

温暖気象下における秋季の地温上昇と‘宮川早生’の果実肥大 増糖，減酸に及ぼす影響

政本泰幸・高木信雄

Effects of global warming on soil temperature rise in autumn on fruit growth, increase of Brix and reduction of Acidity in ‘Miyagawa-wase’satsuma mandarin fruit under similar conditions.

Yasuyuki Masamoto and Nobuo Takagi

Summary

The increment of annual mean temperature during the past 58 years at Nanyo Branch of Ehime Fruit Experiment Station is about 1 °C and has resulted in the longer period of autumn and the earlier start of spring. The warmer winter causes the extended fruit growth of satsuma mandarin and the rind-puffiness. In this work, the relationship between air and soil temperatures of early winter and fruit quality was analyzed by using ‘Miyagawa-wase’satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) trees. In addition, the effects of soil temperature on fruit quality and taste were examined.

1) The maximum air temperature was higher than soil temperature before November but from the beginning of December the reverse was true. The fruit growth stopped after the soil temperature became below 15 °C. The Brix content in the fruit increased most greatly from late October to middle November in 2005, the drought year, while it increased most greatly from late November to early December in 2003 and 2004, the rainy autumn years.

2) The severe occurrence of rind-puffiness was observed after November and December, 2003 and 2004, respectively, when the soil and maximum air temperatures were higher than 15 °C and they had much precipitation. On the other hand, the rind disorders such as rind burns occurred greatly following the rainy snow fall after early December in 2005, when the maximum and minimum temperatures were below 10 °C and 5 °C, respectively.

3) The harvest time when the eating quality increased was early December. The score of 3.5 for eating quality was attained when the average Brix reached 12.5 in the rainy years in which the acidity was low, whereas it was attained when the average Brix reached 13.0 and the acidity lowered below 1.0 % in the drought years in which the acidity was high. The average and maximum air temperatures were differed annually at the time when the score for eating quality reached 3.5, but the minimum air temperature was consistently below 5 °C. In addition, the soil temperature was below 13-14 °C in the rainy years and below 15 °C in the drought years.

4) The soil temperature of ice mulch plots was lower by 0-2.5 °C and 0.5-3.2 °C than bare soil plots and mulch plots, respectively. The decline in the soil temperature of the former plots was 2 and 5 days

earlier than latter plots. Moreover, the fruit growth was smallest and the Brix was high along with little rind puffiness in the ice mulch plots. The cool water irrigation during the warm soil temperature period greatly increased Brix but the effect on eating quality was not clear. The warm water irrigation at the time when the soil temperature was lowered had little effects on fruit quality, although the eating quality became lower both in the treated and control plots.

Key words: soil temperature, the tepid water sprinkling, the eating quality

緒 言

我々は温暖化に関して多くの知見を報告してきたが、宇和海沿岸のみかん産地においても温暖化の影響は顕著で、南予分場の 58 年間の気象観測データによると、年平均気温は約 1 上昇して 17.1 となり、かつての鹿児島県の水準にまで上昇してきている(高木ら, 2002)。温暖化は冬季が顕著で、1 月は 2.4 も上昇している。また果樹栽培と関わりの深い 11 月と 3 月の平均気温が 1 以上上昇し、秋が長く春が早くなり、冬季にしばしば小春日和が訪れる(高木ら, 2004)。降水量についても、最近では多雨と干ばつが顕著で、年次変動や時期的変動が大きくなっている(高木, 2004)。

温州ミカンでは隔年結果性が増大し(榊, 2004)、需給バランスに支障をきたしており、また導入された光センサー選果に対応できない低糖度大玉化傾向や着色遅延・不良(長谷川ら, 1987;高木ら, 1987)、腐敗果の増加による貯蔵性の低下(黒田, 2004)、浮皮の発生などの問題が発生している(新居ら, 1970)。当地域においても春の温暖化により、宮川早生の開花始期は、24 年前よりも 2 週間ほど早まっている。また冬季の地温低下が遅れる傾向にあり、果実品質についても仕上げ摘果終了後の 10 月下旬～採収前 1 ヶ月間の早生温州の果重増加量は 1981 年～1996 年まではせいぜい 10 g 程度であったが、最近では表年でも 20 g、裏年では 30 g 近く肥大しており、浮皮になりやすい。また増糖量は以前と同程度かやや少なく、減酸量は年次変動が大きく

なり、高品質果実生産が困難となっているが、樹冠上部摘果すると樹冠外周に新葉が増えて、高糖均質果連年安定生産が可能であることが明らかとなっている(高木ら, 2004)。冬野菜では寒さに当たってから食味が向上する寒締め現象が認められており、その場合地温が重要で、10 以下に低下して根の養水分吸収が停止してからおいしくなると報告している(加藤ら, 2005;岡田, 2005)。我々も施設不知火において、ぬるま湯かん水による食味の低下を認めている(高木ら, 1999)。

そこで、本研究では近年の温暖化気象による初冬の気温や地温の推移と温州みかんの果実品質、食味との関係を解析するとともに、地温調節による食味向上について検討した。

材料及び方法

温暖化気象の冷夏長雨で秋季多雨の 2003 年と秋季多雨の 2004 年および夏季干ばつで秋季少雨の 2005 年 10 月 21 日～12 月 21 日までの地上部 1 m の樹冠内気温を標準温度センサ RTH-1010 で、地下 30 cm の地温を内部温度測定用鉛筆状温度センサ RTH-1050 付 ESPEC THERMO RECORDER で測定記憶し、その間の降水量を調査した。またその 3 年間の 11 月以降の宮川早生の採収時期別の光センサー合格率および糖度と食味について調査した。なお食味は 5 段階(1:拙～5:旨)で評価した。さらに移植した 21 年生興津早生について 2004 年 10 月 25 日にマルチして 30 mm の降水量に相当する氷を株元に施用した氷マルチ区、マルチ区、露地区を設け、それぞ

れ4樹ずつ供試し、地温調節が果実肥大、増糖、減酸、浮皮に及ぼす影響について調査した(表2)。2005年に地温が16と高い11月28日に興津早生について4の氷水を(表3)、また地温が11まで低下した12月10日に宮川早生について36のぬるま湯を1樹当たり100L(11mmに相当分)かん水して(表4)地温調節が食味に及ぼす影響について検討した。

試験結果

(1)秋季の気温、地温の推移および果実肥大、増糖

11月までは最高気温が地温よりも高いが、12月に入ると地温が最高気温よりも高く推移した。その時期は2005年が12月3日(図3)で最も早く、次いで2003年の12月7日(図1)、2004年が12月21日以降(図2)で最も遅かった。最低気温は、12月に3度の降雪がみられた2005年が最も低く推移し次いで2003年、2004年の順であった。地温が15に低下した時期は2004年が最も早く11月21日(図2)、次いで2005年の12月1日(図3)、2003年が12月3日(図1)で最も遅かった。2003~2005年の3年間で地温が12に低下する時期は12月14日前後、10に低下する時期は12月20日以降であった。果実肥大量は2003年が最も大きく、2004年、2005年が同程度であった。果実肥大は2003年が12月1日ごろ、2004年、2005年が11月21日ごろに肥大がほぼ停止した(図4)。糖度は夏季に干ばつであった2005年が13.5度と最も高く、次いで2003年、2004年の順であった。増糖量は干ばつ年の2005年は10月下旬~11月中旬、秋季多雨年の2003年は11月下旬~12月上旬、2004年は11月中旬~下旬の糖度上昇が最も大きかった(図5)。

(2)浮皮およびヤケ果等果皮障害多発時期の気象条件

浮皮は2003年11月、2004年12月以降に多発した。その時期の地温と最低気温は、ともに15以上で、2003年11月の降水量は210mmで平年の2.6倍、2004年12月は136mmで平年の2.1倍と顕著に多かった。一方、ヤケ果等の果皮障害は2005年12月上旬以降に多発した。その時期の最高気温は10以下、最低気温は5以下でみぞれ混じりの降雨(雪)がみられた。

(3)食味が向上する時期の果実品質および気象条件

2003~2005年の宮川早生の食味は、11月はいずれの年も3以下であった。食味評価が3.5以上に上がるのは多雨年の2003年は12月8日頃(図6)、16年は12月14日頃(図7)、干ばつ年の2005年は12月3日頃(図8)であった。また光センサー選果機による全量評価において食味評価が3.5以上に上がる採收時期と果実品質は、秋季多雨年の2003年は12月5採收の果実で平均糖度13.1、平均クエン酸0.79、糖度12度以上89%、13度以上56%であった。2004年は12月9日採收の果実で平均糖度12.6、平均クエン酸0.83、糖度12度以上75%、13度以上40%であった。一方、干ばつ年の2005年は12月2日採收の果実で平均糖度13.0、平均クエン酸0.95、糖度12度以上93%、13度以上55%であった(表1)。食味が3.5以上に向上したときの気象条件は多雨年の2003年は平均気温5.9、最高気温10、最低気温1.8、地温13.5(図1)で、2004年は平均気温11.0、最高気温17.1、最低気温4.8、地温12.6(図2)であった。一方、干ばつ年の2005年は平均気温9.0、最高気温13.2、最低気温4.8、地温14.3であった(図3)。

(4)地温調節が果実肥大、増糖、減酸、浮皮、食味に及ぼす影響

氷を施用して地温を下げた氷マルチ区の地温は露地区よりも0~2.5、マルチ区よりも

0.5~3.2 低く推移した。地温が15 に低下した時期は氷マルチ区が11月19日で露地区よりも2日,マルチ区よりも5日早まった(図9)。果実肥大と肥大量はともに氷マルチ区で最も小さく,増糖量は氷マルチ区とマルチ区が露地区よりも大きかった。減酸は氷マルチ区とマルチ区が露地区よりも少なく,浮皮は処理区による差がみられなかった(表2)。地温が高い時期に冷水かん水した区では,地温が処理前の16.1 からかん水直後に10.2 まで低下して,無処理区よりも5.9 地温が低下したが,かん水2日後には無処理

区との地温差が3.4 ,5日後には2.2 と小さくなった(図10)。増糖量は冷水区で他の区よりも大きかった。食味は無処理区も向上したため,冷水かん水による食味向上効果はあきらかでなかった(表3)。また地温が低下した時期のぬるま湯かん水した区では,地温が処理前の10.3 からかん水1時間後には29.9 まで上昇したが,1日後には14.7 ,3日後には10.1 まで低下して,4日後には無処理区と差がなかった(図11)。かん水後の果実品質は両区ともに差がなかったが,食味は両区ともに低下した(表4)。

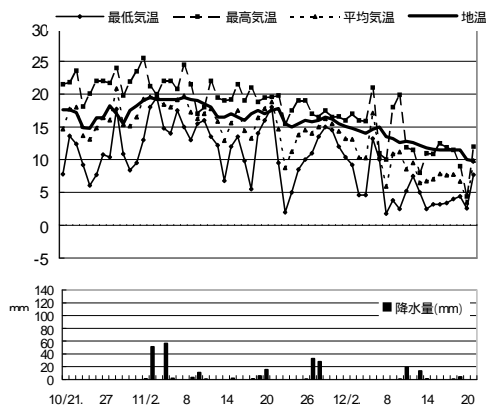


図1 温暖気象の2003年初冬の気温と地温、降水量の推移

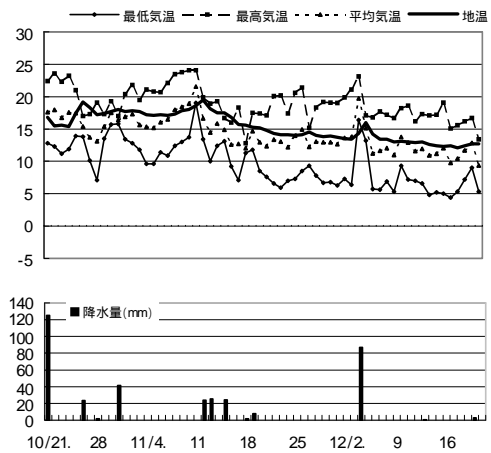


図2 温暖気象の2004年初冬の気温と地温、降水量の推移

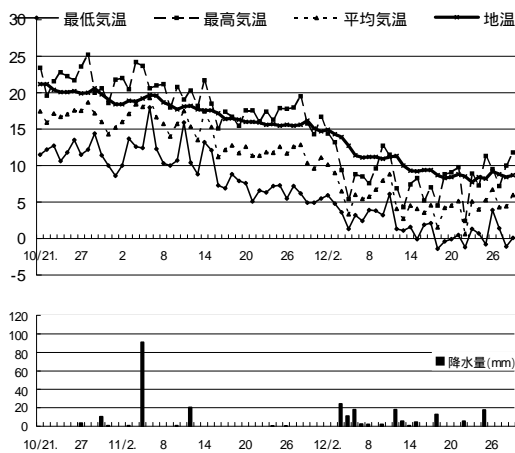


図3 温暖気象の2005年初冬の気温と地温、降水量の推移

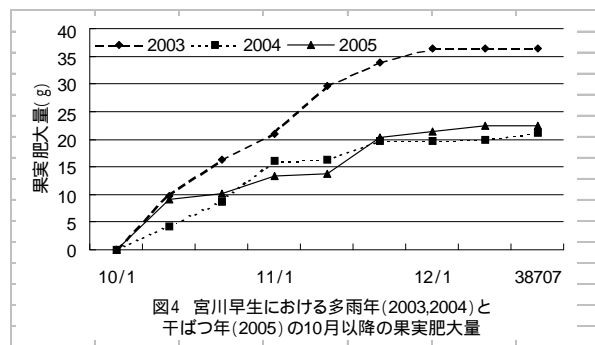


図4 宮川早生における多雨年(2003,2004)と干ばつ年(2005)の10月以降の果実肥大量

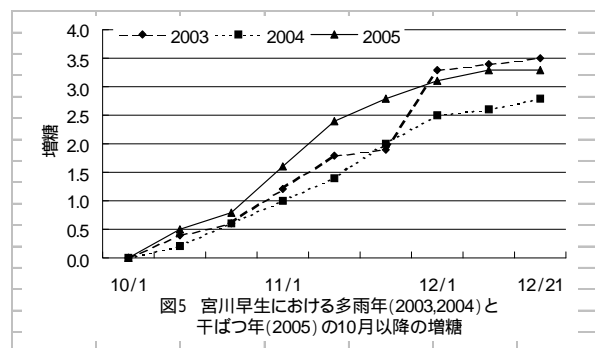


図5 宮川早生における多雨年(2003,2004)と干ばつ年(2005)の10月以降の増糖

政本・高木：温暖気象下における秋季の地温上昇と‘宮川早生’の果実肥大、増糖、減酸に及ぼす影響

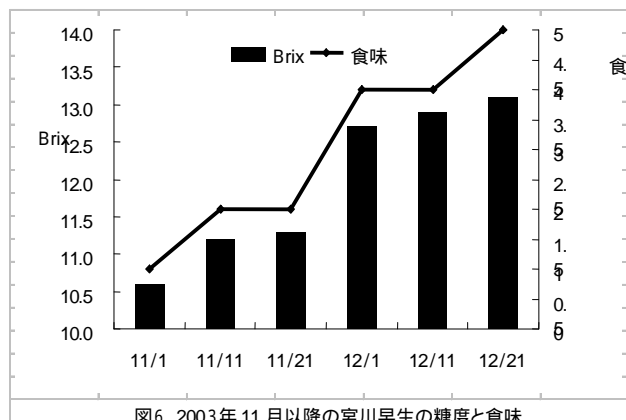


図6 2003年11月以降の宮川早生の糖度と食味

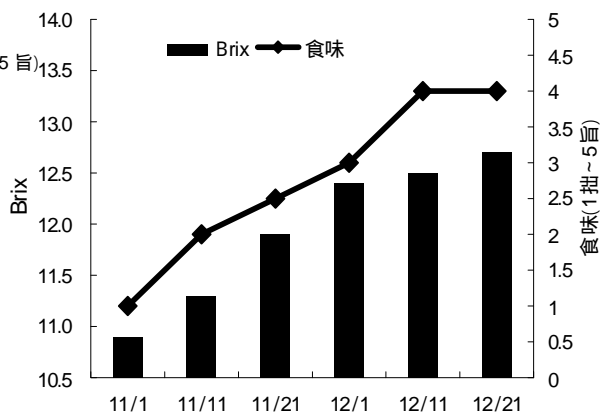


図7 2004年11月以降の宮川早生の糖度と食味

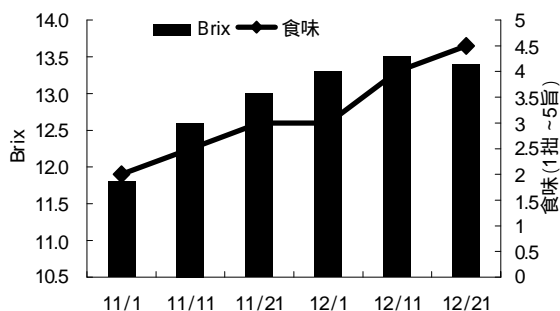


図8 2005年11月以降の宮川早生の糖度と食味

表1 宮川早生の採收時期と光センサー合格率(%)、食味(2003～2005)

栽培体系	採収月/日	Brix				平均	平均クエン酸 (g/100ml)	食味*	
		11.0未満	11.0～11.9	12.0～12.9	13.0以上				
2003	11月レギュラー	11/25	30	49	20	1	11.3	0.84	2.0
	12月完熟	12/5	1	10	33	56	13.1	0.79	3.5
	越冬完熟	12/15	1	6	29	64	13.3	0.74	4.0
2004	11月レギュラー	11/10	77	16	6	1	10.4	0.77	2.0
	11月下旬完熟	11/17	28	46	23	3	11.5	0.82	2.5
	12月完熟	11/29	28	46	22	4	11.5	0.79	2.5
	"	12/9	4	21	35	40	12.6	0.83	3.5
	越冬完熟	12/21	0	3	20	77	13.4	0.86	4.0
2005	11月レギュラー	11/7	42	41	14	3	11.1	0.93	2.5
	"	11/12	26	51	21	2	11.4	0.95	2.5
	12月完熟	12/2	0	7	38	55	13.0	0.95	3.5
	貯蔵完熟	12/26	2	22	41	35	12.6	0.82	3.5

(注) T共選の光センサー分析値。 食味:1(拙)～5(旨)。

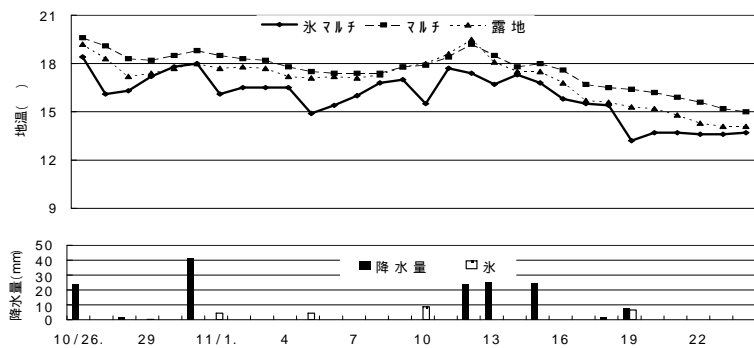


図9 興津早生における氷やマルチによる地温の推移(南予分場 2004)

表2 興津早生における氷やマルチ等の地温処理が11/8～24の果実肥大と増糖，減酸，浮皮に及ぼす影響（2004）

	地温 ()			肥大(cm)		肥大量 (g)	増糖	減酸	浮皮 (0 無～5 甚)
	10/25	11/8	11/24	横径	縦径				
氷マルチ区	19.0	16.8	13.7	0.07	0.07	2.4	0.4	0.11	0.4
マルチ区	19.6	17.4	15.0	0.10	0.12	4.1	0.4	0.11	0.3
露地区	19.0	17.3	14.1	0.13	0.10	4.1	0.2	0.18	0.3

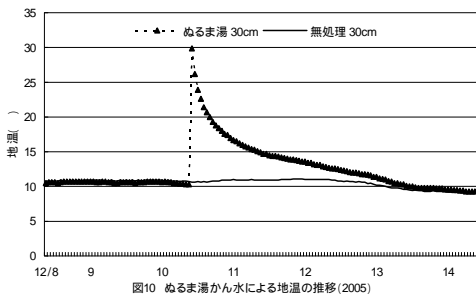


図10 ぬるま湯かん水による地温の推移(2005)

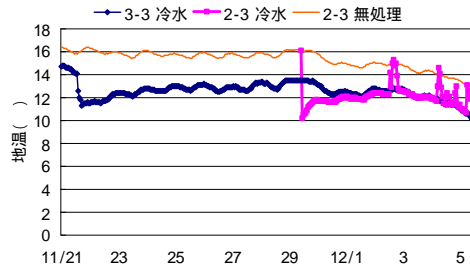


図11 冷水かん水による地温の推移(2005)

表3 興津早生における冷水かん水等による地温処理が増糖，減酸，食味に及ぼす影響（2005）

	Brix			クエン酸		糖酸比		食味(1 拙～5 旨)		地温 ()	
	処理前	5 日後	増糖	処理前	5 日後	処理前	5 日後	処理前	5 日後	処理前	5 日後
冷水	12.1	12.7	0.6	1.10	0.97	11.1	13.1	2.1	3.0	15.8	12.0
井戸水	13.0	13.4	0.4	1.26	1.05	10.5	13.1	2.0	3.5	-	-
無処理	13.0	13.4	0.4	1.07	0.93	12.5	14.5	2.3	3.6	15.8	14.3

* 冷水は4 の氷水，井戸水は17 の水を11月28日に11mmかん水した。井戸水の地温は無処理区とほぼ同じであった。

表4 宮川早生におけるぬるま湯かん水が増糖，減酸，食味に及ぼす影響（2005）

	Brix		クエン酸		糖酸比		食味(1 拙～5 旨)		降水量 (mm)
	処理前	2 日後	処理前	2 日後	処理前	2 日後	処理前	2 日後	
ぬるま湯	13.3	13.2	0.96	1.03	13.9	12.9	3.9	3.1	33.1
無処理	13.4	13.4	1.03	1.06	13.2	12.8	3.6	3.2	22.1

* 2005 年 12 月 10 日に 36 のぬるま湯を地表下 30cm に 11mm かん水した。

考 察

温暖化の特徴として 11 月の気温の上昇と 11～12 月にかけての梅雨並みの降雨があげられる。11 月の降雨は温暖多雨となり，また 12 月の降雨はみぞれ時雨となる。2003 年は冷夏長雨の典型的な年で 11 月は平年よりも気温が

2.5 も高く，梅雨並の 210mm(平年の 2.6 倍) の降雨により浮皮が多発した。2004 年は 8～9 月にかけて 6 個もの台風が本県に襲来し，8～10 月の降水量が平年の 2.2 倍と多くて，糖度が低く浮皮，腐敗果が多発した。一方，2005 年は夏季高温干ばつで秋季の降雨も少なかったが，12 月に入ると一転して低温となり 3 の降

雪があるなど、ヤケ果等の果皮障害が多発した年であった。

このように気象変動が大きい近年では、宮川早生の食味においても以前は11月の食味が良好であったが、冷夏長雨で秋季多雨年であった2003年、2004年は糖度が低かったため、一方、夏季高温干ばつで秋季少雨年であった2005年は酸高であったため旨いという高評価が少なく、食味が3以下と低かった。食味が3.5以上に上がる時期の果実品質は、酸の低い多雨年では平均糖度が12.5以上に達した時期であり、酸が高い干ばつ年では平均糖度が13度以上に達してクエン酸が1以下に低下した時期であった。食味が3.5以上に上がる時期の気象条件をみると平均気温は5.9~11以下、最高気温は10~17.1以下に低下した時期で、年次変動が大きかった。一方、最低気温は連続して5以下に低下した時期であった。また地温は多雨年では12.6~13.5、干ばつ年では14.3であり、糖度の低い多雨年では地温が14~13以下、糖度の高い干ばつ年では15以下に低下した時期であった。

根の養水分吸収が低下する12以下に地温が低下する時期は、かつては12月1日前後とみなされていたが、2003~2005年の3年間では地温が12に低下するのは12月14日前後で、11月の温暖多雨によって10日から2週間ほど遅れている。また10に低下するのは12月20日以降であった。地温が10以下に低下する時期は食味が4.0以上であり、最も食味が良い時期とほぼ一致していた。また最低気温が低く推移した年ほど糖度が高い傾向がみとめられた。

氷施用やマルチによる地温調節試験から、地温が低下してからのかん水や降雨は果実肥大

や品質低下、浮皮発生に影響を及ぼしにくいことがみとめられた。また地温が高い時期の冷水かん水試験では、冷水処理区で他の区よりも増糖量が大きくなり、地温が15以下に低下した時期に糖度が上昇する傾向がみとめられたが、食味は無処理区も向上したため、冷水かん水による食味向上効果があきらかでなかった。食味が向上した時期は無処理区においても地温が15以下に低下していた。さらに地温が低下した時期のぬるま湯かん水試験では無処理区も食味が低下したため、ぬるま湯かん水による地温上昇が食味に及ぼす影響はあきらかでなかった。施設条件に比べて降雨の影響や、ぬるま湯かん水による地温上昇効果を長く保つことができなかつたため、圃場条件ではあきらかな傾向がみとめられなかつた。ぬるま湯かん水前の食味は3.6~3.9と高評価であった。その時期の地温は11以下であった。

2年間の冷水とぬるま湯かん水による再現試験から、糖度が上昇する時期は地温が15以下に低下する時期、食味が向上する時期は地温が11以下に低下する時期に近いことがみとめられた。近年の温暖化気象では、秋が長くなり地温低下が遅れていることから、以前よりも糖度の上昇と食味の向上する時期が遅れていると考えられる。そのため、温州みかんにおいても地温が15ないし11以下に低下する時期まで樹上で完熟させて寒さに当てる寒締めを行うことにより、高糖度で食味の良い果実を生産できることが考えられる。

摘 要

果樹試験場南予分場においては過去58年間で年平均気温が約1上昇して17.1となり、

秋が長くなり春が早まる傾向がみとめられた。冬季の温暖化により遅くまで果実肥大が進み、浮皮になりやすいなど高品質果実生産が困難となっている。そのため、本研究では最近の初冬の地温や気温の推移が温州みかんの果実品質、食味に及ぼす影響を解析するとともに、地温処理が果実品質、食味に及ぼす影響を検討した。

(1) 11月までは最高気温が地温よりも高いが、12月に入ると地温が最高気温よりも高く推移した。地温が15℃に低下した時期以降の果実肥大は進まなかった。干ばつ年の2005年は10月下旬～11月中旬、秋季多雨年の2003,2004年は11月下旬～12月上旬の糖度上昇が最も大きかった。

(2) 浮皮は地温と最低気温がともに15℃以上で降水量が多かった2003年11月、2004年12月以降に多発した。一方、ヤケ果等の果皮障害は最高気温10℃以下で最低気温5℃以下でみぞれ混じりの降雨(雪)後の2005年12月上旬以降に多発した。

(3) 食味が3.5以上に向上する採収時期はいずれも12月上旬で、酸が低い多雨年では平均糖度が12.5度以上に達した時期、酸が高い干ばつ年では平均糖度が13度以上に達してクエン酸が1以下に低下した時期であった。またそのときの平均・最低気温は年次変動が大きい傾向がみとめられなかったが、最低気温は連続して5℃以下に低下しており、地温は、糖度の低い多雨年は14～13℃以下、干ばつ年は15℃以下に低下していた。

(4) 氷マルチ区の地温は露地区よりも0～2.5℃、マルチ区よりも0.5～3.2℃低く推移した。露地区よりも2日、マルチ区よりも5日地温低下が早まった。また果実肥大と肥大量が最

も小さく、糖度も低下せず、浮皮発生も無処理区と変わらなかった。地温が高い時期の冷水かん水により、増糖量は最も大きかったが、食味向上効果はあきらかでなかった。また地温が低下した時期のぬるま湯かん水により、果実品質はぬるま湯かん水区と無処理区ともに差がなく、食味も両区ともに低下した。

引用文献

- 新居直祐・原田公平・門脇邦泰．1970．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 園学雑 39：309 - 317．
- 岡田益己．2005．寒締めは地温で決まる - 地温管理のポイント - ，寒締め野菜シンポジウム．20 - 23．
- 加藤忠司・小沢聖．2005．寒締め技術の誕生と普及，寒締め野菜シンポジウム．1 - 15．
- 黒田治之．2004．アンケート調査からみたわが国の果樹農業に対する気候温暖化の影響，平成15年度果樹農業生産構造に関する調査報告書．100-129．
- 榊英雄．2004．カンキツの隔年結果，平成15年度果樹農業生産構造に関する調査報告書．86 - 88．
- 高木敏彦・増田幸直・鈴木鉄男．1987．温度要因がカンキツ果実の着色及び果皮内糖含量に及ぼす影響 園学要旨 昭62春 46 - 47．
- 高木信雄・笹山新生・野中稔．1999．カンキツのぬるま湯灌水による地温上昇効果(第1報)ぬるま湯灌水による施設不知火の地温と果実温度の上昇と減酸 園学雑 68 別 1 .171．
- 高木信雄・加美豊・政本泰幸・笹山新生・藤原文孝．2002．温暖化に伴うミカンの収量品質の年次変動の増大と生産対応 園学雑 71 別 2．303．
- 高木信雄・政本泰幸・加美豊．2004．西南暖地における冬季の温暖化による品質低下と生産対応 園学雑 73 別 1．216．

政本・高木：温暖気象下における秋季の地温上昇と‘宮川早生’の果実肥大、増糖、減酸に及ぼす影響

