

BULLETIN
OF
OITA PREFECTURAL AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES
RESEARCH CENTER
(AGRICULTURAL RESEARCH DIVISION)

No.4

MARCH 2014

大分県農林水産研究指導センター

研 究 報 告 (農 業 研 究 部 編)

第 4 号

平成26年 3 月

大分県農林水産研究指導センター

農 業 研 究 部

夜温等栽培環境が早期型ハウスミカン果実の生育と品質に及ぼす影響

矢野 拓・祖田嘉教*・長尾祥子**・山崎礼一***・水内 勇****

Effect of Environment on Fruit Growth and Quality in Early Heating Cropping Type of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Mark.)

Taku YANO, Yoshinori SODA, Shoko NAGAO, Reiichi YAMASAKI and Isamu MIZUUCHI

大分県農林水産研究指導センター農業研究部果樹グループ

Fruit Tree Group, Agricultural Research Division, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：省エネルギー、気温、飽差、高品質

目次

I 緒言	1
II 材料および方法	2
III 結果	2
IV 考察	6
V 摘要	7
謝辞	7
引用文献	7
Summary	9

I 緒言

ハウスミカン栽培が国内のカンキツ産地に普及して40年以上経過するが、栽培の基本となる温度管理は、依然として露地気象条件の再現を念頭に構築されており、ウンシュウミカンの生理生態に基づいたものではない。一方、果菜類では、同化産物の転流や分配に基づき、夜間変温管理が提唱されてきた(吉岡・高橋¹⁾)。これは、日没直後は転流促進のため高夜温とし、深夜は呼吸消費を抑える目的で低夜温とする考えに基づいている。ハウスミカンにおいても、果実肥大期を対象に夜間変温管理の試験事例が報告されているが(本美²⁾)、広く普及していない。

ハウスミカン果実肥大期における慣行の温度管理

は、設定夜温が23-25℃で、この設定を厳寒期に約60日間維持させることから、生産コストが著しく高い。しかしながら、40年以上の栽培の歴史は、慣行の温度管理を産地に根深く浸透させており、個々の生産者は、慣行の温度管理に疑問を感じてはいても、失敗のリスクを考えると結局は慣行に従っているのが現状である。よって栽培管理の見直しには明確な基準が求められる。

ウンシュウミカンに限らず、果実の生育は水管理や日射量等他の栽培要因にも大きく左右される(Yano et al.³⁾、川野⁴⁾)。また一般に、作物栽培において、温度単独の影響のみを抽出して議論検討することにはしばしば困難を伴う。特に果樹においては、温度を含む複数の栽培要因の各々を検証しながら、温度の影響を相対的に解明する手法をとらざるを得ない。こういった背景から、ハウスミカンにおいて、温度の影響を複数の栽培ハウス間で比較解析し、生理生態の解明を試みた研究報告はみあたらない。この生理生態の解明こそが大幅な温度管理見直しの基礎となり、ハウスミカンにおける効果的な省エネルギー栽培技術の確立に寄与するものと考えられる。

本研究では、現地の早期型ハウスミカンにおける栽培管理実態を明らかにするとともに、夜温等栽培環境が果実の生育と品質に及ぼす影響を解明して、省エネルギー栽培技術確立の基礎としたので報告する。

* 現所属：大分県農林水産研究指導センター農業研究部

** 現所属：大分県南部振興局

*** 現所属：大分県農林水産部研究普及課

**** 現所属：JA おおいた

II 材料および方法

現地調査については、「高林早生」もしくは「持丸早生」が植栽された、夏枝を母枝とする2011年産および2012年産早期型（9～10月加温）ハウスのべ32棟を対象に調査を行った。各ハウスの調査反復は概ね4樹とした。また、現地ハウスより著しく低夜温で管理した、国東市の果樹グループ圃場における2010年産および2011年産ハウスミカン（3樹反復6処理）についても調査した。ただし、果実品質については、国東市の果樹グループ圃場で得られたデータは12月加温作型の「宮川早生」であったため、現地早期型との栽培環境の違いを考慮して解析から除外した。

ハウス内昼温（7時～17時）、夜温（17時～翌7時）、相対湿度（RH）は、温湿度センサー付データロガー（RTR-53L、T&D製およびtesto174H、テスター製）と通風式放射よけを用いて計測した（岡田^{5）}。飽差（ e_d ）は、次式で求めた。

$$e_d = e_s - (e_s \times RH) \times 10^{-2} \quad (1)$$

ここで、 e_s は飽和水蒸気圧を示す。

果実体積（ V_f ）は、デジタルノギスで実測した横径（ h ）と縦径（ w ）から、Ni^{6）}、新居^{7）}および杉浦^{8）}の方法に準じ、果実を楕円体と仮定して、 $\pi \cdot h \cdot w / 6$ として求めた。

果実の肥大速度（GRF）と相対肥大速度（GRF_{st}）は次式で求めた。

$$GRF = \frac{V_{Ft} - V_{Ft'}}{t - t'} \quad (2)$$

$$GRF_{st} = \frac{V_{Ft} - V_{Ft'}}{t - t'} \cdot \frac{1}{V_{Ft'}} \quad (3)$$

ここで、 V_{Ft} および $V_{Ft'}$ は満開後 t 日および t' 日（ $t > t'$ ）の果実体積をそれぞれ示す。果実の糖度および滴定酸度は糖酸自動分析計（NH-1000、ホリバ製）で、果皮色は測色色差計（ZE-2000、日本電色製）でそれぞれ求めた。

III 結果

(1) 栽培環境の概要

表1に栽培環境の概要を示す。果実肥大が旺盛な満開後30～59日、満開後60～89日および満開後90～119日において、調査ハウス間の変動幅は、昼温で7～10℃、夜温で11～12℃、相対湿度で26～44%および飽差で7～13hPaであった。満開後120日以降は、大半のハウスは暖房を停止してハウスサイドを開放していたため、気温や飽差の低下が認められた。

(2) 果実の生育と品質の概要

表2に果実の生育と品質の概要を示す。果実生育量を表す指標である横径増加量、肥大速度および相対肥大速度を生育時期別にみると、ハウス間平均値は、横径増加量と相対肥大速度で生育時期が早いほど値が高く、逆に遅いほど値が低くなった。この傾向は横径増加量よりも相対肥大速度で明確に示された。果実品質は、収穫直前の満開後150日において、低糖高酸ハウスが散見されたが、大半のハウスは出荷基準を概ね満たしていた。

表1 栽培環境の概要

項目	満開後日数	最大	最小	平均	標準誤差	反復
昼温 (℃)	30-59	28	20	23	0	19
	60-89	29	22	24	0	19
	90-119	30	20	24	0	19
	120-149	26	15	22	1	13
夜温 (℃)	30-59	24	12	21	0	33
	60-89	25	13	22	1	34
	90-119	25	14	21	1	33
	120-149	23	10	17	1	26
相対湿度 (%)	30-59	87	61	77	1	33
	60-89	86	45	73	2	34
	90-119	91	47	76	2	33
	120-149	85	62	77	1	26
飽差 (hPa)	30-59	10	3	6	0	33
	60-89	15	3	7	1	34
	90-119	15	2	6	1	33
	120-149	9	3	5	0	26

(3) 果実生育と栽培環境との関係

表3に満開後30-59日における果実生育と栽培環境との単相関を示す。横径増加量と肥大速度は、調査したいずれの環境要因とも有意な相関を示さなかったが、相対肥大速度は、12-24℃の範囲における夜温と有意な正の相関を示した(表3および図1)。

表4に満開後60-89日における果実生育と栽培環境との単相関を示す。横径増加量、肥大速度および相対肥大速度は、いずれの環境要因とも有意な相関を示さなかった(表4)。

表5に満開後90-119日における果実生育と栽培環境との単相関を示す。満開後60-89日同様、横径増加量、肥大速度および相対肥大速度は、いずれの環境要因とも有意な相関を示さなかった(表5)。

詳細に検討すると、満開後30-59日における相対肥大速度と飽差においては、2次曲線的な関係($P<0.05$)が認められ、果実生育に最適な飽差の存在が示された(図2)。なお、有意な水準ではないが、満開後30-

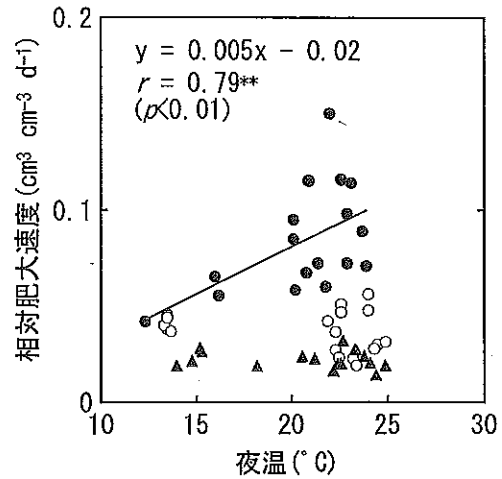


図1 生育時期別にみた夜温と相対肥大速度との関係。

●：満開後30-59日、○：満開後60-89日、および▲：満開後90-119日。

59日と満開後90-119日における相対肥大速度と昼温($P<0.1$)にも同様の関係が示唆された(図3)。

表2 果実生育と品質の概要

項目	満開後日数	最大	最小	平均	標準誤差	反復
横径増加量 (mm · d ⁻¹)	30-59	0.49	0.20	0.36	0.01	20
	60-89	0.60	0.21	0.33	0.02	21
	90-119	0.41	0.18	0.28	0.01	23
	120-149	0.34	-0.02	0.15	0.02	25
肥大速度 (cm ³ · d ⁻¹)	30-59	5.2	2.2	3.7	0.2	18
	60-89	7.5	3.3	5.1	0.3	16
	90-119	10.2	4.4	6.5	0.4	16
	120-149	11.3	-0.9	4.2	0.7	24
相対肥大速度 (cm ³ · cm ⁻³ · d ⁻¹)	30-59	0.150	0.042	0.082	0.007	18
	60-89	0.056	0.019	0.036	0.003	16
	90-119	0.032	0.014	0.022	0.001	16
	120-149	0.022	-0.001	0.009	0.001	24
糖度 (° Brix)	120	11.3	7.9	9.4	0.2	14
	150	14.2	10.2	12.2	0.2	25
滴定酸度 (%)	120	2.87	1.44	1.92	0.09	14
	150	1.70	0.89	1.17	0.04	25
果皮色 ^z	150	0.30	-0.53	0.03	0.05	19

^z: 色差計による測色値のa/b

表3 満開後30-59日における果実生育と栽培環境との単相関表

	横径増加量	肥大速度	相対肥大速度
横径増加量	—	0.80*** ^z	0.52***
肥大速度	0.80***	—	0.03
相対肥大速度	0.52***	0.03	—
昼温	0.18	0.44	-0.08
夜温	-0.01	-0.41	0.79**
相対湿度	-0.19	0.08	-0.30
飽差	0.07	-0.27	0.51

^z: ***, **; $P<0.001$, $P<0.01$

表4 満開後60-89日における果実生育と栽培環境との単相関表

	横径増加量	肥大速度	相対肥大速度
横径増加量	—	0.80*** ^z	0.87***
肥大速度	0.80***	—	0.45*
相対肥大速度	0.87***	0.45*	—
昼温	0.16	0.16	-0.19
夜温	0.18	0.18	0.16
相対湿度	-0.49	-0.43	-0.57
飽差	0.44	0.34	0.53

^z: ***, *; $P<0.001$, $P<0.05$

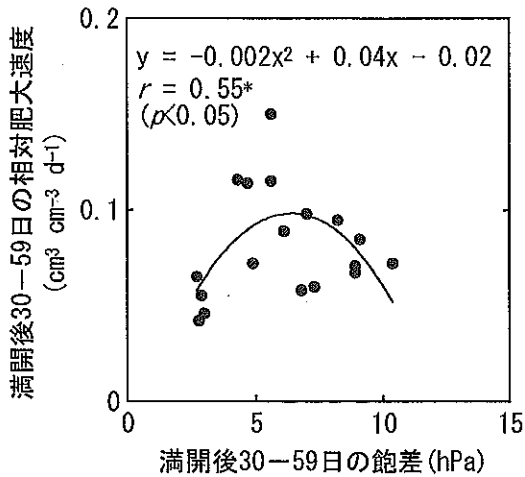


図2 満開後30-59日における飽差と相対肥大速度との関係

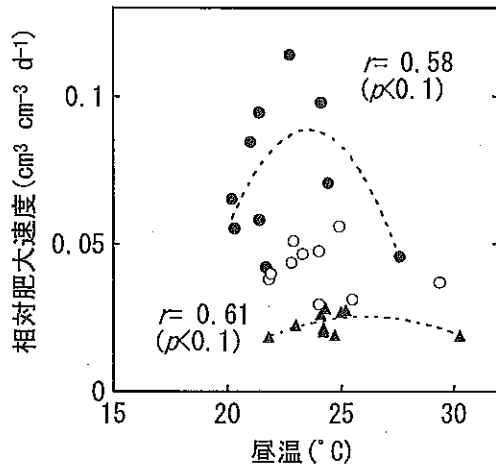


図3 生育時期別にみた昼温と相対肥大速度との関係。
●：満開後30-59日、○：満開後60-89日、および
▲：満開後90-119日。

表5 満開後90-119日における果実生育と栽培環境との単相関表

	横径増加量	肥大速度	相対肥大速度
横径増加量	—	0.65*** ^z	0.90***
肥大速度	0.65***	—	0.50**
相対肥大速度	0.90***	0.50**	—
昼温	-0.38	0.16	-0.10
夜温	0.22	0.14	-0.01
相対湿度	-0.40	-0.71	-0.48
飽差	0.50	0.64	0.46

^z : ***, ** ; P<0.001, P<0.01

(4) 果実品質と栽培環境との関係

表6に満開後120日および150日の果実品質と栽培環境との関係を単相関表にて示す。まず、糖度と気温との関係においては、満開後120日の糖度と満開後60-89日の昼温との間に負の相関 ($P<0.01$) (表6および図4)が、また満開後150日の糖度と満開後60-89日の夜温との間に同じく負の相関 ($P<0.05$) (表6および図5)がそれぞれ認められた。また、満開後150日の糖度と満開後60-89日の相対湿度との間に負の相関 ($P<0.01$)が、同様に満開150日の糖度と満開後60-89日の飽差との間には正の相関 ($P<0.05$)がそれぞれ認められた(表6)。

次に、滴定酸度と気温との関係においては、満開後120日の滴定酸度と満開後90-119日の昼温および夜温との間にそれぞれ負の相関 ($P<0.01$)が認められた(表6、図6および図7)。なお、満開後120日の滴定酸度は、満開後90-119日における日平均気温とも負の相関を示した(図8)。

表6 満開後120および150日の果実品質と栽培環境との単相関表

	満開後日数	糖度		滴定酸度		果皮色 ^z
		120日	150日	120日	150日	150日
昼温	30-59	-0.31	0.37	0.23	0.38	0.19
	60-89	-0.72*** ^y	0.23	-0.31	-0.64	-0.29
	90-119	-0.31	-0.37	-0.75**	-0.27	-0.11
	120-149	—	-0.28	—	0.39	-0.29
夜温	30-59	-0.31	-0.03	0.29	0.30	-0.23
	60-89	0.13	-0.44*	-0.26	0.21	-0.14
	90-119	-0.31	0.28	-0.77**	-0.20	0.28
	120-149	—	-0.16	—	0.23	-0.54*
相対湿度	30-59	0.11	-0.34	-0.70**	0.20	0.13
	60-89	-0.26	-0.51**	-0.08	-0.21	-0.24
	90-119	-0.31	-0.29	-0.30	-0.22	-0.22
	120-149	—	-0.13	—	0.22	-0.15
飽差	30-59	-0.19	0.24	0.78**	-0.22	0.03
	60-89	-0.08	0.41*	0.05	0.21	0.17
	90-119	-0.31	0.10	-0.22	0.22	0.24
	120-149	—	-0.22	—	0.19	-0.15

^z : 色差計による測色値のa/b

^y : **, * ; P<0.01, P<0.05

また、満開後120日の滴定酸度と満開後30-59日の相対湿度との間に負の相関 ($P < 0.01$) が、同じく満開120日の滴定酸度と満開後30-59日の飽差との間に正の相関 ($P < 0.01$) がそれぞれ認められた (表6)。満開150日の滴定酸度は、いずれの環境要因とも有意な相関を示さなかった (表6)。果皮色は、収穫直前の満開後120-149日の夜温と負の相関 ($P < 0.05$) を示した (表6)。

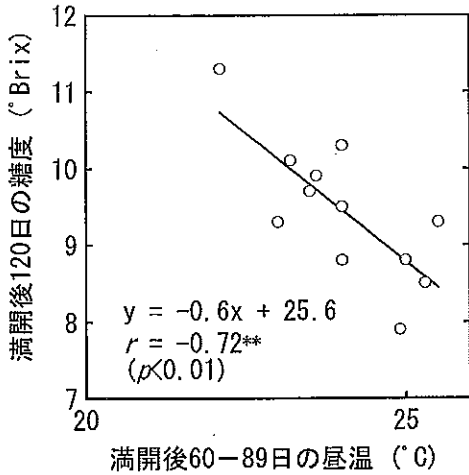


図4 満開後60-89日の昼温と満開後120日の糖度との関係

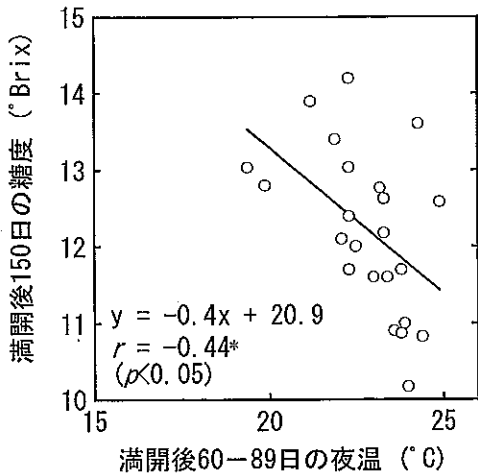


図5 満開後60-89日の夜温と満開後150日の糖度との関係

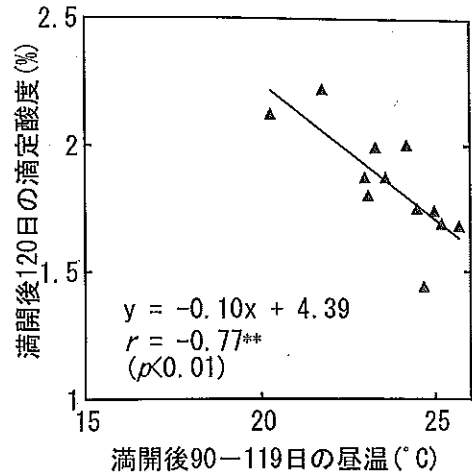


図6 満開後90-119日の昼温と満開後120日の滴定酸度との関係

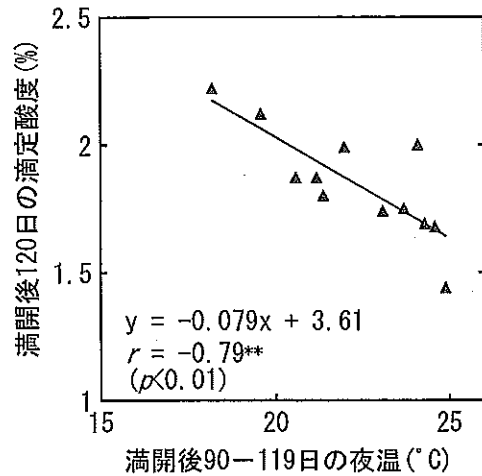


図7 満開後90-119日の夜温と満開後120日の滴定酸度との関係

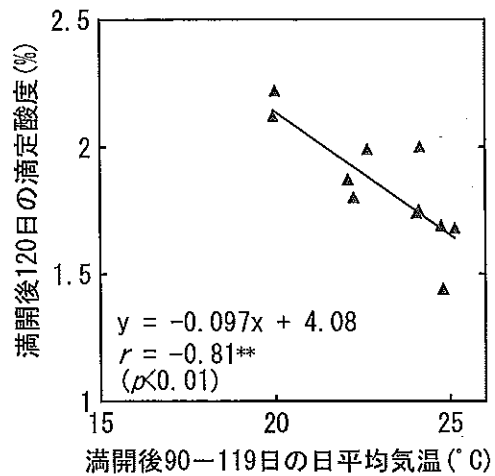


図8 満開後90-119日の日平均気温と満開後120日の滴定酸度との関係

IV 考 察

露地栽培ウンシュウミカンの開花期から収穫期までの果実発育期間は、松本⁹⁾により次のように区分されている。第1期：細胞分裂期・満開後約30日間、第2期：細胞質増加期・6月下旬～8月下旬、第3期：液胞発達期・8月以降、第4期：成熟期・11月中下旬。これに基づくと、本報告の満開後30～59日と満開後60～89日は第2期、満開後90～119日は第3期、および満開後120日以降は第3期から第4期に相当すると思われる。

満開後30日間は、細胞分裂が温度に強く依存することが多くの果樹で報告されている（新居¹⁰⁾）。また、この時期は生理落果期のためリスクが大きく、温度管理の見直しは難しいと思われる。

生理落果終了後の果実肥大盛期から収穫期までの環境と果実生育との関係については、これまで様々な報告がある。小林¹¹⁾、新居¹²⁾らがウンシュウミカンについて、昼と夜の気温を変えた調査結果によれば、果実肥大（8月以降）は30℃では必ずしも促進されず、20～25℃ですぐれた。昼温と夜温の組み合わせ処理をしたところ、果実の肥大は昼温20℃・夜温20℃で最も優れ、次いで25℃・20℃の順となり、昼夜の気温較差は必要でなかった。栗原¹³⁾、¹⁴⁾もウンシュウミカンについて、果実の肥大は28℃～23℃（平均25.5℃）で最大となり、果実品質の適温はこれよりも低い温度範囲にあるとした。以上より、ウンシュウミカンの果実肥大の適温は20～25℃とされている。本研究においては、満開後30～59日に、昼温20～28℃の範囲において25℃近辺に相対肥大速度の最大値を持つ曲線的な関係（図3）が示唆され、また夜温12～24℃で直線的な正の相関（図1）が認められた。よって、これら本研究の結果が既往の調査結果と合致することが確認された。

果実品質と環境との関係において、まず糖度については、20℃前後で高含量となり、25℃では低含量となることが報告されている（新居¹²⁾、井上¹⁵⁾）。糖度には土壌水管理の影響が大きいと思われるが、本報告においても20～25℃の範囲で温度と糖度の有意な負の相関が認められ（図4および図5）、既往の調査結果に矛盾しない傾向が認められた。

つぎに滴定酸度について、新居¹²⁾らによると、果実肥大期では25℃区で、成熟期では20～25℃で最も減酸が進んだのに対し、30℃区と15℃区では容易に減酸しなかった。栗原¹⁴⁾によると、露地栽培における秋季夜温23℃以下では、夜温が高いほど減酸が進

んでいた。本研究においては、満開後120日の滴定酸度と、直前の温度条件である満開後90～119日の昼温（図6）、夜温（図7）および日平均気温（図8）といずれも密接な関係を示し、20～25℃の範囲において夜温が高いほど減酸が進んでいた。実際の栽培管理においては、満開後120日の滴定酸度の基準は1.5～1.8%とされているが、これを満たす満開後90～119日の日平均気温は、図8の回帰式より23.5～26.5℃と試算できる。

したがって、糖度と滴定酸度とのバランスを考えると、満開後60～119日における日平均気温は、20～25℃の中間となる22～23℃を目標とすることが合理的である。

また、本研究において、満開後150日の滴定酸度は、いずれの環境要因とも有意な相関を示さなかったことから（表6）、収穫直前の滴定酸度に及ぼす環境の影響は小さいことが推察できる。

ハウスミカン栽培においては、昼間よりも夜間の暖房負荷が極めて大きいことから、省エネルギー温度管理を考えるにあたり、日長が12時間の場合は、日平均気温23.5℃を満たす設定温度は、昼温を25℃とすれば夜温は22℃となる。昼温と夜温の日較差を設定する理由は、換気扇と暖房機の同時運転を極力防止する目的である。また、連日昼温25℃を保とうとするのではなく、5～10日間の平均気温で昼温25℃をクリアする方が現実的である。つまり、曇天や寒波等で昼温が25℃に達しない場合は、最低限必要な昼温20～23℃の維持に努め、一方で、晴天日の昼温は高めの25～30℃とするような、その日の気象条件に応じた、こまめな昼温管理が、生育適温の維持と省エネルギーに重要な役割を果たすと思われる。さらに、技術の平準化には、現地ハウスにおいても、本研究で取り入れたような放射の影響を回避した正しい昼温の測定が望ましい。

図9に昼温調査結果の一部を示す。この調査期間中は、いずれのハウスも昼間に暖房をほとんど行っていない。AハウスとBハウスでは、換気扇の設定温度が異なっていたことが推察される。Cハウスでは、晴天日は昼温22～23℃であっても、曇天日には20℃を下回っている。これは昼温のベースとなる夜温が20℃以下であることが原因と思われる（図9）。

近年、主に果菜類や花卉において飽差が注目されている。飽差には適正域があり、高すぎたり低すぎたりすると葉のガス交換能力が低下することなどが知られている。本研究においても、果実肥大期の高い飽差は高糖高酸につながる危険性をはらんでおり（表6）、

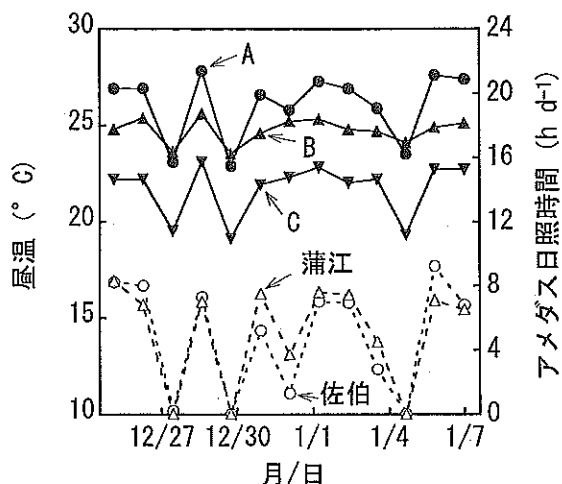


図9 昼温と日照時間の推移 (2011-2012)。

Aハウス (佐伯市) 11/3 満開, Bハウス (蒲江町) 11/9 満開およびCハウス (蒲江町) 11/17 満開。期間平均昼温: Aハウス26.0°C, Bハウス24.7°CおよびCハウス21.7°C。

また、相対肥大速度を最適にする飽差の存在も示唆され (図2)、飽差を適正に管理することが重要と考えられる。

なお、本研究では作型の違い等による積算日射量の違いが果実の生育と品質に及ぼす影響について検討していないが、既往の報告では果実肥大盛期の遮光で果実肥大と糖度に若干マイナスの影響があることが明らかになっている (Yano et al.³¹)。

以上の結果より、早期型ハウスミカンの果実生育適温は20-25°Cの範囲にあることが改めて確認できた。このことを踏まえ、省エネルギー温度管理を考えると、昼温/夜温は、満開後30-59日: 25°C/23°C、満開後60-89日: 25°C/23°Cおよび満開後90-119日: 25°C/22°Cが望ましいと推察された。

今後は、温度だけでなく、着果や水管理等他の要因も含めた総合的な解析が行われ、満開後30-89日は、果実肥大の促進、満開後90-119日は、昼温25°Cで果実肥大と減酸、夜温20°C程度で糖度の増加がそれぞれ促進されるような栽培管理体系、すなわち、夜温依存型の温度体系から昼温依存型の温度体系へ、大きく発想を転換した新しい栽培技術の確立が望まれる。

V 摘要

省エネルギー温度管理技術の確立のため、現地早期型ハウスミカン (32棟) の栽培環境、果実生育および品質について調査し、以下の知見を得た。

- 1) 満開後30-59日における相対肥大速度は、夜温 (12-24°C) と有意な正の相関 ($P<0.01$) を示した。

- 2) 満開後30-59日における相対肥大速度と飽差においては、2次曲線的な関係 ($P<0.05$) が認められ、果実生育に最適な飽差の存在が示された。
- 3) 糖度と気温との関係においては、満開後120日の糖度と満開後60-89日の昼温 (22-26°C) との間に負の相関 ($P<0.01$) が、また満開後150日の糖度と満開後60-89日の夜温 (19-25°C) との間に同じく負の相関 ($P<0.05$) がそれぞれ認められた。
- 4) 滴定酸度と気温との関係においては、満開後120日の滴定酸度と満開後90-119日の昼温 (20-26°C) および夜温 (17-25°C) との間にそれぞれ負の相関 ($P<0.01$) が認められた。なお、満開後120日の滴定酸度は満開後90-119日における平均気温 (19-25°C) とも負の相関を示した。
- 5) 糖度と滴定酸度とのバランスを考えると、満開後60-119日における日平均気温は、22-23°Cを目標とすることが合理的と推察された。
- 6) 早期型ハウスミカンの果実生育適温は20-25°Cの範囲にあることが確認できた。省エネルギーとなる昼温/夜温は、満開後30-59日: 25°C/23°C、満開後60-89日: 25°C/23°Cおよび満開後90-119日: 25°C/22°Cが望ましいと推察された。

謝辞

本研究の遂行にあたり、JAおおいとの関係各位に深く謝意を表す。

引用文献

- 1) 吉岡 宏・高橋和彦. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究 V トマトにおける¹⁴C同化産物の昼夜間の転流割合と、転流・分配に及ぼす光・夜温の影響. 野菜試験場報告 (1981) ; A9 : 63-81.
- 2) 本美善央. ハウスミカンの総合的省エネ対策技術. 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「東海地域における原油価格高騰対応施設園芸技術の開発」成果発表会資料 (2009) ; 21-24.
- 3) Yano, T., Ohara, M., Matsubara, K., Tamanoi, A., Araki, T., Setoyama, S., Yasunaga, E., Kitano, M. Effect of light condition on water and carbon balance in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. Environ. Control Biol (2013) ; 51 : 49-56.

- 4) 川野信寿. 早生温州の加温ハウス栽培における土壌水分管理に関する研究. 大分県柑橘試験場研究報告（1984）；2：11-37.
- 5) 岡田益己. 温度の正しい測り方（1）通風式放射よけの作り方. 生物と気象（日本農業気象学会製作）（2010）；第10巻.
- 6) Nii, N. Seasonal changes in growth and enlargement of the Japanese pear fruit, *Pyrus serotina* cv Shinseiki, in relation to vascular bundle development in the pedicel and flesh. J. Hort. Sci. (1980) ; 55 : 385-396.
- 7) 新居直祐. 果樹・果実の形態機構と発育（1）. 農及園（1989）；64：876-882.
- 8) 杉浦俊彦・本条 均・小野祐幸・朝倉利員・鴨田福也・佐久間文雄. ニホンナシの果実生長と日射量の関係のモデル化. 農業気象（J. Agr. Met.）（1993）48；329-337.
- 9) 松本和夫. 柑橘（1960）；朝倉書店.
- 10) 新居直祐. 果実の生育と発育.（1998）朝倉書店.
- 11) Kobayashi, A., Nii, N., Harada, K., Kadowaki, K. 1968. J. Japan. Soc. Hort. Sci. (1968) ; 37 : 199-204.
- 12) 新居直祐・原田公平・門脇邦康. 園. 学. 雑.（1970）；39：309-317.
- 13) 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Ⅰ 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（1969）；A8：15-30.
- 14) 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Ⅱ 秋季における夜間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（1969）；A10：29-37.
- 15) 井上 宏・銭 長発. 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. 香川大学農学部学術報告（1988）；40：31-36.

Effect of Environment on Fruit Growth and Quality in Early Heating Cropping Type of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Mark.)

Taku YANO, Yoshinori SODA, Shoko NAGAO, Reiichi YAMASAKI and Isamu MIZUUCHI

Summary

In order to establish an energy-saving temperature regime, farmers' greenhouses (32 greenhouses) were researched on the environment, fruit growth and quality in early heating cropping type of Satsuma mandarins (*Citrus unshiu* Mark.). The following knowledge was obtained.

- 1 The standardized fruit growth rate (GRF_{st}) correlated linearly ($P<0.01$) with the night temperature (12–24°C) at 30–59 days after full bloom (DAFB).
- 2 The GRF_{st} correlated quadratically ($P<0.05$) with the vapor pressure deficit (VPD) at 30–59 DAFB, thus the existence of the VPD which maximize the fruit growth was shown.
- 3 On the relation of the soluble sugar content (SSC) and the air temperature, a negative correlation ($P<0.01$) was recognized between the SSC at 120 DAFB and the day temperature (22–26°C) at 60–89 DAFB. Similarly, a negative correlation ($P<0.05$) was recognized between the SSC at 150 DAFB and the night temperature (19–25°C) at 60–89 DAFB.
- 4 On the relation of the titratable acidity (TA) and the air temperature, the TA at 120 DAFB was correlated negatively with the day temperature (20–26°C) and the night temperature (17–25°C) at 90–119 DAFB. In addition, the TA at 120 DAFB was also correlated with the daily mean temperature (19–25°C) at 90–119 DAFB.
- 5 Considering the balance of the SSC and the TA, it might be rational to control the daily mean temperature as height as 22–23°C at 60–119 DAFB.
- 6 An adequate air temperature range for the fruit growth in early heating cropping type of Satsuma mandarin was reconfirmed as 20–25°C. An energy-saving temperature regime, day/night temperatures were proposed as follows: 25/23°C at 30–59 DAFB, 25/23°C at 60–89 DAFB, and 25/22°C at 90–119 DAFB.