上の積雪荷重や積雪の沈降荷重が主原因である(鈴木, 1984). 気象庁は, 多雪地域である日本海側の年最深積雪の変化を分析し, 1990年代の初め以降, 北日本ではわずかに減少し, 東日本と西日本では大きく減少したとしている(気象庁, 2005). また, 降雪量は東日本で急減しているが, 北日本では微増した(気象庁, 2002). 今回の調査では, 雪害の増減に言及した都道府県数は, 北日本においてそれぞれ1であったのに対し, 東日本以南では減少のみ3であった. この結果は, 気象庁の統計と類似しており, 雪害は北日本では変化が小さく, 東日本, 西日本では減少傾向にあると推定される.

盛夏期における枝幹の温度や葉温の極端な上昇は樹の日焼け(岡本, 1961)あるいは葉やけ(飯塚ら, 1973)の主要な原因である. 樹体や葉の日焼けの増加が指摘されたのは, 温暖化に伴い, 極端な高温日の増加がその被害を助長しているためと推察される.

摘 要

温暖化がわが国の果樹に及ぼす影響について網羅的に把握することを目的として, 全国の果樹関係公立試験研究機関に対して調査を行った.

すべての都道府県が, 温暖化の影響の発生について何らかの指摘をし, また, ほとんどの樹種に及んでいた. 温暖化の影響は大きく2タイプに分類できた. ニホンナシ, モモ, ウメなどでは, 開花期と成熟期がともに前進する, 果実生育期前進タイプである. リンゴ, カキ, ブドウ, ウンシュウミカンなどは, 開花期が前進する一方で, 必ずしも成熟期は前進しない, 果実生育期延長タイプである. 後者では, 着色不良, 大玉化, 低酸化, 果肉軟化, 貯蔵性低下等果実品質に関する変化が顕著であった.

気象災害のうち凍害は常緑果樹やイチジクでは減少, その他の樹種では増加の指摘が多かった. 晩霜害は地域により増加と減少の双方の指摘があった.

謝 辞 本調査について貴重なご回答をいただいた公立試験研究機関の関係各位に厚く御礼申し上げます. また, 調査の遂行にご助言, ご助力くださった果樹研究所の高辻豊二研究調整役および吉岡博人研究チーム長に謝意を表します.

引用文献

- Albrigo, L. G. and N. F. Childers. 1970. Effect of succinamic acid, 2-2-dimethyl hydrazide and late-season night temperature on the maturity indices of 'Stayman' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 482-484.
- 青木秋広・金子友昭・山崎一義. 1985. ニホンナシの開花

- 日の予測について. 栃木農試研報. 31: 79-87.
- 別府賢治・岡本茂樹・杉山明正・片岡郁雄. 1997. 開花期前後の温度環境が甘果オウトウ '佐藤錦' の花器の発育と結実に及ぼす影響. 園学雑. 65: 707-712.
- 中條利明. 1982. 富有カキ果実の発育ならびに品質に及ぼす温度条件に関する研究. 香川大農紀要. 37: 1-63.
- 中条利明・橋本忠幸・葦澤正義. 1973. カキ果実の生長, 品質に及ぼす温度の影響. II 果実肥大期における昼夜温度処理. 香川大農学報. 25: 25-34.
- Creasy, L. L. 1968. The role of low temperature in anthocyanin synthesis in 'McIntosh' apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93: 716-724.
- 藤丸 治・東 光明・岡田眞治. 2005. 中晩生モモの「みつ症」の発生要因. 熊本農研センター研報. 13: 93-99.
- 福田博之. 1985. 気象条件とリンゴ果実の生育および成熟. (1) リンゴの開花期の早晩と成熟期との関係. 農及園. 60: 775-778.
- 五井正憲. 1982. 温帯花木の花芽形成ならびに開花調節に関する研究. 香川大農紀要. 38: 1-120.
- 原田 久・板村裕之・平 智・鄭 国華. 1990. 異なる地域での甘ガキ '次郎' の自然脱渋過程の解析. 園学雑. 58: 807-811.
- 本條 均・島田裕一・金原啓一・鈴木信男・福井 糧・杉浦俊彦. 2002. 冬季の温暖化が落葉果樹栽培に及ぼす影響. (2) ニホンナシ '幸水' 開花日の年次変動. 園学雑. 71 (別2): 288.
- 本條 均・杉浦俊彦・朝倉利員・F. G. Herter・G. B. Leite・J. L. Petri. 2006. 冬季の温暖化が落葉果樹栽培に及ぼす影響. (6) ブラジル南部におけるニホンナシの開花異常現象. 農業気象講演要旨. 78.
- Howell, G. S. and C. J. Weiser. 1970. Fluctuations in the cold resistance of apple twigs during spring dehardening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 190-192.
- 市田俊一・栗生和夫・高橋正治. 1976. リンゴの発芽期・開花始の予測法. 青森畑作園試研報. 1: 17-40.
- 飯塚一郎・渡部俊三・山本隆儀. 1973. 西洋ナシの葉やけに関する研究. IV 葉やけの微気象的調査. 農業気象. 28: 181-184.
- 猪俣雄司・村瀬昭治・長柄 稔・篠川悌雄・及川 悟・鈴木邦彦. 1993. ニホンナシ '豊水' のみつ症の発生条件の解明に関する研究. 園学雑. 62: 257-266.
- 井上 宏. 1990. ウンシュウミカンの芽の休眠と花芽分化の温度条件. 園学雑. 58: 919-926.
- 井上 宏・銭 長発. 1988. 生理落果終了後のウンシュウミカン果実の肥大と品質に及ぼす温度の影響. 香川大農学報. 40: 31-36.
- IPCC. 2001. Climate change 2001. The scientific basis. p. 101-181, 527-582. Cambridge University Press, UK.
- 伊藤 寿・市ノ木山浩道. 2005. ニホンナシ '幸水' の生

- 育相および果実品質の年次変動と気象要因との関係. 園学研. 4: 329-333.
- 岩垣 功・広瀬和栄・鈴木邦彦. 1977. ウンシュウミカンにおける J455 の摘果効果におよぼす温度の影響. 農及園. 52: 1527-1528.
- 鎌田晶吉. 1992. リンゴの開花日に及ぼす気象要因の影響. 園学雑. 61: 17-24.
- 河瀬憲次. 1984. ウンシュウミカン果実における浮皮発現の要因と防止法に関する研究. (2) 果実周辺の湿度条件と浮皮発現. 果樹試報. D6: 41-55.
- 気象庁. 2002. 20 世紀の日本の気候. p. 23-24. 財務省印刷局. 東京.
- 気象庁. 2005. 異常気象レポート 2005. p. 145-165. 気象庁. 東京.
- 小林 章. 1975. 果樹環境論. p. 32-38, 64-70. 養賢堂. 東京.
- 小松英雄・山本貴司・富田栄一・西谷公男. 1998. 標高とカキ‘平核無’の開花期及び果実品質. 和歌山果樹試報. 10: 39-50.
- 熊木 茂. 1980. 二十世紀ナシの生育予測に関する研究. (1) 開花始日の予想について. 新潟園試研報. 10: 1-13.
- 栗原昭夫. 1969. 制御環境下における温州ミカン果実の生長反応. 1. 9 月以降の温度が果実の発育ならびに着色・品質に及ぼす影響. 園試報. A8: 15-30.
- 黒田治之. 1988. 寒冷地果樹の凍害. 北海道農試研究資料. 37: 1-101.
- 本永尚彦・藤巻伸一・松本辰也. 2000. ブドウ‘巨峰’の開花期予測法. 新潟農総研報. 2: 71-72.
- 内藤隆次・山村 宏・村田清美. 1986. ブドウ‘巨峰’果実の着色に及ぼす気温および日照の影響. 島根大農研報. 20: 1-7.
- 農林水産省. 1994. 果樹生産出荷果年統計. p. 8-26. 農林統計協会. 東京.
- 岡田正道・小中原 実. 1985. ウンシュウミカンの幼果期における生理落果の波相に影響する要因. 静岡柑橘試研報. 21: 1-8.
- 岡田正道・鈴木晴夫・牧田好高・大野文征・小中原 実. 1984. ウンシュウミカンの発芽期および開花期に及ぼす気象要因の影響. 静岡柑橘試研報. 20: 1-10.
- 岡田眞治・大崎伸一・北村光康. 2005. ニホンナシ‘新高’のみつ症発生に及ぼす環境要因. 熊本農研センター研報. 13: 83-92.
- 岡本 茂. 1961. 桃樹の日焼障害に関する研究. p. 13-19. 静岡大学農学部園芸学教室. 静岡.
- 小野祐幸・広瀬和栄・高原利雄. 1984. 中晩生カンキツの生理落果に関する研究. (6) 品種別の生理落果に及ぼす温度処理の影響. 九州農研. 46: 253.
- 小野裕幸・金野隆光・奥野 隆・浅野聖子. 1988. 日本ナシの催芽・開花まで日数への温度の影響. 農業気象. 44: 203-208.
- 大垣智昭・伊東秀夫. 1972. 温州ミカンの花芽分化誘起条件としての冬の低温. 農及園. 47: 1455-1457.
- Proebsting, E. L. Jr. 1959. Cold hardiness of Elberta peach fruit buds during four winters. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 144-153.
- 酒井 昭. 1982. 植物の耐凍性と寒冷適応. p. 100-104. 学会出版センター. 東京.
- 佐久間文雄・梅谷 隆・多比良和生・片桐澄雄・檜山博也. 1995. ニホンナシ‘豊水’のみつ症発生に及ぼす果実生長初期の高温とジベレリンの影響. 園学雑. 64: 243-249.
- 下大迫三徳・栗山隆明・吉田 守. 1982. 早生温州の日やけ症防止に関する研究. (2) 被害発生の限界温度並びに着色程度. 福岡農総試研報. B1: 1-5.
- 杉浦俊彦・本條 均・菅谷 博. 1995a. ニホンナシの果実生育と気温の関係について. 農業気象. 51: 239-244.
- 杉浦俊彦・前島 勤・本條 均. 1995b. ブドウの開花予測モデルについて. 園学雑. 64 (別 2): 210-211.
- 杉浦俊彦・小野祐幸・鴨田福也・朝倉利員・奥野 隆・浅野聖子. 1991. ニホンナシの自発休眠覚醒期から開花までの発育速度モデルについて. 農業気象. 46: 197-203.
- 杉浦俊彦・横沢正幸. 2004. 年平均気温の変動から推定したリンゴおよびウンシュウミカンの栽培環境に対する地球温暖化の影響. 園学雑. 73: 72-78.
- 鈴木 宏. 1984. リンゴの雪害とその対策. 農業技術. 39: 255-260.
- 鈴木 宏・丹野貞男. 1970. リンゴの開花結実に関する研究. (1) リンゴの発芽および開花予想. 秋田果樹試研報. 2: 19-37.
- 鈴木 登・王 心燕・井上 宏. 1993. 温度条件の相違がウメの冬芽の発達と新梢生長に及ぼす影響. 園学雑. 62: 527-531.
- 田端市郎. 1983. 気象条件がカンキツの生育および果実に及ぼす影響. 三重農技センター研報. 11: 23-31.
- 高木伸友. 1991. 生理障害. p. 560-563. 吉田義雄・長井晃四郎・田中寛康・長谷嘉臣編著. 最新果樹園芸技術ハンドブック. 朝倉書店. 東京.
- 谷口哲徹. 1983. カンキツの施設栽培における環境と発育生態ならびに果実品質に関する研究. (2) 生理落果終了までの温度, 湿度, 日照量が早生ウンシュウの結実性に及ぼす影響. 静岡柑橘試研報. 19: 21-28.
- 苔名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄. 1979. 樹上果実の成熟に及ぼす温度環境の影響. (2) ブドウ‘巨峰’果実の着色に及ぼす樹体及び果実の環境温度の影響. 園学雑. 48: 261-266.
- 苔名 孝・山田 寿. 1988. 栽培地を異にしたリンゴ果実の品質と気温との関係. 園学雑. 56: 391-397.
- 宇都宮直樹・山田 寿・片岡郁雄・苔名 孝. 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 51: 135-141.

- 若菜 章・花田信章・中川幸夫・鳥飼芳秀・福留 功・
 朴 成敏. 2003. ブドウ (*Vitis vinifera* L. と *V. complex*)
 における縮果病の発生程度とカルシウム, マグネシウ
 ム及びホウ素の発生予防効果. 九州大農場研報. 11:
 27-35.
- 渡辺 進・川口松男・村岡邦三. 1975. ウメの生産安定技
 術の確立. II 気象とウメの開花・結実について. 群
 馬園試報. 4: 45-61.
- 山田 寿・浜本 清・杉浦 明・苔名 孝. 1988. リンゴ果
 実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 57: 173-177.
- 鄭 国華・平 智・米森敬三・杉浦 明. 1990. 温度条
 件の異なる地域におけるカキ果実の発育および成熟様
 相の相違. 園学雑. 59: 471-477.