

【研究報告】

果実の吊り上げ栽培がマンゴー ‘アーウィン’ の着色 および品質に及ぼす影響

水野宗衛¹・井上大輔²・渡辺健太²

要 約

わが国におけるマンゴー栽培の主要品種は、完熟で収穫される赤色系の‘アーウィン’であるが、果頂部における果皮色の赤色の着色度が問題となる。そこで、本実験では赤色発現が優れ商品価値の高い‘アーウィン’を生産するために、一般的な栽培方法の吊り上げ方法に加えて果頂部吊り上げ区、白色袋区、白色袋吊り上げ区を設定し、果皮色および果実品質に及ぼす影響について調査した。収穫後の果実において赤色の着色を示す a^* 値は果頂部吊り上げ区で最も高い値を示し、他の処理区よりも果実全体が鮮紅色に着色した。また、白色袋吊り上げ区でも a^* 値が高くなった。 b^* 値は果頂部吊り上げ区の値は低くなった。各処理区において、縦径、横径、果実重、Brix値、酸度、糖組成の有意差は認められなかった。これらの結果から、果頂部を吊り上げて光を果実全体に直接当てる栽培方法は、赤色系マンゴー品種の商品価値を向上させるのに極めて有効であることが明らかになった。

キーワード：マンゴー、吊り上げ、着色向上

緒言

マンゴー (*Mangifera indica* L.) はウルシ科マンゴー属に分類される常緑高木で、インドを中心とした熱帯アジアで栽培されている熱帯果樹である (岩佐, 2001)。わが国では加工品、特に果汁を用いたジュースやアイスクリームなどの嗜好品を中心に人気が高まっており、一部の品種では高級果実として贈答用に販売され需要が高まってきている。

果実は子房が発達した真果であり、果実の形状は通常は勾玉 (まがたま) 形をしているが、品種により卵形、長楕円形、腎臓形、球形など多様性に富んでいる。果実重は50gから2kgを超えるものまであり、果実の形状、重さもさまざまである。果実中には扁平で紡錘型の堅い殻 (内果皮) が存在し、その中に種子が含まれている。種子には1つの受精胚を持つ単胚性種子と、1つの受精胚と複数の珠心胚からなる多胚性種子を持つ種子の2種類が知られている。外観上の果皮色についてみると、成熟果実の果皮色は品種によって異なり、赤色、黄色および緑色などを呈し、それぞれを赤色系品種、黄色系および緑色系と呼ぶこともある。

一般に、緑や黄色系の品種の方が赤色系に比べて炭疽病に強く、果実の糖度も高いが、わが国では赤色系品種が好まれるので、赤色系品種の中から優良品種の選定が重点的に行われている (米本, 2009)。

成熟果の果皮色が赤色系の品種では、花器官に赤い色素がみられ、黄色系や緑色系の品種では花器官は黄色を帯びている。果皮色が赤色となる赤色系品種では、光量が強いと赤色を呈する色素のアントシアニンが生成・蓄積されやすいことが知られているので、完熟果実の果皮の着色量を増加させるためには果実に十分な光を当てる必要がある。

わが国におけるマンゴーの栽培は、完熟時に熱帯果樹に特有の臭い (テルペン油臭) が少なく、食味が優れ外観が鮮紅色で美しい赤色系の品種、‘アーウィン’が好まれ、主な栽培品種となっており、市場の約9割を占めている。

マンゴーは熱帯果樹であるが、気温が低い本州でも果実を生産することが可能である。気温の低い本州では、冬季に温室内に移動できること、肥培管理や水分調整がしやすいことを理由に鉢植え栽培が多い。しかしながら、赤色系品種の‘アーウィン’は、外観の果皮色が重視さ

¹ 玉川大学農学部生産農学科 東京都町田市玉川学園6-1-1

² 玉川大学農学部生物資源学科 東京都町田市玉川学園6-1-1
責任著者：水野宗衛 smizuno@agr.tamagawa.ac.jp

れるため、果頂部における鮮紅色の着色が不良になることが多く、商品価値が劣るので園芸上重要な問題となっている。わが国の主要な生産県である宮崎県をはじめとするマンゴーの生産地では、‘アーウィン’の果実の着色向上を目的として果実にネットをかけて茎の上部から吊るして栽培を行う、いわゆる「玉吊り」による栽培を行っている。

その際に、光量不足を避けて着色を良好にするために、用いるネットは透明ネットを使用している。さらに透明ネット下部に10cm四方の銀色反射シートや白色の不織布などを取り付け、果実全体に十分に光が当たるようにする工夫が行われているが、果実全体が赤色を呈する、いわゆる「完全着色果」の収穫割合は低いのが現状である。

マンゴーの果実の着色には、照度が関係しており弱光下では着色不良となりやすいことが知られている（佐々木・宇都宮, 2002）。したがって、果頂部まで鮮紅色に着色した果実を栽培して収穫することは秀品率の向上に繋がるので良品質の指標となり、商品価値が高くなるものと考えられる。このため、完全着色果の割合を高めることはマンゴー果実の栽培において重要な課題である。

そこで本実験では、わが国で主要品種となっている赤色系品種の‘アーウィン’を用いて、商品価値の高い完全着色のマンゴーを生産するために一般的に用いられている「吊り上げ栽培法」を改良した「果頂部吊り上げ法」を用いて果皮色および果実品質に及ぼす影響について調査・検討した。

材料および方法

1) 栽培方法

実験に供試したマンゴーは、玉川大学農学部附属玉川学内農場のビニールハウス内に鉢植え（100リットル大型鉢、直径65cm、赤玉：ピートモス：パーライト＝3：1：1）で栽培されている28年生の‘アーウィン’とし、5株を使用した。開花初期の4月29日にセイヨウミツバチを導入し果実の結実を促進した。

処理区の設定は、マンゴー果実を吊り上げて栽培するための慣行法による専用のネットを用いて果梗部を吊り上げた吊り上げ区、ネットを用い、果頂部を吊り上げた果頂部吊り上げ区、140mm×210mmの白色果樹袋（日本マタイ（株））を用いた白色袋区、白色袋区の果頂部側を吊り上げた白色袋吊り上げ区の設定した（図1）。

果実の果頂部の吊り上げ、果頂部吊り上げ、白色袋かけおよび白色袋かけ吊り上げの各作業は、果実の縦径がおよそ6cm程度に肥大した2016年7月4日に行った。各処理区の果実の大きさが平均的な果実を各株から2果ずつ選び、果皮の着色程度の調査を行った。



図1 処理区の概要

最上段：アーウィンの一般的な栽培風景
 左上：吊り上げ区 右上：果頂部吊り上げ区
 左下：白色袋区 右下：白色袋吊り上げ区
 図中の矢印は吊り上げ箇所を示している

2) 調査方法

果皮の着色程度の調査は7月18日から毎週1回、ハンディ型分光色差計 (NR-12A 日本電色工業 (株)) を用いて果実の赤道部 (中心部) を測定し、 $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて数値化した。着色調査は7月18日から収穫盛期の9月5日まで行った。

果実の調査は果実ネット、あるいは袋内に自然落果した果実を完熟果とみなしてこれらの果実につき調査を行った。調査項目は、果実の大きさ (縦径 (mm)、横径 (mm))、果実重 (g)、果実の色 (色差) とし、果実の品質については糖度 (Brix%) と酸度 (%) について調べた。縦径、横径はデジタルノギス (CD-15GM (株) ミットヨ)、果実重は電子天秤 (XS105 メトラートレド (株)) で測定した。色差はハンディ型分光色差計を用いて測定した。

果実の糖度、酸度、糖組成および有機酸組成の測定は、糖度については果実を上部、中部、下部に分けて搾汁し、果汁をデジタル糖度計 (PR-101 a (株) アタゴ) で測定し平均値として示した。

酸度は、0.1N-NaOHを用いて中和滴定を行い、滴定値からクエン酸含量を算出した。

また、収穫果実の果実内の糖および有機酸組成を調べるため、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用いて分析した。マンゴーの果汁は遠心分離 (10000rpm) (CHIBITAN-II MILLIPORE) し、上澄み液をメンブランフィルター (DISMIC-25AS ADVANTEC) でろ過し、ろ液を糖組成分析と有機酸組成分析に用いた。

糖組成分析における HPLC の条件は、検出器は示差屈折計検出器 (RID-10A 島津製作所)、カラムは Inertsil NH2 (4.6 × 250mm, GL Science)、移動相は : 80 % CH₃CN とし、流量は 1ml/min、カラム温度 40℃、試料注入量は 10 μ l とした。

有機酸組成分析は、BTB法で測定した。HPLCの条件は検出器はUV-VIS (SPD-10AV) を用い、検出波長 440nm に設定、使用したカラムは Inertsil CX (5 μ m 4.6 × 250mm, GL Science) + InertSustain C18 (5 μ m 4.6 × 250mm, GL Science) を直結させた。カラムオープンは CTO-10A (島津製作所)、反応槽は CRB-6A (島津製作所) を用いて測定し、カラム・反応槽温度の条件は 35℃、移動相は 3mM HClO₄、反応液は 0.1mM BTB + 30mM Na₂HPO₄ とし、流量はそれぞれ 0.5ml/min. に設定した。試料の注入量は 1 試料当たり 10 μ l とした。

結果

1. 完熟果実の着色に及ぼす影響

各処理区における果実赤道面の果皮色の推移を図2～4に示した。果皮色の明度を示す L^* 値は (図2)、調査期間を通して処理区間に大きな変化は見られなかったが、果頂部吊り上げ区が調査期間中、低い値で推移した。

色度 a^* 、 b^* 値 (図3、4) はそれぞれ果実色の明度および彩度の傾向を示している。すなわち、 a^* 値が高いほど赤色傾向が強いことを示し、反対に $-a^*$ 値にいくほど緑色になる傾向があることを示している。また b^* 値が高いほど黄色傾向が強いことを示し、 $-b^*$ 値が高いほど青色傾向が強いことを示しており、数値が高くなるに従ってより鮮やかな色調になり、0に近くなると光沢のなくすんだ色となる。

これらの結果を基にしてマンゴー果実における果皮色の処理間差をみると、 a^* 値は果頂部吊り上げ区では、調査開始時から他の処理区よりも高い値を示し8月中旬には若干の低下が認められたものの、8月下旬になると再び上昇し最終的に最も高い値を示し、設置した4処理区中もっとも高い値で推移した。

その一方で、吊り上げ区と白色袋吊り上げ区は、測定開始時は a^* 値は4でその後ゆるやかに高くなり、最終的には12となり、その傾向はほぼ同様であった。光を白袋で遮った白色袋区では、2～10となり処理区中、最も低い値で推移した。

b^* 値は8月になるとすべての処理区で一旦、値が低下するものの、8月下旬からは再び高くなる傾向を示した。最終的な収穫日における処理区間差についてみると、白色袋区が高い値 (b^* 値 = 14) を示していた。これはやや黄色を呈していたことを示す結果である。果頂部吊り上げ区では最も低い値 (b^* 値 = 4) を示し、光沢のなくすんだ色を呈していた。

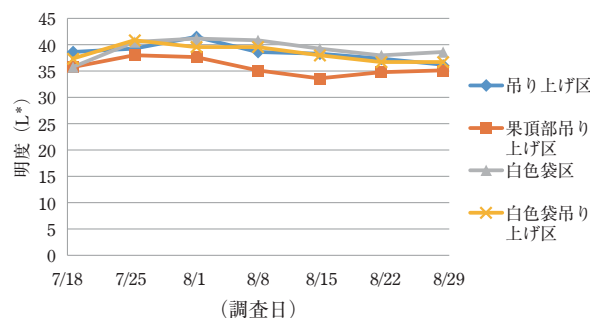


図2 各処理区における明度 (L^*) の推移

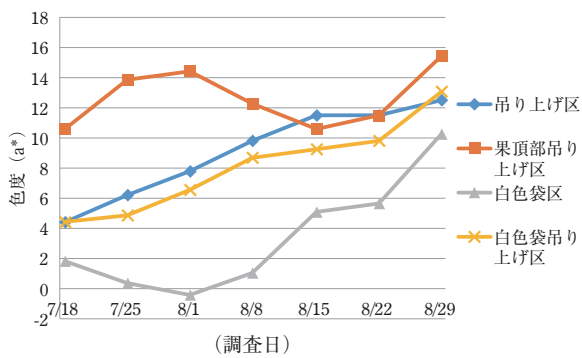


図3 各処理区における色度 (a*) の推移

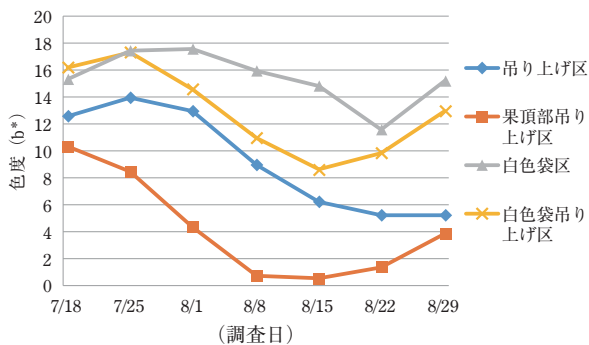


図4 各処理区における色度 (b*) の推移

各処理区の収穫果における測定部位ごとの果皮色の測定結果を図5～7に、また各処理区の収穫時の果実全体の着色状態を図8に示した。L*値は各処理区とも果頂部が最も高い値を示し(図5)、果梗部が低い値を示した。果頂部吊り上げ区では各部位で低い値を示した。

a*値は各処理区とも果梗部が最も高い値を示し、次いで赤道部、果頂部の順であった(図6)。果梗部と赤道部の値には大きな差は見られなかったが、果頂部は吊り上げ処理を行った二つの処理区で高い値を示した。特に果頂部吊り上げ区のa*値は最も高い値を示し、赤色の色調として強い果実を得ることができた(図6、8)。

b*値では各処理区とも果頂部の値が高く果梗部が低い値を示した(図7)。白色袋区と白色袋吊り上げ区の赤道部と果頂部は値が高く、吊り上げ区の果頂部も高い値を示し、黄色がかかった光沢のない、くすんだ果実となった(図8)。

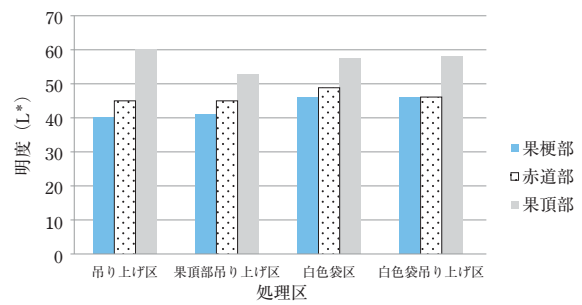


図5 収穫時における明度 (L*) の処理間差

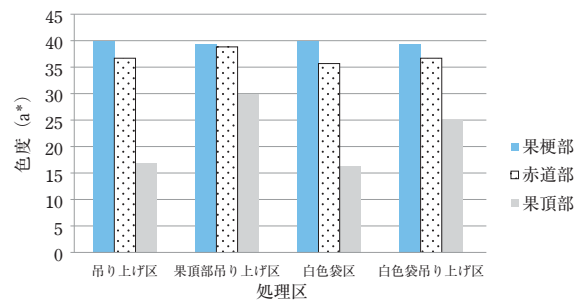


図6 収穫時における色度 (a*) の処理間差

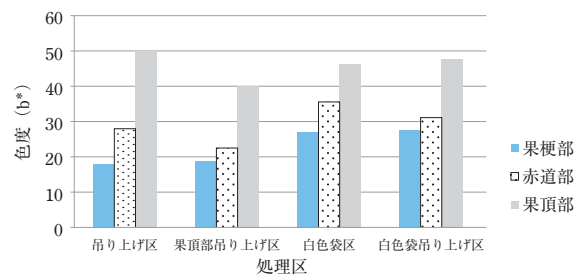


図7 収穫時における色度 (b*) の処理間差

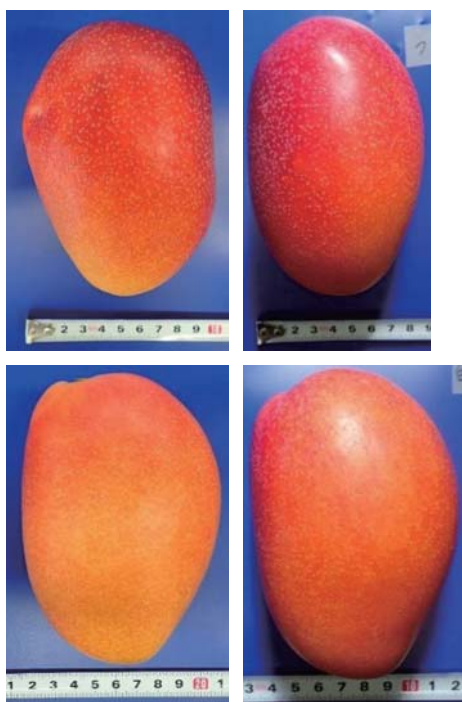


図8 各処理区の果実の着色状態

左上：吊り上げ区 右上：果頂部吊り上げ区
 左下：白色袋区 右下：白色袋吊り上げ区

2. 果実の品質に及ぼす影響

収穫時における‘アーウィン’における各処理区の果実品質を表1に示した。果実重はどの処理区においても400g前後で、吊り上げ区、白色袋区、白色袋吊り上げ区では430gであったが、果頂部吊り上げ区では386.7gでやや小さな値を示した。

Brix値は、果頂部吊り上げ区で16.1%と最も高く、次いで吊り上げ区と白色袋区が15.7%、白色袋吊り上げ区が15.3%であった。酸度は各処理区とも0.25%程度であった。以上の結果、果実重、糖度、および酸度において、処理区間で有意な差は認められなかった。

マンゴー果実における糖および有機酸組成について調査した結果(表2)、糖ではスクロースが最も多く含まれ、次いでフルクトースが多く、グルコース含量はわずかであった。

有機酸はクエン酸が主でリンゴ酸含量はわずかであった。処理区間についてみると、糖組成は有意な差は認められなかったが、白色袋区ではクエン酸がやや高い値を示した。

表1 各処理区における‘アーウィン’果実の品質

処理区	n	縦径 (mm)	短横径(mm)	長横径(mm)	果実重 (g)	Brix (%)	酸度 (%)
吊り上げ	17	118.6	76.9	82.3	421.6	15.7	0.26
果頂部吊り上げ	17	117.5	73.9	79.8	386.7	16.1	0.25
白色袋	17	120.5	76.8	82.3	434.9	15.7	0.25
白色袋吊り上げ	17	121.0	76.8	83.0	429.9	15.3	0.22
有意差		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.は5%水準で有意差がないことを示す (Tukeyの多重検定による)

表2 各処理区の‘アーウィン’果実における糖組成と有機酸組成 (%)

処理区	フルクトース	グルコース	スクロース	リンゴ酸	クエン酸
吊り上げ	3.98	0.22	10.33	0.01	0.12b
果頂部吊り上げ	4.09	0.34	9.06	0.02	0.12b
白色袋	3.29	0.41	8.78	0.03	0.17a
白色袋吊り上げ	3.88	0.29	9.41	0.03	0.10b
有意差	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

*異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す (Tukeyの多重比較検定による)

考察

赤色系品種のマンゴーにおいては、果皮の赤色発現の程度は果実の大きさとともに商品価値を決定づける大きな要因となっている。特に、果皮色がより赤く着色した果実ほど商品価値が高いため、果皮色の赤色発現を促進させる栽培技術の開発が望まれている(佐々木・宇都宮, 2002)。

一般に、果樹栽培では着色向上や品質向上を目的として、地面に日照を反射させる効果のある反射シートを用いた栽培を行うことが多い(伊藝, 1994)。

マンゴー栽培においては、光反射シートを用いて施設内の光環境を改善し、土に吸収される光を樹冠内部に供給し、マンゴー樹木に照射される光量を多くすることによって、果実の着色を向上させると報告している(伊藝, 1994)。

また、安富(1994)は樹冠下を被覆シートのタイベックを用いて土壌全面をマルチし、マンゴー果実の着色試験を行った。その結果、被覆をしていない裸地の場合と比較して、果皮色の変化、特に a^* 値において処理後1週間めから変化が見られ、時間の経過とともに a^* 値が高まったが、裸地区では果頂部の変化はほとんど認められなかったと報告している。すなわち、赤色の着色程度がタイベックの被覆によって促進されたことになる。

佐々木・宇都宮(2002)は、マンゴー果実のアントシアニン生成には光照度が関係しており、その効果は赤色発現の特に顕著な果梗部に限られていること、赤道部や果頂部の赤色発現には光はほとんど影響を及ぼさず、赤道部では赤色発現が果梗部に比べて弱くなり果皮色の鮮やかさが少なくなったと述べている。

以上のように、マンゴー果実の赤色着色の促進効果については、既知の報告ではいずれも反射シートを使用したものである。すなわち、樹冠内部に光を供給することで果頂部の着色を促進させているが、果頂部まで着色をさせている報告は見当たらないようである。マンゴーの栽培では、果実を透明ネットにいれてネットごと吊り上げる方法が一般的であるが、この方法では、果頂部への光照射不足となり、その結果、果頂部のみに緑色が残り完全に赤色に着色した果実を得ることは難しい。

本試験では、7月4日から吊り上げ処理を開始して果皮色を測定した。その結果は、タイベックを使用した安富(1994)の試験結果と同様に a^* 値は果頂部吊り上げ区をのぞき、時間の経過とともに上昇傾向を示した。一方、果頂部吊り上げ区では、処理2週間後には a^* 値が他

の処理区よりも高い値を示した。その効果は、果頂部を吊り上げた数日後に現れ始め、その後も赤色の着色が維持されることが明らかになった。これは果頂部を吊り上げることで、光が果実全体に直接照射された結果であることが推察された。

a^* 値は、マンゴー果実の収穫果における赤色発現の指標となる。そこで、本実験では果実の部位ごとによる a^* 値の比較を行った結果、光を受けやすい果梗部が最も高い値を示し、次いで赤道部、果頂部の順であった(図5)。この結果は、佐々木・宇都宮(2002)の報告と一致する内容であった。本実験では、着色不良となりやすい果頂部を吊り上げて光照射量を増加させた結果、果梗部と赤道部でも a^* 値は他の処理区とほぼ同じ値を示しており、果頂部吊り上げによる栽培は果実全体に赤色着色を促進させる上で有効な栽培方法となるものと考えられた。

Utsunomiyaら(1996)はマンゴーの果実へ袋掛けを行うと赤色発現が抑制されると報告している。また、遮光率が高すぎる袋をかけた場合、マンゴー果実の赤色を発色させるアントシアニンの生成が抑制され、緑色の状態で成熟する(岡本ら, 2003)。

本試験で用いた袋は白色袋であり、通常の袋掛け処理では果実全体が黄色みをもつ果実となった。しかし、白色袋を吊り上げ処理を行うと全体的に赤みの強い果実となり、通常実施している透明ネットの吊り上げ処理よりも赤みみの強い果実を得ることができた。白色袋は吊り上げ処理を行うことで、袋内で乱反射により光が拡散され、全体的に果実の着色が向上したものと推察された。

Utsunomiyaら(1996)が用いた袋はアントシアニンの生成を測定するためのものであり、敢えて光量を制限することを目的とした袋である。本実験で用いた袋は白色袋であり、有色袋よりも光を透過しやすいものと考えられる。したがって、本実験で用いた袋とUtsunomiyaら(1996)との間で光は果実袋内の照度が異なるので一概に比較はできないが、夏季の強光下における吊り上げ処理を行うことで、白色袋内に透過した光が散乱光となり全体的に赤色を帯びた果実となった可能性がある。

光量の強弱は果実中の糖や有機酸の含量に影響を与えることが知られている。マンゴー果実では、強光は果汁中の糖含量を増加させるという報告があるが(佐々木・宇都宮, 2002)、本試験では吊り上げの有無や袋掛けの有無による糖度と酸度に及ぼす影響は認められず、光強度に大きな差がなかったものと推察された。

本実験では施設内での栽培を行っていたため、昼温/

夜温の差が大きく（8月上旬：最高気温37.0℃、最低気温24.9℃、日較差12.1℃）光合成産物が高温により消費されたなどの要因が考えられ、光処理を変えた条件との関連性は少ないものと推察される。

本試験における結果から、マンゴー果実赤色発現には、果実全体に光がまんべんなく当たるような条件を作って栽培することが重要で、特にネットを用いて果頂部を吊り上げ、直接果実全体に光をあてることは果実の品質を下げることなく、赤色着色を促進させるのに有効な栽培方法であることが明らかになった。

しかし、肥大期の果実の果頂部を吊り上げることは落果を招く要因となりやすいことから、一度で吊り上げをせず段階を経た吊り上げを行うなどの労力と注意が必要となる。

引用文献

伊藝安正. (1994) 沖縄県におけるマンゴー栽培の現状と課

- 題. 沖縄県農林水産部営農推進課29: 17-25.
- 岩佐俊吉. (2001) 図説熱帯の果樹. 養賢堂. 東京. 240-249.
- 岡本智・高松善博・神崎真哉・志木恒介・佐々木勝沼・宇都宮直樹. (2003) 遮光処理がマンゴー‘アーウィン’の果実着色に及ぼす影響. 熱帯農業47: 3-4.
- 西田学・東明弘・川村秀和. (2005) ハウス栽培マンゴー‘アーウィン’の収穫前落果に及ぼす遮光, 土壌水分および葉果比の影響. 九州農業研究. 第67号.
- 佐々木勝沼・宇都宮直樹. (2002) 紫外線除去フィルムがハウス栽培のマンゴー‘アーウィン’果実の着色に及ぼす影響. 園学研. 1: 191-194.
- Utsunomiya, N., Sasaki, K., Tamura, H. (1996) Coloration and light importance for anthocyanin development of cv. Irwin mango fruit. Proc. Inter. Con. on Tropical Fruits 2: 149-154.
- 安富徳光. (1994) 沖縄県におけるマンゴー栽培. 沖縄農業29: 26-35.
- 米本仁巳. (2009) 熱帯果樹の栽培 完熟果をつくる・楽しむ28種. 農文協. 東京. 26-32.

The Effect of Fruit Lifting Cultivation on the Coloring and Quality of 'Irwin' Mango

Soe Mizuno¹, Daisuke Inoue², Kenta Watanabe²

Abstract

The main varieties of mango cultivated in Japan are 'Irwin' which is harvested when ripe, but the fruit color at the fruit apex is not changed to red. In this study, in order to produce 'Irwin' which has fully colored red fruit, in addition to the general lifting method, the fruit apex lifting treatment, the white bag treatment and the white bag with fruit apex lifting treatment were established and the influence on the skin color and fruit quality were measured. In the fruits after harvesting, the a* value registered high from the fruit apex lifting treatment, and the whole fruit colored more brilliantly than the other treated sections. Also, the a* value increased in the white bag treatment. The b* value was lowered in the fruit apex lifting treatment. There was no significant difference in vertical diameter, transverse diameter, fruit weight, Brix (%), acidity (%) and sugar composition in each treatment. It is considered that direct application of sun light lifting up the fruit apex is particularly effective for coloring the mango fruit.

Keywords : Coloring, Fruit lifting cultivation, Mango

¹ Department of Agri-Production Sciences, College of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1, Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan

² Department of Bioresource Science, College of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1, Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan