

カンキツの 高品質果実安定生産技術 シールディング・マルチ栽培 (NARO S.マルチ) 標準作業手順書

公開版



改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2022年1月25日	湯川 智行	初版発行

2023年9月29日版

目次

はじめに	1
免責事項	2
I. シールディング・マルチ栽培（NARO S.マルチ）	3
1. NARO S.マルチとは	
2. 園地の排水設計と NARO S.シートの役割	
3. NARO S.シートの埋設深と埋設位置について	
4. 導入先と導入に適した園地	
5. メリットとデメリット	
6. 温州ミカンの生育と管理の暦	
II. NARO S.シートの埋設とかん水チューブの敷設方法	9
1. NARO S.シートの埋設方法	
2. NARO S.シート埋設のポイント	
(1) 埋設前の整地	
(2) 埋設に適した時期	
(3) バックホーできれいな掘削面を作る方法	
(4) NARO S.シートの地表面露出高さの調節	
(5) 通路の土壌流亡を防ぐ方法	
(6) 植列の終端の排水方法	
3. かん水チューブの敷設方法	
III. NARO S.シートについて	17
1. NARO S.シートの特徴	
2. NARO S.シートの購入先	
3. 10 アール当たりの NARO S.シートの必要数	
4. NARO S.シートの耐用年数	

5. 植え替え時の既設 NARO S.シートの取扱い	
6. 使用済みの NARO S.シートの処分方法	
7. NARO S.シートを含む NARO S.マルチの技術の権利について	
IV. NARO S.マルチが土壌水分、樹体水分および果実品質におよぼす影響	19
1. 乾燥ストレスで糖度が上がるしくみ	
2. 土壌水分に及ぼす影響	
3. 樹体の乾燥ストレスに及ぼす影響	
4. 収穫時の果実品質に及ぼす影響	
V. 現地実証園の果実品質と導入コスト	24
1. 現地実証園における果実品質	
2. 現地実証園における導入コスト	
VI. 栽培管理方法	26
1. 地表面マルチシートの展張時期	
2. 水管理の方法	
3. 乾燥ストレスの判別方法	
4. 品質管理の方法	
5. その他の管理	
(1) せん定	
(2) 摘果	
(3) 施肥	
(4) 病害虫防除	
VII. 運用上の留意点	30
1. 果実糖度向上効果が得られないときの対策	
2. NARO S.マルチの効果が得られる樹齢の目安	
参考資料	32
担当窓口、連絡先	33

はじめに

温州ミカンなどのカンキツ類は、高糖度で程よい酸味の果実が高品質果実とされ、高い消費者ニーズから市場ではこのような果実をブランド化して販売しています。

高品質果実は、果実発育期に適度に根圏土壌が乾き、樹体に乾燥ストレスが付与されることにより生産されます。この仕組みを利用して生産現場では、樹冠下の地表面を防水シートで被覆して雨水を遮断するシートマルチ栽培が普及しています。しかし、マルチ外から根圏土壌に雨水が流れ込みやすい形状の園地や樹冠拡大とともにマルチ外まで根が伸びた園地では、十分な乾燥ストレスを与えられず、高品質果実が生産できない事例が多く見受けられます。また、近年は温暖化の影響により大雨及び短時間強雨の発生頻度が増加しており、今後も雨の降り方は極端になる傾向が続くと予想されています（気象庁，2020）。極端な降雨はマルチ下土壌への雨水浸透を招くことから、これまで以上にシートマルチ栽培による高品質果実生産は難しくなると考えられます。

既存の対策技術としては、全面マルチ栽培と根域制限栽培が開発されています。しかし、全面マルチ栽培では通路を含めて地表面全てをシートで覆うため、通路部のシートが破損しやすく、また、機械管理は難しいです。根域制限栽培では、改植を要し、導入コストが高く、樹勢が低下しやすい問題があります。

そこで、農研機構では実用性が高く、より安定して高品質果実を生産できる技術としてシーリング・マルチ栽培（NARO S.マルチ）を開発しました。NARO S.マルチは、排水設計した園地において、専用の NARO S.シートを園内に埋設したうえで、シートマルチ栽培を行う技術です。I 章では技術の概要について解説し、II 章で NARO S.シートの埋設方法の詳細について紹介し、III 章で NARO S.シートについて解説します。IV 章は、果実品質に及ぼす影響を解説し、V 章以降は、技術導入の効果、導入コスト、管理方法などについて紹介します。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載された栽培・作業暦に示したスケジュールは農研機構および現地実証園における例であり、地域や気候条件等より変動することにご留意下さい。
- 本手順書に示した経営上の効果は、あくまでも実証試験での実測値を基に試算した概算値です。地域、気候条件、ほ場規模、品種、取引や流通状況その他の条件より変動することにご留意下さい。また、本手順書に記載した技術の利用により、この通りの効果が得られることを保証するものではありません。
- 本手順書に記載の図表は引用先を記載するもの以外は全て農研機構が著作権を有します。

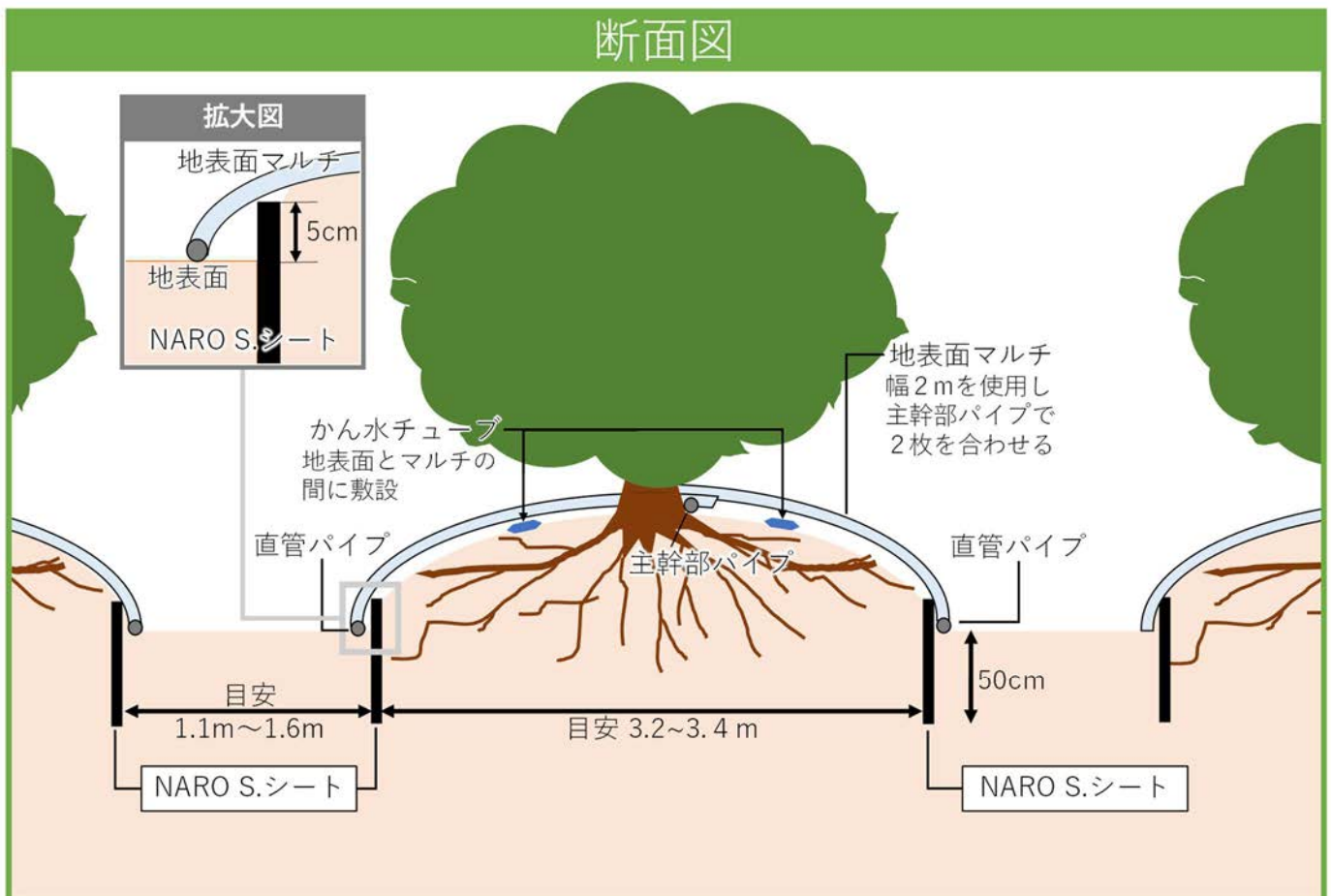
I. シールディング・マルチ栽培（NARO S.マルチ）

1. NARO S.マルチとは

排水設計した園地において、専用のNARO S.シート^(注)を園内に埋設したうえで、シートマルチ栽培を行う技術です（図I-1）。これにより、従来のシートマルチ栽培の問題点とされる雨水が根域（マルチ下）へ流入すること、マルチ外へ根が伸長することを防ぎ、確実な乾燥ストレスを付与します。併せて、かん水設備を導入することで、乾燥ストレスの調節を行います。

NARO S.マルチによる適度な乾燥ストレス付与は、高品質果実の安定生産につながり、所得向上に貢献します。

(注) NARO S.シートの特徴や購入先についてはⅢ章を参照してください。



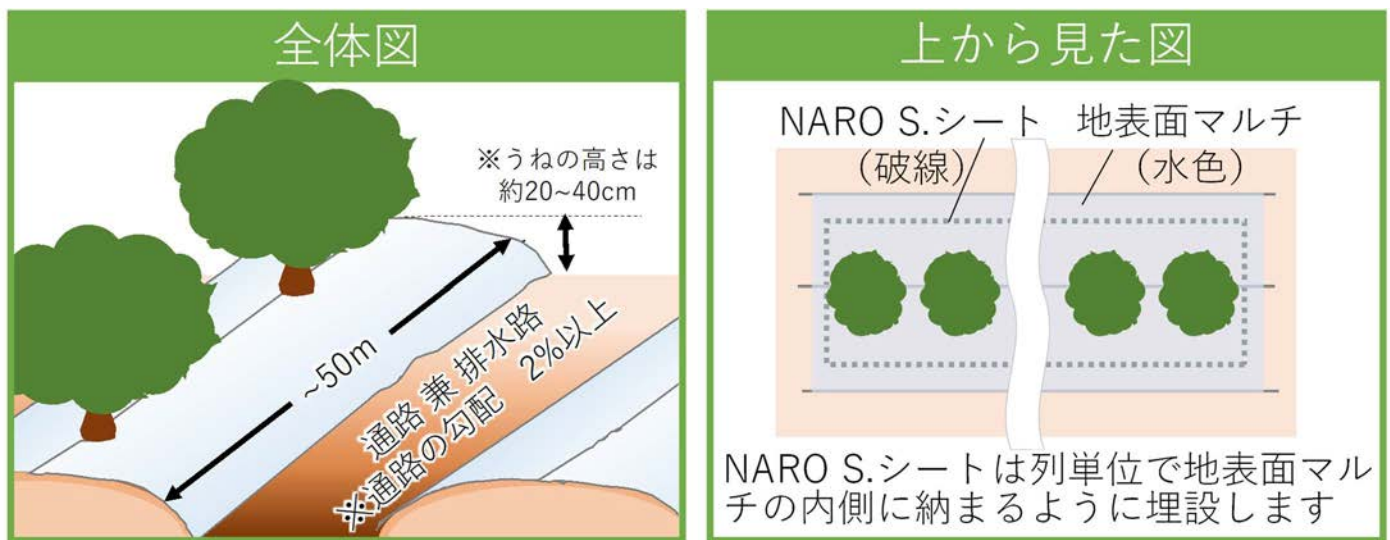


図 I -1 シールディング・マルチ栽培
(NARO S.マルチ) の概要

〈NARO S.マルチの特徴〉

- ①温暖化による極端な気象条件下においても安定して高品質果実を生産できる
- ②必ずしも改植を必要としない
- ③低コスト
- ④スピードスプレーヤーなどの機械管理ができる
- ⑤樹勢の低下など樹の生育に支障がない

〈名前の由来〉

シールディング (shielding) とは「遮へい」を意味し、通路と根圏土壌を専用シートで「遮へい」することに由来します。また、NARO S.マルチと NARO S.シートの「S」は shielding の頭文字であるとともに、superior (優れた)、special (特別な)、splendid (壮麗な) の意味も込めています。

2. 園地の排水設計と NARO S.シートの役割

列植えで、うね（山型）のある栽培とします。NARO S.シートの導入前のうねの高さは 20～40cm、うね幅は 3.5m を目安にします。列間の通路は、列方向に 2%以上の勾配が必要です。列間の通路幅は、車両通行の有無によって調節します。NARO S.シートは、地表面マルチの内側に納まるように主幹中心から 1.6～1.7m程度の位置で、植列と平行に埋設します。NARO S.シートは幅 550mm で、500mm を地中に埋め、50mm を地表面に露出させます^(注)。この条件で幅 2m の地表面マルチを主幹部で合わせたシートマルチ栽培を行うことにより、マルチ上（うね）に降った雨は、通路に流れ、通路勾配に沿って下方に流れます。そして、NARO S.シートの地上部は通路からの地表水を、地中部は通路からの浸透水を抑えることで、根域への雨の流入を防ぎます。

列長が 50mまでであれば、80mm/h の雨（非常に激しい雨）が降っても、根域に水が入らない設計です。

加えて、地中部の NARO S.シートは、通路に根が伸長することを防ぐ役割があります。

^(注) NARO S.シートの地上露出部の高さは、マニング式水理計算で、想定される列長、うね幅、通路幅、通路勾配、降雨強度、粗度係数（0.04）を用いて算出した値に安全率として 1.5 を掛け、さらに不陸（地表面の凹凸）を想定して 30mm を足した値をもとに設定しています。

3. NARO S.シートの埋設深と埋設位置について

温州ミカンの台木はおもにカラタチ台が使われ、21年生早生温州ミカンの場合、その根域は地表面から 40cm までに 96%の細根が分布しています（表 I -1, 吉田・岩崎,2014, 園学研）。よって、地表面からおよそ 40cm までの土壌を乾燥させることで、樹体に乾燥ストレスを付与することができます。これに埋設した NARO S.シートの下端より下方の土壌からの浸透水を考慮して、埋設深は 450mm必要としています。そして、実際の施工では正確に

450mm を埋設することは難しいため、50mm の余裕を持たせて 500mm の埋設にしています（Ⅱ-2-（4）参照）。

埋設位置は、1.6～1.7mとしています。これは、地表面マルチの規格、植栽本数、NARO S.マルチの有効樹齡^(注)を総合して決定しています（Ⅶ-2 参照）。例えば、地表面マルチをワンサイズ大きい幅 3mにした場合、NARO S.シートの埋設位置は主幹から 2.6～2.7m になり、より広い根域をカバーできるため有効樹齡は長くなりますが、植栽本数が少なくなるため、単位面積当たりの収量が少なくなります。

^(注) 有効樹齡とは、品質向上効果が得られる樹齡を表します。

表 I -1 21 年生カラタチ台早生温州ミカンの細根分布

土壌の深さ (cm)	主幹からの水平距離 (cm)				
	0-60	60-100	100-150	150-200	200-250
0-10	164	420	268	144	21
10-20	247	205	286	67	14
20-30	182	180	129	41	12
30-40		35	23		
40-50		41	19		
50-60		33			

表中の数字は細根密度（細根乾燥重 $g \cdot m^{-3}$ ）

早生温州は「原口早生」を使用

吉田・岩崎，2014，園学研より引用

4. 導入先と導入に適した園地

NARO S.マルチは、これから高品質果実生産を行う生産者や、これまでシートマルチ栽培を行ったものの十分な効果が得られなかった生産者などにご活用いただけます。極早生、早生、中生、普通温州のいずれ系統においても、効果を確認しています。保水性の高い黒ボク土壌の園地でも効果が認められています。また、果実発育期に降水量の多い地域でも高品質果実を生産できることを確認しています。詳しくはⅧ章の導入事例を参照ください。

適地は平坦地および緩傾斜地です。平坦地とは 8°（14.1%）未満、緩傾斜地は 8～15°（14.1～26.8%）を指します。勾配が 0°の園地は、排水できないので不適です。バックホーが入れない園地についても、NARO S.シートの埋設ができませんので不適です。また、カンキツ園には少ないですが、不透水層が浅く大雨のときに地下水位が根圏土壌まで上昇する土地は不向きです。

導入にあたり、すでに毎年安定して高品質果実を生産している園地では、NARO S.マルチによる品質向上効果は少ないことに注意してください。

5. メリットとデメリット

メリットは、

- ・高品質果実を生産することで、所得の増加に繋がります^{（注1）}。
- ・降水量の多い年や、集中豪雨があっても品質向上の効果が認められています^{（注2）}。
- ・機械管理の妨げにならないことから大規模化にも適しています。
- ・排水設計された園地であれば改植の必要はなく、すぐに導入できます^{（注3）}。

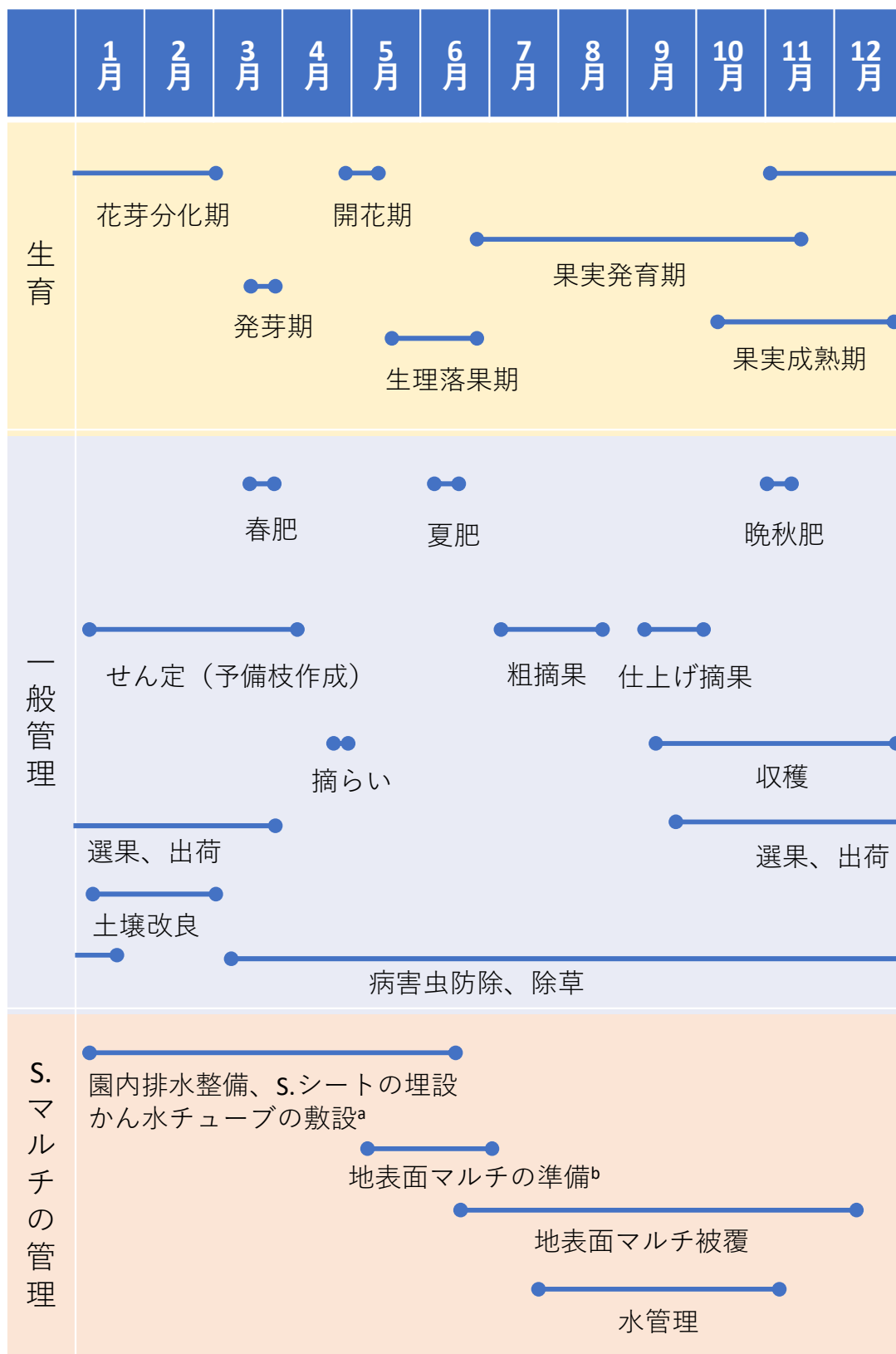
デメリットは、適地に導入する限り特にありません。

^{（注1）} 産地や選果場によって糖度基準や単価は異なります。

^{（注2）} 集中豪雨は 80mm/h 以下を想定しています。

^{（注3）} 老木園や園内排水に大きな工事が必要な場合は、改植に合わせ、園地整備を行ったうえで導入されることをおすすめします。

6. 温州ミカンの生育と管理の暦



^a 園内排水整備は必要に応じて行う。NARO S.シートとかん水チューブは一度設置すれば長期間利用可能。

^b 地表面マルチの耐久性は製品によって異なるが、約3年を目途に張り替える。

Ⅱ. NARO S.シートの埋設とかん水チューブの敷設方法

1. NARO S.シートの埋設方法

必要な道具：NARO S.シート、バックホー（1.7tか2.0tの幅狭バケットが望ましい）、水系、杭、線引き用石灰、レーキ、ジョレン、クワ、50cm目印棒



埋設位置を決める。
（目安：主幹中心から1.6～1.7m）
※地表面マルチの内側になるように埋設



埋設位置に杭を打ち、水系を張る。



水系に沿って白線を引く。



白線に沿ってバックホーで掘削する。



うね側に上がった土はレーキで溝に落とす。



S.シートの埋設深である 50cm を確認しつつ進める。



列の始端、終端も掘削。



S.シートの埋設。
シートの滑らかな面をうね側にする。



シートの継ぎ足しは 50cm 程度重ねる。通路勾配の高い方を外側（通路側）、低い方を内側（うね側）にする。接着剤等は必要ありません。



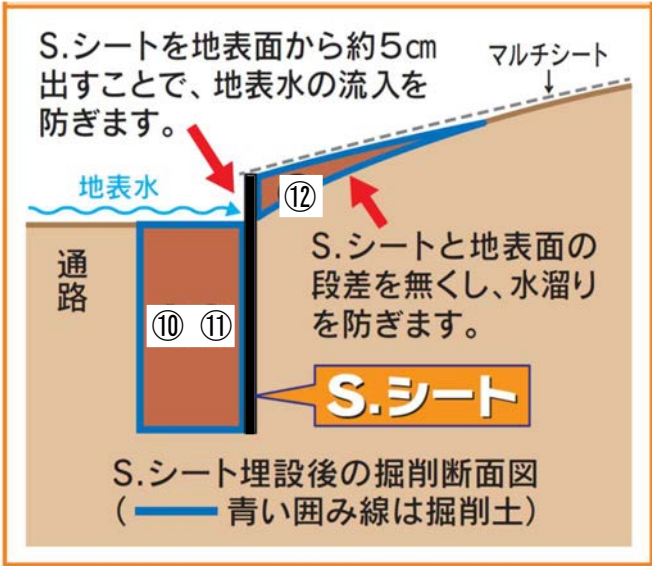
うね側に S.シートを当て、地表面から 5~10cm 出して土を一部戻す。



掘削土を溝に戻す。



ジョレンで掘削土の一部をうね側に入れる。



手順⑩～⑫の目的



キャタピラーで通路側の埋め戻した部分を転圧する。
※S.シートを踏まないように注意



地表面マルチを広げて完成。

図Ⅱ-1 NARO S.シートの埋設方法
図中の S.シートは NARO S.シートを表す

2. NARO S.シート埋設のポイント

(1) 埋設前の整地

通路の勾配が 2%以上取れていない場合や、うねの高さが 10cm 以下の場合、NARO S.シートの埋設前にあらかじめ整地することを推奨します。整地は、通路表面を削り、その土でうねを高くする方法や、客土する方法があります。うねに土を盛る場合は、自根の発生を防ぐため接ぎ木部が土で埋まらないように注意してください。

通路の勾配などは、デジタル傾斜計を利用すると、簡便に測定できます（図Ⅱ-2）。改植時など園地全体の勾配を確認する場合には、回転式レーザーレベルなどが適しています。



図Ⅱ-2 勾配を測定する道具

左：デジタル傾斜計 右：回転式レーザーレベル

(2) 埋設に適した時期

収穫後から地表面マルチの展張時期まで（通常は 1 月～6 月）が適しています。

(3) バックホーできれいな掘削面を作る方法

バケットを一度に深く入れると掘削面が崩れやすくなります（図Ⅱ-1-④）。表土を掘削するときは削るように徐々に掘り下げることで、崩れにくくなります。

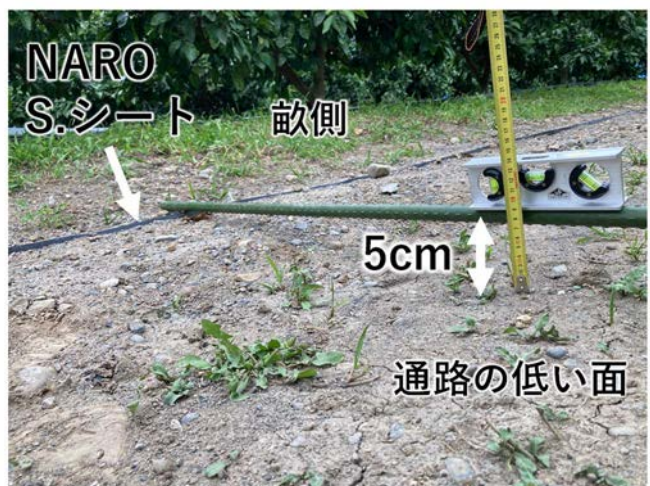
(4) NARO S.シート of 地表面露出高さの調節

NARO S.シートが浅く埋設され地表面の露出高さが 5cm 以上になった場合、作業や排水に支障がなければシートはそのままで構いません。支障があれば、NARO S.シートを大型（L 型）カッターナイフで切り下げて高さを調整してください（図 II -3 左）。NARO S.シートは 5cm まで切り下げても、効果に影響しないように作られています。

NARO S.シートが深く埋設され露出高さが十分確保できない場合は、その部分をもう一度掘削するか、通路を下げて調整しなくてはならず工事に時間がかかります。これらの理由から、シート埋設は深いよりも浅い方がその後の対応が簡単です。なお、NARO S.シートが通路中央の低い面より 5cm 高ければ露出高さは 5 c m 以下でも問題ありません（図 II -3 右）。このとき、NARO S.シートの上端が土に覆われると、そこから通路側に根が伸びるので、必ず一部は露出させてください。



NARO S.シートが 5cm 以上露出している場合は、切り下げて調節します。



NARO S.シートの露出が 5cm 以下でも、通路の低い面より 5cm 高ければ問題ありません。

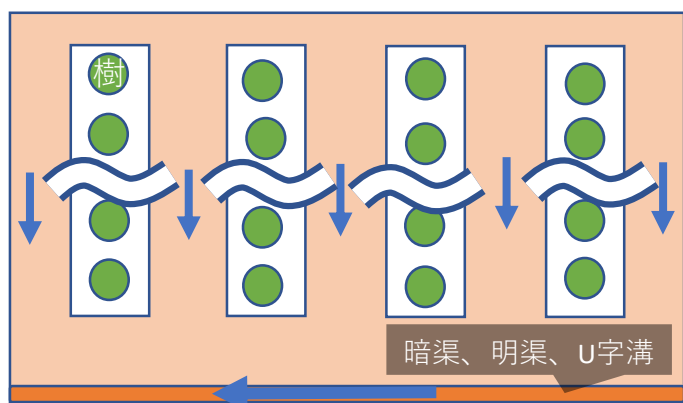
図 II -3 NARO S.シート of 地表面露出高さの調節

(5) 通路の土壌流亡を防ぐ方法

園地造成や改植などで通路の土が締まっていない場合で、通路勾配が大きいと土壌が流亡する恐れがあります。その場合は、通路をバヒアグラスなどで草生管理すると流亡量が少なくなります（図Ⅱ-4 右）。

(6) 植列の終端の排水方法

植列終端に水溜まりができる場合は、明渠、暗渠、U字溝などで排水します（図Ⅱ-4））。農研機構興津カンキツ研究拠点の水田跡地園場の例では、暗渠パイプの上に砂利を敷きこむことで雨水を園外に排出しています。



園内全体の排水例



通路は草生管理をし、植列の終端には暗渠パイプの上に砂利を敷きこんだ例

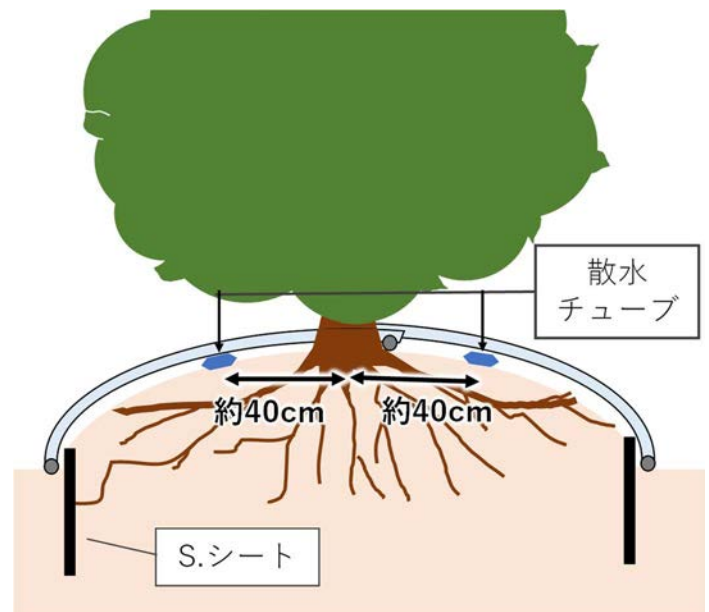
図Ⅱ-4 排水のイメージ

青い矢印は水の流れる方向を示す

3. かん水チューブの敷設方法

かん水チューブは、うねの地表面とマルチシートの上に敷設します。チューブは、散水タイプと点滴タイプに大別され（以下、散水チューブ、点滴チューブと記載）、園地の条件や用途に合わせて選択します。

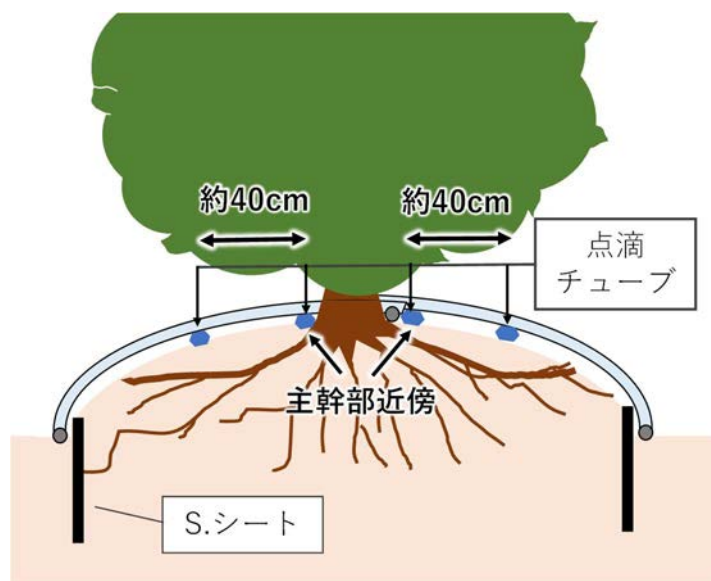
散水チューブは、比較的広範囲にかん水できることから、乾燥ストレス調整だけでなく収穫後の樹勢回復や幼木管理などにも向いています。敷設本数は、植列と平行に 2 本導入します（図 II -5）。敷設位置は、樹の両側に主幹から 40cm 程度離して設置します。チューブは、耐久性の高い資材から選び、仕様は水平散水タイプで散水幅は 40cm 程度、片側 15cm ピッチ（7.5cm 千鳥）などが適しています。



散水チューブは樹の両側に主幹から
40cm 程度離して設置します

図 II -5 散水チューブの導入方法

点滴チューブは、配管の水圧が低い場合に向いています（図Ⅱ-6）。敷設本数は、植列と平行に3～4本の導入を基本とします。敷設位置は、主幹部近傍の両側に2本、3～4本目はそれらから40cmほど離して平行に設置します。この本数でも過度の乾燥ストレスがかかる場合は、本数を増やします。チューブは、圧力補正機構付きで、花こう岩質土壌やレキ質土壌のような透水性の高い土壌では20cmピッチ、それ以外は30cmピッチが適しています。



点滴チューブは主幹部近傍に2本と、それらから40cm程度離れた位置に1～2本設置します。

図Ⅱ-6 点滴チューブの導入方法

Ⅲ. NARO S.シートについて

1. NARO S.シートの特徴

ポリエチレン製で厚さ 1.5mm×幅 550mm×長さ 30mの資材です（図Ⅲ-1）。防根性、防水性（不透湿性）、自立性があります。

防根性により、通路への根の伸長を制限します。

防水性により、通路からの浸透水を防ぎます。

自立性により、通路からの地表水を防ぎます。

また、耐久性にすぐれた素材を用いています。



図Ⅲ-1 NARO S.シート

2. NARO S.シートの購入先

最寄りの JA、日本園芸農業協同組合連合会（日園連）、（株）エーワン新潟で購入できます。

（日園連 TEL:03-5492-5422/E-mail : sizai@nichienren.or.jp）

（エーワン新潟 TEL : 025-521-7477/E-mail : a-1haya@amber.plala.or.jp）

3. 10 アール当たりの NARO S.シートの必要数

樹間 2m×列間 5m で 100 樹/10a の場合、約 14 本必要です。

4. NARO S.シートの耐用年数

地中に埋まっている部分は、ほとんど劣化しません。

地表面にでている部分は、紫外線により徐々に劣化は進みますが、耐久性の高い素材を

使っていますので長期間利用できると考えています。

5. 植え替え時の既設 NARO S.シートの取扱い

植え替え後も NARO S.シートを使用する場合は、撤去の必要はありません。バックホーなどで伐採・伐根したあと、苗を植えてください。

6. 使用済みの NARO S.シートの処分方法

不要になった NARO S.シートは各自治体あるいはJAの指示にしたがって処分してください。なお、NARO S.シートはポリエチレン（PE）で作られています。

7. NARO S.シートを含む NARO S.マルチの技術の権利について

NARO S.シートは NARO S.マルチに最適化して開発しています。NARO S.シート以外の資材を使った場合には、NARO S.マルチの性能を保証できません。

農研機構は、NARO S.シートを含む NARO S.マルチの技術および埋設方法について特許出願しています（特開 2021-126063）。農研機構は、農研機構から実施許諾を受けて製造された NARO S.シートを使用して、本技術を活用することを許諾します。NARO S.シート以外の資材を使った場合には、権利抵触の問題が生じる可能性があります。本技術を用いる場合は、農研機構から実施許諾を受けて製造された NARO S.シートをご購入し、ご使用ください。

IV. NARO S.マルチが土壌水分、樹体水分および果実品質におよぼす影響

1. 乾燥ストレスで糖度が上がるしくみ

カンキツは一般に、土壌が乾燥し、樹体に乾燥ストレスが付与されると、果実が小玉化するため果汁は濃縮されます。また、乾燥ストレス下では根をはじめとする樹全体の細胞は土壌からの水を引き込む力を強めようと浸透圧を高めます。このとき果実では浸透圧を高めるために糖濃度が高くなるように調節する作用が働くと考えられています。

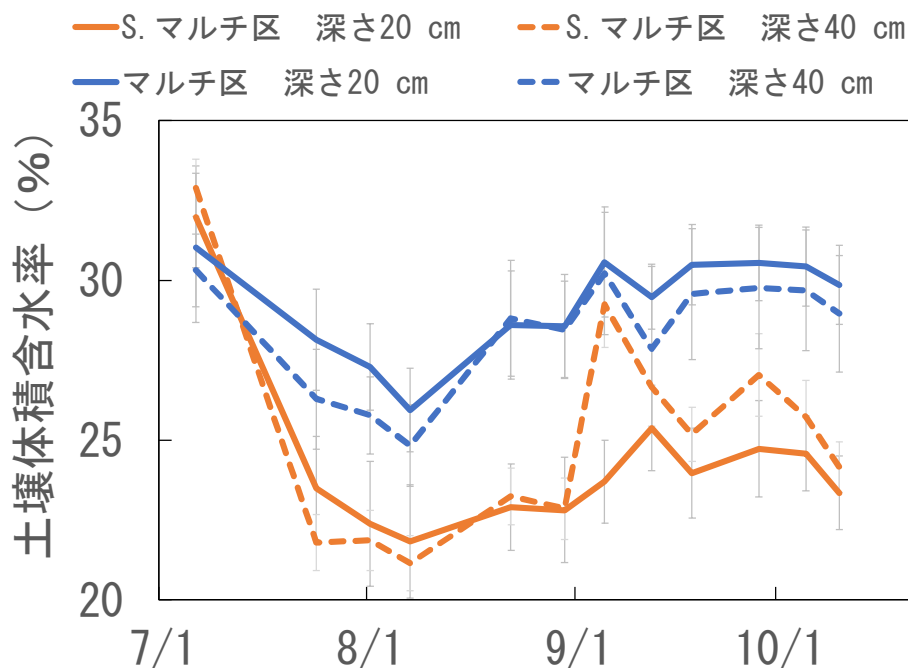
2. 土壌水分に及ぼす影響

カンキツの台木に利用されるカラタチの根は、地表面から深さ 40cm までの間に約 96%の細根（おもに養水分を吸収する根）が分布しています（吉田・岩崎，2014）。2018 年にプロファイル土壌水分計を用いて、根域の深さ 20cm と 40cm の土壌水分を測定した結果、それぞれの深さで NARO S.マルチ区は従来マルチ区^(注)に比べて測定期間を通じて土壌水分が低く推移し、根圏土壌がより乾燥することが明らかになりました（図IV-1,2）。

^(注) 従来マルチ区は、NARO S.マルチ区と同じ植栽方法で、うね幅約 3.5mに地表面マルチを被覆したマルチ栽培です。



図IV-1 プロファイル土壌水分計（左）とその測定の様子（右）



図IV-2 地表面マルチ下の土壤水分の推移

8年生「上野早生」、農研機構興津カンキツ研究拠点

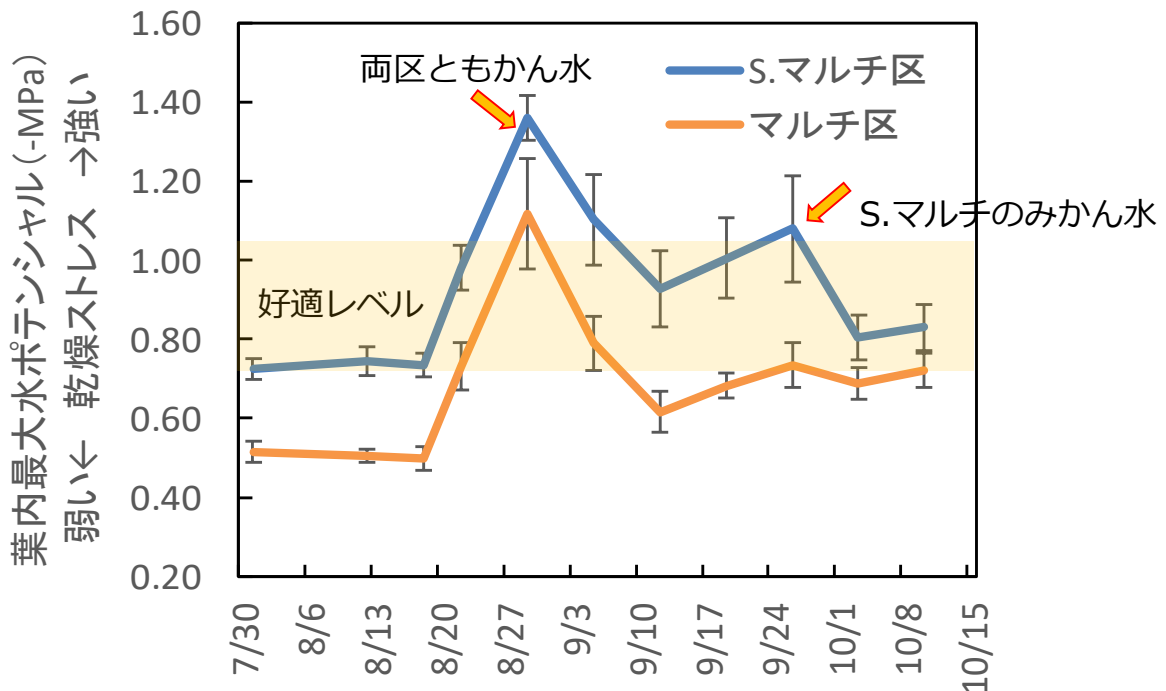
S.マルチ区はNARO S.マルチ区を表す

調査を開始した7月上旬は土壤が十分に湿っている状態である

3. 樹体の乾燥ストレスに及ぼす影響

樹体の乾燥ストレス指標である葉内最大水ポテンシャル^(注)を用いて、NARO S.マルチ区と従来マルチ区の乾燥ストレスを調査した結果、NARO S.マルチ区は高品質果実生産に好適なレベル(-0.7~-1.0MPa)を維持しましたが、従来マルチ区は好適レベルを維持できず乾燥ストレス付与は不十分でした(図IV-3)。

^(注) 葉内最大水ポテンシャルとは、プレッシャーチャンバー(図IV-4)などを用いて測定され、深夜から未明にかけて樹の水分状態が安定したときの、葉内木部の水分張力を表します。



図IV-3 樹体の乾燥ストレスの推移

8年生「上野早生」、農研機構興津カンキツ研究拠点
S.マルチは NARO S.マルチを表す



図IV-4 乾燥ストレスの測定器（プレッシャーチャンバー）

4. 収穫時の果実品質に及ぼす影響

農研機構興津カンキツ研究拠点のほ場において、NARO S.マルチ導入後、連年で高品質果実の基準となる糖度 12 度以上の果実が生産されています（表IV-1,2,3）。

乾燥ストレスを付与すると、酸度は高くなりやすいので、水管理で調節します（VI-4 参照）。果実は小玉化するので、おもに摘果で調節します（VI-5（2）参照）。

（注）下表の従来マルチ区とマルチなし区は、樹の衰弱がみられる時以外はかん水していません。また、摘果はすべての処理区で同様にした結果です。

表IV-1 収穫時の果実品質（導入1年目、2017年）

系統	処理区	糖度 (Brix%)	酸度 (%)	果実重 (g)
極早生	NARO S.マルチ区	13.4 a	0.79 a	94.1 b
温州ミカン ^z	従来マルチ区	11.2 b	0.66 b	112.8 a
	マルチなし区	8.1 c	0.73 ab	131.6 a
早生	NARO S.マルチ区	13.8 a	0.99 a	89.7 b
温州ミカン ^y	従来マルチ区	10.6 b	0.74 b	109.7 a
	マルチなし区	10.0 c	0.80 b	125.2 a

^zカラタチ台8年生「上野早生」を供試した

^yカラタチ台8年生「興津早生」を供試した

試験地：農研機構カンキツ研究拠点（静岡市清水区）

異なるアルファベットは品種別処理区間で有意差あり（n=7, 5%水準）

表IV-2 収穫時の果実品質（導入2年目、2018年）

系統	処理区	糖度 (Brix%)	酸度 (%)	果実重 (g)
極早生	NARO S.マルチ区	12.2 a	0.82	99.4 c
温州ミカン ^z	従来マルチ区	11.3 b	0.78	118.5 b
	マルチなし区	8.3 c	0.79	137.3 a
早生	NARO S.マルチ区	14.4 a	0.99 a	89.7 b
温州ミカン ^y	従来マルチ区	10.8 b	0.72 b	138.3 a
	マルチなし区	10.1 c	0.81 ab	126.3 a

^zカラタチ台9年生「上野早生」を供試した

^yカラタチ台9年生「興津早生」を供試した

試験地：農研機構カンキツ研究拠点（静岡市清水区）

異なるアルファベットは品種別処理区間で有意差あり（n=7, 5%水準）

表IV-3 収穫時の果実品質（導入3年目、2019年）

系統	処理区	糖度 (Brix%)	酸度 (%)	果実重 (g)
極早生	NARO S.マルチ区 (強)	14.6 a	0.99 a	82.9 b
温州ミカン ^z	NARO S.マルチ区 (中)	12.3 b	0.76 b	104.7 a
	マルチなし区	9.4 c	0.70 b	82.8 b
早生	NARO S.マルチ区 (強)	15.1 a	1.31 a	93.8 c
温州ミカン ^y	NARO S.マルチ区 (中)	12.7 b	1.02 b	105.7 b
	従来マルチ区	10.3 c	0.84 c	118.1 a
	マルチなし区	8.6 d	0.74 c	113.0 a

^zカラタチ台10年生「上野早生」を供試した

^yカラタチ台10年生「興津早生」を供試した

NARO S.マルチ区 (強) と (中) は、果実肥大を参考に灌水量を調節し、ストレスを調整した

試験地：農研機構カンキツ研究拠点（静岡市清水区）

異なるアルファベットは品種別処理区間で有意差あり (n=7, 5%水準)

V. 現地実証園の果実品質と導入コスト

1. 現地実証園における果実品質

3 か所で現地実証試験を行った結果、いずれの園地においても糖度 12 度以上の果実が生産されました（表 V-1）。A 氏と C 氏の酸度は高品質果実の基準の 1.0% よりも高いですが、これは収穫のおよそ 2 週間前の値であり、また、貯蔵用果実であることから出荷果実に問題はありませんでした。

表 V-1 現地実証園の収穫前の果実品質

生産者 系統	園地特徴	処理区	糖度 (Brix%)	酸度 (%)	果実重 (g)
A氏 普通温州 ^z	黒ボク土 通路勾配2%	NARO S.マルチ	12.0	1.01	104.7
		従来マルチ ^x	10.7	0.96	119.0
		有意差 ^w	**	NS	*
B氏 中生温州 ^y	赤土 通路勾配2%	NARO S.マルチ	12.1	0.92	122.3
		従来マルチ ^x	11.2	0.74	149.0
		有意差	**	*	*
C氏 普通温州 ^y	黒ボク土 通路勾配2%	NARO S.マルチ	12.6	1.21	126.6
		露地	9.2	0.95	144.2
		有意差	**	*	**

^z2018年11月20日にサンプリング

^y2019年11月20日にサンプリング

^xNARO S.マルチと同じ植栽方法で、畝幅約3.6mにシートを被覆したマルチ栽培

^w*は5%、**は1%水準で有意差あり、NSは有意差なし

2. 現地実証園における導入コスト

園主が施工を行う場合、10 アール当たりの導入コストは、NARO S.シートとかん水チューブ（散水タイプ）およびバックホーレンタル料を合わせて約 32 万円です（表V-2）。この場合、生産物 1kg あたりの農業経営費の上乗せは約 6 円となります^(注)。一方、現地実証園における NARO S.マルチの平均手取り単価は慣行に比べて 100 円/kg 以上高くなりました。

^(注) 収量は 3t/10a、資材の耐用年数は NARO S.シート 20 年、かん水チューブ 10 年とし、NARO S.マルチを 20 年間続けると仮定して試算。

表V-2 NARO S.マルチの導入コストの例（10 アールあたり）

（単位：千円）

項目	園主が施工した場合		業者に施工を委託した場合	
	散水チューブ ^u	点滴チューブ ^t	散水チューブ ^u	点滴チューブ ^t
NARO S.シートおよびその関連資材 ^z	230	230	230	230
かん水チューブおよびその関連資材 ^y	61	98	61	98
バックホーレンタル料 ^x	30	30	—	—
NARO S.シート埋設工事 ^w	—	—	177	177
かん水チューブ敷設工事 ^v	—	—	50	74
計	321	358	518	579

^z 小売価格をもとにした概算額（2022年1月時点）

^y 植列毎のバルブから先の配管資材とかん水チューブの概算額（2022年1月時点）

^x 2 t タイプを3日間レンタルした場合の概算額（2022年1月時点の建機レンタル会社のホームページを参考）

^w 現地実証園の工事費用を10aあたりに換算した額（費用は施工業者によって変動あり）

^v 現地実証園の工事費用を10aあたりに換算した額（バルブから先の工事に限る。費用は施工業者によって変動あり）

^u ミストエース20（住化農業資材，サイテキ04L-03）を2本/列で敷設した場合

^t ユニラムRC（ネタフィム，30cmピッチ）を3本/列で敷設した場合

地表面シートおよびその関連資材は除く

VI. 栽培管理方法

1. 地表面マルチシートの展張時期

極早生、早生温州ミカンは6月中旬～7月上旬

中生温州ミカン7月上旬

普通温州ミカン7月上中旬

を目安に展張します。

地表面マルチは、土壌が湿っている状態で展張します。

この目安は、果汁蓄積初期（例：早生温州ミカンの場合、果径約35mm、7月中旬ごろ）からおよそ2か月間で増糖効果が高く（岩崎，2015）、また、梅雨で湿った土壌から好適な乾燥ストレスがかかるまでの期間を2～3週間と見積もり、逆算して設定しています。地域による差がありますので、適宜時期の調整を行ってください。

2. 水管理の方法

果実の横径を定期的に測定することは、かん水の目安になります。適正着果樹の代表的な果実を数個選び、7～10日ごとに同じ位置の横径をデジタルノギスで測定し、果実の日肥大量を算出します（図VI-1）。

7月～9月末のあいだ、果実の肥大量が0.25～0.3mm/日であれば適正な乾燥ストレス状態です（岩崎，2015）。0.25mm/日以下の場合は、かん水を検討します。

9月中旬に例年よりも酸度が高い場合は、減酸を目的にかん水を行います。

10月以降は、酸が高い場合や樹勢の低下が著しい場合を除き、かん水を控えます。

1回のかん水量は、散水チューブの場合、成木で50～100L/樹を目安に行い、点滴チューブは、15～30分を目安にします（岩崎，2016）。

かん水頻度の目安を一概に示すことはできませんが、例えば興津カンキツ研究拠点内の粘土質土壌のは場で、樹高 1.8m 程度の 10 年生の樹の場合、夏に晴天が続くと 7～10 日に 1 回程度のかん水が必要になります。

点滴チューブの場合は、マルチ・ドリップ栽培（マルドリ栽培）の事例から、少量多頻度（15～30L/樹/回）で管理する方法も報告されています（地球温暖化適応策推進協議会, 2012）。



図VI-1 デジタルノギスを用いた果実日肥大の測定

代表樹をいくつか選び、2～3 果/樹を測定する。

果実にラベル等で目印を付け、決まった部位を測定するため、あらかじめ果実の赤道面にマジックで十字を書く。

乾燥ストレスの適期とされる果汁蓄積初期から、7～10 日間隔で横径を測定する。

日肥大量の算出方法

例) 7月15日 35.0mm 7月22日 37.1mm

$$\text{日肥大量} = (37.1 - 35.0) \div (22 - 15)$$

$$= 2.1\text{mm} \div 7 \text{日}$$

$$= 0.3\text{mm/日}$$

3. 乾燥ストレスの判別方法

樹や果実の外観から、乾燥ストレスはある程度判別できます。例えば、適切な乾燥ストレスを付与すると、葉色は淡くなり、葉は巻き・しおれ、果実は幾分軟らかくなります。また、過度の乾燥ストレスは、旧葉から順に落ち始めます。しかし、これらは品種、時期、樹勢などによって

程度が異なることや、一度巻いた葉や褪せた葉色は戻りにくいなどの注意点があります。そのため、まずは適切な乾燥ストレスを知るために、前述の果実日肥大を利用されることをおすすめします。

4. 品質管理の方法

果実発育期間中は、月に1～2回、代表樹の糖度を測定することをおすすめします。時期別の目標糖度は、各産地の目安に従ってください。目標糖度よりも低い場合は、Ⅶ-1「果実糖度向上効果が得られないときの対策」を参照してください。

可能なら9月中旬ごろに酸度を測定し、例年より高い場合は、減酸を目的にかん水します。

5. その他の管理

(1) せん定

管理のしやすさと、根の拡大を抑える観点から、コンパクトな樹形（樹高2m以下）で維持されることをおすすめします。

また、隔年結果をしている樹は、せん定時に隔年結果を是正する処理を行うことをおすすめします。これは、花の多い樹は乾燥ストレスにより樹勢が低下しやすく、花の少ない樹は品質が上がりにくいからです。隔年結果の是正は、翌春の花が多いと予想される樹に対して、せん定時に予備枝を作る方法や摘葉処理を行う方法があります。

(2) 摘果

乾燥ストレスを付与すると、果実は小玉になります。

小玉が商品性に影響する場合は、これまでの摘果方法よりも早い時期に摘果するか、粗摘果の摘果割合を高くすることで、肥大を促します。

(3) 施肥

肥料の散布範囲は NARO S.シートの内側のみとします。

収穫時の樹は、着果と乾燥ストレスで疲労のピークに達しています。晩秋肥の適期施用を行い、雨が降らない場合は、かん水を行って樹勢回復に努めてください。

(4) 病害虫防除

NARO S.マルチにより特段の変更はありません。慣行の方法に従ってください。

Ⅶ. 運用上の留意点

1. 果実糖度向上効果が得られないときの対策

効果が得られない場合、おもに以下の4つのケースが考えられます。

- ①根域に通路からの地表水が流入している
- ②マルチの上に降った雨が通路に排水されていない
- ③根が通路にでている
- ④土壌の不透水層（水を通さない層）が浅く、大雨のとき地下水位が根圏土壌まで上昇している

①と②は、大雨のあとマルチ下の土壌の湿り具合を確認するとわかります。

①は、通路の勾配が正しく取れていること、また、NARO S.シートの上端が通路面より5cm程度高いことを確認し、適宜修正してください（図Ⅶ-1）。

②は、うねが適切な高さ（20～40cm）と形（山型）であるか確認し、適宜修正してください。マルチが破れている場合は、ハウス用補修テープ（超強カタイプ）などでふさいてください。

③は、一定以上樹が大きくなると一部の根がNARO S.シートの下から通路に伸長するためと考えられます。後述の「2. NARO S.マルチの効果が得られる樹齢の目安」を参照してください。

④は、不透水層の破碎を行う必要があります。温州ミカンから乾燥ストレスを不要とする中晩生カンキツに改植することも一案です。



図Ⅶ-1 乾燥ストレス付与時期の土壌表面の様子

NARO S.マルチを行うと、NARO S.シートを境にうね側の土壌は乾きます

2. NARO S.マルチの効果を得られる樹齢の目安

NARO S.マルチは、根域制限栽培^(注)で生じるような土量不足による樹勢低下はないと考えています。これは、一般的な根域制限栽培の土量が約 500～600L/樹に対して、NARO S.マルチは 4 倍以上の 2700L/樹あるからです。一方で、樹が一定以上大きくなると品質が上がりにくくなると考えています。

吉田・岩崎（2014）が 21 年生早生温州ミカンの細根の分布を調べた結果、主幹から 1.5mまでに全体の 87%の細根が、2mまでに 97%の細根がありました（表Ⅶ-1, 吉田・岩崎, 2014, 園学研）。NARO S.シートは主幹から 1.6～1.7m程度の位置に埋設することから、この樹の場合、NARO S.シートの枠内に 90%以上の根が納まる計算になります。また、同報告から、細根の 15%が湿潤状態でも、残りの根が乾燥状態であれば好適な乾燥ストレスを付与できることがわかっています。よって、早生温州の場合、二十数年生までは効果が得られると考えています。

生育が旺盛な普通温州ミカンは、根域の拡大が早いことから、本技術の有効期間が早生・極早生よりも短くなると予想されます。そのような場合は、わい性台木「ヒリュウ」を用いることで、より長期間利用できる

と考えています。

表Ⅶ-1 21 年生カラタチ台早生温州ミカンの細根分布

(注) 土量を制限した培土に果樹を新植する栽培方法。乾燥ストレスはかけやすいが、樹勢や収量の維持が難しい（最新農業技術辞典 NAROPEDAIA「根域制限栽培」より一部抜粋）。

土壌の深さ (cm)	主幹からの水平距離 (cm)				
	0-60	60-100	100-150	150-200	200-250
0-10	164	420	268	144	21
10-20	247	205	286	67	14
20-30	182	180	129	41	12
30-40		35	23		
40-50		41	19		
50-60		33			

表中の数字は細根密度（細根乾燥重 $g \cdot m^{-3}$ ）

早生温州は「原口早生」を使用

吉田・岩崎, 2014, 園学研より引用

参考資料

1. 日本の気候変動 2020、文部科学省気象庁、大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書、2020 年
2. カンキツにおけるシールディング・マルチ栽培（S.マルチ）の技術マニュアル（農研機構果樹茶業研究部門、2020 年 6 月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/135247.html
3. 土壌水分と果実、長谷嘉臣/岩崎光徳（改訂）、農業技術体系果樹編カンキツ、農山漁村文化協会、2016 年
4. 高品質果実生産に効果的な乾燥ストレス付与の方法、岩崎光徳、農業技術体系果樹編カンキツ、農山漁村文化協会、2015 年
5. 根域に対する灌水域の割合がカンキツ樹の乾燥ストレスに及ぼす影響、吉田純也・岩崎光徳、園芸学研究、23 : 34-40、2014 年
6. 周年マルチ点滴かん水同時施肥法（マルドリ方式）による「青島温州」の高品質果実安定生産の実証、平成 23 年度地球温暖化戦略的対応体制確立事業報告書第Ⅲ編果樹、地球温暖化適応策推進協議会、2012 年
<https://www.ondanka-net.jp/data/articlefile/00000004201203262.pdf>
7. ワセウンシュウの高うねマルチ栽培における作業性および収益性、松本和紀・牛島孝策・矢羽田二郎・巢山拓郎、福岡県農業総合試験場研究報告 25、2006 年
8. 岩崎光徳 特開 2021-126063 「果樹栽培方法、果樹園施工方法、及び防水不透湿性シート」 2021 年 9 月 2 日公開

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 果樹茶業研究部門 研究推進部 研究推進室

029-838-6453（研究推進室長）

029-838-6451（果樹連携調整役）

NIFTS_inq@naro.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。