

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

February 2026

広島県立総合技術研究所 農業技術センター研究報告

第 103 号
令和 8 年 2 月

広島県立総合技術研究所
農業技術センター
(広島県東広島市八本松町原)

広島県立総合技術研究所農業技術センター研究報告 第103号

目 次

ハウスレモンにおける栽培温度が生育および収穫期に及ぼす影響

赤阪信二・川口岳芳・大賀健人・川崎陽一郎 1

ハウスレモンにおける栽培温度が生育および収穫期に及ぼす影響

赤阪信二・川口岳芳・大賀健人*・川崎陽一郎

キーワード：満開期，有効下限温度，有効積算温度

広島県の島しょ部では、温暖な気候を活かして露地栽培でレモンが生産されている。露地栽培されるレモンの端境期は、6～9月であり、他の時期と比較して市場価格が高くなる傾向がある。この端境期に出荷するために加温ハウス栽培が取組まれている。早生ウンシュウミカンのハウス栽培では、開花が早いほど収穫が早まる（大和田ら，1991）ものの、発芽後の高温や昼夜温の差が大きいと果実の変形（西山ら，1991）や着花数が減少する（谷口，1982）ことが知られている。これらの知見を参考にして、広島県のハウスレモン栽培では、12月1日から夜間は12～14℃で加温を開始し、昼間は25～30℃を上限に管理を行っている。しかし、ハウス栽培の導入目的である端境期、特に価格の高い6～8月を出荷の最盛期にすることができず、9月の出荷割合が高くなっているのが現状である（広島市中央卸売市場年報，2022）。レモンの開花期や収穫期は温度の影響を受ける事が知られている（脇，1984）。このため栽培温度を上昇させる事により、満開期や収穫期を前倒して6～8月を出荷の最盛期に出来る可能性がある。しかし、上述のようなウンシュウミカンのハウス栽培における高温の悪影響を考慮し、これまではそのような試みは実施されていない。加えて、生育に関する基礎的な情報であるレモンの開花までの有効下限温度や有効積算温度すら不明である。近年、環境要因に基づく生育予測技術は、様々な品目において開発されている。果樹ではウンシュウミカン（林田ら，1998；矢羽田ら，1995）、日本ナシ（杉浦ら，1991）およびウメ（青野ら，1996）において満開期等の予測技術の報告がみられる。レモンの開花までの有効下限温度や有効積算温度等が明らかになれば、これらの情報に基づいてハウスレモンの生育予測も可能となる。本研究では、レモンのハウス栽培における管理温度が生育および収穫期に及ぼす影響を明らかにし、6～8月を出荷の最盛期とするための指針となる知見を得たので報告する。

* 広島県農業技術大学校
令和7年3月31日受理

材料および方法

1. 品種

供試材料は、穂木品種をクック系‘ユーレカ’および道谷系‘ピラフランカ’の2品種とし、台木品種をカラタチとした接ぎ木苗を用いた。

2. 耕種概要

実験は、広島県立総合技術研究所農業技術センター（東広島市八本松町原6869）において、コンテナ（縦53 cm，横36 cm，高さ30 cm）を用いた隔離栽培で行った。コンテナには、マサ土とバーク堆肥を1:1（v・v^l）で混合した培地を38 L充填し、2年生苗木を2020年3月10日に定植した。その後、プラスチックハウス（間口6.5 m×奥行15 m×高さ3.8 m，厚さ0.75 mmのPOフィルムを被覆）に搬入した。灌水管管理は、地表下15 cmの土壌水分吸引圧（以下、pF値）をテンシオメーター（DM8-HG、（株）竹村電機）で測定し、pF値が1.8に達した時点で灌水した。1回当たりの灌水量は、20 L・m²とした。肥料は、液肥（養液土耕3号（N:P₂O₅:K₂O=15:15:15）、OATアグリオ（株））を用い、窒素成分で1樹当たり250 mg・日^lを施用した。供試材料をガラス温室内に設置した小ハウス（間口3.0 m×奥行5.3 m×高さ2.15 m，厚さ0.1 mmのPOフィルムを被覆）4棟に11月30日に搬入し、実験に供した。この際の灌水管管理および施肥は、上記と同様とした。区制は、‘ユーレカ’が1区1樹3反復、‘ピラフランカ’が1区1樹4反復とした。栽植密度は、株間、列間ともに1 mとした。樹形は、開心自然形となるように整枝した。着果量調節は、生理的落果が終了した満開9週間後に葉果比が約20となるよう摘果した。

3. 温度処理

処理開始日は、ガラス温室内に設置した小ハウス4棟に搬入した翌日の12月1日とした。処理終了日は、ハウスレモンとして高価格での販売が可能な時期が8月末までであることから、2021年8月25日とした。処理条件は、夜間（17:00～6:00）の最低温度を5、10、15および20℃とした。夜間の温度は、農電デジタルサーモ（ND-910、日本ノーデン（株））に電熱ヒーター（CH-N2060WH、スリ

ーアップ (株)) を接続し、設定温度を下回らないようにした。なお、ガラス温室内は、最高温度が 30℃以上、最低温度が 5℃未満にならないよう天窓の開放および暖房機の稼働を行った。小ハウス外の温度が夜間の設定温度以上で推移した場合は、自動換気装置(くるファミ Acc3, (株) 誠和) を用いてサイドフィルムを開放した。一方で、昼間 (6:00~17:00) の温度は、レモンの光合成の適温 (Pimentel et al, 2007) である 25~30℃となるよう空調機 (SRK2524T-W, 三菱重工業) を用いて管理した。なお、小ハウス内の昼間の温度が 30℃を超えた場合にはサイドフィルムを開放した。

4. 調査方法

小ハウス内温度の測定は、熱電対を内蔵した強制通風式ラジエーションシールド (岡田・中村, 2010) を樹冠中心の高さ (小ハウスの地表面から約 1.0 m) に設置し、データロガー (GL220, GRAPHTEC (株)) を用いて、処理開始日から処理終了日まで 5 分毎に記録を行った。

生育調査により、各処理区における満開期、着花数、完全花率、子房径を明らかにしようとした。満開期は、供試樹毎に全ての花蕾数の 80%以上が開花した日とし、平均値を求めた。開花期間は、開花率が 30%となった日から満開期までに要した日数とした。なお、着花数は、1 樹当たりの全ての花と蕾の数を測定した。完全花率は、長さ約 30 cm の結果母枝を 1 樹当たり 2 本選び、子房の無い不完全花数と子房を有する完全花数から算出した。子房径は、開花率が 30%以上になった日に、開花当日の直花の子房径を対象に 1 樹当たり 4~8 花について測定した。

着果率は、生理的落果終了後の 1 樹当たりの着果数を前述の着花数で除して算出した。

果実肥大は、1 樹当たり 4 果について横径 (果実赤道部) を生理的落果終了後から約 1 週間毎に測定した。

果実の収穫は、2021 年 5 月 19 日から横径が 59 mm (L 階級) 以上に達した果実を約 1 週間毎に行った。また、8 月 25 日には、S 階級 (果実横径 51 mm 以上 55 mm 未満) 未満の果実を除く全ての果実を収穫した。累積収穫率は、収穫日毎に、それまでに収穫した果実数を 8 月 25 日までの総収穫果実数で除して算出した。

温度が開花に及ぼす影響については、江幡 (1990a) の手法により、処理開始日から満開期までに要した日数とその間の積算温度から有効下限温度と有効積算温度を算出した。また、杉浦 (1991) の手法により、処理開始日から満開期までに要した日数の逆数とその間の平均温度から発育速度を算出した。

結 果

1. 小ハウス内温度

晴天日 (2020 年 12 月 26 日) における小ハウス内温度は、いずれの処理区においても 6 時から徐々に上昇し、10 時以降は 28~30℃で推移した (図 1)。その後、17 時以降は徐々に低下し、設定した最低温度を維持した。

2. 温度が開花に及ぼす影響

処理開始日から満開期までの日数 (x) と積算温度 (y) との間に、両品種で高い相関がみられた (図 2)。この関係式から、‘ユーレカ’の有効下限温度は 11.6℃および有効積算温度は 328.8℃・日、‘ピラフランカ’の有効下限温度は 9.5℃および有効積算温度は 373.7℃・日であることが示された。また、処理開始日から満開期までの発育速度は、両品種ともに、平均温度が低いほど遅くなった (図 3)。ま

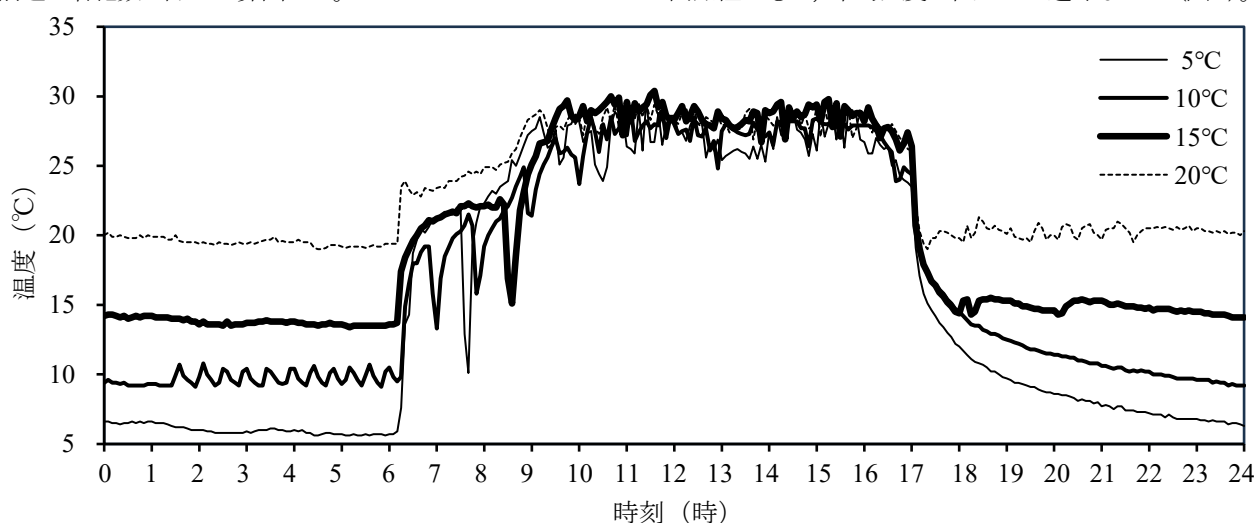


図1 晴天日におけるハウス内温度の推移 (2020年12月26日)

温度条件は、最低温度は5, 10, 15および20℃とした。また、最高温度はいずれの区も昼間を28℃に設定し、30℃を超えた場合にサイドフィルムの自動開閉により温度の上昇を抑制した。

た、低い温度での発育速度は、‘ユーレカ’と比較して‘ビラフランカ’が早かった。

開花期間は、温度にのみ有意性があり、温度が高いほど短くなる傾向であった（表1）。着花数は、品種にのみ有意性があり、‘ユーレカ’と比較して‘ビラフランカ’で多かった。完全花率は、温度にのみ有意性があつた。子房径は、品種、温度および交互作用で有意性がなかった。着果率は、品種および温度で有意性があり、交互作用がなかった。着果数は、‘ビラフランカ’が‘ユーレカ’と比較して多く、温度による影響はみられなかった。

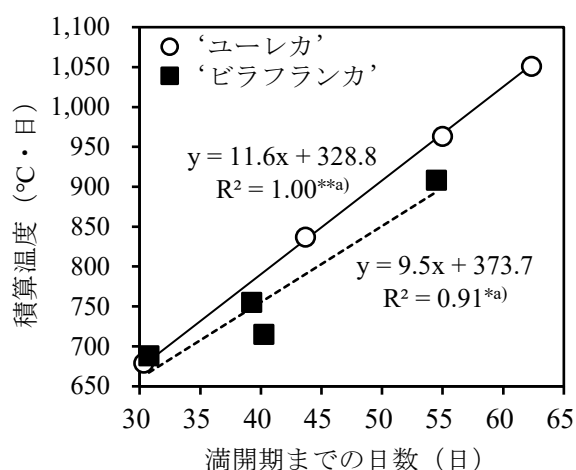


図2 満開期までの日数と積算温度との関係

a) *は5%, **は1%水準で有意性があることを示す。

3. 温度が果実肥大に及ぼす影響

果実横径は、‘ユーレカ’では3月21日から5月4日および6月23日から7月27日の期間において20℃区が他の3区と比較して大きかった（図4, 上）。‘ビラフランカ’では3月21日から6月2日の間において20℃区が他の3区と比較して大きかった（図4, 下）。

累積収穫率は、‘ユーレカ’では6月9日から8月5日の間で20℃区が他の3区と比較して高かった（図5, 上）。‘ビラフランカ’では6月2日から7月20日の間で20℃区が他の3区と比較して高かった（図5, 下）。

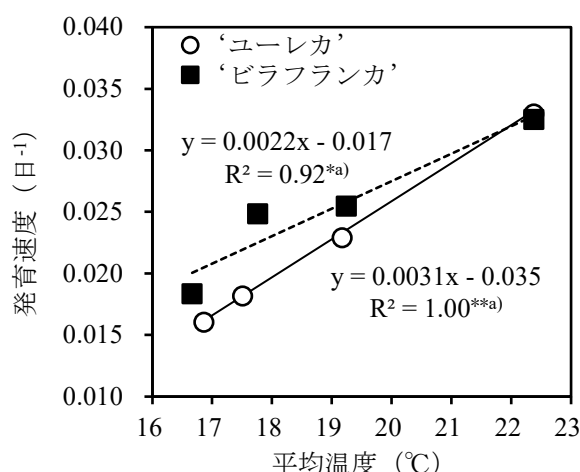


図3 満開期までの平均温度と発育速度との関係

a) *は5%, **は1%水準で有意性があることを示す。

表1 品種および温度の違いが満開期までの日数、有効積算温度および開花に及ぼす影響

処理区		開花期間 ^{b)} (日)	着花数 (個・樹 ⁻¹)	完全花率 ^{c)} (%)	子房径 (mm)	着果率 ^{c)} (%)	着果数 (個・樹 ⁻¹)
品種	最低温度 ^{a)} (°C)						
ユーレカ	5	10.3	83	66.4	3.8	28.6	23.0
	10	8.7	110	52.6	3.8	36.4	35.3
	15	5.7	131	57.7	4.0	23.4	31.7
	20	2.7	161	75.0	3.8	16.7	28.0
ビラフランカ	5	7.8	678	52.4	3.7	9.5	58.8
	10	6.8	413	55.7	3.7	15.0	58.8
	15	6.0	595	52.2	3.8	8.0	43.0
	20	3.8	472	74.8	3.8	7.3	32.8
品種 (A)		ns	**	ns	ns	**	*
分散分析 ^{d)} 最低温度 (B)		**	ns	**	ns	*	ns
交互作用 (A×B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

a) 最低温度は、5, 10, 15および20℃とした。また、最高温度はいずれの区も昼間を28℃に設定し、30℃を超えた場合にサイドフィルムの自動開閉により温度の上昇を抑制した。

b) 開花期間は、開花率が30%から満開期（開花率80%）に達するまでに要した日数とした。

c) アークサイン変換後に統計処理を行った。

d) 繰り返しのある二元分散分析（‘ユーレカ’はn=3, ‘ビラフランカ’はn=4）を行い、**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり, nsは有意差がないことを示す。

考 察

温度と処理開始日から満開期までの日数との関係は、品種により異なることが示された。品種によって有効下限温度や有効積算温度が異なることは、スギ（平，1993）やイチゴ（森下・本多，1979）の報告と一致した。有効下限温度は、‘ユーレカ’の11.6℃に対し‘ピラフランカ’では9.5℃であり（図2），平均温度20℃未満の發育速度は‘ユーレカ’と比較して‘ピラフランカ’で早かった（図3）。これらのことから，‘ピラフランカ’は，發育速度を‘ユーレカ’よりも低下させずに低い温度で管理できる可能性が示唆された。ウンシュウミカン‘宮川早生’を最高温度25～35℃の範囲で栽培した試験（谷口，1982）では，処理

開始日から満開期までの日数は，温度が高いほど減少するが，花数が減少し，子房重が小さくなるとされている。本実験において着花数は，品種で差がみられたものの，温度による差はなかった。また，子房径は品種，温度および交互作用で有意性がなかった。これらのことから，供試したレモン2品種では，最高温度が30℃を上回らない管理では着花数や子房径に悪影響を及ぼさないと考えられる。

果実横径は，両品種ともに20℃区が他の3区と比較して大きく推移した。累積収穫率においても同様の傾向であった。このことから，6月からの早期収穫を行うためには，最低温度を20℃として果実肥大を促進することが有効と考えられる。一方で，最低温度を高く維持するには燃油代が増加するデメリットがある。江幡（1990b）によると，

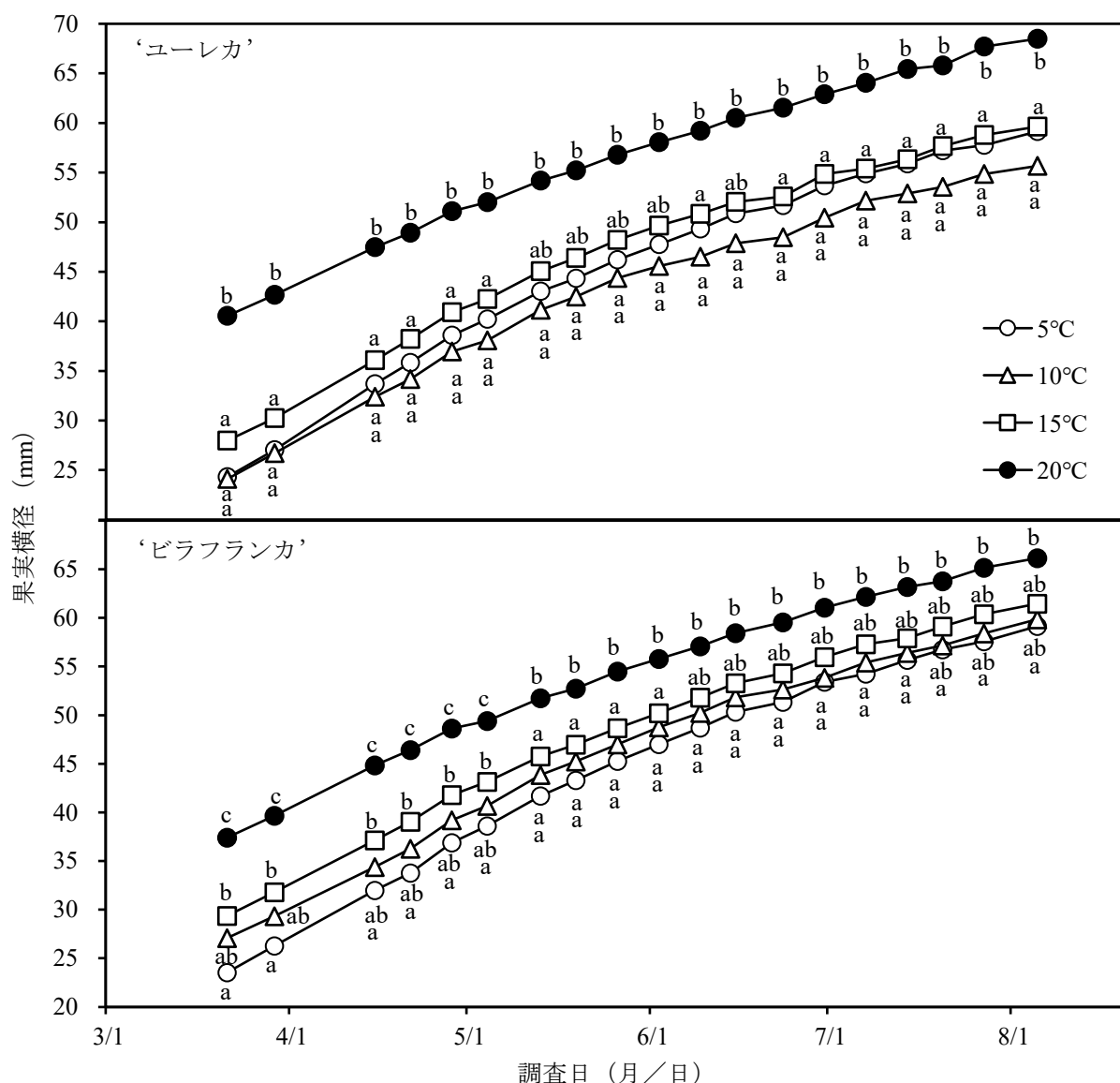


図4 果実横径の推移

同一品種，同一調査日の同一アルファベット間に5%の危険率で有意差なし（Tukey法，‘ユーレカ’はn=3，‘ピラフランカ’はn=4）。

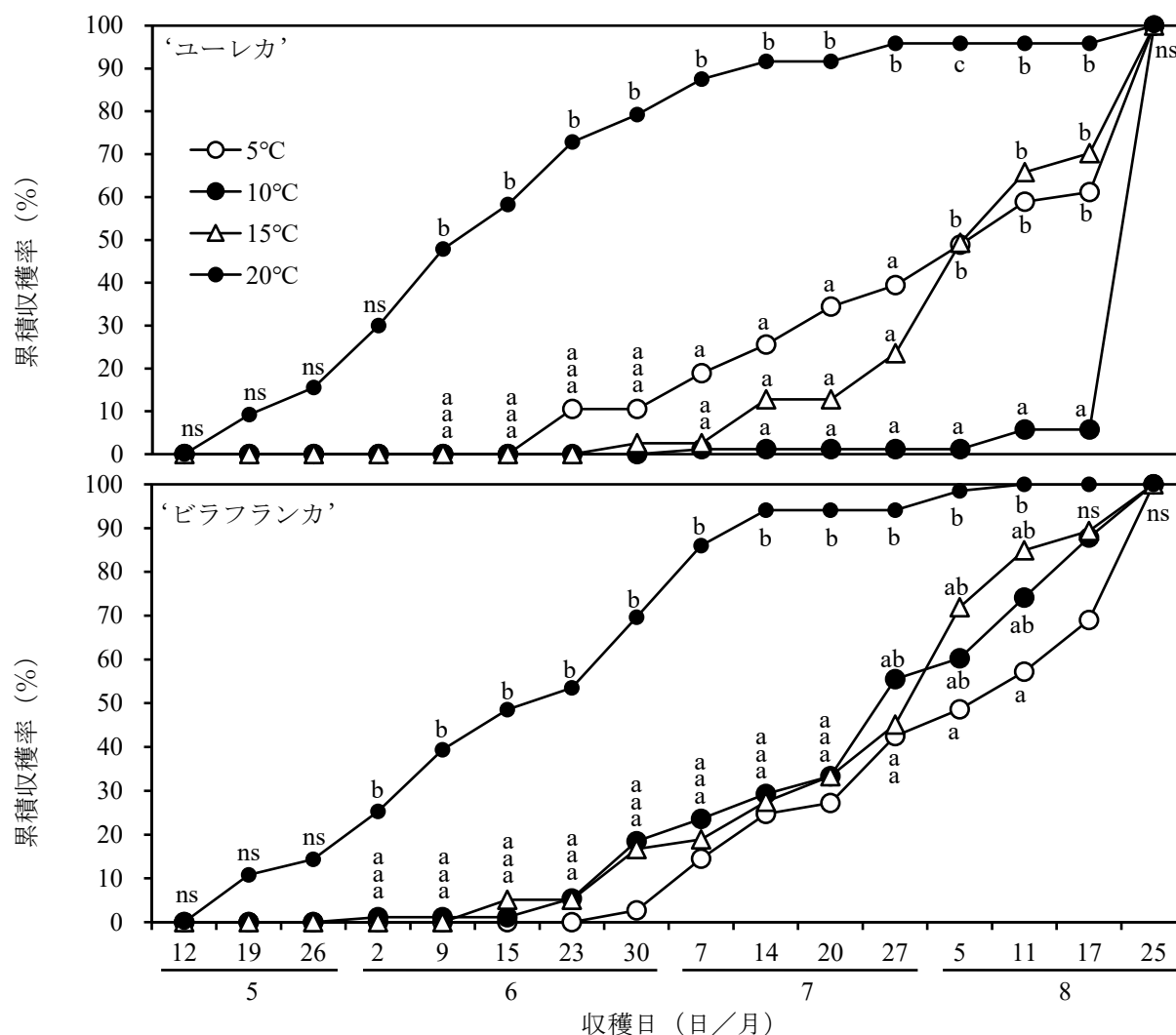


図5 累積収穫率の推移

同一品種，同一調査日の同一アルファベット間に5%の危険率で有意差なし（Tukey法，‘ユーレカ’はn=3，‘ビラフランカ’はn=4）。アークサイン変換後に統計処理。

イネの有効下限温度は，登熟初期よりも登熟後で4～5℃低下することが報告されている。図4に示したように，3月21日時点でみられた20℃区と他の3区との果実横径の差は，その後，徐々に縮まる傾向がみられた。このことは，レモンにおいても生育ステージにより有効下限温度が変化する可能性，特に満開期以降は最低温度を高く維持する必要がない可能性が示唆された。今後は，生育ステージ別の詳細な温度と生育との関係を明らかにし，より効率的な加温制御方法の提案につなげたい。

収量は，本実験の条件では品種や温度による影響がなかった（データ省略）。また，レモンの果実品質の中で最も重要な果皮厚および果汁割合は，品種間や温度による差がみられなかった。

以上から，レモンの加温栽培における温度条件は，両品種で満開期および収穫期に影響を及ぼすことが示唆された。端境期を中心に出荷するための手段として，12月1日

からの最低温度を20℃とするのがよいと考えられた。また，有効下限温度と有効積算温度が明らかになったことから，温度データに基づいた満開期の予測と制御の可能性が示唆された。今後は，生育ステージ別に温度の影響を明らかにする必要があると判断した。

摘 要

レモンの温度に対する反応を明らかにするため，コンテナ栽培の‘ユーレカ’と‘ビラフランカ’の2品種を用いて，最低温度5，10，15および20℃，最高温度を30℃で実験を行った。有効下限温度は，品種によって異なり‘ユーレカ’で11.6℃，‘ビラフランカ’で9.5℃であった。有効積算温度は，‘ユーレカ’で328.8℃・日，‘ビラフランカ’で373.7℃・日であった。両品種とも，20℃区で満開期と収穫期が最も早かった。収量，果皮厚および果汁割合に品種や温度の違いによる差はみられなかった。今後，よ

り精度の高い温度管理を行うため、生育ステージ別の実験が必要であると判断した。

謝 辞

本研究報告の執筆に当たり御校閲を賜りました国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター 國賀 武博士に謹んで感謝の意を表します。また、本研究を行うにあたり、当センター研究員および嘱託員一同に多大なご協力を頂いたことをここに記して、厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 青野靖之・佐藤和美. 1996. 休眠解除過程を考慮した西日本におけるウメの開花日の推定. 農業気象. 52 (2) : 125-134.
- 江幡守衛. 1990a. 有効積算温度とイネの生長 第1報 有効下限温度の実験的算出法とイネの栄養生長への応用. 日作紀. 59 (2) : 225-232.
- 江幡守衛. 1990b. 有効積算温度とイネの生長 第2報 イネの出穂・開花および登熟における有効積算温度. 日作紀. 59 (2) : 233-238.
- 林田誠剛・岸野 功・森田 昭. 1998. ウンシュウミカンの生育予測システムの開発. 長崎果試研報. 5 : 1-9.
- 広島市中央卸売市場. 2022. 令和4年 市場年報 8 果実品目別・産地別・月別取扱高. <<http://www.hiroshima-shijou.jp>>.
- 森下昌三・本多藤雄. 1979. イチゴの果実成熟のための有効積算温度. 農及園. 54 (11) : 79-80.
- 西山富久・船上和喜・大和田 厚・石田善一. 1991. 早生

- 温州のハウス栽培に関する研究 (第2報) 開花期前後の温度環境と果形との関係. 愛媛果試報. 10 : 23-33.
- 岡田益己・中村浩史. 2010. 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. 10 : 1-5.
- 大和田 厚・船上和喜・西山富久・赤松 聡・脇 義富. 1991. 早生温州のハウス栽培に関する研究 (第1報) 被覆加温開始時期の早晚が開花結実に及ぼす影響. 愛媛果試報. 10 : 5-22.
- Pimentel, C., C. Bernacchi, and S. Long. 2007. Limitations to photosynthesis at different temperatures in the leaves of *Citrus limon*. Braz. J. Plant Physiol. 19 (2) : 141-147.
- 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期までの发育速度モデルについて. 農業気象. 46 (4) : 197-203.
- 平 英彰. 1993. スギ品種による雄花の有効積算温度と发育限界温度の違い. 富山林技セ研報. 7 : 18-21.
- 谷口哲微. 1982. カンキツの施設栽培における環境と发育生態ならびに果実品質に関する研究 第1報 開花前の温度および土壌水分環境が早生温州の发育生態に及ぼす影響. 静岡柑試研報. 18 : 27-36.
- 脇 義富. 1984. レモンの栽培技術. 広瀬和栄編著. カンキツ類 ハウス栽培の新技術. 成文堂新光社. pp.166-173.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原 実. 1995. 温度変換日数 (DTS) 法によるウンシュウミカンの満開期予測と精度. 福岡農総試研報. 14 : 125-128.

Effect of cultivation temperature on growth and harvest time in greenhouse lemons

Shinji AKASAKA, Takeyoshi KAWAGUCHI, Kento OGA and Yoichiro KAWASAKI

Summary

To clarify the response of lemons to temperature, experiments were conducted using two cultivars, 'Eureka' and 'Villafranca', grown in containers, with minimum temperatures of 5, 10, 15, and 20°C and a maximum temperature of 30°C. The base temperature varied by cultivar, being 11.6°C for 'Eureka' and 9.5°C for 'Villafranca'. The effective cumulative temperature was 328.8°C-days for 'Eureka' and 373.7°C-days for 'Villafranca'. For both cultivars, the earliest bloom and harvest dates were observed at 20°C. No differences were observed in yield, peel thickness, or juice content between cultivars or at different temperatures. To achieve more precise temperature management, it was determined that further experiments at different growth stages would be necessary.

Key Words : base temperature, effective cumulative temperature, full bloom stage

広島県立総合技術研究所農業技術センター研究報告 第 103 号

令和 8 年 2 月 発行

編 集 広島県立総合技術研究所農業技術センター
発 行
〒 739-0151 広島県東広島市八本松町原 6869
Tel (082)429-0522

BULLETIN
OF
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER
NO. 103

CONTENTS

Effect of cultivation temperature on growth and harvest time in greenhouse lemons

Shinji AKASAKA, Takeyoshi KAWAGUCHI, Kento OGA and Yoichiro KAWASAKI..... 1