

我が国における熱帯・亜熱帯果樹栽培研究の現状と方向(2)

誌名	熱帯農業研究
ISSN	18828434
著者名	米本,仁巳
発行元	日本熱帯農業学会
巻/号	4巻2号
掲載ページ	p. 67-82
発行年月	2011年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



総 説

我が国における熱帯・亜熱帯果樹栽培研究の現状と方向

第2部：わが国で栽培されている主な熱帯果樹

米本仁巳*

神内南方系果樹研究所 〒061-0600 北海道樺戸郡浦臼町字オサツナイ 315-131

キーワード バナナ, パパイア, パッションフルーツ, ピタヤ

Current Situation and a View of Future Research for Tropical and Subtropical Fruit Culture in Japan (Part II: Major Tropical Fruit Crops Grown in Japan) Yoshimi YONEMOTO* *Jinnai Tropical Fruits Research Laboratory, 315-131, Osatsunai, Urausu-cho, Kabato-gun, Hokkaido 061-0600, Former Tropical Agriculture Research Front, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1091-1, Kawarabaru, Maezato, Ishigaki, Okinawa 907-0002*

Key Words: Banana, Papaya, Passionfruit, Pitaya

緒 言

第1部では世界の三大美果(マンゴスチン, パイナップル, チェリモヤ・アテモヤ)とマンゴーについての研究に関して報告したが, 第2部ではわが国で栽培されている熱帯亜熱帯果樹の中で, 比較的多く栽培されているバナナ, パパイア, パッションフルーツ, ピタヤについて, わが国の研究者およびその指導下で行われた研究成果を紹介する。

バナナ (*Musa spp.*, バショウ科, マレーシア原産^{注1)})

バナナの研究論文が最初に熱帯農業雑誌に掲載されたのは、『バナナの栽培について』(江口, 1958)で, バナナの性状, 習性, 品種, 栽培について解説している。桜井(1960)は1954年に奄美大島がわが国に復帰した当時, 高級品であったバナナ栽培が沖縄県や鹿児島県奄美大島でブームとなったが, 台風被害により壊滅的打撃を被ったことで防風対策技術が考案され, ‘北蕉’およびその変種で萎縮病に抵抗性のある‘仙人蕉’の栽培が小規模だが定着したことを紹介している。また, 桜井(1963)は台湾とフィリピンのバナナ産業の状況について紹介し, 東南アジア諸国におけるバナナの改良と技術交流の可能性(桜井, 1966)について提言している。若槻(1974)は, エクアドルのバナナ生産構造に関する情報を提供しており, 西山(1975)は中国広東省におけるバナナ生産の現状と展望について

報告している。さらに, 西山(1976)はバナナの栽培および品質改善に関する研究で日本熱帯農業学会賞を受賞している。橋本(1987, 1988)は, フィリピンのバナナ輸出産業について詳しい紹介を行っている。

金木ら(1966)は, バナナの繁殖で剣状吸芽と水吸芽を比較し, 前者で植え傷みが少なく果実数も多くなることを報告し, 高橋・西山(1968)は, テイキャクミバショウ(三尺バナナ)で吸芽の移植時期における苗齢が4~6カ月のもので植え傷みが少なく生育も優れることを報告している。さらに, 高橋・西山(1969a)は, 関東火山灰質壤土で地下水位80cmが移植苗の生育が最も優れること, また, 適度な株元への培土の供給が株の浮き上がりによる老化を防ぎ, 経済栽培年数を延長するのに効果的であることを報告している(高橋・西山, 1969b)。高橋ら(1966)は, 風害による葉の裂傷によって果実生産が悪影響を受けることを報告している。

高橋・西山(1970)はバナナの花を単性花として分類することは適当でなく, 構造的には完全花の形態を有し, 雄花と呼ばれる先端の花は, 栄養供給不足に伴う子房の未発達によるもので, 雄花と称するより間性花と呼ぶことが適当であるとしている。

Hiratsuka *et al.* (1989)はMS培地上で培養したテイキャクミバショウの成長点の形態形成に及ぼすIAAの効果と貯蔵培地中のIAAの分解について調査し, 成長点がIAAを吸収して分化, 成長に利用していることを考察している。

我が国でのバナナの栽培に関する研究は少ないが, 大東(2000), 渡慶次(2000)は, バナナの栽培について詳しく解説している。ポストハーベストに関する研究は多い。我が国へは緑熟バナナが輸入され, 750 ppm濃度のエチレン処理を24時間行って追熟される。

責任編集者 樋口浩和

2010年3月10日受付

2010年6月1日受理

* Corresponding author

yonetrop@nifty.com

元国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点

〒907-0002 沖縄県石垣市真栄里川良原 1091-1

追熟過程での果皮色と果肉硬度の相関が高いことから、Chuma *et al.* (1980) はクロロフィル含量の測定によってバナナ果実の熟度を判定している。バナナのエチレン誘導によるクロロフィル分解では、エチレンにより誘導または促進される酵素により果皮のクロロフィル a が優先的に分解されて脱緑化する。このクロロフィル分解で Fe^{2+} (Fe^{3+})、 O_2 (O_2) の関与する酸化反応が分解経路の一段階であることが示唆され(馬ら, 1997), 馬・下川 (1998) は暗黒下でエチレン処理したバナナ果皮にクロロフィル分解酵素であるペルオキシダーゼが存在することを報告している。エチレン生成後の‘ジャイアント キャベンディッシュ’果肉の構造的特性の変化の応力緩和法による測定から、軟化は果肉の粘性と弾性の低下であり、ペクチンとヘミセルロース多糖類とデンプンの分解が主な原因であることが示唆された (Kojima *et al.*, 1992, 1994a, 1994b)。

リョウリバショウ(プランテン)の‘ツンドク’では、果肉硬度の変化に寄与する化学的成分はデンプンよりも細胞壁多糖類のペクチンとヘミセルロースであることが示唆されている (Kojima *et al.*, 1994c)。能岡(1973)は緑熟バナナ果実を 6°C で貯蔵した果実、 6°C に9日間貯蔵後 20°C に変温した果実および 20°C に貯蔵した健全追熟果の三者について ^{14}C -アスパラギン酸および ^{14}C -セリンの取込みと、PGDH 活性および SDH 活性とを比較して、低温障害果の糖新生に関連する代謝経路を考察した。さらに、能岡 (1975) はデンプン、還元糖および非還元糖量の変化ならびに糖の代謝に関連する酵素活性の変化を比較し、低温障害果実の糖新生およびデンプン分解に関連する代謝経路を考察している。Agravante *et al.* (1990a) もエチレンとエタノール処理による果実追熟過程におけるデンプンの分解について調査し、緑熟期に10%であったデンプン含量が完熟期には1%以下に低下し、全糖含量は1%から20%に増加したこと、ショ糖が全糖の60%以上であったこと、 β -アミラーゼの活性がデンプンの分解過程で増加したことを報告し、Agravante *et al.* (1990b) はデンプン分解中にホスホリラーゼ活性が増加し、果皮が黄化した時点でインベルターゼ活性が増加したことを報告している。

バナナ果実では追熟中にリンゴ酸が2.0~3.6倍に増大し (Agravante *et al.*, 1991a)、果実の軟化過程でポリガラクトナーゼ活性が増大し、全ペクチンが減少し、水溶性ペクチンが増大する (Agravante *et al.*, 1991b)。Hyodo *et al.* (1981) は、バナナ果実の追熟過程での酸性フォスファターゼとRNA分解酵素の増加を報告している。また、Hyodo *et al.* (1983) はバナナ果実の追熟に伴う果肉中のエタノールの増加は、アルコール脱水素酵素の活性増大が大きな起因をなしていることも報告している。

寺井ら (1973) は、バナナ果実追熟に対するエチレ

ン効果の機作に関する研究を行い、果皮がエチレンガスの移動またはその効果の移動に役割を果たしていることを明らかにしている。さらに、寺井ら (1974) はエチレン処理後のバナナ果皮と果肉の呼吸反応を調査し、果肉には特有のクライマクテリックライズがみられたが、果皮では追熟中にクライマクテリックライズが見られず、エチレン発生も見られなかったことを報告し、寺井・緒方 (1976) は果皮におけるエチレンによる呼吸促進は直接タンパク質合成が関与するものではないことを推論している。寺井・緒方 (1977) はエチレンによる呼吸促進はHMP経路とEMP経路の代謝経路変換によるものではなく、解糖系の代謝が活性化されることにより行われること、解糖系の活性化はエチレンが主にfructose-6-Pからfructose-1,6-diPの段階に影響を与えることにより起こるものと推察している。

上田・緒方 (1976) はバナナ果肉をペクチナーゼにより遊離細胞に分け、これらにアルコール、酸を添加した場合のエステル生成について、遊離した果肉細胞よりも維管束部分にエステル生成能がみられたと報告している。Inaba and Nakamura (1986, 1988) はバナナ果実の成熟誘導に必要なエチレン処理の最小時間と濃度および温度との関係を調べ、エチレン処理の最小時間は温度が一定ならば処理濃度の対数の1次関数として、濃度が一定ならば温度の2次関数として表すことができると報告している。高ら (1990) は、preclimacteric 期間中に存在する微量な内生エチレンがEFE活性の増加に密接に関係しており、EFE活性があるレベルに達すると急激なエチレン生成が誘発され、成熟が開始すると考察している。ACC合成酵素の活性測定は、バナナ果実の成熟エチレン生合成機構の解明に不可欠であるが、Xue *et al.* (2000) は、果肉組織を液体窒素で凍結して -80°C で貯蔵後にPEG添加緩衝液とともにワーリングブレンダーでホモゲナイズして、その後アセトン洗浄する方法がACC合成酵素の簡便な抽出法であると報告している。劉ら (2003) は、キャベンディッシュのサブグループ (AAAグループ) のバナナ果実追熟過程で、イソクエン酸脱水素酵素 (NADP-IDH) は重要な役割を果たす酵素の一つであると推察している。

籠による輸送からダンボール箱による輸送、さらにはポリエチレン袋に入れてダンボール箱での輸送へと変わる過程で、パック病と呼ばれる細菌性の障害が問題となった。果房の梱包時に用いる殺菌剤について、西山・早道 (1973) は安息香酸ブチル剤に比べヒノキチオールで高い予防効果があり、ヒノキチオールの精油の刺激臭は処理後数時間で皆無となることから、パック病予防剤として有効であるとしている。

中村・風岡 (1977) は、フィリピン産バナナが国内輸送中に冬でも果実温度が一時的に 30°C 以上になる

こと、3G以上の強振動にさらされるなどの不適切な条件にさらされていることを報告している。中村・伊藤(1979)は、ポリエチレン包装貯蔵で高濃度炭酸ガス封入による炭酸ガス・ショック効果を検討したが、空気封入に比べて特に有効でないことから、空気封入だけで十分であり、20℃で30日間、15℃で60日間の貯蔵が可能であったと報告している。

稲葉ら(1984)は、フィリピン産‘ジャイアント キャベンディッシュ’は樹上では十分に追熟せず、開花後65～105日後に収穫された果実は追熟処理で全て正常に追熟したが、105日後の収穫では日本への輸送中に黄化した。また、35℃での追熟では果皮に高温障害が発生することから、適正追熟温度は20～25℃であることを報告している。中村ら(1984)はフィリピン産の‘ラトゥンダン’の追熟適温は25℃であること、‘ジャイアント キャベンディッシュ’と比べて果皮の着色が果肉の成熟より先行する傾向があり、特にエチレンを処理すると果肉に渋味の残る状態で果皮が黄化するので、この品種独自の追熟条件を設定する必要性のあることを指摘している。追熟完了時に残る渋味は‘アマス’（別名；‘セニョリータ’）でも問題となっており、Esguerra *et al.* (1992)は20℃でエタノールとエチレンの混合処理により渋味が軽減されることを報告している。中野ら(1991)はエチレン処理にアルコール処理を追加することで、着色と糖度の増加効果があることを報告している。

高温下でのバナナ果実の追熟障害について、追熟およびそれに伴う酸性ホスターゼ活性の増加やアイソザイム数の増加が40℃で著しく阻害される（吉岡ら、1978, 1980）ことから、40℃追熟ではタンパク質合成が阻害され、追熟が著しく阻害される（吉岡ら、1980）ものと推察している。

バナナは果皮と果肉組織で低温に対する感受性が異なり、果皮は8℃以下、果肉は5℃以下の低温に曝されると膜透過性に変化がおき（Gemma *et al.*, 1994）、果皮組織の高い低温感受性は低温処理中の不飽和脂肪酸、特にリノレン酸の減少に関係する（Wang and Gemma, 1994）。薛ら(1995)はバナナ果実の追熟における湿度の影響は大きく、低湿度は水分損失だけでなく果皮の黄化や果肉の軟化を促進することを報告している。

果皮が緑色のまま果肉が先熟する Green Soft Disorder (GBD-緑色軟化症)はエチレン発生に加えて酸素欠乏が原因である（弦間ら、1997）。大気中(21%)以上の酸素濃度では、酸素濃度に比例してバナナの呼吸およびエチレン生成が促進されて成熟が早まるが、低酸素濃度下ではほぼ1ヶ月以上成熟が進行しない（スリラオン・辰巳、2002）。プラスチック包装貯蔵で生じるガス障害は、青果物自体が嫌気環境下で生成するエタノールやアセトアルデヒドが原因（小坂ら、

1995）と考えられる。バナナの場合1%以下の酸素濃度で異臭が発生し、酸素濃度が低い程エタノール生成量も多くなることを報告している。

Chaiprasart *et al.* (2001)は緑熟バナナを5℃で貯蔵するとクロロフィル蛍光の減退が見られたことから、低温障害発生のみならず非破壊予測法への利用が期待されること、および、SOD (superoxide dismutase)、カタラーゼ、パーオキシターゼの活性が高くなることを報告している。Ambukoら(2008)は、バナナ果実を50℃で10分間の気浴処理することで低温耐性を付与できることを報告している。Chaiprasart *et al.* (2002)は、ジャスモン酸誘導体のPDJ (n-propyl dihydro jasmonate) やABA (アブシジン酸)を低濃度溶液で散布処理すると、果皮組織の不飽和脂肪酸比が高まって低温障害の発生を約1週間遅延できることも報告している。

Ambuko *et al.* (2008)はエクアドルでの減農薬栽培と慣行栽培で収穫された果実‘ウイリアム’の収穫後の特性を調査した結果、慣行栽培に比べ減農薬栽培された果実で追熟が短期間で行われることを報告している。減農薬栽培されたバナナは消費者に好まれる半面、生産者や流通業者にとっては短期間で軟化してしまうためにロスが発生しやすいという問題が発生している。フィリピンから無農薬栽培バナナの輸入量が増加しているが、年間を通じて多くの病害が発生していることが報告され（Alvindia *et al.*, 2000a）、現地での粗雑な箱詰めや不十分な緩衝剤、悪路での輸送などで物理的な損傷が加えられ、さらに不衛生な集荷場環境も収穫後の病害を発生させる原因である（Alvindia *et al.*, 2000b）とされている。

強力なエチレン作用阻害剤である1-メチルシクロプロペン (1-MCP)が近年多くの果物、野菜や花の鮮度保持に用いられている。小泉ら(2008)は追熟開始前のバナナへの1-MCP処理は追熟開始を遅らせたが、追熟後の可食期間の延長には効果が無く、エチレン処理後の着色度3到達時に0.3 ppmの1-MCP処理することで可食期間の延長効果が認められたと報告している。

バナナの果実から生成される揮発性エステルでは、エチルおよびブチルエステルが主で、次いでイソブチル、イソアミルエステルが多く、果実が生成するエステルについて、そのアルコール残基は主に果肉のアルコール含量を反映し、酸残基はおもにエステル生成酵素の基質特異性に基づいている（Ueda *et al.*, 1992）。Shiota (1993)はバナナ果実から生成される152種類の揮発性成分のうち86種類を特定している。

バナナもキュウリなどと同様に維管束に対して直角に切断した切片は平行に切断したものよりも切断面の褐変や腐敗が遅くなる（阿部ら、1998）。

西山・高橋(1971)はバナナでの線虫の被害は、他

の作物と異なり地表面近くで多く、栄養成長期には被害が少ないが、果実発育期に悪影響を及ぼし、収量が30%近く減少することを報告している。1991年からインドネシアスマトラ島南部で多発したバナナの萎凋枯死は、*Ralstonia*の近縁種であるBlood disease bacterium (BDB)により引き起こされる (Kusumoto *et al.*, 2004)。ブラックシガトカ病は *Mycosphaerella fijiensis* Morelet 菌の感染により罹病する極めて防除が困難な病害である。Reyes-Borja *et al.* (2005) は、生長点培養した株にガンマ線を照射することで、この病気に抵抗性を有する変異体を獲得することに成功している。野原 (1968) は沖縄本島および八重山でパンチートップ病の発生調査を行い、19市町村で発生が認められ、平均罹病率は4.7%であったことを報告している。バナナパンチートップウイルス (BBTV) 抵抗性バナナの作出が望まれるが、繊維用バナナのイトバショウはBBTVに抵抗性で、遺伝資源として重要である (古屋ら, 2007)。

輸入バナナは陸揚げ後に燻蒸されるが、中村ら (2006) は高濃度 CO₂ ガスと高温の組み合わせ (CATT法) による新規燻蒸処理を検討し、駆虫効果、果実品質保持を考慮した処理温度は45~55℃、処理時間は0.5~1.0時間、CO₂ ガス濃度は50%以上が適当と報告している。さらに、中村ら (2008) はCATT法に気体調節と高圧・高温噴射洗浄を組み合わせた無薬剤燻蒸技術の開発を行っている。

東 (1968) は沖縄でバナナを加害する害虫として23種を紹介している。比嘉ら (1979) はバナナの葉を食害する害虫のバナナセセリの生息分布、成虫の行動、温度別発育所要日数、卵の発生消長、生命表、天敵の観察報告を行っている。

近年では‘ジャイアント キャベンディッシュ’だけでなく、形状や食味の異なる品種の果実が輸入されるようになった。加藤ら (2007) は、SSR マーカーによる品種判別技術を開発し、沖縄で栽培されている‘シマバナナ’とフィリピンの‘ラトゥンダン’が近縁種であることを報告している。

パパイヤ (*Carica papaya* L., チチウリノキ科, 熱帯アメリカ原産)

松田 (1927) が農業及園芸 (養賢堂) の中で珍果樹としてパパイヤを紹介しているが、我が国では台湾を除いて大正時代までは沖縄県で野菜として栽培されている以外は、温室内で観賞用として栽培されていたにすぎなかった。池田 (1949) は台湾南部の台湾農業試験所鳳山熱帯園芸分所でパパイヤの栽培研究を行い、パパイヤの栽培特性について報告している。1960年代になって西南暖地において簡易ハウスでの栽培熱が高まり (仙頭, 1950, 1960, 1962, 1964; 池田, 1967), 熱帯農業学会雑誌にもパパイヤの研究論文が発表さ

れ、村田 (1963a, 1963b, 1965a), 片山・長友 (1965) は露地栽培で開花を促進して結実期を早めるには、育苗の集約管理、適期の定植、低温期の保護などで生育を促進させることが重要であると報告している。また、村田 (1965b) はビニルトンネルと土壌ポリマルチを用いた場合の植えつけの適期は4月15日~5月1日であるとし、植えつけ時の摘芯は生育を遅らせ、開花も遅らせたと報告している。露地栽培で株元への土盛りで根腐れが回避できる (古里・村田, 1967)。さらに、村田 (1968) は10℃以上の気温が必要であること、主幹頂部の摘芯により側枝を成長させて栽培年数を延長できることを報告している。石畑・野村 (1992) も地温と栄養成長の関係を報告している。

台湾南部のパパイヤ産地の土壌 pH は5.5前後で (池田, 1949), ハワイの産地では4.5~6.0 (Yee and Aoki, 1965) である。Ikeda and Si (1976) が pH4.5~7.5の土壌で行った生育実験結果では6.5が最適で、その次が6.3と7.0であり、このことから、パパイヤはアルカリ土壌に耐えるが弱酸性土壌が生育には最適であると報告している。

新鮮な仮種衣に包まれたパパイヤの種子は発芽しないが、仮種衣を除去して30日および50日間15℃の低温処理を行って播種すると発芽が促進される (Yahiro, 1979)。この低温処理期間に成長抑制物質の活性が低下する (Yahiro and Hayashi, 1982)。

ハウス栽培では、施設内の環境により花飛びや奇形花が発生する。‘サンライズ’を窒素施肥量80kg/10a/年、出葉後20~25℃の環境下で生育させ場合の腋芽は正常花となった (恩田ら, 2000)。さらに、花芽数は20℃以上で増加し、26℃以上で落花が急増することなどから、パパイヤの開花結実には22~25℃が最適な温度と推定している。沖縄県農業試験場ら (1999) によると、出葉時の適温は25℃付近で、開花の適温域は23~25℃である。砂川ら (1998) は果実の大きさは種子数に影響され、果実糖度は果実肥大期の気温が高い程高くなり、開花時期の気温が25℃までは気温が高い程種子形成がよく、それ以上高温になると種子形成が阻害されて果実が小さくなると報告している。高温期の開花では受精不良のため小玉果となるので、人工受粉が果実肥大に有効である (沖縄県農業試験場ら, 1999)。パパイヤは低温期と高温期に温度障害を受け花粉の発芽率が低下し、結果率および果実肥大が低下する (Tamaki *et al.*, 2011)。玉城・小沢 (2006) は結果安定に人工受粉が効果的であることを明らかにし、冷凍保存花粉を用いた人工受粉は果実肥大促進に効果的であることを報告している。一方、野菜用パパイヤの栽培では単為結果性の高い雌株を用い、ジベレリン処理で果実肥大を促進させることが省力的である (Rimberia *et al.*, 2006b)。徳元ら (2001) はジベレリンペーストを開花期の花梗周囲に塗布する

ことで無核果実が生産され、果実重も無処理に比べて4.7倍となったが、受粉区より10%程度小さかったと報告している。

沖縄県では冬期の加温(23℃設定)は登熟日数を短縮させ、1~3月の収穫果実数を増加させ、4~5月の低糖度期間の糖度を向上させる効果がある(沖縄県農業試験場ら, 1999)。さらに、摘果は総開花数および正常花数を増加させ、花飛びの原因となる雄花タイプや花蕾落花の防止および果実肥大に有効である。‘サンライズソロ’の両性樹では1節当たり2果に摘果することで、商品性果実の収量が高まる(玉城ら, 2001)ことが報告されている。深町ら(2005)は‘ワンダーフレアー’を用いて果実生産の年間推移を調査し、摘果による着果数の調節や、季節による野菜用・青果用の出荷用途の振り分けにより、年間を通じて高収益をあげられる可能性を示唆している。

パパイヤはトマトに比べ強日射下でも水ストレスを受けにくく、終日高い相対含水量を維持する(深町ら, 2002)ことが報告され、幹と根には水分バランスの平衡状態を保つような緩衝作用があることが示唆されている(深町ら, 2003)。

パパイヤの成長は速く、短期間で施設の天井まで届いてしまう。そこで、株倒し栽培を考案した結果、慣行法より樹高を低下させ、栽培期間の延長が可能となった(沖縄県農業試験場ら, 1999)。

パパイヤの性判別については、桜井(1929)、志左・小村(1938)、仙頭(1962)、Yamasaki(1933)らの報告がある。パパイヤの実生株には雄株と雌株および両性株があり、着花するまで性別が分からないため、早期の性判別が望まれていた。Urasaki *et al.* (2002)はパパイヤ苗の性の判別法として性判別PCR法を開発した。さらに、浦崎(2004)は簡易性診断法も開発し、育種事業および種苗会社において大量の実生苗から性判別することを可能とした。Rimberia *et al.* (2005, 2006a)はパパイヤの薬培養法で雌株育成が育種に活用できるとし、Rimberia *et al.* (2007)は薬培養による26雌株の中から優良な株を見出している。また、未受精胚珠からの不定胚誘導と植物体の再生が行なわれ(徳元ら, 2000a; 徳元, 2002)、その中から矮性で果実品質の優良な1個体が発見されている(徳元ら, 2000b)。

玉城ら(2009)は実用的な胚の培養は受粉後70~105日目、果実へのエスレル処理および胚培養によって開花から採種・播種までの期間を7カ月から3カ月間に短縮できるとしている。

パパイヤは試験管内での組織培養による栄養繁殖が可能で(片岡・井上, 1987)、成長抑制物質ABAの添加が試験管内でのパパイヤのシュートの保存に有効である(Suksa-Ard *et al.*, 1997)。また、‘サンライズソロ’の胚軸および成熟胚からの体細胞胚の形成には2, 4-D

の添加が必要で、成熟胚の場合はこれにショ糖の添加が不可欠である(Suksa-Ard *et al.*, 1999)ことが分かっている。試験管外でIBA処理したマイクロ繁殖による発根は容易(Kataoka and Inoue, 1991)で、培地には寒天ではなくバーミキュライト(Kataoka, 1994)やロックウール(Suksa-Ard *et al.*, 1998)を用いることで、高い馴化率を得ている。

照屋ら(1991)は実生選抜した矮性系統を組織培養で増殖し、比較的短期間で新品種を育成し、組織培養技術がパパイヤの品種改良に利用できるとし、深町ら(2006)はわい性で果実品質の優れた新品種‘石垣珊瑚’を品種登録している。

岩本・安富(1997)は、パパイヤ主幹又は側枝のピーエー剤処理、あるいは主幹を横倒しして腋芽を多数発生させ、この腋芽を用いて挿し木や接ぎ木などの栄養繁殖を行うことで簡易な苗木生産を提唱している。Kato and Ooishi(2003)は栄養繁殖による幼若性とエイジングの研究を行い、葉の突起数が株のエイジを反映していることから、生育過程でのエイジングや若返りの推定に活用できるとしている。

パパイヤはカビの発生しやすい果実である(Ueno, 2000)。果皮が2割程度黄化した果実は追熟可能で、追熟後の果実品質も良好である。果実収穫後48℃の温湯で20分間処理し、20~30分間流水冷却する方法で、果実品質を低下させることなく炭疽病発生を抑える効果がある(沖縄県農業試験場ら, 1999)。鮮度保持には、温湯処理後に25℃で7日間追熟し、5℃で貯蔵する方法が効果的である(沖縄県農業試験場ら, 1999)。パパイヤ軸腐病の主要病原菌は*Lasiodiplodia theobromae* (syn. *Botryodiplodia theobromae*)で(矢口・中村, 1992b)、収穫後できるだけ速やかに温湯(48.9℃, 20分間)、または蒸熱処理(果実の中心部が47.2℃に達するまで)することで流通段階での軸腐病の発生が著しく抑制される(矢口・中村, 1993)。

1969年にはハワイ産パパイヤの輸入がEDB燻蒸または蒸熱処理の条件つきで解禁となった。矢口・中村(1992a)はハワイ産‘ソロ’の日本到着時の果実の損傷を調査し、機械的損傷が1.8%で最も高く、生理的損傷と腐敗が0.9%であったと報告している。輸入パパイヤは植物防疫により47.2℃, 7時間の蒸熱処理が行われたが、果実内部の追熟が進まない熱障害果実の発生がみられ、この障害の発生にはポリガラクトナーゼ(PG)が関与している(Suzuki *et al.*, 1991)ことが示唆されている。パパイヤでは追熟初期に出現するPG-1よりも追熟中期から後期に出現するPG-2およびPG-3が果実の軟化に直接関与しており、追熟が進まないのはポリウドニル(ペクチン)の低分子化が起こらないためと推察されている(鈴木ら, 1992)。

Iwasaki *et al.* (1985)は樹上完熟3日前の収穫果を9℃と26℃貯蔵下で小笠原から東京に海上輸送し、

棚持ち期間が9°Cでは10日間、26°Cでは5日間であり、小笠原産のパパイアを完熟に近い熟度で収穫しても、内地での消費に供しうると報告している。低温貯蔵ができない熱帯果実では減圧式貯蔵が有効で、5分の1気圧条件下でパパイア果実は通常より3週間長く貯蔵できる (Gemma *et al.*, 1989). 肖・清田 (2001, 2002) は Low-density polyethylene 個装により常温下での鮮度保持が可能であることを報告している。

未成熟パパイアは沖縄県で食されている伝統的農産物であるが、近年では本土でも消費が増え、カット野菜として流通している。カット野菜として流通させるには雑菌を除去する必要があるが、剥皮前とカット後の水洗で菌数を100分の1に、さらに青果水洗後、2%貝殻焼成カルシウム水溶液への浸漬処理で400分の1に減少させることが可能で、MA包装の5°C保存で、10日間は良好な状態が維持できる (照屋・広瀬, 2008)。

パパイアの完熟果実の近赤外線分光分析法による非破壊糖度分析は、推定値の誤差が±0.5%の範囲に75.6%の果実が、±1%の範囲に94.9%の果実が含まれたことから、可能である (玉城, 2002)。

パパイア栽培で最大の問題はウイルス病である。与那覇 (1974) は沖縄県で栽培されているパパイアから3種のウイルスを分離している。パパイアモザイク病が沖縄県で発見されたのは1954年である (渡邊, 1980)。与那覇 (1962) は沖縄県におけるパパイアモザイク病の病徴、伝染方法について報告している。本病は奇形葉モザイク病 (Leaf distortion mosaic) とも呼ばれ、Papaya leaf distortion mosaic virus (PLDMV) により引き起こされる (大東, 1996)。西南暖地でのパパイアの露地栽培はPLDMVによる被害が大きく、経済栽培はほとんど不可能である (Maoka *et al.*, 1996; 眞岡, 2001)。1999年にフィリピンのミンダナオ島で発見されたウイルス病様障害はパパイアリングスポットウイルス (PRSV-P) によるものとされたが、Maoka and Perpetua (2001) が再調査した結果、ミンダナオ島でのウイルス病様症状はPRSV-Pでも、沖縄県でみられるPLDMVでもないことを報告している。ハワイではパパイア輪点ウイルス外被タンパク質遺伝子を導入したウイルス抵抗性パパイア‘サンアップ’が育成されているが、PLDMVには抵抗性は無い (眞岡・野田, 2000)。ウイルス病対策として、沖縄県では媒介者であるアブラムシの侵入を防止するためのネットハウス栽培が行われている。そのため、沖縄県での施設栽培に適應する早生で矮性、不稔や奇形果の発生の少ない生食用品種を育成する必要がある (砂川ら, 1997)。出花 (1998) は沖縄におけるパパイアの育種とその可能性について、海外の事例を引用しながら詳しく解説している。

東 (1968) は、沖縄でパパイアを加害する害虫とし

て12種を紹介している。

栽培技術の基礎については高原 (1997)、安富 (1997)、立田 (1997)、内園 (1997)、沖縄県農林水産部 (2003)、Nakasone (1997)、石畑 (1984, 2000b)、岩川 (2000) が詳しく解説している。また、Nakasone and Paull (1998) は、パパイアの栽培に関する多くの情報を提供している。

パッションフルーツ (*Passiflora edulis* Sims., *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg. And hybrid between the two, トケイソウ科, ブラジル原産^{注1)})

パッションフルーツは我が国の無霜地帯で露地栽培が可能であるが、その知名度は低く、栽培も少ない。パッションフルーツの生育に最適な地温は20°Cで、35°C以上では生育が抑制される (石畑・水野, 1987; 石畑ら, 1989a)。花芽は新梢の頂部成長点近くの葉腋に順次分化着生する (石畑, 1995)。宇都宮 (1989) は花芽分化には昼/夜温が23.5/16.1°Cが適しており、高温では着花数が減少すると報告している。花芽分化および発育の適温は13~25°Cにあり (石畑, 1995)、好適な温度条件下では花芽分化後60日程度で開花に至る (石畑, 1993)。

わが国で栽培されているパッションフルーツにはムラサキクダモノトケイソウ (ムラサキ系) とキイロクダモノトケイソウ (キイロ系) および両者の交雑種がある。一般的にキイロ系は他家受粉しないと結実しないが、ムラサキ系と交雑種は自家、他家受粉で結実する。パッションフルーツは虫媒花であるが、我が国では受粉媒介昆虫が少ないために、放任状態では結果率が非常に低い (石畑, 1978; 弥富・石崎, 1958)。クロマルハナバチでの受粉の結果率は50%以上であったが、種子数が少なく、果実重が小さかった (水野ら, 2006; 水野, 2008)。また、ミツバチによる受粉でも結果率および果実重で人工受粉に及ばなかった (深沢ら, 2008)。パッションフルーツは種子数が多いほど果汁量が多い (石畑, 1986) ことから、種子数が増えることが望ましい。しかし、人工受粉の結果率は天候の影響を受けやすく、雨天日には非常に低くなる (石畑, 1981)。この原因は、雨天時には葯の裂開が抑えられ、裂開しても花粉は飛散せず、雨水によって花粉が流失あるいは破裂するためである (石畑, 1993)。比屋根ら (2010) は開花前の低日照で雌性器官での同化産物の蓄積が減少し、胚のうの発育異常により着果不良になると示唆している。近藤ら (2010b) も同様な報告を行っており、同化産物の低い花では花粉管の伸長が途中で止まることを報告している。石畑 (1993) は、花柱の形態により接触型 (正常花)、接近型および直立型の3花型に類別し、直立型では人工受粉しても結果しない理由として、花柱部に花粉発芽抑制物質を含むことが原因であろうと推察している。近

藤ら (2010b) は蕾を異なるショ糖濃度液に挿して開花させたところ、ショ糖濃度が0%では直立型が増加したことを報告している。また、Ishihata (1991) は直立型花の花粉の発芽能力は接触型や接近型花の花粉のものと変わらないことから、受粉に活用できることを明らかにしている。ハウス栽培のムラサキ系の自家受粉の場合、曇雨天日には花粉管の伸長が抑制される (松田ら, 2007, 2009b)。また、他家受粉の場合、受粉に用いる花粉により結果率の高いものがあり (松田ら, 2006)、人工受粉に用いる花粉との親和性も検討する必要がある。沖縄県での‘サマーキーン’のハウス栽培で、‘南十字星’や‘キングルビー’の花粉を用いた受粉で曇雨天日でも安定した結果率を得ている (松田ら, 2009a)。

パッションフルーツでは、雌蕊は分岐した3本の花柱、3心皮1室、側膜胎座からなっており、種子は果実側面の3か所の胎座部に分配される。受粉柱頭本数にかかわらず、何本の柱頭に受粉しても種子は均等に分配される。このため、花粉を3本の柱頭のうち2本あるいは1本に受粉しても結果率に差がなく (熊本・迫田, 1991; 石畑, 1986, 1993)、受粉により種子数が増えると果実品質は向上する (石畑ら, 1984)。

花粉の発芽能力は受精にとって重要である。パッションフルーツの花粉発芽培地として、寒天2%とショ糖30%の他に、ホウ酸200~300ppm、硝酸カルシウム0.1%を含む人工培地に柱頭圧搾汁を塗布することで花粉発芽が促進され、花粉発芽適温は25~30℃の範囲にある (Ishihata, 1991) との報告がある。水野ら (2010) は人工培地に雌蕊抽出液やアミノ酢酸、ステロイド、デンプン等を添加することで安定した花粉発芽がみられないかを検討したが、雌蕊抽出液の添加が最も効果的であったと報告している。葯から分離し5℃で貯蔵した花粉は、9日間は高い発芽能力を有し、人工受粉に使用することが可能であるが、乾燥条件下では発芽力が低下する (松田ら, 2009b)。パッションフルーツでは開花期間中の昼/夜温が30/25℃の高温条件下では落花が多くなる (石畑, 1983)。これは、高温下で花器形成が急速に行われることにより胚珠の受精能力が低下することが原因と思われる (宇都宮, 1993)。

花粉は受粉後1時間以内に柱頭上で発芽し、花粉管は受粉後6時間で子房内へ伸長し、18時間後に受精が完了する (石畑ら, 1987)。石畑 (1993) によると、果実はS型成長曲線を描いて肥大するが、果実径は開花後21日目頃まで急激に増加する。しかし、果実重は開花後49日目に最大となる。果汁を蓄積する仮種皮は開花後28日目頃まで急速に成長する。したがって、果実の肥大および果汁の蓄積にとって、開花後4週間までの管理が重要である (石畑, 1995)。

パッションフルーツの果実肥大および果汁量が最

も優れる昼夜温は28/23℃で、33/28℃では劣るが、果実の成熟に要する期間は高温ほど短くなり、低温ほど果汁中の糖と酸含量が高くなる (Utsunomiya, 1992a, 1992b)。また、夜温30℃では果皮中のアントシアニン形成が阻害され (宇都宮ら, 2005)、果皮の着色が進まないうちに落果する (米本, 2008)。神田ら (2010) は千葉県での露地栽培で、12月に自然落果しない果実を収穫して20~25℃で10日間貯蔵することで果皮の赤色が増加すると報告している。加藤ら (2006) は果皮中のアントシアニン含量は、土耕栽培に比べ養液・電照栽培で約2.5倍多くなり、冬果で夏果の約1.6倍になると報告している。後藤ら (2004) は養液栽培における培地組成が収量と果実品質に影響すると報告している。また、収穫後に着色不良果実に光を照射することで着色が進む (鹿児島県農産物加工研究指導センター, 2006)。

生食に用いられる場合には高い酸含量が消費の障害となることから、酸含量の低い果実が望まれる。キイロ系に比べてムラサキ系の方が酸含量は低く、両者の交雑種である‘サマーキーン’は酸含量が低いといわれるが、冬果では収穫時の酸含量が3%以上である。果実生育期間の高温と十分な土壤水分 (Macha *et al.*, 2006b) および高夜温 (Kozai *et al.*, 2007) が酸含量を少なくする。夏季に果実が生育して収穫される千葉県南部での夏期栽培では酸含量の低い果実が収穫され (椎木ら, 2008)、葉果比を高くすると大果で高糖度で酸含量の低い果実が生産できる (近藤ら, 2008) としている。さらに、近藤ら (2010a) は硝酸態窒素を多く与えると果汁中の酸含量の増加を招くことを報告している。石本ら (2007) は、酸性インペルターゼが果実内でのショ糖の分解に関与し、NADP依存性イソクエン酸脱水素酵素がクエン酸の分解に関与し、冬果ではクエン酸合成酵素活性が高いことで減酸速度が遅いと考察している。Shiomi *et al.* (1996) は果実生育期間中の果汁中糖および酸含量の変動を調査し、開花後70日目以後の果実では正常なクライマクテリックライズとエチレン生成のピークが見られたと報告している。楊ら (2010) もクライマクテリックライズ現象を認めており、10℃貯蔵ではエチレン生成が抑制されることを報告している。Yonemoto *et al.* (2004) は収穫後の果汁中の酸含量は、15℃以上の気温および酸素を補填する貯蔵で急激に低下すると報告している。低温期収穫の果実では収穫後に30℃で5日間の高温処理が減酸に有効である (鹿児島県農産物加工研究指導センター, 2006) との報告もある。パッションフルーツの減酸にはエチレンが強く関与し、成熟によりエチレン生成が始まるとともにクエン酸が代謝されて減酸が進行する (久保ら, 2006)、このため、樹上にある果実にエスレル処理することで、収穫までの期間を短縮し、減酸速度を促進させることが可能である (石本

ら, 2006).

栗田 (1967) はムラサキ系パッションフルーツの子葉, 葉軸, 葉, 茎および果皮の気孔の有無, 配列および分布密度を調査し, 分布密度は葉身, 子葉下面, 同上面, 1年生茎, 幼軸, 茎巻ひげ, 外果皮, 葉柄の順に小さくなり, 1mm^2 当たりの気孔の数は葉身で 352 個, 葉柄で 15 個である.

キイロクダモノトケイソウは塩蓄積に適応することができる作用機作をもつことで, 強い耐塩性を示す (Utsunomiya and Shigenaga, 1988). しかし, 近藤・樋口 (2007) はアンモニア態窒素または硝酸態窒素の 100mM の濃度での施肥で障害が発生したが, 同じ濃度でも両者をバランス良く配合すれば障害は発生しなかったと報告している. 近藤ら (2009) は, アンモニア態窒素の単体施用で着花数が多くなるが, ネクロシスの発生により物質生産量が低下し, 反対に硝酸態窒素の比率が高いと光合成速度は高まるが着花数が減少すると報告している. 宇都宮ら (1998) はムラサキクダモノトケイソウで窒素量が十分な条件下において, キトサンオリゴ糖を主成分とする土壤改良材を施用すればより安定的な果実生産が行えると報告している. 一方, 養液土耕栽培の場合, 溶液の適正な濃度は $\text{EC } 1.0 \sim 2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ の範囲である (中川路ら, 2005). 上田ら (2011) は 'ルビースター' で EC が $10 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 以上の NaCl 水溶液での塩ストレスで養水分の吸収, 光合成速度の低下がみられたと報告している.

パッションフルーツは長日植物で, 我が国では5月中旬は開花数が最も多い時期である (石畑, 1981; 片山ら, 1959). 鹿児島県での開花は4月下旬から6月上旬 (前期) と9月下旬から10月中旬 (後期) の年2回で, 収穫時期から前者を夏果, 後者を冬果と呼んでいる (石畑, 1981; 石畑ら, 1989b). 前期の初期に開花する花は稔性が高いが, その後に発生する花蕾は気温が高いために開花に至らないまま落花する (石畑, 1981; 石畑ら, 1984). 沖縄県では, 高温期の5月上旬から12月までは開花がみられなかった (松田ら, 2005a). そこで, 細霧冷房と遮光により気温および葉温を下げることで, 夏季の高温時に開花結実させることも検討されている (野間ら, 2005).

一方, 鹿児島県では冬果は完熟する前に低温に遭遇し収穫できなくなる (石畑, 1981; 石畑ら, 1989b). しかし, 加温栽培では冬季の収穫が可能であるため, 短日下では夜間電照栽培で花芽分化を促進させている. このように, 夏果では電照により開花開始を早めて結果率の高い時期に開花させ, 冬果では開花期間を延長して開花数を増やすことで増収させることが可能である (後藤ら, 2005; 後藤, 2006). 野間ら (2004a, 2004b) は高輝度発光ダイオード (LED) を用いて, 赤色光 (660nm) および赤色光と近赤外光の混合 ($660\text{nm} + 700\text{nm}$) の照射で開花期が早まったと報告

している. 福家ら (2005) も LED がもつ 660nm の赤色波長域が生育と花芽形成を促進したと報告しており, 宮里ら (2005) は全波長域を含む白熱電球で最も早く花芽分化し, 光強度が高いほど花芽分化が促進されたと報告している. 松田ら (2010) は, 沖縄県での電照は自然日長が12時間以下となる10月から2月までの期間に行うのが有効で, 電照照度は 20lux 以上, 電照期間は50日以上, 日長時間は12時間以上が効果的と報告している.

仕立て法については棚仕立て法 (東京都小笠原亜熱帯農業センター, 2003), 吊り下げ型整枝法 (松田ら, 2006) がある. 稲森ら (1997) はアーチパイプ仕立て, T字仕立て, 垣根仕立て, 平棚仕立ての収量と果実品質の比較を行い, アーチパイプ仕立て法が最良としている. パッションフルーツでは立枯病が発生しやすく, 1株が被害を受けると大きく収量が減少する. そこで稲森・立田 (2000) は現行の3倍程度の密植栽培を行い2年間の収穫後に早期改植することで収量増加が可能であると報告している. 養液電照栽培ではT字型整枝とつり下げ型垣根整枝で収量が多く, 作業性も良い (東ら, 2005).

収穫後に枝の繁茂防止を兼ねて側枝の切り返し剪定が行われるが, この際に全側枝を切除するとその後に発生する着花数が減少する (松田ら, 2005c). また, 電照栽培での整枝では, 電照開始後に実施すること, および, 切除程度は少ない程花芽の着生に有効である (松田ら, 2005b, 2008).

パッションフルーツは熟期に落果する果実を袋やネットで受け止めて収穫する. 90cm 以上の高さから地面に落果すると, 落果の衝撃により果実内でジュースサック (仮種皮) から果汁が漏出してその後の酸の低下が進まず, 果実品質が低下する (雨宮ら, 2006, 2007). 果実は収穫後数日で萎凋が始まり, 外観が悪くなる. この萎凋の原因は果梗部からの水分蒸発であり, 収穫直後に果実果梗部にシールを塗布すると, 常温で10日程度の鮮度を保持することができる (石畑, 1984). 藤川ら (1999, 2001) は, 萎凋果では果皮のワックス層のはく離や気孔部の崩壊が激しいことを観察し, 収穫前にパラフィン系果面被膜剤を果実に散布し, 収穫後の果梗部にシールを塗布することで, 収穫後の果実の萎凋をさらに5日間延長できると報告している. また, 簡便な湿度保持方法としてポリ袋の使用も可能である (松田ら, 2004).

パッションフルーツには特色ある芳香成分が含まれており (門田・中村, 1972), 果汁中には2種類のタンパク分解酵素が含まれている (橋永ら, 1978) ことが明らかにされている. 'サマーキーン' 果汁中の主カロテノイドは, 黄色系パッションフルーツの主カロテノイドとされるとカロテンおよびこれに類似する直鎖の炭化水素カロテノイドと推定されている (加

藤ら, 2005). 加藤ら (2006) は種子中に5種類の脂肪酸があり, リノール酸が全脂肪酸の50%を占めると報告している.

神崎ら (2005) は AFLP による多型分析結果から, ムラサキクダモノトケイソウでは純系で遺伝的変異が起こりにくく, 品種改良にはキイロ系との交雑種を利用した育種を考えるべきとしている.

金子ら (1999) は幼胚軸から多芽体形成, 多芽体からのシュート誘導方法を明らかにしており, 植木ら (2002) は *In vitro* での個体再生の可能性を検討し, カルス形成からシュートの形成に成功しており, *In vitro* での節間組織からカルスを誘導し, そこからシュートを形成している (植木ら, 2003).

1999年以降, 沖縄県と東京都八丈島において樹全体が萎凋枯死する病害が発生し, パッションフルーツ萎凋病と命名された. この病原菌は *Fusarium striatum* Sherb. と *Haematonectria ipomoeae* (Halst.) Samuels & Nirenberg と同定された (廣岡ら, 2003). 果実が腐敗し, 早期に落果する病害には *Botrytis cinerea* によるパッションフルーツ灰色カビ病と, *Sclerotinia sclerotiorum* によるパッションフルーツ菌核病がある (鍵渡, 1990). 沖縄で見られる立ち枯れ症状を引き起こす病原菌については, 高江洲ら (2004) が疫病菌 (*Phytophthora parasitica*) および萎凋病菌 (*H. ipomoeae*) の2種であるとし, これらに抵抗性を示す台木として黄色系を選抜している. ウイルス病も甚大な被害をもたらすので, ウイルスフリー苗木の生産が望まれる. 橋本ら (2007) は成長点培養法によるウイルスフリー苗木の大量増殖が可能であるとしている. 松尾ら (2004) は奄美大島でパッションフルーツウディネス病の発生生態について明らかにしている.

石畑 (1996, 1997a, 1997b, 2000a), 大東 (1996, 1997), 長島 (1997), 河崎 (2000), 川村 (2000), 東京都小笠原亜熱帯農業センター (2003), 沖縄県農林水産部 (2003), 米本 (2009) が栽培技術の基礎について記述している. なお, 石畑 (1995) はパッションフルーツの花器および果実の発育に関する研究で日本熱帯農業学会賞学術賞を受けている. また, Nakasone and Paull (1998) は, パッションフルーツの栽培に関する多くの情報を提供している.

ピタヤ (別名ピタハヤ, ドラゴンフルーツ, *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, *H. polyrhizus*, *H. ocamponis*, *H. guatemalensis*, *Selenicereus megalanthus*. サボテン科, 熱帯アメリカ原産^{*)})

ピタヤの原産地は熱帯アメリカとされ, 食用とされるハシラサボテンが5~6種あるとされる. 福岡・藤目 (2007a) はニカラグアで栽培されている *Hylocereus* 属6種の特性の報告を行っている. 我が国

への導入は, 農家が台湾から導入したものと考えられる. 沖縄で栽培されている品種系統が多いことがアイソザイム分析 (山本ら, 2004) の結果明らかにされた. 出荷されている果実品質にばらつきが多く (井上ら, 2001), 糖度の低い果実が出荷されることで, 消費者の不評を買ったことから, 優良品種の選抜が急務となった.

ピタヤの赤肉系および白肉系は外観が紅色で魅力的であるが果汁の甘さが少なく, 果皮が黄色のイエローピタヤ (*Selenicereus megalanthus*) は甘みが強い. これは両者の糖組成の違いによるもので, 前者ではブドウ糖と果糖が主な糖成分であるのに対して, イエローピタヤでは果糖が主成分である (井上ら, 2001). 両者の交配種で外観がよく甘みの強い優良品種が育成されればよいが, 前者の染色体数は $2n=22$ で, 後者は $2n=44$ である. このため, ピタヤ赤肉系の倍数体を作成してからイエローピタヤとの交配を行う必要があり, 真田ら (2006, 2007) はサイトカイニンを用いたシュートの形成に取り組み, コルヒチン処理による倍数化の系の確立をめざしている. 沖縄県 (2007) は2006 (平成18) 年度種苗特性分類調査報告書をまとめており, 白肉系と赤肉系の交雑種で桃色果肉の新品種 'ちゅらみやらび' が個人育種家の城間正守氏により品種登録されている.

ピタヤは長日性であることから, ベトナムやタイでは電照による長日処理で周年収穫が行われているが, 我が国では初夏から秋期にかけて着花するが冬期には電照しても着花しない. 緒方ら (2007) は, 長日条件下で花芽形成に必要な温度条件は平均気温が 20°C 以上であることを報告しており, 我が国でも加温栽培と電照栽培を組み合わせれば周年収穫できる可能性がある. ピタヤ白肉系は自家和合性であるが, 赤肉系は自家不和合性の品種が多く, 白肉系品種あるいは他の赤肉系品種の花粉を人工受粉する必要がある. 花粉の発芽に適した寒天培地の組成は, 寒天2%, ショ糖30%濃度が最適で, 花粉発芽は $30, 35, \text{および } 40^{\circ}\text{C}$ で可能である. 花粉の貯蔵には乾燥と過湿を避ける必要がある (Macha *et al.*, 2006a). 近藤ら (2007) は受粉から受精までに要する時間を検討し, $24 \sim 36$ 時間で受精したと報告している. 果実についたまま萎れる花弁や花柱は病原菌の侵入源となることから, 受粉後2~3日後に除去するのが望ましい. 受精後の果実の肥大は急速で, 種子は受粉後20日で発芽力を有し, 成熟種子に内生的な休眠性はなく, 果実内では浸透圧が高いことによる給水の抑制で発芽が抑制されている (片岡ら, 2006).

Nomura *et al.* (2005) は果皮色 a 値, 可溶性固形物含量, 受粉後の積算温度が収穫期を判断する目安となると報告している. 文室ら (2007) はピタヤ白肉系では7月上旬に受粉した果実では受粉後 $42 \sim 43$ 日目ま

では裂果が発生しないので、この時期が収穫適期と判断している。さらに、文室ら(2007)は開花後7~8日目にGA₃処理、開花後9~11日目にCPPU処理した果実の収穫時の果実を調査し、前者では有機酸含量が高く果皮色a値が低く、裂果しやすく、後者ではa値が低く果皮が厚くなることを報告している。

太田ら(2007)は、茎部のCO₂ガス交換速度(CER)の日変化パターン、茎中に含まれる有機酸のうち、リンゴ酸だけが暗期に上昇し明期に減少することからピタヤはCAM植物であるとしている。また、CERは昼/夜温が30/20℃で最も高く、光強度は600~800 μmol m⁻² s⁻¹で飽和点に達したこと、弱光下および低温下の生育が不利な環境下でのCO₂施用がCO₂収支の増加に効果的であると報告している。

日中気孔を閉じているピタヤにとって、夏季の強日射は過酷で、イスラエルなどでは遮光栽培がおこなわれている。遮光処理は果実の肥大速度に影響するが、最終的には果実品質には影響しない(野村ら, 2006)。ピタヤはデンプン蓄積1-Malic enzyme (ME) 利用型のCAM植物で、冬期にはME活性の低下によりリンゴ酸の利用効率が低下し、炭素の貯蔵・利用のバランスが崩れている(野村ら, 2008; 芦田ら, 2009; Yonemoto *et al.*, 2009)。各務ら(2010)は低温でME活性が低下することから、夜間に十分なCO₂の固定を行っても、日中には十分な処理能力がないことを示唆している。このために、ピタヤでは冬期にCO₂の固定が減少し、体内に養分が蓄積されない。Nomura *et al.* (2010)は、冬期の光合成の低下は短日条件が影響していると推察している。ピタヤは施肥と灌水により生育が促進され、施肥に対する反応は品種により異なる(福岡・藤目, 2007b)。葉状茎の生育はNAAの土壤灌注とエセホンの葉状茎への散布により抑制され、GAの葉状茎への散布は伸長を促進することが分かっている(文室ら, 2008)。

茎中の粘性物質に注目して分析したところ、アラビノラガクタンを多量に含んでおり、この粘性多糖が免疫賦活作用を有する(橋爪ら, 2008)ことが分かった。橋爪ら(2009)はピタヤの糸曳き性は種々の多糖の相乗的な効果であるとしている。

Thomson (2002), 王 (1999), 米本 (2009) が栽培技術の基礎について記述している。近年では、イスラエルでの研究で様々な成果が発表されている。

注

1) 原産地の表記はMorton (1987)に従った。

引用文献

阿部一博・棚瀬匡彰・茶珍和雄 1998. バナナ果実の切断による生理・化学的变化に関する研究(第1報)グリーンチップバナナ果実から調製した切片の生理と品質劣化に対する形状の影響. 園学雑 67: 123-129.

- Agravante, J. U., T. Matsui and H. Kitagawa 1990a. Starch breakdown and changes in amylase activity during ripening of ethylene- and ethanol-treated bananas. *Acta Hort.* 269: 133-140.
- Agravante, J. U., T. Matsui and H. Kitagawa 1990b. Starch breakdown in ethylene- and ethanol-treated bananas: Changes in phosphorylase and invertase activities during ripening. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 37: 911-915.
- Agravante, J. U., T. Matsui and H. Kitagawa 1991a. Sugars and organic acids in ethanol- and ethylene-treated banana fruits. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 38: 441-444.
- Agravante, J. U., T. Matsui and H. Kitagawa 1991b. Changes in pectinmethylesterase, polygalacturonase and pectic substances of ethanol- and ethylene-treated bananas during ripening. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 38: 527-532.
- Alvandia, D. G., T. Kobayashi, Y. Yaguchi and K. Natsuaki 2000a. Symptoms and the associated fungi of postharvest diseases on non-chemical bananas imported from Philippines. *Jpn. J. Trop. Agr.* 44: 87-93.
- Alvandia, D. G., T. Kobayashi, Y. Yaguchi and K. Natsuaki 2000b. Evaluation of cultural and postharvest practices in relation to fruit quality problems in Philippines non-chemical bananas. *Jpn. J. Trop. Agr.* 44: 178-185.
- Ambuko, J. L., Y. Sekozawa, S. Sugaya, F. Itoh, K. Nakamura and H. Gemma 2008. Postharvest characteristics of bananas cultivated under low chemical and conventional production systems in Ecuador. *Trop. Agr. Develop.* 52: 43-49.
- Ambuko, J. L., G. C. Zanol, 瀬古澤由彦・菅谷純子・弦間 洋 2008. 高温処理によるバナナ果実の低温耐性付与、特に抗酸化物質の増加と抗酸化酵素の活性化. 熱帯農業研究 1(別1): 107-108.
- 雨宮 俊・近藤友大・香西直子・緒方達志・樋口浩和・米本仁巳 2006. クダモノトケイソウの落果が追熟に及ぼす影響. 園学雑 75(別2): 103.
- 雨宮 俊・近藤友大・林 智裕・香西直子・樋口浩和・米本仁巳 2007. 異なる高さから落果させたパッションフルーツ‘サマークイーン’の酸度低下に及ぼす影響. 熱帯農業 51(別2): 53-54.
- 芦田拓也・野村啓一・井出 舞・米本仁巳 2009. CAM植物であるピタヤの温帯域(神戸)における夏期と冬期の光合成特性の比較. 園学研 8(別1): 341.
- 東 清二 1968. 沖縄における果樹害虫の種類: 第2報 バナナ, パパヤ, バンジロウ. 沖縄農業 7: 21-25.
- Chaiprasart, P., H. Gemma and S. Iwahori 2001. Changes in chlorophyllfluorescence and enzyme activity for scavenging of free radicals in banana fruits stored at low temperatures. *Jpn. J. Trop. Agr.* 45: 181-191.
- Chaiprasart, P., H. Gemma and S. Iwahori 2002. Membrane lipid alteration of jasmonic acid derivative and abscisic acid treatments on banana fruits stored at low temperature. *Jpn. J. Trop. Agr.* 45: 181-191.
- Chuma, Y., K. Nakaji and M. Ohura 1980. Maturity Evaluation of bananas by delayed light emission. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)*. 23: 1043-1047.
- 大東 宏 1996. 熱帯果樹栽培ハンドブック. 国際農林水産業協力協会(東京) p.499.
- 大東 宏 1997. 熱帯果樹とその利用. 国際農林水産業研究センター(東京) p.183.
- 大東 宏 2000. バナナ. 国際農林水産業協力協会(東京) p.165.
- 出花孝之介 1998. パパイヤの育種と沖縄におけるその可能性. 沖縄農業 33: 87-101.
- 江口庸雄 1958. バナナの栽培について. 熱帯農業 2: 74-78.
- Esguerra, E. B., K. Kawada and H. Kitagawa 1992. Removal of astringency in ‘Amas’ banana (*Musa AA Group*) with postharvest ethanol treatment. *Acta Hort.* 321: 811-820.
- 藤川和博・松島健一・大倉野寿 1999. パッションフルーツ萎

- 凋果実の果皮微細構造観察と萎凋防止対策. 九州農業研究 **61**: 249.
- 藤川和博・松島健一・大倉野寿 2001. パッションフルーツ萎凋果面の観察と果面被膜剤を用いた萎凋防止対策. 鹿児島県果樹試報 **3**: 1-5.
- 深町 浩・加藤秀憲・日高哲志・玉城真男・小川一紀・小森貞男・米本仁巳 2006. わい性で、耐暑性に優れた食味良好なパパイア新品種「石垣珊瑚」. 国際農林水産業研究成果情報 **14**: 45-46.
- 深町 浩・加藤秀憲・小沢 聖・小川一紀 2003. パパイア体内水分の日変化. 熱帯農業 **47**(別 2): 51-52.
- 深町 浩・小沢 聖・加藤秀憲・小川一紀 2002. 部分遮光が野菜・果樹の生育特性に及ぼす影響. 熱帯農業 **46**(別 2): 65-66.
- 深町 浩・田淵尚一・小沢 聖 2005. パパイア養液土耕栽培における年間果実生産特性. 熱帯農業 **49**(別 1): 63-64.
- 深沢元紀・佐藤友紀・水野宗衛 2008. 訪花昆虫がパッションフルーツの受粉と果実品質に及ぼす影響. 熱帯農業研究 **1**(別 1): 111-112.
- 福家光敏・水野宗衛・渡邊博之 2005. 赤色発光ダイオードを用いたパッションフルーツの電照栽培の検討. 熱帯農業 **49**(別 1): 61-62.
- 福岡正行・藤目幸擴 2007a. ドラゴンフルーツ (Pitahaya: *Hylocereus undatus*) の品種と系統紹介. 園学研 **6**(別 1): 375.
- 福岡正行・藤目幸擴 2007b. ドラゴンフルーツ (Pitahaya: *Hylocereus undatus*) の成長特性. 園学研 **6**(別 2): 494.
- 文室政彦・宇都宮直樹・佐々木勝昭・志水恒介・神崎真哉 2007. ドラゴンフルーツにおける果実形質間の相関関係および GA₃ と CPPU が果実生長に及ぼす影響. 園学研 **6**(別 1): 376.
- 文室政彦・宇都宮直樹・佐々木勝昭・志水恒介・神崎真哉 2008. ドラゴンフルーツにおける葉状茎の生長に及ぼす植物生長調節物質の影響. 園学研 **7**(別 1): 322.
- 古里和夫・村田治重 1967. パパイアの越冬に対する土盛の効果について. 熱帯農業 **10**: 150-153.
- 古屋典子・長嶋一郎・河野伸二・夏秋啓子 2007. バナナバンチータップウイルス (BBTV) 抵抗性バナナの探索. 熱帯農業 **51**(別 1): 113-114.
- 高 俊平・久保康隆・仲村怜之輔・稲葉昭次 1990. 種々の追熟条件下でのバナナ果実のエチレン生合成の誘導. 園学雑 **59**: 665-671.
- 弦間 洋・落合健太郎・大町良子 1997. バナナ果実の生理障害: 特に低温障害と GSD (緑色軟化) の発生要因. 熱帯農業 **41**(別 1): 49-50.
- Gemma, H., C. Oogaki, M. Fukushima, T. Yamada and Y. Nose 1989. Preservation of some tropical fruits with an apparatus of low pressure storage for practical use. J. Japan. Soc. Food Sci. Tech. **36**: 508-518.
- Gemma, H., Y. Matsuyama and H-G. Wang 1994. Ripening characteristics and chilling injury of banana fruit. I. Effect of storage temperature on respiration, ethylene production and membrane permeability of peel and pulp tissues. Jpn. J. Trop. Agr. **38**: 216-220.
- 後藤 忍 2006. 養液土耕・電照栽培でパッションフルーツの収量 2 倍, 周年収穫可能に. 農業技術 **610**: 441-444.
- 後藤 忍・中川路光庸・川島俊次 2004. パッションフルーツの養液栽培における培地組成の違いが収量, 果実品質に及ぼす影響. 園学雑 **73**(別 2): 351.
- 後藤 忍・中川路光庸・川島俊次 2005. 養液・電照栽培によるパッションフルーツの増収技術. 九州農業研究発表要旨集 **68**: 249.
- 橋本佳尚・小塩海平・岩堀修一・駒嶺 稔・高橋久光 2007. パッションフルーツ (*Passiflora edulis* Sims) における生長点培養法の確立. 熱帯農業 **51**(別 2): 91-92.
- 橋本 陸 1987. フィリピンの輸出用バナナの生産. p.216-271. 証言・熱帯農業 二十一世紀への展望. (瀧上 忍・岸本 修編著). 古今書院 (東京).
- 橋本 陸 1988. 熱帯産果実 (バナナなど) の貿易と生産. 熱帯農業 **32**: 66-69.
- 橋本文男・澤 大作・伊藤三郎 1978. パッションフルーツ (*Passiflora edulis* Sims) 果汁中のプロテアーゼ. 園学雑 **47**: 282-288.
- 橋爪佐依・坂本拓也・米本仁巳・水野雅史・角田万里子・野村啓一 2009. ピタヤの水溶性粘性画分の物理的特性と機能性. 園学研 **8**(別 1): 455.
- 橋爪佐依・米本仁巳・田之上大・水野雅史・角田万里子・野村啓一 2008. ピタヤの粘性物の構造と機能性. 園学研 **7**(別 1): 435.
- 比嘉俊昭・宜野座 猛・座喜味盛男 1979. バナナセセリ (*Erionota torus* Evans) の生態に関する二, 三の知見. 沖縄農業 **15**: 19-37.
- 東 明弘・野間 誠・後藤 忍 2005. 養液土耕・電照栽培パッションフルーツの整枝法が収量, 果実品質に及ぼす影響. 九州農業研究発表要旨集 **68**: 250.
- Hiratsuka, S., J. Matsushima, T. Kozai and I. Watanabe 1989. Effect of IAA on morphogenesis of *Musa Apices*, and IAA degradation during storage of media. J. Japan. Soc. Hort. Sci. **57**: 597-601.
- 廣岡裕史・小林享夫・夏秋啓子・上原勝江 2003. わが国におけるパッションフルーツ萎凋病 (新称) の発生とその病原. 日植病報 **69**: 1-8.
- 比屋根篤・瀬古澤由彦・菅谷純子・弦間 洋 2010. パッションフルーツの着果に及ぼす遮光処理の影響. 園学研 **9**(別 2): 416.
- Hyodo, H., K. Tanaka, T. Suzuki, M. Mizukoshi and Y. Tasaka 1981. The increase in activities of acid phosphatase and ribonuclease during ripening of banana fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. **50**: 379-385.
- Hyodo, H., N. Ikeda A. Nagatani and K. Tanaka 1983. The increase in alcohol dehydrogenase activity and ethanol content during ripening of banana fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. **52**: 196-199.
- 池田三雄 1949. パパイア (*Carica papaya* L.) の栽培に関する研究. 鹿児島農専報告 **15**: 1-19.
- 池田三雄 1967. パパイア. 熱帯農業 **11**: 121.
- Ikeda, M. and Le Tien Si 1976. Optimal soil pH value for the vegetative growth of papaya (*Carica papaya* L.). Jpn. J. Trop. Agr. **20**: 115.
- Inaba, A. and R. Nakamura 1986. Effect of exogenous ethylene concentration and fruit temperature on the minimum treatment time necessary to induce ripening in banana fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. **55**: 348-354.
- Inaba, A. and R. Nakamura 1988. Numerical expression for estimating the minimum ethylene exposure time necessary to induce ripening in banana fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. **113**: 561-564.
- 稲葉昭次・岡本一郎・伊東卓爾・仲村怜之輔 1984. フィリピン産 'Cavendish' バナナの樹上成熟特性と収穫熟度別の追熟特性. 園学雑 **53**: 66-78.
- 稲森博行・立田芳伸 2000. 密植によるパッションフルーツの早期多収技術の検討. 九州農業研究 **62**: 257.
- 稲森博行・立田芳伸・時任俊廣・熊本 脩 1997. パッションフルーツの仕立て法が収量, 果実品質に及ぼす影響. 九州農業研究 **59**: 209.
- 井上裕嗣・栗国佳史・池宮秀和 2001. ピタヤ果実の特性. 熱帯農業 **45**(別 2): 7-8.
- 石畑清武 1978. 果物時計草の花の形態と受精に関する研究. 園学要旨 昭 **53** 秋: 90-91.
- 石畑清武 1981. 紫果物時計草の花の形態と結果に関する研究. 鹿児島大農学術報告 **31**: 25-31.
- 石畑清武 1983. 紫果物時計草の花粉発芽に関する研究. 鹿児島大農学術報告 **33**: 7-11.

- 石畑清武 1984. パパイア. p.1-9. 農林技術大系(7 特産果樹) 農山漁村文化協会(東京).
- 石畑清武 1986. 紫果物時計草の受粉に関する研究 受粉処理した柱頭数が結果率ならびに果実品質に及ぼす影響. 鹿大農学術報告 36: 53-56.
- Ishihata, K. 1991. Studies on pollen germination and tube growth from normal and upright style flowers in purple passion fruit, *Passiflora edulis* Sims using various artificial media. Jpn. J. Trop. Agri. 35: 98-103.
- 石畑清武 1993. パッションフルーツ (*Passiflora edulis* Sims) の花器及び果実の発育に関する研究. 鹿大農場研報 18: 1-77.
- 石畑清武 1995. 平成7年度日本熱帯農業学会学術賞受賞特別講演要旨 パッションフルーツの花器及び果実の発育に関する研究. 熱帯農業 39: 206-208.
- 石畑清武 1996. 南九州のパッションフルーツ. p.199-216. 熱帯果樹と樹木作物(岸本 修・石畑清武共編). 養賢堂(東京).
- 石畑清武 1997a. 鹿児島県の熱帯・亜熱帯果樹. 興南. 興南会(東京) p.12.
- 石畑清武 1997b. 熱帯果樹の栽培. 指宿熱帯果樹研究会(鹿児島市) p.54.
- 石畑清武 2000a. 栽培の基礎 パッションフルーツ. p.107-116. 果樹園芸大百科 17: 熱帯特産果樹(農山漁村文化協会編). 農山漁村文化協会(東京).
- 石畑清武 2000b. 栽培の基礎 パパイア. p.133-144. 果樹園芸大百科 17: 熱帯特産果樹(農山漁村文化協会編). 農山漁村文化協会(東京).
- 石畑清武・萩内千里・岩堀修一 1987. 紫果物時計草の受精に関する研究: 受粉および受精の観察. 鹿大農学術報告 37: 9-16.
- 石畑清武・林 満・池田三雄 1984. 紫果物時計草の人工受粉による結果率および品質向上. 鹿大農学術報告 34: 9-16.
- 石畑清武・水野宗衛 1987. 熱帯果樹の生長に及ぼす地温の影響 1. 栄養生長に見られる樹間差異について. 鹿大農場研報 12: 13-20.
- 石畑清武・水野宗衛・宮浦伸生 1989a. 熱帯果樹の生長に及ぼす地温の影響 2. クダモノトケイソウ及びアセロラの生長に及ぼす栽培時期と地温の影響. 鹿大農場研報 14: 11-19.
- 石畑清武・野村哲也 1992. 熱帯性果樹類の生長に及ぼす地温の影響 3. パパイア及びゴレンシ栄養生長に及ぼす地温の影響. 鹿大農場研報 17: 1-9.
- 石畑清武・新堂高宏・岩堀修一 1989b. ムラサキクダモノトケイソウ *Passiflora edulis* Sims の花芽分化と花芽の発育. 鹿大農学術報告 39: 103-119.
- 石本知香・久保達也・富永茂人・山本雅史 2006. エスレル処理がパッションフルーツ果実の糖および有機酸組成に及ぼす影響. 園学雑 75 (別 2) : 105.
- 石本知香・久保達也・富永茂人・山本雅史 2007. パッションフルーツ 'ルビースター' (*Passiflora edulis* × *P. edulis* f. *flavicarpa*) 果実の発育に伴う糖・有機酸組成および関連酵素活性の変化. 熱帯農業 51(別 1): 43-44.
- 岩川文寛 2000. パパイア ハウス低樹高栽培: 更新樹は観葉植物として出荷. p.145-149. 果樹園芸大百科 17: 熱帯特産果樹(農山漁村文化協会編). 農山漁村文化協会(東京).
- 岩本由美・安富徳光 1997. 植調剤利用によるパパイアの簡易種苗増殖について. 九州農業研究 59: 208.
- Iwasaki, N., C. Oogaki, S. Kawamata, M. Kim and M. Fukushima 1985. Experiments on the sea transportation of papaya fruits (*Carica papaya* L.) produced in Ogasawara Islands. Jpn. J. Trop. Agr. 29: 85-91.
- 門田利作・中村武彦 1972. 果物時計草 (*Passiflora edulis* Sims) に関する食品科学的研究(第1報) 果汁中の一般成分および揮発性物質について. 食品工業 19: 567-572.
- 鍵渡徳次 1990. 灰色かび病菌および菌核病菌によるパッションフルーツ果実の腐敗. 熱帯農業 34: 35-39.
- 鹿児島県農産物加工研究指導センター 2006. パッションフルーツの収穫後処理による品質向上技術の確立. 平成17年度流通利用に関する試験成績概要書 p.7-12.
- 各務恵理菜・野村啓一・山中慎介・緒方達志 2010. ピタヤにおける CAM 型光合成の主要酵素の特性解明. 園学研 9(別 2): 415.
- 神田美知恵・本居聡子・赤山喜一郎 2010. 貯蔵温度がパッションフルーツ未落下果実の着色および果実品質に及ぼす影響. 熱帯農業研究 3(別 1): 57-58.
- 金木良三・西山喜一・高橋登美雄 1966. パナナの生態に関する研究 第1報: 吸枝の形態形成と機能. 熱帯農業 9: 154-158.
- 金子良平・田部耕 Angelo・渡邊聖文・石原 邦・高橋久光 1999. 組織培養による黄色系パッションフルーツ (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa* Degener) の増殖法について 第2報: 幼胚軸からの多芽体形成. 熱帯農業 43(別 2): 73-74.
- 神崎真哉・朝倉 淳・宇都宮直樹 2005. 数種のパッションフルーツ類における実生個体の AFLP による多型分析. 熱帯農業 49(別 1): 71-72.
- 片岡郁雄・井上 宏 1987. 組織培養による熱帯・亜熱帯果樹の栄養繁殖に関する研究 1: 組織培養によるパパイアの繁殖. 香川大学農学部学術報告 38: 7-10.
- Kataoka, I. 1994. Influence of rooting substrates on the morphology of papaya root formed *in vitro*. Jpn. J. Trop. Agr. 38: 251-257.
- 片岡郁雄・福田聖子・香西直子・別府賢治・米本仁巳 2006. ドラゴンフルーツの種子発芽様相と発芽条件. 園学雑 75(別 1): 290.
- Kataoka, I. and H. Inoue 1991. Rooting of tissue cultured papaya shoots under *ex vitro* conditions. Jpn. J. Trop. Agr. 35: 127-129.
- 片山義男・長友 大 1965. 暖地におけるパパイアの露地栽培について. 熱帯農業 8: 61-66.
- 片山義男・斎藤泰治・重山俊男 1959. 暖地に於ける新導入作物としての果物時計草. 宮崎大農研時報 5: 18-28.
- 加藤秀憲・緒方達志・米本仁巳 2007. パナナの品種判別技術の開発. 熱帯農業 51(別 2): 49-50.
- 加藤秀憲・小川一紀・後藤 忍・深町 浩・緒方達志・米本仁巳 2006. パッションフルーツ果実に含まれるアントシアニンおよび脂肪酸の変動評価. 熱帯農業 50(別 2): 27-28.
- 加藤秀憲・小川一紀・後藤 忍・深町 浩・米本仁巳 2005. パッションフルーツの機能性成分変動評価. 熱帯農業 49(別 2): 43-44.
- Katoh, F. and A. Ooishi 2003. A study on juvenility and nodal aging of papaya by vegetative propagation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 93-98.
- 川村秀和 2000. パッションフルーツ 一文字仕立て. p.117-122. 果樹園芸大百科 17: 熱帯特産果樹(農山漁村文化協会編). 農山漁村文化協会(東京).
- 河崎佳津夫 2000. 栽培の基礎 パッションフルーツ. p.107-116. 果樹園芸大百科 17: 熱帯特産果樹(農山漁村文化協会編). 農山漁村文化協会(東京).
- 小泉明嗣・馬場 正・真子正史 2008. 1-メチルシクロプロペン処理がバナナ果実の可食期間に及ぼす影響. 園学研 7: 585-590.
- Kojima, K., N. Sakurai and S. Kuraishi 1994a. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. Physiologia Plantarum 90: 772-778.
- Kojima, K., N. Sakurai, S. Kuraishi and A. Kokubo 1994b. Changes in firmness and chemical constituents of banana fruits during ripening. Jpn. J. Trop. Agr. 38: 293-297.
- Kojima, K., N. Sakurai and S. Kuraishi 1994c. Changes in firmness and chemical constituents of plantain fruit during ripening after ethylene treatment. Jpn. J. Trop. Agr. 38: 323-327.
- Kojima, K., N. Sakurai, S. Kuraishi, R. Yamamoto and A. Inaba

1992. Physical measurement of firmness of banana fruit pulp: determination of optimum conditions for measurement. *Postharvest Biology and Technology* 2: 41-49.
- 近藤友大・樋口浩和 2007. クダモノトケイソウに対するアンモニア態窒素施肥の害. *熱帯農業* 50 (別 1): 67-68.
- 近藤友大・樋口浩和・香西直子・緒方達志・米本仁巳 2007. 石垣島の露地栽培でのピタヤ (*Hylocereus undatus*) の受精に要する時間. *熱帯農業* 51 (別 2): 51-52.
- 近藤友大・樋口浩和・米本仁巳 2008. パッションフルーツにおける葉果比の違いが果実品質におよぼす影響. *熱帯農業研究* 1 (別 2): 57-58.
- 近藤友大・樋口浩和・米本仁巳 2009. 施肥窒素形態および濃度がパッションフルーツの生育におよぼす影響. *熱帯農業研究* 2 (別 2): 49-50.
- 近藤友大・樋口浩和・米本仁巳 2010a. 施肥窒素形態の違いがパッションフルーツの果実品質に及ぼす影響. *熱帯農業研究* 3 (別 1): 55-56.
- 近藤友大・松田大志・樋口浩和 2010b. パッションフルーツの着果率の日変化を規定する諸要因の検討. *熱帯農業研究* 3 (別 2): 75-76.
- 小坂方人・今堀義洋・茶珍和雄 1995. 低酸素下におけるバナナ果実のエタノール生成の様相とエネルギー代謝について. *園学雑* 64 (別 2): 698-699.
- Kozai, N., I. Kataoka, T. Kondo, S. Amemiya, H. Higuchi, T. Ogata and Y. Yonemoto 2007. Effect of night temperature regimes on fruit quality of 'Summer Queen' passion fruit (*Passiflora edulis* × *P. edulis f. flavicarpa*) harvested in winter. *J. Trop. Agri.* 51: 70-72.
- 久保達也・本郷美音・石本知香・富永茂人・山本雅史 2006. 収穫後のパッションフルーツ果実の減酸に及ぼすエチレンの影響. *園学雑* 75 (別 2): 104.
- 熊本 脩・迫田和好 1991. パッションフルーツ生産安定技術 第 1 報: 受粉柱頭数の違いが果実肥大に及ぼす影響. *九州農業研究* 53: 219.
- 栗田匡一 1967. *Passiflora edulis* の気孔とその分布について. *熱帯農業* 11: 19-23.
- Kusumoto, S., T. N. Aeny, S. Mujimu, C. Ginting, T. Tsuge, S. Tsuyumu and Y. Takikawa 2004. Occurrence of blood disease of banana in Sumatra, Indonesia. *J. Gen. Plant Pathol.* 70: 45-49.
- 劉 士綱・楊 詠麗・村山秀樹・平 智・福嶋忠昭 2003. バナナ果実の追熟中における NADP 依存型イソクエンサン脱水素酵素活性の変化. *園学雑* 72: 352-356.
- 馬 旭偉・池田妃美子・門畑かおり・下川敬之 1997. *In vivo* におけるバナナ (*Musa sapientum* L.) 果実のエチレン誘導クロロフィル分解に関する研究. *園学雑* 65: 851-857.
- 馬 旭偉・下川敬之 1998. *In vivo* におけるバナナ (*Musa sapientum* L.) 果実のエチレン誘導クロロフィル分解ペルオキシダーゼと反応生成物の研究. *園学雑* 67: 261-269.
- Macha, M. M., A. K. Chowdhury, T. Murata and Y. Yonemoto 2006a. Effect of artificial media, temperature conditions and storage methods on *in vitro* germination of dragon fruit (*Hylocereus undatus* Britt & Rose) pollen. *Jpn. J. Trop. Agri.* 50: 51-56.
- Macha, M. M., A. K. Chowdhury, K. Nomura, M. Ide and Y. Yonemoto 2006b. Effect of temperature regime and soil moisture level on fruit quality of 'Summer Queen' passionfruit (*Passiflora edulis* × *P. edulis f. flavicarpa*). *Jpn. J. Trop. Agr.* 50: 70-75.
- 眞岡鉄夫 2001. 東南アジア地域におけるパパイヤウイルス病の発生状況とその対策. *植物防疫* 55: 23-26.
- Maoka, T., S. Kashiwazaki, S. Tsuda, T. Usugi and H. Hibino 1996. Nucleotide sequence of the capsid protein gene of papaya leaf-distortion mosaic potyvirus. *Arch. Virol.* 141: 197-204.
- 眞岡哲夫・野田千代 2000. マルチウイルス・マルチストレイン抵抗性組み換えパパイヤの作出. *日植病報* 66: 169.
- Maoka, T. and N. S. Perpetua 2001. The incidence of viral disease of papaya on Mindanao Island, the Philippines. *熱帯農業* 45 (別 2): 1-2.
- 松田盛助 1927. 珍果樹パパイア. *農業及園芸* 2: 551-553.
- 松田 昇・長堂嘉孝・島袋清香・松村まさと 2005a. ハウス栽培パッションフルーツの栽培技術開発 第 1 報. 開花習性と結実習性. *沖縄農業* 39: 5-17.
- 松田 昇・長堂嘉孝・島袋清香・松村まさと 2006. ハウス栽培パッションフルーツの栽培技術開発 第 2 報. 整枝法と栽植密度. *沖縄農業* 40: 41-50.
- 松田 昇・長堂嘉孝・島袋清香・松村まさと・宮城信哉・玉城照夫 2005b. パッションフルーツの電照栽培における枝の切除時期および程度が開花特性に及ぼす影響. *沖縄農業研究会講演要旨* 44: 51-52.
- 松田 昇・長堂嘉孝・島袋清香・松村まさと・仲宗根安利・宮城信哉 2004. パッションフルーツの収穫後の果実特性. *沖縄農業研究会講演要旨* 43: 69-70.
- 松田 昇・島袋清香・松村まさと 2005c. パッションフルーツの栽培技術の確立 第 1 報. 収穫後の枝の切除が開花および果実品質に及ぼす影響. *九州農業研究* 67: 215.
- 松田 昇・島袋清香・松村まさと・伊地良太郎 2009a. ハウス栽培パッションフルーツの栽培技術開発. 第 5 報. 紫系統パッションフルーツの結果に及ぼす花粉親と花粉貯蔵法の影響. *沖縄農業* 43: 11-19.
- 松田 昇・島袋清香・松村まさと・伊地良太郎・大野貴裕・玉城照夫 2007. パッションフルーツの雌ざい内における花粉管伸長が着果に及ぼす影響. *沖縄農業研究会講演要旨* 46: 11-12.
- 松田 昇・島袋清香・松村まさと・長堂嘉孝 2008. ハウス栽培パッションフルーツの栽培技術開発. 第 3 報. 枝の切除が新梢の生長と開花に及ぼす影響. *沖縄農業* 42: 11-20.
- 松田 昇・島袋清香・松村まさと・長堂嘉孝 2009b. ハウス栽培パッションフルーツの栽培技術開発. 第 4 報. 紫系統パッションフルーツの結果に及ぼす花粉発芽および花柱内での花粉管伸長の影響. *沖縄農業* 43: 3-9.
- 松田 昇・島袋清香・松村まさと 2010. ハウス栽培パッションフルーツの栽培技術開発. 第 6 報. 紫系統パッションフルーツの開花に及ぼす電照処理の照度・期間および日長の影響. *沖縄農業* 44: 3-10.
- 松尾直志・岩井 久・瀬戸口脩・鳥越博明・牟田辰郎・野島秀伸 2004. 奄美大島におけるパッションフルーツウッドイエス病の発生病態. *鹿児島県農試研究報告* 32: 41-54.
- 宮里啓作・富永茂人・久保達也・山本雅史・木場陽介 2005. 発光ダイオード (LED) による補光がパッションフルーツの花芽分化および開花に及ぼす影響. *熱帯農業* 49 (別 2): 47-48.
- 水野宗衛 2008. ミツバチを利用した熱帯果樹の受粉効果. *熱帯農業研究* 1: 73-77.
- 水野宗衛・岩田 恵・吉田忠晴 2006. 訪花昆虫の利用がパッションフルーツの結果と果実品質に及ぼす影響. *熱帯農業* 51 (別 2): 67-68.
- 水野宗衛・月岡摩理・井上広大 2010. パッションフルーツの花芽発芽に関する研究. *熱帯農業研究* 3 (別 2): 73-74.
- 村田治重 1963a. 暖地におけるパパイアの栽培に関する研究. *熱帯農業* 6: 202-205.
- 村田治重 1963b. 暖地におけるパパイアの栽培に関する研究 第 2 報: 施肥と灌水が生育及び開花に及ぼす影響について. *熱帯農業* 7: 27-30.
- 村田治重 1965a. 暖地におけるパパイアの栽培に関する研究 第 3 報: 定植時期と植物保護の影響について. *熱帯農業* 8: 39-43.
- 村田治重 1965b. 暖地におけるパパイアの栽培に関する研究 第 4 報: 植付苗の状態と生育との関係について. *熱帯農業* 9: 32-34.
- 村田治重 1968. 暖地におけるパパイアの栽培に関する研究 第 5 報: ピニールハウス栽培について. *熱帯農業* 12: 31-34.

- 長島則夫 1997. パッションフルーツ p.31-35. 熱帯果樹の栽培. 指宿熱帯果樹研究会 (鹿児島市).
- 中川路光庸・川島俊次・後藤 忍 2005. 養液土耕栽培パッションフルーツに対する液肥濃度の検討. 九州農業研究発表要旨 68: 251.
- 中村勝利・伊藤 太・Jane L. Ambuko・弦間 洋 2006. 輸入バナナ果実の新規燻蒸技術の開発. 熱帯農業 50(別1): 5-6.
- 中村勝利・宮崎昌宏・弦間 洋 2008. 気体調節と高圧・高温噴射洗浄を組み合わせた輸入バナナ果実の無薬剤燻蒸技術の開発. 熱帯農業研究 1(別1): 105-106.
- 中村怜之輔・稲葉昭次・伊東卓爾 1984. フィリピン産 'Latundann' バナナ (*Musa* AAB group) の追熟特性. 岡山大学農学報 64: 25-35.
- 中村怜之輔・伊東卓爾 1979. バナナのポリエチレン密封貯蔵. 岡山大学農学報 53: 11-21.
- 中村怜之輔・風岡三信 1977. フィリピン産バナナの冬季の輸送環境調査. 岡山大学農学報 50: 27-36.
- 中野和弘・倉田和彦・金子昌彦・岡本満 1991. バナナ追熟におけるアルコール処理の効果と画像処理による果皮色判定. 農業施設 21: 203-208.
- Nakasono, Y. H. 1997. パパイアにおける果実の着生と発達 (出花孝之介・井上裕嗣 翻訳). 沖縄農業 32: 68-88.
- Nakasono, H. and R. E. Paull 1998. Tropical Fruits, CABI Publishing (Cambridge, MA) p.445.
- 西山喜一 1975. 中国広東におけるバナナ生産の現況と展望. 熱帯農業 18: 227-233.
- 西山喜一 1976. バナナの栽培および品質改善に関する研究. 熱帯農業 19: 166-167.
- 西山喜一・早道良宏 1973. バナナ果実の輸送中における品質保持について. 熱帯農業 15: 240-244.
- 西山喜一・高橋登美雄 1971. バナナの生態に関する研究 第7報 線虫寄生と生育について. 熱帯農業 15: 86-90.
- 野原堅世 1968. バナナのバンチートップ病発生調査. 沖縄農業 7: 48-50.
- 野間 誠・東 明弘・後藤 忍 2005. 細霧冷房及び遮光がパッションフルーツの夏季の開花に及ぼす影響. 九州農業研究発表要旨 68: 252.
- 野間 誠・川村秀和・大倉野寿・東 明弘・佐野憲二 2004a. 赤色高輝度発光ダイオードによる電照がパッションフルーツの開花期に及ぼす影響. 九州農業研究 66: 265.
- 野間 誠・加藤正明・後藤 忍・東 明弘 2004b. 電照栽培における照射光の違いがパッションフルーツの開花期に及ぼす影響. 園学雑 73(別2): 352.
- Nomura, K., M. Ide and Y. Yonemoto 2005. Changes in sugars and acids in pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit during development. J. Hort. Sci. Biotech. 80: 711-715.
- 野村啓一・井出 舞・米本仁巳 2006. ピタヤ果実の品質に及ぼす遮光の影響. 園学雑 75(別2): 107.
- 野村啓一・井出 舞・米本仁巳 2008. CAM 植物であるピタヤとパイナップルの夏期と冬期における光合成特性の比較. 園学研 7(別1): 321.
- Nomura, K., M. Ide, T. Ashida and Y. Yonemoto 2010. Seasonal differences in diurnal patterns of metabolites and enzyme activities in pitaya (*Hylocereus undatus*) grown in a temperate zone. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 79: 135-140.
- 緒方達志・チャスリー＝オーウィンティニー・香西直子・米本仁巳 2007. ドラゴンフルーツ (*Hylocereus undatus*) の花芽分化に必要な温度条件の解明. 園学研 6(別2): 495.
- 沖縄県 2007. 平成 18 年度種苗特性分類調査報告書 ヒロケレウス ウンダツス (ドラゴンフルーツ). 沖縄県 p.15.
- 沖縄県農業試験場・鹿児島県果樹試験場・宮崎県総合農業試験場 1999. 亜熱帯地域における特産果樹の高品質安定生産と商品化向上技術の開発. 九州地域重要新技術研究成果(九州農業試験研究推進会議編) No.31. p.126.
- 沖縄県農林水産部 2003. 果樹栽培要領. 沖縄県農林水産部(那覇市) p.280.
- 恩田 聡・砂川喜信・玉城盛俊 2000. パパイアの温度条件と窒素施用量による花器形態変化. 九州農業研究 62: 256.
- 王 群光 1999. ドラゴンフルーツのすべて (ピタヤの魅力) ~生態バランス型栽培法の実践~. 有限会社カミス (那覇市) p.241.
- 太田麻希子・福澤康典・川満芳信 2007. ピタヤの CAM 型光合成特性について. 沖縄農業 41: 27-53.
- Reyes-Borja, W. O., K. Degi, S. Nagatomi, Y. Sekozawa, S. Sugaya and H. Gemma 2005. Identification of banana mutants resistant to juglone, a toxin produced in black sigatoka disease, using gamma rays coupled with *in vitro* techniques. Jpn. J. Trop. Agr. 49: 38-44.
- Rimberia, F. K., S. Adaniya, T. Etoh and Y. Ishimine 2006a. Sex and ploidy of anther culture derived papaya (*Carica papaya* L.) plants. Euphytica 149: 53-59.
- Rimberia, F. K., S. Adaniya, Y. Ishimine and T. Etoh 2007. Morphology of papaya plants derived via anther culture. Sci. Hort. 111: 213-219.
- Rimberia, F. K., S. Adaniya, M. Kawajiri, N. Urasaki, S. Kawano, T. Etoh and Y. Ishimine 2006b. Effect of gibberellins treatment on parthenocarpic ability and promotion of fruit swelling in papaya. Journal of Applied Hort. 8: 58-61.
- Rimberia, F. K., H. Sunagawa, N. Urasaki, Y. Ishimine and S. Adaniya 2005. Embryo induction via anther culture in papaya and sex analysis of the derived plantlets. Sci. Hort. 103: 199-208.
- 桜井芳次郎 1929. 木瓜の種子及幼苗の性判別に関する圃場試験. 熱帯農業 1: 131-149.
- 桜井芳次郎 1960. わが国のバナナ, パインアップルその他について. 熱帯農業 3: 102-110.
- 桜井芳次郎 1963. バナナ産業, 特に台湾とフィリピンの状況. 熱帯農業 7: 93-98.
- 桜井芳次郎 1966. 東南アジア諸国におけるバナナの改良と技術交流の可能性に関する研究. 熱帯農業 10: 59-80.
- 真田哲朗・佐藤義彦・間瀬誠子・池谷裕幸 2006. ピタヤの組織培養による増殖条件の検討. 園学雑 75(別2): 500.
- 真田哲朗・佐藤義彦・間瀬誠子・池谷裕幸 2007. ピタヤ発芽種子のコルヒチン処理による倍数化の検討. 園学研 6(別2): 493.
- 仙頭照康 1950. 暖地におけるパパイア (Papaya) の栽培. 農業及園芸 35: 1446.
- 仙頭照康 1960. 暖地におけるパパイア (Papaya) の栽培. 農業及園芸 35: 1462-1463.
- 仙頭照康 1962. パパイアのわい性栽培. 農業及園芸 37: 677-678.
- 仙頭照康 1964. 暖地におけるパパイアの利用. 農業及園芸 39: 643-646.
- 椎木千晴・八幡茂木・米本仁巳 2008. 千葉県南部地域におけるパッションフルーツの果実生育期間と果実品質. 熱帯農業研究 1(別1): 109-110.
- Shiomi, S., L. S. Wamocho and S. G. Agong 1996. Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine. Postharvest Biol. and Technol. 7: 161-170.
- Shiota, H. 1993. New ester components in the volatiles of banana fruit (*Musa sapientum* L.). J. Agric. Food Chem. 41: 2056-2062.
- 志左 誠・小村常夫 1938. 塩素酸加里による木瓜の雌雄鑑別 (予報). 農業及園芸 13: 1223-1224.
- Suksa-Ard, P., I. Kataoka, Y. Fujime, K. Beppu and S. Subhadra-bandhu 1998. Development of rooting system for tissue cultured papaya shoots using rockwool blocks. Jpn. J. Trop. Agr. 42: 119-121.
- Suksa-Ard, P., I. Kataoka, Y. Fujime and S. Subhadra-bandhu 1997. Effect of temperature, growth retardants and osmotic potential on growth of papaya shoots conserved *in vitro*. Jpn.

- J. Trop. Agr. 41: 7-13.
- Suksa-Ard, P., I. Kataoka, Y. Fujime and S. Subhadrabandhu 1999. Requirement of 2,4-D and sucrose for somatic embryogenesis of papaya. Jpn. J. Trop. Agr. 43: 1-4.
- 砂川喜信・安富徳光・恩田 聡・当真嗣尊・玉城盛俊 1997. 沖縄におけるパパイヤの生態的特性の解明. 園芸学会九州支部研究集録 5: 18-19.
- 砂川喜信・安富徳光・恩田 聡・当真嗣尊・玉城盛俊 1998. 沖縄におけるパパイヤの生態的特性の解明 第1報 パパイヤの生育(葉, 花および果実)と温度の関係. 九州農業研究 60: 197.
- スリラオン=ワリット・辰巳保夫 2002. 種々の酸素濃度下におけるバナナ果実の呼吸と生理学的変化について. 園学雑 71(別1): 194.
- Suzuki, K., T. Yoshinaga, A. Kaneko, T. Asano, S. Takano and T. Hasegawa 1991. Studies on the ripening acceleration of vapor-heat treated papaya. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 38: 1057-1062.
- 鈴木和雄・山岸宏造・金子輝美・西村昌子・吉川優子・辻尾美和・高野三郎・浅野 勉・長谷川忠男 1992. 蒸熱処理したパパイヤ果実の追熟過程でのポリガラクトナーゼおよびポリウロニドの変動. 日本食品工業学会誌 39: 960-965.
- 高江洲和子・大城 篤・上原美歌・松田 昇・島袋清香・大石彩子・大城啓光・高良清達 2004. 沖縄県で発生しているパッションフルーツ立ち枯れ症状について. 沖縄農業研究会発表要旨 43: 53-53.
- 高原利雄 1997. パパイヤ. p.2-9. 平成8年度 導入果樹種苗高機能化調査委託事業報告書(パパイヤ, グアバ). 日本果樹種苗協会(東京).
- 高橋登美雄・西山喜一 1968. バナナの生態に関する研究 第3報 吸芽の移植時における苗令が活着に及ぼす影響. 熱帯農業 11: 145-148.
- 高橋登美雄・西山喜一 1969a. バナナの生態に関する研究 第5報 根系の発育におよぼす地下水位の影響. 熱帯農業 12: 122-125.
- 高橋登美雄・西山喜一 1969b. バナナの生態に関する研究 第6報 栽培年数による株の浮き上がりについて. 熱帯農業 13: 9-11.
- 高橋登美雄・西山喜一 1970. バナナの花器の構造に関する研究. 熱帯農業 14: 18-21.
- 高橋登美雄・西山喜一・金木良三 1966. バナナの生態に関する研究 第2報 出蕾時における葉裂が果実生産に及ぼす影響. 熱帯農業 10: 20-25.
- 玉城盛俊・長堂嘉孝・玉城 聡・松田 昇 2001. 摘果がパパイヤの花の大きさおよび収量に及ぼす影響. 熱帯農業 45(別2): 21-22.
- 玉城盛俊・仲村一郎・浦崎直也・徳永 毅・嬉野健次・ホサイン=モハメド=アムザド・本村恵二・安谷屋信一 2009. 果実へのエスレル処理および胚培養によるパパイヤの世代促進. 園学研 8(別2): 440.
- 玉城盛俊・小沢 聖 2006. 保存花粉を用いた人工受粉がパパイヤの果実肥大に及ぼす影響. 熱帯農業 50(別2): 25-26.
- Tamaki, M., N. Urasaki, Y. Sugagawa, K. Motomura and S. Adaniya 2011. Seasonal variations in pollen germination ability, reproductive function of pistils, and seeds and fruit yield in papaya (*Carica papaya* L.) in Okinawa. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 156-163.
- 玉城 聡 2002. 熱帯果樹類の非破壊糖度分析とその活用. 沖縄農業 36: 44-45.
- 立田芳伸 1997. 鹿児島県におけるパパイヤ栽培の概況. p.26-31. 平成8年度 導入果樹種苗高機能化調査委託事業報告書(パパイヤ, グアバ). 日本果樹種苗協会(東京).
- 寺井弘文・上田悦範・緒方邦安 1973. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究(第1報). 園学雑 42: 75-80.
- 寺井弘文・吉岡博人・緒方邦安 1974. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究(第2報) エチレンに対するバナナ果実の果皮, 果肉の呼吸反応性について. 園学雑 43: 308-313.
- 寺井弘文・緒方邦安 1976. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究(第3報) エチレンによるバナナ果皮切片の呼吸促進に対する数種タンパク質合成阻害剤の影響. 園学雑 45: 300-306.
- 寺井弘文・緒方邦安 1977. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究(第4報) エチレンによるバナナ果実の呼吸促進に対する解糖系の役割について. 園学雑 46: 361-368.
- 照屋林宏・新垣恒次・廣瀬和栄 1991. わい性パパイヤ'ワンダー・ドワープ'の品種特性. 園学雑 60(別2): 56-57.
- 照屋 亮・広瀬直人 2008. 未成熟パパイヤ(*Carica papaya* L.)のカット野菜利用における鮮度保持. 沖縄県農研センター研究報告 1: 18-22.
- Thomson, P. H. 2002. PITAHAYA: A Promising New Fruit Crop for Southern California. Alliance Business Services (Bonsall, Cal.). p.46.
- 渡慶次賀敬 2000. 栽培の基礎 パパイヤ. p.123-132. 果樹園芸大百科 17 熱帯特産果樹(農山漁村文化協会編) 農山漁村文化協会(東京).
- 徳元正和 2002. パパイヤ(*Carica papaya* L.)未受精胚珠からの不定胚誘導と植物体再生に関する研究. 沖縄県農試研究報告 24: 1-46.
- 徳元正和・田部井豊・萱野暁明・屋 宏典・岩崎典典・知念 功 2000a. パパイヤ未受精胚珠からの不定胚誘導と植物体再生. 園学雑 69: 195-201.
- 徳元正和・玉城雄一・太郎良和彦・浦崎直也・安富徳光・知念 功 2000b. パパイヤ未受精胚珠から再生した植物体と果実の形態的特性. 園学雑 69: 764-766.
- 徳元正和・太郎良和彦・浦崎直也・上原 司・大嶺智代 2001. ジベレリンペースト処理によるパパイヤの果実肥大. 熱帯農業 45(別2): 23-24.
- 東京都小笠原亜熱帯農業センター 2003. 小笠原のパッションフルーツ. 伸行社(東京) p.48.
- 内園茂男 1997. パパイヤ p.36-41. 熱帯果樹の栽培. 指宿熱帯果樹研究会(鹿児島市).
- 上田純市・中田亜希・久保達也・富永茂人・山本雅史 2011. 塩ストレスがパッションフルーツの生育および光合成に及ぼす影響. 園学研 10(別1): 343.
- 上田悦範・緒方邦安 1976. 果実の香り成分, とくにエステル生成に関する研究(第2報) パパイヤ, イチゴ, メロンの遊離細胞よりのエステル生成. 日本食品工業学会誌 23: 288-294.
- Ueda, Y., A. Tsuda, J-H. Bai, N. Fujishita and K. Chachin 1992. Characteristic pattern of aroma ester formation from banana, melon and strawberry with reference to the substrate specificity of ester synthetase and alcohol contents in pulp. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39: 183-187.
- 植木勸嗣・高松善博・神崎真哉・宇都宮直樹 2002. *In vitro*でのパッションフルーツ類の個体再生の可能性. 熱帯農業 46(別2): 90-91.
- 植木勸嗣・高松善博・神崎真哉・宇都宮直樹 2003. パッションフルーツ類の節間組織からの個体再生. 熱帯農業 47(別1): 41-42.
- Ueno, Y. 2000. Papaya. J. Jpn. Soc. Freshness Food Syst. 29(Suppl. 7): 169-171.
- 浦崎直也 2004. パパイヤ(*Carica papaya* L.)のゲノム解析と性診断法開発に関する研究. 沖縄県農試研究報告 26: 1-58.
- Urasaki, N., K. Trora, T. Uehara, I. Chinen, R. Terauchi and M. Tokumoto 2002. Rapid and highly reliable sex diagnostic PCR assay for papaya (*Carica papaya* L.). Breeding Science 52: 333-335.
- 宇都宮直樹 1989. ムラサキクダモノトケイソウの新梢生長,

- 開花・結実, 果実生長に及ぼす温度の影響. 園学雑 58(別 1): 111-112.
- Utsunomiya, N. 1992a. Effect of temperature on shoot growth, flowering and fruit growth of purple passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). *Sci. Hortic.* 52: 63-68.
- Utsunomiya, N. 1992b. Fruit set and fruit growth of purple passionfruit affected by temperature. *Acta Hort.* 321: 641-647.
- 宇都宮直樹 1993. パッションフルーツの受精に及ぼす温度の影響. p.76-83. 熱帯果樹類における生殖構造とその機能性に関する研究. 平成3年度科学研究費補助金(総合研究A)報告書.
- 宇都宮直樹・井手由季子・山田貴子・神崎真哉 2005. ムラサキクダモノトケイソウ果実の着色に及ぼす光と温度の影響. 熱帯農業 49(別 2): 65-66.
- 宇都宮直樹・木内宏彰・松井美徳・竹内晃男 1998. キトサンオリゴ糖を主成分とする土壌改良材と窒素施用がムラサキクダモノトケイソウの開花および果実生長に及ぼす影響. 園学雑 67: 567-571.
- Utsunomiya, N. and S. Shigenaga 1988. Effect of NaCl on the growth and salt accumulation in young plants of giant granadilla (*Passiflora quadrangularis* L.) and yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims forma *flavicarpa* Degener). *Jpn. J. Trop. Agr.* 32: 147-153.
- 若槻泰雄 1974. エクアドルにおけるバナナ生産構造. 熱帯農業 17: 211-218.
- Wang, H-G. and H. Gemma 1994. Ripening characteristics and chilling injury of banana fruit. II. Changes in degree of unsaturation of fatty acids during exposure to chilling. *Jpn. J. Trop. Agr.* 38: 246-250.
- 渡邊龍雄 1980. 熱帯の果樹と作物の病害. 養賢堂(東京) p. 308.
- 肖 麗亞・清田 信 2001. 常温下で異なるフィルムのガス透過性を利用した包装環境がアボカド, パパイヤ, マンゴー果実の鮮度保持に及ぼす影響. 生物環境調節 39:183-189.
- 肖 麗亞・清田 信 2002. 常温下フィルム包装貯蔵におけるエチレン除去が輸入アボカド, パパイヤおよびマンゴー果実の鮮度保持に及ぼす影響. 生物環境調節 40: 111-116.
- 薛 彦斌・久保康隆・稲葉昭次・仲村怜之輔 1995. 湿度条件がバナナ果実の追熟および肉質に及ぼす影響. 園学雑 64: 657-664.
- Xue, J. L., R. Nakano, Y. Kubo and A. Inaba 2000. Extraction and properties of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase in banana fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 696-701.
- 矢口行雄・中村重正 1992a. 輸入パパイヤの損傷について. 熱帯農業 36: 141-144.
- 矢口行雄・中村重正 1992b. パパイヤ軸腐病(新称)とその病原菌. 日本植物病理学会報 58: 30-36.
- 矢口行雄・中村重正 1993. パパイヤ軸腐病に対する温湯ならびに蒸熱処理の効果. 熱帯農業 37: 167-170.
- Yahiro, M. 1979. Effects of seed-pretreatments on the promotion of germination in papaya, *Carica papaya* L.. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* 15: 49-54.
- Yahiro, M and Y. Hayashi 1982. Growth-Inhibitors in papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Jpn. J. Trop. Agr.* 26: 63-67.
- 山本宗達・井上裕嗣・米本仁巳・樋口浩和・縄田榮治 2004. 沖縄におけるドラゴンフルーツのアイソザイム分析. 熱帯農業 48: 115-119.
- Yamasaki, M. 1933. Identification of the sexes in dioecious plants by testing the resistance to the toxic action of chlorate. *Japan. J. Bot.* 6: 459-466.
- 安富徳光 1997. 沖縄県におけるパパイヤ栽培の概況. p.11-25. 平成8年度 導入果樹種苗高機能化調査委託事業報告書(パパイヤ, グアバ). 日本果樹種苗協会(東京).
- 弥富忠夫・石崎義人 1958. パッションフルーツの開花結実に関する研究. 山口大農学報 9: 991-996.
- Yee, W. and G. Aoki 1965. Papaya culture in Hawaii, Preliminary Circ., College of Trop. Agric., University of Hawaii, cited from Morin, C. (1967) *Cultivo de Frutales Tropicales*.
- 与那覇哲義 1962. 沖縄におけるパパイヤのモザイク病に関する研究 1. 病徴, 物理的性質および伝染方法. 沖縄農業 1: 37-44.
- 与那覇哲義 1974. パパイヤから分離された3種ウイルスについて. 沖縄農業 12: 1-6.
- 米本仁巳 2008. パッションフルーツ冬実中の酸含量を低下させる温度および土壌水分. 農業および園芸 83: 549-553.
- 米本仁巳 2009. 熱帯果樹の栽培 完熟果をつくる・楽しむ 28種. 農山漁村文化協会(東京) p.184.
- Yonemoto, Y., M. Ide and K. Nomura 2009. Comparison of photosynthetic properties of field-grown pitaya between in summer and winter conditions. *Trop. Agr. Develop.* 53: 67-73.
- Yonemoto, Y., H. Inoue and H. Okuda 2004. Effects of storage temperatures and oxygen supplementation on reducing titratable acid in 'Ruby Star' passionfruit (*Passiflora edulis* × *P. edulis* f. *flavicarpa*). *Jpn. J. Trop. Agri.* 48: 111-114.
- 吉岡博人・上田悦範・緒方邦安 1978. バナナ果実の追熟に及ぼす高温の影響. 日本食品工業学会誌 25: 607-611.
- 吉岡博人・上田悦範・茶珍和雄 1980. バナナ果実の高温(40°C)での追熟阻害時におけるタンパク質合成能の低下について. 日本食品工業学会誌 27: 610-615.
- 能岡 浄 1973. 貯蔵青果物の品質変化に関する生化学的研究(第3報) 低温障害バナナ果実の追熟に伴う gluconeogenesis に関する代謝変化. 日本食品工業学会誌 20: 456-462.
- 能岡 浄 1975. 貯蔵青果物の品質変化に関する生化学的研究(第4報) 低温障害バナナ果実の20°C昇温貯蔵に伴う gluconeogenesis と amylolysis. 日本食品工業学会誌 22: 1-6.
- 楊 婷・小嶋隆治・真田篤史・小塩海平・高橋久光 2010. 異なる貯蔵温度がパッションフルーツの品質およびエチレン生成に及ぼす影響. 熱帯農業研究 3(別 2): 77-78.