

隔月刊
No.17

最新の研究成果をわかりやすく楽しく解説

Fruit & Tea Times

特集記事

スマート農業と 果樹の樹体改造

1. スマート果樹園に適するV字仕立て — 機械化に適した樹の形とは? — ……5

生産・流通研究領域栽培生理ユニット上級研究員
山根 崇嘉

2. カラムナータイプリンゴで超省力栽培 ……9

リンゴ研究領域リンゴ栽培生理ユニット長
岩波 宏

巻頭言

➤ イノベーションを 期待して ……1

生産・流通研究領域長
草場 新之助

カチャカチャTIPS

➤ 摘果作業って 何? ……13

回答：カンキツ研究領域
カンキツ栽培生理 ユ
ニット主席研究員

瀧下 文孝

巻頭言 イノベーションを期待して

草場 新之助

果物市場は既に縮小傾向がみられます。消費の減少と栽培面積の減少が続く「負のスパイラル」に陥らないための具体策を考える時に来ています。既存市場で求められる価値を向上する「持続的イノベーション」だけでなく、既存の秩序にとらわれることなく、産業構造を劇的に変化させる「破壊的イノベーション」も視野に入れる必要があります。その中で果樹のスマート農業の方向性を考えたいと思います。

果物の価格上昇と栽培面積の減少が示すものは？

ここ2〜3年、果物の価格が上昇しているように思うのは、私だけではないと思います。現

場からもそんな声が少しずつ聞こえてきます。かつては、再生産価格を下回り「身銭を切って」果物を作り続けていた方もいらしたかもしれませんが、一部ではその状況は改

草場 新之助

生産・流通研究領域長

本年4月より管理的立場となりましたが、過去には、落葉果樹(二ホンナシ、モモ等)の高品質安定生産や省力化に関する技術開発、カンキツマルドリ栽培の普及促進、果樹の放射線対策、果樹の形態形成機構の解明、農林水産省における研究調整など、様々な仕事に取り組んできました。これからも、果樹産業の発展に貢献していきたいと思います。



善しているように見えます。

ここで、**図1**を見て頂きたいと思いをします。これまでの果樹栽培面積のトレンドから、将来のわが国の樹栽培面積を予測したのですが、かなりシヨツキングなデータです（澤田、2019）。

いずれの樹種も栽培面積の減少が続き、最も大きく減少すると予測された二ホンナシでは、2005年を100とすると、2035年には65%も低下し栽培面積が約3分の1になつてしまう予測です（モモ、ブドウの予測は、果樹全体と同程度）。

果物市場は縮小している

一年生作物では、市場価格が上昇すると、それに伴って生産量も増加しますが、永年性の果樹ではそのようにはいきません。最近の果物の需給バラン

スは、需要が供給を上回っているように言われていますので、冒頭に書きま

しているのではないのでしょうか。

国産果物価格の上昇は、短期的には生産者の経営改善につながりますが、中長期的にみると高値と消費層の高齢化によって顧客数が減少するため、果

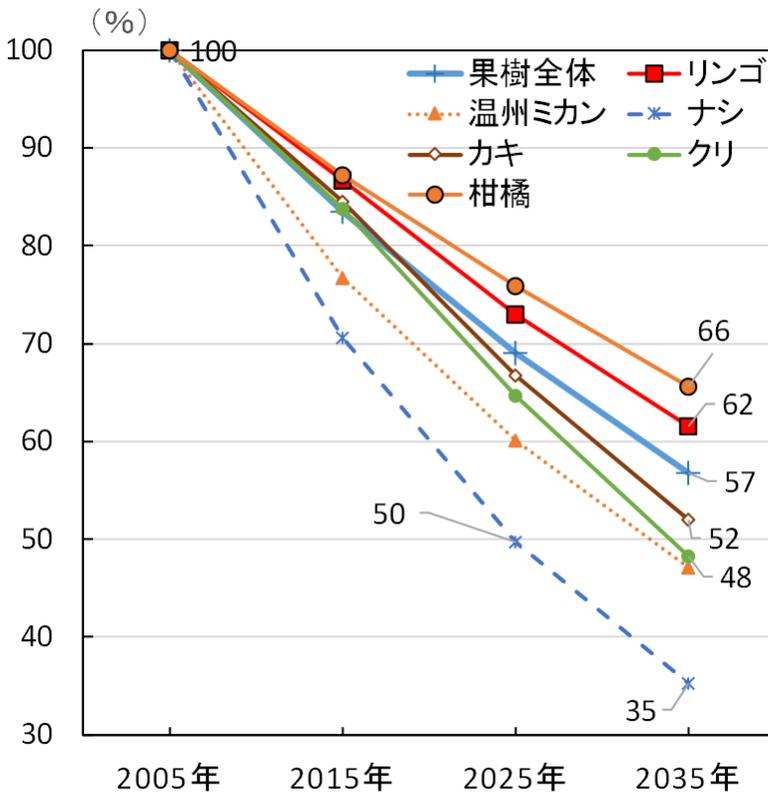


図1 樹種別の園地面積の将来予測（2005年を100とした割合）（澤田、2019年度関東東海北陸農業経営研究会個別報告資料より抜粋）

物市場の縮小と栽培面積の減少が互いの原因となる「負のスパイラル」に陥ることも考えられます。

「破壊的イノベーション」も視野に入れる

そうならないためには、果物に新たな価値を付加して、これまで果物を食べなかった方に食べてもらう、これま
でなかった利用法を提供する、などが
必要となり（輸出を含む）、これまで
の価値観を捨てた、新たなアイデアや
技術開発が必要になります。この必要
性は、栽培面積の減少が大きいと予測
される樹種ほど大きくなります。その
ため、技術マネジメントでいうところ
の、破壊的イノベーションに取り組む
割合を大きくしなければなりません。
破壊的イノベーションによって生み出

される新たな価値は、現在の実需者か
ら具体的要望を御用聞きしてくるもの
ではなく（これは持続的イノベーション）、ぼんやりとした欲求を開発者が
具現化して提供するものです。我々果
樹研究に携わる者は、意識を高くして
新たな需要拡大に取り組んでいきたい
ものです。

人手不足は喫緊に解決しなければ ならない課題

一方、栽培面積の減少は人手不足に
よるところも大きく、「もっと果物を
作りたくても作業者がいない」との声
を聞くことがあります。つまり、一人
の作業者がより短時間に、より多くの
作業が出来るような技術開発が必要で
す。これは喫緊の課題ですので、持続



的イノベーションであっても、破壊的
イノベーションであっても、とにかく
早急に技術を現場に提供することが重
要です。

若者が取り組みたくなる農業こ そがスマート農業

今回の特集は、「果樹のスマート農
業」です。スマート農業とは何でしょ
うか？ 自動運転の薬剤散布機、草刈
りロボット、データ利用、等々、具体

果実生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の自動化・ロボット化機械化樹形の開発
 機械化樹形による省力栽培体系と樹種共通で使用できる自動走行車両・収穫ロボットを開発する

1. 機械化樹形による生産システムの開発



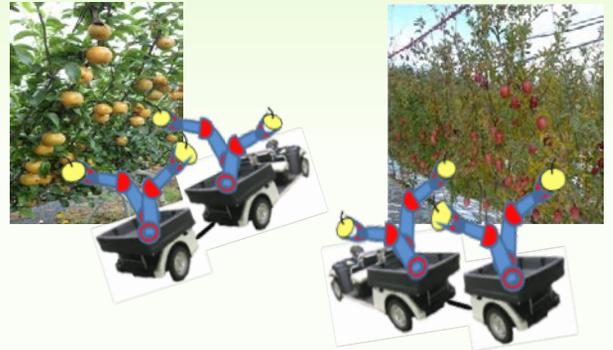
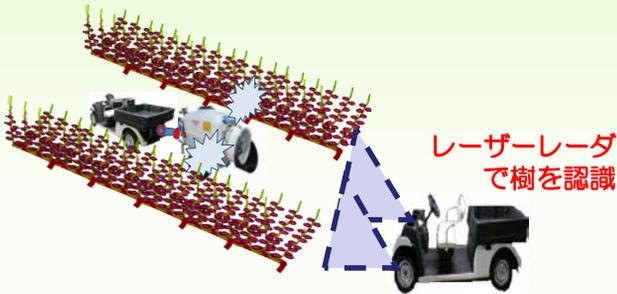
2. 果樹園用機械の開発

自動走行防除機・草刈機 自動走行車両(9品目
 対応)の開発

レーザーレーダで樹を認識し、自動走行可能な自動走行車両
 と、けん引型 草刈機およびけん引型薬剤散布機を開発を行う。

自動収穫ロボット(3品目対応)の開発

自動走行車両に搭載し、ナシ、リンゴ、セイヨウナシのジョイ
 ントV字樹形や低樹高V字樹形の果実を収穫するロボットの開
 発を行う。



3. 省力大規模生産体系の経営評価

開発技術導入対象となる果樹担い手経営体像の解明
 開発技術導入による経営効果の評価と導入条件の解明

システム化しやすい平面的な新樹形と樹種共通で使用できる
 自動走行車両、収穫ロボットにより
労働時間を30%以上削減

図2 プロジェクトの概要

農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち人工知能未来農業創造プロジェクト)」の支援を受けて実施中

的に挙げればいろいろある
 と思います。私は「次世
 代の若者が取り組みたくな
 る農業」だと勝手に理解し
 ています。このような、若
 者にとって魅力的なスマー
 ト農業技術が次々に生まれ
 てくることで、果樹産業が
 発展することを願いたいと
 思います。

最後に、私が研究代表を
 しているプロジェクト(2
 016〜2020年)の概
 要を図2に示します。今回
 の記事にある研究も取り入
 れながら、公設試、大学、
 メーカーと共同で実施して
 います。皆さんに「果樹の
 スマート農業」だと思っ
 てもらえるような成果にし
 たいと考えています。

特集記事 スマート農業と果樹の樹体改造

スマート果樹園に適するV字仕立て

— 機械化に適した樹の形とは? —

山根 崇嘉

一般に果樹は樹高が高く枝が様々な方向に茂って複雑な構造をしています。果樹農業を機械化によるスマート農業へと展開するには、果樹に対応する機械の開発のみならず、樹や園地全体が、機械化に適するように歩み寄る必要があります。ここでは機械化に適する樹形開発について紹介します。

果実を生産するための樹形とは?

くだものの樹（果樹）は自然に生育すると、たとえばサクラの樹のように背が高く丸みを帯びた大木になります。これは樹が光を求めて外に枝を伸ばして広がった結果です。今回紹介するモモの樹も、てしまい、樹の大きさの割には収

自然のまま生長するとサクラのように大木になります。そうすると脚立を使っても樹の先に手が届き

くだものの樹（果樹）は自然に生育すると、たとえばサクラの樹のように背が高く丸みを帯びた大木になります。これは樹が光を求めて外に枝を伸ばして広がった結果です。今回紹介するモモの樹も、てしまい、樹の大きさの割には収

量が少なく品質もよくありません。そのため、果樹の栽培では、せん定（不要な枝を切ること）や誘引（枝を引張ること）により、樹の内側に光が当たるように、また、収穫などの作業が容易になるように、中心部が低く外に広がる樹形（開心自然形など）に整えることが主流となっています（写真1）。



写真1 開心自然形のモモ樹



図1 開心自然形の作業の様子

これまでの樹形の課題は？

その様な長年の工夫で生み出された既存の樹形ですが、近年の深刻な後継者不足を解消して、産地を維持するためには、大きく2つの問題があります。1つは、既存の樹形では樹が大きくなり長するまでに長い年月が必要なため改

植が進まず、老木化による収量低下が危惧されること、もう一つは樹の形が複雑で作業に時間がかかる上に姿勢を低くして樹の内側にもぐり込む作業や脚立を使った作業がきつく危険なため、若い人や未経験者が果樹栽培への取組みを始めにくいことです(図1)。そのため、早くから収量が確保できて、かつ省力的で作業しやすい樹形とすることが求められています。

機械化に適した樹形とは

ト高となり、機械開発が進みにくくなります。そのため、複数の樹種で同じ機械が活用できるような共通の要素を持つ樹形とすることができれば、機械開発が進みやすくなります。

果樹栽培のさらなる省力化のためには、機械化を進める必要があります。近年のロボット技術の進化を考えると、これまで人手で行ってきた収穫作業などの機械化も近い将来のことではありません。一方、新しい果樹用機械を開発する際に、限られた樹種だけにしか使用できないものであれば、販売台数が増えず、コス

では、どのような樹形なら機械化に向いているでしょうか？ 機械が使いやすい樹形を考えた場合、樹の形が単純で機械の進行にあわせて直線的に樹が並び、かつ結実部位が平面的に配置されるような樹形が考えられます。具体的にはV字、Y字あるいは主幹形など、結実面が列方向に並び、地面に対して仰角が50〜90度となる結実面をもつ樹形です。樹列間隔は利用する作業機の幅や樹高と収量との関係を考慮し、列内の樹間隔は初期収量、樹勢、苗木コスト等を考慮して決める必要があります。結実層は薄いほど、例えば収穫などの機械による対応が容易になります。しかし、薄すぎると収量が低

下するため、生産性と機械化適性が両立可能な結実層の厚さを検討する必要があります。樹高は収量性との関連、高所作業機等の利用施設コスト、風雪害等への対応を考慮して決定しなければなりません。このようなことを考慮した上で樹種に応じた工夫が必要となります。

機械化に適したモモの樹形の開発

具体的な樹形開発の一例として、当部門で開発中のモモのV字樹形を紹介します（図2、次ページ写真2）。本樹形では地上50cmで2方向に主枝を分け、地上350mまで主枝を直線的に伸ばします。そのため側面から見るとV字形となります。列間は4mで作業車両が容易に走行できます。2本の主

枝の間の角度は45度、各主枝は仰角67.5度としています。このような大きめの仰角とすることにより、作業車両の樹への接近が可能で、人が自然な立ち姿で管理作業をすることができます。下層部は移動式の作業椅子を使って作業することが可能で、開心自然形のように枝を避けて体を屈めるようなきつい姿勢が減少します。また高所作業台車を用いることで、脚立が不要で高所部でも同様に自然な立ち姿で作業することが出来ます。まとめると、V字樹形では高所作業車を用いることで、屈む姿勢、脚立の昇降、脚立の運搬などが解消され、楽に作業ができます。またコンパクトな樹を密植しているため未収益期間が短くなり、空間を有効に活用しているため収量増加が期待できます。ただし、棚

資材や高所作業台車などのコストが追加が必要となり、また、これまでの実験から果実は小玉傾向となることが判明しているため、その対策が必要です。また、

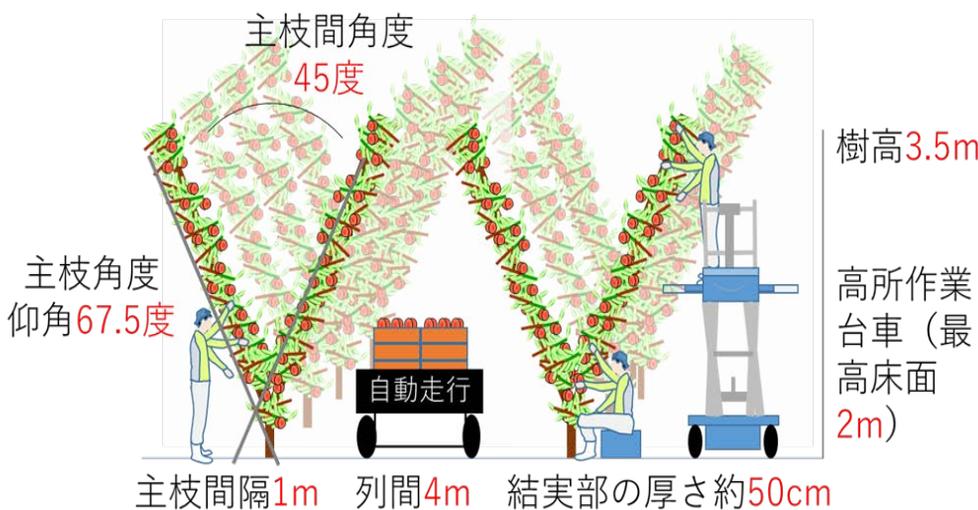


図2 モモV字樹形の概要



写真2 モモV字樹形の高所作業台車を用いた収穫の様子

樹を長年使用するために枝を維持していくせん定方法についてもさらなる検討が必要です。

最後に

農研機構が代表として実施している研究プロジェクトにおいて、現在様々

な樹種で同様なコンセプトに基づき機械化に適した樹形の開発が行われています。同時に自動で走行し作業を省力化する車両の開発も行われています。機械の導入を進めるためには、樹形を共通化するだけでなく、枝配置や結実方法などの単純化や作業の画一化、加えて機械が利用しやすいような園地整備も求められます。このように、今後機械化を進めるためには、果樹の側から機械に歩み寄ることで、機械を導入・利用しやすい果樹園に整備していくことが必要となると考えています。

なお、本研究は農研機構生研センターが委託する「革新的技術開発・緊急展開事業（うち人工知能未来農業創出プロジェクト）」の支援を受けて行ったものです。

山根 崇嘉

生産・流通研究領域栽培生理ユニット上級研究員

効率的で無駄のない樹形や管理方法を目指すと、自然と見た目にもきれいで快適な果樹園になると思います。そんな園で農家が気持ちよく作業する姿を思い浮かべつつ。



特集記事 スマート農業と果樹の樹体改造

カラムナータイプリンゴで超省力栽培

岩波 宏

リンゴには、カラムナータイプと呼ばれる特徴的な枝の伸び方をする系統があります。このカラムナータイプのリンゴの栽培では、多くの作業を機械化できるのではないかと考えています。そのようなリンゴ栽培の機械化への取り組みを紹介します。

カラムナータイプリンゴとは？

カラムナータイプとは、枝のほとんどが少し伸びただけで止まってしまい、柱のような樹形（カラム状）になる系統（品種）を言います。カラムナータイプのリンゴは、枝が横に張り出さないため密植することがで

き、そうすることにより樹列が壁のように平面になります（図1）。

枝が混み合わないから 栽培管理が容易

普通のリンゴ樹では、長い枝が四方八方に伸びるため、枝同士が交差しないように、隣の樹とぶつからないように、作業しやすいよ



「ウィジック」
カラムナータイプ

「ふじ」
普通のタイプ

図1 カラムナータイプと普通タイプのリンゴの樹形

カナダで初めて発見されたカラムナータイプのリンゴ品種「ウィジック」（左）と普通のリンゴ樹の代表品種「ふじ」（右）



図2 高所作業車と組み合わせると手を伸ばすだけで作業ができる

うに、樹にまんべんなく日の光が当たるように、枝を切ったり（せん定）、枝を引っ張って紐で結んだり（誘引）という作業が必要になります。コラムナータイプでは、このような作業はほとんどいりません。また、摘果や収穫の時も、枝にあたらぬように注意しながら脚立をかけ、枝を避けながら手を伸ばして作業しますが、コラムナータイプでは、樹列は平面であるため、自動で上下する作業台車に乗って平行に移動するだけですべての枝に容易に手が届きます（図2）。

コラムナータイプは作業ロボットの導入がもっとも期待される樹形

現在、ロボットアームによりリンゴを自動で収穫する装置の開発が、国内外で精力的に行われています。ロボットアームによる単純な動きで効率的に収穫を行うには、アームでつかみやすい位置に果実が規則正しく配置されている必要があります。コラムナータイプの樹は、果実が面状に配置され、果実を覆い隠す枝もないことからカメラが果実を認識しやすく、アームでつかむことも容易です。

1台の機械でリンゴ栽培のすべての管理ができると、機械も導入しやすくなります。リンゴ樹の管理作業の中で、ロボットにやらせるのがもっとも難しいと考えられているのはせん定です。

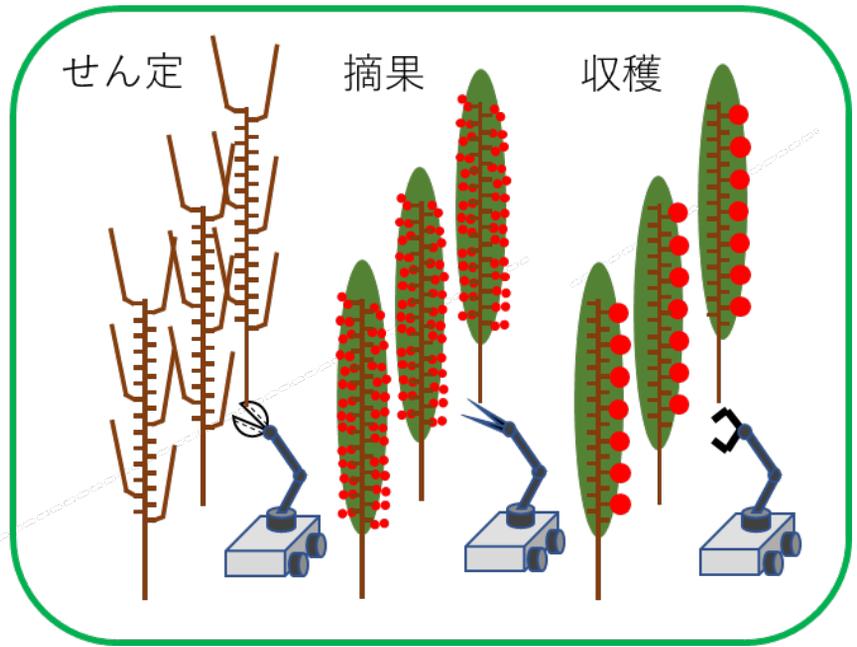


図3 カラムナータイプリンゴの機械化栽培のイメージ

リンゴ樹のせん定がなぜ難しいかというところ、まず、どの枝を切るべきかを機械に指示するプログラムを作成することが簡単にはできません。なぜなら、

これに対して、カラムナータイプの樹では途中に動きを邪魔する枝もないため、切りたい枝までアームを簡単に届かせることができます。このように、

普通の樹では、切る枝と残す枝を明確に定義することができないからです。しかし、カラムナータイプのせん定では、切るべき枝ははじめから明確に決まっております。1樹あたり数本生じる徒長枝だけを切る指示をプログラムすれば済みます。また、普通のリンゴ樹では枝が複雑に入り組んでいるため、ロボットアームを切りたい枝まで届かせるのも一苦労です。

カラムナータイプのような樹形を前提に機械開発を行えば、共通の作業台車にのせたロボットアームのハンド部分を目的に応じて交換するだけで、せん定から収穫までの作業が1台の機械でできるであろうと考えています（図3）。

機械作業を効率的に行うための栽培管理方法

ロボットに作業をさせる場合、ロボットの移動距離が短い方がより効率的です。樹列の片面だけに着果させれば、ロボットは樹列の両側を移動する必要がありません。そこで、私たちは樹の片側に通常の2倍量の果実をつけて、反対側はすべて摘果するという栽培方法を検討しています（図4）。

摘果作業は、全摘果する面も2倍着果させる面も行う必要がありますが、

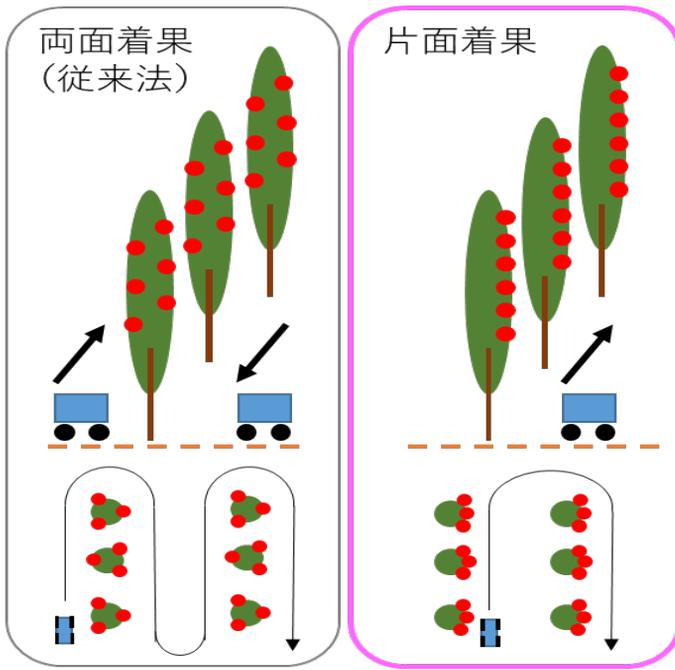


図4 カラムナータイプリンゴを片面着果にすると、管理作業の移動距離は半分になる

全摘果する面は、すべての花を落とせばよい。そのため、簡単な装置で機械的に花をかき落とせないか考えています。

着色管理（葉摘み作業）は、樹列の片側だけ行えばよい。そのため、移動時間が短くて済みます。摘果剤を処理する場合も、処理は片面だけでよい。ため、少

ない薬液で効果的に果実周りの葉を落とすことができます。

現在、みなさんに喜んでもらえるおいしいカラムナータイプのリンゴを開発中です。作業ロボットの開発とあわせて、近い将来、機械化栽培による美味しいリンゴの提供が実現することを期待下さい。

なお、本研究は農研機構生研センターが委託する「革新的技術開発・緊急展開事業（うち人工知能未来農業創出プロジェクト）」の支援を受けて行ったものです。



岩波 宏

リンゴ研究領域リンゴ栽培生理ユニット ユニット長

手をかけずに高品質のリンゴを作れ（省力化）という高い要求に応えるべく日々格闘しています。

試験に重要な「適熟」の判断は、リンゴのお尻から出る香りの強さが決め手です。

（写真は、真剣ににおいをかいでいる様子）。

カチャカチャTIPS

(果物とお茶の質問コーナー)

【質問】

摘果作業って何？

【回答】 カンキツ研究領域 カンキツ栽培生理ユニット 主席研究員 滝下 文孝

【回答】

摘果と目的

摘果作業とは、おいしい果

物を育てるために、果実の生育の途中段階で余分な果実を取り除く作業です。カンキツやモモなどの幼果は手でもぎ取ることができませんが、リンゴ、ナシ、カキ、ブドウなどは専用の摘果バサミで落とします。摘果の最も重要な目的は、残した果実に養分を集中

させ、果実肥大を促進し、玉摘いを良くし、高品質な果実の生産を行うことです(写真

1)。リンゴ、ナシ、モモ、

カキ、また、カンキツ類の中でも「不知火」など大きめの果実が好まれるものは、十分な摘果が必要で、初めに着果した果実の数%しか残さないことがあります。一方、ウンシユウミカンはやや小さめの果実、中晩柑の「はるみ」は中玉の果実で品質が良いので、摘果し過ぎると果実が大きくなり品質が低下します。摘果の段階では、傷果、病虫害や裂果が発生した果実、日焼けした果実、日陰で生育の悪い果実も取り除きます(写真2)。また、摘果には果実の連年安定生産の目的もあります。つまり、その年の着果数

が多すぎると、果実に多くの養分が使われてしまうため翌年の花芽が少なくなる場合がありますが、適正に摘果を行えば、翌年の着花が確保されて、毎年安定して果実を生産することができます。



写真1 摘果前(左)と収穫期(右)の「はるみ」



写真2 左から病害果、裂果、日焼け果

摘果基準

このように摘果作業は重要ですが、取り過ぎると収量や品質の低下を招きますので、適正な基準に基づいて果実を残す必要があります。摘果基準は果実当たり葉数、樹冠容積当り果実数、隣の果実との距離などに基づき、果物の種類や品種によつて定められています。

摘果の時期

摘果作業は時期により粗（あら）摘果、見直し摘果、仕上げ摘果などと呼ばれます。粗摘果は全体の着果数を減らすことが目的で、労力と時間がかかります。そのため、リングやカンキツ類では摘果剤の力を借りる方法があります。

仕上げ摘果は最終的な収量と果実品質を決める重要な作業ですので、労力はかかりませんが通常人力で行われます。ウンシユウミカンの仕上げ摘果時期は近年遅くなってきており、8月から9月が中心となっています。また、省力化等のため、樹冠上部摘果、枝別群状摘果、樹別、半樹別全摘果といった、作業する範囲を絞る方法が考案されています。ミカンの摘果作業は暑い時期に行いますので、しっかりと熱中症対策をとることが必要です（写真3）。



写真3 摘果作業
（空調作業服で暑さ対策）

編集後記



来年の2020年に生産量世界一を誇るリンゴの「ふじ」が生誕80年を迎えます。食味はもちろんのこと、抜群の貯蔵性や豊産性、栽培のしやすさなど、何をとつてもパーフェクトなリンゴ界のスーパースターです。しかし、当初は果実の着色が致命的なほど悪く、新品種として導入することをためらう農家も多かったそうです。しかし、現在のでは色づきの良い「枝変わり」品種の登場によつて「ふじ」の着色は大きく改善されています。「枝変わり」というのは1本の樹の一部の枝で突然変異が生じ、果

実の色づき程度や成熟期の違いなど、これまで見られなかった特徴が現れるものです。その枝を穂木として台木に接ぎ木すると少し性質の変化した苗木を作ることが出来ます。果樹の「枝変わり」は100万本に1本程度の割合で発生し、そのほとんどは、果樹農家が自分の畑で見つけたたものとす。「ふじ」は、品種としての優秀さもさることながら、果樹農家の鋭い観察眼や真摯な努力のたまものであることを、テーブルの上の赤い「ふじ」を見ながら改めて実感しました。

ヨッシー

Fruit & Tea Times No.17 Dec. 2019. (令和元年12月発行)

編集・発行：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門

事務局：研究推進部 研究推進室 TEL 029-838-6447

住所：〒305-8605 茨城県つくば市藤本 2-1 <http://www.naro.affrc.go.jp/nifts/index.html>

