ウンシュウミカンの収量変動に及ぼす
気象要因の影響の解析
(2) 3~4月の温度処理が発育、萌芽歩合および収量
に及ぼす影響

池田鐘一・田岡昭敏・中西松太郎
(四国農業試験場栽培部)

Effects of Meteorological Elements on Yield Variation of
Satsuma Mandarin Trees.
(2) Effects of the Temperature Treatments from March
to April on the Development, Percentage Sprouting
Buds and Yield

Shoichi IKEDA, Akitoshi TAOKA and Matsutaro NAKANISHI
(Agronomy Division, Shikoku National Agricultural Experiment Station,)
Zentsuji, Kagawa-ken 765, Japan

1. はじめに

前報において池田ら(1980)は、四国農業試験場での
気象感応試験の成績から、ウンシュウミカンの着花数、
有葉花数、旧葉当たり春葉数の多少およびほう芽(萌芽)
期の早晚と気象要素との相関について調べ、3月中旬~
4月中旬頃の気温と相関の高いことを統計的に明らかに
した。

従来、この時期の気温の高低が、着花新梢(花芽)や無
着花新梢(葉芽)の萌芽歩合に及ぼす影響を明確にした研

究は多くはない。そこで、本報では萌芽など発育の早晚
に加えて収量などへの温度の影響を実験的に明らかにし
ようとした。

2. 試験方法

ミカン樹の温度処理試験として、人工気象室による定
温と簡易ビニール被覆による変温の2試験を行った。

2.1 人工気象室試験の材料と方法

供試樹：前年秋に圃場から、直径40 cm、高さ50 cm
の55 l入り円筒型ポリエチレン製ポットに移植した。こ

Table 1. Air temperature conditions at each treatment.

(a) Growth cabinet experiment	Period		Mar. 10-19	Mar. 20-29	Mar. 30- Apr. 9	Apr. 10-19	Average
	Treatment						
	High	(H)	18.0 °C	20.0 °C	21.5 °C	23.0 °C	20.6 °C
	Intermediate	(I)	14.0	16.0	17.0	18.5	16.4
	Low	(L)	9.0	10.0	11.0	12.5	10.6
	Mean air temperature		8.0	10.0	12.0	14.0	11.0
(b) Vinyl cover closure experiment	Period		Mar. 16-27	Mar. 28- Apr. 6	Apr. 7-16	Apr. 17-26	Average
	Treatment		°C	°C	°C	°C	°C
	High	(H)	18.1 (26.9)	18.1 (23.2)	21.0 (22.4)	19.4 (20.8)	19.3 (23.3)
	Intermediate	(I)	14.7 (24.7)	14.5 (20.6)	18.6 (21.5)	18.6 (21.1)	16.6 (21.9)
	Low	(L)	9.6 (13.6)	11.2 (12.7)	15.3 (13.7)	14.5 (11.7)	12.7 (13.0)

Numerals in the parentheses denote mean diurnal range.

昭和55年2月8日 中国・四国支部例会にて発表

昭和55年10月1日 受理

これらのうち標準的な生育を示した、樹高 100 cm、樹幅 70 cm の 7 年生林ウンシュウ 2 樹ずつを、各温度処理に用いた。

温度処理の方法：愛媛大学農学部、間口 2.3 m、奥行 1.7 m、高さ 1.9 m の人工気象室 3 基を用いて、昼夜一定の高温、中温、低温の 3 水準の温度処理を行った。各水準の気温は、10 日ごとに 1~2℃ の範囲で上昇させた。

Table 1 (a) に表示した処理気温は、人工気象室内の供試樹の中央部付近でサーミスター温度計を用いて測定した値である。昼間には、施設の構造上、上部枝付近での気温は表に示した値より約 20% 高く、下部枝付近での気温は約 10% 低かった。これら部位別の測温にはサーミスター温度計の移動による測定と棒状温度計による測定の併用を主体とした。

処理中の照度条件：午前 6 時から午後 6 時までの 12 時間を昼間とし、他を夜間とした。昼間だけ、樹冠位置で 3 万 lx の照度を保った。

処理中の湿度条件：昼間とも約 70% に保った。

土壌水分条件：ポット内の土壌水分は重量比で約 15% に保持した。

処理期間：1978 年 3 月中旬~4 月中旬の 40 日間とした。

温度処理後の措置：処理後、野外に供試樹を置き、灌水などの管理を行った。

2.2 簡易ビニール被覆試験の材料と方法

供試樹：四国農業試験場の圃場の 10 年生林ウンシュウを各温度処理ごとに 3 樹ずつ供試した。

温度処理の方法：高温、中温、低温の 3 区を設定した。低温区は無処理のままの自然条件とした。高温・中温区は、供試樹を覆うビニール製の簡易ハウスを設置して、無送風および送風により作出した。処理気温は Table 1 (b) に示した。測温は銅-コンスタンタン熱電対と 12 点式自動平衡記録計により、上・中・下部での平均値を処理温度とした。

処理期間：1978 年 3 月 16 日~4 月 26 日の 42 日間

温度処理後の措置：簡易ハウスを取り除いて自然条件下で生育された。

2.3 調査方法

発育時期：農林省園芸試験場興津支場で作成された調査基準(1969)に準じた。しかし、人工気象室試験では、芽単位の調査とした。

人工気象室試験では 10 日ごとに、簡易ビニール試験では 2~3 日ごとに調査を行った。

萌芽歩合：有葉花芽、直花芽、無着花新梢芽、休眠芽の 4 種類に区分し、有葉花芽、直花芽、無着花新梢の混在は有葉花芽と、直花芽と無着花新梢の混在は直花芽と

して扱った。人工気象室試験では各区 120 枝の、簡易ビニール被覆試験では各区 60 枝の結果母枝を対象に調査した。萌芽歩合は、(萌芽数/全腋芽数)で表わした。

調査時期は、温度処理前の 2 月および、開花期頃である。処理前の調査は肉眼観察によった。

果実の肥大：両試験とも 1 樹当たり 20 果について横径と縦径を 7~9 月には 1 日と 20 日に、以降は 10 月 1 日、11 月 1 日、収穫期(11 月 30 日)に測定した。

収穫物と徒長枝：収穫物については、結果数、収量、1 果平均重と着色、食味を全数調査した。徒長枝は春枝と夏枝に区分して 12 月上旬に計数した。

3. 試験結果

3.1 休眠中の腋芽からの種類別萌芽歩合の予測

1978 年 2 月 20 日に観察、判定した種類別の萌芽歩合の予測値は、人工気象室試験、簡易ビニール被覆試験の、各温度処理区ともほぼ同様な値を示した。すなわち、無着花新梢芽が 40~50% と多く、ついで直花芽が 30% 前後、有葉花芽は 18~28% であった。樹勢の個体間差が大きくなりやすいミカンとしては、両試験、各処理区間の差は小さく、供試樹に適當と判断した。

3.2 萌芽、開花の限界気温

人工気象室試験によれば、萌芽、開花は高温区ほど早く、低温区では著しく遅れた。すなわち、処理温度 12℃ 未満では全く萌芽せず、12.5℃ 処理の段階になって部分的に萌芽した

前述のように、人工気象室内には温度むらがあるので、

Fig. 1. Length of axillary buds as influenced by local air temperature in the growth cabinet during the second decade of April (at low temperature treatment).

- Average length of the buds on each branch
- △ Sprouting on only the tip bud of a branch
- Pre-sprouting bud

腋芽の萌芽状況の調査と平行して、室内の温度分布を定期的に観測して、温度補正を行い作成したのがFig.1である。Fig.1から、萌芽には少なくとも12.5℃以上の日が数日以上続く必要があると判断された。

処理後における低温区の萌芽は、野外の平均気温13℃以上の日が数日続くころであった。

なお、同区の処理後における開花期は、

中温区では平均気温約13℃(最高気温約18℃)

低温区では最低気温約13℃(平均気温約18℃)

の日が数日以上続く頃と観察された。

3.3 発育に及ぼす気温の影響

簡易ビニール被覆試験では、各温度区の最高気温は大きい差異を示したが、最低気温の差異は1~2℃の範囲にあり、各区とも日最低気温は全期間を通じて10℃以下に留った。しかし、昼間の昇温の影響のためか、発芽期、開花期ともに高温区(処理した40日間の平均気温18.1℃)が最も早く、中温区(同14.7℃)がこれにつき、自然条件下にある低温区(同9.6℃)が最も遅れた。

Fig. 2. Relation between average air temperature over the whole period of temperature treatments and flowering date.

The value of D in regressions shows that April 30 is the day of 0 and May 1, the day of 1.

開花盛期と気温との関係をFig.2でみると、開花盛期は処理期間中の平均最高気温及び平均気温の高いほど早まったが、最低気温との関係は低かった。

3.4 萌芽歩合に及ぼす温度の影響

人工気象室試験において、前年の春枝による結果母枝上の萌芽歩合をみると、Fig.3(a)に示すように、処理

Fig. 3. Ratio of respective sprouting buds as influenced by the temperature treatment in spring.

期間40日の平均気温が16℃台の中温区が最も高く、20℃台の高温区がこれにつき、10℃台の低温区が最も低かった。したがって、休眠芽歩合(不萌芽歩合)は中温区が最も低く、高温区がこれにつき、低温区が最も高かった。

これら萌芽歩合の内訳についてみると、各区とも直花芽歩合が著しく高く、有葉花芽ならびに無着花新梢芽の歩合は極めて低かった。

一方、簡易ビニール被覆試験における有葉花芽歩合は、Fig.3(b)にみられるように、3区とも高く、区間差は比較的小さかった。しかし、直花芽歩合では差が生じ、中温区が高く、高温区がこれにつき、低温区が最も低かった。したがって、花芽(有葉花芽+直花芽)歩合でみると中温区が最も高く、高温区がついで、低温区が最も低かった。

両試験結果を比較してみると、着花芽歩合の温度に対する増減傾向は中温区>高温区>低温区の順で類似していたが、種類別にはかなりの相違がみられた。

3.5 温度処理による結果数歩合と収穫果の着色・品質の差異

人工気象室試験では、中温区の結果数歩合が比較的高く、高温区、低温区のそれは低かった。

着色期は高温区で最も早く、ついで中温区であり、食味は両区ともに良好であった。これに対して低温区は3~4月の温度不足で、萌芽期、開花期とも著しく遅延したため、果実の着色が著しく遅れただけでなく、果皮も極めて厚く、商品価値の全くないユズ肌ミカンが多かった。なお、果実の肥大推移はFig.4にみられるように、9月中旬までの果径は発育の早い高温区、中温区で大き

Fig. 4. Growth curves in fruit diameter at each temperature treatment in Spring.

く、低温区で小さかったが、収穫期における1果平均重の区間差は比較的小さなものととなった。

簡易ビニール被覆試験でも、温度により発育に早晩の差が生じたが、人工気象室試験のような萌芽の抑制にいたる低温処理ではなかったため、上述のような異常果の発生はなかった。

3.6 1樹当たり収量ならびに徒長枝の発生数

人工気象室試験では、Table 2(a)に示すように、1樹当たり結果数、収量とも中温区が高く、ついで高温区、低温区の順に低下した。

一方、簡易ビニール被覆試験では、Table 2(b)に示すように、1樹当たり結果数は人工気象室試験同様に中温区が高く、ついで高温区、低温区の順に低下した。

夏枝、秋枝の発生数は高温区、ついで低温区が多発し、結果数、収量の多い中温区での発生数は少なかった。

4. 考 察

4.1 温度による着花歩合の動向

高橋(1967)は樹勢の弱い樹に花が多く、良好な状態では着花過多にならないとしている。人工気象室試験では、直花芽歩合が著しく多くなった。このことは、ポット移植により断根量が多かったこと、さらに移植～試験開始の期間が5か月余しかなかったため、樹体の栄養条件の回復が著しく遅れたことも考えられ、これらが冬季休眠中の腋芽生態に異状変化を与えたものと思われる。

人工気象室試験・簡易ビニール被覆試験の両結果において、処理温度によって花芽歩合に明瞭な差が認められることから、春の気温の推移によっても花芽分化の生態に変化が生じ、好適な温度で経過すれば、花芽歩合が増大する方向に動くものと判断される。

4.2 温度効果と処理温度の検討

人工気象室試験の結果からは、ウンシュウミカンの萌芽には少なくとも12.5℃以上の日数が数日以上は必要であった。また、人工気象室・簡易ビニール被覆両試験ともに、春の気温が高いほど萌芽期、開花盛期などの発育時期は早まった。しかし、萌芽歩合、とくに花芽歩合、さらには結果数は両試験とも中温区で最も高く、高温区、低温区の順に低下した。ただし、簡易ビニール被覆試験では、徒長枝の多発が影響したためか、高温区の収量より低温区の収量がやや多かった。

このように、萌芽歩合、収量とも最も高かったのは両試験ともに中温区であった。中温区の処理期間中の平均気温は両試験とも16.5℃前後で、自然条件下における平年の3～4月の平均最高気温に近い温度であった。このことは、この程度までの高温は萌芽歩合および収量の増加を促すものと考えられる。低温区の温度は両試験ともに平年気温に類似しており、両高温区の温度はウンシュウミカンの主産地では通常は現われない温度条件である。

4.3 既往研究との対比

井上(1980)は、15・20・25℃の恒温処理試験を行い、15℃区の着花数が最も多く、25℃区のそれが最も少なかったことを述べている。また、重里ら(1977)は、恒温ガラス室を用い15・20・25・30℃の加温試験を行い、高温ほど萌芽期、開花期、開花盛期は早まるが、着花数は低温の15℃区が最も多く、高温で着花数も結果歩合も低下するとしている。さらに、小林ら(1967)も、15・20・30℃の恒温処理を行い、萌芽期、開花期は高温区ほど早い、花器の発育は低温の区がよいとしている。

以上の成績は、本研究でえた、着花歩合の最も高い中温区の3月中旬～4月中旬頃の40日間の平均気温が16℃台であったという結果とよく一致している。

Table 2. Satsuma mandarin yields and numbers of elongated branches per tree at different temperature treatments.

Experiment	Treatment	Item	Numbers of fruits	Yield (kg)	Average weight per fruit (g)	Numbers of summer branches	Numbers of autumn branches	Numbers of total branches
(a) Growth cabinet	H		25	2.0	80.0			
	I		30	2.8	93.3			
	L		17	1.6	94.1			
(b) Vinyl cover closure	H		182	15.2	83.5	27	41	68
	I		276	21.9	79.3	5	7	12
	L		163	16.4	100.6	18	34	52

藤田ら(1955)の研究から推察すると、3月中旬～4月中旬は花芽分化期から片形成期への移行期であり、4月下旬頃は雄ずい形成期に相当すると考えられる。いずれにしても、ウンシュウミカンの萌芽には少なくとも12.5℃以上は必要であり、萌芽期前後に気温が15～16℃程度になると、花器の形成にとってきわめて有効に作用すると考えられる。

5. ま と め

わが国のウンシュウミカンの主産地帯で、萌芽期頃に20℃をこえる高温地帯は存在しないので、自然条件下での萌芽期を含む春の気温が、高温なほど花数成立に良好なことを本実験は示している。と同時に発育時期、着花数、収量および気温が相互に高い相関関係にあることを示唆しているものといえよう。

以上述べてきたことは、前報の統計的解析によって、3月中旬～4月中旬頃の気温が萌芽期や旧葉数当たりの春葉数と負の相関、着花数や有葉花数と正の相関を示したことを実験的に裏付けたものであり、萌芽期、開花盛期など発育時期の早晚が着花数予測の一指標になりうることを示していると思われる。

6. 要 約

ウンシュウミカンの発育の早晚や種類別萌芽歩合に及ぼす春の気温の影響を調査するために、気温と結果数との正相関の極めて高い、3月中旬～4月中旬頃の期間について、1978年にポット樹による人工気象室試験と圃場樹による簡易ビニール被覆試験を行った。

(1) 人工気象室における温度処理から、萌芽には約12.5℃以上の気温が数日以上必要と思われた。また、簡易ビニール被覆試験の結果も含めて、萌芽期や開花盛期などは、高温の区ほど早かった。

(2) 結果母枝上の着花歩合とりわけ直花歩合は、人工気象室・簡易ビニール被覆試験とともに、3月中旬～4月中旬頃の40日間の平均気温が16℃台の区で最も多かった。一方、高温の20℃台の区、ついで低温の11℃(簡易ビニール被覆試験では13℃)の各区では着花歩合は少なかった。

(3) 結果数、収量ともに両試験を通じて中温区が最も

多かった。人工気象室試験の低温区では果実は着色不良であった。

(4) 3月中旬～4月中旬の平均でみて、16℃という温度はわが国のミカン栽培地帯での最高気温に相当していることを考慮すれば、春には高温なほど発育は早くなり、直花歩合ひいては収量は増加するといえよう。

(5) 以上のことがらは、前報で述べた、春の気温は萌芽期や旧葉当たり春葉数と負の、着花数や有葉花数と正の相関にあることを実験的に解明したものといえる。

謝 辞

本研究のとりまとめに当たっては、農業技術研究所物理統計部長久祐雄博士、果樹試験場安芸津支場長中川行夫博士らの御指導・助言をいただいた。また、人工気象室試験は筆者の一人池田が1978年に流動研究員として愛媛大学農学部カンキツ学教室へ留学した際に行った研究の一部であり、試験の遂行に終始懇篤な御指導をいただいた白石雅也博士、松本和夫博士および制御化農業実験実習施設増井典良博士および研究室の各位に、あわせて深く感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) 藤田克治, 八木利幸, 1955: 柑橘の花芽分化に関する研究(第一報), 温州密柑の花芽分化期並びに花芽の発育経過について, 神奈川県農試園芸分場研報, **3**, 19-27.
- 2) 池田鐘一, 小野貞芳, 1980: ウンシュウミカンの収量変動に及ぼす気象要因の影響の解析, (1) 3～4月の気温とほう芽期, 着花数, 春葉数との関係, 農業気象, **36**, 199-202.
- 3) 井上 宏, 1980: ウンシュウミカンの花芽の分化・発達の温度条件, 昭和55年度園芸学会 春季大会発表要旨, 2-3.
- 4) 重里 保, 加藤彰宏, 1977: 早生温州ミカンの加温ハウス栽培に関する研究(1), 加温の開始時期と温度が発芽・開花および着花数におよぼす影響, 大阪農技センター研報, **14**, 53-60.
- 5) 小林 章, 新居直祐, 原田公平, 1967: 温度が温州ミカンの開花・結実ならびに成熟期の果実の品質におよぼす影響, 農及園, **42**, 97-98.