

## 研究・活動紹介

# 果樹生産における早期成園化とポストハーベスト

山家 一哲（静岡県立農林環境専門職大学短期大学部）

## I. はじめに

「ゆりかごから墓場まで」とは、第二次世界大戦後のイギリスにおける社会福祉政策のスローガンである。育児、教育、介護には充実した社会保障をすべきとの福祉の視点からの考え方である。無理矢理だが、これを果樹生産に当てはめると「育苗」と「収穫後生理」が大事ということになる。

「三つ子の魂百まで」とは幼いころの性格は年をとっても変わらないという意味で使われるが、果樹の場合も、幼木の管理がその後の樹の成長や生産性を決めるといっても過言ではない。

一方で農産物を収穫することは、植物体から目的とする部位を切り離す行為であり、果樹生産の場合は、「果実」を切り取る。果実は切り取られた瞬間から（言葉は良くないが）死に近づいていくわけで、どれだけ鮮度保持できるかが流通、販売においても重要となってくる。著者はこれまでカンキツのポストハーベスト（貯蔵）と早期成園化（苗木の早期育苗）に関する研究に携わってきた経緯から、この2点についてこれまでの成果や現在の内容も含めて研究紹介を行う。

## II. 早く樹を大きくする

### 1. 果樹幼木について

「桃栗三年柿八年」ということわざがあるように、果樹を植えたら実がなるまでに時間がかかる。果樹の場合、成長した大人の樹から穂木をとって台木に接ぐ「接ぎ木」という方法で、苗を増やしていく。接いで3年目くらいには、実はあるのだがそのままならせると樹が大きくならないため、早い時期に結実した実は取ってしまう。4、5年生になってから結実させるのが通例である。では、この接ぎ木を誰がやっているかという農家ではなく、大半は苗木業者が行っている。幼稚園までは苗木業者の元で育ち、農家という小学校に入学するようなもので、農家の園地が終の棲家と

なる。農家は、1年生あるいは2年生の苗を購入し定植をするが、管理が良くないと枯れてしまう。ここでは、著者が行って来た二本主枝（双幹形）仕立てによる早期育苗の事例を交えて、早く樹を健全に育成させる方法について紹介する。

### 2. 仕立て方を変える

果樹の仕立て方は「開心自然形」という本主枝を均等に配置して側枝を出していく方法が一般的である。品質の良い果実をたくさん収穫するための最も自然な仕立てとして長年採用されてきた。しかしこのような樹形では、成木だと樹高3m、樹幅4m以上の大きさになるため、収穫や摘果の作業時に樹の上部では脚立を使用する必要があり、樹の内側は中にもぐり込まなければならないなど、省力化が困難な状況にある。そこで近年、省力化に向けた主幹形仕立て（1本仕立て）や主枝を2本にする双幹形仕立ての研究が行われるようになった。著者は、高位接ぎと双幹形を組み合わせた‘青島温州’の幼木樹についての生育特性を調査した。「高位接ぎ」とは、ミカンの穂木を台木の比較的上部（地上部から15cm-30cm）に接ぐことで、通常の接ぎ木（地上部から5cmに接ぐ）とは方法が異なる（写真1）。オレンジを高位接ぎ木した例が海外から報告されている<sup>1)</sup>が、国内のカンキツにおける高位接ぎの実証例はほとんどないため、高位接ぎがミカンの生育に与える影響について明らかにすることとした。この研究の意図は、早く樹を生育させたいが、あまりに大きくなりすぎても困るので丁度良い大きさの樹を作ることだった。樹は上に伸びる性質があり、枝を寝かせると生育が抑制される。早生温州で先行して取り組んでいる福岡県の研究結果<sup>2)</sup>から、通常3本だった主幹を2本にすることで樹冠拡大が期待でき、高位接ぎにすることで台木の性質が現れやすく、成木時にコンパクトな樹形にすることを狙いとしている。



写真1. '青島温州' 双幹形仕立て

その結果、幹周の増加は、地上30cm部分で接いだ高位接ぎ双幹形区で小さく、地上5cmで接いだ双幹形区で大きく推移した。高位接ぎ双幹形区と双幹形区では開心自然形区と比較して葉数が多く、樹冠容積が大きく推移した<sup>3)</sup>。着果1年目、2年目の果実品質は、仕立てと接ぎ木高さによる違いはみられなかったが、双幹形では開心自然形と比較して果実階級（横径）が小さくなることが示された。以上のことから、「青島温州」の双幹形は開心自然形よりも葉数、樹冠容積が増加し、「初期生育が早くなる利点があるのでは」という結論に至った。高位接ぎ双幹形は、5年生時点での明らかな樹冠拡大抑制は認められないが、幹周増加が緩慢になる傾向があり、継続して調査する必要があると考えられる。

### 3. 現在チャレンジしていること

現在、果樹はほとんどが露地栽培のため、環境を制御しにくく、施設栽培で行われている技術が導入されにくい。一方で、高効率なLED光源やフレキシブルなテープ型LEDも開発されており、果樹栽培でも十分に利用できる可能性が高まっている。著者は、健全な苗木を育成するためのLED補光技術の開発について研究を開始したところである。LED補光技術は花きや果菜類などの施設栽培において先行して取り組んでいるが果樹栽培における応用はこれからである（写真2）。現在、早期育苗における興味深い知見<sup>4)</sup>も少しずつ



写真2. LED光によるカンキツ苗木育苗

つだいが得られており、今後これらの研究を加速させていきたいと考えている。

ミカンの樹の場合、9年生までは幼木期であり、樹体を大きくしながら、果実も同時にらせていく。10年～20年生が最も盛んに働く時期で、20年生以降だと収量も少しずつ減っていき、30年生では毎年花が咲かなくなる。40年生以上で経済栽培としての寿命を全うする。これまで設備上の問題から農家が接ぎ木や育苗を行う環境や機会がなかった。著者としては、幼子（幼木）の面倒を業者に任せるのも良いが、農家が幼木の栄養状態を重視した生産管理を行うための技術体系を構築できるよう、研究を継続したいと考えている。

## Ⅲ. 収穫した果実をどう扱うか

### 1. 静岡県は貯蔵ミカンの産地

静岡県では、貯蔵ミカンの主要品種である「青島温州」や「寿太郎温州」が栽培されている。しかし、近年では地球温暖化の影響によって、果実の浮皮（うきかわ）助長や貯蔵庫内の温度上昇などの現象が起こり、ミカンの長期貯蔵が困難な環境になってきている。12～3月までの貯蔵期間中の果実腐敗などによる損失量は、生産量のおよそ10%と推定されている。

### 2. 収穫する前に熟度を調整

上述したように、ミカン果実の成熟過程において、果皮と果肉が分離する「浮皮」という症状がみられる。これらの果実は、「腐敗しやすい」、「食味が悪くなる」などの問題が発生する。ミカ



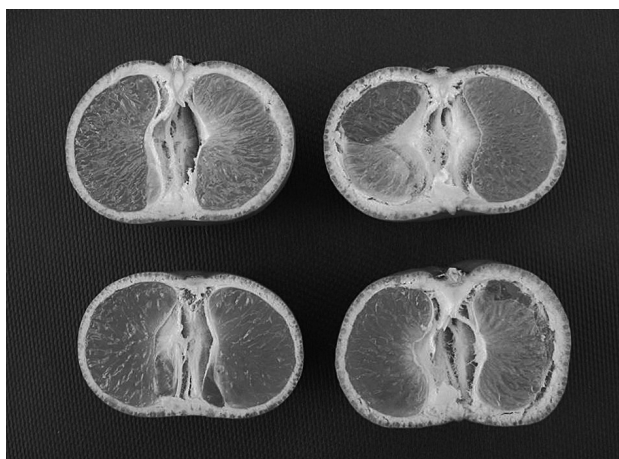


写真3. GP剤の浮皮軽減効果 (左がGP剤処理)

ンの鮮度保持にとって皮の部分は老化していない方が良いが、食べる果肉部分は成熟していた方が良い。従来、ジベレリンによる果皮の老化抑制は検証されていたが、高い濃度でないと浮皮軽減に効果がなく、その場合に着色遅延が発生するなどの問題があった。そこで著者らを含む静岡県のグループを中心として、プロヒドロジャスモンを加えることで、効果を持続して着色遅延を軽減できる散布時期と濃度を検証した。プロヒドロジャスモンは処理濃度によって植物への影響が異なることが示唆されており、当初ジベレリンと同濃度での検証を行った<sup>5)</sup>。その場合、一定の効果が得られた一方で、ジベレリン10ppm処理では葉斑のような症状が散見されることがあった。そこで、ジベレリンの濃度を低くしたまま(3ppm)でプロヒドロジャスモン濃度を高く設定して(25～50ppm)検証を続けた結果、著しい着色遅延を起こさずに安定して効果が得られることがわかった(写真3)。<sup>6)</sup> ‘青島温州’の場合、検討した散布時期(8～10月)の中で、9月上旬が最も効果が高いことも併せて明らかになった。その後、全国の産地において、数年間に渡り現地実証が行われ、同混用剤(GP剤)の浮皮に対する有効性が認められた。そして、植物生育調整剤としての登録、生産現場への導入につながった。その後、ジベレリン濃度が1～5ppmに拡大登録されるとともに、早生温州でも利用されるようになった<sup>6)</sup>。

### 3. 貯蔵中に光を当てる

ミカンの貯蔵は温度5-8℃、湿度85%前後が適すると言われている。近年、冷蔵設備の導入が進

んでおり、これまでよりも長期貯蔵が可能になった農家も多い。それでもミカンには一部カビが生える。ミカンを3か月貯蔵する場合、1か月ごとに腐敗した果実を取り出す作業は、貯蔵量が多いと手間がかかり、定期的な取り出しを行わないとカビが他の果実に移って更に腐ってしまう。これまでの果実貯蔵は暗い部屋で眠らせるように行っていたのが一般的であった。しかしながら、「となりのトトロ」に出てくる「まっくろくろすけ」の印象と同様に、暗い場所がカビっぽいと感じるのは人として自然の感覚だと思うし、暗いところでは実際に菌糸が伸長しやすい。下記で紹介するのは果実を眠らせるのではなく、ある程度のストレスを与えて果実の健康を保つ方法であり、人生100年時代を迎える現代のライフハックと似た部分があると思っている。

ポストハーベストに関する研究を著者が始めたのは、静岡県の新成長戦略研究としてミカンの貯蔵性向上のための新技術開発課題の主担当となったのがきっかけである。当時の技術候補として、紹介する青色LEDの他、光触媒やオゾン、ワサビの成分を利用した天然素材などいくつかあった。



写真4. 青色LED光を利用したミカンの長期貯蔵

中でもLED光は、コストや効果の程度（農薬と異なり、光は均等に当てるのが難しい）から実際の技術として利用できるか疑問視されていた。青い光が腐敗の原因菌である青かび病菌や緑かび病菌の生育を阻害することは既存研究の報告<sup>7)</sup>があったものの、東アジアで主に生産されているウンシュウミカンで効果があるかは未解明であったため、①シャーレ試験、②果実への菌接種試験<sup>8)</sup>、③光照射によって生成される二次代謝産物の定量<sup>9)</sup>、④長期貯蔵試験<sup>10)</sup>と段階を踏んで青色LEDの効果を検証していった。2017年からは国の地域戦略プロジェクトの一環で研究を進め、産地での実証試験を行うことで、青色LED貯蔵が実際に現場で利用できる技術として確立させることができた。カンキツ類の貯蔵庫は、木箱やプラスチックコンテナが主流であり、縦に数段積み上げて貯蔵することが多い。本研究では、既存の貯蔵体系を崩さずにLEDを利用できる方法に取り組んできた。その結果、すべての貯蔵コンテナ内部まで照射を行わなくても、庫内全体でみると腐敗軽減効果がみられることがわかってきた。近年導入が進んでいる貯蔵庫では、冷風が吸気側の負圧領域に向かって吸引されることで空気の循環路が形成される仕組みとなっているため、LEDを庫内に配置すれば空気の循環により、菌生育阻害の効果は全体に行き渡ると考えられた。

持続可能な開発目標を掲げる世界にとって、防腐剤使用を減らすことは、意義の大きいことと考えられ、代替技術開発に現在関わることができているのは大変ありがたいことである。なお、青色LEDは収穫後のリンゴ・ブドウの着色改善でも利用されるようになっており、今後ポストハーベストでの利用拡大が期待される。

#### 4. 現在チャレンジしていること

果実の鮮度保持には様々な方法がある。本学ではカンキツ類の他、ニホンナシやキウイフルーツ、モモ、イチジク等の落葉果樹もあり、品種によって特性が異なり、それに見合った鮮度保持技術が必要になる。著者は主にカンキツの長期貯蔵技術に携わってきたが、落葉果樹に応用できるものもある。一方で、1-MCPに代表されるクライマクテリック型果実に効果があってリンゴやニホンナシなどで利用が進んでいる技術<sup>11)</sup>をカンキツ類

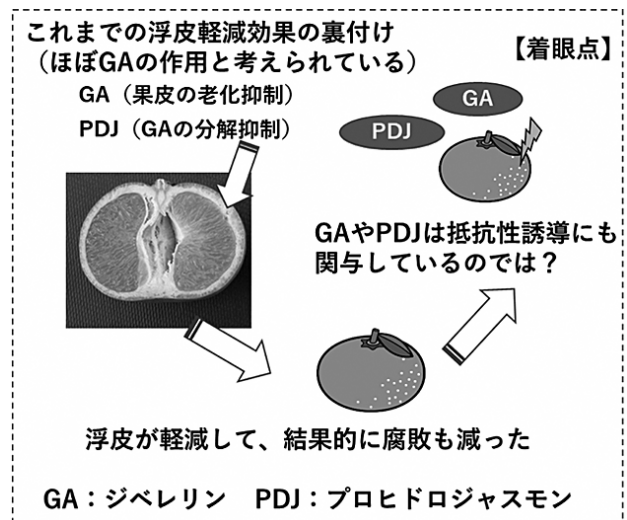


写真3. GP剤の浮皮軽減効果（左がGP剤処理）

に活かしたいという興味もある。近年、深紫外LEDなどの水銀灯（殺菌灯）に替わる光源が実用化され、農業分野でも活用が期待される。現在、これらの新技術と既存技術の組み合わせが、落葉果樹を含む果実の鮮度保持にどのような作用を及ぼし得るのかについて解明中である。

もうひとつは、ミカン果実の浮皮軽減時に使用するプロヒドロジャスモンの作用を明らかにしたいと考えている。プロヒドロジャスモンはジベレリンの加水分解を抑制していると推定されるが、実用性が先立って検証されたため、プロヒドロジャスモンを加えることによるウンシュウミカンへの作用機構は、これまで明らかにされていない。そこで同剤を処理した果実に外的刺激（光照射や菌接種）を与えた時の二次代謝産物（フラボノイド類やテルペン類）及び関連遺伝子発現解析を行うことで、プロヒドロジャスモンによる抵抗性誘導の可能性を追求したいと考えている。

#### IV. おわりに

技術開発の移り変わりは激しく、先人の試行錯誤の上に築かれた技術のひとつひとつが著者の研究開発のヒントになっている。上述したように、技術を組み合わせることで思わぬ現象が観察されることも研究活動の面白い部分である。観察するまで何も決まっていない、観察する側とされる側の相対関係によって事象は成り立つという有名な「二重スリットの実験」を知ってから、著者は観察者の立場についてずっと考え続けている（この

実験の科学的意味合いとは異なるが・・). 研究結果のどこに焦点を当てて、どのように成果を発信していくのか. 複雑な社会情勢の中に置かれた農業生産にとって、新たな視点移動の助けとなるような研究活動でありたいと思っている.

## 引用文献

- 1) Bitters, W. P., D. A. Cole and C. D. McCarty. 1981. Effect of budding height on yield and tree size of 'Valencia' orange on two rootstocks. Proc. Int. Soc. Citriculture. 1: 109-110.
- 2) 豊福ユカリ・松本和紀・榎原 実・藤島宏之. 2019. 双幹形仕立て極早生ウンシュウ「早味かん」の樹体生育, 初期収量ならびに果実品質. 福岡農総試研報. 5: 34-40.
- 3) 山家一哲・江本勇治・中村明弘・古屋雅司. 2021. 高位接ぎ双幹形に仕立てた「青島温州」幼木樹の生育, 着花特性. 園学研. 20: 163-170.
- 4) 山家一哲・西川美美恵・濱崎 櫻・江本勇治. 2021. LED補光がカンキツ類の初期生育と着花に与える影響. 園学研20 (別) 2. 20: 163-170.
- 5) Makita, Y. and Yamaga, I. 2006. Autumn sprays of gibberellic acid and prohydrojasmon mixtures reduce the incidence of rind puffing in Satsuma mandarin. Proc. Intl. Hort. Congr. 27: 455.
- 6) 中谷 章, 山田芳裕, 萩平淳也. 2014. ジベレリン・プロヒドロジャスモン混用散布による早生・中生ウンシュウミカンの浮皮軽減. 和歌山農水試研報. 2: 63-74.
- 7) Alferez, F., H.-L. Liao and J.K. Burns. 2012. Blue light alters infection by *Penicillium digitatum* in tangerines. Postharvest Biol. Technol. 63: 11-15.
- 8) Yamaga, I., T. Takahashi, K. Ishii, M. Kato and Y. Kobayashi. 2015. Suppression of blue mold symptom development in satsuma mandarin fruits treated by low-intensity blue LED irradiation. Food Sci. Technol. Res. 21: 347-351.
- 9) Yamaga, I. and S. Nakamura. 2018. Blue LED irradiation induces scoparone production in wounded satsuma mandarin 'Aoshima Unshu' and reduces fruit decay during long-term storage. Hort. J. 87: 474-480.
- 10) 山家一哲・吉川公規. 2020. カンキツ貯蔵用青色LED付設カートラックによるGP剤散布「寿太郎温州」果実の腐敗軽減効果の実証. 静岡農技研報. 13: 43-49.
- 11) 檜村芳記. 2005. 新規鮮度保持剤1-MCPの作用機構と利用の展望. 農薬学会誌. 30: 262-264.