

# 熊本県におけるウンシュウミカン栽培に及ぼす温暖化の影響

## Effects of global warming on cultivation of Satsuma Mandarin in Kumamoto Prefecture.

北園邦弥・川窪裕二\*・藤田賢輔\*\*

Kuniya KITAZONO, Yuji KAWAKUBO and Kensuke FUJITA

### 要 約

県内のアメダス地点のうち5地点を選び、気温と降水量の変動から温暖化の状況を解析するとともに、温暖化がウンシュウミカンの生育に及ぼす影響を検討した。果樹研究所および天草農業研究所ともに‘興津早生’では、発芽期および開花期ともにこの30年間で早くなっていた。着色期は、‘興津早生’、‘青島温州’ともに遅くなった。果実品質は、多くの要因が関与するため一定の傾向はみられなかったが、最近の10年間は糖度が低下する傾向にあった。

県北地域に比べ平均気温で2℃高い県南地域は、ウンシュウミカンの新梢や節間が長く、しかも春葉の葉面積が広くて、葉の厚さはやや薄かった。果実品質は、県北地域に比べ県南地域が果皮の橙色は淡く、糖度、クエン酸ともにやや低い傾向がみられた。

キーワード：ウンシュウミカン、温暖化、‘興津早生’、‘青島温州’、発芽、開花、着色、果実品質

### I 緒言

気候温暖化は地球規模で進行しており、気象庁の解析によると、世界の年平均気温は過去100年で0.67℃(1891-2007年)、日本でも同様に1.10℃(1898-2007年)上昇している<sup>1)</sup>。熊本市においては、過去100年でそれらを上回る1.8℃(1902-2005)の上昇がみられている。(独)農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所が2003年に実施した果樹生育に対する温暖化の影響についてのアンケート調査結果<sup>2)</sup>によると、温暖化の影響とみられる果樹生育の変化がすでに発生している。ウンシュウミカンでは、晩夏から初秋の高温により、日焼け果の発生が増加し、秋期の高温や降雨による浮き皮症の発生や果実糖度の低下などが問題となってきている<sup>3) 4) 5)</sup>。今後も温暖化の進展によって気温が上昇すると、露地が中心のキャンキツ栽培への影響はますます大きくなると考えられる。永年作物である果樹は、一度植栽すると同一樹での生産が長期となるため温暖化の影響を受けやすい。そのため、気候温暖化や気候変動が果樹の生育・生産に及ぼしている影響を早急に把握し、その対応策を検討しておく必要がある。

そこで、熊本県における1979年から2008年までの過去30年間の気象および生育調査のデータをもとに、温暖化に伴うウンシュウミカンの生育変化の実態を解析した。さらに、本県の北部地域にある熊本・玉名と、それより年平均気温で約2℃高い温暖な県南地域の天草・芦北に

おいてウンシュウミカンの生育の変化を調査した。

### II 材料および方法

試験1 県内の過去約30年間における気象変化

1976年から2008年までの過去33年分の気象観測データ(アメダスデータ地点：熊本、岱明、三角、甲佐、天草)を用い、年平均気温と年間降水量について、10年間毎の平均値を年別に算出し、比較検討した。

また、農業研究センター果樹研究所(以下、果樹研)に最も近い甲佐地点については、上記の検討とは別途に過去1979年から2008年の調査期間を、前期：1979-1988(以下、'79-'88)、中期：1989-1998(以下、'89-'98)、後期：1999-2008(以下、'99-'08)に3区分し、最高気温、平均気温、最低気温、降水量について月別に算出し、比較検討した。

試験2 温暖化がウンシュウミカンの生育に及ぼす影響

宇城市の果樹研と、天草市本渡町の天草農業研究所(以下、天農研)におけるウンシュウミカン(‘興津早生’、‘青島温州’)の生育データと、気象変動との関係を解析した。生育データは、‘興津早生’では1978年から2008年までの31年間、‘青島温州’は1980年から2008年までの29年間分を用いた。‘興津早生’は、前期：'78-'88、中期：'89-'98、後期：'99-'08に区分し、‘青島温州’は、前期：'80-'88、中期：'89-'98、後期：'99-'08に区分し、比較検討した。ただし、天農研は‘興津早生’のみ

とした。また、別に年次毎の生育データと気象データとの関連についても解析を行った。気象データは、それぞれ最寄りのアメダス観測地点である甲佐、本渡のものをを用いた。

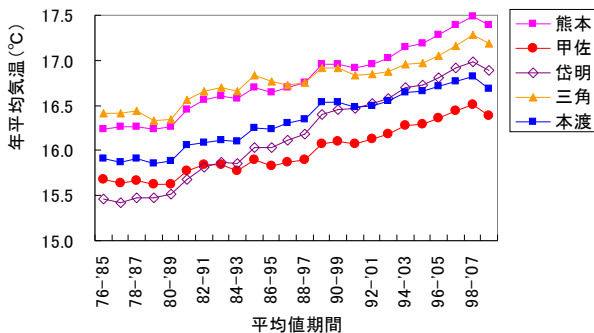
試験3 年平均気温で約2℃の高温がウンシュウミカンの生育に及ぼす影響

県内のカンキツ産地の中で、ウンシュウミカンの主産地である県北の熊本市と玉名市天水町の2地域と、主産地より年平均気温で約2℃高い中晩生カンキツの主産地である県南の天草郡苓北町、天草市深海町、水俣市、葦北郡津奈木町の4地域について、2003年から3年間、  
 ‘興津早生’および‘白川’ウンシュウについて、各産地から3園ずつ選び、各園3樹を供試し、10月から12月にかけて、樹勢、着果量、新梢長、葉面積、果実品質を継続調査した。さらに、2005年には各産地それぞれ10園から果実を1樹につき20果採取し、果形、果皮色を測定後、平均的な6果の果実品質を調査した。

### III 結果および考察

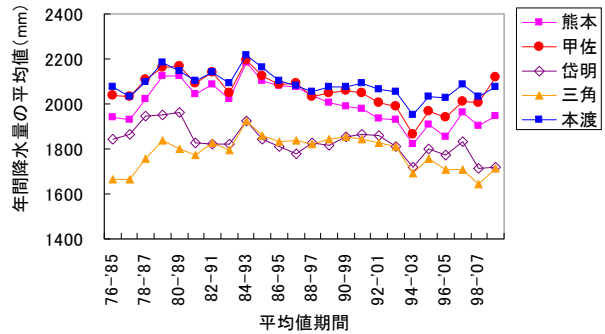
試験1 県内の過去約30年間における気象変化

県内5カ所における1976年から2008年まで過去33年間の年平均気温の平均値について、各年から10年間毎に示した年平均気温の平均値の推移を第1図に示した。県内5カ所における10年間毎に示した平均気温の平均値の推移は、地域によって多少の差はあるものの、いずれも年次を経るに従い徐々に高くなっていった。すなわち’79-’88年の平均値に比べ、’99-’08年の平均値は、0.7~1.4℃上昇していた。’79-’88年の年平均値は、三角、熊本、本渡、甲佐、岱明の順に高かったが、’99-’08年の平均値は、高い順から熊本、三角、岱明、本渡、甲佐となり、熊本、岱明の温度上昇程度が大きく、本渡、甲佐は小さかった(第1図)。



第1図 熊本県内のアメダス地点における年平均気温の推移(10年平均値)

また、県内5カ所における1976年から2008年までの過去33年間の年間降水量について、各年から10年間毎に示した年間降水量の平均値の推移を第2図に示した。過去33年間の10年間毎に示した降水量の平均値は、いずれも横ばいかやや減少傾向にあったものの、地域によって差がみられ、熊本、甲佐、本渡では多く、三角と岱明が少なかった(第2図)。



第2図 熊本県内のアメダス地点における年間降水量の推移(10年平均値)

果樹研に最も近い甲佐地点における月別の気温と降水量の変化を第1表に示した。月別平均気温は、前期：’79-’88に比べ後期：’99-’08では、年間を通じてほぼ上昇しており、特に、9月から3月までの上昇が大きかった。また、温度上昇は前期：’79-’88から後期：’89-’98の上昇に比べ中期：’89-’98から後期：’99-’08の上昇が大きく、特に9月、10月の上昇が大きかった。日最高気温も平均気温と同様に年間を通じて前期：’79-’88よりほぼ上昇しており、特に1月~3月と9月、10月の上昇が大きかった。日最低気温では前期：’79-’88に比べ後期：’99-’08は、1月、5月、9~10月の上昇が大きく、3~4月、8月はほぼ同様であった。月別の積算降水量は、前期：’79-’88、中期：’89-’98に比べ、後期：’99-’08の1~2月と6月、8月~12月は増加しており、3~5月と7月は減少していた。特に、9月の増加量が最も大きく、逆に7月の減少量は最も大きかった(第1、2表)。近年、ウンシュウミカンの日焼け果発生、着色遅延、果実肥大および浮き皮症の発生<sup>11)</sup>などが多いとされている。すなわち、過去30年間で気温上昇が大きかった9月~10月、降水量の増加量が大きかった9月は、ウンシュウミカンとしては、着色初期や果実の肥大後期にあたり、この時期の気象変動がこれらの発生に大きく影響を及ぼしているものと考えられる。

第1表 熊本県甲佐地点における気温と降水量の変化

区分	調査年間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
平均気温	'79-'88 *	4.4	5.3	9.3	14.6	18.9	22.8	26.1	26.7	23.1	17.6	11.9	6.6	15.6
	'89-'98	5.5	6.8	9.9	14.7	18.9	22.6	26.3	26.8	23.3	17.6	12.8	7.6	16.1
	'99-'08	5.5	6.5	10.0	15.0	19.6	23.3	26.7	27.0	24.3	18.8	12.6	7.3	16.4
最高気温	'79-'88 *	9.1	10.1	14.3	20.2	24.5	27.5	30.4	31.7	27.9	23.4	17.4	11.7	20.7
	'89-'98	10.2	11.8	15.1	20.4	24.5	27.1	30.9	32.1	28.6	23.4	18.4	12.9	21.3
	'99-'08	10.5	12.1	15.8	21.2	25.6	28.3	31.6	32.7	30.0	24.8	18.3	12.7	22.0
最低気温	'79-'88 *	0.2	1.1	4.8	9.3	13.5	18.6	22.4	22.8	19.0	13.1	7.9	2.5	11.3
	'89-'98	1.3	2.0	5.0	9.4	13.9	18.6	22.4	22.6	19.0	12.7	8.1	3.2	11.5
	'99-'08	1.2	1.6	4.6	9.3	14.4	19.1	22.8	22.9	20.1	13.8	8.0	2.9	11.7
降水量	'79-'88 *	58.7	81.3	160.8	144.8	224.6	405.3	512.9	190.6	161.8	97.7	74.0	51.0	180.3
	'89-'98	88.4	86.5	157.4	154.4	152.7	431.2	416.4	167.7	194.6	71.3	70.0	57.2	170.7
	'99-'08	78.9	88.2	120.3	124.0	203.2	424.9	344.2	209.9	236.8	102.6	113.7	71.5	176.5

\*: '79-'88は西暦1979年～1988年の平均値、以下同様

第2表 熊本県甲佐地点における気温と降水量の月別の較差('79-'88と'99-'08を比較)

区分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
平均気温(°C)	1.1	1.2	0.7	0.4	0.7	0.6	0.6	0.3	1.2	1.1	0.7	0.7	0.8
最高気温(°C)	1.5	2.0	1.5	1.0	1.2	0.8	1.2	1.0	2.0	1.5	0.9	1.0	1.3
最低気温(°C)	1.0	0.4	-0.3	-0.1	0.8	0.5	0.4	0.1	1.1	0.7	0.2	0.4	0.4
降水量(mm)	20.2	6.9	-40.6	-20.9	-21.5	19.6	-168.7	19.3	75.0	4.8	39.7	20.5	-3.8

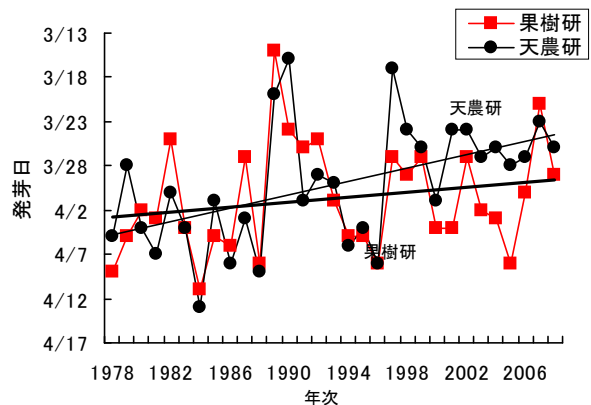
試験2 温暖化がウンシュウミカンの生育に及ぼす影響

(1) 発芽と開花

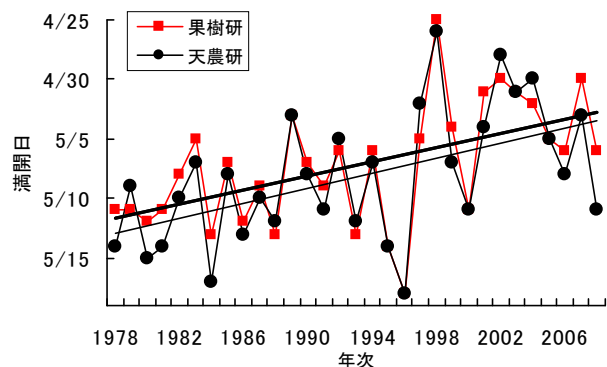
果樹研と天農研の「興津早生」における発芽日の推移を第3図に示した。発芽日は、果樹研、天農研ともに年次間の変動が大きかった。天農研の発芽日は、前期：'79-'88の平均発芽日に比べ後期：'99-'08の平均発芽日は9日早まっており顕著に早期化していた。果樹研の発芽日は、この期間に3日早くなった程度であった(第3図)。また、果樹研の「青島温州」でも、2日早まったのみであった(データ略)。発芽日については、気温以外の要因として、前年の着果量や樹勢、発芽前の降水量なども影響しており、果樹研と天農研でやや早期化の程度は異なるものの、温暖化で発芽日は明らかに早まっているといえよう。

満開日は年次間の変動はあるものの、「興津早生」では、果樹研、天農研ともに前期：'79-'88に比べ後期：'99-'08では7日早まっており、かなり早期化していた(第4図)。また、果樹研の「青島温州」でも5日早くなっていた(データ略)。福岡県でも早生ウンシュウと普通ウンシュウで温暖化の影響が検討されているが、いずれも発芽日はほとんど変わらず、満開日の早期化がみられている<sup>6)</sup>。

今回の調査では、発芽日は場所によって早期化の程度は多少異なったが、満開日は場所や品種に関係なく早期化していたことから、満開日は発芽日に比べ気温の影響を受けやすく、気温の上昇によって早期化しやすいといえる。



第3図 '興津早生'における発芽日の推移



第4図 '興津早生'における満開日の推移

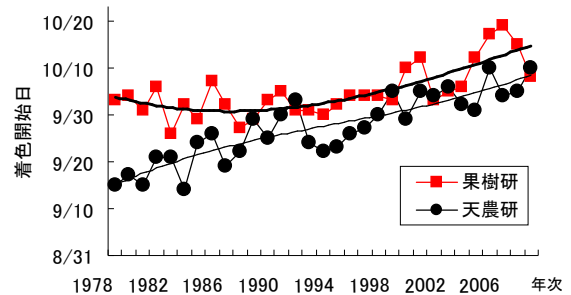
(2) 果実の着色

果樹研と天農研の‘興津早生’における着色開始日の推移を第5図に示した。果実の着色開始日は、前期：’79-’88に比べ後期’99-’08では天農研および果樹研とも14日遅くなった。また、果樹研の‘青島温州’も同様に年々遅くなる傾向がみられた（データ略）。果実の着色開始日と気象要因との関係を見ると、成熟期前の気温との相関が高く、‘興津早生’、‘青島温州’ともに9月と10月の最高気温との間に正の相関がみられ、特に‘青島温州’では、10月の相関が9月以上に高かった（第3表）。栗原<sup>7)</sup>は、‘杉山温州’を用いた日較差（平均温度18℃）の実験で、着色は秋期の日最低気温より、昼温の日最高気温に強く影響され、昼温の高い区ほど着色が抑制される、としている。また、宇都宮ら<sup>8)</sup>は‘杉山温州’を用いた実験で、果実温が15℃～30℃では、低温ほどクロロフィル分解が促進され、カロチノイド生成はより早期から開始されることを明らかにしている。新井ら<sup>9)</sup>も同様な試験で、15～30℃の範囲内では、低温区ほどクロロフィルの消失は早くなっている。これらのことから、近年着色開始日が遅くなる傾向にあるのは、温暖化で成熟期前における秋期の温度上昇、特に最高気温の上昇が大きく影響しているといえる。すなわち、成熟期前の秋期における昼間の気温上昇が、クロロフィルの分解を抑制し、その結果、果実の着色が遅れるものと考えられる。

(3) 果実品質

成熟期における‘興津早生’の果実糖度(Brix)は、天農研では前期：’78-’88から徐々に低下する傾向にあったが、果樹研では前期：’78-’88は横ばいで推移し、90年代の後半からは天農研だけでなく果樹研でも低下傾向となっていた（第6図）。クエン酸含量は、果樹研では前期：’78-’88以降減少傾向にあったが、天農研では、90年代前半までは増加傾向、90年代後半から減少傾向となった（第7図）。果樹研の‘青島温州’では、糖度、クエン酸含量ともに80年代までは増加傾向であったが、90年代以降は減少傾向となった（第8図）。気象要因との関係を見ると、‘興津早生’の糖度は、成熟期前における9月の積算降水量との間に負の相関がみられた（第4表）。クエン酸含量は、糖度に比べると相関係数が低く、気温や降水量の影響は糖度ほど大きく受けないことがうかがわれた。‘青島温州’では、糖度、クエン酸含量ともに10月の積算降水量との間に負の相関がみられた（第5表）。栗原<sup>7)</sup>は、昼温が高いと糖度は低くなり、クエン酸含量は日較差よりも夜温の影響が強く、高夜温ほど酸含量が少なくなることを示したが、本試験では、糖度、クエン酸含量と平均気温、累積降水量との相関をみたこ

ともあるが、気温よりも累積降水量との関係が強く現れた。これらから、糖度やクエン酸含量は、気温だけでなく累積降水量の影響も大きいことが示唆される。すなわち、本調査では早生ウンシュウおよび普通ウンシュウの成熟直前である9月、10月の気温が上昇し、8月以降の降水量が増加していることから、糖度、クエン酸含量ともに温暖化の影響を受けやすいと考えられる。

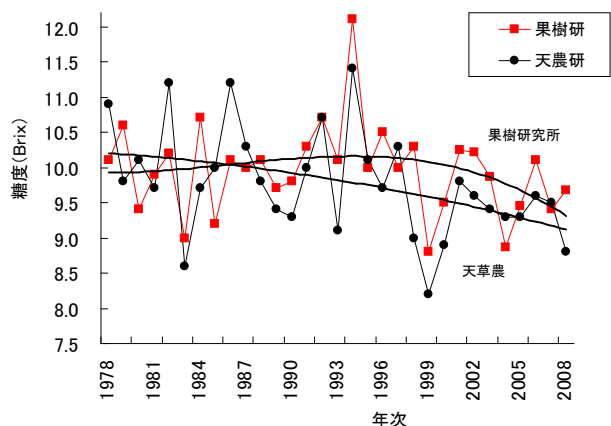


第5図 ‘興津早生’における着色開始日の推移

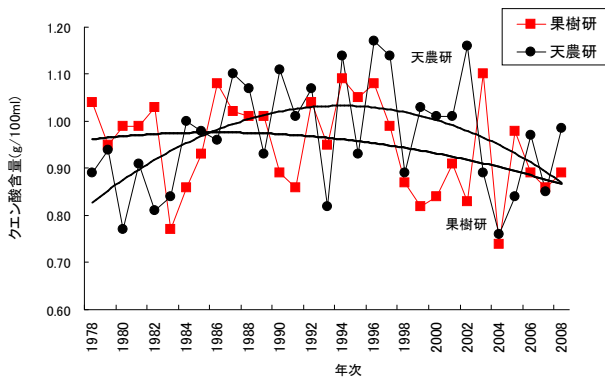
第3表 着色開始日と時期別(9月、10月)気温と相関係数(果樹研)

品種	9月			10月		
	平均気温	最高気温	最低気温	平均気温	最高気温	最低気温
興津早生	0.58 **	0.62 **	0.53 **	0.55 **	0.64 **	0.38 *
青島温州	0.48 **	0.62 **	0.38 *	0.60 **	0.67 **	0.46 **

\*は5%、\*\*は1%水準で有意性あり



第6図 ‘興津早生’の成熟期における糖度の推移(11月1日時点)



第7図 ‘興津早生’の成熟期におけるクエン酸含量の推移(11月1日時点)

第4表 ‘興津早生’の成熟期における果実品質と気温、降水量との相関係数

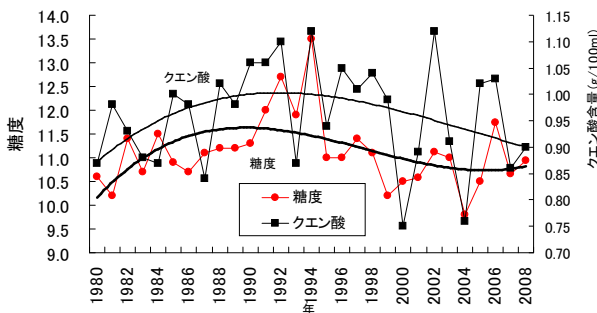
果実品質	9月		10月	
	平均気温	積算降水量	平均気温	積算降水量
糖度(Brix)	-0.35 n.s.	-0.52 **	-0.24 n.s.	-0.39 *
クエン酸	-0.37 *	-0.27 n.s.	-0.37 *	-0.45 *

注) \*は5%、\*\*は1%水準で有意性あり

第5表 ‘青島温州’の成熟期における果実品質と気温、降水量との相関係数

品種	9月		10月		11月	
	平均気温	積算降水量	平均気温	積算降水量	平均気温	積算降水量
糖度(Brix)	-0.26 n.s.	-0.29 n.s.	-0.24 n.s.	-0.53 **	0.22 n.s.	-0.19 n.s.
クエン酸	0.15 n.s.	-0.28 n.s.	-0.12 n.s.	-0.47 *	-0.21 n.s.	-0.21 n.s.

注) \*は5%、\*\*は1%水準で有意性あり



第8図 ‘青島温州’の成熟期における糖度とクエン酸含量の推移(12月1日時点)

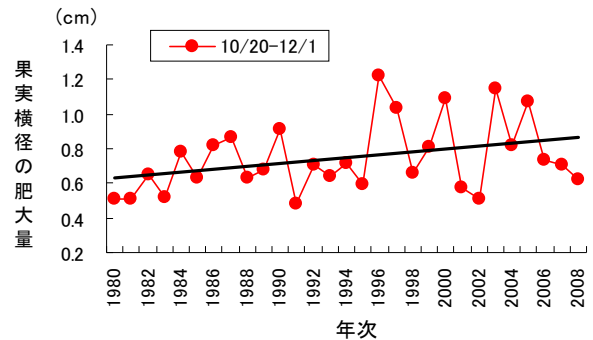
このことは、1990年代以降の気象条件が果実品質に影響を及ぼしていることは明らかであり、それに対する早急な品種選抜や対策技術の確立が必要だといえよう。

### (3) 果実肥大

成熟期における果実横径は、‘興津早生’、‘青島温州’ともに年次間の差が大きく一定の傾向はみられなかった。これは、果実肥大については温度条件だけでなく、降水量や着果量(隔年結果)など他の要因の影響が強かったのかもしれない。

しかしながら、成熟直前の秋期における肥大量の推移をみると、年次による変動はあるものの‘青島温州’では徐々に大きくなる傾向がみられた(第9図)。松本ら<sup>6)</sup>

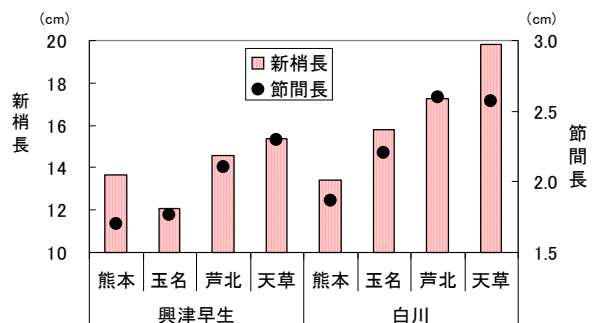
は、9月以降の秋期の気温上昇によって、‘興津早生’、‘青島温州’とも10月以降における果実横径の日肥大量が増加することを明らかにしている。果樹研最寄りの甲佐地点の9月、10月の平均気温は、前期:’79-’88に比べ後期:’99-’08では1℃以上の上昇がみられており、このことが10月以降の果実肥大量が大きくなった要因の一つと考えられる。さらに、9月以降の降水量についても前期:’79-’88に比べ後期:’99-’08が増加していることから、秋期の降水量も果実肥大促進に影響しているものと考えられる。



第9図 ‘青島温州’の秋期における果実肥大量の推移  
注)10月21日から12月1日の果実横径肥大量

試験3年平均気温で約2℃の高温がウンシュウミカンの生育に及ぼす影響

早生ウンシュウの‘興津早生’および普通ウンシュウの‘白川’における地域別新梢長と節間長を第10図に示した。春梢長・節間長は‘興津早生’、‘白川’ともに県北地域(熊本、玉名)に比べ温暖な県南地域(天草、芦北)がやや長かった。また、春葉では県南地域の葉面積が広く、葉の厚さはやや薄い傾向にあった(データ略)。



第10図 ‘興津早生’、‘白川’の地区別新梢長と節間長

果実形質では、両品種ともに県北地域より県南地域が果形指数は大きく、果皮色が淡かった（第6表）。宇都宮ら<sup>8)</sup>の15℃から30℃の温度処理の結果によると、低温条件下の果実ほどクロロフィル分解が促進され、カロチノイド生成はより早期から開始し、高温条件下の果実では着色が完全に抑制されている。すなわち、温暖な県南地域では、県北地域に比べ年平均気温で2℃高いことから、カロチノイドの生成が遅れ、蓄積量も少なくて果皮の橙色が淡くなったものと考えられる。

収穫期の果実横径、果実重は、県南地域と県北地域の間で一定の傾向は認められなかった（データ略）。これは、その年の着果量や摘果などの管理を含めたその他の要因の影響が大きかったためだと思われる。果肉歩合は、県北地域に比べ県南地域がやや多く、果皮の薄い果実であった。また、糖度、クエン酸含量は、ともに県北地域に比べ県南地域がやや少ない傾向にあった（第7表）。ウンシュウミカンの果実における酸含量の減少には温度の影響

が大きく、成熟期が温暖な地域や年次では酸が早期から減少し始めることが明らかにされている<sup>10)</sup>。また、宇都宮ら<sup>8)</sup>は、果実温が高いほど酸含量は早期からより多く減少する傾向を示し、酸含量の消長には果実温の影響が大きいことを示唆している。一般に、果実の呼吸によって減酸が進むことが知られており、果実温が高いと呼吸量が増大し、減酸が良好になるものと考えられる。ウンシュウミカンの糖度は、高温よりも20℃程度、あるいはそれ以下の温度条件下で高くなりやすいことが報告されている<sup>9)</sup>。また、宇都宮ら<sup>8)</sup>の実験では、秋期の果実糖度は30℃や15℃より23℃の糖含量が最も高くなっていることから、糖の蓄積には20℃前後の温度が適していると考えられる。これらのことから、県北地域に比べ温暖な県南地域の糖度が低かったのは、気候温暖化により秋期の気温が高まり、糖の蓄積に良好な温度が少なくなっているためと考えられた。

第6表 ‘興津早生’、‘白川’の地区別果形指数および果皮色（2005年）

地区	興津早生				白川				
	果形指数	果皮色 (ハッチャー値)		果形指数	果皮色 (ハッチャー値)		果形指数	果皮色 (ハッチャー値)	
		a 値	a/b値		a 値	a/b値		a 値	a/b値
熊本	119.7 <sup>a</sup>	15.34 <sup>a</sup>	0.39 <sup>a</sup>	133.8 <sup>a</sup>	19.99 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	133.8 <sup>a</sup>	19.99 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>
玉名	122.0 <sup>ab</sup>	13.51 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	134.5 <sup>ab</sup>	19.85 <sup>ab</sup>	0.55 <sup>a</sup>	134.5 <sup>ab</sup>	19.85 <sup>ab</sup>	0.55 <sup>a</sup>
芦北	125.2 <sup>bc</sup>	10.20 <sup>b</sup>	0.26 <sup>b</sup>	140.5 <sup>c</sup>	17.51 <sup>c</sup>	0.49 <sup>b</sup>	140.5 <sup>c</sup>	17.51 <sup>c</sup>	0.49 <sup>b</sup>
天草	126.5 <sup>c</sup>	10.69 <sup>b</sup>	0.27 <sup>b</sup>	138.4 <sup>bc</sup>	17.62 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>b</sup>	138.4 <sup>bc</sup>	17.62 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>b</sup>
有意性	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※	※※

注1) 各地区10圃地をランダムに抽出し、20果を調査  
2) Tukey法によるり異なる異符号間に有意差あり

第7表 ‘興津早生’、‘白川’の地区別果実品質

地区	興津早生				白川			
	果肉歩合	糖度 (Brix)	クエン酸	甘味比	果肉歩合	糖度 (Brix)	クエン酸	甘味比
熊本	79.8 <sup>a</sup>	10.7 <sup>ab</sup>	0.91 <sup>a</sup>	13.84	73.3 <sup>a</sup>	11.4	1.07 <sup>a</sup>	12.64 <sup>a</sup>
玉名	81.2 <sup>ab</sup>	11.1 <sup>a</sup>	0.88 <sup>ab</sup>	14.66	74.3 <sup>a</sup>	11.3	0.96 <sup>a</sup>	14.27 <sup>ab</sup>
芦北	80.6 <sup>ab</sup>	10.5 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	16.30	77.2 <sup>b</sup>	10.6	0.68 <sup>b</sup>	17.13 <sup>b</sup>
天草	82.2 <sup>b</sup>	10.4 <sup>b</sup>	0.73 <sup>b</sup>	16.37	77.3 <sup>b</sup>	11.1	0.78 <sup>b</sup>	16.24 <sup>ab</sup>
有意性	※	※	※	ns	※※	ns	※※	※

注1) 2003～2005年の3ヶ年間の平均値  
2) Tukey法により異なる異符号間に有意差あり

IV 引用文献

- 1) 気象庁：わが国における気候変動の現状と見通し，2-3，2008.
- 2) 杉浦俊彦：温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状，園芸学研究6(2)，257-263，2007.
- 3) 杉浦俊彦：地球温暖化が日本各地の果樹生育に及ぼしている影響，農業及び園芸 82，845-851，2007.
- 4) 杉浦俊彦：地球温暖化が果樹生産におよぼす影響とその適応策，農林水産技術研究ジャーナル 31(5)，24-29，2008.
- 5) 小野祐幸：カンキツの生育・成熟に及ぼす気候温暖化の影響，平成15年度果樹農業生産構造に関する調査報告書，9-13，2005.
- 6) 松本和紀・大庭義材・大倉英憲・村本晃司：福岡県における春期から秋期の気温上昇が温州ミカンの果実肥大、品質に及ぼす影響，園学研 6別(2)，133，2007.
- 7) 栗原昭夫：制御環境下における温州ミカン果実の生長反応 III. 秋季における昼夜温度日較 差が果実の発育ならびに着色・品質に及ぼす影響，園芸学会雑

- 誌 42 (1), 13-21, 1973.
- 8) 宇都宮直樹・山田寿・片岡郁雄・苫名孝：ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響，園芸学会雑誌 51(2)，135-141，1982.
- 9) 新居直祐・原田公平・門脇邦泰：温度が温州ミカンの果実の肥大ならびに品質に及ぼす影響，園芸学会雑誌 39(4)，309-317，1970.
- 10) 坂本辰馬・奥地進：温州ミカン果実の酸、可溶性固形物に及ぼす気温の影響，園芸学会雑誌 37，115-121，1968.

### Summary

## Effects of global warming on cultivation of Satsuma Mandarin in Kumamoto Prefecture.

Kuniya KITAZONO, Yuji KAWAKUBO and Kensuke FUJITA

Effects of global warming on cultivation of Satsuma Mandarin were investigated by monitoring the changes of temperature and precipitation at 5 AMeDAS points in Kumamoto Prefecture. The dates of breaking of bud endodormancy and full bloom in 'Okitsu Wase' became early in the last 30 years in the Agricultural Research Institute of Fruit Tree and that of Amakusa. On the other hand, the date of coloring at mature stage in 'Okitsu Wase' and 'Aoshima Unsyu' become late. Although the fruit qualities were not correlated with any weather factors, possibly due to unknown complicated factors, the sugar concentration in the fruit tended to decrease in the last 10 years. The new shoot lengths became longer, spring leaf areas became larger and the thickness of leaf became thinner slightly in the southern area of Kumamoto Prefecture where annual mean air temperature tended to rise at an annual rate of 2°C than in the northern area of Kumamoto Prefecture. The orange color of fruit peel became lighter, the sugar concentration and citric acid in the fruit tended to decrease slightly in the southern area than in the northern area.