

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18642

研究課題名(和文) マルドリ栽培を用いた灌水コントロールによる高品質リンゴ栽培技術の基盤研究

研究課題名(英文) Basic study on high quality apple cultivation methods with irrigation management utilizing drip irrigation and plastic mulching

研究代表者

花田 俊男 (HANADA, Toshio)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・果樹茶業研究部門 リンゴ研究領域・主任研究員

研究者番号：30707641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：カンキツ栽培において導入の進んでいるマルドリ栽培をリンゴに導入し、'ふじ'および'つがる'を用いて最適なストレス付与時期および期間を明らかにするとともに、果実肥大や収穫後果実の品質に及ぼす影響を調査した。ストレス付与期間中は蒸散速度が減少し、果実肥大が著しく抑制された。8月の2週間のストレス付与が糖度増加に効果的であるものの、'ふじ'ではストレス付与後の果実肥大が抑制され収穫時の果実重量が減少した。一方'つがる'では収穫直前にストレス付与を行うことで、果実重量を減らさずに糖度増加できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)： Cultivation utilizing drip irrigation and plastic mulching is an effective method for producing citrus fruit of high quality. We applied this cultivation method on producing 'Fuji' and 'Tsugaru' apples and investigated effective water stress treatment aiming improvement of fruit quality. Transpiration rate and fruit enlargement were highly suppressed under water stress condition. A two-weeks water stress treatment in August increased sugar contents. Fruit enlargement after water stress treatment was suppressed and fruit weight at harvest time was reduced on 'Fuji' apple, whereas preharvest water stress treatment may increase fruit sugar contents without suppression of fruit enlargement on 'Tsugaru' apple.

研究分野：果樹園芸学

キーワード：植物生産管理技術 リンゴ マルドリ ストレス

1. 研究開始当初の背景

我が国の果樹産業は生産農家の規模が小さく、国内の果実消費も低迷していることから、消費拡大と競争力強化につながる高品質・高付加価値の果実を安定的に生産する技術開発が求められている。果樹栽培では生育期間中に適度な水分ストレスを与えることで果実品質が向上する事例が知られ、カンキツでは主要栽培品種において水分ストレス付与と果実品質の関連が明らかとなっており、土壌表面を被覆するマルチシート敷設と点滴灌水を組み合わせた『マルドリ栽培』により適切な水分ストレスを付与し、糖度の高い高品質果実を生産する技術が普及している。しかし、我が国のリンゴ栽培では一般的に灌水を行わない事から、水分ストレスの付与による樹体の反応と果実品質の関連に着目した研究はこれまでほとんどなく、新しい栽培技術の開発に資する基本的な知見の蓄積が求められている。海外では国土に乾燥地帯を抱えるイスラエル、オーストラリア等において灌水量と果実品質に関する研究が行われているものの、我が国の気候や土壌の性質とは大きくかけ離れている。さらにこれらの研究では、樹体の水分ストレスの状態を直接測定するのではなく、灌水量や栽培土壌の含水率の値から間接的に樹体の水分ストレス状態を推定している研究が大半を占める。これらの手法では栽培地の土壌性質や根の張り方が異なれば再現性に乏しく、研究結果は必ずしも果実品質の向上につながる技術開発に応用できるとは言いがたい。さらに、ストレス応答性の解明にはポットやガラス温室を用いた研究が常套手段であるが、リンゴ栽培が露地で行われることを考慮すれば、実際の栽培条件に近い露地栽培での知見の蓄積が試験結果を高品質果実生産の技術開発につなげるためには必須である。また、近年の地球温暖化により農作物の栽培適地が北上する懸念が訴えられている。リンゴの栽培適地が北上すれば従来の産地では気温上昇に伴う土壌の乾燥も進行するため、水分ストレスに伴う生理障害の発生が増加し、将来的に我が国のリンゴ栽培においても灌水が必須となる可能も考えられる。本研究では、リンゴ樹に水分ストレスを付与した際の応答反応、ならびに水分ストレスと果実品質との関連性を明らかにする。さらに得られた知見に基づいて高品質果実生産に必要な灌水指標の作成を目指すものである。

2. 研究の目的

本研究ではカンキツ栽培において導入のすすんでいるマルチ敷設・点滴灌水を用いた栽培体系である『マルドリ栽培』をリンゴに導入する。水分ストレスを付与しながらリンゴを栽培し、付与したストレスをモニタする手法や季節毎のかん水要求量を明らかにするとともに、ストレス付与に伴う蒸散速度や

葉内最大水ポテンシャル (ψ_{max}) の変化および果実肥大への影響など樹体の生理的な変化に関する基礎的知見を収集する。本研究を通じてストレス付与時期や強度が収穫後の果実品質に及ぼす影響を明らかにし、リンゴマルドリ栽培による高品質果実生産の基盤となる情報を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 栽培設備概要

試験園は樹間 2.5m、列間 5m とし、'ふじ' 4 年生樹および 'つがる' 3 年生樹を 2013 年 4 月に移植し開園した。マルドリ栽培は容量 170L のコンテナに定植し、点滴灌水チューブ (ネタフィルム社 ユニラム 17, 吐水量 12.8L/hr) を施設しマルチ被覆をした (4 樹 × 4 列) (図 1)。さらに、露地植えの樹に樹を中心として 80cm 間隔、深さ 40cm で樹列と平行にトタン板を埋設して表面をマルチ被覆した根域制限栽培 (3 樹)、慣行の露地栽培 (5 樹) を設け、かん水を制御するマルドリ栽培と比較した。さらに、かん水要求量測定用に 'ふじ' 試験樹と同樹齢の樹を底面給水可能なコンテナに定植し、日々の吸水量を測定できる設備を設けた。

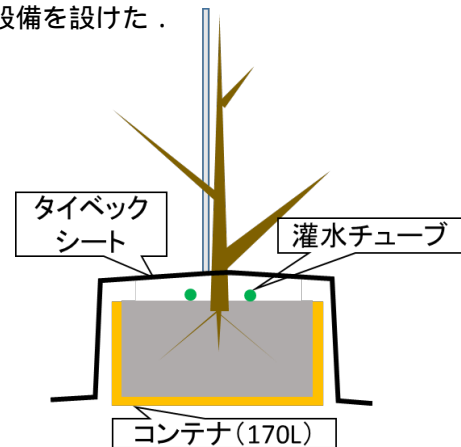


図 1. マルドリ栽培設備概略

(2) ストレス付与の条件

マルドリ栽培では 2015 年はストレスを付与する時期と期間を変え、7 月から 11 月中旬までストレスをかけ続ける区 (全ストレス区)、水分ストレスを付与しない区 (湿潤区)、7 月 9 日から 9 月 6 日までストレスを付与し、9 月 7 日から 11 月末までは湿潤区と同等の水管理をする区 (前半ストレス区)、9 月 7 日から 11 月中旬までストレスを付与する区 (後半ストレス区) の 4 区を設けた。2016 年はストレスを付与する期間は 2 週間に固定し、付与時期のみを変化させ 8 月前半区 (8/1-15)、8 月後半区 (8/15-29)、9 月前半区 (8/29-9/10) およびストレスを付与しない湿潤区の 4 処理区を設けた。かん水は点滴かん水で行い、水分ストレス付与時は ψ_{max} 値が $-0.5 \sim -1\text{MPa}$ を維持するようにかん水量を調整し、水分ストレスを付与しない期間および湿潤区は別途測定したかん水要求量以上のかん水を実

施した。露地区および根域制限区は降雨のみでかん水は実施しなかった。

(3) 測定項目と方法

試験期間中おおむね週1回、日の出前に1樹あたり3葉を採取しプレッシャーチャンバー (Model 600, PMS) を用いて max を測定しかん水管理の指標とした。蒸散速度も毎週1回、晴天の午前10時 - 正午の間に各処理区2樹、各樹3葉についてLI-6400 (LI-COR) で測定した。果実肥大については1樹あたり10果を選び、収穫まで1週間毎に果実横径を測定した。さらに、収穫後の果実については1樹ごとに代表的な10果を選び果実重、硬度、デンプン指数、糖度、酸度を測定した。

4. 研究成果

(1) 底面給水によるかん水要求量の推定

給水槽からの水の減少量が樹体に必要なかん水要求量と考えられることから、測定した1日あたりの水の減少量と葉枚数から、各月ごとの葉1枚あたりの吸水量を推定したところ、7月の1枚あたり1.6mlをピークに減少する傾向が明らかとなった (図2)。これにより樹の葉数から各月のおおよそのかん水要求量を予測してかん水プログラムを作成することが可能となった。

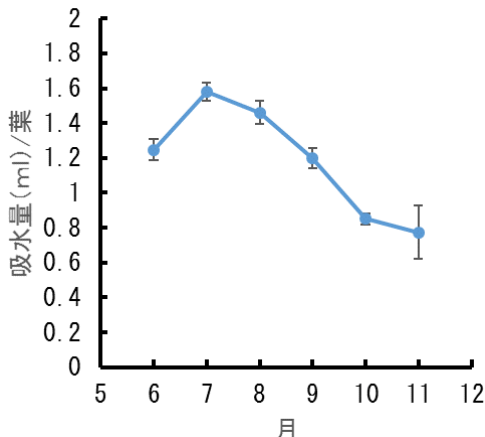


図2. 1日における葉1枚あたりの吸水量推移 (2016)

(2) 水分ストレス付与による蒸散速度および果実肥大への影響

リンゴ樹の蒸散速度は6月から8月までは $2-3 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度を維持しているが、9月に入ると $1 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下までに減少する傾向が見られた (データ省略)。これは灌水要求量の減少や果実肥大が緩やかになる時期とも良く一致していた (図1, 図3)。蒸散が盛んで灌水要求量も多い7-8月にストレス付与を行った2015年の前半ストレス区および全ストレス区では、ストレス付与期間中の蒸散速度が $1 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下まで著しく抑制され、その間の果実肥大も強く抑制された (図3)。前半ストレス区のかん水量を湿潤区と同様に戻した9月以降も肥大が湿潤区に追いつくことはなく、最終的な果実サ

イズも小さくなった。一方、根域制限区の蒸散速度や果実肥大は慣行の露地栽培とほぼ同等であったことから、リンゴでは既存の園地にトタン板埋設やマルチ敷設を行うだけでは果実品質に影響が出るほど十分な水分ストレスは付与されず、コンテナ栽培等を組み合わせたより積極的な水分ストレス制御が必要と考えられた。

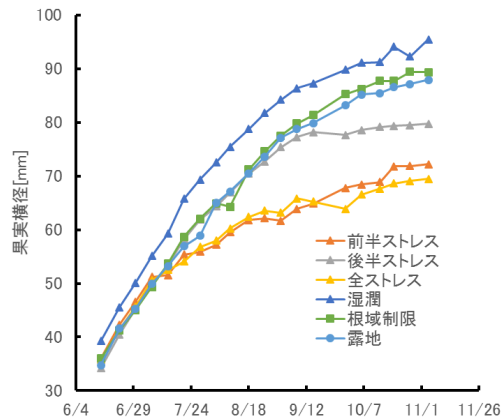


図3. ストレス付与による'ふじ'果実肥大への影響 (2015)

(3) 水分ストレス付与による果実品質への影響

11月中旬に収穫する'ふじ'を用いた試験では、2015年の試験ではストレスを付与した区ではいずれも果実重が小さく硬度が高い果実が得られた。糖度は全体ストレス区で露地や根域制限より高くなったものの湿潤区との有意差は無く、前半ストレス区や後半ストレス区ではむしろ低い値となり、糖度増加への影響は判然としなかった (表1)。2015年はストレス付与期間が2ヶ月、あるいは4ヶ月と長期間に渡ったため、一部で樹体の衰弱も見られたため、2016年の試験ではストレス付与の期間を2週間に固定して時期のみを変化させた。その結果、ストレス付与によって前年同様に果実重は減少したものの、ストレス付与によって有意に糖度が上昇し、8月中のストレス付与が糖度増加に効果的である可能性が示唆された (表2)。

9月中旬に収穫する'つがる'を用いた2015年の試験では、ストレスを付与した処理区では湿潤区よりも糖度が増加した。果実重は前半ストレス区で有意に小さくなっていたが、後半ストレス区や全ストレス区では湿潤区や露地区との有意差は無かった。特に、後半ストレス区では9月7日から収穫時の9月16日までの10日間のみストレスを付与されていたことになり、10日程度の短期間ストレス付与でも糖度増加に有効な可能性が示唆された (表3)。2016年の試験では2週間のストレス付与で果実サイズを大きく犠牲にせず露地栽培よりも糖度の高い果実が得られた (表4)。以上のことから、リンゴで

は8月中旬に2週間程度のストレス付与を行うことで果実の増糖効果が得られるものの、'ふじ'ではストレス付与後の果実肥大が劣り果実サイズが大きく抑制されること、'つがる'では収穫直前のストレス付与により果実サイズを抑制することなく糖度を増大できる可能性が示唆された。

表1. ストレス付与期間が'ふじ'の果実品質に及ぼす影響(2015)

処理区	果実重(g)	糖度(%)
前半(7-8月)	204.1 c	12.1 c
ストレス 後半(9-11月)	243.2 b	12.1 c
全体(7-11月)	163.6 d	14.5 a
湿潤	364.3 a	13.9 ab
根域制限	344.1 a	13.6 b
露地	355.8 a	13.6 b

Tukey-Kramerの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり。

表2. ストレス付与期間が'ふじ'の果実品質に及ぼす影響(2016)

処理区	果実重(g)	糖度(%)
8月前半	263.3 c	16.7 a
ストレス 8月後半	245.2 c	16.5 a
9月前半	247.2 c	15.4 bc
湿潤	306.8 b	15.7 b
根域制限	337.4 ab	14.8 c
露地	345.5 a	15.1 c

Tukey-Kramerの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり。

ストレス付与期間は2週間に固定

表3. ストレス付与期間が'つがる'の果実品質に及ぼす影響(2015)

処理区	果実重(g)	糖度(%)
前半(7-8月)	247.1 c	13.7 ab
ストレス 後半(9-11月)	322.5 ab	13.6 ab
全体(7-11月)	301.7 b	13.8 a
湿潤	318.8 ab	12.6 c
根域制限	348.9 a	14.0 a
露地	325.1 ab	13.3 b

Tukey-Kramerの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり。

表4. ストレス付与期間が'つがる'の果実品質に及ぼす影響(2016)

処理区	果実重(g)	糖度(%)
8月前半	310.4 bcd	15.8 a
ストレス 8月後半	304.0 d	14.9 b
9月前半	307.8 cd	15.5 a
湿潤	338.8 ab	15.5 a
根域制限	350.1 a	14.6 b
露地	339.8 abc	14.8 b

Tukey-Kramerの多重比較検定により異符号間に5%水準で有意差あり。

ストレス付与期間は2週間に固定

<引用文献>

Naro et al. Stem water potential and apple size. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1995. 120: 577-582.

5. 主な発表論文等 (雑誌論文)(計0件)

(学会発表)(計1件)

花田 俊男, 岩波 宏, 守谷(田中) 友紀, 本多 親子, 和田 雅人. リンゴ'つがる'における水分ストレス付与が果実品質及ぼす影響. 園芸学会. 2017.3.20 日本大学生物資源科学部(神奈川県・藤沢市)

6. 研究組織

(1)研究代表

花田 俊男(HANADA, Toshio)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・果樹茶業研究部門 リンゴ研究領域・主任研究員

研究者番号: 30707641