

カンキツ連年安定生産のための

技 術 マ ニ ュ ア ル



(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター



NARO

農研機構

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

「隔年結果」の防止は、カンキツ栽培において長年にわたって取り組まれてきた課題です。

隔年結果を助長している要因を整理すると、台風や干ばつなどの異常気象による樹体の衰弱、密植園や老木園の増加、生産者の高齢化による不十分な管理、さらに消費者の高品質果実ニーズに応えるための果実生産による樹勢低下などが挙げられます。これらに対して、土壌管理、結実管理、また、隔年結果傾向の強い高糖系ウンシュウに対応した管理に関する技術の開発や、開発された技術の普及は十分とは言えない状況です。

(独)農研機構近畿中国四国農業研究センターでは、平成15年度から5年間にわたって、大学、県試験研究機関および民間企業の参画を頂いて、隔年結果を防止すると同時に高品質果

実生産を維持できる技術の開発・実証を行うプロジェクトを実施しました。本書は、そのプロジェクトの成果をもとに、生産および指導・普及の現場で役立てて頂けるようにとりまとめたものです。

本書では下図および次頁のとおり、隔年結果しにくい樹相へ転換するための土壌・樹体改善技術、適切な管理に活用するための養水分状態診断技術、また、これらを支える技術として、省力化や防災のための園地整備技術、さらに、樹体管理技術を実際に導入した場合の経営的な評価を紹介しています。

なお、土壌・養水分管理技術であるマルドリ方式については、当センターのウェブサイトにて技術マニュアルを公開しています。また、本書についても同様にpdfファイルを公開していますのでご利用下さい。

第一部

高品質連年生産のための土壌・樹体改善技術

土壌や樹体を適正に管理することにより、連年安定生産できる樹相へ転換し維持する。

第二部

樹体の養水分状態の迅速診断技術

樹の養水分状態を迅速・的確に診断し、管理に活用する。

隔年結果の防止とともに
高品質果実の生産を目指して

第三部

省力化・防災のための園地整備技術

作業の省力・軽労化、および災害の防止・復旧のために小規模な園地整備を行う。

第四部

高品質連年生産技術の経営的評価

さまざまなタイプの経営に連年安定生産技術を導入する効果を評価する。

本書の構成内容 ~目次に代えて~

第一部 高品質連年生産のための土壌・樹体改善技術

第1章 弱剪定と後期重点摘果

隔年結果を防止するには、まず、連年生産型の樹相に転換する必要があります。そのために、独立樹にした上で剪定を弱くして、短い枝の揃った状態にします。そして、果実品質を高めるために、着果ストレスを利用した摘果を行います。

第2章 摘葉処理を中心とした高糖系ウンシュウの枝梢管理

高糖系ウンシュウは隔年結果性が強く、大玉果がなりやすいので、樹勢のコントロールが特に重要です。高品質連年生産のために、樹の特性に応じたきめ細かい枝梢管理を行います。

第3章 バークストリッパーを利用した部分深耕による土壌改良

高品質生産のためにマルドリ栽培を行う場合、適宜土壌改良を行うことが、樹勢維持による隔年結果防止と品質向上に有効です。点滴チューブを傷めず、水の力で土壌改良のための穴を掘削します。

第4章 細根を増加させるための小型機械を利用した土壌改良

隔年結果を防ぎ、高品質生産を行うためには、十分な細根を確保して樹勢を維持することが重要です。そのために必要な土壌の物理性改善を、小型機械を用いて省力的に行います。

第5章 高糖系ウンシュウの連年安定生産のためのヒリュウ台利用技術

高糖系ウンシュウは、樹勢が強いため隔年結果しやすい特性を持っています。台木としてヒリュウを用いることにより、低樹高となり、樹勢・着花が落ち着いて、連年安定生産が可能となります。



第三部 省力化・防災のための園地整備技術

第10章 階段園における運搬車活用のための小規模園地改造技術

階段園では機械の利用が困難であり、特に収穫果実の運搬作業は重労働となります。入手しやすい市販の資材を用いて、階段園内で動力運搬車を利用可能にするスロープなどを設置します。

第11章 ジオテキスタイルを用いた小規模石垣の修復法

階段園の石垣は、水が集まりやすい場所では豪雨により崩壊した場合、そのまま積みなおしても再び崩れる可能性があります。施工の容易な省力的手法により、石垣の小規模な崩壊を、より良い状態に修復します。

第二部 樹体の養水分状態の迅速診断技術

第6章 光学的手法によるカンキツ樹の総葉面積計測法

総葉面積は、樹勢を診断する重要な指標となりますが、直接的な測定は容易ではありません。安価なデジタルカメラを用いて、総葉面積を省力的に推定します。

第7章 夏季の水分ストレスを簡易に判別する表示シート

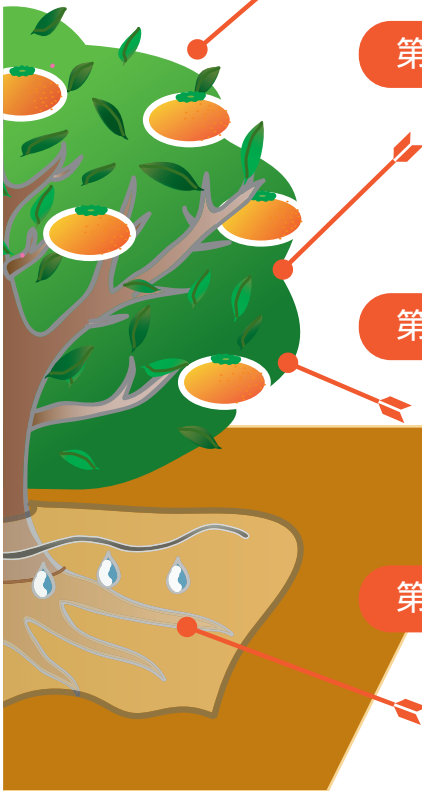
高品質果実生産には水分ストレスの適切なコントロールが重要です。圃場で迅速に、かつ低コストに水分ストレスを判別し、灌水のタイミングを判断する指標にします。

第8章 可搬型近赤外分光器による葉中窒素測定と栄養診断法

高品質生産を続けようとする、樹の栄養状態が悪くなり、品質のばらつきや隔年結果を招きがちです。圃場にも持ち込める小型の機械で、迅速に葉中窒素を測定し、養分管理に活用します。

第9章 近赤外分光法による根中デンプンの測定と着花量予測

収穫前の根中デンプン量は、翌春の着花量を予測する指標となり、早期の隔年結果対策に活用できます。葉中窒素測定と同じ小型機械で、迅速に根中デンプン量を測定します。



第12章 マルチ栽培園における小規模排水路設置技術

マルドリ栽培などでマルチを敷設する場合、降雨時の排水のコントロールが重要になります。専門的な技術を用いることなく、省力的かつ低コストに小規模な排水路を設置します。

第13章 標高メッシュデータを用いた斜面崩壊危険度評価手法

傾斜地カンキツ園地帯では、豪雨時に崩壊する危険の高い場所を予測することが、効率的な対策に有用です。入手しやすいデータと市販のソフトウェアを用いて、斜面の崩壊危険度を評価します。

第四部 高品質連年生産技術の経営的評価

第14章 高品質連年安定生産技術を導入したカンキツ経営モデル

傾斜地に園地を持つカンキツ経営には、いくつかのタイプがあり、園地面積や作業条件の違いから、連年安定生産技術の効果的な導入法も異なります。3タイプの経営モデル別に、連年安定生産技術の導入効果を評価します。

カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル

第一部

高品質連年生産のための土壌・樹体改善技術

第1章

弱剪定と後期重点摘果

この技術の概要

ウンシュウミカンは近年気象変動等の影響を受け、全国的に隔年結果を繰り返しています。そのせいか糖度の高い果実を毎年安定してつくるのは容易ではないと考えられています。しかし、個々の生産者に視点をあわせると毎年ならせる農家が存在し、これらの農家では摘果・施肥等の基本管理をしっかり行ったうえであまり強い剪定をしないことが共通してみとれます。このような現場の例をヒントにしながら、まず食べておいしいと感じる高品質果のつくり方を追求し、なおかつ収量を安定させるため試験を積み重ねた結果、高品質と連年生産の両立を可能にする方法として弱剪定・後期重点摘果技術を開発しました。

この技術についてはこれまでの栽培管理とかなり異なるところが多く、異論・反論もあります。しかし、論より証拠、営農試験地を中心に県内外のいくつかの園地において実証と普及に努め、ほとんど例外なく好結果が得られ、少しずつ理解されるようになってきました。ここでは連年多収生産への近道として開花後の弱剪定、そして高品質生産を確かなものとする後期重点摘果について、栽培管理上の手助けになるようできるだけ具体的に記述します。

年間作業体系

早生温州を例に年間の作業を図1に示します。原則として剪定の時期は5・6月頃にごく軽く行うこと、粗摘果は8月中旬までは軽めにしておき、仕上げ摘果は盆を過ぎてから本格的に始め9月中心に行うことが大きな特徴です。また、積極的な灌水や施肥も重要です。

弱剪定

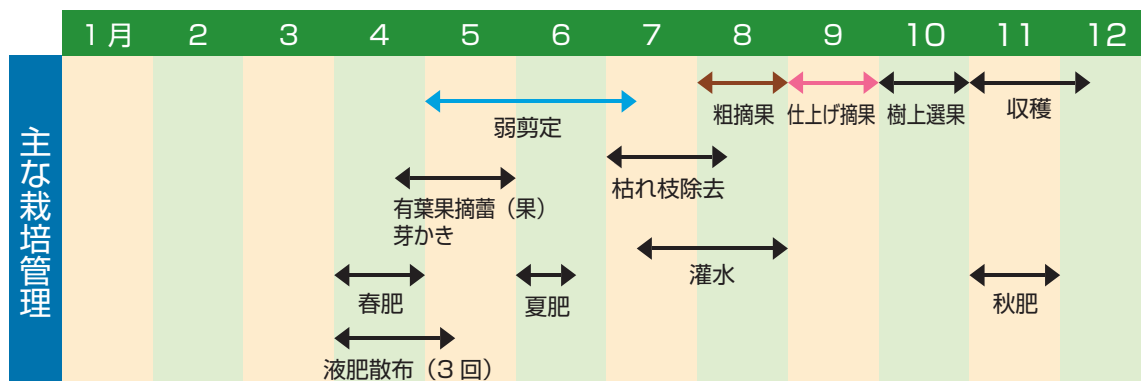
(1) 独立樹で栽培

独立樹はあらゆる果樹栽培の基本です。株間を広くゆったりと剪定をごく軽くすれば葉密度が徐々に増加します。間伐しても収量はそれほど変わらず商品果率は確実に増え、作業性が改善され、所得増につながります（図2、3）。

(2) 整枝・剪定のポイント

—開心型ではなく自然型で—

ミカンの整枝は開心自然型がよいとされています。しかし、樹冠内部の枝葉にも直射光がよく当たるようにざっくりと樹冠を割り込み、型に拘っ



- ・ 着果が非常に多い場合（葉果比8以下）には8月に2回くらいに分けて粗摘果する。
- ・ 夏秋梢を吹かせないように注意する。
- ・ 仕上げ摘果後に見残しがある場合には収穫までに樹上選果する。
- ・ 有葉果摘蕾（果）は表年樹、芽かきは裏年樹に対して行う。

図1 弱剪定・後期重点摘果の年間管理作業（早生温州）

た樹を多くみかけます（図4）。ミカンには伊予柑等に比べて樹冠の内部にまでよく結実します。このことは、ミカンは耐陰性がかなり強いことを示しています。常緑性のカンキツすべてにいえることですが、とくにミカンは弱剪定が基本です（図3、5）。「いかに切るかではなく、いかに切らずにすませるか」が整枝・剪定に取り組む際のポイントです。考え方を切り替え、独立樹にしてゆったりとつくれれば2～3年で図6のように葉数が増加し、新梢が短く揃った連年生産型の樹相に転換できます。

1) 剪定は5月まで待つから

剪定は発芽前（3月）にするのが一般的ですが、本当にこれでよいのでしょうか。カンキツは冬季～4月下旬まで開花に備えて光合成産物を樹

体に蓄えています（図7）。このことは旧葉が働いていることを意味しています。3・4月の剪定で旧葉を失うことは大変な損失です。この頃は花器の形態が発達する時期で生理的にみても気象的にも不安定です。焦ることなくじっくり待つてご

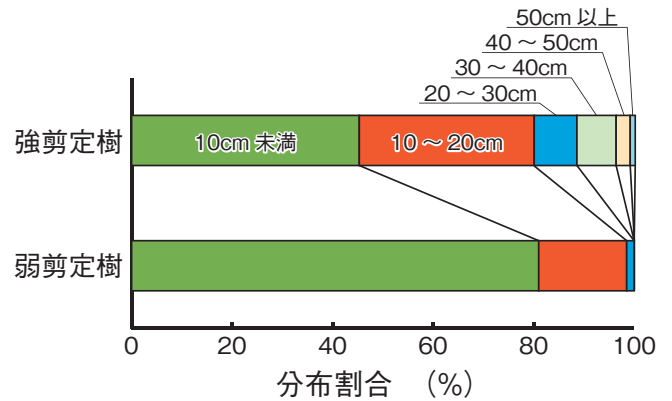


図2 剪定の強弱と新梢長

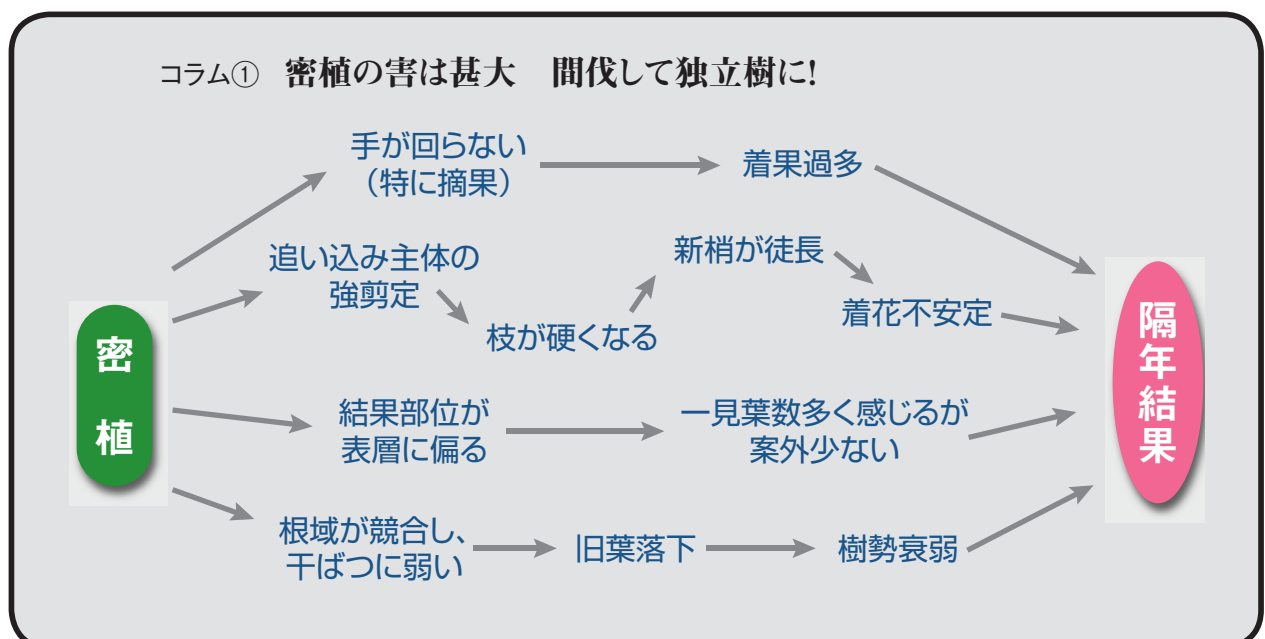


間伐前

間伐後（その年）

間伐後（翌年）

図3 間伐し弱剪定を続けた結果たわわに実る古田温州（砥部町）



軽く切ります。ただし、最終的に連年生産型の樹になった後は、剪定の時期を少し早めて4月に行っても剪定が軽ければ大きな問題はありませ

2) 整枝ができていのに強剪定を続けてきた樹

図4のように強剪定を続けてきた樹では少なくとも2～3年剪定は不要です。夏季(7～9月)に枯れ枝のみを切除します。図5,6のように主枝・垂主枝等の骨格がほとんど見えなくなるくらいに



内なりを外なりにしようという意識が勝ちすぎている。

図4 典型的な強剪定樹(八幡浜市)

一度混んだ(ようにみえる)状態にします。

側枝の取り扱いとしては、図8右のように先端が垂れた状態を維持することが大切です。図8左のように先端を追い込むと上向きの強く長い新梢が発生し、図5のような樹相にはなりません。

3) 弱剪定により葉密度が増えてきたら

数年間弱剪定に取り組み葉密度が増えてきたら、図9のように株元に近い基部の大枝あるいは発生位置の低い第1垂主枝を切除します。そ



このようにするべき。

図5 弱剪定樹(八幡浜市)



弱(無)剪定でこうなる。摘果さえしっかりやれば毎年なる。

図6 葉密度の高い連年生産樹(南柑20号)

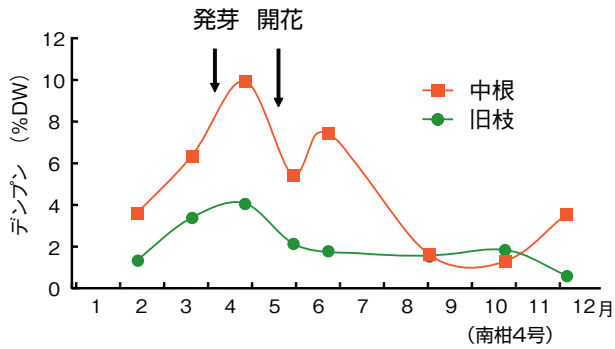


図7 枝・根中デンプンの変化

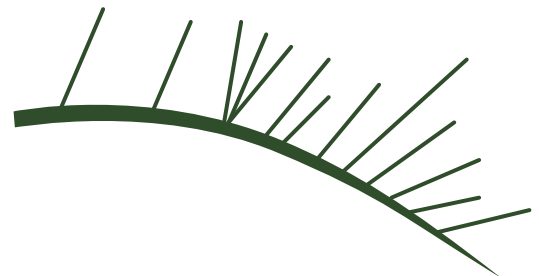
して、このような大枝を落とした場合、その他細部についてはできる限り剪定せずにそのまま維持します。基部の大枝は葉数も多いため、切ると強剪定になるようにみえます。確かに発芽前の3月に切ると強い新梢が発生して樹相が不安定になりますが、開花後(5～6月)だとそういうことはまずありません。このように剪定の強弱を切った量だけで判断することはあまり意味がなく、剪

定の時期も大きく影響します。

基部の太枝を切除する理由は、この部位は量こそたくさん採れますが、相対的においしいミカンができにくいからです。すなわち上部から発生した枝に比べ栄養生長が勝ち、高品質果の生産には適さないのです。また、この部位を除くと上から下垂する枝を切ることなくそのまま使うことができ、さらに除草や摘果等の作業性も改善されます。

4) 上下左右の枝の関係

手で触れて硬い枝からは強い新梢が発生し、糖度の高い果実はできません。このため硬すぎる立ち枝は混み具合をみて軽く間引きますが、上部から垂れてくる下垂枝は基本的に切らずにおきます。弱い下垂枝は夏季に枯れ込み、混み合う原因にはならないので枯れてから切り落としたので十分です。細部の剪定においてもできるだけ切らないことを常に意識し、必要最小限にとどめます。



着花・結実不安定、果実品質不良



おいしい果実が毎年なる

図8 側枝の取り扱い



a: 切除前



b: 切除後



c: 切断部位

次に右斜め上に立ち上がる大枝を数年後に間引く。



d: 現地の例

左下の大枝が不要

図9 葉密度が増加した後の基部大枝切除（興津早生、5月）

5) 表年樹の剪定も間引き主体、時期は4月

表年樹についても間引き主体の剪定が基本で、充実した夏枝を利用します。そして5月にかけて有葉花（果）の摘蕾を必ず行ないます。表年樹では有葉花（果）はわずかですが、摘蕾（果）により新梢を確保することができます（図10）。図11はよくない剪定の例です。切り返し（予備枝の設定）は枝を硬くし、葉数は増えないので原則としてしません。むやみに切り込んでも期待したほど新梢が発生せず、ベタ花は解消されず貴重な旧葉も失ってしまいます。剪定ではなく、有葉花摘蕾と摘果が重要です。なお剪定の時期は、前年がひどい不作で夏秋梢が多く発生した樹では、ベタ花が予想されるので小さな花蕾が見え始める頃（4月）に行ないます。

6) 裏年樹は剪定せず芽かき

裏年樹については剪定をせず強く長く伸びる新梢の芽かきを徹底して行います。結実促進としての被さり枝の除去は、強剪定樹では強い新梢があちこちから発生し結実安定効果はあまり期

待できません。翌年の表年が安定生産に切り替えるチャンスです。

後期重点摘果

めざすところは食べておいしいと感じる果実の生産。すなわち果皮の橙色が濃く浮皮がなく糖度が高く、酸は下がり、うまみがぎゅっと詰まった果実です。弱剪定とこれから述べる摘果の要領を守って取り組めばこのようなミカンが生産できます。

(1) 効果

後期重点摘果の効果を以下に列挙します。

- ①糖度が約1高くなり食味が優れる（図12）。
- ②着色の開始が早くなる。
- ③果皮色が濃くなる。
- ④浮皮が軽くなる。
- ⑤β-クリプトキサンチンが増加する。
- ⑥酸はほとんど変わらない。
- ⑦貯蔵炭水化物が十分蓄積され、翌年の着花・新梢とも

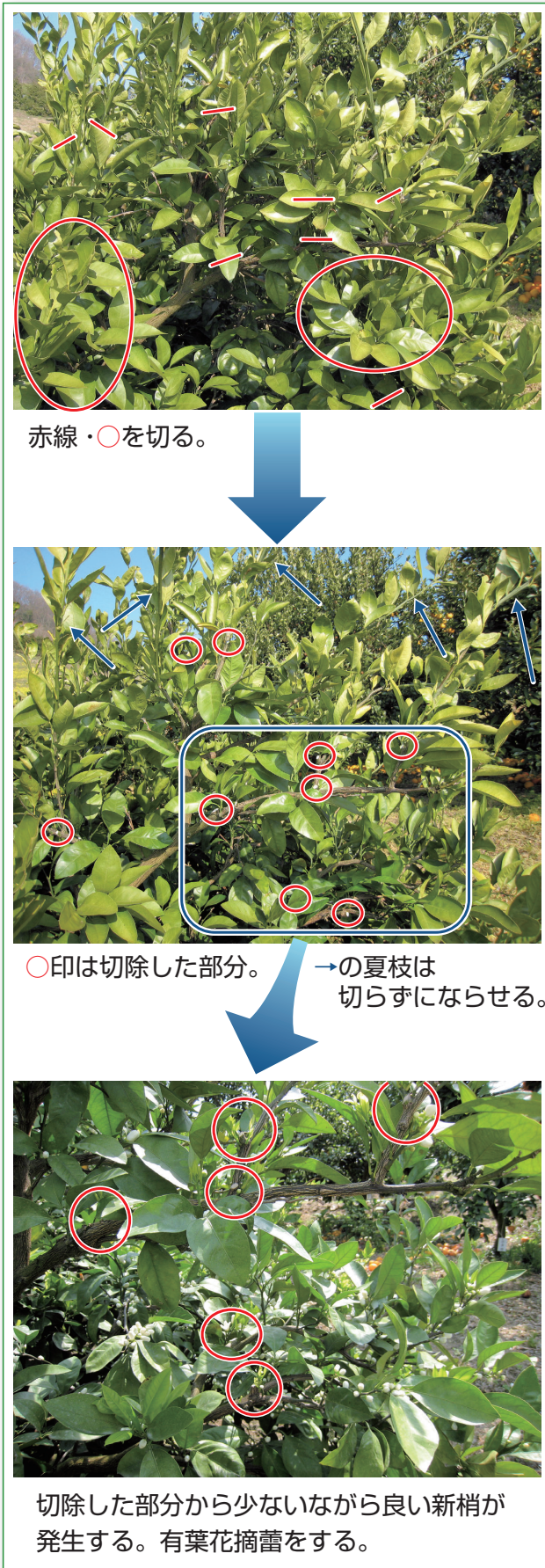


図 10 表年樹の切り方 (愛媛中生)



図 11 やってはいけない剪定の例 (宮川早生)

に多い。

砥部町の大津4号15aにおいて、2003年から高品質果実連年生産の実証試験を行なってきました。2005年までの3年間はほとんど剪定をせず、後期重点摘果・マルチ・点滴かん水技術を導入したところ、葉密度が高まり、収量は3～4tから5tレベルに増加し、L級中心、糖度は平均11のレベルから12～13度の果実が安定して生産されるようになってきています（表1）。

(2) 摘果の方法

品種ごとの摘果の時期と程度について表2に示します。これを基準に品種構成、園地条件、着果量、労力等と照らし合わせ、粗と仕上げの割合を調整し、摘果時期を多少前後させます。

1) 早生ウンシュウ（隔年結果のあまりない樹）

果皮が滑らかになり始めてから摘果に取りかかります。滑らかになる時期は樹勢、着果量、土壌条件等に左右され樹によってかなり違います。傷果、日焼け、外周部の大果は原則9月以降の仕上げ摘果で落とし、まず図14のような側枝に直接着いた明らかに品質の劣る直果を除きます。同時に樹全体の肥大状況を把握し、小玉を間引き摘果します。この時、果実が全体的に大きいようなら粗摘果はせず裏年樹を扱うように管理します。画一的に作業するのをやめ、図13

～16を参考に樹ごとに摘果の時期や程度を調整します。最終的に樹冠外周部近くに下垂するようにまばらに着果させます（図5）が、夏秋梢を出させないように注意します（図17）。そのため主枝・亜主枝・立ち枝等の先端に着いた果実を焦って落とさないようにします。先端部の摘果は、平成19年産のように夏季高温乾燥が続く場合9月下旬からが適期になります。

2) 早生ウンシュウ（表年の樹）

べたなりの早生では、生理落下後の葉果比が5くらいで着果しているのが普通です。このような新葉の少ない樹では、最終的に葉果比30くら

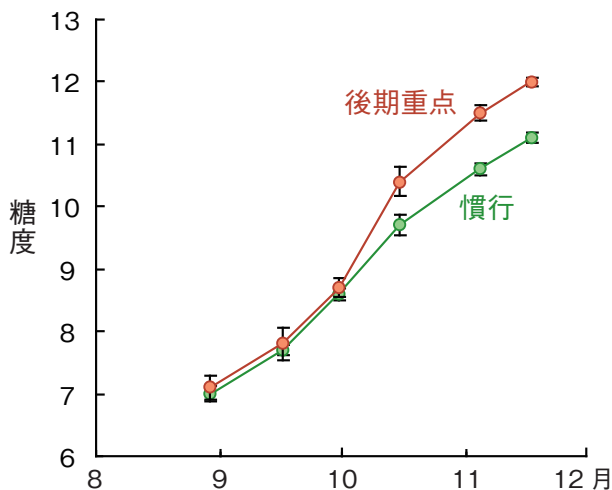


図12 後期重点摘果と糖度
(宮川早生、2003年)


表1 技術導入前後における営農試験地の収量・品質等の変化

調査項目	技術導入前 ←				→ 技術導入後				[大津4号・15a]	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007年		
作柄	表年	裏年	表年	裏年						
収量 (kg/10a)	—	3,306	4,180	4,003	4,509	4,864	4,745	5,486		
糖度 (Brix)	—	11.3	11.8	13.2	12.1	12.6	13.2	13.1		
酸 (g/100ml)	—	1.30	1.40	1.20	0.97	1.23	1.28	1.29		
浮皮	—	中	軽	無	軽	無～微	無～軽	無～微		
LM級果率 (%)	—	40.0	60.0	59.7	65.8	65.7	62.8	66.2		
根中デンプン (%DW)	—	—	—	—	3.9～10.5	1.2～10.1	2.7～11.5	3.1～10.4		
備考				開花後 26本間伐	無剪定	開花後 極弱剪定	開花後 基部大枝剪定	開花後 基部大枝剪定		

注) 根中デンプン: 小根を12月下旬採取、調査32樹の最小・最大値酸が高いのは貯蔵ミカン(3月出荷)なので問題なし

表2 品種と摘果の時期・程度

	程度	早生	中晩生	高糖系
粗摘果	20～30%	8月上～下旬	8月下～9月上旬	8月下～9月上旬
仕上げ摘果	70～80%	9月上～下旬	9月中～10月上旬	9月中～10月中旬

 仕上げ摘果で多く落とした方が糖度はより高くなる

	極早生	早生・中生	晩生
適正な葉果比	17～20	20～25	25

いになるように摘果する必要があり、摘果時期をやや早め粗摘果で葉果比10～12くらいになるまで落とします。落とす果実はまず小さいものを間引きます。前述したように先端に着き、とくに果梗の大きい果実はうかつに落とすと夏秋梢発生の原因になるので仕上げ摘果まで着けておきます。表年樹はもともと肥大しにくいのにLMをつくらうとすると無理があります。めざす大きさはMで、「最悪Sになればよい」くらいに腹をくりましょう。隔年結果是正をかねて枝別群状着果が推奨されていますが、それでは小玉がいくつか多くなり、糖度も十分上がりません。表年樹では粗摘果の段階でも落とす量が多く、かなり時間がかかるはずで、図18～20、およびコラム②の図22を参考に根気よく取り組んでください。

3) 早生ウンシュウ（裏年の樹）

粗摘果は一切せず9月下旬からの仕上げ摘果、あるいは10月の樹上選果1回で済ませます。中晩生ウンシュウに近い摘果方法をとります。

4) 中晩生ウンシュウ

基本は早生と同じです。粗摘果はごく軽く、仕上げ摘果中心で浮皮や大果になりやすい果実を落とし、徹底して下垂着果させます（図21）。樹冠内部や葉裏の小果なども見残しなく摘果します。早生に比べると着果量はそれほど多くないのでほぼ1回で仕上げることができます。正品率を高めるためできれば収穫前までに樹上選果を

行います。

水管理・施肥

(1) 灌水

梅雨明け後は早めに灌水し、強すぎる水ストレスを回避し、少量多回数（10～15mm、5～7日間隔）とします。8月以降も降雨が少ないかなければ灌水を続けます。点滴チューブを利用すると少量の水で灌水効果大です。

(2) 施肥

窒素の年間施用量は10a当たり4tの収量の場合、成分量で約20kgが標準です。樹勢、土質、収量等と照らし合わせて過不足なく施用します。また、耕土の浅い乾きやすい園では、吸収効率の優れる夏肥を年間成分量の3分の1施用することを勧めます。しかし、強剪定を続けて枝が硬く葉数の少ない樹では、浮皮、着色遅れ等逆効果となることもあります。後期重点摘果を取り入れ弱剪定でしなやかな枝を作って葉数が増えるのを待ち、翌年あるいは翌々年から施用するとよいでしょう。

樹冠外周部に8月中旬頃までに下垂するようにさせ、果皮が滑らかになり始めてから摘果に取りかかる。

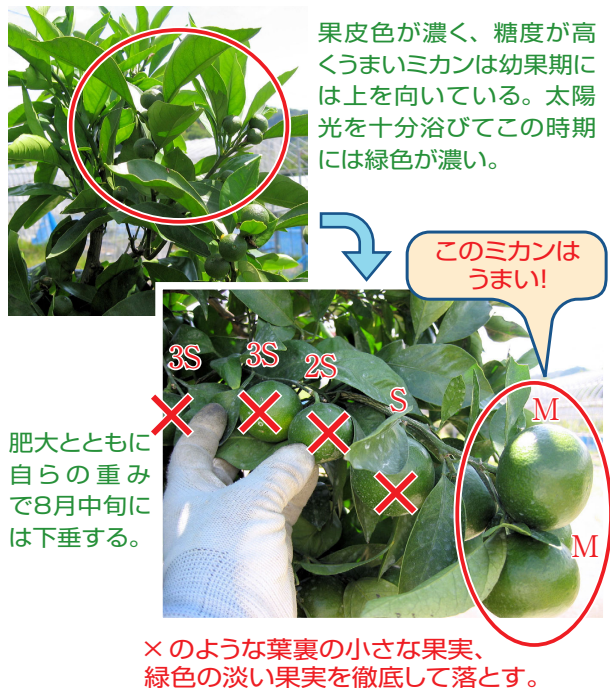


図 13 後期重点摘果のやり方 (早生ウンシュウ)



図 14 優先的に落とす果実



図 15 日焼け果 (上)、9月になっても下垂しない果実(下)



図 16 仕上げで摘果する果実 (上) と残す果実 (下)

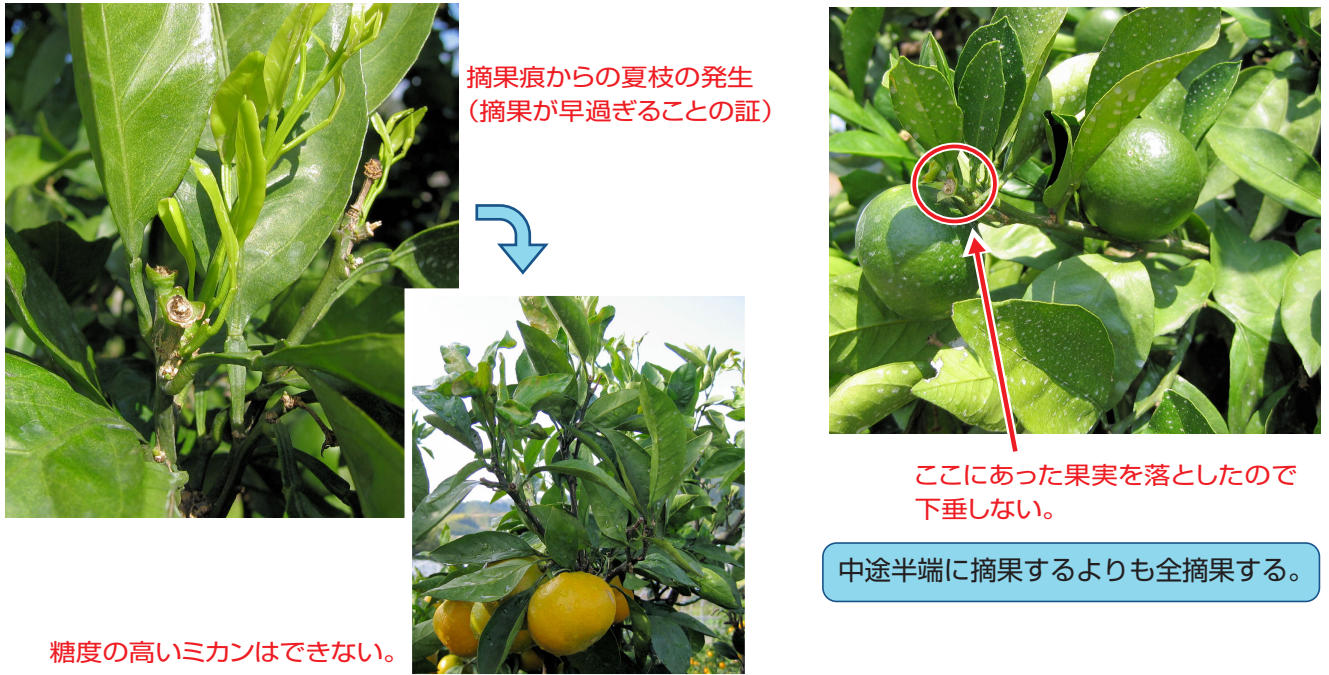


図 17 やってはいけない摘果の例



図 18 非常によくなっていて小果が多い場合の摘果

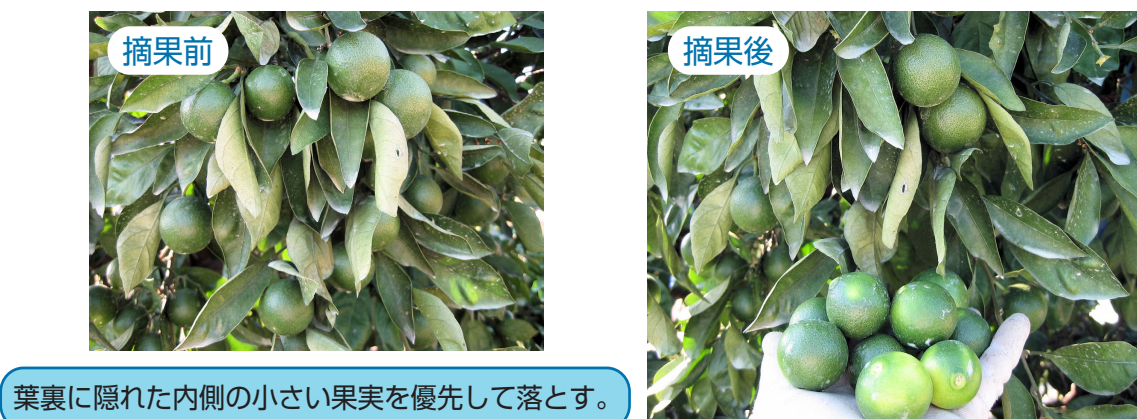


図 19 べたなり樹



基部に近い果実、緑色の淡い果実、油胞密度の粗い果実、相対的に小さい果実から落とす。この母枝の強さでは先端1個を残す。

図 20 房状にたくさんなっている母枝



上向き果、果皮の粗い有葉果などを摘果



摘果痕から芽吹かせないこと!



粗摘果後 (9月下旬)

中玉で揃い、品質が優れる。この状態で、葉裏にあるたくさんの果実を9月中旬～10月上旬に摘果する

基本は早生と同じ。粗摘果はごく軽く、仕上げ摘果中心で浮皮や大果になりやすい果実を落とし、徹底して下垂着果させる。樹冠内部や葉裏の小果なども徹底して摘果する。

図 21 中晩生ウンシュウの摘果

マルチとの組み合わせ

表 3 にマルチと組み合わせた場合の摘果の時期を示します。極早生で糖度 11 を目標とした場合、着果管理だけで糖度を上げるのは困難です。どのような年でも糖度 11 をクリアするためにはマルチと併用すべきです。マルチと後期重点摘果を組み合わせれば早生・中晩生についても糖度をさらに 1～2 引き上げることができます。ただし、水ストレスと着果ストレスの相乗効果で肥大が鈍り、酸が高くなりがちです。樹の状態をよく観察し、

ストレスがかかり始めたら早めに積極的に少量多回数で灌水します。灌水には点滴チューブの導入を強く勧めます。

コラム② 後期重点摘果の意味するところ

－着果ストレスをうまくコントロールする－

単に摘果を遅くすること、イコール後期重点摘果ではありません。あくまで後期に重点的に摘果するのであって、表年樹の摘果で述べたように従来と変わらず早めに摘果する場合があります。摘果を遅らせると樹には着果ストレスがかかり、果皮が早く滑らかになります。この変化が摘果してもよいというサインで、日照が多く耕土の浅い園でよくなりこんだ早生ウンシュウでは、7月下旬頃には果皮が滑らかになることもあります。この状態では全体に小果が多いはずなので内なりや房なりの小さい果実および図14のような果実から摘果し始めます。すでに着果ストレスが十分にかかっているのを少しずつ数回に分けて摘果し、過剰なストレスを解除します（図22）。しかし、最終的な仕上げは天気を見計らいながら8月下旬以降に行います。



8月上旬に粗摘果した果実で地面はびっしり。



左の樹の樹冠上部。ほどよい着果ストレスがかかっている。仕上げは9月。小さすぎる果実は見あたらない（小さい果実を徹底して摘果しているから）

図22 よくなりこんだ樹の上手な着果ストレス利用例
(宮川早生、八幡浜市、8月下旬)

表3 マルチと組み合わせた場合の摘果時期

	極早生	早生	中晩生
目標糖度	11 以上	12 ～ 13	12 ～ 13
粗摘果	7 月中～ 8 月上旬	8 月上～ 中旬	8 月
仕上げ摘果	8 月中～ 下旬	8 月下旬～ 9 月中旬	9 月～ 10 月上旬

特に留意すべきこと

(1) 夏秋梢を出さない

近年夏秋季に気温が高く、干ばつ後の雨あるいは灌水により摘果痕等から夏秋梢が発生し、着色不良、糖度不足になる園をよくみかけます。その年の気象に臨機応変に対応し「絶対に夏秋梢は出さない」くらいの気構えで取り組みます。

(2) 良くない果実は思い切って落とす

仕上げ摘果では、大きくなった果実を落とすので「惜しい」と思う気持ちが強くなりますが、商品性の劣る果実を思い切って摘果しなければなりません。そうでないと果実の糖度が上がりにくく、小玉の割合が増え、翌年の着花も少なくなります。

(3) 自信がなければ小面積から

粗摘果を軽めで済ませている分、仕上げ摘果の労力・時間は余分にかかります。摘果のスピードに自信がない場合、まず小面積で試行し樹の反応を確かめながら理解を深めてください。

(4) 適期防除

弱剪定を続けて葉密度が高くなってくると薬液がかかりにくくなりカイガラムシ等の害虫の発生が心配されます。注意深く観察し適期防除に努めます。

さいごに

実のところ、摘果の早晩には関係なく適正な葉果比まで摘果し、弱剪定を続けていれば連年生産は可能です。しかし、摘果が早過ぎると本当においしいミカンはできません。おいしい果実を生産するためには十分な着果ストレスをかけてから適正葉果比まで摘果することが重要なのです。すでに取り組んでいる大規模な農家からは、「な

により毎年おいしいミカンができるのがよい。8月下旬から10月はとても忙しいが、盛夏季には体の負担が軽い。剪定枝の片付けが少なくて楽。焦ってこの時期までに済ませなければならないということが激減し、年間を通してみると精神的に「ずいぶん楽になる」等の声が聞かれます。これまでの強剪定・早期摘果から、「独立樹にして剪定を遅らせてあまり切らない、摘果を遅らせてから思い切っていく」ということに慣れるまでは、人間の方にストレスがたまるかもしれません。長年、腕に染みついた剪定や摘果の癖を変えるのは難しいものですが、樹の生理を理解したうえできちんと取り組めば経営面で必ずプラスになります。

参考文献

- 井上久雄. 農耕と園芸. 4月号. 2007
- 井上久雄. 現代農業. 4月号. 2007
- 井上久雄. 現代農業. 8月号. 2007
- 井上久雄. 現代農業. 9月号. 2007
- 大内建作. 現代農業. 1月号. 2008
- 岡本義弘. 現代農業. 4月号. 2008

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第2章

摘葉処理を中心とした 高糖系ウンシュウの枝梢管理

担当：農研機構 果樹研究所
カンキツ研究口之津拠点

深町 浩・稗圃直史*・
佐藤景子・高原利雄
(*現在、長崎県果樹試験場)

この技術の目的

‘青島温州’等の高糖系ウンシュウは、果実の糖度が高い反面、果皮が粗く、じょうのう膜の硬い商品性の劣る大玉果がなりやすい上に、樹勢が旺盛で隔年結果しやすいという欠点があります。そのため、高品質果実を連年安定的に生産することは、一部の篤農家を除いて、なかなか実現困難です。

ここで紹介するのは、高糖系ウンシュウで商品性の高い高品質な中玉果の連年安定生産を行うための、摘葉処理、有葉花摘蕾、上向き果実の果梗枝ごと剪除、弱剪定などを中心とした枝梢管理技術です。

枝梢管理技術

(1) 摘葉処理

従来の隔年結果対策技術として、不作年の秋に輪状芽の直上で夏枝を剪除する夏秋梢処理があります。しかし、もともと枝の発生が少なく、また、発生した枝が長大になりやすい高糖系ウンシュウでは、着花数を減らす効果はあるものの早生ウンシュウほどには翌春の発育枝数が増加せず、また、発生した発育枝も比較的強い枝になりやすく、中玉果の安定生産に対する効果は大きくありません。夏秋梢に対して、剪除しないで摘葉処理を行えば、細く短い枝を多く発生させるのに有効です（図1参照）。

具体的には、冬季に太く長い枝の先端1、2葉を残し、それより下の葉を春枝部分まで全て摘葉します。処理する枝は長大な夏秋梢と春枝でも強い枝であれば摘葉を行います。摘葉処理により翌年度の発育枝が増加し、特に、優良な結果母枝となる8cm以下の細く短い枝が著しく増加します（参考①参照）。また、着果がほとんどなく翌年が極端な着花過多と予想される時は、

摘葉するとともに先端2、3芽の切り返しを組み合わせると、細く短い枝の確保だけでなく春季の着花が減少するので樹相のバランスを回復させるのに効果的です。なおこの場合、早め（秋季）の摘葉処理も同様な効果が期待できます。

摘葉処理は着花減少だけでなく、優良な結果母枝（弱枝梢）を発生させることが主目的であるため、弱枝梢が多く発生し落ち着いた樹相になるまで数年間繰り返し行うことが重要です。摘葉処理自体は冬季の長期間にわたって実施できるという長所があります。また、処理そのものも剪定のように熟練を必要とせず、しかも簡便であることから初心者でも十分実施可能な取り組みやすい技術です。

(2) 有葉花摘蕾、芽かき、摘心

5葉以上の有葉花は商品性の低い大玉果になりやすいものです。開花直前にこのような有葉花を摘蕾することにより、不要な大玉果が減少するだけでなく、次年度の優良な結果母枝にできます。摘蕾しなければ、強い果梗枝となって強枝梢の発生源となってしまいます（図2参照）。

なお、この有葉花摘蕾は静岡県三ヶ日地方を中心として高糖系ウンシュウの連年安定生産園では基本技術として導入されているものです。

また、夏秋梢の摘葉処理によっても5葉以上の有葉花が発生する場合があります。ですから連年安定生産型の樹相に移行するために摘葉処理を行う場合、有葉花摘蕾も不可欠な管理技術となります。

さらに、枝の背面から徒長的に発生する新梢の芽かき、開花期においても自己摘心せず遅伸びしている枝梢の摘心などの管理も重要です。

(3) 果梗枝の摘葉と剪除

高糖系ウンシュウの摘果は商品性の低い大玉果の除去が中心になりますが、大玉果をただ単に摘果すると、翌春その太く長い果梗枝から長大な新梢が発生し隔年結果の原因となるので、果梗枝の適切な処理が必要です。

具体的には、まず、斜め～水平向きの大玉果

収穫後に長く太い強枝梢や果梗枝を摘葉して、翌春長さ2～8cm程度、基部径3mm以下の弱枝梢を多く発生させる。



図1 摘葉処理で弱枝梢を増やす

5葉以上の有葉花は品質の劣る大玉果になりやすい上に、その果梗枝からは翌春強い新梢が発生するので、開花期前後に摘蕾する。また、開花期前後に枝の背中から発生した強い新梢を芽かきしたり、自己摘心していない新梢を摘心する。

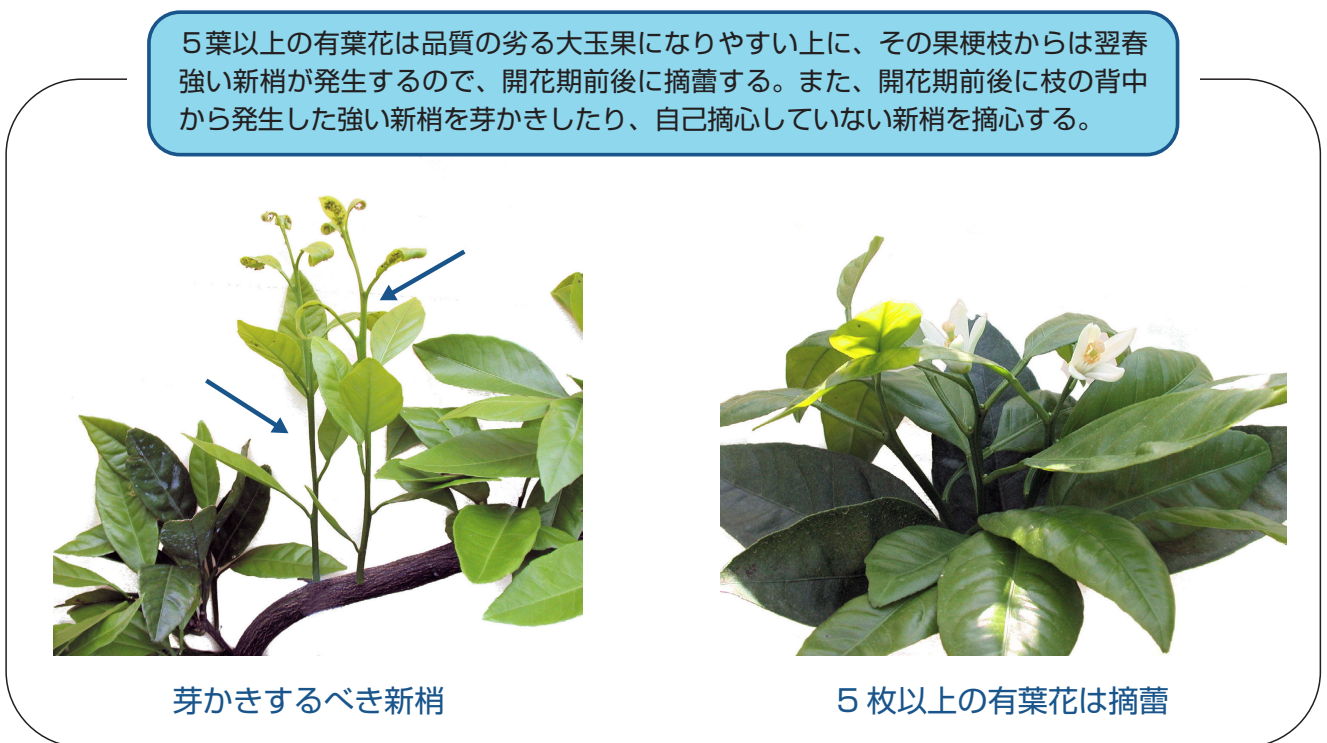


図2 有用花摘蕾、芽かき、摘心で強枝梢の発生源を絶つ

は果梗枝を摘葉処理して摘果します。次に、上向きの果梗枝は摘葉しても細く短い枝を発生させる効果が小さいので、摘果の際には果梗枝ごと剪除します。収穫時にも摘果の際と同様に果梗枝を処理する必要があります。これらの処理により隔年結果の原因となる強枝梢が果梗枝から発生するのを防ぐことができます（図3参照）。

(4) 弱剪定

高糖系ウンシュウでは強い枝が多く発生し、樹形も乱れやすいので、つい剪定が強くなりがちです。しかし、高糖系ウンシュウこそ強剪定は禁物です。密植になったり樹形にこだわりすぎたりして剪定が強くなると、当然枝数が減少するので残った枝から発生する枝は強くなりやすく、強剪定と強枝梢発生の悪循環に陥りやすくなります。独立樹を基本に樹冠を広く確保し、枝が水平～やや下垂する樹相になるよう、樹形にあまりこだわらずに立ち枝を剪除する程度の軽い剪定が重要です。樹形改造は急に行うことは不可能なので、弱剪定を心がけながら数年かけて計画的に行う必要があります。

また、剪定時期は一般的な2～3月に行っても隔年結果の是正は難しい場合があります。着花過多が予想される樹ではこの時期にやや強めの剪定が必要ではありますが、逆に着花不足が予想される樹ではこの時期に剪定すると少ない花をさらに減らしてしまうことになります。したがって、4月になって花蕾が確認できてから極力花を減らさないようごく軽く剪定することが重要です。

上向きの果実は大玉果となるので摘果時に上向きの果実は果梗枝ごと剪除する。



図3 直立果梗枝の果梗枝ごとの剪除

さいごに

ここで紹介した枝梢管理技術の導入により、樹勢の旺盛な高糖系ウンシュウを比較的コンパクトな樹体の大きさに維持し、M～Lサイズの果実を中心とした連年安定生産を行う状態にすることができます。しかし、連年安定生産を妨げる隔年結果の原因には、樹相の乱れ、着果過多、収穫の遅れ、施肥の不足など多くの要因があるため、この枝梢管理技術だけでは高品質果実の連年安定生産は不可能です。連年安定生産を実現させるには、春季に花と新梢がバランスよく発生するような樹相を作り上げ、維持していくことがポイントであり、そのために適正着花、適期収穫、収穫後速やかな樹勢の回復、適切な施肥管理、土壌物理性の改善などの園地諸管理を適正に実施することが重要です。

参考① ‘青島温州’での試験結果

ここで紹介した技術を‘青島温州’に導入する試験を行った結果を以下に示します。

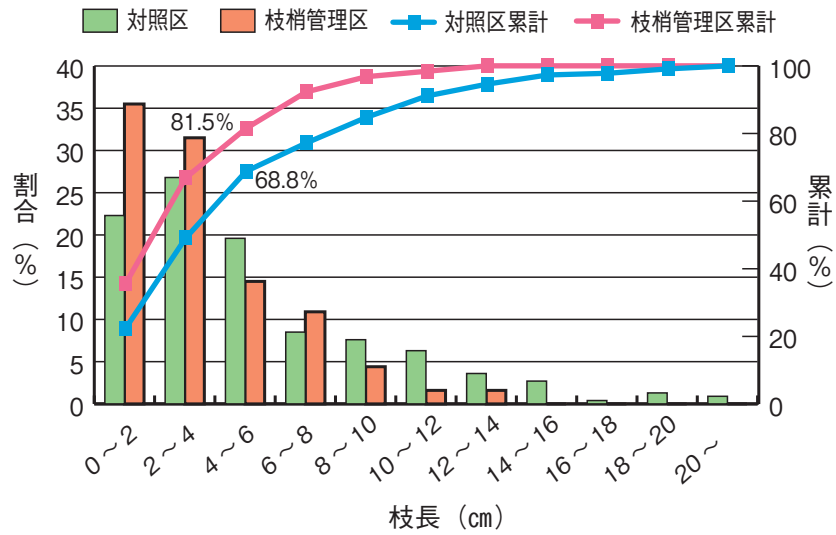


図4 摘葉処理等の枝梢管理を行った樹における发育枝長の分布

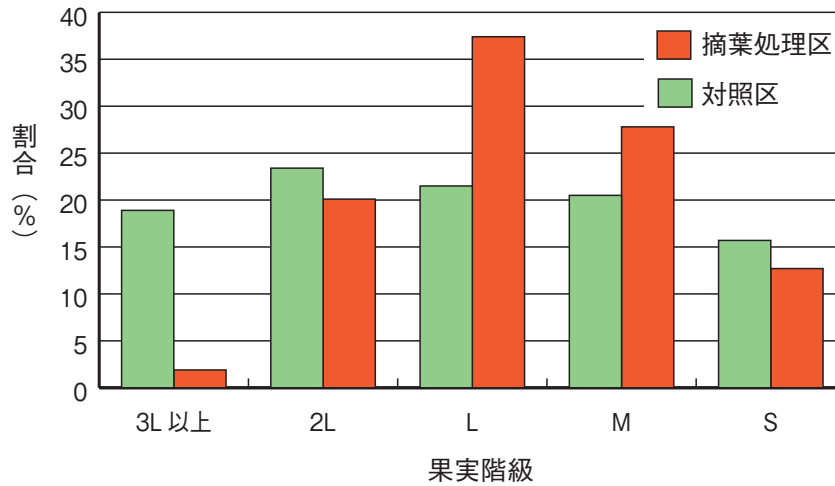


図5 摘葉処理を行った樹における階級別果実の割合

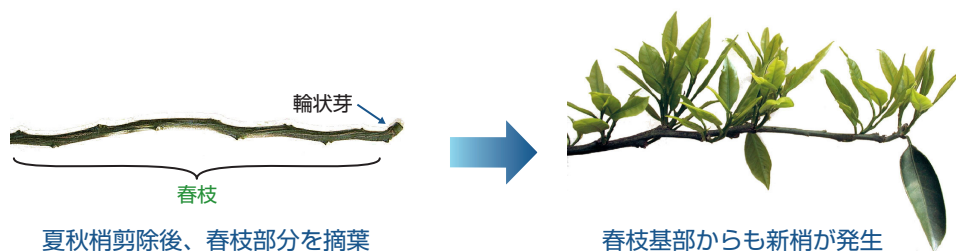
参考② 裏年または表年に行うその他の対策

本文では、毎年行う恒久的な枝梢管理技術について紹介しました。ここでは、裏年と表年のそれぞれにおいて、恒久的な対策に加えて行うと良いと考えられる対策について述べます。

(ア) 裏年（次年産が表年）に行う対策

春には結実促進のために、また、秋以降は次年度の花を減らし春枝を増やすために以下の対策を行います。

- (1) 着花確認後の極弱剪定：花を極力減らさないようにするとともに立ち枝や果梗枝の除去を中心とした極めて軽い剪定を4、5月に行います。
- (2) 芽かき・摘心：開花期前後に徒長気味の春枝や花の近くから発生した春枝を芽かきし、結実を促進します。また、斜め～横向に発生した春枝のうち、開花期頃に自己摘心せず伸長している枝は摘心します。
- (3) 夏秋梢剪除 + 摘葉処理：秋季に夏秋梢を輪状芽の直上で剪除し、春枝部分を摘葉します。



- (4) ジベレリン水溶剤散布：翌春の着花抑制のために12月下旬にジベレリン水溶剤 50ppm もしくはジベレリン水溶剤 25ppm+ 尿素 0.2%（あるいはマシン油乳剤 60 倍）を混用散布します。

(イ) 表年（次年産が裏年）に行う対策

着花過多で新梢の発生が少ないため次年度は着花不足になるので、着花を抑制し次年度の結果母枝を確保するために対策を行います。

- (1) 早期剪定：2～3月にやや強めの剪定を行います。
- (2) 予備枝の設定：春季に新梢の発生が極端に少なくなる場合には、できるだけ早期に枝直径の約 30 倍の長さの坊主枝をつくります。枝の数は、樹齢の 2～3 倍程度とします。
- (3) 葉面散布：樹勢回復のために収穫後すぐに尿素を葉面散布します。

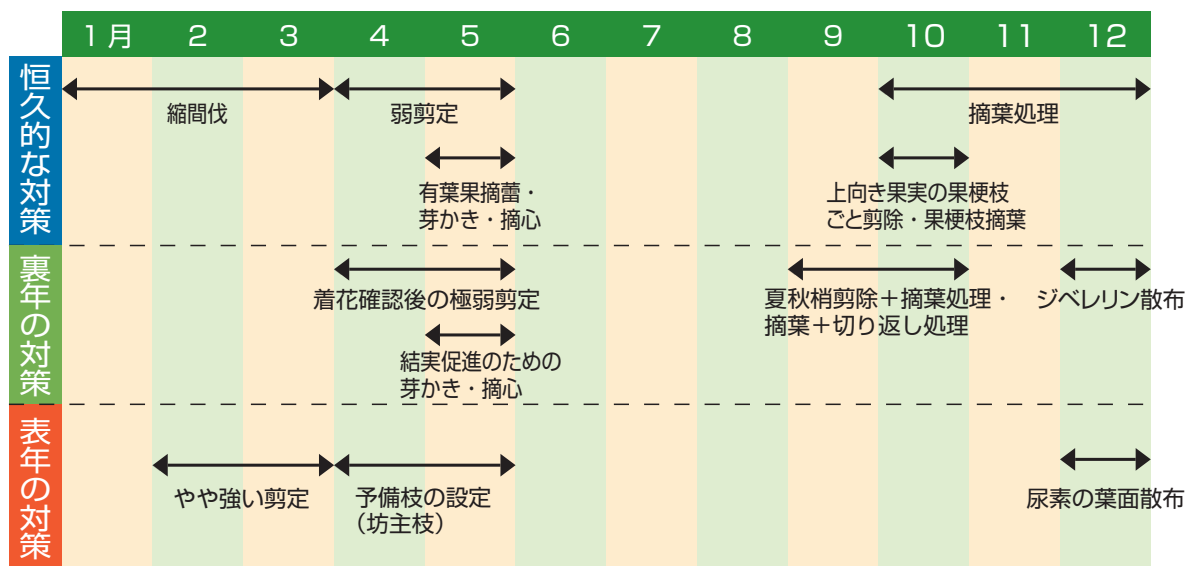


図 6 枝梢管理の年間スケジュール

参考文献

- 浅川将暁・稗圃直史・高原利雄・奥田均・中島貞彦.
高糖系ウンシュウミカンの隔年結果の一因となる枝梢
の形態. 九州農業研究. 66:p.242. 2004.
- 稗圃直史・高原利雄・今井 篤・吉岡照高. 高糖系ウ
ンシュウにおける枝しょう管理法が発育枝の発生に及
ぼす影響. 九州農業研究. 67:p.195. 2005.
- 深町浩. 初心者のための果樹園管理-摘葉処理による
枝梢管理. 果樹園芸. 60(11):p.42-43. 2007.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第3章

バークストリッパーを利用した 部分深耕による土壌改良

この技術の目的

消費動向の高級化のなかで、所得を確保していくためには、透湿性シートを用いたマルチ栽培により高品質果実生産を行うことが必要不可欠となっています。しかし、マルチ栽培では、土壌を極端に乾燥させるため、樹勢が低下し、収量の減少を招いているだけでなく、隔年結果を助長する要因ともなっています。

ウンシュウミカンでは、土壌の物理性と樹体及び果実との間には高い相関があり、土壌の表層域よりも中層域を改良し、細根量を増加させることにより、葉数が増加し、生産力が增強できるだけでなく、品質向上にもつながることが明らかとなっています。

しかし、カンキツ園の多くは傾斜地に立地しているため、土壌改良用の完熟堆肥などを大量に運搬することが難しく、重労働でもあることから

十分には実施できていません。また、ホーレー等を利用した部分深耕は、使用する農具でかん水チューブを切断しやすいため、マルドリ栽培には適していません。

そこで、ハウスミカンの収量増加を図るために開発した、バークストリッパー（高水圧剥皮機）を用いた軽労働型土壌改良法を露地栽培に応用し、隔年結果を軽減でき、かん水チューブを切断することなく省力的な土壌改良を行うことができるドリップかん水栽培用の土壌改良方法を開発しました。

使用する機械

土壌改良には、図1のようなバークストリッパーを使用します。また、掘削に使用する水を入れておくタンクも必要です。



バークストリッパー（高水圧剥皮機）は、カキなどの落葉樹の粗皮削りを行うために開発された機械です。ノズル先端から渦巻き状に高圧の水（90 kgf/cm²程度）が噴出されます。この水圧を利用して、土壌改良用の穴を掘削するので、かん水チューブを破損することがありません。

今回の試験では丸山製作所製の商品名「らくくん」を使用しました。単価は20万円程度で市販されています。



図1 高水圧剥皮機と水の吐出状況

土壌改良の方法

バークストリッパーを用いて、図2のように土壌改良用の穴を掘削します。掘削する位置は樹冠外周の直下（主幹から1～1.5mの同心円上）が最適です。掘削する穴の直径は約20～30cm、深さも約20～30cmとします。掘削する穴の数は、土壌や樹齢によって異なるため、従来の部分深耕による土壌改良に準じて決定します。安山岩系土壌に植栽された10～20年生程度の樹なら8個程度が目安となります。

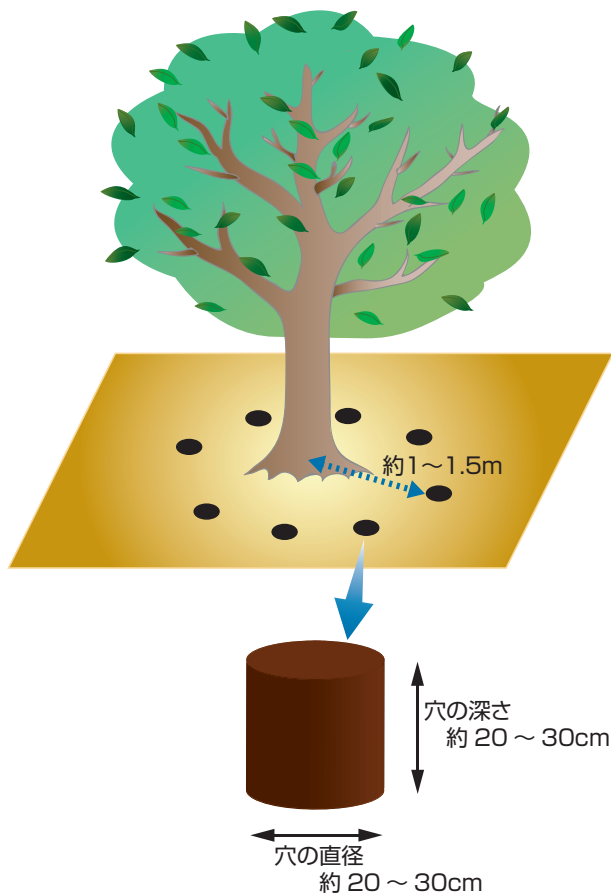
1穴の掘削には安山岩系土壌では約10Lの水が必要です。粘土質の土壌や礫混じりの土壌では、これよりも多量に水が必要となります。ドリップかん水施設がある場合は、園地の数カ所にド

レンバルブを設けておくと、給水を効率的に行うことができます。

次に掘削した穴にバーク堆肥やピートモスなどの有機物を投入し、上から踏圧して完了です。投入する有機物の量は、バーク堆肥で1穴当たり2～3kg程度で、1樹でほぼ20kg程度を使用します。未熟な有機質資材の使用を控えることは言うまでもありません。

この土壌改良方法は、有機質資材を土壌の表層に施用する従来の方法（表面施用）と比較して、図3のように作業時間は長くなりますが、心拍数の増加が少なく、軽作業化を図ることができます。また、バークストリッパーを利用することにより、楽な姿勢で作業を行うことができます。

掘削した穴は図4のように根を切断することがないため、従来のホーレー等を利用する方法と比較して樹勢を衰弱させることはありません。

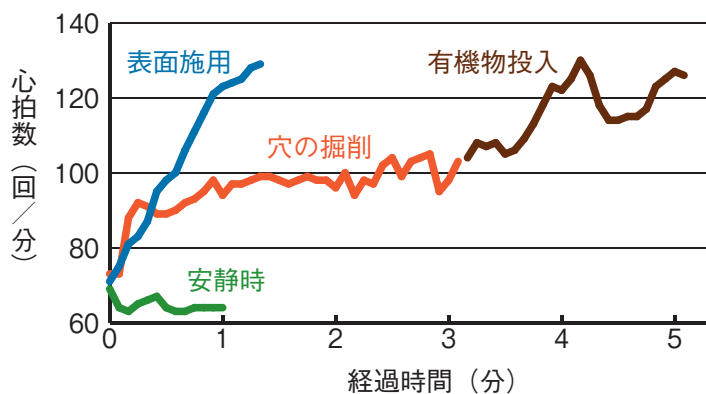


穴の掘削



有機物投入

図2 バークストリッパーによる土壌改良方法



バークストリッパーによる土壌改良に要する
1 樹当たりの時間の目安

穴の掘削 (8 穴)	3 分
堆肥の施用 (8 穴)	2 分
合計	5 分

図 3 土壌改良作業に要する時間と心拍数



図 4 掘削直後の土壌改良用の穴

さいごに

毎年、この土壌改良を行わなくても、2～3年程度は土壌改良効果が維持されます。この土壌改良は、マルドリ栽培園地だけでなく、通常の園地においても同様の効果を得ることができます。また、早生ウンシュウだけでなく他の品種においても適用することが可能です。さらに、隔年結果を防止し、連年安定生産を行うためには、施肥や品種に応じた摘果等の栽培管理と併用することが理想的です。

参考① 土壌改良の効果 (参考②も参照して下さい)

この土壌改良方法を行うことによって、土壌の pH や EC に影響を与えることなく、有機質資材を土壌の表層に施用する方法よりも塩基置換容量を増加させ、土壌の化学性を改善することができます。また、土壌中の気相の割合を高めることによる透水係数の増加などの物理性も改善されます。

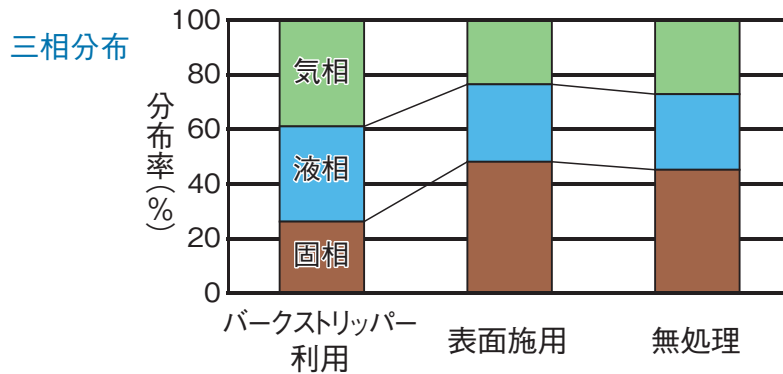
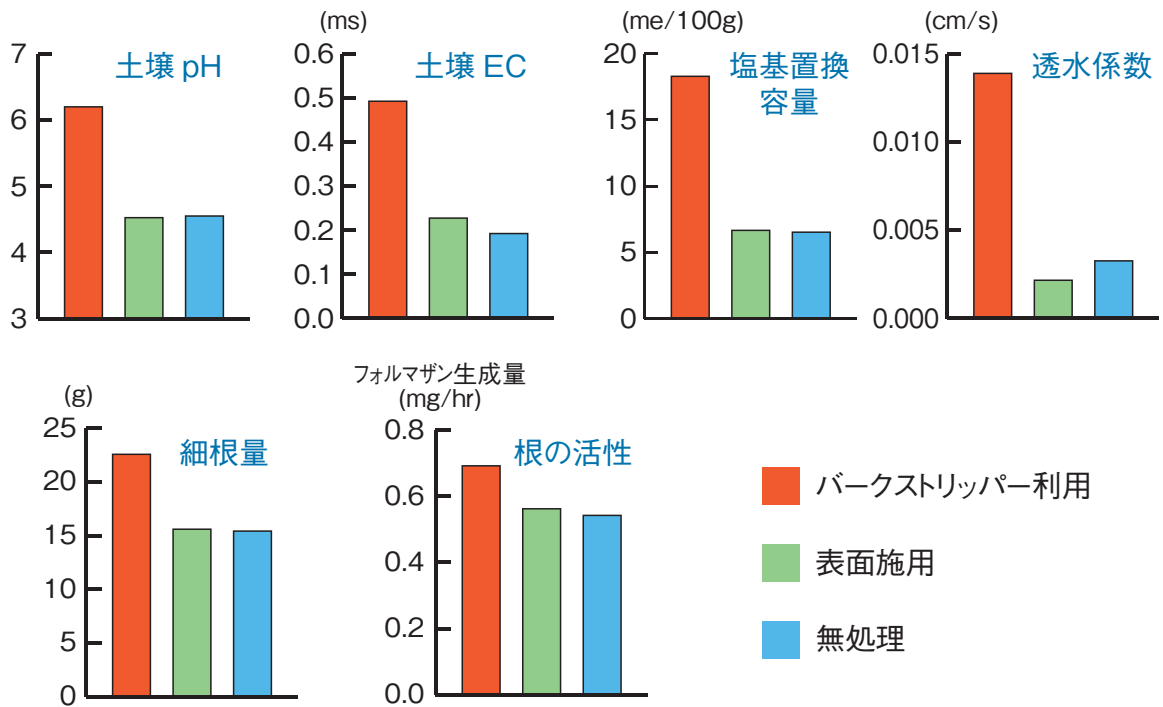
土壌の理化学性が改善されることにより、細根を著しく増加させることができます。また、根の活性を示す細根 1g 当たりのフォルマザン生成量が多くなることから細根の活性が高く維持されるようになります。

これらの効果によって、樹冠容積の拡大は旺盛となり、マルドリ栽培においても樹勢の維持と収量の改善を図ることができます。収量は、どの年も多くなり、かつ隔年結果を軽減することができます。

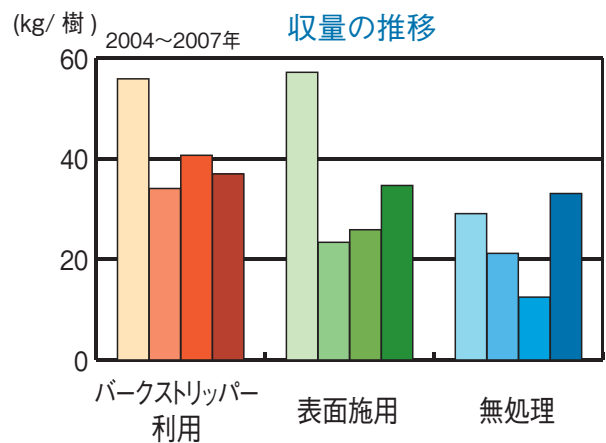
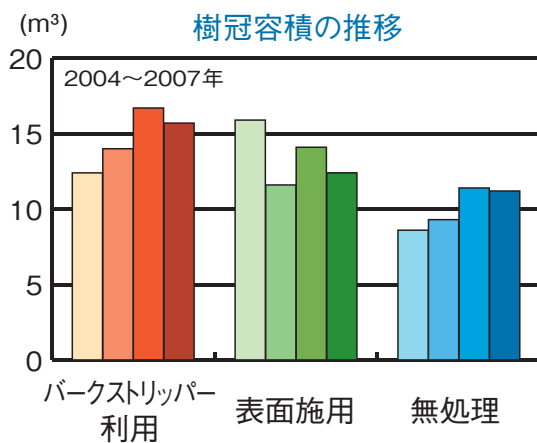
また、参考③に示すとおり、土壌改良が果実の品質に悪影響を及ぼすことはありません。

参考② 土壌改良の効果 (参考①も参照して下さい)

地下部への効果



地上部への効果



参考③ 土壌改良の方法が収穫時の果実品質に及ぼす影響
(2004～2007年の平均値)

土壌改良法	着色程度(分)	果皮色 ^x	浮皮程度 ^y	果実比重	糖度計示度	クエン酸濃度(%)	甘味比
部分深耕	7.3	29.63	1.0	0.855	11.5	0.78	15.82
表面施用	8.3	31.13	0.7	0.884	12.6	0.93	14.96
無処理	7.4	29.65	1.3	0.854	11.8	0.8	15.94

x: 色差計 a 値/b 値×100 値を示す。
y: 0 (無)、1 (軽)、2 (中)、3 (甚) を示す。

参考文献

森末文徳ほか. 「ハウスミカンの軽労型高品質生産システムの確立に関する研究 (第1報)」。香川県農業試験場研究報告. 54. p.41-57. 2001.

杉原巧祐. 「ハウスミカン園実態調査について」。平成16年度常緑果樹研究会土壌肥料分科会資料. 2004.

森末文徳ほか. 「ワセウンシュウのドリップかん水栽培園地における高水圧剥皮機を用いた土壌改良」。園芸学研究. 6 (別冊2). p.128. 2007.

高辻豊二. 農業技術体系, 果樹編, カンキツ, 施肥と土壌管理Ⅲ, 土壌改良, 農産漁村文化協会. 154の2-6. 1987.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1
 電話 0877-63-8107
 FAX 0877-63-1683
 E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第4章

細根を増加させるための 小型機械を利用した土壌改良

この技術の目的

ウンシュウミカンを安定的に生産するためには、細根を増加させて葉面積を確保し、充分な物質生産（光合成）を行えるような樹勢を維持することが重要です。細根量を増加させるためには、土壌環境を改善し、根が健全に生育できる状態に整える必要があります。土壌の化学性は、施肥法の改善、石灰分やミネラルの補給などで比較的容易に改善できますが、物理性の改善は容易ではありません。ここで紹介する技術は、小型機械を用いて土壌の物理性を改善し、土壌孔隙の確保、保水性、排水性、保肥力を向上させることにより、細根が良好に生育できる環境を確保することを目的としています。

用いる小型機械と使用方法

土壌改良には様々な方法があり、目的や土壌条件に応じて使用する機械の種類を選ぶ必要があります。ここでは、

1. 土が硬くなっている園地で、たこつぼ式土壌改良のための穴を開ける機械
2. 同様な園地で土壌孔隙を増やし、養水分を補給して土を柔らかくする機械
3. 樹勢が強い樹の細根の発生を樹冠近辺に制限するため、比較的太い根を断根する機械

に分けています。

コラム① 樹勢に応じた土壌改良を

土壌改良は、樹体の状況に応じて適切な処理を行う必要があります。そのため、樹が今どのような状態にあるかを正確に判断することが重要です。以下のように、細根量、葉色、葉面積、樹冠容積当たり収量などを参考として樹勢を判断し、適切な土壌改良を行って下さい。

- 1 細根量が減少している木：土壌物理性の改善 → 穴開け処理、ダガー
- 2 葉色が薄くなっている木：窒素分、肥料分の補給 → 液肥灌注、堆肥の散布、尿素の葉面散布
- 3 葉面積を指標とする：葉面積指数（LAI）が低下した樹（写真参照）→ 穴開け処理、液肥灌注
逆に樹勢が強すぎて木が暴れているような状態では断根処理を行います。→ 断根処理
(ただし、一度に多くの根を切断しないで、少しずつ計画的に行います。)
- 4 収量が上がらない木：樹冠容積当たり収量が $3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下 → 穴開け処理、液肥灌注



葉数 5000 枚 (LAI=1.45)



葉数 10000 枚 (LAI=3.56)



葉数 15000 枚 (LAI=5.94)

(樹冠幅 3m、高さ 2.5m、7 かけ法で樹冠容積は約 15.8 m^3 と推定。)

(1) 穴開け用の機械

硬くなった土壌に穴を開け、土壌空隙を増加させるために用います。穴開け後に資材を充填しますが、資材は保肥力が低い園地では

堆肥、排水性が低い園地ではモミガラやパーライト、保水力が低い園地ではピートモスというように土壌条件に応じて変える必要があります。



a ハンマードリル（急傾斜地でも使用可）



b トラクター装着型オーガ（緩傾斜地、平坦地）



オーガによる穴開け



穴開け部への資材の充填



穴開け処理部での発根状況

(2) 土を柔らかくする機械

土壌中に液肥や圧縮空気を注入して土壌の

物理性を改善するために用います。



a 土壌灌注器（土の柔軟化、養水分の補給）



b ダガー（圧縮空気の注入）

コラム② 好適な土壌環境とは

1. 土壌物理性：理想的な固相、液相、気相の割合は4:3:3、あるいは4.5:2.5:2.5：腐植0.5です。液相と気相が減少し固相の割合が上昇すると土が硬くなり、根が生育しにくい環境になります。
2. 土壌化学性：ウンシュウミカンの木に適するpHは6～6.5です。必要な元素は、肥料3要素NPKの他、比較的多いCa、Mg、S、微量元素としてFe、Cu、Zn、Mn、Mo、Bが必要です。これらの元素は少なすぎても、また、多すぎてもミカンの木に悪影響を及ぼしますので、適切な濃度で土壌中に保たれ、植物に吸収されることが重要です。
3. 土壌生物性：有機物が多いとミミズや微生物など生物相が豊かになるといわれています。

(3) 断根用の機械

樹勢が強い木に対して断根処理を行い、その部分にモミガラなどの資材を充填して、細根を樹冠の近辺に多く発生させるために用い

ます。

一度に多くの根を切断しないで、計画的に少しずつ行って下さい。



a 根切りチェーンソー



断根部分での発根状況



断根後に充填した資材と細根
(左上:ピートモス、右上:パーライト、
左下:モミガラ、右下:混合資材)



b 片排土トラクター



狭幅作業道設置で切断された根

コラム③ ウンシュウミカンの細根量はどのくらい必要？

ウンシュウミカン園にはどのくらいの細根量が分布しているのでしょうか。よく管理された園地では、敷き藁の下に細根がびっしりと張っているという例も見かけます。ここでは、直径 20cm の円筒法により深さ 20cm まで（容積 6.28L）で採取した細根の写真をもとに、必要とされる細根の量について例示します。



最低限確保したい量（2グラム）



良好な状態（4グラム）



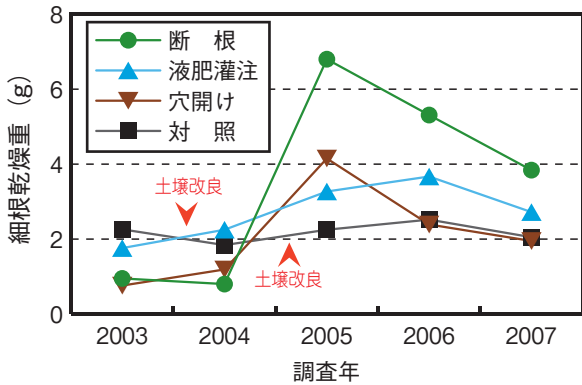
理想的な状態（8グラム）

（写真は乾燥される前のもので、重量は乾燥させたあとの値です。）

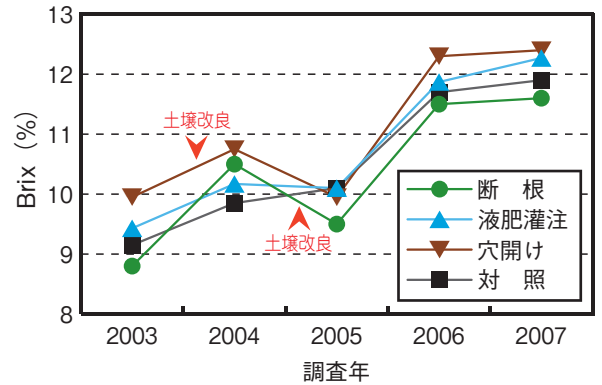
細根の量や果実品質に与える効果

前記の機械を用いて土壌改良を行なった結果、細根がどの程度増え、果実品質は向上するのかを検証しました。細根量は、断根区と穴開け区で急激に増加します。果実品質は穴

開け区、液肥灌注区で対照区よりも良くなり、弱剪定と摘果法の改善を取り入れた2006年以降、いずれの処理区でも果実品質が向上しています。



土壌改良処理と細根量の推移 (南柑 20号)



果実品質 (果汁の Brix) の推移 (南柑 20号)

使用した小型機械の動力とコスト

今回ご紹介した小型機械を実際に使う上で、動力として何が必要なのか、コストがどのくらいかかるかを一覧表としてまとめまし

た。高価なものは共同購入を検討していただくとともに、作業を行う際は安全面に充分配慮して下さい。

機械名	使用目的	動力	価格	重量
ハンマードリル	穴開け (急傾斜地でも可)	発電機	16万円	11.7 kg
ホールディガー (オーガ)	穴開け (平坦地、緩傾斜地)	トラクター	35万円	63 kg
液肥注入器	液肥、薬剤の灌注	動噴	1.8万円	1.3 kg
ダガー	圧縮空気の注入	エンジン式	54万円	48 kg
根切りチェーンソー	断根	エンジン式	21万円	6.5 kg
片排土トラクター	狭幅作業道の設置	エンジン式	約20万円	80 kg

さいごに

土壌の物理性を改善しても細根が増えないこともあります。そのような時は、土壌化学性の改善が必要です。土壌分析を行い、分析値に基づいて pH の調整、肥料分や微量元素の補給など化学性の改良に努めて下さい。また、水分条件が悪化していることもありますので、乾燥しがちな園地では保水性向上、水が停滞するような園地では排水性向上のための対策をとって下さい。細根量が増えたとしても、すぐに収量増加や果実品質向上という結果に結びつかないこともあります。剪定法や摘果法など樹体管理技術と組み合わせて土壌改良を実施しましょう。

参考文献

中嶋常允. 土を知る-土と作物のエコロジー. 地湧社.
1985.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第5章

高糖系ウンシュウの連年安定生産のための ヒリュウ台利用技術

担当：福岡県農業総合試験場 果樹部

大倉英憲・村本晃司・

松本和紀・牛島孝策・

矢羽田第二郎・井樋昭宏

この技術の目的

ヒリュウはカラタチの変種であり、これをウンシュウミカンの台木として利用すれば、カラタチを利用した場合より樹体がわい化し、樹冠容積が小さくなります。高糖系の普通ウンシュウである‘青島温州’や‘大津四号’などは樹勢が強く、着花が不安定なため隔年結果を招いています。そこで、改植時にヒリュウ台の苗木を導入すれば、樹勢が落ち着いて、着花が安定し連年安定生産が可能になると共に、低樹高栽培による軽労化が期待されます。ここでは、ヒリュウを台木として用いた場合の栽培上の特徴、管理のポイントについて紹介します。

ヒリュウ台の特徴と栽培適地

(1) 特徴

樹体は、カラタチ台に比べ、樹高が70%、樹冠容積が50～70%程度になり、樹勢も落ち着きます。細根の割合が多く、根域が浅いため、土層の深い園地でも水分ストレスがかかりやすくなり

ます。また、着花が多く、収量の年次変動も少なくなります。果実品質は、糖度が0.5～1%程度上昇し、着色開始時期も早くなります。これらの特徴から、高品質果実の連年安定生産と、低樹高栽培による軽労化の実現が可能となります(図1)。

(2) 開園条件

気象条件は、ウンシュウミカンに準じます(平均気温15.5～17.0℃)。根域が浅く強風に弱いいため、支柱による樹体の支持と、風当たりの強い園地では防風林等の整備が必要です。

土壌条件として、花崗岩や火山灰土壌など土層が深い園地や水田転換園など水分ストレスがかかりにくい園地では、カラタチ台の場合樹勢が強く、高品質果実の生産が困難です。このような園地では、ヒリュウ台を利用することで高品質果実の連年安定生産が可能になると期待されます。カラタチ台で高品質果実が生産できるような、土層が浅く乾燥しやすい園地では、樹勢が低下したり樹冠拡大が遅れるため堆肥施用や有機物の補給など十分な土壌改良が必要となります。

カラタチ台での収穫



ヒリュウ台の導入で
高品質連年生産
& 低樹高栽培

脚立は不要で
摘果も収穫も
ラクラク・安全!

ヒリュウ台での収穫



図1 ヒリュウ台導入による低樹高栽培(‘大津四号’9年生樹の収穫)

苗木の導入と植え付け

(1) 栽植距離

ヒリュウ台ウンシュウミカンは、カラタチ台よりも高品質な果実が採れますが、樹冠容積が小さく1樹あたりの収量が少ないため、計画的な密植によって早期成園化を図る必要があります。そのため、図2のように株間をカラタチ台の7割程度の1.5m～2.0m程度（列間3.5m以上）とすることでカラタチ台と同等以上の初期収量が確保でき、8年生時には、4～5t/10aの収量が得られます（図3）。株間が1.5mよりも狭いと早く隣接樹の枝が重なり合うため、早期の間伐が必要となります（章末「参考」を参照）。なお、列間は、品種や土壌によって成園時の樹幅を2.5～3.0mとし、作業道の広さを使用する防除機により区分して、手散布の場合は3.5m、

スピードスプレーヤの場合は4.5mを基準とします（表1）。

(2) 大苗育苗

ヒリュウ台は、結果を開始すると樹冠拡大は著しく抑制されます。植え付け後、いかに早く樹冠拡大させるかが早期成園化を図る上でのポイントとなります。そのため、1年生の苗木を本圃に直

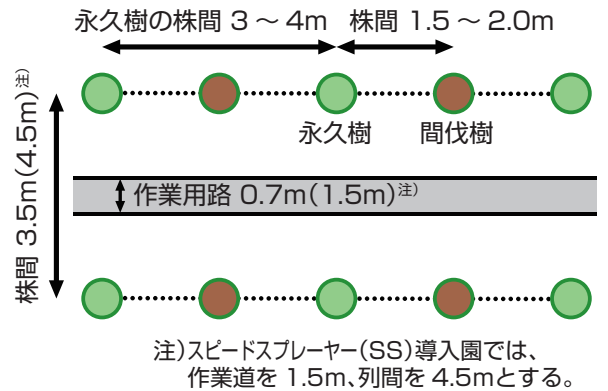
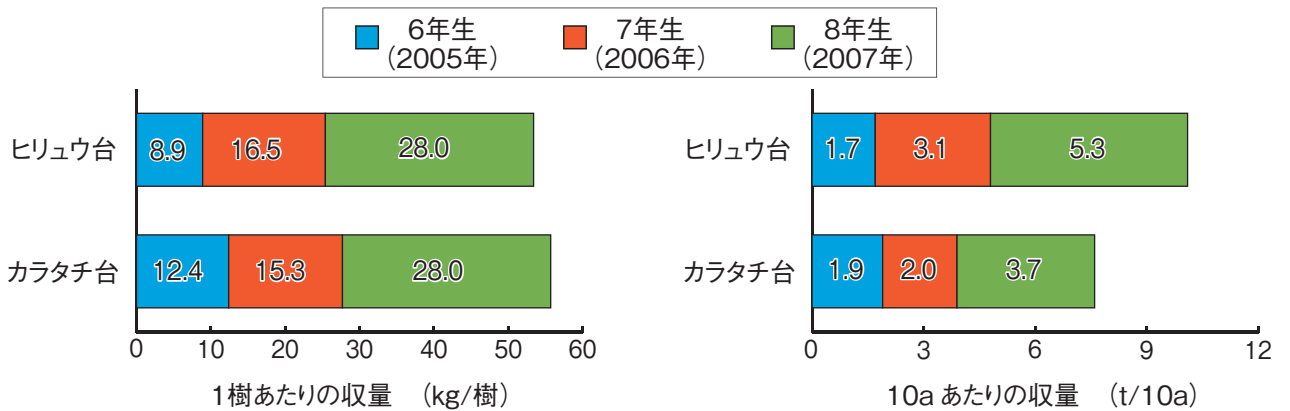


図2 ヒリュウ台ウンシュウミカンの栽植距離



注) 10aあたり収量は、列間をヒリュウ台3.5m、カラタチ台5.0mとし、植え付け本数をヒリュウ1.5m区は190本、カラタチ1.5m区133本として換算。

図3 台木の違いが収量に及ぼす影響
（‘青島温州’、2年生苗を定植、6年生から結果）

表1 開園時の10aあたりの植栽本数

	株間 (m)	手散布園		SS導入園	
		列間 (m)	植栽本数	列間 (m)	植栽本数
ヒリュウ台	1.5	3.5	190	4.5	148
	2.0		143		111
カラタチ台	2.0	5.0	100	5.5	91

接植え付けるのではなく、育苗圃で1～2年間育成した大苗を植え付け、本圃定植後の未結果期間の短縮を図ります。

育苗圃には、バーク堆肥等の有機物資材を土とよく混和した、柔らかく保水性の高い土壌を用います。土壌の乾燥に注意し、敷きわらや黒ポリマルチで乾燥を防止します。施肥は根の活着を待って、肥効が切れないように少量を複数回に分けて行い、春期に窒素成分主体の液肥を葉面散布します。

(3) 芽かきと切り返し

育苗圃植え付け後は1芽1新梢に芽かきを徹底します。せん定枝の切り返しは、秋枝で切り返したほうが夏枝まで切り返すよりも樹冠容積の拡大、葉数の確保に優れるため、充実の悪い秋枝を切除する程度とします。

(4) 植え付け

細根が多いため苗床からの堀上げの際の断根に気を付け、あらかじめ植え付け位置近辺はバーク堆肥等有機物資材と土を良く混和し、土壌の保水性を高めます。本圃への植え付け後も、抑草と同時に土壤水分を保持するため、敷きわらや黒ポリマルチなどで被覆します。降雨が少なく土壌が乾燥する場合はかん水を行います。

結実開始後の管理

(1) 結果開始期の目安

大苗育苗した場合は、定植翌年から着花しやすくなります。しかし、カラタチ台の場合と同様に早期に結果を開始すると樹冠拡大が進まず、累積収量も劣るため、樹冠拡大を優先することが安定した収量を連年得るためのポイントとなります。

結果開始期を樹高170cm、樹冠容積が 3m^3 程度（1年生苗定植後4年目、5年生）を目安とすることで、定植後7年目から、樹高は200cm程度を維持でき（図4および「参考」を参照）、収量は $4\text{t}/10\text{a}$ 以上を確保できます（図5）。目安とする樹高、樹冠容積に達するまでは、生理落下後に全摘果し夏芽を発生させ、樹冠拡大を促します。

(2) 連年生産に適した着果量

ヒリュウ台ウンシュウミカンは、カラタチ台よりも着花性が高く、着果過多となりやすいため、樹冠容積当たり着果量を $25\sim 30$ 果/ m^3 （葉果比30）程度とすることで、翌年の着果量を同程度に保ち、連年安定生産ができます。 40 果/ m^3



図4 結果開始時期の違いが樹相に及ぼす影響（‘大津四号’、1年生定植後9年目）

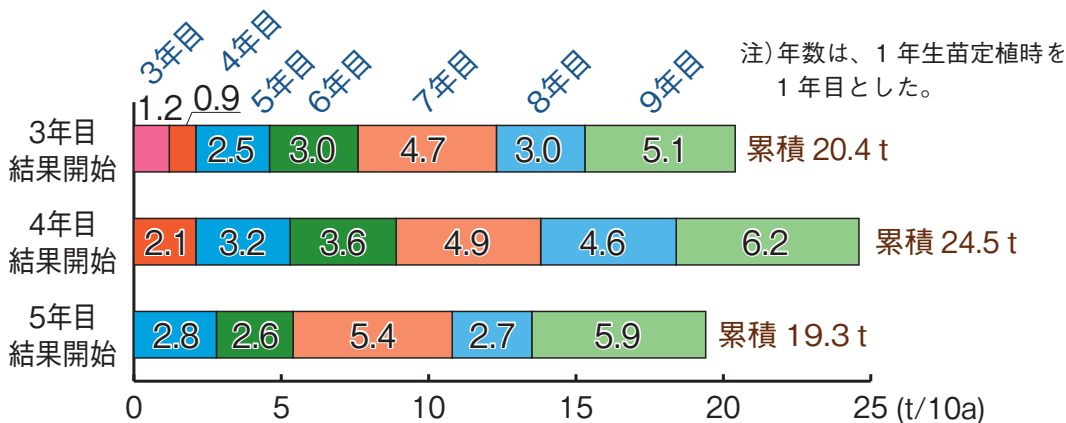


図5 結果開始年の違いが単年収量および累積収量に及ぼす影響 (4～10年生‘大津4号’、2001～2007年調査)

以上では、翌年の着果量が極端に減少し、隔年結果の原因となります(図6)。着花しやすいヒリュウ台ウンシュウミカンでも、連年結果とするためには、摘果等により適正な着果量を維持する必要があります。

(3) 樹体の管理

ヒリュウ台を用いた樹でも、樹冠拡大中の若木や着果量の少ない樹では太く強い枝が発生しやすくなります。そのような枝は、着花が不安定で果実が大きくなるため、結果母枝として不適切であり、発生させないように管理する必要があります。骨格枝の育成と樹冠拡大を図ることはもちろん必要ですが、同時に、連年安定的に着花しやすく中玉生産に適した弱枝梢を確保して、適正な樹相に誘導します(図7)。具体的には以下のような点に留意します。

- 開花期に4枚以上の葉を持つ有葉花を摘蕾(摘花)し、翌年の結果母枝として利用します。
- 樹冠の拡大、骨格枝の育成のため、主枝、亜主枝は先端から50cm程度まで全摘果を行います。
- せん定は、強せん定を避け、間引き主体の弱せん定を主体に行い、強枝梢の発生を抑えます。
- 施肥は、産地のウンシュウミカン栽培(カラタチ台)の基準に準じて施用します(福岡県施肥基準では、N13kg/10a/年：収量

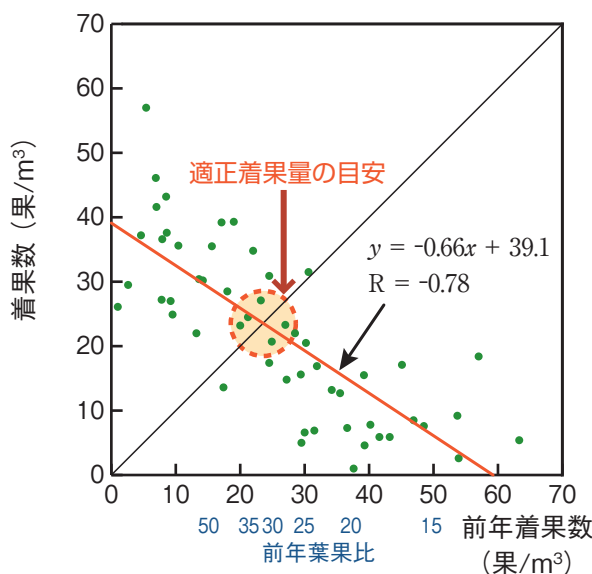


図6 前年着果量が翌年の着果量に及ぼす影響 (9～11年生‘青島温州’、2004～2006年に調査)

4t/10a.)。施用量は、それぞれの園地の葉色や新梢の伸び等の生育状況に応じて、2～3割の増減幅で決定します。

(4) さらに高品質化

ヒリュウ台を用いることでカラタチ台よりも高糖度の果実が得られますが、より高糖度かつ天候に左右されないために土壌の乾燥を目的としたシートマルチ処理が有効です。その際、土壌水分を7月下旬～収穫期まで10%程度(TDR土壌水分計による体積含水率・花崗岩埴壤土)に保つことで露地栽培よりも糖度が0.7～1.5度程度上昇します(表2)。

表2 シートマルチ処理が果実品質に及ぼす影響（‘青島温州’）

試験区	果皮色	糖度 (Brix・%)	クエン酸 (g / 100ml)	可溶性固形物含量 (g / 100ml)	甘味比	収量 (kg / 1樹)
ヒリュウ台マルチ	7.8	12.3	1.2	14.2	12.0	16.6
ヒリュウ台無処理	7.5	11.0	1.0	12.6	12.5	15.0
カラタチ台無処理	7.0	10.6	1.2	12.1	10.0	18.2

注) 6～8年生樹の平均値（2005～2007年）
 7月下旬から収穫期まで樹冠下にタイベックハードを被覆した
 収穫と果実分析は、12月上中旬に行った



着果量過多が予想される（前年度の着果が
 少ない）場合、徹底した摘果を行う。また、
 開花期の有葉花摘らいで翌春の結果母枝を
 確保する。



着果量の不足が予想される（前年度の着果が
 多い）場合、春期の剪定は着花を確認した後
 に行う。また、収穫後にジベレリンを散布し、
 翌春の着花抑制と新梢割合の増加を図る。



図7 着果過多・着果不足から適正着果量への誘導（‘青島温州’、11年生）

栽培のポイント

最後に、ヒリュウ台ウンシュウミカンの特性と、それに対応する栽培のポイントを図8にまとめます。

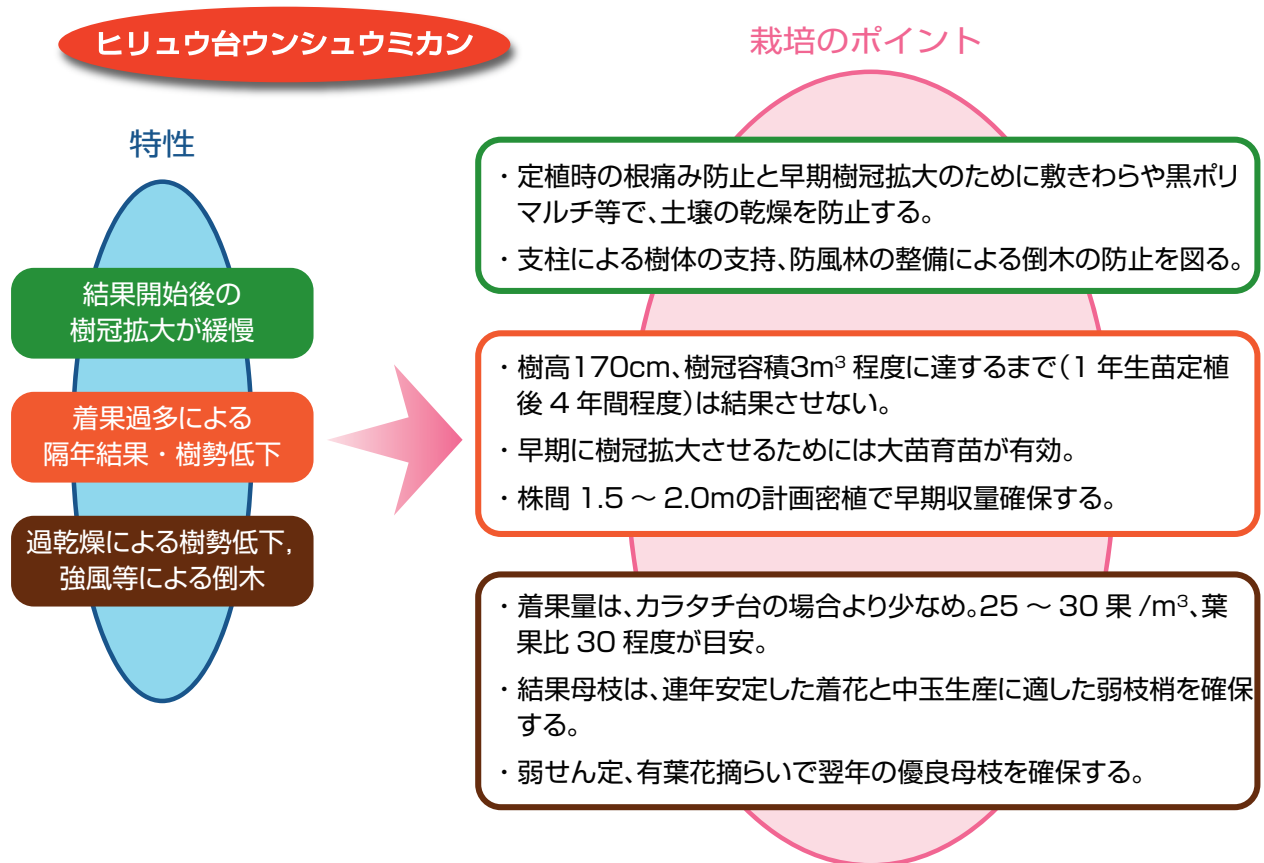
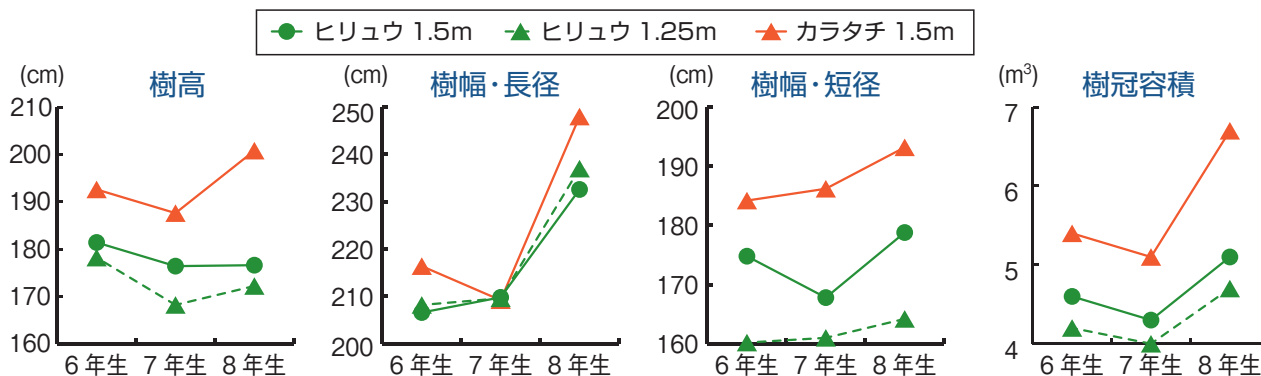


図8 ヒリュウ台ウンシュウミカンの特性と栽培のポイント

参考 各種条件による樹高・樹冠の変化への影響

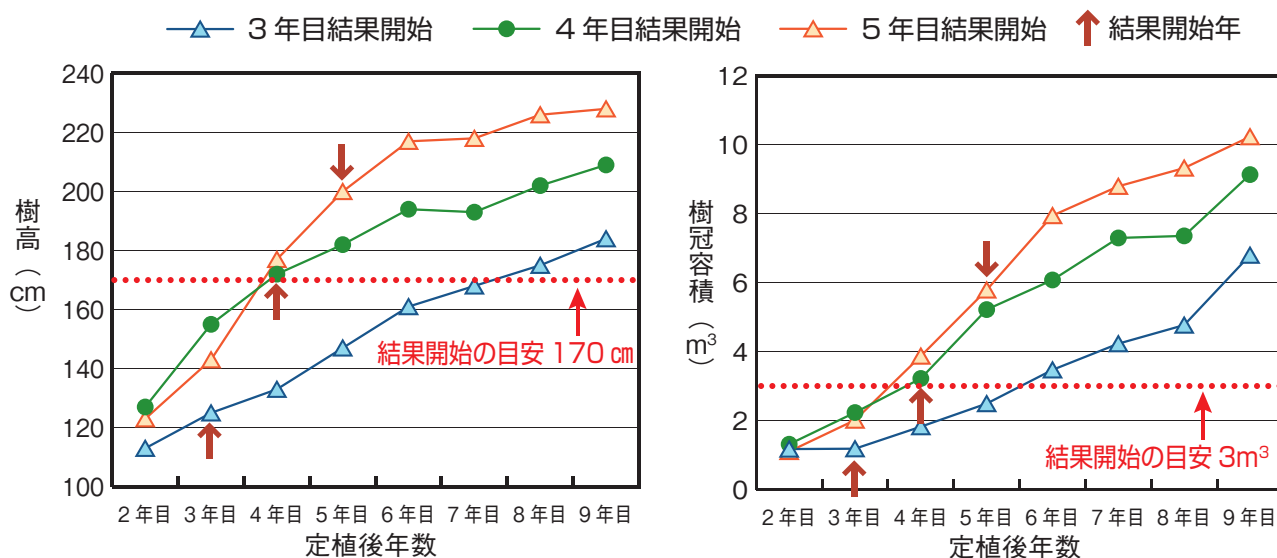
◆ 台木と栽植距離（株間）の違いが樹冠拡大に及ぼす影響（'青島温州'）

- ・2001年3月に2年生苗を定植
- ・2005～2007年の毎年11月に測定



◆ 結果開始年の違いが樹高および樹冠容積に及ぼす影響（'大津四号'）

(2005～2007年に調査)



参考文献

- 福岡県果樹栽培技術指針. p.34-37
- 平成12年度福岡県農業総合試験場成果情報. 2000.
- ヒリュウ台利用高糖系温州ミカン栽培指針（平成13年九州カンキツわい化栽培推進会議）. 2001.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル

第二部

樹体の養水分状態の迅速診断技術

第6章

光学的手法による カンキツ樹の総葉面積計測法

担当：国立大学法人 山口大学
農学部

山本晴彦・岩谷潔
大学院農学研究科
土谷安司

この技術の目的

常緑果樹であるカンキツ樹にとって、葉は光合成による物質生産を行う機能だけでなく、越冬旧葉として翌年の新たな生長のための栄養蓄積を行う機能も果たしています。このため、隔年結果を回避するためには、樹勢の正確な把握とそれに応じた結果管理を行い、また、より多くの越冬旧葉を維持することが重要であるとされています。このため一樹あたりの総葉面積は樹勢診断の重要な指標となります。

従来、樹体の総葉面積を把握する方法としては、樹体の総葉数を計測し個葉面積と乗ずる方法しかなく、多大な時間と労力が必要であり試験研究以外ではほぼ実施不可能でした。このため、生産現場では樹体を通して向こう側がどの程度見通せるか、といった達観による方法しかないのが現状でした。

そこで、高性能化・低価格化が進んだデジタルカメラにより安価に実施可能となった光学的手法による葉面積評価手法をカンキツ樹体に適用し、樹体の総葉面積を高精度で推定可能とする技術を開発しました。

測定装置と測定の原理

測定には2種類の装置が使用できます。1つは、市販のデジタルカメラに魚眼レンズを装着したもの（図1、以下魚眼DC）です。魚眼レンズとは画角が約180°で、レンズ前の広い範囲の景色全体を丸く切り取ったように撮影できるレンズです。もう1つは、葉面積の測定機器として開発されたプラントキャノピーアナライザー（図2、LAI-2000、LI-COR Inc. 製、以下PCA）です。PCAも魚眼レンズを内蔵しており、広い範囲からの入射光を測定することが可能です。両測定機器は価格に大きな差があり、魚眼DCが機種



左：ニコン製 COOLPIX P5000（現行品は P5100）＋フィット製魚眼コンバージョンレンズ UWC-0195、価格は 10 数万円程度。
右：ペンタックス製 OptioW20（現行品は W30）＋フィット製 UWC-1628（魚露目 8 号）、価格は 4 万円程度。

図1 魚眼レンズを装着したデジタルカメラ



魚眼レンズを内蔵したセンサーとデータロガーからなる。

図2 プラントキャノピーアナライザー

により4万円から10数万円なのに対し、PCAは100数十万円となっています。測定にはこの他に、樹体寸法を測定するための測量用箱尺、葉面積を計算するためのパーソナルコンピューター（OSはWindows、以下PC）、表計算ソフトウェア（マイクロソフトExcel）が必要になります。

総葉面積の測定は、樹体を下から見上げたときに葉間から見える空の割合や木漏れ日の量が、葉面積の増加につれて減少していくことを利用しています。魚眼DCは空の割合を画像中の

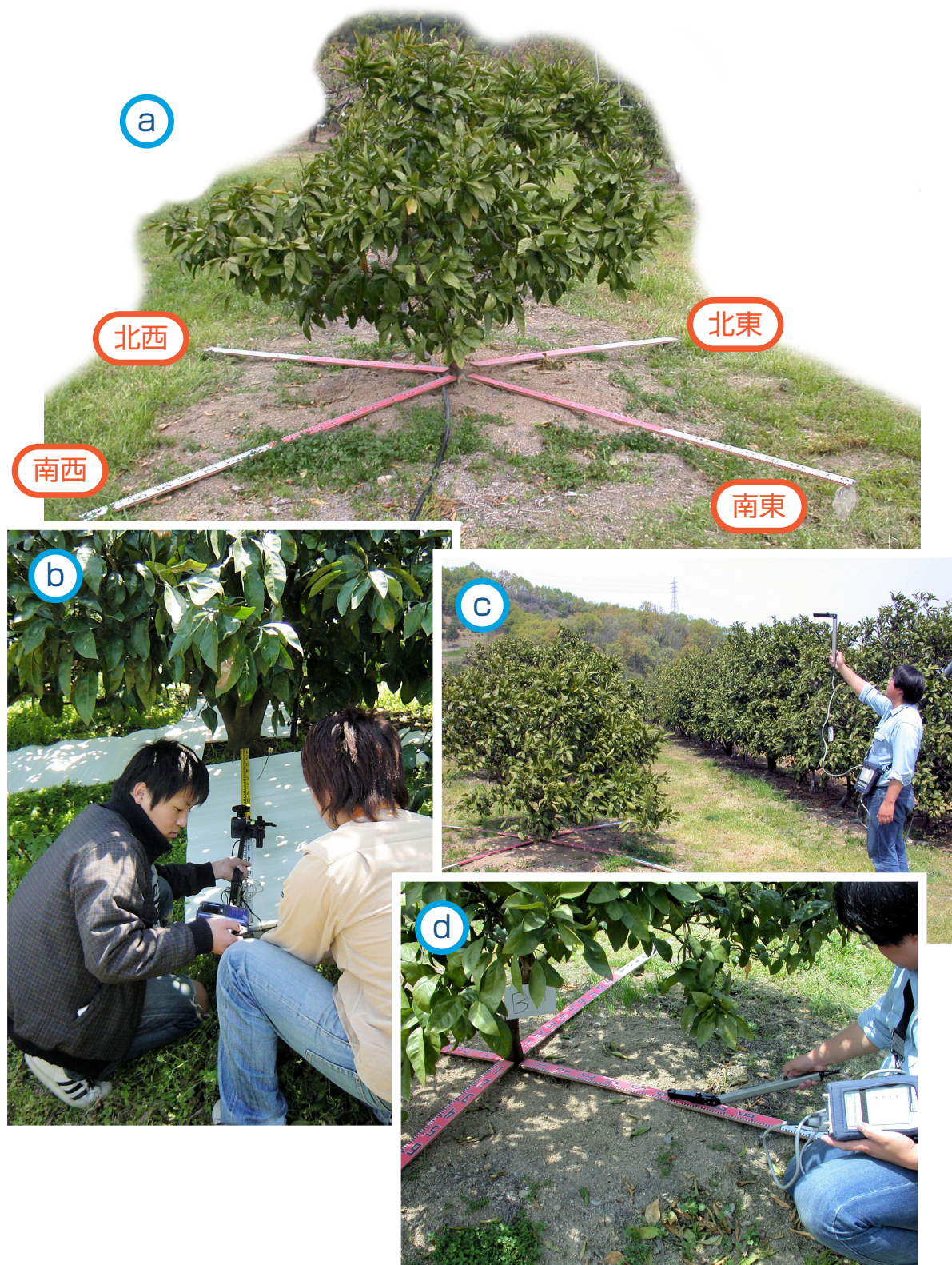
空の割合である「天空率」として、PCAは木漏れ日の割合を樹体上部の入射光と下部の透過光の比である「透過率」として測定します。両者とも魚眼レンズを用いることで、鉛直上方を0度、水平を90度とする天頂角による天空率や透過率の分布を測定することが可能で、この測定結果を放射伝達モデル(章末「参考」を参照)に適用して総葉面積を計算します。

測定の手順

測定は樹体の幹を中心とした4方位(北東、南東、南西、北西)で行います(図3a)。まず、1方位の方向に向けて地面に箱尺を設置します。次に、魚眼DCであれば樹体下部の幹から30cmの地点で測定し(図3b)、PCAであれば開度90°のビューキャップを装着し、樹体上部の入射光測定(図3c)の後に、樹体下部の幹から60cmの地点で、魚眼レンズ部を鉛直上方に向け、キャップの開口部を樹体の中心に向けて測定します(図3d)。併せてその方位の樹冠半径を箱尺で測定します。他の3方位についても同様に測定を行い、最後に樹高を箱尺で測定して、1樹体の測定は終了です。正確な測定値を得るために、以下の点に注意する必要があります。

- 1) PCAによる測定結果は直達光により過小評価となるため、極力曇天日に行くことが望ましく、晴天日に行く場合は日の出あるいは日没付近に行く。
- 2) 魚眼DCによる撮影は晴天日曇天日どちらでも可能であるが、晴天時は露出制御の不安定化や画像センサーの破損を避けるため太陽が直接写り込まないように注意する。
- 3) 測定時には地上部雑草等の測定値への影響を防ぐために、事前に除草を行うか風呂フタ、コンパネ合板などで地面を覆い、魚眼レンズに近接する葉が写りこむことを防ぐ。

測定後、魚眼DCにより撮影した画像はPCへダウンロードし、植物画像解析用ソフトウェア「LIA for Win32 (LIA 32)」を用いて開空度の計算をします。このソフトウェアはインターネットを通じて無料でダウンロードができます(「参考文献」を参照)。PCAについても、透過率の測定値をメーカーが公開(「参考文献」を参照)している無料ソフトウェア「FV2000」を用いてPCへダウンロードします。これらのソフトウェアの使用方法については、山口大学農学部山本晴彦教授のホームページで詳細なマニュアルを公開しています。さらに、同様に山口大学で公開している総葉面積計算用ワークシート(マイクロソフトExcelワークシート)をインターネットを通じて入手する(「参考文献」を参照)ことで、開空度あるいは透過率の測定値と先の樹冠半径と樹高の測定値から、樹体の総葉面積、樹冠容積、単位樹冠容積あたりの葉面積である葉面積密度、樹冠占有面積あたりの葉面積指数(LAI)を高精度に推定することができます(「コラム」を参照)。



- a: 主幹を中心に4方位の測定方向に箱尺を設置。通常は1方位ずつ測定するため、箱尺は1台でよい。
- b: 魚眼レンズ装着デジタルカメラによる開空度測定。雑草による影響を避けるため、風呂フタを地面に敷いて箱尺を設置している。
- c: プラントキャノピーアナライザーによる樹体入射光の測定。測定対象樹体に遮られない位置まで魚眼レンズ部を持ち上げて測定。
- d: プラントキャノピーアナライザーによる樹体透過光の測定。魚眼レンズ部には開度90°のビューキャップを装着しキャップの開口部を樹体中心に向けて測定。

図3 樹体測定の様子

コラム 推定値と実測値の関係

魚眼 DC および PCA による葉面積密度の推定値は実測値を過小評価する傾向を示しました (図 4)。葉面積密度が高くなるほどその傾向が強くなることから、葉面積密度が高くなるにつれて増加する葉群の裏側に隠れた葉群の重なりを、開空度および透過率では評価しきれない可能性が考えられます。しかし、実測値と推定値の間には高い相関が得られていることから、回帰分析により検量線を求め、補正を行うこととしました。これにより、葉面積密度の推定値の過小評価傾向は改善され (図 5)、樹冠容積との積により樹体の総葉面積の高精度な推定値を得ることが可能となりました (図 6)。

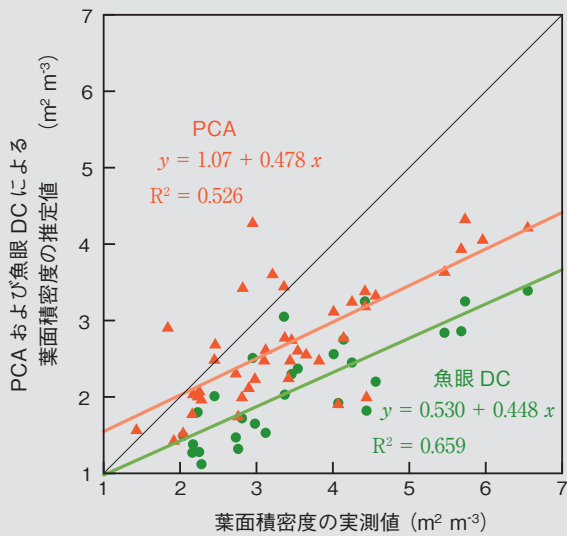


図 4 PCA および魚眼 DC による葉面積密度の推定値と実測値の関係

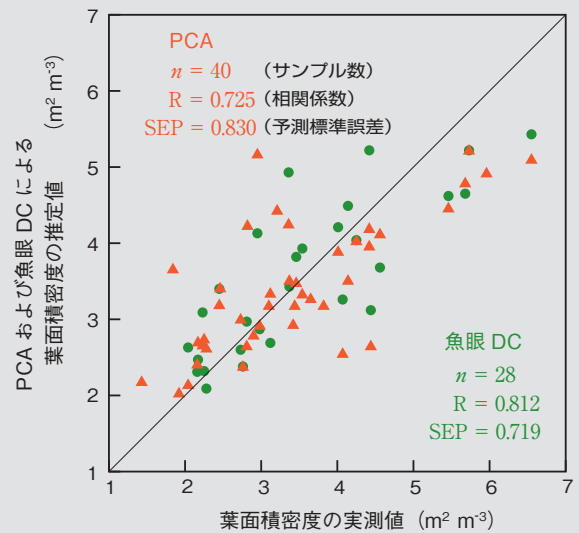


図 5 検量線により補正を行った葉面積密度の推定値と実測値の関係

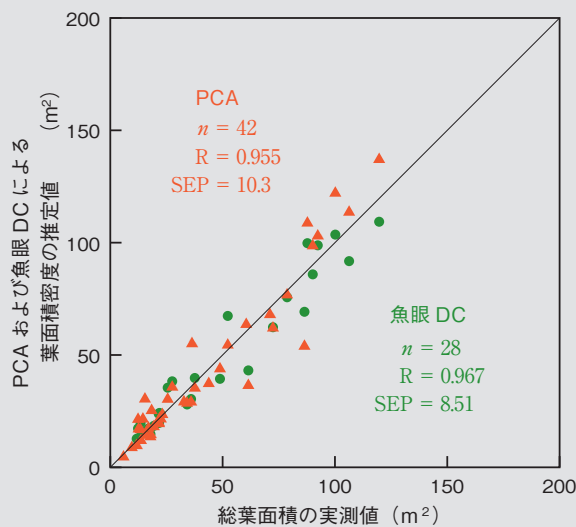


図 6 PCA および魚眼 DC による補正葉面積密度と樹冠容積の積より算出した総葉面積の推定値と実測値の関係

参考 測定原理の詳細：放射伝達モデルと回転半楕円体モデル

放射伝達モデルとは、ある対象における光の反射・吸収・透過のプロセスを、いくつかの仮定を経て数式化したものです。本技術では、樹体における光の透過についての放射伝達モデル（式1）を用いて総葉面積を推定しています。ここで、LADは単位樹冠容積あたりの葉面積である葉面積密度（Leaf Area Density）、 θ_i は天頂角（7、22、38、52°）、 $T(\theta_i)$ は測定装置から天頂角 θ_i 方向での空隙率（Gap Fraction）、 $w(\theta_i)$ は天頂角ごとの重み付け係数、 $S(\theta_i)$ は天頂角 θ_i 方向から樹体に入射した光が測定器に到達するまでに通過する距離（光路長）を示しています。

$$\text{式1} \quad \text{LAD} = -2 \sum_{i=1}^4 \frac{\ln(T(\theta_i))w(\theta_i)}{S(\theta_i)}$$

$$\text{式2} \quad V = \frac{4\pi}{3} \frac{R_m^2 \times H}{2}$$

空隙率は樹体の光の透過しやすさを表す指数で、魚眼DCによる開空度、PCAによる透過率を用います。

光路長は樹体外側から測定装置までの距離を実測して求めることもできますが、時間と労力が必要となります。そこで、樹体の形状を、樹高 H および4方位の平均樹冠半径 R_m を径とし、樹高方向を軸とする上に凸の回転半楕円体としてモデル化し、光路長を推定することとしました（図7）。また、モデル化したことで回転半楕円体の体積として樹冠容積 V が推定できます（式2）。樹体の葉面積密度と樹冠容積が推定できたことで、両者の積により樹体の総葉面積を推定することができます。

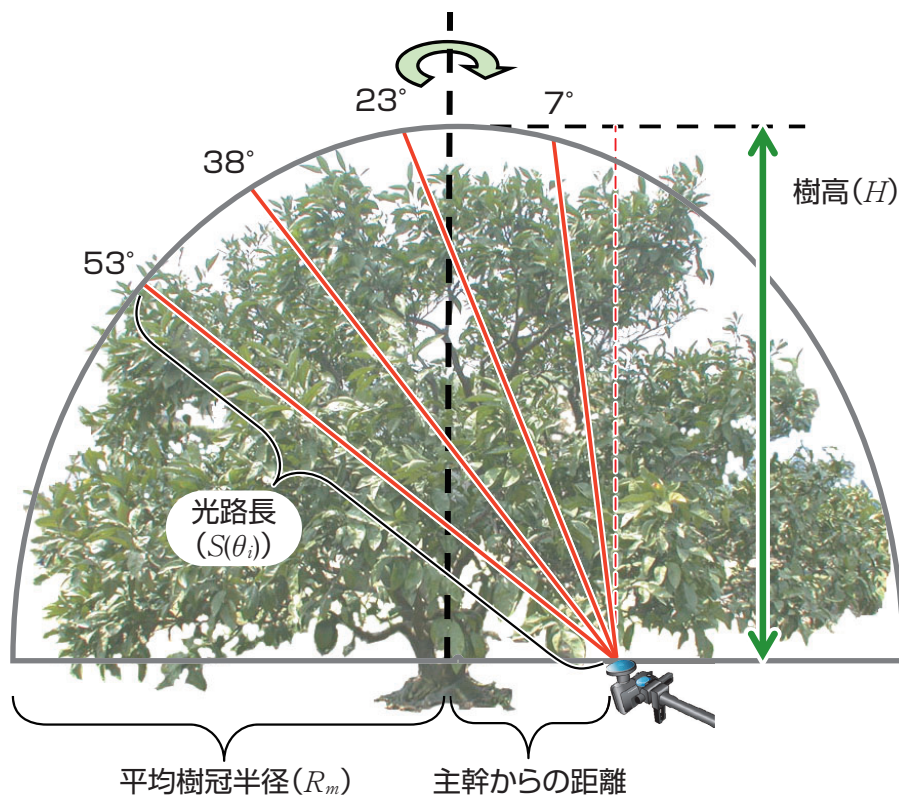


図7 樹体形状を上凸の回転半楕円体にモデル化した場合の測定装置の測定天頂角と光路長

参考文献

岩谷潔・山本晴彦・土谷安司. プラントキャノピーアナライザーによる樹冠葉面積の計測. 農業技術大系果樹追録 22. p.20-23. 2007.

J. M. Welles and J. M. Norman. Instrument for Indirect Measurement of Canopy Architecture. Agronomy Journal. 83. p.818-825. 1991.

神吉久遠. 樹相診断法. 果樹園芸大百科1 カンキツ. (社) 農山漁村文化協会 (東京). p.164-170. 2000.

【以下、ウェブサイト】

LIA32. 名古屋大学大学院生命農学研究科、山本一清 准教授のホームページ.
<<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA32/>>

FV2000. LI-COR Inc. のホームページ (英語のみ).
<http://www.licor.com/env/Products/AreaMeters/lai2000/2000_download.jsp>

詳細マニュアル, 表計算ワークシート. 山口大学農学部、山本晴彦 教授のホームページ.
<<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~yamaharu/>>

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第7章

夏季の水分ストレスを 簡易に判別する表示シート

この技術の目的

ウンシュウミカンは、夏場から収穫前まで樹を水分ストレス状態にすることにより、果実糖度を高めることができます。しかし過度に強い水分ストレスは、果実肥大や樹の生長に悪影響を及ぼします。したがって、高品質果実の生産のためには、夏秋期において、水分ストレスの強さの的確な判別に基づく灌水のタイミングの判断が重要になります。

一般に水分ストレスの強さの判断は、葉の巻き具合、葉色の低下、旧葉の落葉、あるいは果実の肥大鈍化や軟化などを指標にして、目視により行われます。これらの指標には客観的な基準を定めることが難しいため、判断基準は各生産者の経験に基づく主観的なものとならざるを得ません。従って、不適切な判断により十分な果実品質の向上が得られない場合も多いのが現状です。そのため、適切なかん水管理のために水分ストレスを園地で簡易に判別できる方法が、生産現場から長年強く要望されてきました。

ここで紹介する技術は、シール状の小さなシートを葉に貼り付け、その色の変化から水分ストレスを判別し、灌水のタイミングを判断する手法です。この技術は、葉裏面の気孔から蒸散により放出される水分量と水分ストレスが関連する

ことから、吸湿により色に変化する素材を利用して、その色変化を指標として水分ストレスを判別しようとするものです（特許出願中、特開2007-232572）。

なお、ここで述べる手順（シートの貼り付け時間など）は状況によって変える必要があると思われる、より汎用的な手順について、試用を重ねながら現在検討中です。

表示シートの構造と機能

水分ストレスは、葉の水ポテンシャル（LWP: Leaf Water Potential）の日の出前の値 Ψ_{\max} を指標とするのが一般的です（「コラム①」参照）。また、夏期の日中において直接に日射を受けている新葉の蒸散速度が $3\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ のときに LWP (Ψ_{\max}) が約 -0.8MPa となり、この値を、灌水が必要な水分ストレス状態にあるかどうかの境界とします。（章末「参考」参照）。つまり、これらの値を、水分ストレスを判別するしきい値の日安とします。

一般に、蒸散速度を測定するには特別な機器が必要です。“水分ストレス表示シート”は、吸湿性のある塩化コバルト(II)という物質が、吸湿する水分量に従ってその色に変化する性質を利用しています。塩化コバルト(II)は、吸湿する

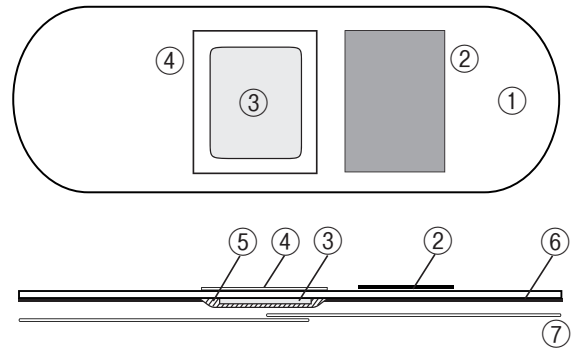
コラム① 水分ストレスと果実品質に関するこれまでの研究

カンキツ、特にウンシュウミカンにおける水分ストレスと果実品質との関係については数々の研究報告がされてきています。一方、作物の水分生理に関する研究では、LWP を指標とした水分ストレスの評価の検討が精力的に行われています。サイクロメータ法やプレッシャーチャンバー法で測定した LWP によって植物の水分ストレスを評価する手法が検討され、カンキツ樹を対象とした評価法としても妥当とされています。また、貝原ら(2006)によれば、‘上野早生’を対象として、7月下旬頃から早朝日の出前の LWP (Ψ_{\max}) が -1.0MPa 程度となる水分ストレス状態にすることにより、高品質果実生産が達成されており、LWP を指標とする高品質果実生産のための知見が示されています。

代表的な文献を章末に示しますので、興味のある方はご参照下さい。

と青色から薄紫色、淡赤色へと変化します。乾燥剤のシリカゲルの色が同じように変化するのは、この物質が添加されているためです。

水分ストレス表示シートの構造を図1に示します。本体が樹脂フィルム製で、表面の中央付近に四角形の表示部があり、塩化コバルトを含んだ紙が取り付けられています。裏面の剥離紙を剥がし、葉の裏面に密着させて貼り付けると、葉裏面から蒸散によって放出された水分が疎水性の不織布を通して塩化コバルト(II)に吸収されます。貼り付けてから一定時間後に表示部の色を確認することにより、色の変化具合から蒸散速度(蒸散による水分量)を把握することができます。色変化を判断する指標とするために、表示部の周囲に色見本が印刷されています。



- ①樹脂フィルム ②色見本 ③塩化コバルト紙
④表示部 ⑤不織布 ⑥接着部 ⑦剥離紙

図1 水分ストレス表示シートの構造と素材

コラム② 水分ストレスの一般的な測定法

コラム①で述べたように、水分ストレスの評価には、一般に早朝日の出前におけるLWP " Ψ_{max} " が指標として用いられます。LWPの単位は、圧力の単位であるMPa(メガパスカル)が用いられ、負の値になります。この値が小さくなる(負の値なので絶対値は大きくなる)ほど、樹は強い水分ストレス(乾燥ストレス)状態であることとなります。

測定の方法は、密閉された容器の内の植物体に圧力を加えて行うプレッシャーチャンバーや試料の水蒸気圧を測定するサイクロメータを使うのが代表的ですが、これらの方法は、非破壊ではない上に機器が高価で取扱いが煩雑であることなどの難点があります。



水分ストレスの測定機器(左:プレッシャーチャンバー、右:サイクロメータ)

水分ストレス判別手順

水分ストレス表示シートに用いている塩化コバルト(II)は、周りの水分が少なくても長時間放置すれば、少しずつ吸湿し続けて最終的には完全に色が変わってしまいます。そのため、葉に貼り付けて蒸散による水分量を評価するためには、貼り付けておく時間の基準を定めなければなりません。

基準の時間を定めるために、水分ストレスの有無による表示シートの色変化の違い調べた結果を図2に示します。これは、水分ストレスのない樹の、蒸散速度が $3.2 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で LWP (Ψ_{max}) が -0.6 MPa の葉と、強い水分ストレス状態にある樹の、蒸散速度が $1.2 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で LWP (Ψ_{max}) が -2.1 MPa の葉の裏面にシートを貼り付けて色の変化を検証した結果です。

水分ストレスのない樹では、シートを貼り付けてから5分後に表示部の色が完全に変化して淡赤色となりましたが、強い水分ストレス状態の樹では、色は少ししか変化しませんでした。このことから、水分ストレス表示シートを貼り付けた後、およそ5分経過した時点における色の変化から

LWP (Ψ_{max}) の判別が可能と考えられます。

なお、LWP (Ψ_{max}) が小さい樹でも水分ストレス表示シートの色が短時間で変化する場合もありました。これはシートの密着不足など貼り付けの不具合が原因と考えられました。また、LWP (Ψ_{max}) が大きくても蒸散速度が低い場合も稀にあります(章末「参考」参照)。従って1樹に対して1枚の葉のテストでは十分ではないと考えられます。このため複数枚(3枚程度)の葉に対してテストを行うとともに、場合によっては翌日あるいは、数日後に同一条件で再度テストを行うことにより、より確実な水分ストレス状態の把握が可能となると考えられます。

また、LWP (Ψ_{max}) との関係が明瞭な蒸散速度を示すのは、夏期の日中に日射が遮られずに十分に当たっている新葉なので(章末「参考」参照)、テストを行う時刻は11~13時頃、シートを貼り付ける葉は、図3に示すようなものとします。

手順の全体の流れを図4に、シートの貼り付け方を図5に示します。

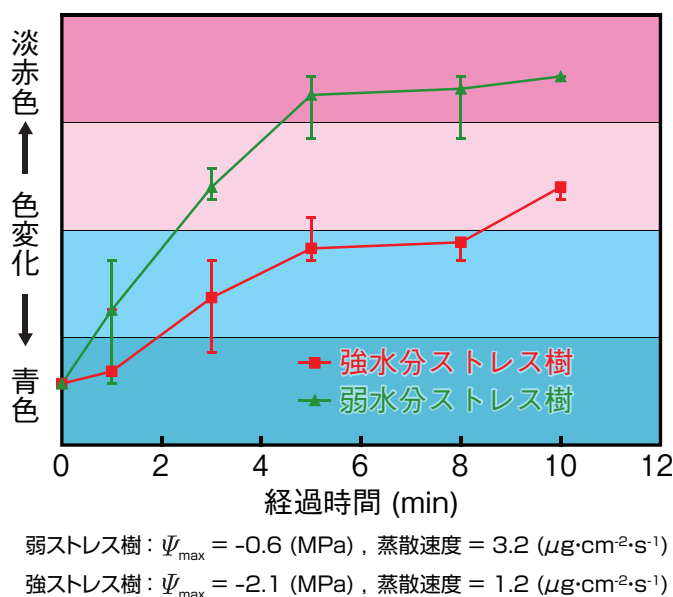


図2 LWP (Ψ_{max}) の異なる葉における水分ストレス表示シートの色変化



- ① 樹冠の赤道周囲付近から選択します。
- ② 南側の日射が十分に当たっている葉を選択します。
- ③ 日陰になっている葉、旧葉、虫食い葉は避けます。

図3 水分ストレス表示シートによるテストを行う葉の選択

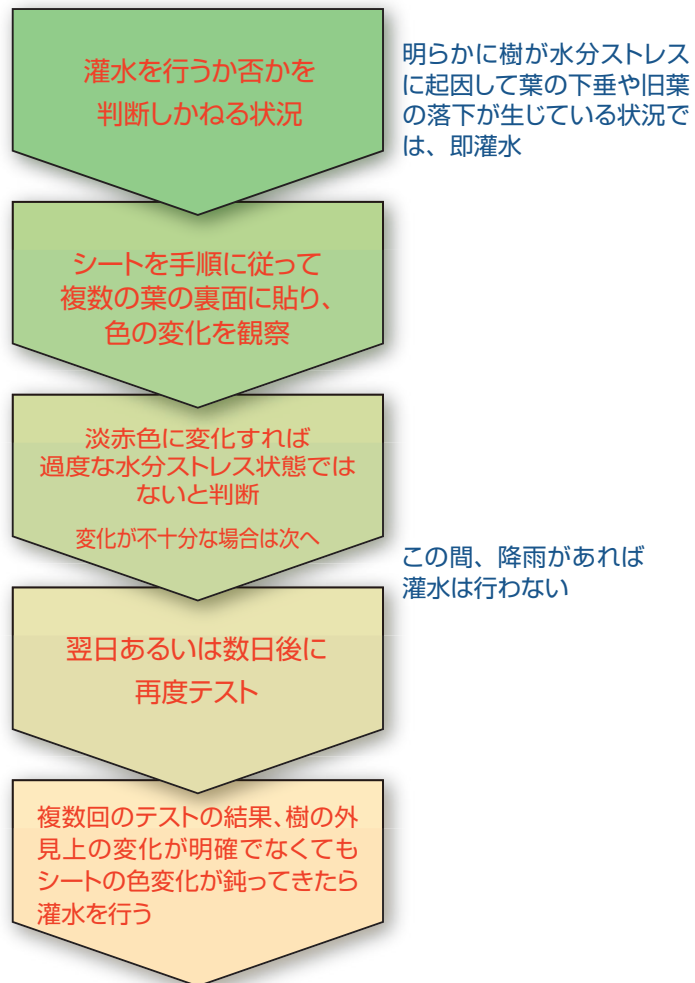


図4 かん水のための水分ストレス判別手順の流れ



シートは銀色の外袋に入っています。

外袋から取り出します。



シート裏面の剥離紙を剥がすと
接着面になっています。



葉の裏側に中肋を避けて密着させます。



貼り付け状態



図5 シートの貼り付け手順

今後の技術の改良

初めに述べたように、この技術は、より完成度を高めるために改良を行っています。

現場で試用して頂いたところ、①反応時間の短縮化、②色変化の判断の個人差の緩和、③接着力の強化、④貼り付け後に見失うことの防止方策、などの要望が出されています。

このため①塩化コバルト(Ⅱ)を含む紙の面積を小さくすることによる反応時間の短縮、②中間的な色変化は評価せず完全に变化したか否かの判別だけとする、③発泡ブチルゴムを用いた接着力の強化、④シートの裏面の剥離紙を目印代わりに活用する、などの検討を行っています。

さらに、水分ストレス表示シートにより判別した樹の水分状態に基づき、いつ、どのくらい、どのように灌水を行うことが効果的かについても検討を行っています。

おわりに

ここで紹介した水分ストレス表示シートを用いて植物の水分ストレスを把握する方法は、低コストな方法であり、生育期間中何度も迅速簡便に測定を行うことが可能で、植物体を損なうことのない非破壊的な方法です。そのため、実際の生産現場で生産者が作物の水分状態の把握に手軽に用いることのできる手法であるといえます。

この技術に関するこれまでの研究開発では、対象をウンシュウミカンに限定してきました。しかし、シートの構造を少し変更することによってシートの色が変化するまでの時間（感度）を自由に変化させることが可能です。したがって、中晩生カンキツや落葉果樹、さらに他のさまざまな植物体についても、蒸散速度と水分状態の関係が明らかにできれば適用可能と考えられ、この技術の応用範囲は多岐に渡ると考えられます。

参考文献

- 葦沢正義. 温州ミカンの品質と水管理 (1). 農業及び園芸. 46(8). p.1155-1160. 1971.
- 貝原洋平・宮本輝仁・新堂高広. 根域制限栽培のウンシュウミカン‘上野早生’における水分ストレス付与程度の違いが果実品質に及ぼす影響. 園芸学会雑誌. 75 (別2). p. 99. 2006.
- 間亭谷 徹・町田 裕. 夏季におけるウンシュウミカン樹の水管理の指標としての葉の水ポテンシャル. 園芸学会雑誌. 49. p.41-48. 1980.
- 中里一郎・松永茂治・岸野 功. ウンシュウミカンのフィルムマルチ栽培における乾燥ストレスの期間及び程度が果実品質に及ぼす影響. 長崎果樹試報. 3. p.1-10. 1996.
- 高辻豊二. 温州ミカンの水分制御による糖度向上技術. 農業技術. 46. p.398-402. 1991.
- 星 典宏ら. ウンシュウミカン樹における水分状態の簡易把握のための“水分ストレス表示シート”の開発. 園芸学研究. 6(4). p.541-546. 2007.
- 星 典宏ら. 「植物用体内水分ストレスシートと植物水分ストレス測定法」. 特許公開 2007-232572. 2007.

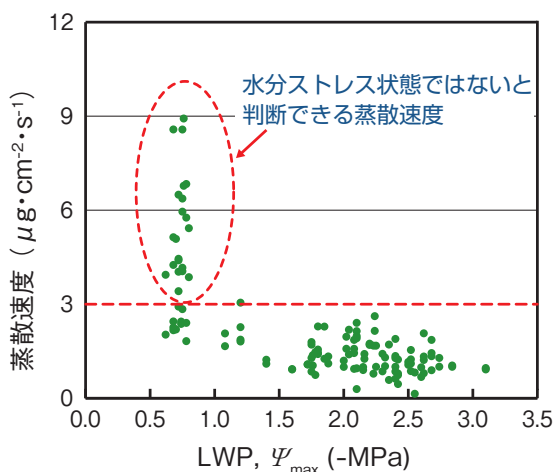
参考 蒸散速度と水分ストレスの関係

‘宮川早生’（カラタチ台、9年生）を供試し、水分ストレスの指標としてのLWP (Ψ_{max}) と日中の蒸散速度との関係を検証しました。LWP (Ψ_{max}) の測定にはプレッシャーチャンバー法（測定器：PMS Instrument Company、Model 600）を用い、早朝日の出前（午前3時から5時）に測定しました。蒸散速度の測定は、11時から13時頃に定常制御型高精度ポロメータ（LI-COR、LI-1600）を用いて行いました。対象とした葉は本文図3に従い、樹冠の赤道周囲付近で、樹の南側の十分に直達日射を受けている春葉とし、旧葉または虫害によって損傷を受けた葉などは除外しました。これらの測定は、平均気温 $30.5 \pm 1.9^\circ\text{C}$ 、平均相対湿度 $40.0 \pm 8.9\text{Rh}\%$ の夏季条件下で行ったものです。

LWP (Ψ_{max}) がおよそ -0.8 MPa 以下では蒸散速度の低下傾向が認められました。LWP (Ψ_{max}) が -0.8 MPa 程度の弱い水分ストレス状態では蒸散速度は $3 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を超えましたが、それ以下の強い水分ストレス状態の樹では、蒸散速度が $3 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を大きく超えることはありませんでした。LWP (Ψ_{max}) の低下に従い日中の蒸散速度が減少する明確な関係は得られませんでした。前述した蒸散速度 $3 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ をしきい値とすることにより、LWP (Ψ_{max}) が、 -0.8 MPa 付近の状態とそれ以下の状態を蒸散速度から判別できると考えられます。

つまり、LWP (Ψ_{max}) と蒸散速度との関係から、前述したような条件の部位及び時間帯での葉について、蒸散速度が $3 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上得られていれば、LWP (Ψ_{max}) は -0.8 MPa 以上であったと推測できます。逆に $3 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下であれば、外見の明確な変化が無くとも、およそ LWP (Ψ_{max}) が -0.8 MPa 以下の水分ストレス状態にあると推測できます。

しかし、10月上旬以降、秋季条件での測定として、平均気温 $25.3 \pm 2.6^\circ\text{C}$ 、平均湿度 $37.0 \pm 3.2\text{Rh}\%$ の環境で行った結果、夏季条件での測定時のような特徴的な LWP (Ψ_{max}) と蒸散速度の関係は明確には認められませんでした。したがって、 $3 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ というしきい値は夏季においてのみ用いることができます。



水分ストレスの指標 LWP (Ψ_{max}) と日中の蒸散速度との関係

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www.wenarc@affrc.go.jp

第8章

可搬型近赤外分光器による 葉中窒素測定と栄養診断法

この技術の目的

近年、ウンシュウミカンの高品質生産を目指すあまりに、樹の栄養状態が良好に保てなくなっている状況が増えています。ウンシュウミカンの施肥方法については、これまでに多くの研究や試験が行われてきており、それを基に各県で施肥基準が定められています。しかし、高品質果実が求められる近年、食味の優れたS～M玉を生産するために、窒素の遅効きによる品質低下を恐れて施肥量を減らす生産者が増えています。さらに、マルチ栽培の普及や、カラ梅雨、干ばつなどの異常気象の多発で、施肥はしても水がないため、樹が必要な時に肥料を吸収できないという状況も増えています。このため、栄養不良による樹勢低下と隔年結果が顕著になり、園地や樹による収量、品質のばらつきが大きくなっています。

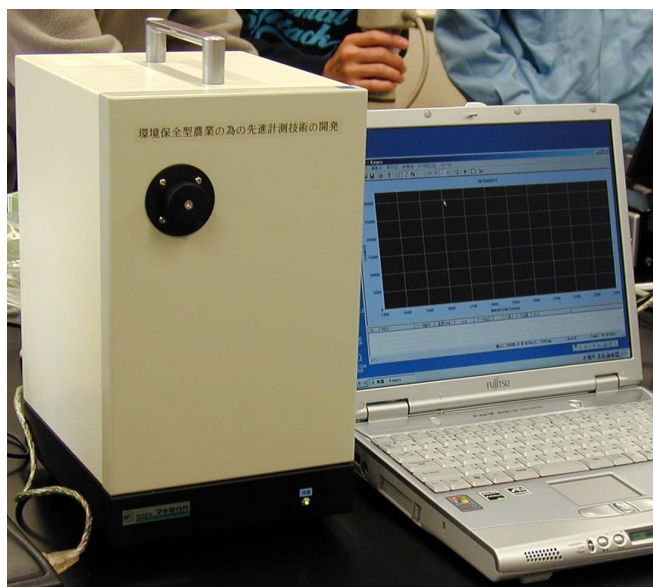
樹の栄養状態を良好に保つためには、いつでも簡単に葉中窒素量を測定できる技術が役立ちます。しかし、これまでは適切な方法がありませんでした（「コラム」参照）。

そこで、葉に近赤外線を当てると葉の成分によって吸収パターンが異なることを利用した、ポータブル型近赤外分光器による非破壊・迅速な葉中窒素含量の測定方法を開発しました。また、その測定結果を用いるウンシュウミカンの窒素栄養診断法も開発しました。

測定装置と測定の原理

測定に用いる装置を図1に示します。なお、現在のところ、装置に付属のソフトウェアの他に、データ処理のための市販ソフトウェア（CAMO社 The Unscrambler）が必要になります。

測定は、近赤外分光法によって行います。近



メーカーと共同開発した可搬型近赤外分光器。大きさは高さ320×幅190×奥行230 mm、重量8.5 kgで、電源はAC100Vを使用。光源は13Wのハロゲンランプで、回折格子により分光した1,300～2,400 nmの近赤外光を、直径9.5 mmの円形窓を通して、1 nm間隔に1回0.8秒でスキャンしながら試料に照射します。葉から反射してきた光をPbS（硫化鉛）センサーで検知し、連続した吸収スペクトルを得ます。サンプルの葉は、前面のバネ式のキャップを手前に引いてできた隙間にはさみ込みます。

図1 可搬型近赤外分光器

赤外線は、波長が約 700 ～ 2,500 nm (ナノメートル、1mm の 100 万分の 1) の電磁波で、赤い光よりも波長が長く目には見えない光です。測定装置を用いてミカンの葉に近赤外線を当てると、波長によって吸収される程度が異なり、どの波長がどの程度吸収されるかは葉に含まれる成分の種類や量によります。したがって、あらかじめ、葉中窒素量と吸収される波長の関係を調べて検量線を作成しておけば、測定装置で葉からの反射光を測定するだけで、窒素含量を計算で求めることができます。

測定の手順

測定手順の流れを図 2 に示します。分光器の暖機運転の後の詳細な手順は次のとおりです。

図 1 のように、装置の前面に葉をはさむキャップが付いています。キャップの裏が白色板になっており、測定の最初に一回、葉のない状態でこれを測定します。

続いて、生の葉の測定を行います。キャップはバネ式になっており、手前に引いてできた隙間に葉をはさみ込みます。ツルツルした葉の表を内側（光の当たる側）に向け、葉脈の主軸がかからないようにセットして測定します。測定操作は専用ソフトを使って簡単に実行できます。窒素計測には 1ヶ所の測定で十分であり、1ヶ所を 8 回計測した平均値を使用します。葉 1 枚の測定時間は約 8 秒です。そして、計測データをデータ処理ソフトウェアで処理することで、葉中窒素量を

算出します。なお、検量線（「コラム」参照）は、ケルダール法による測定値（主にタンパク態窒素で、以下、ケルダール窒素と呼びます）を用いて作成したものと、CN コーダーによる測定値（硝

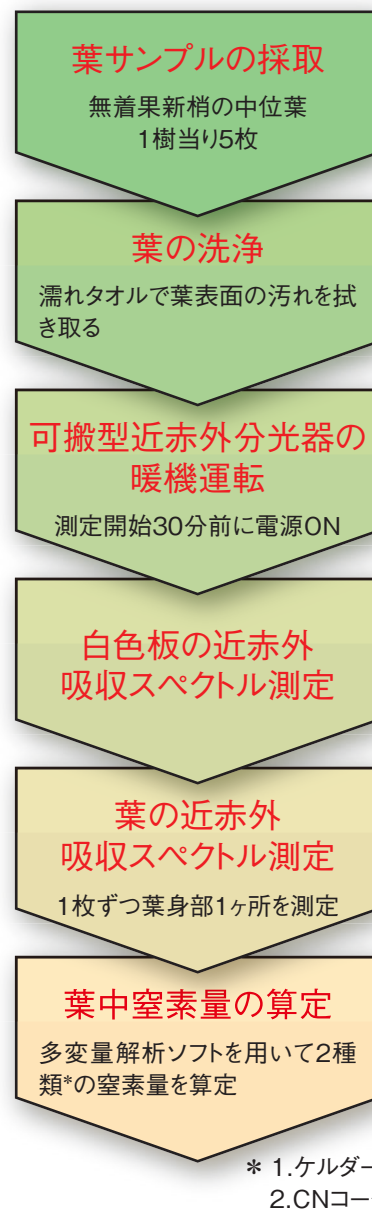


図 2 測定手順

コラム① これまでの栄養診断法

葉の分析による果樹の栄養診断法は 1970 年代はじめに確立されましたが、時間と労力のかかる化学分析では 8 ～ 9 月に 1 回のみ診断であり、多数の園地や樹のきめ細かな診断は不可能です。葉色板や葉緑素メーター (SPAD) による葉色診断も提唱されましたが、簡便ながら診断精度に問題があり、利用されていません。また、RQ フレックスによる葉柄汁液の窒素測定も検討されましたが、診断時期が 7 ～ 8 月に限定される上に測定精度が低いことから、実用化には至っていません。

窒素栄養の診断法

酸態や遊離アミノ酸を含む全窒素で、以下、CNコーダー窒素と呼びます）を用いて作成したものとがあるので、ケルダール窒素とCNコーダー窒素の両方を測定できます。

これら窒素の測定精度を、図3、図4に示しました。予測誤差の標準偏差は0.132～0.134%で、未知サンプルの約8割は予測誤差0.17%以内に入り、実用上問題のない測定精度です。

この技術による測定値を、ウンシュウミカンの高品質・連年生産のための窒素栄養の診断に活用する方法を述べます。

樹の栄養状態を診断するには、無着果新梢の中位にある春葉を、1樹当たり5枚程度採取して測定します。葉が硬化した7月中旬頃から測定できます。1年に7月中下旬、9月上旬、11月下旬、3～4月上旬の4回測定すれば、樹の栄養状態を正確につかむことができます。いつの時期から始めても構いません。

7～9月の生育期には2.7%以上のケルダール窒素および2.9%以上のCNコーダー窒素があれば良好と判断できます（図5）。ケルダール窒素は秋季に一旦減少しますが、11月下旬頃には7～9月と同じ水準まで回復しているのが望ましい状態です。また、3～4月上旬には、ケルダール窒素で2.6%以上、CNコーダー窒素で3.0%以上が必要であり、これ以下では樹が衰弱する傾向にあると言えます（図6）。

7～9月の葉中窒素量が不足すると果実肥大や収量が低下する傾向にあり、極端に欠乏すると果実品質（糖、酸、果皮色など）にも悪影響を与えます。不足と診断された場合には、窒素系の液肥を葉面散布します。また、3～4月上旬の葉中窒素量は樹の貯蔵窒素量を反映しており、貯蔵窒素は4～6月の発芽、開花、新梢伸長の原動力となる大切なものです。これが不足と診断された場合には、年間の施肥量や施肥時期を見直したほうが良いでしょう。

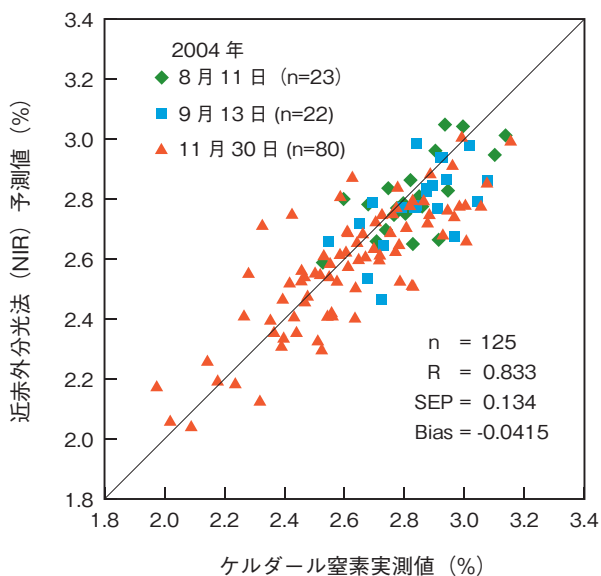


図3 ミカン葉中ケルダール窒素測定精度

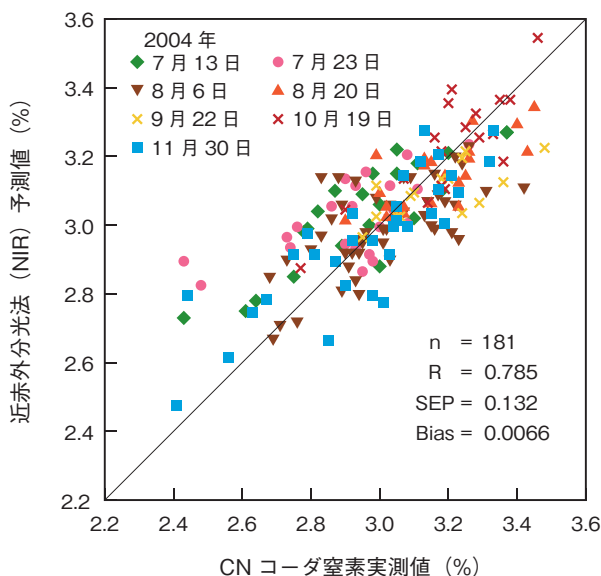
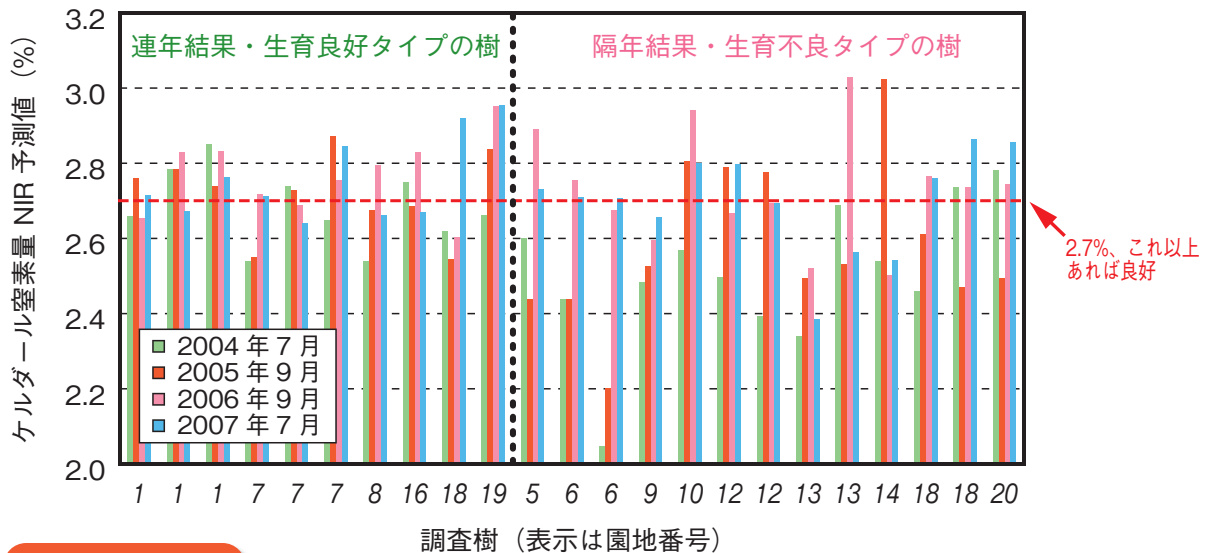


図4 ミカン葉中CNコーダー窒素測定精度

ケルダール窒素



CN コーダー窒素

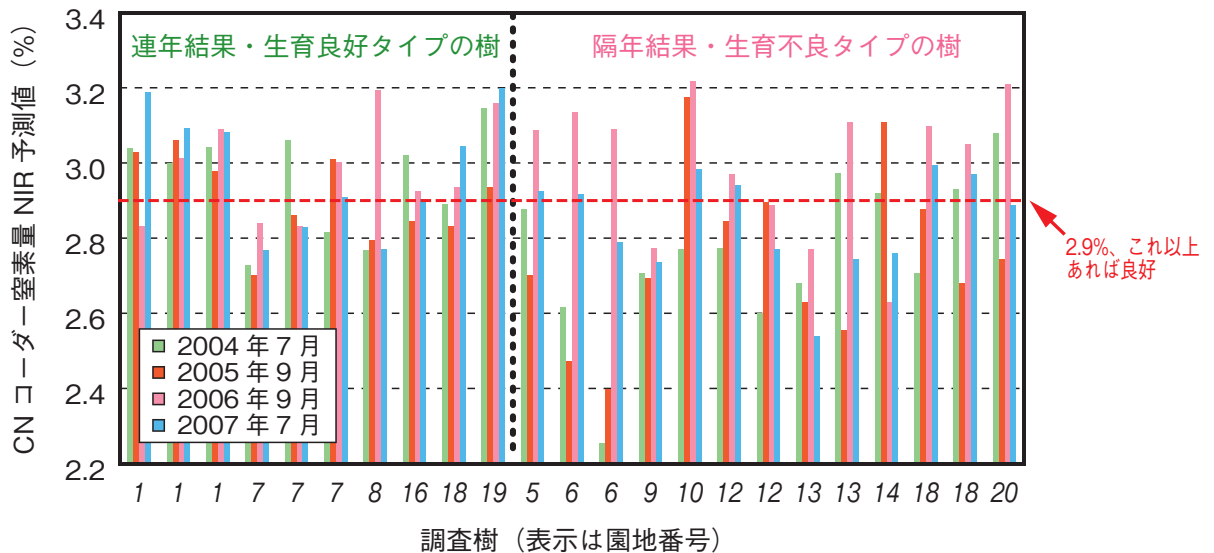


図5 連年結果樹と隔年結果樹の7～9月葉中窒素量の違い(有田川町金屋地域)

コラム② 検量線の作成

現在、付属ソフトには検量線作成機能や検量線の登録と演算、結果表示機能がないため、市販の多変量解析ソフトが別途必要になります。

検量線の作成は、以下のようにして行いました。

測定装置によるスペクトルデータ(波長毎の吸収量データ:吸光度)は、CSV形式のファイルで保存され、自由に本体から取り出すことができます。ベースラインを補正し成分によるスペクトル変化を顕在化させるために、Savitzky-Golay法による二次微分処理を行います。さらに、各波長におけるサンプル間の吸光度変化を同じ尺度で比較できるように、正規化処理を行います。そして、1600～2300 nmの2 nm間隔データを用いて、PLS回帰分析法により検量線を作成しました。目的変数となる窒素含量の実測値には、本文で述べたとおり、ケルダール法およびCNコーダーで測定した値の2種類を用い、それぞれに検量線を作成しました。

単位収量の年次推移



葉中ケルダール窒素量の季節推移



図6 収量や新梢量が異なる樹の葉中窒素量季節推移の違い (有田市 A 園の事例)

さいごに

本測定法では、1 樹当たり数分間で迅速にケルダール窒素および CN コーダー窒素含量が測定できます。季節を追った測定値を活用すれば、窒素栄養状態を正確に診断することができ、高品質果実生産に必要なきめ細かい窒素栄養管理が可能になります。

今後、装置に専用のデータ解析ソフトが付属されれば、本装置だけで、誰でも簡単に窒素含量の測定が可能になります。

また、他の成分についても検量線が作成でき

れば測定可能であり、利用範囲はもっと広がることが期待できます。

参考文献

- 石原正義. 「果樹の栄養診断」. 農山漁村文化協会. 1982.
- 高辻豊二. 農業技術体系, 果樹編, カンキツ. 施肥と土壌管理II, 施肥の基本と施肥設計. 農山漁村文化協会. p.145-154. 1987.
- 高野和夫・妹尾和憲. 近赤外分光方法によるモモ生葉中無機成分の非破壊測定. 岡山農総七農試研報. 18. p.29-33. 2000.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第9章

近赤外分光法による 根中デンプンの測定と着花量予測

この技術の目的

光合成で作られた糖分は、果実や枝葉の生長に使われますが、翌春の発芽や開花のためのエネルギーとして、枝葉や根にも蓄えられます。ウンシュウミカンの着果の多い樹では糖類として果実にほとんどを収奪されますが、着果の少ない樹では多くの炭水化物が貯蔵養分にあてられます。貯蔵された炭水化物の量を調べることで、翌春の着花や発芽に関わる樹の状態を把握することができます。

静岡県では、‘青島温州’の収穫前の根中デンプン含有率から翌春の着花量を予測し、冬～春期の樹体管理の指導に利用しています。しかし、デンプン分析を行うには、専用の機器がいくつも必要です。また、根を採取後に乾燥させてから粉末に調製しなければならないため、結果が出るまでに1週間程度かかります。このため、可搬型の近赤外分光装置を利用して、現地ほ場ですぐにデンプンを測定し、樹体管理の指導ができる方法を開発したので紹介します。

測定装置

この分析に利用する可搬型近赤外分光装置を図1に示します。葉中窒素含有率を測定する装置に、根固定用フォルダを付けたものです。この装置は根に近赤外光（波長 1300 nm ～ 2400 nm）を照射して、どの波長が強く吸収されるかを測定します。あらかじめ、産地や品種に応じた検量線を作成しておくことで、根の中のデンプン含有率を測定することができます。なお、現在のところ、装置に付属の操作用ソフトウェアの他に、データ処理用の市販ソフトウェア（CAMO社 The Unscrambler）が必要になります。

測定手順

測定手順は以下の通りです（図2参照）。

- ①同じ樹でも採取する位置や根の直径によって、デンプン含有率が変わる場合があります。根の直径を6～8mmと一定にし、できれば1

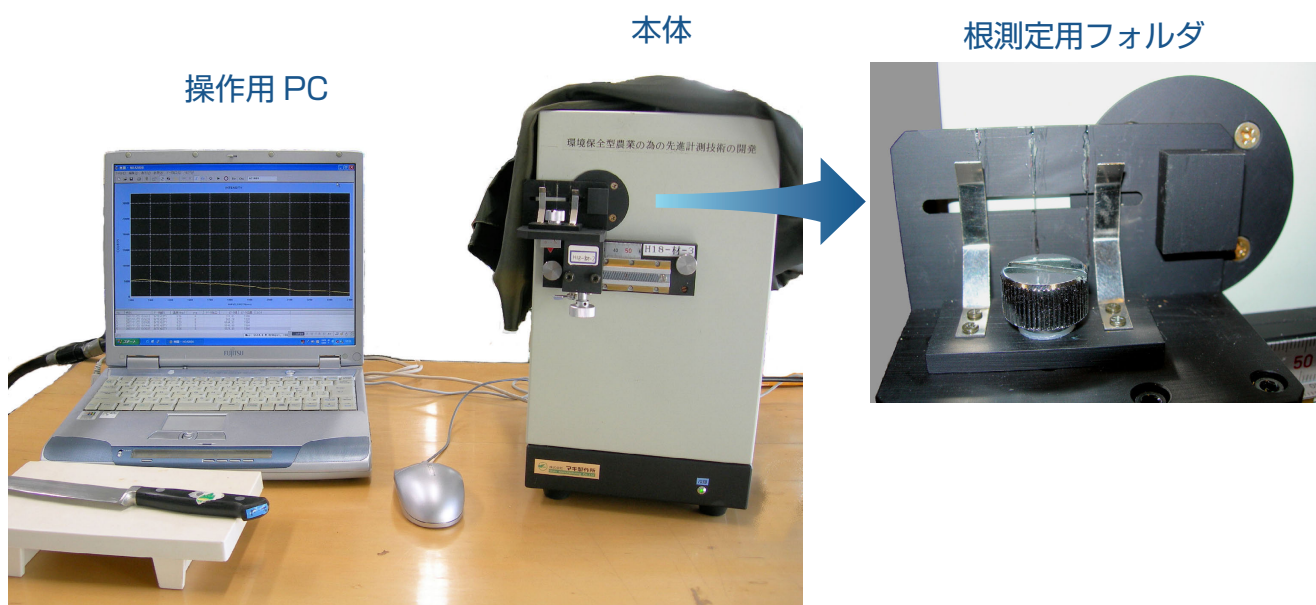
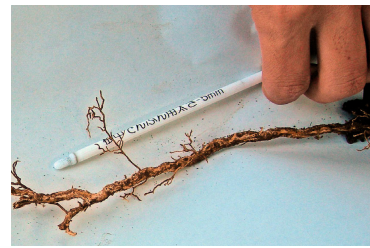
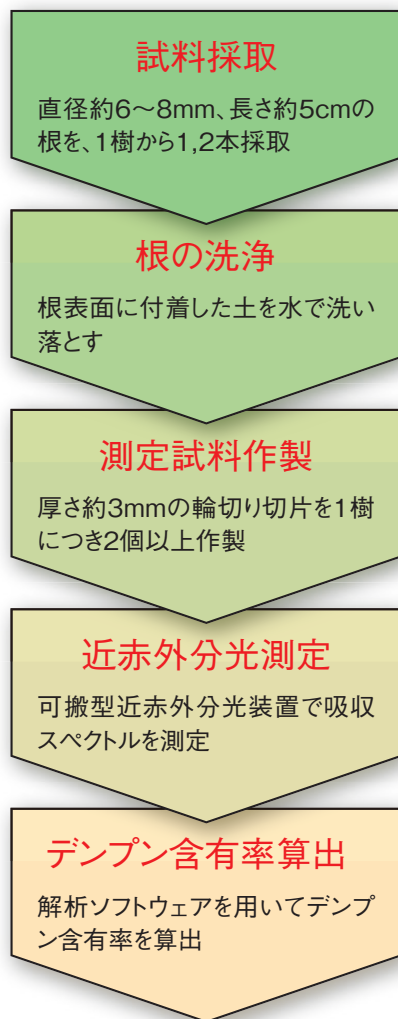


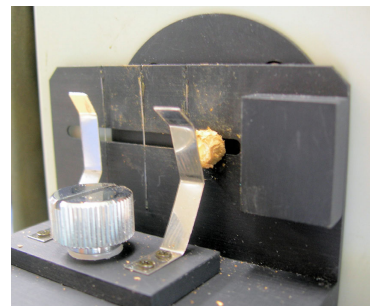
図1 可搬型近赤外分光装置



根の直径はなるべく一定に



ナイフで切断面を滑らかに



切片の中心部分を測定

図2 根中デンプン含有率の測定手順

- 樹から根を2本採取します。太さをそろえるには、目印となる棒を用意すると良いでしょう。
- ②根の表面が汚れていると、正確な測定ができません。水で付着した土を洗い落としましょう。現地で測定するときは、水道水をペットボトルに入れて持っていきます。洗い終わったら、布等で表面を軽くふき取ります。
- ③厚さ3mm程度の輪切り切片を2個以上作製します。剪定鋏では切断面に段差ができませんので、板の上に置いてよく切れるナイフで切断すると良いでしょう。
- ④切片を測定窓の中心にくるように固定します。測定窓の隙間から装置内に光が差し込まないように黒布をかぶせ、スペクトルを測定します。

時間は約8秒です。

- ⑤データ処理用のソフトウェアを用いて、測定したスペクトルからデンプン含有率を算出します。複数の切片のデンプン含有率を平均して、調査樹のデンプン含有率とします。

なお、採取、洗浄から測定まで時間がかかる場合は、クーラーボックス等に根を保管し、測定の直前に輪切りにしましょう。試料の温度と水分を一定にすることで、精度の低下を防ぎます。

デンプン含有率による 着果量予測

静岡県では‘青島温州’における着花量予測基準として、図3のように設定しています。収穫直前（11月下旬～12月上旬）の根中デンプン含有率が4%を超える樹は翌春の着花量が多く、1%未満の樹は着花量が少ない傾向にあります。デンプン含有率から着花量が多くなると予測される樹では、早い時期にせん定などの対策を実施することで、着花量の減少と新梢の発生を促す効果が期待できます。

さいごに

近赤外分光装置による測定では、特に試料の水分量と温度の影響を受けてスペクトルが変動します。測定直前に輪切りにするようにし、試料の状態を一定にすることを心掛けましょう。また、デンプン含有率による着花量予測の基準値は、品種や栽培地が異なれば変わってくる考えられます。利用にあたっては、品種ごとにデンプン含有率と着花量の関係について調査し、基準値を設定しましょう。

根中デンプン含有率（11月下旬～12月上旬）



図3 ‘青島温州’における着果量予測基準

参考① デンプン含有率測定用検量線の作成

現在、付属ソフトに検量線作成機能がないため、市販のソフトウェア「The Unscrambler」を用いて検量線を作成します。手順は以下のとおりです。

デンプン含有率が0～10数%の広い範囲に分布するように、着果量の異なる数本の樹から根を採取します。産地の中で5～20園地、1園地3～10樹、試料数で100個くらいあると精度のよい検量線が作れます。根の調製方法とスペクトル測定方法は前述したとおりです。スペクトル測定後、根を乾燥、粉碎し、デンプン含有率を「ヨウ素比色法」で測定します。

スペクトルデータはCSV形式で保存されています。あらかじめ「Excel」等の表計算ソフトで、スペクトル以外のデータを削除し、TXT形式で保存しておきます。「The Unscrambler」でデータを読み込み、PLS回帰分析法により検量線を作成します。このとき、スペクトルをSavitzky-Golay法により二次微分処理してから検量線を作成した方が、精度が向上する場合があります。

参考② ヨウ素比色法

ヨウ素比色法の分析手順は以下の通りです。この方法は、ヨウ素液がデンプンと反応して青紫色に変化する性質を利用しています。手順③～⑥に、試料100点あたり約5時間を要します。

- ①根を採取後に水で土を洗い落とし、剪定鋏などで薄くスライスして、約70℃で乾燥させます。根が湿った状態の方が、簡単にスライスできます。
- ②ミルなどを用いて細かな粉末にします。
- ③試料100mgを遠沈管などの容器にとり、試験管立てに挿しておきます。検量線作成用の標準試料として、溶性デンプンも同様に計りとります。
- ④蒸留水を容器に10ml加えます。恒温槽などで100℃の湯を沸かし、容器を30分間入れて熱水抽出します。このとき、容器内部の水面が充分沸騰水に浸るようにします。
- ⑤抽出液を冷ましてから、ろ液を50mlメスフラスコにとります。6N塩酸2滴を加えて酸性にしてからヨウ素液2mlを加え、蒸留水で50mlに定容します。ヨウ素液は、薬局で市販されているヨードチンキ（ヨウ素3g/100ml）の5倍希釈液を利用します。
- ⑥比色計で660nmの吸光度を測定してデンプン含有率を求めます。

発色の様子



参考文献

- 大城晃・杉山泰之・片山晴喜・河村精・久田秀彦・岡田長久. ウンシュウミカンにおける冬季根中でんぷんによる樹体栄養診断の開発. 日本土壤肥料学雑誌. 71(2). p.259-262. 2000.
- 中村明弘・吉川公規・澤野郁夫. カンキツ生根中デンプン含有量の近赤外分光装置を利用した計測. 園芸学会雑誌. 76(別2). p.129. 2007.
- 杉山泰之・大城晃. ウンシュウミカンの栄養診断のためのヨウ素比色法によるデンプン簡易測定法. 日本土壤肥料学雑誌. 72(1). p.81-84. 2001.
- 岡田正道. ウンシュウミカンの生産性予測要因としての樹体栄養分の有効性. 園学雑. 73. p.164-170. 2004.
- 杉山泰之・大城晃・濱崎櫻・澤野郁夫・小原均. ウンシュウミカン‘青島温州’の樹体内デンプン含量の時期的変化と冬季の根中デンプン含量による着花量予測. 園芸学研究. 5(3). p.277-282. 2006.
- 岩元睦夫・河野澄夫・魚住純. 近赤外分光法入門. 幸書房. 1994.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル

第三部

省力化・防災のための園地整備技術

第10章

階段園における運搬車活用のための 小規模園地改造技術

担当：近畿中国四国農業研究センター
次世代カンキツ生産技術研究チーム

和歌山県農林水産総合技術センター
果樹試験場 栽培部

この技術の目的

傾斜カンキツ園には、法面を石積みで押さえた階段園が多く見られます。階段園は、排水・風通し・日照の良さから高品質果実の生産に適する機会が多い一方、テラス間に法面や石垣があるため、モノレール以外の機械導入は困難であり、労働条件は不利となります。特に収穫した果実の運搬作業では、上下方向にはモノレールが利用されますが、横方向のテラス内の運搬は人力による場合が多く、これはかなりの重労働となります。

しかし、各テラス面の傾斜は比較的緩やかであり、空間を確保することができれば、運搬車が導入できる可能性があります。ここでネックとなるのはテラス間の運搬車の移動です。石積みの一部崩して通路を整備すれば移動可能ですが、これには多大な労力がかかるほか、防災面での懸念もあり、現実的ではありません。また先代が築き上げた石積み園は「資産」と捉えられていることから、石積みを崩しての園地整備には抵抗感が大きいということもあります。

ここで紹介する技術は、階段園において石積み崩壊ことなくクローラ式動力運搬車を利用しやすくするための、体系的な園地整備技術です。この技術体系は、足場パイプなどの安価で入手しやすい資材を用いて専門技術がなくても設置可能な、テラス間移動のためのスロープ設置技術などが中心となります。

なお、ここで紹介するのは技術の概要であり、具体的な設置方法や留意事項については、別途配布しております「スロープ組立てマニュアル」をご覧ください。同マニュアルの入手方法については、近畿中国四国農業研究センターのウェブサイト（URLは章末に記載）をご覧ください。当センターにお問い合わせ下さい。

園地整備のメニュー

石積み階段園地域では、傾斜などの地形条件や農道とのアクセス状況などはまちまちで、画一的な方法での整備は困難です。園地の状況に応じて、図1に示すような、園内道整備、モノレール分岐、スロープ設置、狭幅作業道造成等の技術を組み合わせて利用することで、軽労化のための小規模園地改造が可能となります。

スロープ

図2のような急傾斜階段園における比較的高低差の大きいテラス間に、足場用鋼管やクランプなど市販の資材を用いてスロープを組み立てることにより、運搬車の通路を設置することができます（図3）。

実際に設置した例を図4に示します。園地の条件は、テラス幅平均2.3m、園地原傾斜35.7度（最大44.0度）、石積み高さ1.46m（最大1.89m）です。図3に示すように、各テラスの樹木を2～3本伐採し、空間を確保した上で園地の端に設置しました。モノレールから園地端（スロープ）までの距離は約40mです。スロープの勾配は、設置に要する面積や運搬車の安定走行の面から、20度としました。設置に要した時間は資材運搬や縮伐等の事前準備を除き、1段当たり約5.5時間（4人組み作業）でした。また、圃場内へ運搬車を搬入するため、モノレール勾配が比較的緩やかな部分1箇所に分岐レールと引込み線を設置し、モノレールを用いて運搬車を搬入できるようにしました。

スロープを利用した運搬車のテラス間移動の様子を図5に示します。

このような実際の設置による実証試験により、幅2.5m以上、石積み高さ2.0m以下のテラスに適用でき、モノレール軌条と反対側の圃場末

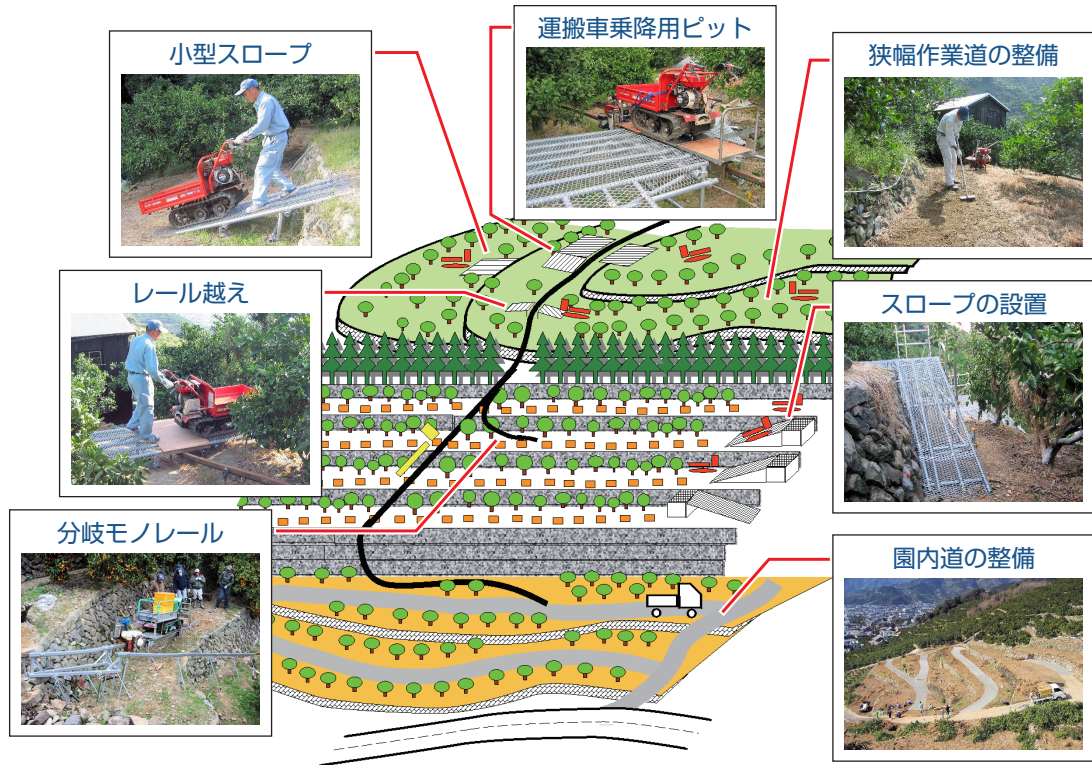


図1 階段園地域における園地整備メニュー



図2 急傾斜階段園

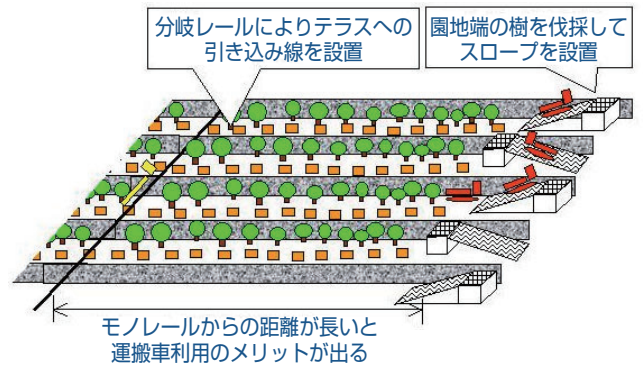


図3 スロープ設置の概念図



図4 設置したスロープ



図5 スロープを利用した運搬車のテラス間移動

端に設置すればよいこと、および、設置に必要な資材費は石積み高さ 150cm のとき 1 段当たり約 9 万円であり、テラスの幅や長さにより受益面積が異なりますが、テラス長さ 50m、テラス幅 2.5～7m の場合で 20～60 万円/10a であることなどがわかりました。

運搬車の移送

スロープでテラス間のクローラ運搬車の移動を可能にしても、隣接する農道から運搬車を乗り入れられない場合、運搬車を園地内に搬入する必要があります。そのために、次のようにしてモノレールを用いて運搬車を移送します。

(1) 急傾斜の階段園への移送

モノレールの傾斜が急な園地では、モノレールに分岐ポイントを設置してテラスに支線を引き込み、台車へクローラ運搬車を乗降させます。ただし、傾斜が特に急な箇所では分岐ポイントの耐久性や取り扱い性が低いため、なるべく緩やかな箇所に設置する必要があります。

クローラ運搬車を積み降ろしする際は、図 6 のようにモノレール台車の後部枠を外します。

モノレール支線を設置したときの資材費は、分岐ポイント部が 60,000 円、レールが 4,500 円/m で、別途工事費が必要となります。

(2) 傾斜の緩い階段園への移送

モノレールの傾斜がほぼフラットな場所を選び、図 7 のようにモノレールの高さに合わせ乗降用ピットを設置することで台車へクローラ運搬車を乗降させます。乗降用ピットは、スロープと同様に足場パイプ等で組み立てます。

また、台車上のクローラ運搬車が方向転換できるように、図 8 のようなターンテーブルを設置します。

乗降用ピットの資材費は、天板部が約 3.3m² の場合で約 42,000 円です。

小型スロープと乗り越え足場

高さが 100cm 以下程度の低い段差には、スロープと同様に足場パイプ等を用いて、さらに簡易な小型スロープを設置します (図 9)。

スロープ角は 20 度とし、スロープ幅は約 80cm とします。この場合、テラスの段高とスロープ長は約 1:3 の割合となります。

小型スロープの資材費はテラスの段高によって異なり、段高が 35cm で約 10,000 円、段高が 80cm で約 18,000 円です。スロープの費用対効果は園地形態によって大きく異なり、テラス長、テラス幅が広いほど受益面積は大きくなります。

また、クローラ運搬車走行時の障害となるモノレール軌条や排水溝は、簡単なスロープを設置して乗り越えられるようにします (図 10)。

その他の技術

(1) クローラ運搬車のための作業道の設置

テラス上でクローラ運搬車をスムーズに操縦するためには、約 1m 幅の通路空間が必要です。そのため、状況に応じて、縮伐などによりこの空間を確保します。階段園では石積み側の空間が日裏になるため果実生産性が低く、縮伐しても大きな収量減にはなりません。また、樹容積にして 10% 程度の縮伐なら果実品質に与える影響も見られません。

また、クローラ運搬車を安定して操縦するため、作業道をできるだけフラットにする必要があります。狭幅作業道造成機を利用すれば、軽労的に作業道を設置できます。

実際の栽培園地では石垣と株元までの距離が狭く、多くの園地で作業道を設置できない場合があります。樹の老木化が進む中、改植と作業道設置を前提とした園地改造をセットで考えることが望ましいと思われます。



図 6 モノレール支線を利用した乗降



図 9 テラス間移動用小型スロープ



図 7 モノレール乗降用ピット



図 10 障害物乗り越え足場



図 8 ターンテーブルを設置した
モノレール台車



図 11 コンテナ積み込み補助具

(2) モノレール台車への積み込みの省力化

FRP 製パイプを2本平行に並べて接続し、接続部は自在に可動するよう加工します。それを単軌条運搬機荷台に接続できるように取り付けフックを付けます。これを利用して、収穫コンテナを荷台まですべらせて押し上げます。また、押し上げたコンテナを二段目に積み上げるため金属製のローラーを加工します。これらの補助具を用いることで作業時間は増えますが作業負担を軽減できます（図11）。補助具の資材費は合わせて約13,000円です。

参考文献

小型機械のテラス間移動を容易にするスロープ設置技術. 機械化農業. 3067. p.8-11. 2006.

階段園のテラス間機械移動のためのスロープ設置技術. 香川の果樹. 20(4). p.24-27. 2006.

上野山浩司・角田秀孝・前阪和夫. 急傾斜階段園での運搬作業の軽労働化に関する研究. 和歌山農林水技セ研報. 5. p.43-49. 2003.

近畿中国四国農業研究センターウェブサイト:
<<http://wenarc.naro.affrc.go.jp/>>

参考 動力運搬車利用による運搬作業の軽労働化効果

スロープを設置した園地のテラス1段（長さ37m）を用いて、モノレールまでの等高線方向の運搬試験によって軽労働化効果を検討しました。

テラスの栽植本数は8本、収穫量は20kgコンテナで43ケース（1樹当たり5.4ケース）でした。慣行作業で用いられている2輪台車（3ケース積み）による運搬では、作業中の心拍数は常に120拍/分以上で高く推移し、心拍数増加率89%の「強労働」となりました。一方、市販のクローラ式動力運搬車（6ケース積み）を利用すると、コンテナの積み込み・荷降ろしによって心拍数は一時上昇するものの、運搬中は再び降下したため、心拍数増加率48%の「中労働」となり、運搬車利用による軽労働化効果が認められました（下表）。テラス1段分の運搬作業時間は、走行空間の広さが運搬車の走行速度に影響を与えることから、約1m幅の空間を設けることにより2輪台車利用時とほぼ同程度となります。

	慣行作業*	クローラ運搬車
積載量	3ケース	6ケース
平均心拍数（拍/分）	123	96
心拍数増加率（%）	89	48
労働強度**	強労働	中労働
作業時間（分：秒）	15:43	19:45

試験条件：長さ37mのテラスにおける収穫果実（20kg×43ケース）をモノレールまで等高線方向に運搬
被験者：36歳男性、安静時心拍数65拍/分

*人力2輪台車を使用

**鶴崎（1983）の分類による

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

第11章

ジオテキスタイルを用いた 小規模石垣の修復法

担当：近畿中国四国農業研究センター

福本昌人・川本治*

(*現在、農村工学研究所)

この技術の概要

急傾斜地のカンキツ園で多く見られる石垣は、豪雨のときに崩壊する場合があります。このような崩壊は、地表水や地下水が集まりやすい場所に石垣がある場合に起こりやすいと考えられます。そのような場所では、一度石垣が崩れたら、ただ積みなおしただけでは再び崩れる可能性が大きいと言えます。ここで紹介する技術は、小規模な崩壊を起こした石垣を、土木工事用の繊維材料を有効に利用することによって、より安全なものに省力的に修復する手法です。なお、このような土木工事の材料として用いられる繊維製品は、「ジオテキスタイル」と呼ばれています。

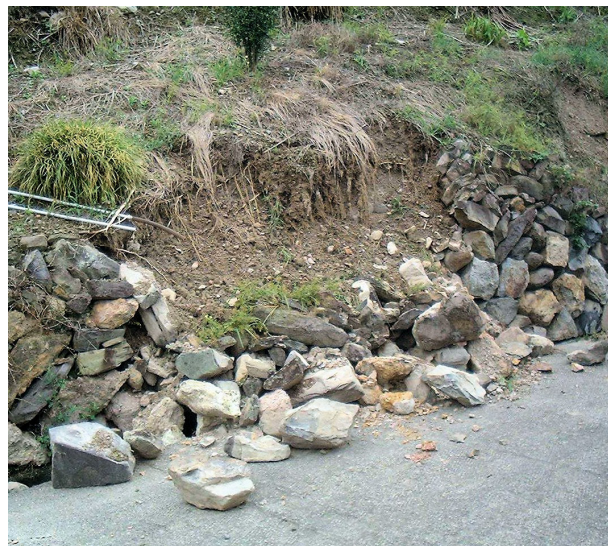


図1 豪雨で崩壊した石垣

崩壊した石垣の例

図1は、2004年10月の台風23号による豪雨で崩壊したミカン園の石垣です。石垣と一緒に崩れた土を取り除いて岩盤の表面を観察したところ、水を多く含んだ破碎部が確認されました。破碎部とは、岩盤がずれて、ずれた面が細かく砕けた状態になっている部分です。このことから、破碎部から浸み出た多量の地下水が石垣の背面の土を緩ませたことによって、崩壊が生じたと推察されました。



80mm × 80mm の繊維材に厚さ 10mm の不織布を巻いてあるものです。

図2 用いたジオテキスタイル

石垣の修復方法

石垣を積み直す際に、水が集まることから石垣の外へ向かって水の通り道を作るようにジオテキスタイルを埋め込むことで、豪雨時に地下水を迅速に排水できるようにして、より安全な状態に石垣を修復することができます。

図1の石垣は、図2のようなジオテキスタイル

を用いて次のような手順で修復しました。

まず、破碎部から浸み出た水を排水できるようにジオテキスタイルを配置します。さらに、崩れていない石垣と積みなおす石垣の境界も水が集まりやすいので、ここからも排水できるようにジオテキスタイルを配置しました(図3右、図4左参照)。

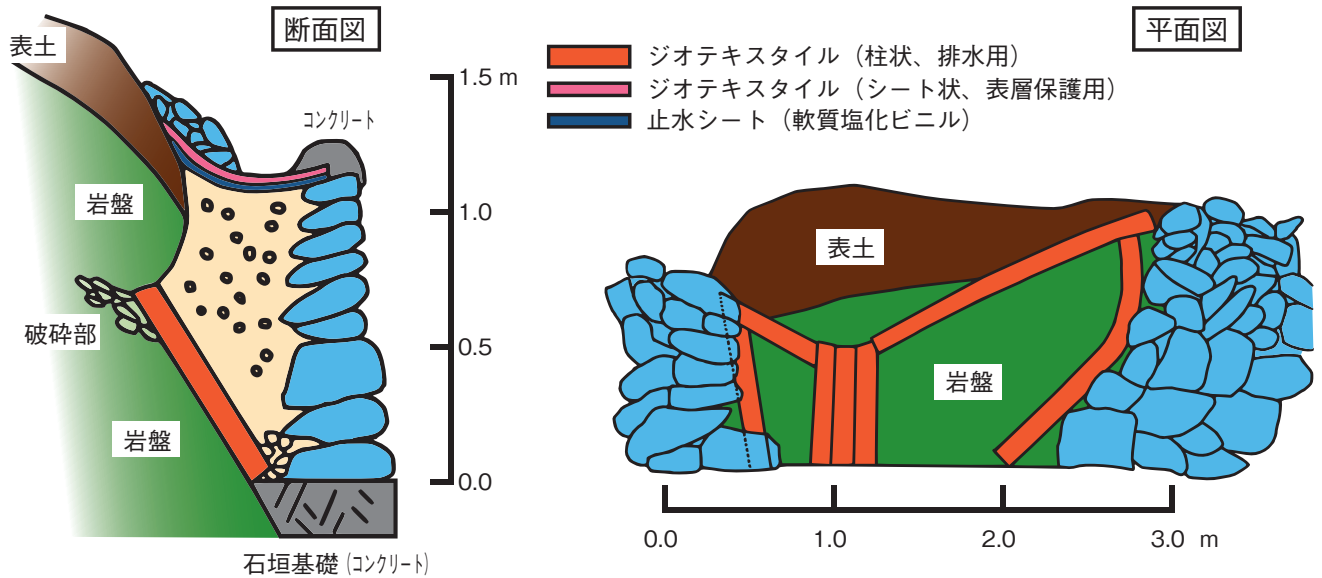


図 3 ジオテキスタイルを用いた石垣修復法の概略



図 4 左：ジオテキスタイルの配置、中央：石垣背面下部の排水、右：地表水の排水

石垣の背後の「裏込め」を行う際に、ジオテキスタイルの周辺と地表近くには硬質な礫や砂利等（一部、園内で採取）を用いて、さらに地表近くには図 4 中央のように塩ビ管を挿入して、排水が迅速に行われるようにしました。

多量の地表流出水によって崩壊することも考えられるため、図 3 左および図 4 右のように、裏込めの上に簡易排水路を設置しました。厚さ 0.5mm の軟質塩ビシートで遮水し、その上を厚さ 10mm のジオテキスタイル（不織布）で保護し、石垣頂部にコンクリートを打設して水が溢れるのを防ぎ、塩ビパイプで傍らの水路に排水します。

修復後（2004 年 11 月）の石垣の状況は図 5 の通りです。現在も石垣に変状は見られず、正常に機能しています。



図 5 修復後の石垣

さいごに

ここでは、崩壊した石垣の実際の修復例を紹介しました。これは、かなり慎重に対策を施した例と言えますので、全く同じ方法で修復するのは困難な場合もあるかも知れません。しかし、「ここまでやれば十分」とは言いにくいのと同時に、「少しでもやらなければ駄目」ということはありません。

石垣が崩れた場合、水が主な原因であっても、どのように水が集まってくるかは個々の事例によって異なります。崩れた現場をよく観察して、スムーズに排水を行う工夫を少しでもすることにより、確実に崩壊前より安全度を高める修復が行えます。

実際に修復を行う場合、具体的な修復内容は状況に応じて決めればよいでしょう。

参考文献

川本 治ら. 傾斜地カンキツ園の豪雨時地下水上昇により崩壊した小規模石垣の修復法. 平成 16 年度近畿中国四国農業研究成果情報. p.163-164. 2004.

川本 治. 傾斜地カンキツ園の小規模石垣修復. 和歌山の果樹. 56(7). p.12-15. 2005.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www.wenarc@affrc.go.jp

第12章

マルチ栽培園における 小規模排水路設置技術

この技術の目的

近年、カンキツ産地では、高品質果実生産のためのマルチ栽培やマルドリ方式の導入が進んでいます。マルチ被覆を行うと、降雨時の地表からの水の流出が多くなります。特に傾斜地では、表流水が一カ所に集まるように流れると災害等の原因となります。したがって、マルチの導入にあたっては降雨時の表流水に関する配慮が重要となり、大量の水が集まって流出することが予想される場合、適切な排水対策を取る必要があります。

排水対策には、園地内のマルチ周辺の小規模なものから、園地周辺の広域的なものまで様々なレベルのものがあります。

ここで紹介する技術は、主に傾斜地のマルチ栽培園地内に設置するための、簡易で小規模な排水路の設置方法です。

排水路を設置する場合、小規模であっても既製のコンクリート水路（U字溝など）を用いたり、現場でコンクリートを打ったりする方法が一般的です。このような方法では、設置に専門技術が必要であったり、園地改造などのために後で撤去する場合に多くの労力を要したりします。コストも、生産者自身が施工すれば比較的安く済みますが、業者に依頼するとやや高くなってしまいます。ここで紹介する排水路は、専門技術が不要で低コストに設置することができて、かつ撤去も容易です。

の下に枠組みなどを設置して、マルチを部分的に持ち上げて溝を形成するものです。基本的に、図1の①のように、等高線方向へ水を流すために用います。

二つ目は、「マグホワイト（商品名）」という土壤硬化剤を用いて、土を掘って作った水路の表面を固める技術です。セメントよりアルカリ性が低く環境に優しいので、撤去する必要が出れば、破碎して土に混ぜてしまうことができます。図1の②のように、比較的緩い傾斜の斜面を傾斜方向に水を流すために利用すると良いと思われま。傾斜が急でも、水路の耐久性などは問題ありませんが、施工がかなり面倒になります。また、マルチを敷いていないところで等高線方向に流すために用いることもできます。ただし、長さが長くなると労力が大きくなりますので、コスト等も考慮して他の方法と比較した方が良いでしょう。

もうひとつは、市販のプラスチック水路を利用する方法です。コンクリート製のU字溝などに比べて、重量が軽くて一本が長く、柔軟性があるため地形の変化に簡単に合わせられるので、専門技術がなくても施工が容易です。図1の③のような、急傾斜の斜面で傾斜方向に流す水路に用いることができます。他の場所でも、高い耐久性が必要な場合や、コストよりも労力を少なくすることを重視する場合にも利用すると良いと思われま。す。

以上のような水路を設置する際に、水路の大きさを決定するには専門知識が必要ですが、専門知識がなくても設計できるように支援するソフトウェアも開発しました。

この技術の概要

排水路を設置する方法として、ここでは三つの技術を紹介します。それぞれの技術を、図1に示すように、設置する場所や条件によって使い分けま。す。

一つめの技術は、斜面に敷かれているマルチ

マルチシートを利用した簡易排水路

この技術による簡易排水路の設置法は、図2に例を示すように、ハウス用パイプの枠組みなどでマルチシートの一部を持ち上げて溝を形成するものです。マルチを持ち上げる方法には特に条件はありませんので、図3のように杉板を用いる



図 1 排水路設置場所による設置方法の選択



上図の排水路を下流側から見たところ

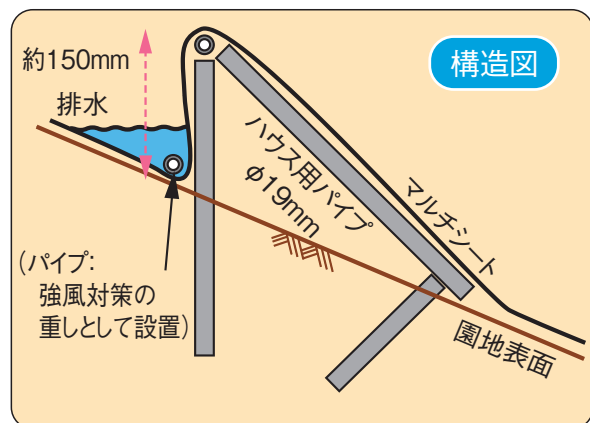


図 2 マルチを利用した排水路の設置例と構造



杉板（幅 105mm、厚さ 12mm、長さ 2m）を両側から杭で留める。

マルチを被せ、重しのパイプを載せる。

図 3 杉板を用いたマルチ利用排水路

方法（パイプを用いる方法より安価で設置が容易）など、コストや労力を考慮して自由に選択することができます。

ただし、圃場面を側壁の一方として利用するため、効率の良い水路形状とするには、水路設置位置の園地勾配が約 20 度以上であることが必要です。また、排水先の水路等の排水能力が十分であるかどうか、よく確認する必要があります。

この方法は、ある程度自由に水路勾配を設定できるという利点があります。図 1 の例では、原地形は奥から手前方向に傾斜しているのに対して、排水路は手前から奥へ向かって傾斜しています。さらに、撤去が極めて容易であるという利点もあります。

なお、図 1 のように株元からある程度距離を空けて設置していれば、特に作業の邪魔になることはありませんでした。

排水路を設置する際には、マルチを持ち上げの高さと水路の勾配を適切に決定する必要がありますが、後の項で述べる設計支援ソフトウェアを利用することで、容易に行うことができます。

資材コストの目安は、径 19mm のハウス用パイプを用いる場合で 1m あたり 400 ～ 450 円程度、杉板と鉄筋の杭を用いる場合で 100 円程度です。

マグホワイトを用いた排水路

マグホワイトを用いた排水路の施工手順を図 4 に示します。

コンクリートのように、土とマグホワイトを容器の中で混ぜてから塗ることもできますが、より省力的に施工するには、図 4 のように水路の中で混ぜてしまうのが良いでしょう。

掘削や攪拌には、パワーショベルや管理機を用いると便利です。しかし、短距離であったり機械を入れにくい場所では、やや労力が必要ですが全て手作業で行うこともできます。整形、転圧も、径 200mm 程度の塩ビ管などを用いると作業が容易ですが、靴の裏に付きやすいような粘性の土でなければ、足で踏んで作業することも可能です。

マグホワイトで固める土の厚さは 5cm 程度以上が望ましいので、掘削・耕起する深さは図 5 に示すように、水路の深さに 5cm を加えた深さとし、土をほぐすと約 1.3 倍に高が増えるとして、水路の深さに応じてほぐした土の表面の高さが表 1 のようになるように土の量を調整します。

混合するマグホワイトの量は、ほぐした土の仮比重を 1.3 とし、重量比で土の約 10% とすると、水路幅が 30cm の場合、1m あたり表 1 に示す量となります。

混合する水の量は、元々の土壌水分量によって異なりますので、マグホワイトの半分から同じ重量分が大よその目安ですが、少しずつ加えながら、手で握って形が崩れない範囲でやや多めくらいに調整します。

図 5 のような断面を想定して大まかに整形して、転圧します。その際、底の部分のマグホワイト混合土が薄くなると、後で傷みやすいので水路の深さを確認しながら作業します。

なお、自動車で上を通るような場所などでは、砂利を混ぜたり、マグホワイトの量を 5 割増から 2 倍程度に増やすなどすれば強い耐久性が得られます。



図 4 マグホワイトを用いた排水路の設置手順

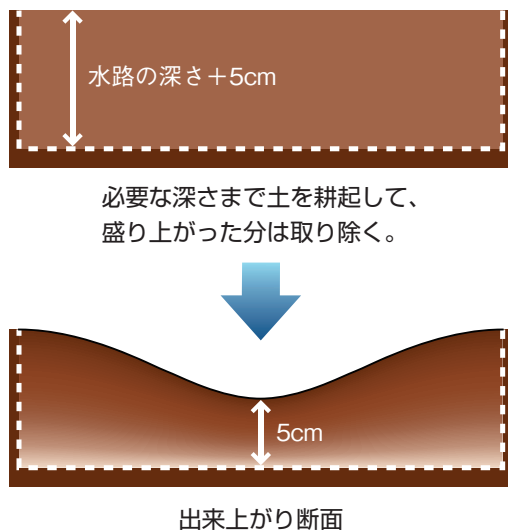


図 5 掘削・耕起の深さと仕上がり断面

表 1 転圧前の土面高とマグホワイト混合量
(水路幅 30cm の場合)

水路深さ (cm)	転圧前の土面高 ^{注)} (cm)	マグホワイト混合量 (kg/m)
～ 3	1.0	3.5
～ 8	0.0	4.5
～11	-1.0	5.5
～13	-1.5	6.0
～15	-2.0	6.5

注) 耕起した後に土を少し取り除いて、元の地面に対してこの高さに調整する。図 5 上の状態が 0cm。

また、ある程度の施工ムラは避けにくく、図6のような傷みが生ずる場合がありますが、溜まった土を取り除いて、土とマグホワイトを練り合わせたものを詰めて補修できます。

資材コストの目安は、マグホワイトを1kgあたり約100円とすると、表1のとおり、水路幅30cm、深さ5cm程度を標準的な大きさとして、1mあたり450円程度となります。

市販プラスチック水路の利用

既製品を利用して水路を設置する場合、コンクリート製のもの（U字溝など）を利用する方法が一般的です。しかし、コンクリート製水路は重量が大きいことに加えて、一本が短尺（60cmが一般的）なので凹凸のないように施工するためにはやや高度な技術を要します。長尺のものもありますが、さらに重量が大きくなるので、取り扱いが困難です。したがって、水路幅が15cmを超える程度の大きさになると生産者自身が施工することは一般的に困難です。

市販の既製水路にはU字溝の他にも材質、形状の異なる様々な種類のものがあります。プラスチック製で波状に凹凸のある管（コルゲート管）を半分に割った形状の水路もその一つです。これは、軽量で、柔軟性に富むために地形に馴染みやすく、一本が5m程度と長尺であるので施工が容易で、価格もU字溝と同程度以下のものです。

図7に、ミカン園にこの水路を設置した例を示します。施工手順は単純で、適当な大きさに掘削して水路を杭で留めて埋め戻すだけです。水路同士の継ぎ目は、水路の凹凸を3山ほど重ね合わせるようにします。

同様の製品がいくつかのメーカーにより製造されており、水路幅は200mmからあります。価格は、幅250mmで1mあたり1700円程度（杭の価格込み）が目安となります。

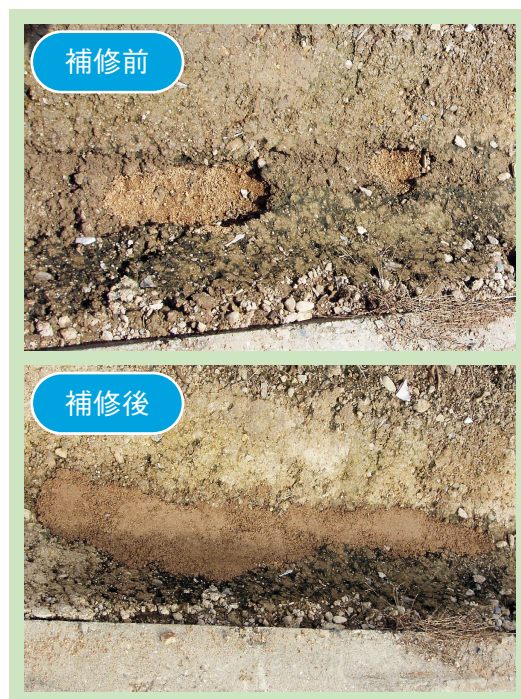


図6 マグホワイト利用水路の補修



図7 市販プラスチック水路の利用

小規模排水路設計支援ソフトウェア

紹介してきた 3 種類の小規模排水路の設計を容易にするために、図 8 に示すような設計支援ソフトウェアを開発しました。本ソフトウェアを用いれば、煩雑な計算を専門知識を用いずに実行できます。本ソフトウェアは Java アプレットという形式で作ってありますので、ウェブサイトを見るのと同様の操作で使用することができ、“<http://cse.naro.affrc.go.jp/shima/muldori/>” から利用できます。

(1) マルチシート利用排水路の設計

本ソフトウェアを用いて、マルチを持ち上げる高さを決定することができます。

設計の際には、設置する排水路に水が流入する範囲の園地を、実際の形状や面積と概ね同じになるような、平均勾配方向に沿った長方形と考えます（図 9 参照）。その長方形の面積、幅、勾配（園地全体の平均勾配ではなく水路設置位置付近の勾配）をデータとして用います。また、水路上流端位置（図 9 参照）を、実際に設置できる範囲でなるべく大きめに設定します。最後に、「これくらいの雨までは溢れないようにしたい」という、排水の限界と想定する降雨強度（mm/h）を設定します。一般には 50 ～ 100 mm/h くらいでよいでしょう。なお、園地形状に関する値は巻き尺と簡単な傾斜計などで測定した値で十分です。

その後の設計手順は以下のようになります。

- 設定した水路上流端位置と降雨強度を用いて最大水深を計算する。
- 算出された最大水深に、2 ～ 3 割程度の余裕を加えた値をマルチシートを持ち上げる高さとする。
- 実際の設置に問題がなければ採用し、高すぎるなどの問題があれば上流端位置や降雨強度を見直して再計算する。

① マルチ利用排水路の場合

② マグホワイト利用排水路の場合

③ プラスチック水路利用の場合

図 8 ソフトウェアの動作画面

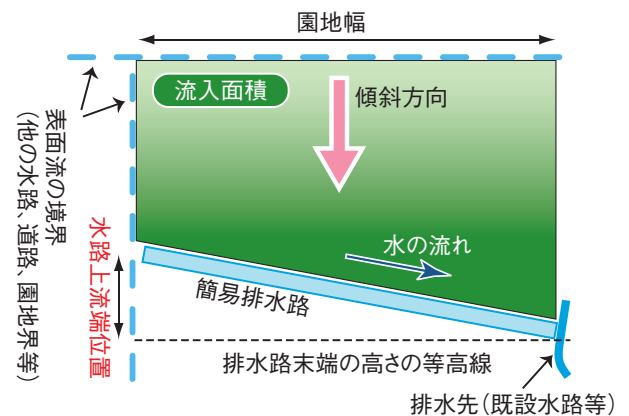


図 9 マルチ利用排水路の設計に用いる値

(2) マグホワイトまたは既製品を用いた水路 の設計

設計に用いるデータは、水路に水が流入する範囲の面積、限界と想定する降雨強度、水路勾配、および流出係数です。マグホワイト利用の場合は、水路幅も設定します。

流出係数とは、降った雨が地面に浸透せずに流出する程度を表す値で、全く浸透しない場合に1となります。この値をいくりに設定するかは難しい問題ですが、マルチを敷いている場合は0.9、敷いていない場合は0.6程度とすれば、多くの場合に安全と思われれます。

計算結果として、マグホワイト利用の場合は水路の深さ、既製プラスチック水路利用の場合は水路幅が出力されます。なお、これらの値には、水深で約2割の余裕がすでに見込まれています。

さいごに

小規模な排水路の設置技術について、3つの方法を紹介しましたが、どれも、厳密にこの手順によらなければならないというものではありません。ここで述べた方法をひとつの基本として、それぞれの現地の状況に応じて、適宜アレンジした方が良い場合も多いでしょう。その際に疑問な点等がありましたら、末尾に記した連絡先へお問い合わせ下さい。

なお、本文中で資材のコストに関して触れていますが、価格は調達状況によってかなり大きく変動しますので、ここで記した数字はあくまで参考値とお考え下さい。

参考文献

島崎昌彦・福本昌人・吉村亜希子. 中山間排水路の管理状態と豪雨災害の関連についての調査事例. 農業土木学会中国四国支部講演会講演要旨集. p.112～114. 2005.

島崎昌彦・福本昌人・吉村亜希子・草場新之助・星典宏. カンキツ園におけるマルチ敷設によるピーク流出係数の変化. 農業農村工学会大会講演要旨集. p.1002～1003. 2007.

島崎昌彦. 傾斜地のマルチ栽培柑橘園とその周辺における排水管理. 果樹園芸. 60(3). p.20-25. 2007.

マグホワイトに関する情報.

農村工学研究所:<http://nkk.naro.affrc.go.jp/soshiki/soshiki04-sogo/08_suidenhanyou/gaiyou.html>

東武化学(株):<<http://magwhite.com/>>

近畿中国四国農業研究センターウェブサイト:

<<http://wenarc.naro.affrc.go.jp/>>

マルドリ方式施設設計支援システムのウェブサイト:

<<http://cse.naro.affrc.go.jp/shima/muldori/>>

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www.wenarc@affrc.go.jp

第13章

標高メッシュデータを用いた 斜面崩壊危険度評価手法

この技術の目的

香川県と愛媛県の県境に近い地域には、雨に弱い砂岩泥岩互層の風化・崩積土が分布しています。2004年には多くの台風が襲来したため、この地域の傾斜地に立地しているカンキツ園において斜面崩壊が多数発生しました。そこで、傾斜地カンキツ園の防災対策に資するために、数値標高モデル（DEM: Digital Elevation Model）を用いた傾斜地カンキツ園の斜面崩壊危険度の評価手法を開発しました。

DEMとは、地表面を等間隔のメッシュで区切り、メッシュの中心の標高値を記載した標高のメッシュデータです。地理情報システム（GIS: Geographic Information System）を用いて、このDEMから、局所的な集水性を表す「集水度」という地形量のメッシュデータを作成し、集水度を指標にして園内の各地点（各メッシュ）における豪雨時の斜面崩壊の危険度を評価します。

利用する GIS とデータ

利用するGISは、一般に広く普及しているESRI社のArcGIS（ArcView）です。このArcGISに、ユタ州立大学のTarboton教授が開発した、地形分析ツールTauDEM（Terrain Analysis Using Digital Elevation Models）というプラグインを組み込みます。TauDEMは、インターネットでフリーにダウンロード（<http://hydrology.neng.usu.edu/taudem/>）できます。

利用するデータは、中山間地域等直接支払い制度の導入にあたって農林水産省の農地環境緊急対策事業により2000年に整備された、図1のような標高データとデジタルオルソ画像（航空写真の正射投影画像）です。愛媛県や香川県等では、これらのデータはArcGISのファイル

形式で作成されているので、直接ArcGISで利用できます。標高データは5m間隔のポイントデータ（Shapeファイル）であるので、ArcGISでこれを5m四方のメッシュデータ（Gridファイル）、つまり5mメッシュのDEMに変換します。デジタルオルソ画像は、評価結果の表示の際に利用します。

評価の方法

TauDEMにより、図2のような手順で5mメッシュのDEMから集水度のメッシュデータを作成します。周囲より標高が低く窪地になっているメッシュがあると、そこで雨水の流下計算が止まってしまうので、これを避けるために、まずFill Pits機能により、その窪地になっているメッシュの標高をかさ上げする窪地処理を行います。次に、この窪地処理が行われたDEMを用いて、D-infinity Flow Directions機能（図3の左）により傾斜度（垂直距離／水平距離）と雨水の流下方向角（ $0 \sim 2\pi$ ）のメッシュデータを作成します。さらに、これらを用いて、Decaying Accumulation機能（図3の右）により集水度のメッシュデータを作成します。Decaying Accumulation機能は、すべてのメッシュに一定量（メッシュ辺長）の雨水を与えて減衰させ

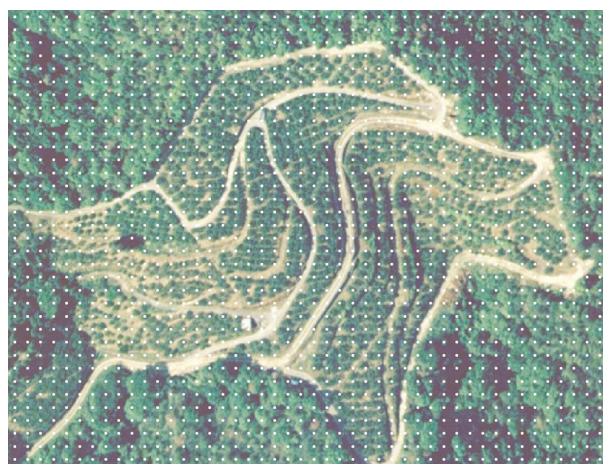


図1 利用するデータ

ながら流下させ、各メッシュにおける流入雨水の累積量を算出します。ここで、傾斜度が小さいほど流下時の減衰が大きくなるように、各メッシュの傾斜度を減衰乗数として与えて流入雨水の累積値を算出し、それを集水度（単位は m）とします。この集水度メッシュデータの作成手順を TauDEM のメニュー画面で表すと、図 4 のようになります。

以上のようにして、図 5 のような集水度メッシュデータを作成し、集水度の値を指標にして各メッシュの斜面崩壊危険度を評価します。

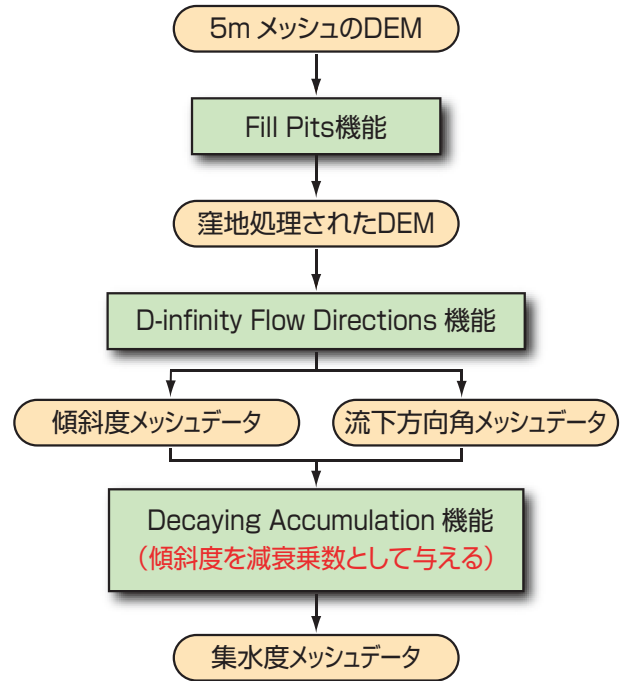
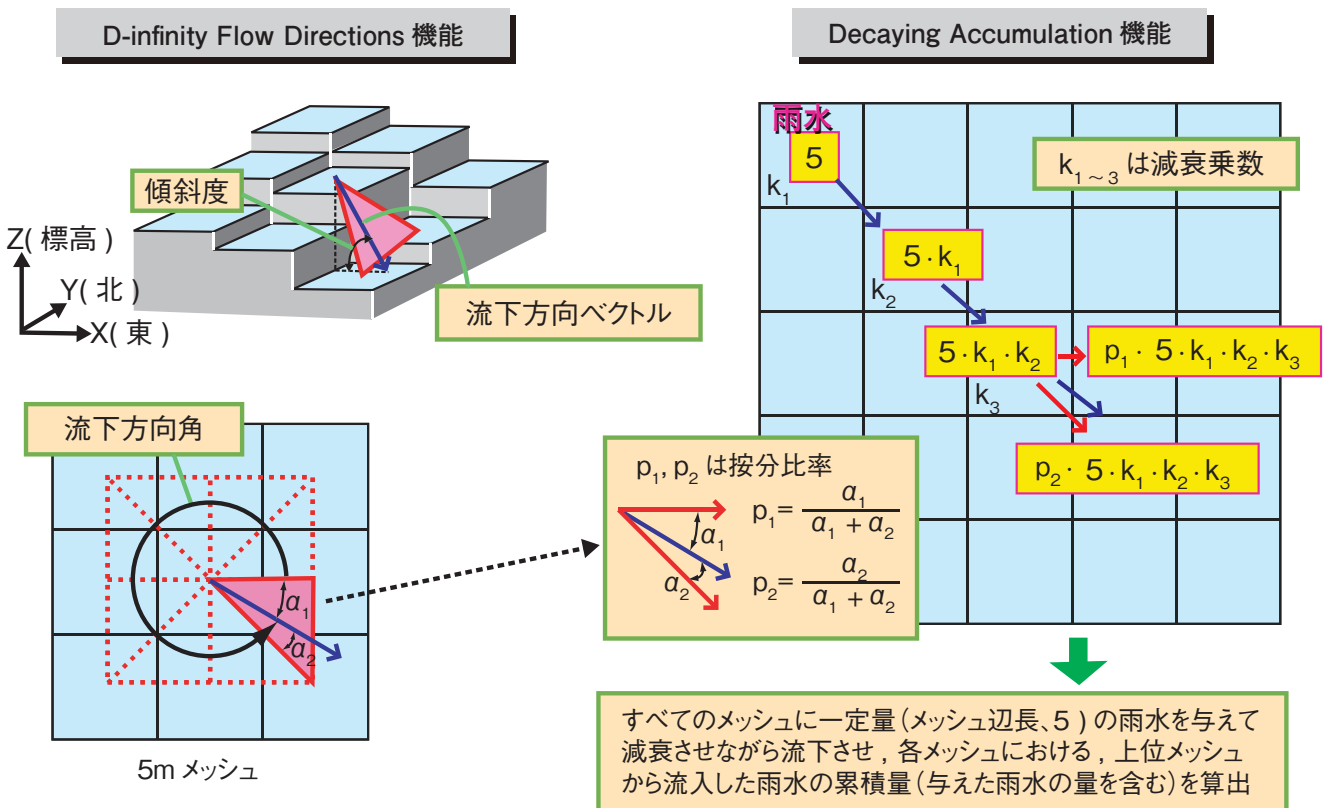
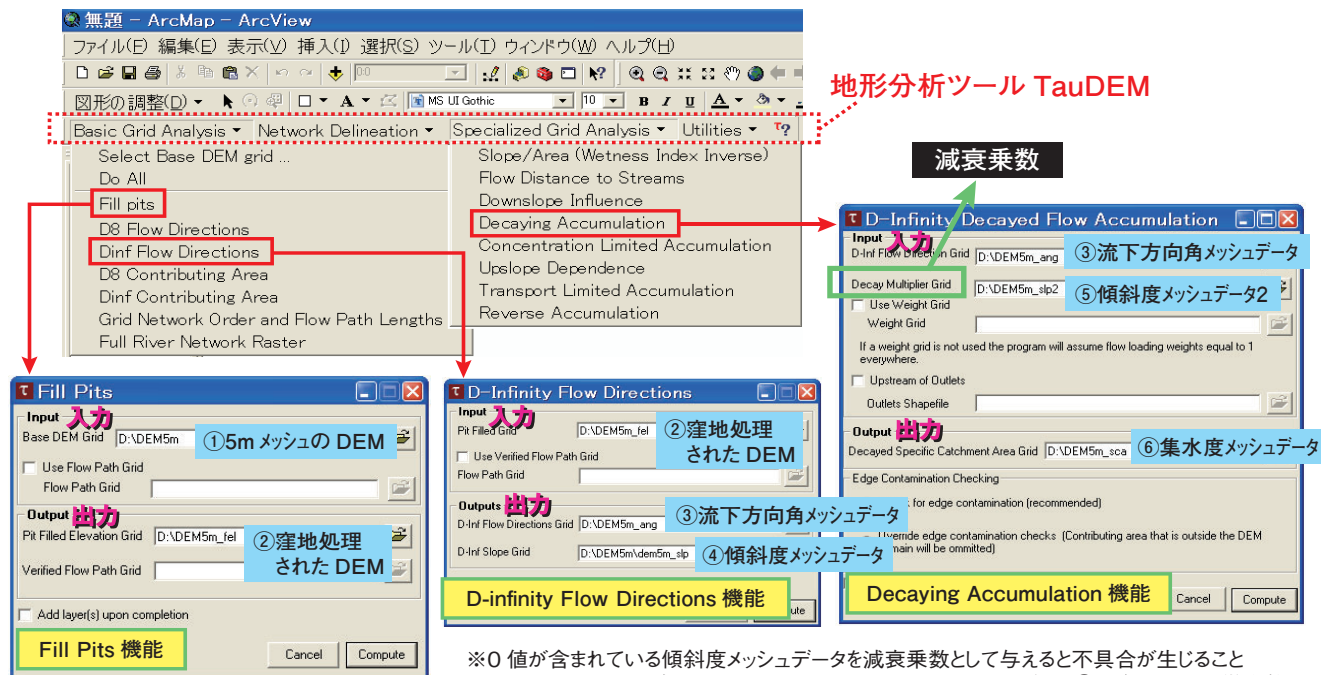


図 2 地形分析ツール TauDEM による集水度メッシュデータの作成手順



※流下方向ベクトルとは、メッシュ中心点（標高をZ）を頂点とする三角面に位置し、かつ当該メッシュの中心点を始点とする無数のベクトルのうち、下向き勾配が最大であるもの

図 3 D-infinity Flow Directions 機能と Decaying Accumulation 機能の概要



※0 値が含まれている傾斜度メッシュデータを減衰乗数として与えると不具合が生じることがあったため、別途 ArcGIS の Spatial Analyst を用いてデータ④の全メッシュに微小値 0.001 を加算し、その加算したデータ⑤を減衰乗数メッシュデータとして利用した。

図 4 TauDEM のメニュー画面で表した集水度メッシュデータの作成手順

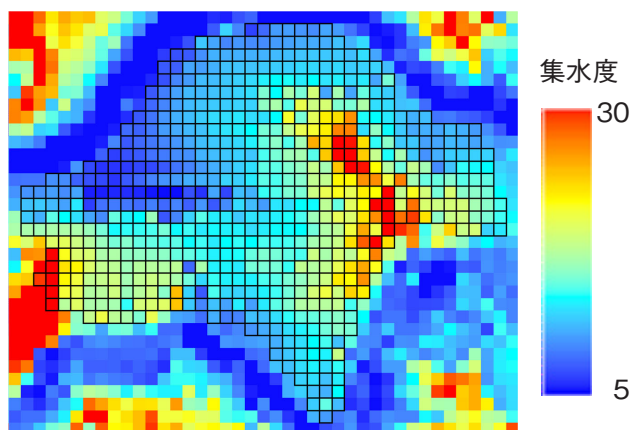


図 5 集水度のメッシュデータ

評価の事例

愛媛県四国中央市の金生地区にある 2 つの傾斜地カンキツ園（園地 1、2）において、斜面崩壊危険度の評価を行いました。当園地では、2004 年の台風 21 号による大雨で、図 6 のように多数の斜面崩壊が発生していました。斜面崩壊は、降雨の地下浸透に起因し、硬い基岩層（砂岩泥岩互層の堆積岩）と軟弱な表土層（風化土・崩積土）の境界面付近をすべり面として発生しました。なお、園内作業道の山側には切り立った法面ができていますが、法面には硬い基岩層が突き出ているので、石垣はほとんど見られません。

評価結果は図 7 の通りです。評価基準は、集水度が 10.5 未満なら「危険度は低い」、10.5 以上 12.5 未満なら「危険度は中程度」、12.5 以上なら「危険度は高い」としました。園地 1 では、比較的大きな崩壊あったエリアを「危

危険度は高い」と評価することができ、また小さな崩壊があったエリアの半数以上を「危険度は高い」あるいは「危険度は中程度」と評価することができました。園地 2 でも、上流部からの地表流出水の流入に起因した崩壊（土壌侵食）を除けば、崩壊エリアの半数以上を「危険度は高い」あるいは「危険度は中程度」と評価することができました。本評価手法により、斜面崩壊の危険性のある場所を概略的に把握することができます。



図 6 評価対象園地の斜面崩壊状況

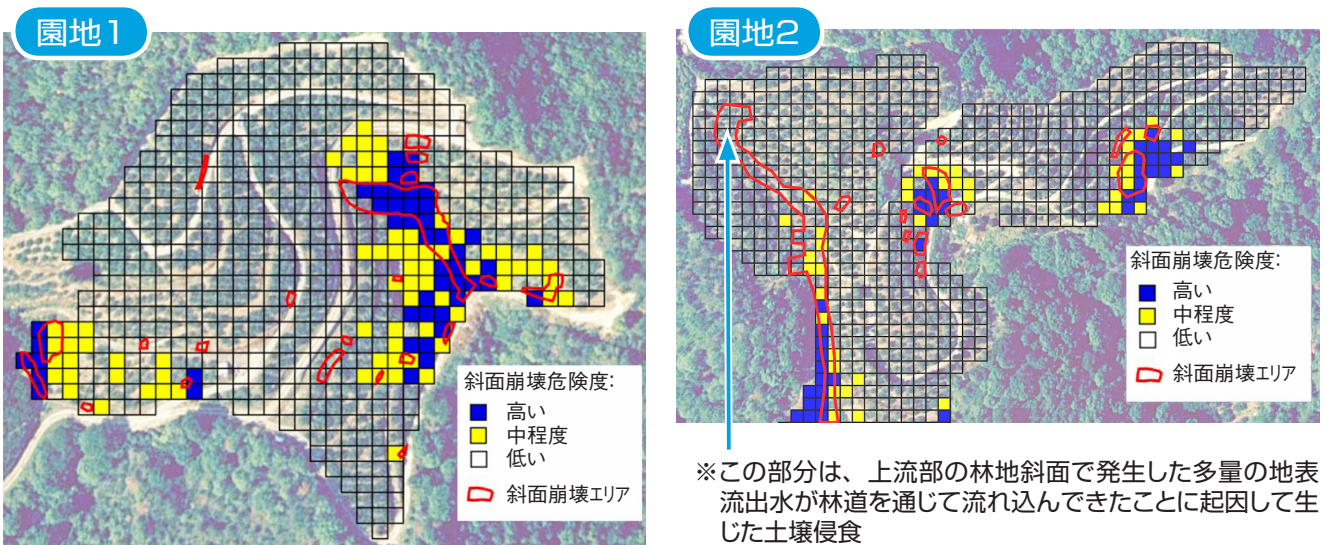


図 7 斜面崩壊危険度の評価結果

さいごに

本評価手法は、現況の園地に防災対策を講じる際に、防災対策の必要な法面等を判断するために活用できます。また、現況地形で局所的に集水しやすい地点がわかるので、園地の再整備（地形改変）や園内作業道の造成を行う際に、コンクリートブロック等で補強を十分に行う必要のある法面や、暗渠の設置場所等を判断するために活用できます。

なお、園内道沿いの法面で発生する小さな崩壊等、地形条件以外の要因（法肩の地盤・植生状態等）が主因となって発生する崩壊については本手法では評価できません。また、地質構造や土質条件等の異なる他の地域で適用する場合には、評価基準を再検討する必要があります。

参考文献

福本昌人・島崎昌彦・吉村亜希子. 数値標高モデルを用いた傾斜地カンキツ園の斜面崩壊危険度の評価. 近畿中国四国農業研究センター研究報告. 7. p.119-129. 2008.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル

第四部

高品質果実連年生産技術の経営的評価

第14章

高品質連年安定生産技術を導入した カンキツ経営モデル

担当：和歌山県農林水産総合技術センター
農業試験場

熊本昌平・宇治泰博

近畿中国四国農業研究センター

齋藤仁藏・島義史

愛媛県農林水産研究所

山本和博・河野章

はじめに

第三部までに紹介された連年安定生産技術は、試験地を設定して効果を実証したものであり、ウンシュウミカンの高品質連年安定生産を可能にし、カンキツ経営の収益性を安定・向上させるものとして期待されます。

そこで、3カ所に設定された試験地それぞれの特徴を反映したカンキツ経営モデルを構築し、連年安定生産技術がそれぞれのモデルに対してどの程度導入可能であるのか、またどの程度の導入効果を得られるのか線形計画法を用いて推定しました。ただし、ここでの「連年安定生産技術」の内容は、基幹技術であるマルドリ方式、

後期重点摘果および枝梢部管理技術に限定しています。

連年安定生産技術の収益性

連年安定生産技術を早生ウンシュウミカンに導入することを想定し、その収益性を試算しました。マルドリ方式関連施設の導入には追加的経費がかかりますが、高品質果実を高価格で販売することを条件に、慣行栽培のウンシュウミカンより約21万円の所得増になります。なお、価格条件に関しては和歌山県有田地域で取り組んでいる「紀の国有田まるどりみかん」を想定しました。(表1)。

表1 早生ウンシュウミカンにおける連年安定生産技術を導入した栽培と慣行栽培の10a当たり収益性の比較

(円/10a)

注) マルチシートの償却期間は3年、
その他のマルドリ施設は10年とした。

	連年安定生産技術 (X)	慣行 (Y)	差額 (X)-(Y)
物財費 (A)	286,582	195,426	91,156
肥料費	26,952	16,949	10,003
農業薬剤費	44,878	46,618	▲ 1,740
光熱動力費	11,000	11,000	0
建物・施設・機械類 (うちマルドリ方式)	91,250 (33,053)	58,197 (-)	33,053 (33,053)
成園費	33,488	33,488	0
修繕費	26,259	16,508	9,751
諸材料費・小農具費 (うちマルドリ方式)	52,755 (40,089)	12,666 (-)	40,089 (40,089)
租税公課 (B)	17,345	17,345	0
雇用労賃 (C)	16,250	16,250	0
自家労賃を除く生産費 (D)=(A)+(B)+(C)	320,177	229,021	91,156
粗収益 (E)	838,292	539,000	299,292
収量 (高品質果実・kg/10a)	2,135	-	
単価 (高品質果実・円/kg)	294	-	
収量 (レギュラー品・kg/10a)	1,369	3,500	
単価 (レギュラー品・円/kg)	154	154	
農業所得 (E)-(D)	518,115	309,979	208,136
労働時間 (時間/10a)	189.5	147.5	42.0

カンキツ経営モデル

試験地の経営体を素材として、経営規模4.0haの大規模専業モデル、経営規模2.0haの中規模急峻傾斜地モデル、経営規模1.0haで野菜作も行う小規模複合モデルの3タイプの経営モデルを作成しました（表2）。

早生ウンシュウミカンに連年安定生産技術を導入した場合、各経営モデルで収益が最大になる作物の組み合わせを線形計画法を用いて試算しました。利益係数などは表1に示した連年安定生産技術の収益性のデータなどから算出し、制約条件は土地面積と労働時間としました。その結果は以下の通りです。

大規模専業モデルでは、連年安定生産技術を92.9a導入することによって所得が1,674万

円となり、導入前より222万円増加します（図1上）。また、中規模急峻傾斜地モデルでは、60.5aの導入によって所得が915万円となり、163万円増加します（図1中）。ただし、急峻傾斜地で生産することによる労働時間の増加分を加えました。小規模複合モデルでも32.9aの導入によって、所得は482万円となり、93万円増加します（図1下）。

これらの試算結果から、どのケースでも、

- ①慣行栽培の早生ウンシュウミカンに替わって連年安定生産技術が導入されるが、結果的に早生品種の総面積が若干増加する傾向があること、
 - ②マルチシートの敷設などを行うため、労働時間が増加するが、それ以上の所得向上が期待できること、
- がわかりました。

表2 各営農試験地を想定した経営モデルおよび営農条件

経営モデル (営農試験地)	大規模専業モデル (愛媛県砥部町)	中規模急峻傾斜地モデル (和歌山県有田市)	小規模複合モデル (香川県坂出市)
連年安定生産技術の導入品目	連年安定生産技術は早生ウンシュウミカンに対して導入		
経営耕地面積 (ha)	4.0	2.0	1.0
生産品目	ウンシュウミカン(極早生、早生、中生、晩生)、イヨカン、不知火	ウンシュウミカン(極早生、早生、中生)、不知火	ウンシュウミカン(極早生、早生、中生、晩生)、イヨカン、水稲、カンショと金時ニンジンの輪作体系
家族労働力(人)	3.0	2.5	1.5
雇用労働(人)	2.0(ウンシュウミカンの摘果・収穫期のみ)		なし

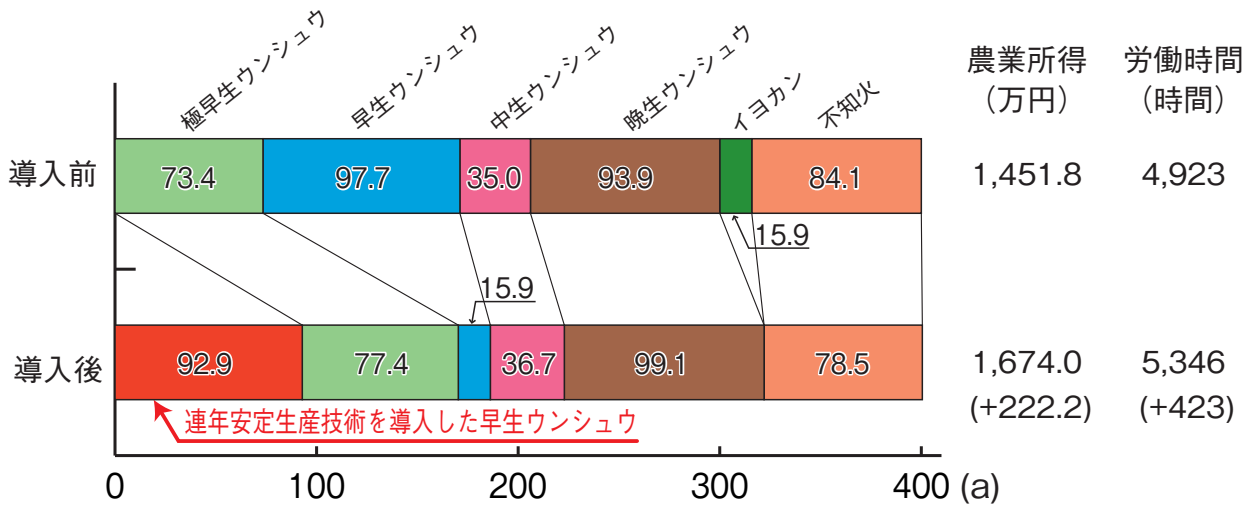
コラム① 高品質果実のブランド化で有利販売！

～マルドリ方式を利用した「紀の国有田まるどりみかん」～

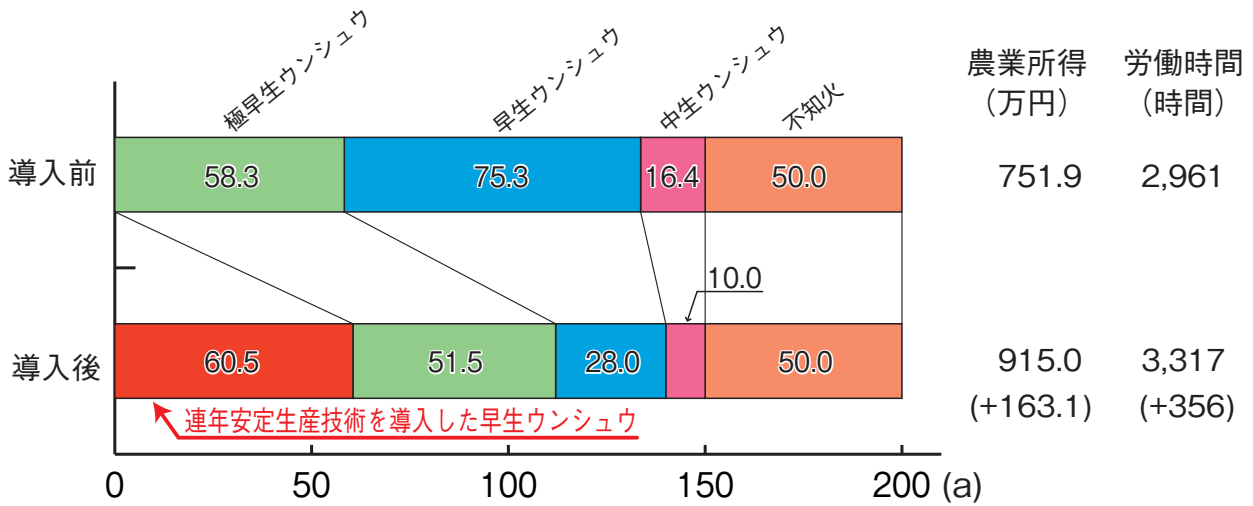
ウンシュウミカンの一大産地である和歌山県有田地域では、マルドリ方式によって生産したウンシュウミカン「紀の国有田まるどりみかん」としてブランド化し、市場から好評を得て有利な販売を行っています。このウンシュウミカンは、マルドリ方式を導入した園地で生産された糖度13%以上、酸度1.1%以下の果実です。そのブランド名は商標登録されており、さらに女の子のキャラクターを生み出し、これをデザインした化粧箱に詰められて販売されています。追加的経費を要するマルドリ方式を導入する場合は、このようにウンシュウミカンのブランド化を図り、高品質果実を好条件で販売する体制を整備・確立することが重要です。

なお、他の2地域についてみると、JA香川県では品種「小原紅早生」の高品質果実を「さぬき紅」として、JAえひめ中央でも高品質果実を「道後物語」としてブランド化を図り、高価格で販売しています。

大規模專業モデルの場合



中規模急峻傾斜地モデルの場合



小規模複合モデルの場合

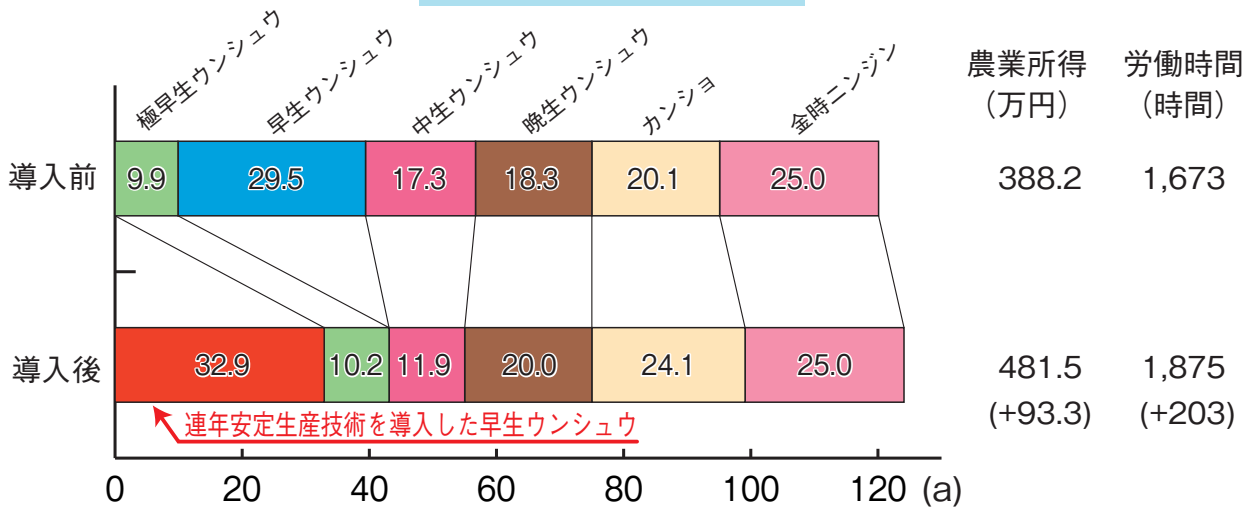


図 1 各経営モデルに連年安定生産技術を導入した場合に収益が最大になると推測される作物の組合せ

さいごに

以上のように、連年安定生産技術を導入することによって、大幅に収益を向上させることが期待できます。しかし、そのためには、

- ①連年安定生産技術の効果を十分に発現できる園地に導入すること、
 - ②高品質果実を高価格で販売できる流通ルートの確保など販売体制を整備すること、
- が必要です。

コラム② 連年安定生産技術の施設投資は何年で回収できる？

連年安定生産技術の導入効果を推定する際に、高品質果実の生産割合とその価格を一定のものとして扱いました。しかし、個々の経営によって高品質果実の割合は異なり、年によってその価格も異なります。高品質果実の割合やその価格によって、連年安定生産技術の導入に要した経費を回収するための期間も変わってきます。ここでの試算ではおおよそ2年で回収できますが、3年以内に回収するには、高品質果実の出荷割合が50%ならば、価格はレギュラー品（154円/kg）より96円/kg高く販売する必要があり、80%ならば60円/kg以上高く販売する必要があります。なお、この試算では本技術の導入には48.8万円/10aの経費がかかることを想定していますが、低価格の資材を利用することによって、この回収期間はさらに短縮できると期待されています。

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp

本書に関するお問い合わせはこちらへ。

(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター (広報担当)

香川県善通寺市仙遊町 1-3-1 (〒 765-8508)

電話 : 0877-63-8107 / FAX : 0877-63-1683

Mail : www-wenarc@affrc.go.jp

Web : <http://wenarc.naro.affrc.go.jp/>

(本書の pdf ファイルをダウンロードできます。)

カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル

2008 年 4 月 印刷

監修・編集 : (独) 農業・食品産業技術総合研究機構

近畿中国四国農業研究センター

次世代カンキツ生産技術研究チーム

香川県善通寺市生野町 2575 (〒 765-0053)

電話 : 0877-63-8128 / FAX : 0877-62-1130

Mail : kankitsu-newteq@ml.affrc.go.jp

URL : http://wenarc.naro.affrc.go.jp/team_group/team/05_citrusproduction/

