

加温栽培マンゴー(Mangifera Indica L.)における果実重と果実糖度の変動および収穫期間をとおした果実全量調査に代わる調査方法の検討

誌名	沖縄県農業研究センター研究報告 = Bulletin of the Okinawa Prefectural Agricultural Research Center
ISSN	18829481
著者名	尾上, 佑子 島袋, 由乃 謝花, 治 高橋, 健 伊地, 良太郎 松村, まさと 石川, 功至 島袋, 正明 玉城, 照夫 仲宗根, 智
発行元	沖縄県農業研究センター
巻/号	8号
掲載ページ	p. 19-24
発行年月	2014年3月

原著論文

加温栽培マンゴー (*Mangifera Indica* L.) における果実重と果実糖度の変動および収穫期間をととした果実全量調査に代わる調査方法の検討

尾上 (牧志) 佑子・島袋由乃¹⁾・謝花治²⁾・高橋健³⁾・伊地良太郎⁴⁾
松村まさと⁵⁾・石川功至¹⁾・島袋正明¹⁾・玉城照夫⁶⁾・仲宗根智⁷⁾

- 1) 沖縄県農業研究センター名護支所果樹班, 〒 905-0012, 沖縄県名護市名護 4605-3
- 2) 沖縄県農業研究センター作物班, 〒 901-0336, 沖縄県糸満市真壁 820
- 3) 沖縄県南部農業改良普及センター, 〒 901-1115, 沖縄県南風原町山川 517
- 4) 沖縄県農業研究センター宮古島支所, 〒 906-0012, 沖縄県宮古島市宇西里 2071-40
- 5) 沖縄県立農業大学校 〒 905-0019 沖縄県名護市大北 1-15-9
- 6) 沖縄県畜産研究センター 〒 905-0426 沖縄県国頭郡今帰仁村諸志 2009-5
- 7) 沖縄県与那国町役場 〒 907-1801 沖縄県八重山郡与那国町字与那国 129 番地

要 旨

加温栽培マンゴーについて、2009～2011年の収穫期間における250g以上の果実で、果実重と果実糖度の変動を分析した。その結果から、1果あたりの果実重で年次間変動が個体間変動より大きいことが認められた。また、果実重および糖度について、収穫期間を旬ごとに分析したところ、果実重および糖度は収穫期が後半になるにつれ、果実重が増し、糖度が高くなることが認められた。果実重、糖度の平均値およびそれらの変動係数を比較すると、果実数が最も多くなる最盛期と全量調査は近似したため、収穫期間を限定した標本採取が可能と推察された。最盛期の調査で最大となる変動係数20.0%から95%信頼度のもと誤差率が10%になる標本数を算出したところ、最盛期の果実を1樹あたり16個供試することで、全量調査の精度を維持できることが明らかになった。

緒 言

マンゴーはインド原産の果樹で、熱帯を中心とする地域で重要な果物の1つである (Richard, 2009)。沖縄県においても果樹生産額の1位を占める重要な果樹である (沖縄県農林水産部, 2000)。本県へは明治時代前半に導入され、昭和初期までは諸外国と同様に露地栽培が行われたが、着果性が低く経済栽培には至らなかった。その後、昭和40年代に花が黒く枯死する症状の主要因が降雨で伝播する炭疽病であると特定され、開花期のビニールによる屋根かけ栽培により花柄の枯死はある程度防げるようになり、今日では着果安定と果実外観の向上をはかるための施設全面被覆による保温栽培が定着した (安富ら, 1995)。また、他県で果実肥大促進および果皮障害の軽減を図るために実施されている加温栽培は (東ら, 2005) 本県でも着果の安定、ヤニ果対策、ならびに早期出荷を図るために定着している (沖縄県農林水産部, 2011)。

これら栽培技術の確立により、マンゴーは本県の特産果樹として有望品目となり本土市場でも外国産輸入果実と比較し鮮度良好なため高い評価を受けるようになった (安富ら, 1995)。さらに、選果の徹底により果皮色、果実重、外観、鮮度の向上も相俟って贈答用商品として扱われるようになった。今後

は、国内他産地の追い上げやマンゴーの輸入が解禁されたことによる消費の多様化が進むことが想定されることから、高品質果実の安定供給によって沖縄県産マンゴーの地位を維持することが重要である (中村ら, 2008) とされている。

高品質果実生産技術を開発するために、本来ならば、個体間、収穫時期および年次間における長短期的な変動をふまえた果実品質を含む諸形質について複数年度に渡り全収穫期の全量調査を実施し解析することが理想である。しかし、収穫期の全量調査は労力と時間、費用が莫大に必要となるため、一定の誤差率で調査可能な標本規模の推定が現実的である。マンゴーの果実品質を含む諸形質の長期的な変動に関する解析は、玉城ら (2001) によって、‘アーウィン’における1果実あたりの果実重は1樹あたりの果実数以外の要因が関係していることが示唆されているが、その他の知見は少ない。

本試験では、果実重や果実糖度の変動を反映した調査研究の効率化を図り、高品質果実栽培技術の開発にむけた基礎資料を作るため、2009～2011年の3年間にわたり、加温栽培マンゴーの果実重および果実糖度に関する変動と効率的な調査方法を検討したので報告する。

材料および方法

調査は沖縄県農業研究センター名護支所（沖縄県名護市）内の約1.4a（間口6m×長さ24m）の鉄骨ビニールハウス内で行った。供試品種は‘アーウィン’供試樹は樹齢10年（2009年現在）、栽植密度27樹/10a（4樹，6m×6m）で実施した。加温は、各供試樹で萌芽を8割以上確認後に開始し、島袋ら（2004）の報告を参考に灯油ボイラーで23℃を下限温度に設定した。3年間の供試樹における開花期間は、3月上旬～中旬だった。結果枝あたりの着果数は、結果枝の形態に関わらず1枝あたり1果に調整した。収穫は、沖縄県青果物標準出荷規格（沖縄県農林水産部，1995）を参考にして、果皮に鮮紅色が出始めたのを確認し実施した。収穫後の果実は、室温約25℃で3～5日追熟後（吉武ら，1995）に果実の果頂部から1/3部の果肉を搾汁し（玉城ら，2001）、デジタル糖度計（Atago Pal-1）を用い測定した。供試果は、沖縄県青果物標準出荷規格（沖縄県農林水産部，1995）を参考に1果あたり250g以上とし、収穫期間内の全量を調査（以下、全量調査）した。

1) 全量調査における諸特性および形質の変動とその分析

1樹あたりの収量、果実数、1果あたりの果実重（以下、果実重）および果実糖度（以下、糖度）を旬ごとに集計し、果実重ならびに糖度に関する年次間および個体間の変動を分析した。

2) 全量調査に基づいた調査期間と適正標本数の検討

3年間継続した全量調査に関する果実重および糖度の変動について、年および旬ごとに変動係数を算出し分析した。また、算出した変動係数（C）から標本数、標本精度および調査方法の関係を明らかにして、全量調査に代わる効率的な調査方法を検討した。なお、変動係数（C）、標本数（n）および誤差率（p）は次式より算出した（松島・岡部，1954）。

- ・ C = 標準偏差 / 平均値
- ・ $p = t(\alpha, \infty) \times C/\sqrt{n}$
- ・ t値は、 $\alpha = 5\%$ ，自由度 = ∞ の場合、 $t = 1.96$ （スチューデントのt分布表より（スネデカー，1972））

結果

1) 全量調査における諸特性および形質の変動とその分析

全量調査について、2009～2011年の年次間変動を比較したところ、果実重で1%の有意差があり、収量、果実数および糖度に有意な差は認められなかった（表1）。一方、個体間において有意な差は認められなかった（表2）。

2) 全量調査に基づいた調査期間と適正標本数の検討

収穫期間は3年間のいずれも6月中旬～7月下旬であった。旬ごとに集計したなかで収量が最も多かったのは、2009年が7月中旬で24kg、2010年が7月上旬で26kg、2011年が7月上旬40kgであった（図1）。また、果実数が最も多かった旬（以下、最盛期）は、2009年が7月中旬で51個、2010年が7月上旬で52個、2011年が7月上旬で91個であった（図2）。各収穫年において収量、果実数ともに最大となったのは、2009年が7月中旬、2010および2011年が7月上旬であった（図1および2）。果実重の全量調査における平均値（以下、年平均値）と旬ごとの平均値を比較すると、2009年の年平均値は462.4g、収穫始めの6月中旬が371.6g、最盛期が472.4g、収穫終わりの7月下旬が478.6gで、2010年の年平均値は505g、収穫始めの6月中旬が390.3g、最盛期が511.8g、収穫終わりの7月下旬が546.7.4g、となり2011年の年平均値は446.8g、収穫始めの6月下旬が421.5g、最盛期が445.8g、収穫終わりの7月下旬が513.4gであった（図3）。また糖度について年平均値と旬ごとの平均値を比較すると、2009年の年平均値は15.3%、収

表1. 果実重と糖度に関する収穫年次間の比較^z

収穫年	果実重 (g)	収量 ^y (kg)	果実数/樹 (個)	糖度 (Brix %)
2009年	461.7 ± 9.6 ^x ab ^w	52.1 ± 2.5 a	113 ± 3.2 a	15.3 ± 0.1 a
2010年	504.9 ± 13.2 a	67.2 ± 3.2 a	133 ± 5.1 a	15.2 ± 0.3 a
2011年	444.0 ± 15.0 b	61.0 ± 5.8 a	137 ± 8.8 a	15.8 ± 0.0 a

^z 4樹で調査

^y 250g以上の果実を対象とする

^x 平均値±標準偏差

^w 異符号間は1%水準で有意差あり(TukeyのHSD検定)

表2. 果実重と糖度に関する供試樹間の比較^z

供試樹	果実重 (g)	収量 ^y (kg)	果実数/樹 (個)	糖度 (Brix %)
樹1	481.4 ± 20.9 ^x a ^w	62.7 ± 4.1 a	131 ± 10.1 a	15.4 ± 0.1 a
樹2	447.3 ± 20.4 a	51.9 ± 3.7 a	116 ± 4.7 a	15.6 ± 0.1 a
樹3	495.4 ± 16.9 a	66.9 ± 4.8 a	135 ± 9.0 a	15.7 ± 0.1 a
樹4	456.7 ± 20.4 a	58.9 ± 7.9 a	128 ± 11.9 a	15.1 ± 0.4 a

^z 2009～2011年に調査

^y 250g以上の果実を対象とする

^x 平均値±標準偏差

^w 異符号間は5%水準で有意差あり(TukeyのHSD検定)

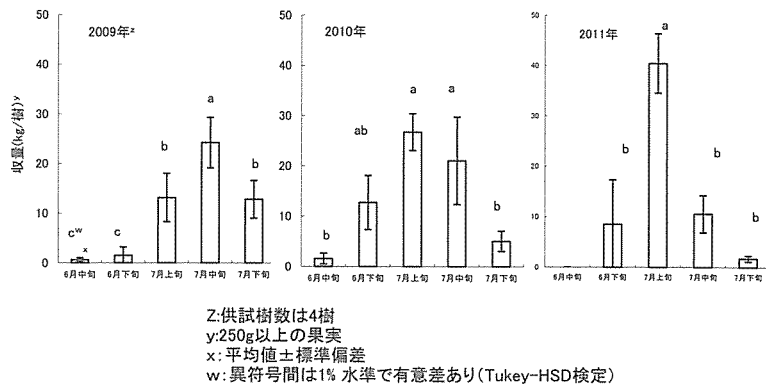


図1 2009～2011年における旬毎の1樹あたりの収量の推移

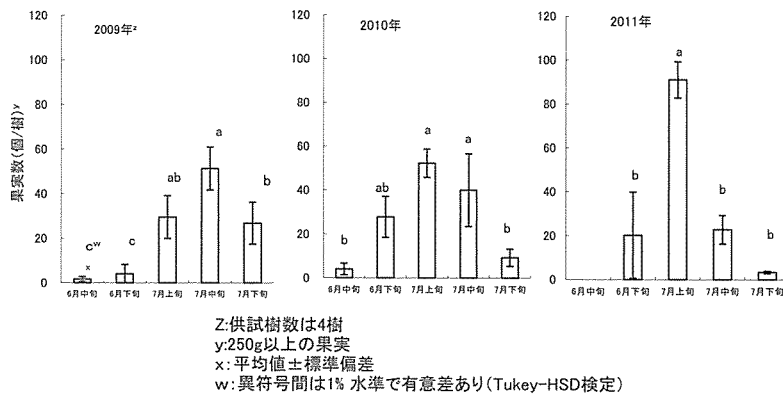


図2 2009～2011年における旬毎の1樹あたりの果実数の推移

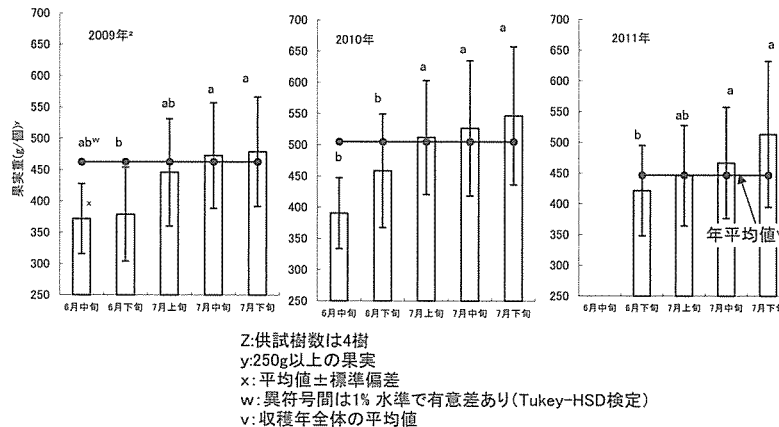


図3 2009～2011年における旬毎の果実重の推移

穫始めは13.4%，最盛期は15.7%，収穫終わりは15.9%で，2010年の年間の平均値は15.2%，収穫始めは13.7%，最盛期は15.1%，収穫終わりは17.0%となり，2011年の年平均値は15.8%，収穫始めは15.5%，最盛期は15.8%，収穫終わりは16.4%であった（図4）。いずれの年においても，果実重および糖度における旬ごとの平均値は，収穫期の始めは年平均値より低く，後半になるにつれて高くなった（図3および4）。

果実重および糖度に関する効率的な調査のために，全量調査をもとに標本数を検討した。果実重お

よび糖度について，全量調査と最盛期に時期を限った場合の変動係数を1樹毎に算出したところ，果実重の全量調査における変動係数の最大値は20.7%，最盛期調査における変動係数の最大値は20.0%であった。糖度の全量調査における変動係数の最大値は13.1%，最盛期調査における変動係数の最大値は13.5%であった。

本試験では，最大となる標本数を検討するため，全量調査で最大となる変動係数20.7%を用いて，95%信頼度における標本数を算出したところ，目標精度が誤差率5%になる標本数は約66個，誤差率

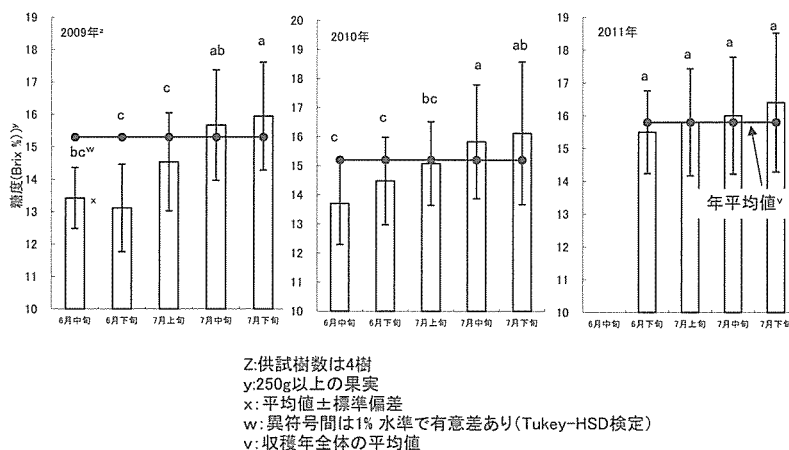


図4 2009～2011年における旬毎の糖度の推移

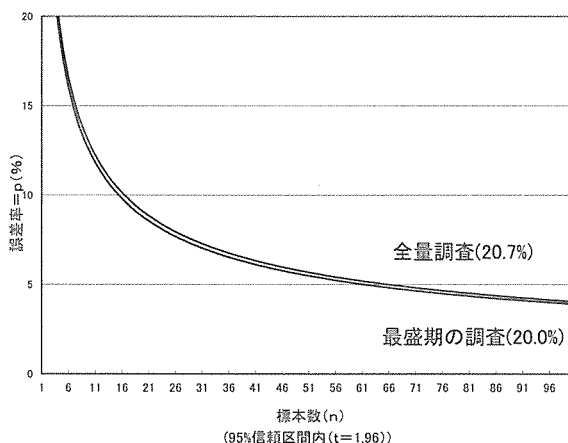


図5 果実重の変動係数における調査果数と目標精度との関係

10%になる標本数は約17個であった(図5)。一方、最盛期調査で最大となる変動係数20.0%を用いて、95%信頼度における標本数を算出したところ、目標精度が誤差率5%になる標本数は約62個、10%になる標本数は約16個であった(図5)。最盛期における収穫果実数(図2)を参考に標本数を25個に設定し、最盛期で最大となる変動係数20.0%を用い誤差率を算出すると、果実重で7.8%(図5)、糖度で5.3%(図6)であった。これを全量調査で最大となる変動係数20.7%に当てはめると誤差率は、果実重で8.1%(図5)、糖度で5.1%であった(図6)。

考察

1) 加温栽培マンゴーの果実重と果実糖度を対象とする試験設計について

加温栽培マンゴーの果実重および糖度について、収穫期における250g以上の果実を全量調査し、年次間と供試樹間の変動を比較した。その結果、果実重では年次間に1%の有意な差があり、糖度に有意な差は認められなかった。一方、供試樹間では、果実重および糖度に有意な差は認められなかった。マン

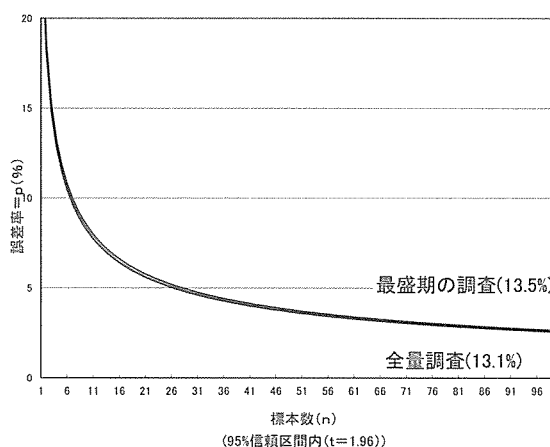


図6 果実糖度の変動係数における調査果数と目標精度との関係関係

ゴーではこれまでに、結果枝あたりの果実数は果実肥大、果実品質への影響があること(伊東ら, 2000)、摘果により糖含量が増加して品質が向上すること(宇都宮ら, 2002)が報告されている。しかし、本試験では同年生樹の‘アーウィン’について結果枝あたりの着果数を1果に揃えて供試したため、結果枝あたりの着果量による果実重および糖度への影響は少なかったと考えられる。一般に、表現型は、 $y_{ijk} = \mu + G_i + E_j + e_{ijk}$ (総平値) + G_i (遺伝子型) + E_j (環境相互作用) + e_{ijk} (誤差) で表されている(藤巻ら, 1992)。今回の試験では同年生の同一品種を供試したためG(遺伝子型)の影響が小さい条件下で形質を評価できたと考えられる。Yamada et al (1993)によると、カキの遺伝変異と環境変異の大きさの比較から、環境変異が大きい形質を調査する場合において、複製樹を増やすよりも複数年調査を繰り返すことが効果的であることが報告されている。

なお、今回の試験では、果実重および糖度と温度、日照等の気象条件における相互作用は勘案していない。また、結果枝等についても調査はしていないが、葉果比が果実重に影響する(濱田ら, 1996)ことは考えられる。よって、これらを考慮し高い精

度で形質評価を行うために、全量調査は複数年継続して実施することが必要であると考える。

2) 加温栽培下マンゴの果実重および糖度の変動

全量調査に代わる調査方法を検討するため、収量、果実数、果実重および糖度について、旬ごとに集計し各収穫年の年間の平均値と比較した。3年間の収穫期間は、6月中旬～7月下旬で、最盛期は2009年が7月中旬、2010年および2011年が7月上旬であった。また、果実重および糖度について、年平均値と旬ごとの平均値を比較したところ、どちらも収穫始めは年平均値より低く、収穫がすすむにつれて年平均値より高くなる傾向があった。

同様の結果は、カンキツでも報告されている(矢羽田ら、1992)。今回の試験では、収穫期後半に1樹あたりの着果数が減少し、葉果比が増加したことで光合成生産物が増加することにより果実が高品質化した可能性がある。果実の高品質化を目的とした適正な葉果比の設定については、今後検討を要する項目である。また、収穫期間が開花期間より相対的に長くなったことから、成熟期間と果実品質の関係についても検討する必要がある。

3) 果実重、糖度に関する標本数の決定

調査研究において、形質の変動を考慮し標本数を決定することは、推定値の精度を落とさず、省力的で効率的な調査を行うために必要である。これまでに、サトウキビ(出花ら、1989)やパイナップル(出花、1989)で、変動係数を用い、標本数の決定や目標とする測定精度が検討されている。また、目標とする測定精度の設定は、伊勢ら(2003)では水稻の最適標本数を検討する際に、既に報告のあった諸特性の変動係数を基に設定されている。マンゴーにおいても省力的で効率的な調査方法を形質の変動に基づき検討する必要があるが、これまでに検討した事例は無く、目標とする測定精度は設定できない。そこで、今回の試験では得られた変動係数を用いて、果実重および糖度を指標とした標本採取期間と標本数について検討した。

全量調査における果実重は462.4～505gで、1樹毎の変動係数は最大で20.7%となった。一方、最盛期における果実重は445.8～511.8gで、変動係数値は最大で20.0%だった。また、全量調査における糖度は15.1～15.8%で、1樹毎の変動係数は最大で13.1%となり、最盛期における糖度は15.1～15.8%で、変動係数は最大で13.5%だった。このように、全量調査と最盛期の果実重および糖度は近似しており、標本採取期間を最盛期に限定できることが推察された。

次に、最盛期の果実を対象とする調査(以下、最盛期の調査)と全量調査において最大となる変動係数をもとに95%の信頼度における誤差率を比較して、1樹あたりの標本となる果実数(以下、標本数)

を推定した。最盛期の調査では、最大となる変動係数20.0%において、誤差率5%のとき標本数は62個、誤差率10%のとき標本数は16個だった。同様に全量調査にあてはめると、変動係数の最大値は20.7%で、誤差率5%のとき標本数は66個、誤差率10%のとき標本数は17個であった。よって、最盛期の調査は十分な精度を保持しており、全量調査と比較すると労力の大幅な削減が可能で効率が良い調査方法であることが明らかになった。なお、今回の試験結果で外れ値が含まれる程度は、これまでにマンゴーの形質に関する変動係数を明らかにした例がないためわからなかった。目標とする精度および適正な変動係数については、今後精査する必要がある。

謝辞

本研究の遂行にあたりご指示、ご助言をいただいた沖縄県農業研究センター名護支所主任技師安田慶次博士、果樹班長正田守幸氏に深く感謝いたします。

引用文献

- 出花幸之介・宮城克浩・小島樹彦(1989), サトウキビの繊維率における標本量と測定精度, 沖縄県農業試験場研究報告第13号, p.21-26
- 出花幸之介・仲西建夫(1989), パイナップルの選抜における標本数と測定精度, 沖縄県農業試験場研究報告第13号, p.27-34
- 藤巻宏・鶴飼保雄・山元皓二・藤本文弘(1992), 植物育種学(上)基礎編, 培風館, p.151
- 東明弘・西田学・大倉野寿・佐野憲二(2005), 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, p.116-120
- 伊勢一男・葉昌榮・戴陸園・工藤悟(2003), 正規母集団における変動係数推定のための最適標本サイズ, 日本熱帯農業学会熱帯農業, Vol47 Extra issue 1, p.279-285
- 伊藤卓爾・佐々木勝昭(2000, 3), ハウス栽培マンゴー'Irwin'の結果量が果実生長, 果実品質および樹体生長に及ぼす影響, 日本熱帯農業学会熱帯農業, Vol.44 Extra issue 1, p.11-12
- 松島省三・岡部俊(1954), 調査個体数決定早見表, 農業および園芸 29(4), p.495-497
- 中村哲也・丸山敦史・矢野佑樹・菊池香(2008), 沖縄産マンゴーの県外市場開拓と消費者意識, 農業経営研究, 46(2), p.35-40
- 沖縄県農林水産部(2000), 果樹生産の現状, 沖縄県の流通・園芸(H22年版), p75
- 沖縄県農林水産部(2011), 沖縄県果樹栽培要領, p.136

- 沖縄県農林水産部流通園芸課 (1995), 沖縄県青果物標準出荷規格
- Richard E.Litz (2009), The mango 2ND EDITION:Botany, Production and Uses, p1, 308, 309, p.470-472
- 島袋清香・松田昇・松村まさと・玉城照夫・宮城信哉・大野貴裕 (2006), マンゴー「アーウィン」の加温栽培における適正温度管理技術, 沖縄農業研究会第45回(平成18年度)大会, p.17-18
- 砂川喜信・玉城盛俊 (2003), 袋掛け時期が果実品質に及ぼす影響, 沖縄農業研究会第42回(平成15年度)大会, p.27-28
- スネデカーコ克蘭(畑村又好・奥野忠一・津村善郎 共訳) (1972), 統計的方法(原書第6版)岩波書店, p.507
- 玉城聡・当真嗣尊・玉城盛俊 (2001), マンゴーの果実内糖度分布と糖度測定サンプリング法, 九州沖縄農業研究成果情報第63, 第16号(平成13年9月), p.227-228
- 宇都宮直樹・菊谷真由美・志水恒介・佐々木勝昭 (2002), 日本熱帯農業学会 熱帯農業 Vol.44 Extra issue1, p.9
- 矢羽田二郎, 大庭善材, 松本和紀 (1992), 完熟ウンシュウミカンの果実品質及び糖組成の変化, 九州農業研究 第55号(平成5年8月), p.226
- M. Yamada, H. Yamane, and K. Yoshinaga, Y. Ukai, (1993), Optimal spatial and temporal measurement repetition for selection in Japanese persimmon breeding, HortScience28(8), p.838-841
- 安富徳光・上地邦彦・当真嗣尊 (1995), 沖縄県におけるハウスマンゴーの現状と課題, 日本熱帯農業学会 熱帯農業, Vol.39 Extra issue 2, p.95
- 吉武均, 安富徳光 (1995), 硬果段階で収穫したマンゴー「アーウィン」の追熟進行, 九州農業研究 第57号 平成7年5月, p.239

Seasonal variations in fruit weight and soluble solids content of Mango (*Mangifera Indica* L.) grown in a heated greenhouse, and effective sampling strategies for these parameters

Yuko Onoue(Makishi), Yoshino Shimabukuro¹⁾, Osamu Jahana²⁾, Ken Takahashi³⁾, Ryoutarou Ichi⁴⁾, Masato Matsumura⁵⁾, Katsuji Ishikawa¹⁾, Masaaki Shimabukuro¹⁾, Teruo Tamashiro⁶⁾, Satoshi Nakasone⁷⁾

- 1) Okinawa Prefectural, Agricultural Research Center, Nago Branch Fruits tree section, 4605-3, Nago, Nago city, Okinawa, 905-0012, Japan
- 2) Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, Crop section, 820, Makabe, Itoman city, Okinawa 901-0336, Japan
- 3) Okinawa Prefectural, Nanbu Agricultural Development Center, 517, Yamakawa, Haebaru town, Okinawa, 901-1115, Japan
- 4) Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, Miyakojima branch, 2071-40, Nishizato, Miyakojima City, 906-0012, Japan
- 5) Okinawa Prefectural Agricultural College, 1-15-9, Ookita, Nago city, Okinawa, 905-0019
- 6) Livestock and Grassland Research Center, 2009-5, Chikashi, Nakijin village, Okinawa, 905-0426, Japan
- 7) Yonaguni Town Office, 129, Yonaguni, Yonoguni town, Okinawa, 907-1801, Japan

Abstract

Mango fruits (≥ 250 g) grown in a heated greenhouse and collected during the harvest period of 2009-2011 were examined for changes in the fruit weight and soluble solids content. The results showed that interannual variation in the fruit weight was larger than the variation between individual samples. When analyzed by harvest time, both the fruit weight and soluble solids content increased as the harvest season progressed. The mean and coefficient of variation of the fruit weight and soluble solids content were similar for fruits harvested during the peak season (during which the plant produces the highest number of fruits per plant) and those collected over the entire harvest period, suggesting that sampling can be performed at a specific time-point during the harvest season. Estimating from a maximum coefficient of variation of 20% for fruits harvested during the peak season, with an error of 10% at a confidence level of 95%, a sample size of 16 fruits per plant collected during the peak season would provide accurate data comparable to those based on all samples collected from a plant.

Keywords : yearly change, investigation for peak of harvest time, sample size