

周年マルチ点滴灌水同時施肥法で栽培された ウンシュウミカンにおける細根の割合と呼吸活性

草場 新之助*)・森 永 邦 久・島 崎 昌 彦・星 典 宏

近畿中国四国農業研究センター 総合研究部 総合研究第2チーム

村 松 昇

現近畿中国四国農業研究センター 特産作物部 果樹研究室

要 旨: 筆者らが最近開発したウンシュウミカンの周年マルチ点滴灌水同時施肥法(マルドリ法と略称)では、根域は年間を通して透水性マルチ下に置かれ、点滴チューブを用いて灌水施肥管理が行われる。本試験においては、このようなウンシュウミカンの慣行栽培とは大きく異なる地下部環境が細根に与える影響について、いくつかの知見を得た。マルドリ法で3年間栽培されたウンシュウミカンにおける点滴孔直下では白い細根が密生しており、それらの細根径は慣行栽培樹ならびにマルドリ栽培樹の点滴孔から離れた位置における細根径よりも細いものであった。また、点滴孔直下の細根の呼吸活性は慣行栽培樹の細根よりも高いことが明らかとなるとともに、マルドリ栽培樹の点滴孔から離れた位置の細根の呼吸活性も慣行栽培樹の根と比較して有意に高いものであった。これらの結果から、マルドリ栽培3年目のウンシュウミカンの細根は慣行栽培以上に健全であり、呼吸活性の高い細い細根が増えることからマルドリ法が樹勢の維持に寄与するものと考えられる。

キーワード: ウンシュウミカン, マルチ, 点滴灌水施肥, 細根, 呼吸活性

Fibrous root generation and its respiratory activity of satsuma mandarin trees cultured by drip irrigation and liquid fertilization system with year-round plastic mulching : Shinnosuke KUSABA, Kuniyoshi MORINAGA, Noboru MURAMATSU, Masahiko SHIMAZAKI and Norihiro HOSHI (*National Agricultural Research Center for Western Region*)

Abstract: In satsuma mandarin cultivation, drip irrigation and liquid fertilization system with year-round plastic mulching (DLYM) contributes to high quality and stable fruit production with labor saving for grower. Here we report the influence of such novel cultivation method which is different from the conventional method greatly on satsuma mandarin roots. In satsuma mandarin trees cultivated by DLYM for 3 years, white fibrous roots grew just under the dripping orifice. The diameter of fibrous roots grown just under the dripping orifice was thinner than that grown apart from the dripping orifice in DLYM and that grown by conventional method. The respiratory activity of fibrous roots grown just under the dripping orifice was apparently active compared with that grown by conventional method. Furthermore, the fibrous roots grown apart from the dripping orifice in DLYM had also higher respiratory activity. These results suggested that the root zone cultivated by DLYM is better in its morphology and activity than that by conventional method, DLYM would contribute to the maintenance of tree vigor and the stable fruit production in satsuma mandarin.

Keywords: satsuma mandarin, plastic mulching, drip irrigation and liquid fertilization, fibrous root, respiratory activity

1. 緒言

ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴灌水同時施肥法(以下マルドリ法)は、従来の夏秋季マルチの問題点である酸度の高い果実の生産や毎年のマルチ敷設・撤去作業を解消し、灌水施肥の軽労化を図りつつ高品質果実の生産を可能にする栽培法である(森永ら, 2004a)。さらに、

本栽培法では周年マルチとするため、肥料成分の降雨による流亡あるいは雑草による収奪がほとんどないこと、液肥の吸収効率が高いこと等の理由により極早生、早生品種においては慣行の60%の窒素量(約15kg/10a)で栽培が可能となっている(森永ら, 2004b)。永年性であるウンシュウミカンでは、慣行栽培と大きく異なる

2004年6月26日受付 2004年8月17日受理

*連絡先 〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575 近畿中国四国農業研究センター
Fax: 0877-62-1130 E-mail: kusa@affrc.go.jp

このような手法で栽培された場合の長期的影響を調査する必要があるが、最も長期間マルドリ法で栽培されたウンシュウミカンでも現在5年しか経過しておらず、現在、調査を続けているところである。マルドリ法においては土壌の塩類集積は認められない(森永ら, 2004b)とされているものの、地下部環境を大きく変化させていることから、ウンシュウミカンの根に与える影響は早期に明らかにすべき課題の一つである。

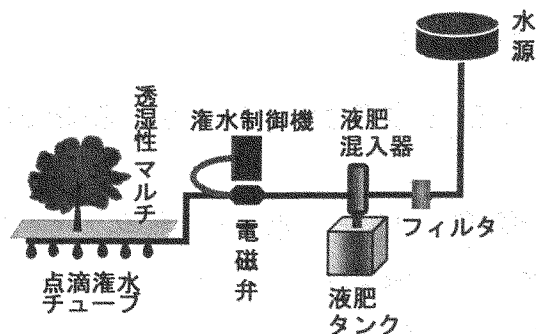
一般的なカンキツ栽培においては、樹勢維持や高品質果実の安定生産に一定量の細根の確保が重要であると言われている。小野ら(1986)は、樹勢維持や果実の安定生産に大きく寄与する葉数の確保に対する細根の重要性を確認した。また細根の呼吸活性が大きいほど葉の光合成速度が速く、細根の呼吸活性が小さいほど根の養水分の吸収能が劣ることが示されている(小野, 1987)。さらに、秋肥として施与された窒素は翌春の開花、発芽のための貯蔵窒素として樹体内に蓄えられるが、細根における秋肥窒素の寄与率は他器官に比べて著しく高いことが明らかにされており(久保田ら, 1972)、冬季の根中デンプン含量は翌年の着花量と正の相関が認められている(大城ら, 2000)。これらの結果はカンキツの樹勢や安定生産における細根の重要性を示しており、マルドリ法においても樹勢維持や果実生産性などに関わる根、樹体への長期的影響を把握するために、細根の形態および呼吸活性に与える影響を明らかにすることが必要であると考えられる。

周年マルチと点滴灌水施肥の併用によるウンシュウミカン根への影響の解明は生産現場からも求められており、これまでにマルドリ法により栽培されているウンシュウミカンの根の形態および呼吸活性の調査を行ったのでここに報告する。

2. 材料および方法

(1) マルドリ法

マルドリ法の概略は第1図に示した。水源より園内に導水し、フィルターでゴミ、藻などを除いた。続いて液肥混入器を用いて液肥を希釈・混入した。灌水施肥は灌水制御器と電磁弁を用いて自動化し、樹幹両脇に往復蛇行型(森永ら, 2004a)で敷設した圧力補正機能付き点滴灌水チューブ(ネタフィム ラム17, 点滴孔間隔30cm)を用いて行った。透湿性マルチシートは年間を通じて全面被覆とした。



第1図 マルドリ法の概略図

(2) 栽培条件

近畿中国四国農業研究センター内圃場(香川県善通寺市)に栽植されている7年生愛媛中生(マルドリ栽培開始後3年目:植栽間隔2m, 樹列間隔4m)を用いた。なお、同圃場における土性は褐色森林土である。マルドリ栽培における年間の総窒素量は20kg/10a(100%-N区)ならびに12kg/10a(60%-N区)とし、15000ppmに調製した園芸用追肥肥料(大塚化学 OK-F-1:15-8-17)を100倍に希釈し点滴灌水施肥に用いた。点滴灌水施肥は年間総窒素を春肥(3月10日から4月20日):夏肥(5月10日から6月30日):秋肥(10月20日から11月10日)=3:4:3に分割して施肥し、春肥は8.2L/日・樹(100%-N区)ならびに4.6L/日・樹(60%-N区)、夏肥は8.7L/日・樹(100%-N区)ならびに5.1L/日・樹(60%-N区)、秋肥は16.3L/日・樹(100%-N区)ならびに9.2L/日・樹(60%-N区)とし、期間中毎日施与した。灌水施肥期間以外は2.6L/日・樹の灌水を行った。また、8月から収穫までは果実品質向上のため灌水を中止したが、葉のしおれ具合を見ながら強い水ストレスがかからないよう、5L/日・樹程度の灌水を適宜行った。根の調査を行った2003年は、夏季が多雨であったため、8月から収穫までの灌水は行わなかった。慣行区は20kg/10aとし、化成肥料(18-11-11)を春肥(3月中旬):夏肥(6月中旬):秋肥(10月下旬)=3:4:3として施用した。

(3) 根の調査方法

9月の水切り期(2003年9月2日, 4日)および秋肥施用時期(2003年10月28日, 11月6日)に、点滴孔直下(株元から約30cm)および点滴孔から50cm程度外側の地点の地表面から深さ10cm程度までの約15cm×15cmに含まれる細根(直径2mm以下)を採取した。採取した細根のうち、新鮮重3g程度をO₂アップテスター(タイ

テック 10B) を用いて根の呼吸量を測定した。測定温度は 25°C, 測定時間は 5 時間とした。また、同様に採取した細根の径別の根長, 総表面積を WinRHIZO(Regent Instruments Inc.)を用いて計測した。計測は、前述した方法により採取した細根(新鮮重 2g 程度)を水洗後, スキャンして得られたデータを用い, 9 月 5 日および 11 月 6 日に計測した値の平均とした。また, 同研究センター内傾斜ライシメーターにおけるマルドリ栽培開始 1 年目の 6 年生宮川早生を用いて, 秋肥として窒素濃度を 300ppm(基本肥培管理は 150ppm)とした液肥を与えた場合の根の呼吸量を同様に測定した。

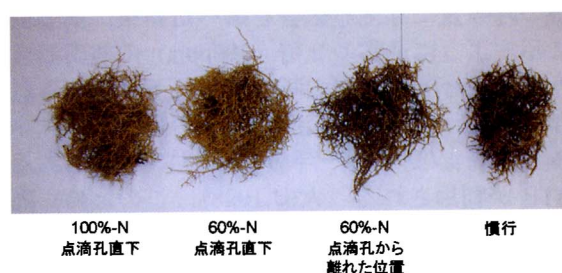
3. 結果および考察

マルドリ法におけるウンシュウミカン根への影響を解明するため, マルドリ法および慣行栽培における根形態の調査を行った結果, マルドリ法で栽培されたウンシュウミカンでは, 点滴孔下に白色の細根が密集形成していることが観察された(第 2 図, 第 3 図)。永年性作物であるウンシュウミカンにおいては, 新しい根ほど白色を呈しており, 点滴孔下においては, 新根の形成が盛んであることが推察された。また, 点滴孔下における細根の径別根長割合は, 慣行栽培樹およびマルドリ法による栽培樹の点滴孔から離れた位置の採取細根と比較してより細い細根の割合が多いことが明らかとなった(第 4 図)。これらの根形態については, 60%-N 区および 100%-N 区ともほぼ同様の結果が得られた。永年性であるバラの養液土耕栽培においても点滴孔直下において細根径が細くなる現象が観察されており(土居, 2004), 本結果はこれと一致するところである。ウンシュウミカンにおける細根の重要性は, 古賀(1972), 西田(1982), 小野ら(1986), 小野(1987)の報告の他, 多くの研究により確かめられている。このため, カンキツにおける細根量の増加策として, 深耕や有機物施用等の土壌物理性の改善が有効であるとされている(峯・小田, 1984: 岩切ら, 1988a: 岩切・小野, 1988b)。ウンシュウミカンのマルドリ栽培においては, 外見上, 土壌物理性の改善を行っているわけではないが, 養液土耕栽培の長所である少量, 多回数での灌水施肥を行うことが可能である。オレンジでは点滴灌水施肥が窒素の吸収効率を向上させることが報告されており(Quiñones et al., 2003), それを透湿性マルチ下で行うことで点滴孔下におけるウンシュウミカンの根域の環境を養水分の面で常に最適に保つことが出来ると考えられる。さらに, 限定され

た範囲内で点滴灌水施肥と根による養水分吸収を繰り返すことにより, 点滴孔下の根域における空気交換も頻繁に起こるようになり, 結果として土壌物理性の改善と最適養水分管理を両立させているものと考えられる。



第 2 図 マルドリ栽培ウンシュウミカン樹における細根の形成状況



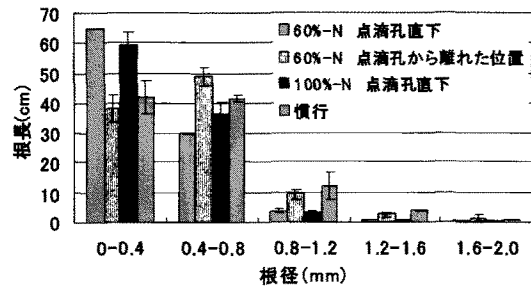
第 3 図 各地点における根の状況 (2003 年 9 月 2 日観察)

このような根域環境における根の呼吸活性は第 1 表に示したとおり, 慣行栽培の根と比較して, 9 月の水切り期, および秋肥施用時期ともに有意に高い値を示した。この理由として, 前記のように根域環境の変化の結果であるとともに, 第 2 表に示したように, 点滴孔直下の根はより細い細根となったため(第 4 図), 単位重量当たりの細根長および表面積が増加し, 養水分

吸収能力が向上したためであると考えられる。60%-N 区および 100%-N 区における点滴孔直下の根の呼吸活性が慣行栽培のものと比較して優れている結果は根の形態調査と同様の傾向であるが、根の呼吸活性はマルドリ栽培樹における点滴孔から離れた位置においても、慣行区よりも高い結果となった(第1表)。これは、点滴孔から離れた位置の根は、養水分の直接的な供給が無い場合、形態は慣行区と同様であるが、点滴孔直下の根が全根量をまかなうに十分な養水分を吸収し点滴孔から離れた根へも供給していること、透湿性マルチシート下では地温の上昇が抑制されるため夏季の高温ストレスが回避された(森永ら, 2004b)等の理由によるものと考えられる。これらの結果により、これまで報告の無かったウンシュウミカンにおける周年マルチ下での点滴灌水施肥による根への影響が明らかにされたとともに、慣行栽培と比較して根の形態や呼吸活性の面で優れていることは、ウンシュウミカンのマルドリ栽培が長期的な樹勢維持、安定的な果実生産が可能である栽培法であることを示唆する。

ウンシュウミカンにおける秋肥の施用目的は、着果負担で低下した樹勢の回復と耐寒性の向上、および翌年の春の発芽と開花の準備を行うことである。しかし地温が低下する冬季には根の養水分の吸収能が急速に低下する(高辻, 1987)。このため、収穫期が12月中旬となる晩生ウンシュウミカン等においては、収穫期前後から点滴灌水施肥を行う場合は通常より濃い濃度の液肥を短時間で施用した方が良いと考えられる。この場合の高濃度の液肥による点滴灌水施肥が根の呼吸量に与える影響を調べた結果、第3表に示すように通常の2倍(300ppm)の窒素濃度とした場合でも、根の呼吸量の低下は認められなかった。根からの硝酸態窒素の吸収にはエネルギーを必要とし、呼吸によって生成されるATPが利用される(大山, 1998)。このため、高濃度の液肥により根が障害を受け、呼吸量が低下した場合は施肥窒素の吸収が妨げられる可能性があるが、液肥中の窒素濃度を300ppmとした場合でも呼吸量の低下は認められなかったことから、窒素濃度を300ppmとした液肥を点滴灌水施肥として施用しても、細根からの窒素の吸収は低下していないものと考えられる。また、須崎ら(2001)は、早生ウンシュウの点滴灌水施肥栽培において500ppmの窒素濃度で施用しても収量、果実品質には影響がないことを報告している。これらの結果は、晩生ウンシュウミカン等の秋肥の施用に点滴灌水施肥を用いた場合

は、通常の150ppmよりも高い窒素濃度の液肥を短時間で与えることも有効であると考えられる。



第4図 各地点における根径2mm以下の細根1m当たりの根径別の根長
水切り期および秋肥施用時期に測定した平均±SD

第1表 周年マルチ点滴灌水同時施肥法がカンキツ細根呼吸活性に及ぼす影響

	細根呼吸量 (μmol O ₂ /gDW/h)	
	水切り期	秋肥施用時期
60%-N 点滴孔直下	30.7 ± 2.5 ^a	31.5 ± 4.6 ^a
60%-N 点滴孔から離れた位置	25.1 ± 4.2	26.6 ± 3.0
100%-N 点滴孔直下	28.4 ± 1.3	28.4 ± 3.4
慣行	17.3 ± 0.7	17.2 ± 4.8

^a各地点の4試料の平均±SD

第2表 各地点の細根における根長および表面積

	単位重量当たりの	
	細根長 (cm/gFW)	表面積 (cm ² /gFW)
60%-N 点滴孔直下	367 ± 11 ^a	49.2 ± 0.7 ^a
60%-N 点滴孔から離れた位置	234 ± 21	44.0 ± 2.0
100%-N 点滴孔直下	377 ± 35	56.3 ± 2.6
慣行	255 ± 27	46.9 ± 2.5

^a9月の水切り期および11月の秋肥施用時期における測定。各地点の2試料の平均±SD

第3表 液肥中の窒素濃度と細根呼吸活性

窒素濃度	細根呼吸量 (μmol O ₂ /gDW/h)
150ppm	48.4 ± 7.2 ^a
300ppm	50.9 ± 5.7

^a各処理地点4試料の平均±SD

以上の結果を併せると、マルドリ法で栽培されたミカンにおいては、慣行栽培以上に細根が発達し、根の呼吸も優れていることが明らかにされた。塩類集積も3年間のマルドリ栽培では認められないことから(森永ら, 2004b)、点滴孔から養水分の供給が無い位置にある根が枯死する等の懸念されるような根への悪影響はみられないと考えられる。しかしながら、永年性であるウンシュウミカンにおいては、根を含めた樹体、果実への影響をさらに長期にわたって調

査する必要がある。

pp139-154.

引用文献

- 土居典秀 2004. バラの養液土耕栽培システムとその生産性. 農耕と園芸 59: 54-57.
- 岩切徹, 松瀬政司, 小野忠 1988a. 果樹園における有機物施用の効果 第5報 堆肥施用ウンシュウミカン樹の根群分布. 佐賀果試研報 10:35-46.
- 岩切徹, 小野忠 1988b. 果樹園における有機物施用の効果 第7報 ミカン樹の根群形成に及ぼす有機物と磷酸資材の施用効果. 佐賀果試研報 10:59-69.
- 古賀汎 1972. 温州ミカン園における下層土の物理性に関する研究. 四国農試報 25:119-232.
- 久保田収治, 赤尾勝一郎, 福井春雄 1972. 重窒素利用による, 温州ミカンの窒素の吸収とその体内移行に関する研究. 四国農試報 25: 105-118.
- 峯浩昭, 小田真男 1984. 低位生産ミカン園土壌に対する生産力増強対策(1)-根群分布と処理の影響-. 農業および園芸 59:47-54.
- 森永邦久, 吉川弘恭, 中尾誠司, 村松昇, 長谷川美典 2004a. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の開発. 園芸学研究 3: 45-49.
- 森永邦久, 吉川弘恭, 中尾誠司, 関野幸二, 村松昇, 長谷川美典 2004b. 露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の効果. 園芸学研究 3: 33-37.
- 西田和男 1982. 温州ミカンの根群分布と土壌の化学性. 広島県果樹試研報 8:1-11.
- 小野祐幸, 岩垣功, 高原利雄 1986. カンキツの根群分布と葉の着生との関係. 果樹試報 D 8: 25-36.
- 小野祐幸 1987. カンキツの光合成に及ぼす土壌水分と細根の活性の影響. 果樹試報 D 9: 1-11.
- 大城晃, 杉山泰之, 片山晴喜, 河村精, 久田秀彦, 岡田長久 2000. ウンシュウミカンにおける冬季根中デンブリンによる樹体栄養診断の開発. 土肥誌 71: 259-262.
- 大山卓爾, 1998. 根の窒素吸収. 根の辞典編集委員会編. 根の辞典. 朝倉書店. 東京. pp337-338.
- Quiñones, A., Bañuls, J., Millo, E. P. and Legaz, F. 2003. Effect of ^{15}N application frequency on nitrogen uptake efficiency in *Citrus* trees. *J. Plant Physiol.* 160: 1429-1434.
- 須崎徳高, 鈴木賢, 市ノ木山浩道, 竹内雅己 2001. 早生温州における点滴かん水装置を利用した減肥栽培. 平成13年度関東東北陸農業研究成果情報 1. 中央農業総合研究センター. pp186-187.
- 高辻豊二 1987. 施肥と土壌管理. 農業技術体系 果樹編 1-I カンキツ. 農山漁村文化協会. 東京.