

原著論文

沖縄本島北部地域でのマンゴー「アーウィン」における加温栽培による連年生産性評価

清水優子¹・島尻庸平²・阿波根直恭³・仲村昌剛⁴
松村まさと⁵・與儀喜代政⁶・仲村伸次¹・小濱建徳¹

1 沖縄県農業研究センター名護支所

2 現 北部農林水産振興センター

3 現 南部農業改良普及センター

4 現 農林水産部園芸振興課

5 現 農林水産部営農支援課

6 現 沖縄県農業研究センター石垣支所

要 約

沖縄本島ではマンゴーの安定生産技術として加温機を利用した加温栽培の普及拡大が進んでいる。最近では宮古島でも一部農家で実施されている。しかしながら、加温栽培と無加温栽培の連年にわたって生育や収量を比較した報告はない。そこで、沖縄本島北部に位置する農業研究センター名護支所において2015～2018年に加温栽培および無加温栽培の比較試験を行った。加温栽培における収穫期は無加温栽培と比較して7～26日前進化し、年毎の変動があるが、概ね10aあたりの収量は20%程度の増収となった。加温栽培では果実重が重くなり、販売では問題にならない範囲であるが糖度は低くなる傾向があった。収量データを使って生産費から経営費を減じた所得を計算したところ、加温栽培は無加温栽培と比較して80万円程度の増額となった。4年にわたる今回の調査から、本島北部地域においては加温栽培の方が無加温栽培よりも優位な生産性が示された。

キーワード：収量、着花、着果、生産性

結 言

マンゴーは沖縄県における主力の果樹品目で、贈答用や生食用として全国に流通している。マンゴーは、産地が八重山から沖縄本島北部まで全域に広がっており、平成29年度の産出額は22億円で県内における農業品目の中で8番目であり、果樹の中では最も高い品目である（沖縄総合事務局農林水産部、2019）。

本県におけるマンゴーの加温栽培は、収穫期拡大や安定生産を促進する目的で着目され、1993年に北部マンゴー研究会に加温部会が発足した（島袋ら、2009）。最近では、安定生産技術として北部地域だけでなく、沖縄本島南部や宮古島でも加温機を利用した加温栽培の普及が進んでいる。これまでに沖縄県における加温栽培の管理方法や生態については詳細な研究が行われてきた（松田・平良、1993；島袋ら、2006；島袋ら、2009）。栽培技術的な手法については、ほぼ確立しており、加温栽培の利点として生育の前進化や着果率の向上などが上げられている（松田・平良、1993；沖縄県農林水産部、2011）。

こうした加温栽培の生産性を評価する際には、年次変動を考慮して複数年にわたり無加温栽培との比較試験を実施する必要がある。鹿児島県奄美地域に

おいて加温栽培の連年の生産性について評価を行い、加温栽培で生産性が高いとした報告はあるが（都外川ら、2004；九州沖縄農業試験研究推進会議、2004）、栽培環境が異なる沖縄県で複数年にわたり無加温栽培と比較した報告はない。

そこで、本研究ではマンゴーの生産現場において加温栽培技術を指導する際の基礎的知見として、沖縄本島北部に位置する農業研究センター名護支所において2015～2018年にかけて加温栽培と無加温栽培の比較試験を行い、開花および着果、収量等を調査し、生産性について評価した。

材料と方法

試験環境および供試樹

試験に使用したマンゴー樹は、沖縄県名護市に位置する沖縄県農業研究センター名護支所内にあるパイプハウスに植栽されたマンゴー「アーウィン」（20年生樹：2018年時点）であった。試験に使用する施設は、マンゴー4樹が植栽されたパイプハウス2棟（単棟、間口6m×奥行き24m×棟高3m）で、一方のハウスは重油加温機（ネポン株式会社、HK-2025）を利用した加温栽培とした。供試樹の樹冠幅

は5 m程度で、2015～2017年の開花時期における樹当たり総枝数は、表1の通りであった。

表1 加温区および無加温区における樹あたり総枝数

	総枝数±標準偏差 ¹⁾		
	2015年	2016年	2017年
加温区	311±18	321±26	331±41
無加温区	286±22	265±18	343±27

¹⁾ 各区4樹の平均。

ハウスのビニールは両区とも出蕾を80%程度確認した後に被覆した。また、加温はビニール被覆した同日より最低温度+1℃から開始し、10日程度かけて23℃まで昇温させた。以降の加温期間中は加温機の設定温度を23℃に固定した。5月初旬～中旬頃の最低気温が23℃を上回る日が複数日継続した時期に加温機を停止した。加温は2014年産から開始し、試験は2015～2018年の4年間で実施した。両ハウスとも開花が始まった後に受粉のためミツバチを放飼した。その他の栽培管理は沖縄県果樹栽培要領（沖縄県農林水産部、2011）に準じた。

生産性調査

調査項目は、出蕾日、開花開始日、満開日、開花終了日、着花枝率、着果枝率、収穫日、収穫果数（個/樹）、収量（kg/樹）、果実重（g/個）、糖度（°Brix）とした。出蕾日から開花終わりにいたる開花ステージの調査では、樹あたり40枝を抽

出し、ラベルした。出蕾日および開花初め、満開日、開花終わりは40枝の平均とした。満開日は花梗の先端1cmを残して開花した段階とした。着花枝率はラベルした40枝に対する着花数を記録し、算出した。着果枝率についてはラベルした40枝のうち着花枝数を母数として摘果前の着果数（不稔果を除く）を記録し、算出した。2018年の着果枝率は欠測値となったが、摘果後における全着果数に対する不稔果の数から不稔果率を算出し、受粉効率の目安とした。不稔果は丸みをおびた果実および収穫時点で250g以下の果実とした。2015～2017年は1枝に1果とし、2018年は最大で樹あたり120果前後に調整した。発色を確認した果実あるいは自然に花軸から離脱した果実をすべて収穫し、収穫日と果実重を記録した後、25℃に設定された室内において追熟させ、果実のブルームがなくなり柔らかくなった頃を追熟完了とした。追熟完了後、果実の果頂側1/2～1/3を切り取って糖度を測定した。果実糖度は、収穫期間にわたって1/3～2/3程度の頻度でサンプリングし、酸糖度分析装置（株式会社堀場製作所、NH-2000）を使って測定した。重量が250g以下の果実および奇形果は収穫果実のデータから除いた。収穫盛期は6割の果実が収穫された時点とし、収穫果実数が総数の85～98%となった時点で残りの果実を全て収穫した。10aあたり収量は、樹あたり収量（1果実重を積算した値）を10aあたり40樹として換算して算出した。

すべての調査項目は、樹単位のデータとした。得られた結果の統計解析には、エクセル統計2012

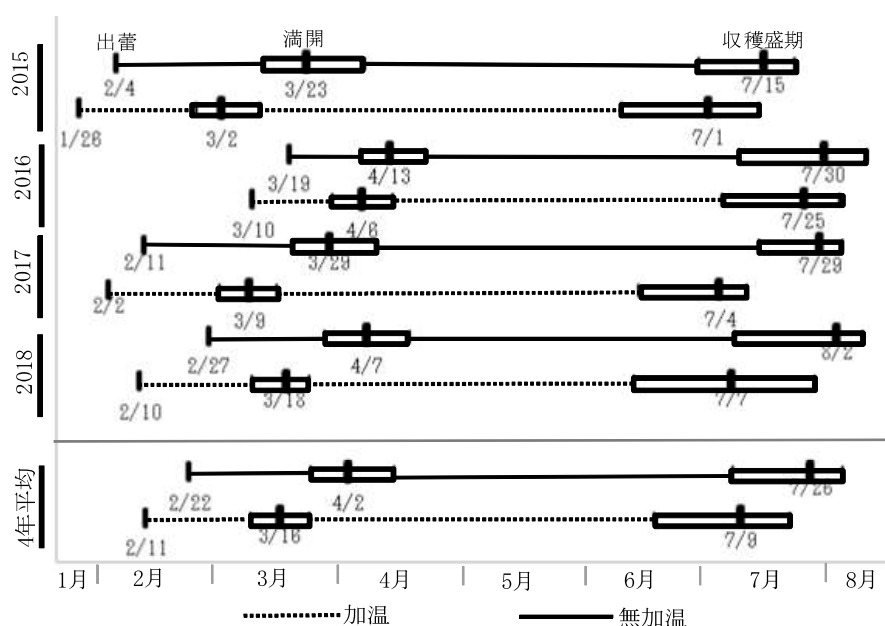


図1 出蕾から収穫までのステージ時期の比較

(株式会社社会情報サービス) および JMP5.0.1 (SAS Institute) を用いた。

結果と考察

出蕾および満開日、収穫盛期は、年毎に変動があるものの4年間の調査において加温区で無加温区よりも早くなった(図1)。出蕾日は、2015年が加温区で1月26日、無加温区で2月4日と最も早くなり、2016年は加温区で3月10日、無加温区で3月19日と顕著に遅くなった。開花日および収穫日についても同様の傾向がみられた。収穫盛期は、7~26日前進化し、4年平均すると加温区で無加温区よりも17日早くなった。これらのことから加温栽培は、収穫期の前進化に有効であることがわかった。

着花枝率は、2015年および2018年に加温区で有意に高くなったが、2016年および2017年は両区の間で明瞭な差は見られなかった(図2)。2016年は着花枝率が両区とも低下した。一方、着花枝数に対する着果枝率は、2016年は加温区で低くなったが、2015年と2017年では加温区で高くなった(図2)。2018年の受粉効率の目安として不稔果を含む総着果数に対する不稔果率を算出したところ、加温区で5.9%、無加温区で16.7%となり、無加温区で有意に高くなった(Fisherの正確確率検定, $p < 0.001$)。これらの結果から加温することで、着花枝率および着果枝率が高くなる傾向があることがわかった。

樹あたり収穫果実数および10aあたり収量は、年毎の変動が顕著であったが、2016年以外は加温区で収量が多くなった(図3)。4年間のデータを平均す

ると、加温区で20%程度の増収となった。

果実品質の指標として果実重と糖度を比較したところ、果実重は加温区で重くなる傾向があった(図4)。糖度は年によって異なるが、平均糖度は加温区で14.8° Brixとなり無加温区の15.4° Brixと比較して低くなる傾向があった。販売には問題ない範囲であった。

今回の結果から、沖縄県本島北部に位置する名護市における加温栽培では着花枝率と着果枝率が高くなる傾向があり、無加温栽培より高い生産性を示すと考えられる。鹿児島県奄美大島においても、加温によって着花枝率と着果枝率が高くなり、収量が増加することなどが報告されている(九州沖縄農業試験研究推進会議, 2004; 都外川ら, 2004)。着花枝率の増加については、早期剪定による結果母枝の充実によることが示唆されている(九州沖縄農業試験研究推進会議, 2004)。また、マンゴーでは低温で受粉が抑制され、15℃で完全に阻害されることが報告されており(Davenport & Nunez-Elisea, 1998)、受粉しやすい温度条件が保たれることで着果枝率が高くなったと考えられる。

2016年に着花枝率が顕著に低下し、収量が減少したことは、花芽形成時期の秋冬期に比較的高温で推移した気象要因や前年収量が多かったことで、栄養成長が促進され、生殖成長に移行する現象が起こりにくかったためと考えられる。奄美大島においては着果負担を強くすると翌年の着花および着果が減少することが報告されている(九州沖縄農業試験研究推進会議, 2004)。また、花成を誘導する遺伝子

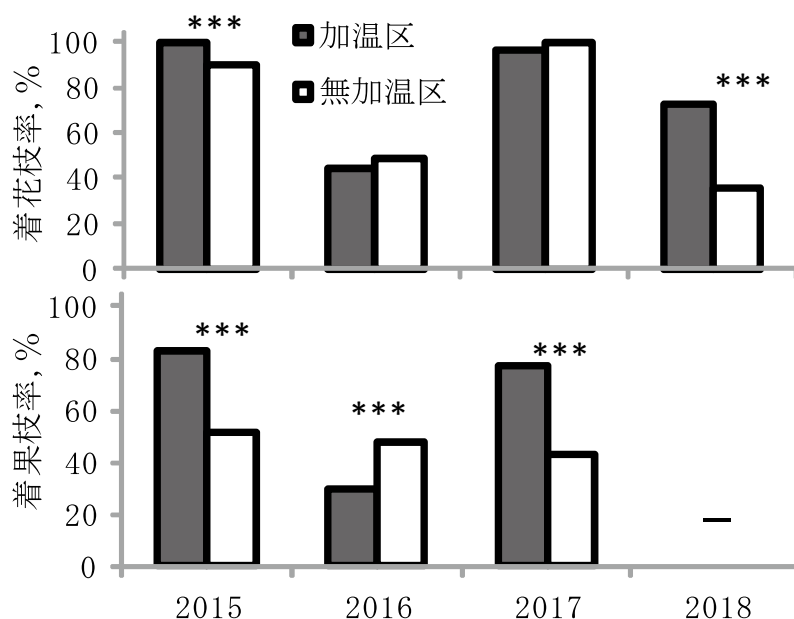


図2 着花枝率と着果枝率の比較
Fisherの正確確率検定により, ***: $p < 0.001$.

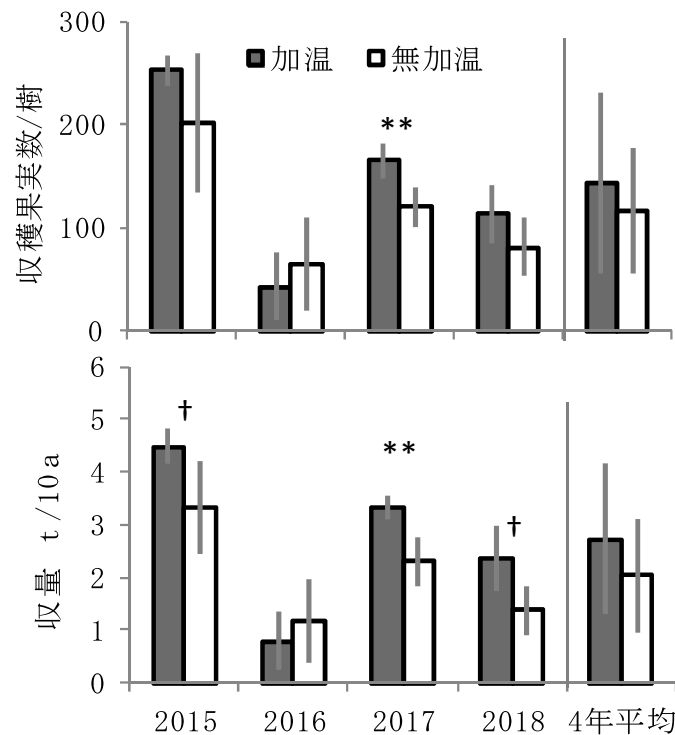


図3 収量の比較
 t 検定により, †: $p < 0.1$; **: $p < 0.01$.

(花成遺伝子) が花芽分化期の高温と前作の着果過多が発現量を抑制すると報告されており (Nakagawa et al., 2012), 今回の試験結果と矛盾しない. しかしながら加温栽培の動向のみに注目すれば, 2016 年産の減産のように前年の着果過多や新梢の充実期の気象条件により着花枝自体が少ない場合は受粉期の加温効果が小さくなった. このような場合は 1 着果枝あたりの結果数を調整するなど収量確保のための管理技術の工夫が必要である. 前年の着果量や枝の充実度と着果量との関係については今後さらに検討する必要がある.

鹿児島県奄美地域における加温栽培では, 比較的高く安定した着花および着果によって 35% の増収になるとの報告があり (都外川ら, 2004; 九州沖縄農業試験研究推進会議, 2004), より北に位置する奄美地域では今回の沖縄本島北部地域の 20% 程度の増収という結果より顕著に加温の効果を示していた. マンゴー無加温栽培の北限は, 沖縄県北部地域から鹿児島県奄美地域付近とされる (米本, 2008). 北限付近では無加温栽培と比較して安定した加温の効果を示したと考えられる. 一方, 今回の試験と同時期に実施された宮古島での試験においては加温栽培では無加温と比較して収穫期が前進するものの, 収量や果実品質が同等であることが明らかにされた (小林ら, 2019). このことから, 名護市よりも南に

位置し, 比較的気温が高い本島南部地域や宮古島などにおいては加温による増収の効果は減じると推測され, 今回の結果を適用するのは難しいと考えられる.

加温・無加温栽培の所得額の目安として, 生産性調査から得られた結果および沖縄県中央卸売市場における価格に基づいて求めた生産額から経営費を減じて額を算出した. 生産額は, 2015 ~ 2018 年の生産性調査で得られた旬毎の 10a あたり収量 (kg) と沖縄県中央卸売市場における旬毎の平均単価 (円/kg) を乗じた旬毎生産額を加算した年あたり生産額を算出し, 2015 ~ 2018 年における 4 年間の年毎生産額を平均して算出した. 10 a あたり生産額は, 加温栽培で 5,037,760 円, 無加温栽培で 2,637,801 円となった. 今回の試験で使用したパイプハウスにおいて評価された生産性が, 鉄骨ハウスにおいても再現されると仮定し, 本県のマンゴー栽培で普及している鉄骨ハウスにおける所得 (生産額 - 経営費) について検討した. 経営費については, 品目別技術体系・収益性事例 (果樹編) (沖縄県農林水産部, 2014) よりマンゴー「アーウィン」の加温および無加温栽培のデータ, 加温栽培は平成 22 年度に作成した南部地域の鉄骨ハウスの 11 年成園の事例, 無加温栽培は平成 23 年度に作成した北部地域の鉄骨ハウスの 8 年成園の事例を利用して, 生産額から

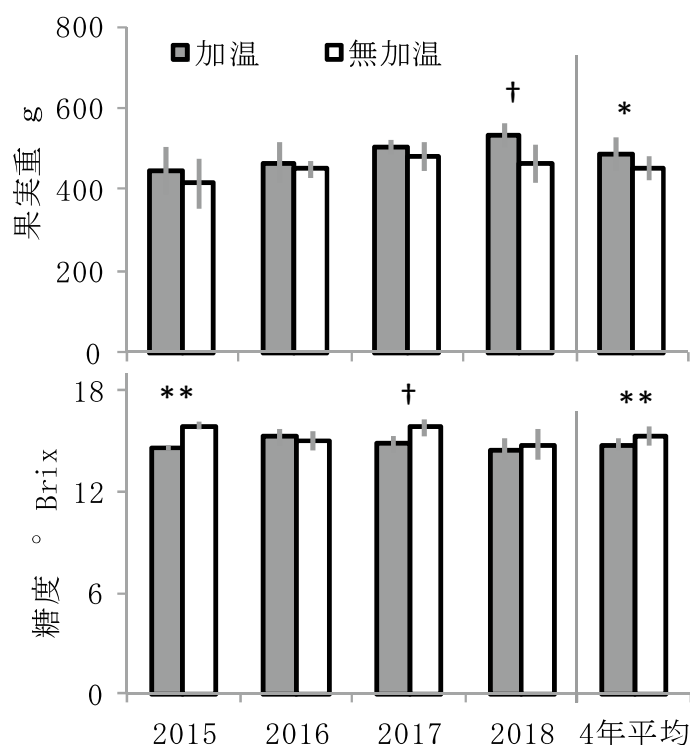


図4 果実重と糖度の比較
t検定により，†:p<0.1；*:p<0.05；**:p<0.01

経営費を減じて10 aあたり所得を算出したところ、加温栽培で2,510,359円、無加温栽培で1,698,611円となり、加温栽培では10aあたり811,748円の増収となった。生産額を収量で除した単価（円/kg）は、加温栽培で1,847円となり、無加温栽培と比較すると603円高くなった。このことは、加温栽培によって収穫期が前進化したため、比較的市場単価が高い6月後半期における収量が多くなったためである。これらの平均単価や収量、経営費（収益性事例参照：沖縄県農林水産部，2014）などを用いて目安となるような樹あたり収穫果実数を試算すると、116個で無加温との所得差がなくなることから、沖縄本島北部地域における加温栽培の樹冠直径が5 m程度の成木であれば、樹あたり収穫果実数は120個以上を目標とし樹勢によって調整することとなるであろう。加温栽培では収量増と高単価によって無加温栽培よりも所得が増加したが、北部地域におけるマンゴー栽培の経営安定を考えるならば、他県や宮古地域、南部地域のマンゴーとの競合が想定される6月後半期だけでなく、労働力分散もかねて収穫時期を分散させることもひとつの対応策として考えられるが、議論するには収穫時期の分散程度による収量変化やコストなどのデータが不足している。今後は、さらにデータを蓄積し、収穫期分散による収量変化および加温時期の気温、燃料費、その他経費、単価（円

/kg）、生産額などの複数の要因を含めて解析することで、沖縄島北部地域における加温栽培の収益性を詳細に評価し、損益分岐点を明示する必要がある。

今回の生産性の評価と所得の計算結果から、沖縄本島北部地域における「アーウィン」の加温栽培は、無加温と比較して収量および収穫の前進化による単価高などによる優位性を示し、実際に導入する際の目安となるであろう。しかしながら、燃料費や資材費、マンゴー市場単価など経営費は年によって変動するため加温栽培を導入する可否については、その時の実状を踏まえて慎重に判断する必要がある。今後、加温栽培の普及が進み生産量が増加してゆく場合は、主となる収穫期である6月は他県産マンゴーが市場に出荷される時期と重なり激しい競争が想定されるので、県内外の新たな需要の開拓が必要かもしれない。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、沖縄県農業研究センター名護支所の農林水産技能員および非常勤職員には、試験ほ場の管理および調査等の補助に多大な協力をいただいた。ここに記して、心から感謝の意を表する。本研究は、気候変動対応型果樹農業技術開発事業の一環としておこなわれたものである。

引用文献

- 1) Davenport, T. L. & R. Nunez-Elisea (1998) Reproductive Physiology. 「The Mango, Botany production and uses」 Litz, R. E., CAB INTERNATIONAL, New York pp.69-146.
- 2) 小林拓也, 伊礼彩夏, 伊地良太郎, 手登根正, 與座一文 (2019) 宮古地域におけるマンゴー加温栽培を用いた収穫期間の拡大. 2019 年度普及に移す技術, 沖縄県農林水産部 印刷中.
- 3) 九州沖縄農業試験研究推進会議 (2004) 南九州及び南西諸島における特産果樹の新作型並びに高付加価値果実生産技術の開発. 九州新技術地域実用化研究成果 No. 44. pp159.
- 4) 松田 昇, 平良武康 (1993) ハウス栽培におけるマンゴーの結実習性. 沖縄農業 28 (1) : 11-16.
- 5) Nakagawa, M. , C. Honsho, S. Kanzaki, K. Shimizu, and N. Utsunomiya (2012) Isolation and expression analysis of FLOWERING LOCUST T-like and gibberellin metabolism genes in biennial-bearing mango trees. Scientia Horticulturae 139:108-117.
- 6) 沖縄総合事務局農林水産部 (2019 年 8 月 28 日閲覧) 沖縄農林水産統計. (<http://ogb.go.jp/nousui/toukei>).
- 7) 沖縄県農林水産部 (2011) 沖縄県果樹栽培要領. pp234.
- 8) 島袋清香, 松田 昇, 松村まさと (2006) マンゴー加温栽培における温度管理技術. 2006 年度普及に移す技術, 沖縄県農林水産部.
- 9) 島袋清香, 松田 昇, 長堂嘉孝, 松村まさと (2009) マンゴー ‘アーウィン’ の加温栽培に関する研究第 1 報結果母枝と発蕾の関係. 沖縄農業 43 (1) :21-27.
- 10) 都外川聡明, 松島健一, 立田芳伸 (2004) 奄美地域におけるマンゴー ‘アーウィン’ の加温栽培による生産安定. 九州農業研究第 66 号 p262.
- 11) 米本仁巳 (2008) 新特産シリーズマンゴー完熟果栽培の実際. pp190.

Evaluation of mango ‘Irwin’ productivity by heating for multi-years in northern part of Okinawa island.

Yuko SHIMIZU¹, Yohei SHIMJIRI², Naoyasu AHAGON³, Masataka NAKAMURA⁴, Masato MATSUMURA⁵, Kiyomasa YOGI⁶, Shinji NAKAMURA¹, Kentoku KOHAMA¹

1 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center Nago Branch

2 Okinawa Prefectural Hokubu Agriculture, Forestry and Fisheries Promotion Center

3 Okinawa Prefectural Nanbu Agriculture Development Center

4 Okinawa Prefectural Department of Agriculture Forestry and Fisheries, Horticulture Promotion Division

5 Okinawa Prefectural Department of Agriculture Forestry and Fisheries, Agricultural Support Division

6 Okinawa Pref. Agricultural Research Center Ishigaki Branch

Abstract

Mango is one of the most popular crop in Okinawa Prefecture. Recently, mango cultivation by heating during late winter and spring for obtaining stable production is increasing. Thus, the productivity of mango cultivated by heating was evaluated relative to non-heating in the northern part of Okinawa island. Mango cultivation by heating shortened the harvesting time compared with non-heating, and the crop yield per 10a field more increased about 20%. Mango fruits cultivated by heating were significantly heavier than non-heated fruits. The profitability of mango cultivation by heating showed 800,000 yen increase relative to non-heating per 10a field.

Key words: Productivity, Flowering, Fruiting, Profitability