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

森永邦久*・吉川弘恭・中尾誠司**・村松 昇・長谷川美典***

近畿中国四国農業研究センター 四国研究センター 765-0053 香川県善通寺市生野町 2575

Novel System for High Quality and Stable Fruit Production of Satsuma Mandarin using a Drip Irrigation and Liquid Fertilization System with Year-round Plastic Mulching

Kunihisa Morinaga*, Hiroyasu Yoshikawa, Seiji Nakao**, Noboru Muramatsu and Yoshinori Hasegawa***

National Agricultural Research Center for Western Region, NABRO Ikano-cho 2575, Zentsuji, Kagawa 765-0053

Summary

Novel growing system using drip irrigation and liquid fertilization system combined with year-round plastic mulching was developed, expecting high quality and stable fruit production of satsuma mandarin. Extensive studies regarding the effects of introducing the system: e. g. fruit quality, nutritional efficiency to the trees, labor saving management of grower, showed that the production system was profitable for high quality and stable fruit production of satsuma mandarin. Characteristics of different drip irrigation tubes, relationship between tube setting and water efflux, and the index of watering and fertilizer management were investigated.

キーワード: 自動化, 軽労化, 高品質ミカン, マルチ, 施肥, 省力・点滴かん水

緒 言

ウンシュウミカンの生産においては、毎年安定した高品質ミカンを提供することができれば、産地としての信頼性が高まり、収益向上につながるため、農家は天候に左右されない高品質果実生産が求められている。これまでウンシュウミカンの品質向上技術としていわゆる「夏秋季マルチ栽培」が行なわれ(高辻, 1991), その糖集積機構についての検討もなされてきた(Syvertson, 1985; Yakushijiら, 1998)。しかし、この方法では、いくつかの大きな問題が顕在化している。すなわち、年によって夏季に降雨がかなり少ない場合には乾燥しすぎて樹勢が低下すること、夏のマルチ敷設は重労働であり被覆面積を拡大できないこと、降雨や土壌水分状況により被覆時期の設定が難しいこと、マルチだけでは糖とともに酸も高くなりすぎる場合があること、などである。

一方、栽培農家の高齢化、女性化が進行し、労働負担が大きく、時間のかかる管理を誰でもができる状況にはないことから、省力的な高品質果実栽培技術に対する栽培農家の要望はきわめて大きかった。

こうした問題に対応する新しい技術として、当研究センターではマルチシートの敷設や撤去作業を毎年行なわ

なくてもすむよう一年中シートを敷いたままにし、自動化システムによるかん水施肥をシートの下においた点滴かん水チューブで行うことによって、省力と高品質果実生産を実現できる「周年マルチ点滴かん水同時施肥法」を開発したので、その技術について報告する。

材料および方法

1. 周年マルチ点滴かん水同時施肥法の特徴と自動化システムの概念

本方式の概要は第1図に示したような構造のシステムである。第2図には実際の導入園の様子を示した。樹冠下に点滴かん水チューブを設置し、その上を透湿性マルチシートで周年被覆するものである。

システムとしては、園地の上部に位置する水源(池, タンクなど)から導水管を通じて園地まで水を引く。水に混入した藻やゴミを取り除くために、途中にフィルターを取り付ける。また、水圧が高すぎる場合は減圧弁を設置する。液肥混入機と液肥タンクを用いることにより、簡単に肥料濃度の調整が可能であり、液肥施用ができる。液肥混入器は水圧で作動するため無電源で利用できる。

第1図のように、かん水制御機と電磁弁を利用して自動化を行えば、かん水施肥の一層の省力・軽労化効果が期待できる。かん水制御機も電磁弁との一体型などいくつかの種類があるが、何れも簡単なプログラム設定によって、果実の生育段階によるかん水施肥量の加減や樹列に応じてかん水条件を変えたい場合でもかん水時間の設定を変

2003年4月28日 受付. 2003年10月21日 受理.

*Corresponding author. E-mail: forest@affrc.go.jp

**現在: 畜産草地研究所

***現在: 果樹研究所

第1図 周年マルチ点滴かん水同時施肥法 の概念図と自動化装置の構成

第2図 技術導入園における状況

- A: かん水施設（予備タンク、チューブ類）の設置（香川県）
 B: 導水管、液肥タンク、液肥混入器、電磁弁一体型かん水制御装置
 C: 技術導入園（愛媛県）、D: 技術導入園（香川県）

更することで、園地・樹体に適切な自動かん水や施肥が行なえる。もちろん手動操作も可能なので、樹体の状態をみながらスイッチ一つでかん水ができる。かん水制御機は年に1回の乾電池交換だけで電磁弁開閉を行うことが可能である。

2. 点滴かん水チューブの特性と敷設法ならびに透湿性マルチシートの耐久性

かん水チューブはいくつかの種類のもので市販されている。それらのチューブについて園地で実際に利用する長さである100 m程度の圧力と吐出水量の関係を調べた。用いたチューブは4種類（第1表）で、それぞれについて圧力と吐出水量の関係を調査した。調査法は平坦地において60~100 mのかん水チューブを直線状に延ばし、上流端に低水圧用として水頭端を、高水圧用としてエンジンポンプを接続して一定水圧での送水を行って、1点滴孔当たりの吐出水量を測定した。

また、園地における樹冠下への実際のチューブの敷設法について、第3図に示すような6種類の敷設の仕方における、圧力調整機能付きのチューブを用いた場合の単位

第3図 点滴かん水チューブの敷設方法

第1表 吐出水量特性に供試した点滴かん水チューブ

かん水チューブ種類	点滴孔間隔 (cm)	適合圧力 (kg)	吐出水量 (liter/hr/孔)
T社製軟質	10	0.3~1.0	0.75
N社製軟質	20	0.3~0.65	0.82
N社製硬質	30	0.3~3.0	2.0
N社製硬質圧力補正付き	30	0.5~4.0	2.3

各社のカタログ表示に基づく

時間当たりの吐出水量を算出し、比較した。チューブの各敷設法における根域への水分供給割合（水分供給域の樹冠占有面積に占める割合）は径17 mm点滴かん水チューブ（N社製、30 cm間隔の点滴孔）を用いた場合、試験園地の花崗岩土壌において1点滴孔からの水は直径約30 cmに広がることから水分供給面積は 0.071 m^2 となる。これらから試験園での平均直径約2.5 mの樹体での水分供給割合を算出した。

透湿性マルチシートの耐久性についてハードおよびソフトタイプ（D社製）の皺などからの降雨の透水性と土壌への浸潤程度を観察し、浸潤が認められた場合を耐久性の限度とした。

3. 周年マルチ点滴かん水同時施肥法による年間施肥かん水管理

本方式による栽培における年間を通じての施肥かん水基準について場内試験園ならび導入園地（香川県仁尾町など）における検討を行った。

結 果

1. 点滴かん水チューブの特性と敷設法ならびに透湿性マルチシートの耐久性

4種類のかん水チューブでN社製硬質チューブと同社製の圧力補正機能付きかん水チューブの圧力と吐出水量の関係を第4図に示した。試験に供した圧力補正機能付き

のかん水チューブは上流端圧力が約 190 KPa, 下流端では約 28 KPa の圧力が確保されればかん水チューブの延長約 100 m までは均一なかん水が可能であることが明らかであった。それ以下の圧では吐水量はチューブが長くなるほど低下した。圧力補正機能がないチューブでは吐水量は順次低下していった。

十分な圧力が確保されている場合での、圧力補正機能付きかん水チューブ (外径 17 mm, 点滴孔間隔 30 cm, かん水量 2.3 liter/hr/点滴孔) を用いた敷設の仕方による吐水量は第 2 表のとおりである。最も水量が少ないのは

片側直線型であり、1 時間当たり約 19 liter のかん水ができる。6 m の渦巻型が最も多くの水量が供給されており、46 liter のかん水が可能である。また、渦巻型以外の方式では、樹間も点滴かん水チューブが敷設されているため、樹間距離が長く、その部分に根がない場合には施用した水は利用されない。

透湿性マルチシートを周年利用した場合、紫外線や風雨による劣化が進み、ハードタイプでは 3 年経過するとシートの皺などにより降雨の浸透が認められ遮断性が低下した。また、ソフトタイプでは約 2 年程度であった。

第 2 表 点滴かん水チューブ^zの敷設法と吐水量

敷設法	1 樹当りチューブ ^z の長さ (m)	平均孔数	吐水量 ^y (liter/hr)	10 liter かん水所要時間 (min/樹)
片側直線型	2.5	8.3	19.1	31.4
片側蛇行型	2.8	9.2	21.2	28.3
往復直線型	4.8	16.0	36.8	16.3
往復蛇行型	5.6	18.7	43.1	14.0
ら旋型	5.8	19.3	44.4	13.4
渦巻型	6.0	20.0	46.0	13.0

z: 外径 17mm, 点滴孔間隔 30cm, 吐水量 2.3 liter/hr/点滴孔

y: 上流端圧 195MPa, 下流端圧 0.3MPa 以上, 樹冠直径 2.5m とした場合の樹冠下のみの水量

N 社製圧力補正機構付き硬質点滴チューブ (点滴孔間隔 30cm)

○ 上、下端水圧 8.83、0kPa
 △ 上、下端水圧 48.84、1.47kPa
 □ 上、下端水圧 118.17、9.37kPa
 ◇ 上、下端水圧 248.44、61.95kPa
 ● 上、下端水圧 28.44、0kPa
 ▲ 上、下端水圧 68.16、2.45kPa
 ■ 上、下端水圧 191.23、27.95kPa
 ◆ 上、下端水圧 274.59、94.14kPa

N 社製硬質点滴チューブ (点滴孔間隔 30cm)

○ 上、下端水圧 38.25、13.24kPa
 ● 上、下端水圧 75.18、38.98kPa
 △ 上、下端水圧 156.09、86.54kPa
 ▲ 上、下端水圧 250.89、165.08kPa

第 4 図 点滴かん水チューブの水圧と吐水量の関係

第 3 表 周年マルチ点滴かん水同時施肥法による基本栽培管理法 (極早生ウンシュウ)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
かん水時期 (旬)	上中下	中	上中下	上中			下	下	上			上中下
回数	3	2	9	6			2	2	2			6
量 (liter)/樹/回	30	15	30	30			30	30	60			30
月間水量 (liter)	90	30	270	180			60	60	120			180
かん水同時施肥時期 (旬)				中下	上中下	上中下	上中			上中下	上中下	
回数				6	19	30	20			12	13	
量 (liter)/樹/回				30	15	15	15			15	15	
月間水量 (liter)				180	285	450	300			180	195	
(窒素 g)				(27.0)	(43.5)	(67.5)	(45.0)			(27.0)	(28.5)	

◎ 栽植密度 65 本植/10a での基準を示す。液肥濃度 150ppmN で約 240g/樹/年, 水量約 2600liter/樹/年, 終室素量 15.5kgN/10a/年。総水量約 170 t/10a/年

◎ 5 月中旬までは週 3 回程度, 5 月下旬から 7 月中旬までは毎日, 10 月上旬から 11 月末までは週 3 回のかん水施肥

◎ 8 月下旬から減酸かん水, 量は年次の天候による。8 月は極度乾燥させるが, 樹体状況に応じ樹勢維持かん水を行う

2. 周年マルチ点滴かん水同時施肥法による年間かん水施肥管理

極早生ウンシュウのかん水管理における年間のかん水施肥の基準を第3表のように策定した。かん水については秋冬季の樹勢回復と夏季の水分制御と過乾燥防止を主眼に考え、また施肥に関しては、樹勢回復と貯蔵養分向上を目的とした収穫直前からの施肥、ならびに春～初夏にかけての新しょう充実と着果および肥大確保のための施肥を主体として設定した。年間のかん水量は10a当たり約170tで、液肥による施肥量は窒素で約15kgである。

考 察

カンキツ栽培では、省力的な高品質生産技術の開発が求められてきた。著者らはこうした技術開発のニーズに応えるべく、これまで数年間にわたって、ウンシュウミカンについての技術の開発と実証を進めてきた。その結果、このシステムの樹体や土壌への長期的な影響の解明等がまだ残されているものの、新しい技術として「周年マルチ点滴かん水同時施肥法」を開発し、これに関連する諸試験を行ってきた(吉川ら, 2000; 中尾ら, 2001; 吉川ら, 2001; 吉川ら, 2001; 森永ら, 2002)。

点滴かん水では、いつでもかん水できる条件であるため、長雨や干ばつという年による気象の変化を気にかける必要もなく、精神的安心感も大きい。ただし、周年被覆を行うため、過剰な乾燥によって樹勢が低下しないよう留意する必要がある。また、特に傾斜地では災害防止のため、雨の多い時期には表面流去水の充分な排水対策が前提の技術である。

本方法では、①基本的に一年中マルチをする、②点滴かん水チューブを利用してかん水施肥を行う、③液肥を用いて、かん水施肥は自動化管理する、という3つが大きな特徴といえる。

周年マルチによって一回当りのマルチ作業が省力化され、時期的にも大変な炎天下でのマルチ敷設や収穫期の多忙時の撤去が不要になる。マルチ資材(ハードタイプ)の耐用年数は周年マルチした場合は3年と考えられた。点滴かん水は時間をかけてゆっくりかん水する方法で、水が深くまで浸透し、少ない水量で効率よくかん水を行うことができ、これまで世界の乾燥地帯で行われているかん水方法であり(Fishelson・Rymon, 1989; Sepaskhah・Kashefipour, 1995)、わが国でもメロンなどで試みられている(福元ら, 2001)。液肥栽培(養液土耕)も大きな特徴であり、カンキツでの栽培はこれまでに試みられなかったが、野菜類では利用されている技術である(荒木ら, 2001; 川嶋ら, 2001)。しかし、4年間行なった本試験においてウンシュウミカンの樹勢の低下などは認められず、液肥栽培が可能であることが明らかにされた。液肥であれば周年マルチ条件でも点滴チューブを用いて施用できるメリットがある。かん水施肥にあたってはカンキツ園

内のかん水施肥量が不均一にならないようにすることが重要で、本試験の結果からも、圧力補正機構付の点滴孔を持つかん水チューブの利用が望ましいといえる。このかん水チューブは、一定水圧以上であればチューブのどの孔からも一定量のかん水ができ、園内かん水の不均一を解消できる。また、水の流入口と末端で高低差があって水圧差が生じるような傾斜地においても利用が可能である。

現在、主に利用している圧力補正機構付きチューブ(外径17mm, 点滴孔間隔30cm, かん水量2.3liter/hr/点滴孔)を例にとると、園地から20m程度高い位置から取水すれば、100mまで延長することが可能であることが明らかであった(第4図)。点滴かん水は、夏季には乾燥が続く水の確保が困難な場合もあるわが国のカンキツ地帯での節水かん水法として利用性が高い。たとえば、スプリングラーかん水では夏季に一回10mm/10aのかん水を行なうとすると、約10tの水量が必要であるが、点滴かん水では一回当りの平均水量は25liter/樹であり、10a当りでは1.6tと、かなりの節水が可能となる。

かん水チューブの敷設と根域管理領域に関しては、樹冠下の根域の広がりに応じた敷き方が必要である。渦巻状の設置方法は設置時間はかかるが、樹間部分への無駄なかん水、施肥もなく、供給される水量や施肥量の計算が容易である上、根域の多くに水と肥料を供給することができる。特に果実生産と樹冠拡大の両方を必要とする若木樹ではかん水施肥できる根域がある程度の広域に達しないと、数年を経るうちに樹冠の拡大が鈍化し樹勢も弱る恐れもある。渦巻型ではチューブ長と根域の大きさにもよるが、根域へのかん水・施肥供給面積割合が増大するため、渦巻型敷設にするとその心配も少ない(第3図, 第2表)。

現在、最も耐久性のあるマルチシート(ハードタイプ)でも耐用年数は約3年であることから、園地で3年に1回のローテーションを組んでシートの張り替えを行ってあげれば、マルチ被覆面積を3倍に増やせることになる。さらに、マルチの張り替え時期に、一度降雨に十分にあてるとともに堆肥などの有機物や客土、土壌改良資材の施用を行うと樹勢の低下は抑制できると考えられる。マルチ栽培では園地条件によって地下水や雨水の流入も考えられ、周年マルチを行なう場合は全面マルチを行なう方が効果が高い。しかし、コストや園地によっては樹列間(作業道)には敷設せず、溝を設置するなどして、水の流入を極力防ぐ対策を講じる必要がある。

果実生育期間中に生育ステージに応じてどのくらいのかん水、施肥を行なったらよいのかについて、第3表に示したように、基本的なかん水施肥管理基準を作成した。この基準では年間10a当たり窒素量は約15kg, 必要水量は約170tである。収穫期前からの樹勢回復を目的とした施肥管理法としては、年間窒素の約25%を施用している。

このようなかん水施肥基準については、さらに品種や土壌条件に応じた検討を進めていく必要があるが、これまでの栽培試験から表に示した量を基準に園地や樹体条件に応じてかん水することで対応できると考えられる。

施肥管理では、低濃度液肥を多回数施用することが基本といえる。高濃度の肥料は、利用効率が落ちるばかりでなく、根に障害をもたらす危険がある。施用した窒素は降雨による溶脱や雑草による収奪がほとんどないため、窒素成分で慣行量のおよそ 60% 程度で可能と考えられるが、この点については現在 10 年単位での肥料試験を継続しているところである。慣行窒素量と比べて施肥量を減らすことができればカンキツ園における環境負荷の低減の可能性も高い。

与える肥料成分についても、窒素、リン酸、カリの 3 要素や窒素だけの施用もできる一方、微量要素も含めて施用するなど、果実の生育時期や樹体の必要度に応じて変更が可能であり、しかもこれらの養分を葉面散布する場合と比べると、液肥によって根から直接供給することで吸収効率や施用効果、施肥作業の省力性は向上すると考えられる。

マルチ栽培では収穫後の樹勢回復が重要であるが、収穫作業と重なって、管理は不足になりがちである。特に、秋肥は、地温のまだ高い時期に少しずつ施用する必要がある。また、樹勢回復にはかん水だけでなく通常より薄目の液肥を施用するのが良い。このように、収穫や調整で多忙な時に適期にかん水施肥を行う必要のあるときや少量多回数のかん水施肥を行う場合には、自動化した点滴かん水装置は効果を発揮できる。

この技術は現在、ウンシュウミカンだけでなく中晩生カンキツへの応用も試みられるなど、カンキツ産地への導入、普及が少しずつではあるが広がっている。また、今後の発展方向として、樹体ごとの栄養診断を基に、樹別の適正な養水管理を行えるような精密農法への展開も考えられる。

摘 要

ウンシュウミカンの省力的な高品質果実生産技術の開発を目的として、新たな栽培法である周年マルチ点滴かん水同時施肥法を開発した。この方式では、カンキツ樹の樹冠下に透湿性マルチシートを敷き、そのシートの下に点滴かん水チューブを敷設する。このチューブを通して、水と液体肥料を自動的に供給し、樹体の水分および栄養状態を制御するシステムである。本報告ではこのシステムに用いるかん水チューブにおける圧力と水量の関連、チューブの敷設方法、透湿性マルチの耐久性などの特徴を明らかにし、本方式を極早生ウンシュウに導入利

用する場合のかん水施肥基準管理法などを策定した。

引用文献

- 荒木陽一・高市益行・中島規子. 2001. 養液土耕栽培が促成トマトの生育, 収量ならびに品質に及ぼす影響. 園学雑. 70(別 2): 160.
- Fishelson, G. and D. Rymon. 1989. Adoption of Agricultural innovations: The case of drip irrigation of cotton in Israel. *Technological Forecasting and Social Change*. 35: 375–382.
- 福元康文・西村安代・島崎一彦. 2001. メロンの点滴灌水栽培における養液濃度と灌水量に関する研究. 園学雑. 70(別 1): 116.
- 川嶋和子・後藤ひさめ・榊原正典・菅原眞治. 2001. 温室メロン養液土耕栽培における高品質生産のためのかん水法の検討. 園学雑. 70(別 1): 266.
- 森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・村松 昇. 2002. 温州ミカンにおける周年マルチ点滴灌同時施肥法による灌水施肥管理基準と課題. 園学雑. 71(別 2): 105.
- 中尾誠司・吉川弘恭・森永邦久. 2001. 傾斜地カンキツ園における点滴灌水システムの利用-圧力補正型点滴灌水チューブの吐出量特性. 56回農土学会中四支部要旨. 147–149.
- Syverson, J. P. 1985. Integration of water stress in fruit trees. *HortScience*. 20: 1039–1043.
- Sepaskhar, A. R. and S. M. Kashefipour. 1995. Evapotranspiration and crop coefficient of water lime under drip irrigation. *Agriculture Water Management*. 27: 331–340.
- 高辻豊二. 1991. 温州ミカンの水分制御による糖度向上技術. 農業技術. 46: 398–402.
- Yakushiji, H., K. Morinaga and H. Nonami. 1998. Sugar accumulation and partitioning in satsuma mandarin tree tissues and fruit in responses to drought stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 719–726.
- 吉川(山西)弘恭・中尾誠司・長谷川美典. 2000. 露地栽培温州ミカンの周年マルチによる高品質果実生産. 園学雑. 69(別 2): 279.
- 吉川(山西)弘恭・中尾誠司・長谷川美典・森永邦久. 2001. 夏季の少雨が周年マルチ点滴灌水施肥法で栽培した温州ミカンの品質に及ぼす影響. 園学雑. 70(別 2): 241.
- 吉川(山西)弘恭・中尾誠司・長谷川美典. 2001. 露地温州ミカンの周年マルチ点滴灌水同時施肥法による高品質果実栽培. 農及園. 76: 685–692.