

部分的なシートマルチが早生系温州ミカンの果実品質および 収量に及ぼす影響

井上久雄・藤井栄一*・西山富久**

Effects of partial sheet mulching on fruit quality and yield of early maturing satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) trees

Hisao Inoue, Eiichi Fujii and Tomihisa Nishiyama

Summary

Effects of partial sheet mulching (PSM) on fruit quality and yield were investigated in early maturing satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) trees grown on deep granite soils. Effects of different sheet covering area, duration and direction to contour line were determined.

1. With 'Ichifumi-wase' trees, leaf water potential (LWP) was held at approximately -0.7 MPa throughout the experiment in 90% and 70% PSM, while lower LWP was noted in 100% PSM. The sheet mulching significantly increased juice soluble solids content (SSC) compared with non-treated control. The highest SSC was observed in 100% PSM. Development of rind color was promoted by the treatment except 70% PSM. Greater juice titratable acidity was noticed only in 100% PSM than control. These results indicate that partial sheet mulching should be 80-90 % for high quality fruit production in deep granite soils.

2. With 'Nichinan-ichigo' trees, 90% PSM in which covering was started from early season (May and June) produced fruit with average SSC greater than 12° having higher a* value rind color.

3. Regarding the effect of sheet covering direction to contour line, with 'Miyagawa-wase' trees, SSC showed 1.7° and 0.9° greater than control at right angle to contour line and at parallel with contour line, respectively. Juice sugar content showed similar trends. There was no significant difference in juice titratable acid content between treatment and control. The rind coloration was promoted by PSM treatment. No or little differences were in fruit sizes, weight or yield among treatments. The PSM treatment tended to increase starch content of roots, branches and leaves in the winter, which seemed to increase the number of flowers and new shoots in the following season.

4. As a result, 90% PSM from early season (May and June) is effective to produce high quality fruit in early maturing satsuma mandarin trees without reducing number of flowers caused by drought stress.

Key Words : flowering, leaf water potential, partial mulching, rind color, starch content

*現在：中予地方局産業振興課、**現在：退職

I 緒言

愛媛県や和歌山県などの温州ミカン産地では、傾斜 15 度以上の急傾斜園の割合が 50% 以上を占めている（農林水産省果樹花き課、1997）。傾斜度の大きい園では、総じて排水がよく日照が多いことから、食味のよいカンキツ果実が生産される。しかし、夏秋季に多雨・曇天が続く場合には、糖度が上がりにくく着色が劣るなど、品質の低下が問題となり、特に極早生を含む早生系温州でその傾向が顕著である。

1996 年に、カンキツ産地へ非破壊内部品質選果機（以下光センサー選果機）の導入が始まり、2001 年には温州ミカン全出荷量の 24.1%、2006 年には 69.0% が光センサー選果機で選別されている（農林水産省青果物集出荷機構、2006）。光センサー選果機が導入される前は、果実の外観を重視して取引されてきたが、導入後は明確な品質区分がなされて出荷されるようになったことから、糖度が高く適度な酸を含む果実が高く評価されるようになり、生産現場では高品質果生産に対する意識が高まってきた（宮本、2001、2003）。

温州ミカン果実の品質を向上させるには、土壤の乾燥が有効であることが知られている（葦沢、1971；鈴木ら、1969；富田、1972）。このため、土壤への雨水の流入を防ぎ糖度を高めるために、ポリフィルム（山口、1971）や透湿性シート（長谷部ら、1992；桑原ら、1997；松本ら、1991；森ら、1995；中里・岸野、1999）を用いたシートマルチ栽培に関する多くの研究が行われてきた。シートマルチ栽培には、園地全面を被覆する全面マルチおよび園地の一部、主として樹冠下を被覆する部分的なマルチ（以下部分マルチ）がある。全面マルチ栽培は、糖度は高くなるものの傾斜園では雨水の処理が難しい。また、夏秋季が極端な寡

雨になると過度の乾燥ストレスにより 2S サイズ以下の小玉の割合が増加し、クエン酸含量が高くなり、収量や樹勢の低下が懸念される。そのため、全面マルチ栽培では、土壤の乾燥に対応して灌水を行う必要があり、灌漑施設を整備し、高度な水管理手法を必要とする。一方、部分マルチでは、糖度は全面マルチほど高くないが、クエン酸含量も高くなりにくいという特徴をもっている（桑原ら、1997；森ら、1995）。また、シートが被覆されていない地表面から雨水が土壤に浸透するため水を効率的に利用できると考えられ、水管理の簡便化が期待される。しかし、夏秋季が多雨の場合には、樹冠下の部分マルチでは糖度上昇効果が十分認められなかったとの報告もある（森ら、1995）。また、乾燥状態におかれた樹において、約 10% の根が吸水すると、葉内水ポテンシャル（以下 LWP）が一定レベル以下に下がりにくくなることが報告されている（間苧谷ら、1976）。

カラタチ台温州ミカン成木の根は、主幹から水平方向に 3 m 以内に約 98% が分布しており（木村、1941；奥地ら、1962）、主幹から垂直方向に 30~60cm の位置で細根の密度が最も高いと報告されている（小野ら、1986）。従って、樹冠外周から離れた部分にもある程度の根が存在するため、樹冠下だけの部分マルチでは品質向上効果は不十分と考えられるが、地表面に対する被覆割合を高くした場合の果実品質や乾燥ストレスに及ぼす影響については明らかにされていない。また、部分マルチの被覆時期に関する研究は、‘興津早生’を用いて 7 月から行った報告（桑原ら、1997）があるものの、開花直後の果実発育初期から被覆した場合の影響については明らかでない。さらに、部分マルチではシートの被覆方向を等高線に対し平行および直角にした場合の、果実品質や収量に及ぼす影響についての

報告はなく、翌年の着花や樹勢などに及ぼす影響についても明らかでない。

そこで、本報では、耕土が深く、乾燥ストレスが付与されにくい花崗岩を母材とする中粗粒褐色森林土で栽培された極早生および早生温州を供試し、樹勢および収量の低下、高酸化や小玉の増加を招くことなく糖度を高めるため、まず部分マルチの被覆割合と LWP、果実品質の関係を明らかにした。また、被覆時期と果実品質について調査し、さらに、部分マルチの被覆方向が LWP、果実品質、収量、貯蔵炭水化物、翌年の着花などに及ぼす影響について検討した。

II 材料及び方法

1 部分マルチの被覆割合

1) 処理 1 年目 (実験 1-1、2000 年)

シートマルチの被覆、樹体管理の方法

愛媛県果樹研究センター (旧愛媛県立果樹試験場) 内の花崗岩を母材とする中粗粒褐色森林土で、傾斜約 15 度の階段園 (植栽した面は平坦) に 3 × 3 m で植栽された 16 年生極早生温州 ‘市文早生’ 16 樹を供試した。樹冠径

および樹高の平均値は、それぞれ 1.8 m および 1.5 m であった。2000 年の発芽期は 4 月 15 日、開花盛期は 5 月 21 日であった。処理区として、テラス地表面の 70%、90% および 100% を被覆したシートマルチ区、および無被覆区を設け、2000 年 6 月 16 日に透湿性シート (タイベック、ハード、幅 2 m、デュポン (株)) を敷設し、10 月 17 日まで被覆を続けた。1 区 1 樹 4 反復とし、70% 被覆および 90% 被覆区は、樹冠外から樹冠下にかけて地表面をシートで覆い、株元付近をそれぞれ 30% および 10% 開放した (図 1 A)。

7 月上旬中に無降雨が続いたため、7 月 15 日および 21 日にスプリンクラーにより各 10 mm の灌水を行った。100% 被覆区は、8 月 17 日にホースを用いて 1 樹当たり 80 L の灌水を行い、その後 8 月 23 日、8 月 29 日および 9 月 7 日に 50 L ずつ灌水を行った。また、シートマルチ後晴天が続いたため 70% および 90% 被覆区についても、8 月 29 日および 9 月 7 日に、シート解放部にそれぞれ 50 L ホース灌水を行った。なお、剪定、摘果、施肥などの管理は、M 級サイズ中心の果実生産を目標に、いずれの区もほぼ同じように実施した。

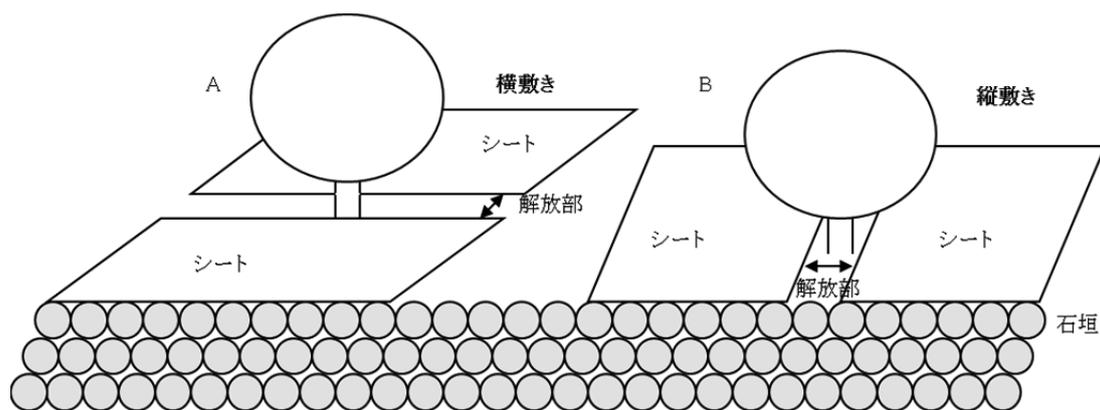


図 1 部分マルチの被覆割合、被覆方向の模式図

注) 被覆割合 (実験 1) は、シートを等高線に対して平行 (横敷き : A) とし、解放部面積の違いから被覆率 70%、90% および 100% とした。植栽面はほぼ水平。

被覆時期 (実験 2) は、シートを等高線に対して平行 (横敷き : A) とし被覆率 90% とした。植栽面はほぼ水平

被覆方向 (実験 3) は、シートを等高線に対して平行 (横敷き : A)、等高線に対して直角 (縦敷き : B) とした。被覆率は 90%、植栽面は谷側に緩やかに傾斜

葉内水ポテンシャルの測定

梅雨明け後、経時的に、各樹から春葉2枚を採取してLWP (ϕ_{max}) を夜明け前に測定し、LWPで概ね-1.0 MPaを基準に灌水を行った。

LWPの測定は、プレッシャーチャンバー

(DIK-7000、大起理化工業(株))を用い、7月29日、8月16日、8月24日、8月28日、9月6日、9月18日および10月7日に行った。

果実品質の調査

果皮色、果汁の糖度、クエン酸含量、収量などを調査した。経時的な糖度、クエン酸含量の調査には、各樹から5果を採取して行い、収穫時の品質調査には、各樹の樹冠外周部から10果を採取した。果皮色は、果頂部の2か所を色彩色差計(CR-300、コニカミノルタ(株))により測定した。果汁の糖度は、デジタル屈折計(PR-1、(株)アタゴ)で測定し、クエン酸含量は0.1N NaOH中和滴定により算出した。10月17日にすべての果実を収穫し、収量、着色程度別割合、階級割合を調査した。収量は、樹容積当たりの収量として表した。樹容積は、長径×短径×樹高×0.7により求めた(農水省果樹試興津、1987)。果実の着色程度別割合は、9分着色以上、8～6分着色、5分着色以下に分けて調査した。階級割合は、2L(横径7.3cm)、L(7.29～6.7cm)、M(6.69～6.1cm)、S(6.09～5.5cm)に分けて調査した。

2) 処理2年目(実験1-2、2001年)

2001年も同じ樹について同様の処理を行った。前年使用し屋内に収納していたシートを6月15日に敷設し、10月17日まで被覆を続けた。10月16日に収穫し、2000年と同様の調査を行った。2001年の発芽期は4月9日、開花盛期は5月15日であった。なお、2001年は夏秋季に適度の降雨があったため、灌水

は行わなかった。

2 部分マルチの被覆時期(実験2、2000年)

実験1と同様の階段園に植栽された11年生‘日南1号’20樹を供試した。樹冠径および樹高の平均値は、それぞれ2.0mおよび1.9mであった。透湿性シート(タイベック、ソフト、幅2m、デュポン(株))を用い、5月被覆区(5月22日)、6月被覆区(6月26日)、7月被覆区(7月25日)、8月被覆区(8月22日)および無被覆区を1区1樹4反復で設定した。透湿性シートは、樹冠外から樹冠下にかけて地表面の90%を被覆し、株元を10%(約20cm)開放した。7月上中旬に無降雨が続いたため、実験1と同じように、7月15日および21日にスプリンクラーにより各10mmの灌水を行った。また、シート被覆期間中、列方向に設置された点滴灌水チューブ(ラム17D、ネタフィルム(株))を用い、7月25日に各樹50Lの灌水を行った。果実品質、収量などを実験1と同じように調査した。収穫は、10月20日に行い、着色程度別割合、階級割合、樹容積当たりの収量を調査した。また、各区1樹について、携帯型非破壊内部品質測定装置(FT-20、(株)果実非破壊品質研究所)を用い、全果実の糖度を測定した。作成された検量式による糖度の実測値と予測値の相関係数は0.87、予測誤差は0.63であった(n=50)。

3 部分マルチの被覆方向(実験3、2000年)

シートマルチの被覆、樹体管理の方法

実験1および2とほぼ同様の階段園に4m間隔で植栽された23年生‘宮川早生’を供試した。樹冠径および樹高の平均値は、それぞれ2.5mおよび2.0mであった。2000年8月17日に実験2と同じ透湿性シートを用い、等高線に対して平行(横敷き区)、等高線に対して直角(縦敷き区)および無被覆区を1区1樹3反復で設定した。被覆方法は、樹冠外か

ら樹冠下にかけてテラス地表面の 90%をシートで被覆し、残りの株元部分は開放し、無被覆とした(図1)。なお、本ほ場の植栽面は谷側に緩やかに傾斜しており、横敷き区では山側のシート上に降った雨水は株元の解放部に流入した。

果実品質の調査方法

LWP、果実品質、収量などを実験1と同じように調査した。LWPは、9月21日、10月7日、10月27日および11月6日に測定した。通常収穫期に当たる11月6日に果肉の糖含量を測定するとともに、各区1樹について、実験2と同じように携帯型非破壊内部品質測定装置を用い、全果実の糖度を測定した。作成された検量式による糖度の実測値と予測値の相関係数は0.88、予測誤差は0.63であった(n=50)。

果肉の糖含量の測定

可溶性糖は、果肉5gから80%エタノールにより、80℃湯浴中で3回抽出した。上清を回収し定容した後、減圧濃縮しエタノールを除去した後水酸化バリウム、硫酸亜鉛(最終濃度1.5mM)を加えてタンパク質を除去した。次に、抽出した試料を適宜希釈した後、0.2μmメンブレンフィルターでろ過後、移動層溶液(アセトニトリル:水=3:1)、アミノカラム(AsahipakNH₂P-50E、昭和電工(株))および示差屈折検出器を装着した高速液体クロマトグラフ(L-7100システム、(株)日立製作所)を用い、果糖、ブドウ糖およびショ糖を定量した。

樹体デンプン含量と翌年の着花調査

2000年12月12日に、春梢10本と根を採取し、葉、枝および根のデンプン含量を測定した。春梢は樹冠外周部からほぼ同じ長さのものを採取し、根は樹冠外周部直下2か所から直径約5mmの小根を堀上げた。2001年5月16日に、枝先20cm調査法(農水省果樹試興津、1987)により、各樹30枝について直花数、

有葉花数および新葉数を調査し、1枝当たりの着花数および新葉数として示した。

採取した春梢および根は、洗浄後、90℃で1時間乾燥させ、その後70℃で5日間乾燥し、振動ミル(T-10、川崎重工業(株))で微粉碎し試料とした。試料に80%エタノールを加え、80℃湯浴中で3回抽出して可溶性糖を除き、アルコール不溶性画分を得た。次に、Yanoら(2002)の方法に準じて、アルコール不溶性画分からジメチルスルホキシド下で超音波(US-2、超音波洗浄器、(株)井内盛栄堂)により3回抽出を繰り返した。抽出液を適宜希釈し、グルコアミラーゼ(生化学工業(株))によりグルコースまで完全分解した後、グルコース測定キット(グルコースBテストワコー、和光純薬工業(株))を用いてグルコース濃度を定量し、既知濃度のデンプン標準液(Soluble starch、(株)Difco)から得られたグルコース濃度検量線によりデンプン濃度を換算した。

III 結 果

1 部分マルチの被覆割合(実験1)

1) 処理1年目(実験1-1、2000年)

シート被覆期間中の降水量および降雨日数を図2に示した。2000年7月上中旬は無降雨であったが、7月下旬から8月中旬にかけては適度な降雨があり、8月下旬は晴天乾燥が続いた。9月以降収穫までは、比較的降雨が多かった。

LWPは、調査期間を通して100%被覆区で最も低く、8月16日~9月6日にかけて-1.0MPa付近で推移した。100%被覆区では、9月18日以降のLWPは、9月8日~16日にかけての連続した降雨により-0.6MPaまで上昇し、10月7日では-0.7MPaと他区に比べ有意に低くなった(図2)。90%被覆および70%被覆区では、8月16日、8月24日、8月28

日および9月6日でLWPが無被覆区に比べ明らかに低かった。しかし、両被覆区のLWPは、100%被覆区に比べ高い傾向であった。また、90%被覆および70%被覆区の間には有意な差は認められなかった。

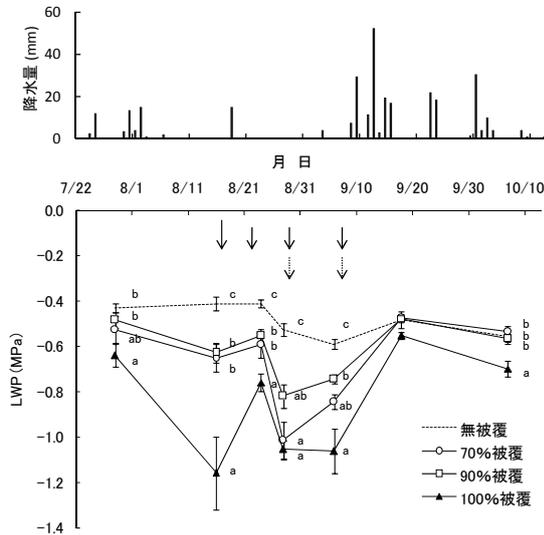


図2 被覆割合の異なる部分マルチが‘市文早生’のLWPに及ぼす影響(実験1-1、2000年)

注) 垂線は標準誤差を示す(n=4)

異なる文字間には Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

6月16日シート被覆

↓ 100%被覆区の灌水

↓ 70%および90%被覆区の灌水

降水量は松山地方気象台データ

果汁の糖度は、8月16日で100%被覆区が無被覆区に比べ約2°高く、その後も一貫して高く推移し、10月17日では無被覆区が9.5°であったのに対し13.2°に達した(図3A)。一方、90%被覆および70%被覆区では、8月16日で無被覆区に比べ1°高く、10月17日では11.4および11.1°に達した。クエン酸含量は、100%被覆区で最終調査まで有意に高かったが、70%被覆および90%被覆区は無被覆区と大差ないレベルまで低下した(図3B)。このため、10月17日の糖酸比は、90%被覆および100%被覆区で無被覆区に比べ顕

著に高くなった(表1)。一方、70%被覆区は無被覆区と明らかな差はなかった。果皮のa*値は、シートの被覆割合が大きいほど高く、9分以上の着色果の割合が100%被覆および90%被覆区では顕著に増加した。しかし、70%被覆と無被覆区の間には明らかな差は見られなかった。樹容積当たりの収量は、処理間に有意差は見られないものの、無被覆区に比べて100%被覆区でやや少ない傾向であった。階級割合については、処理間に有意な差はな

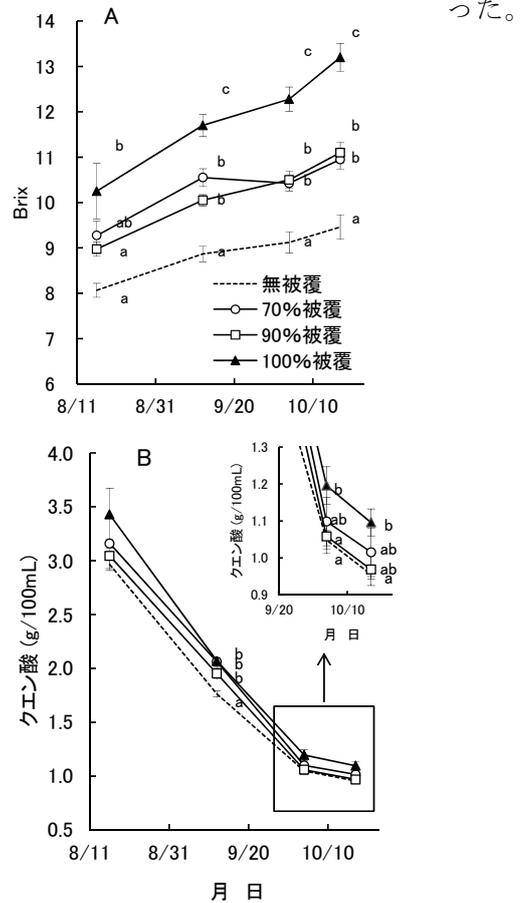


図3 被覆割合の異なる部分マルチが‘市文早生’の糖度(A)、クエン酸含量(B)に及ぼす影響(実験1-1、2000年)

注) 垂線は標準誤差を示す(n=4)

異なる文字間には Tukey の多重検定により 1%水準(A)、5%水準(B)で有意差あり
透湿性シート6月16日被覆

表 1 被覆割合の異なる部分マルチが‘市文早生’の収量、果実品質に及ぼす影響(実験 1-1、2000 年)

試験区	糖酸比	果皮色 a*	着色程度別割合 (%)			樹容積当たり の収量 (kg/m ³)	階級割合 (%)			
			9分以上	8~6分	5分以下		2L	L	M	S
70%被覆	11.0 a ^z	15.8 b	7.7 a	58.2	34.2 b	7.8	1.9	14.2	35.8	48.1
90%被覆	11.9 b	18.8 c	24.9 b	55.0	20.1 ab	8.2	2.6	9.2	34.8	66.9
100%被覆	11.7 b	19.9 c	54.7 c	39.1	6.2 a	7.2	0.8	8.1	28.6	62.4
無被覆	10.1 a	11.1 a	4.5 a	51.5	43.9 b	8.1	3.1	12.9	32.9	51.1

注)6月16日透湿性シート被覆
10月17日収穫

^z 異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

表 2 被覆割合の異なる部分マルチが‘市文早生’翌年の収量、果実品質に及ぼす影響(実験 1-2、2001 年)

試験区	1果重 (g)	Brix	クエン酸 (g/100mL)	糖酸比	果皮色 a*	着色程度別割合 (%)			樹容積当たり の収量 (kg/m ³)	階級割合 (%)			
						9分以上	8~6分	5分以下		2L	L	M	S
70%被覆	113	10.2ab ^z	0.88ab	11.6ab	8.9 a	4.6 a	50.7	44.7 b	8.7	20.2	26.8	36.2	16.8
90%被覆	112	10.9 b	0.90 b	12.1 b	14.3 b	27.2 b	64.2	8.6 a	11.0	8.8	19.7	30.5	41.0
100%被覆	113	11.4 b	0.94 b	12.1 b	18.8 c	30.1 b	60.5	9.4 a	10.9	13.8	17.7	31.6	36.9
無被覆	114	8.9 a	0.79 a	11.3 a	9.4 a	1.3 a	56.7	41.9 b	9.1	15.1	22.2	35.4	27.3

注)6月18日透湿性シート被覆
10月16日収穫

^z 異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

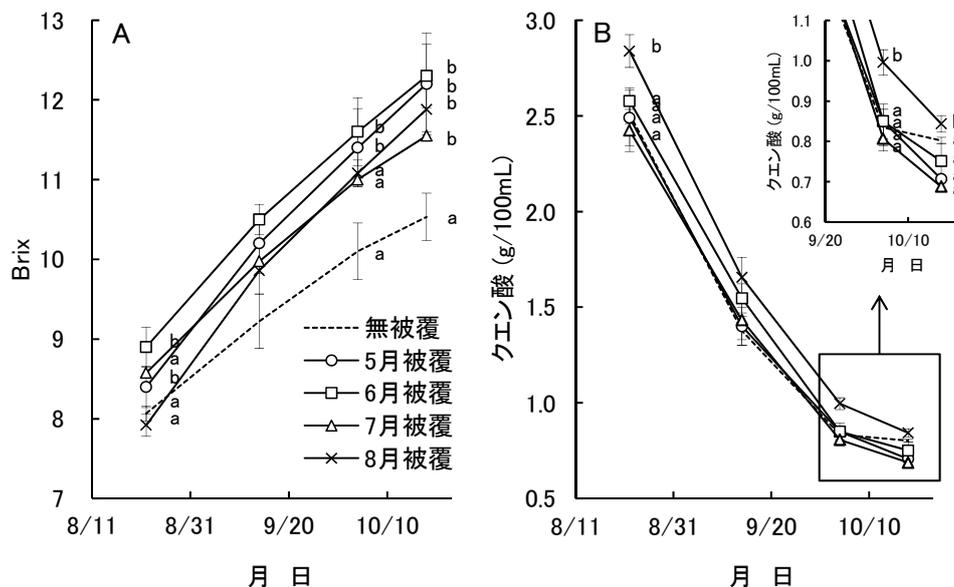


図 4 被覆時期の異なる部分マルチが‘日南 1 号’の糖度(A)、クエン酸含量(B)に及ぼす影響(実験 2、2000 年)

注)垂線は標準誤差を示す(n=4)

異なる文字間には Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

2) 処理2年目(実験1-2、2001年)

収穫時(10月17日)の糖度は、100%被覆、90%被覆、70%被覆および無被覆区の順に高くなり、クエン酸含量も同じ傾向で高くなった(表2)。糖酸比は、実験1-1と同様に、90%被覆および100%被覆区が無被覆区に比べ有意に高くなった。果皮のa*値および着色程度別割合は、100%被覆および90%被覆区で有意に高く、70%被覆と無被覆区の間に明らか

な差は見られなかった。樹容積当たりの収量は、処理間に明らかな差は見られなかった。2か年累計収量については、有意差はなかったが、無被覆区に比べ100%被覆区でやや少ない傾向であった(データ略)。階級割合についても処理間に有意差はなかったが、100%被覆および90%被覆区でS級果の割合がやや多い傾向であった。

表3 被覆時期の異なる部分マルチが‘日南1号’の糖度の分布、着色、収量、階級割合に及ぼす影響(実験2、2000年)

試験区	糖度12°以上の割合 ² (%)	果皮色a*	着色程度別割合(%)			1果重(g)	樹容積当たりの収量(kg/m ³)	階級割合(%)				
			9分以上	8~6分	5分以下			2L	L	M	S	2S
5月被覆	80.8	23.6 b ^y	61.9 b	30.6 a	7.4 a	109 b	4.6	1.4	12.6	38.1	40.8	7.0
6月被覆	81.2	22.6 b	59.9 b	34.4 a	5.7a	104ab	3.8	2.8	12.3	40.3	39.7	5.0
7月被覆	77.5	21.9 b	43.3 a	45.5ab	11.2 a	110ab	4.2	5.1	14.2	39.1	36.8	4.8
8月被覆	75.5	22.9 b	26.4 a	56.4 b	17.4 b	97a	4.0	2.0	10.4	31.7	44.8	11.0
無被覆	10.5	16.9 a	31.0 a	57.0 b	12.0 a	101ab	4.3	2.9	11.0	38.5	41.5	6.0

注)10月18日収穫

² 代表的な1樹の全果実を調査

^y 異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

2 部分マルチの被覆時期(実験2、2000年)

果汁の糖度は、8月22日では5月被覆および6月被覆区で無被覆区より高かったが、9月14日では被覆区と無被覆区の間には差が見られなかった。その後、被覆区では糖度が上昇し、無処理区に比べ有意に高くなり、特に5月および6月被覆区の糖度は10月18日では12°を上回った(図4)。クエン酸含量は、10月4日および10月18日では8月被覆区で高かったが、その他の被覆区では無被覆区と同じレベルまで低下した。糖度12°以上の果実の分布割合は、無被覆区が10.5%であったのに対し、6月および5月被覆区では80%を上回り、7月および8月被覆区でも70%を越えた(表3)。果実の着色は、被覆時期が早いほど優れ、果皮のa*値は高い値を示した。階級割合および収量については、処理間に明らか

な差は認められなかった。

3 部分マルチの被覆方向(実験3、2000年)

LWPは、9月21日では処理間に有意差はなかったが、無被覆区に比べ横敷き区でやや低く、次いで縦敷き区で低い傾向にあった。10月7日では縦敷き区が有意に低く、横敷き区と無被覆区の間には有意差は見られなかった。11月6日では無被覆区に比べ縦敷き区が有意に低く、次いで横敷き区で低い傾向にあった(図5)。しかし、9月下旬から11月上旬のLWPは、縦敷きおよび横敷き区ともに-0.5MPa前後を推移しており、それほど強い乾燥ストレスを受けていなかった。果汁の糖度は、被覆直後の8月25日では処理間に差は見られなかったが、10月3日では無被覆区に比べ縦敷き区および横敷き区ともに有意に高くなり、収穫時には無被覆区に比べて縦敷き区で1.7、

横敷き区で 0.9° 高くなった (図 6 A)。クエン酸含量については、処理間に明らかな差が見られなかった (図 6 B)。全果実の糖度の分布は、縦敷き区、横敷き区および無被覆区の順に糖度の高い果実の割合が顕著に多くなった (図 7)。特に、 11° 以上の果実は、無被覆区の 6% に対し、横敷き区で 57%、縦敷き区では 73% に達した。さじょうの糖含量は、果糖、ブドウ糖、ショ糖いずれも無被覆区に比べ縦敷き区で顕著に多くなり、横敷き区も多い傾向を示した。糖の組成については、処理

間に明らかな差は認められなかった。果皮の a^* 値は、両被覆区で顕著に高くなり、着色程度別割合についても両被覆区で 9 分着色以上の割合が明らかに多かった (表 4)。階級割合、収量および平均果実重については、処理間に明らかな差は見られなかった。収穫後の樹体のデンプン含量および翌年の着花、新梢発生についても有意差はなかったが、無被覆区に比べ両被覆区で根、枝および葉のデンプン含量が多く、総花数が多い傾向であった (表 5)。

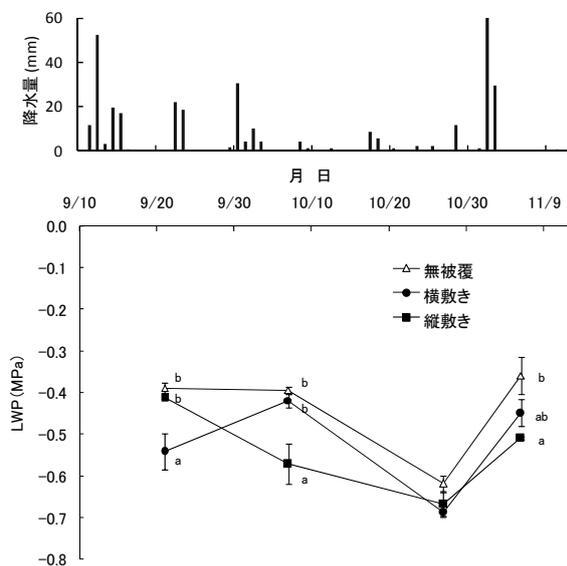


図 5 等高線に対する部分マルチの被覆方向が‘宮川早生’の LWP に及ぼす影響 (実験 3、2000 年)

注) 垂線は標準誤差を示す (n=3)
異なる文字間には Tukey の多重検定により 5% 水準で有意差あり
8 月 17 日にシート被覆

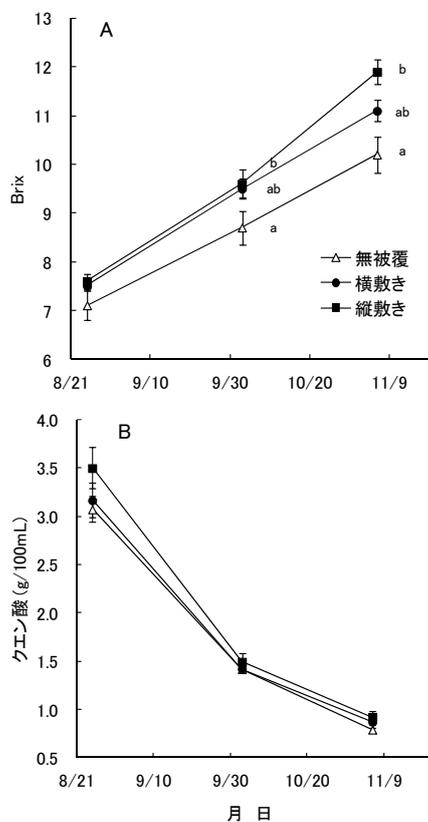


図 6 等高線に対する部分マルチの被覆方向が‘宮川早生’の糖度 (A)、クエン酸含量 (B) に及ぼす影響 (実験 3、2000 年)

注) 垂線は標準誤差を示す (n=3)
異なる文字間には Tukey の多重検定により 5% 水準で有意差あり

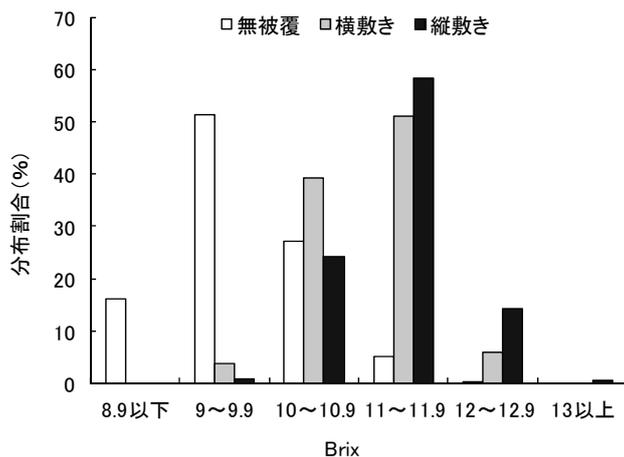


図 7 等高線に対する部分マルチの被覆方向が‘宮川早生’全果実の糖度の分布に及ぼす影響(実験 3、2000 年)

表 4 等高線に対する部分マルチの被覆方向が‘宮川早生’果実の糖含量、着色、階級割合に及ぼす影響 (実験 3、2000 年)

試験区	1果重 (g)	糖 (mg/g FW)				果皮色 a*	着色程度別割合 (%)			階級割合 (%)				
		果糖	ブドウ糖	ショ糖	全糖		9分以上	8~6分	5分以下	2L	L	M	S	2S
横敷き	128	20.2ab ^z	18.7ab	47.9ab	86.8ab	26.5 b	85.9 b	11.5 a	2.6 a	5.9	12.6	35.2	37.9	8.3
縦敷き	126	22.0 b	19.8 b	55.2 b	97.0 b	26.8 b	76.1 b	13.3 a	10.7 a	8.1	15.1	37.4	33.9	5.5
無被覆	124	17.4 a	15.3 a	42.0 a	74.7 a	25.0 a	56.4 a	27.2 b	16.4 b	10.6	19.6	39.2	26.9	3.6

注) 8月17日透湿性シート被覆

11月6日収穫

^z 異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

表 5 等高線に対する部分マルチの被覆方向が‘宮川早生’の収量、デンプン、翌年の着花に及ぼす影響 (実験 3、2000 年)

試験区	樹容積当たりの収量 (kg/m ³)	1果重 (g)	デンプン (% DW)			直花数 ^y	有葉花数 ^y	総花数 ^y	新葉数 ^y	花数 / 新葉数
			葉 ^z	枝 ^z	根 ^z					
横敷き	4.4±0.8 ^x	111±7	1.2±0.3	3.6±0.5	14.4±0.6	24.0±1.4	4.8±0.3	28.8±1.4	26.5±2.8	1.1±0.1
縦敷き	4.2±0.7	117±14	1.6±0.2	4.6±0.7	14.4±1.0	20.0±4.8	4.1±0.7	24.1±5.3	21.4±2.3	1.2±0.4
無被覆	3.7±0.5	122±14	1.0±0.1	3.4±0.5	12.5±1.9	16.8±4.2	4.6±1.0	21.4±4.6	22.9±1.0	0.9±0.2

注)^z 12月12日採取

^y 5月14日調査

^x 平均値±標準誤差 (n=3)

IV 考察

2000 年に実施した被覆割合に関する実験 1-1 において、被覆率 70~90%の部分マルチにより、降雨を利用しながら灌水回数を減ら

し、100%被覆区ほど強い乾燥ストレスを付与することなく、緩やかな乾燥ストレスが維持された(図 2)。また、クエン酸含量を高くすることなく‘市文早生’の糖度を約 1.5° 高めることが可能となった(図 3)。しかし、2001

年に同様に実施した実験 1-2 では降雨が多かったため、70%被覆区の糖度は無被覆区との間で有意差はなく、着色促進効果も認められなかった。一方、90%被覆区では無被覆区に比べ糖度は1° 有意に高くなり、果皮色が濃く、9分着色以上の果実が100%被覆区と同じくらい増加した(表2)。これらのことから、耕土が深く根群が旺盛に発達した樹において安定した糖度上昇効果を得るためには、部分マルチの被覆割合は70%では不十分で、80~90%が適当と考えられる。間苧谷ら(1976)は、乾燥状態に置かれた樹において一部の根が吸水した場合、LWPが低下しにくくなることを報告しており、本実験でも被覆率90%の部分マルチではLWPの低下が抑えられ、-0.5~-0.7MPaの緩やかな乾燥ストレスが付与されることが示された。

一般に、農家では透湿性シートを3~4年間使用していることから、実験 1-2 では、実験 1-1 で使用したシートを再利用した。実験 1-2 の収穫時の糖度は、実験 1-1 に比べ総じて低かった。これは、2001年の降雨日数が多かったことが最も大きな要因と考えられるが、シートの物理的な劣化の影響も考えられた。すなわち、無被覆区の糖度が実験 1-1 では9.5°、実験 1-2 では8.9°であったのに対し、100%被覆区では前者の13.2°に対し後者では11.4°と大幅に低かった。また、後者のLWPは前者に比べ総じて高く推移していた(データ略)。使用したシートの劣化により雨水の一部が土壌に浸透したことが一因と考えられた。

温州ミカン果実の肥大と品質向上のための最適なLWPは、-0.7MPa付近にあると報告されている(間苧谷・町田、1977、1980)。また、岩崎ら(2012)は、早生温州‘原口早生’において、7~11月までLWPを ϕ Maxで-0.4~-0.7MPaの弱乾燥状態および-0.7~-0.9MPaの中程度の乾燥状態で管理することにより、

11月中旬の糖度がそれぞれ12.8°および13.6°の高品質果を生産できることを示した。本実験 1-1 においては、90%被覆区のLWPは8月下旬~9月上旬を除くと概ね-0.5~-0.7MPaを推移しており、岩崎ら(2012)の報告にある弱い乾燥状態が保たれていたと考えられる。

実験 2 において実施した部分マルチの被覆時期による影響については、樹によるばらつきは見られるものの、10月18日の糖度が6月被覆、5月被覆、8月被覆および7月被覆区の順に無被覆区に比べ有意に高くなった(図4)。一方、クエン酸含量は5月被覆、6月被覆および7月被覆区では無被覆区と差がなかったが、8月被覆区では高くなった。また、糖度12°以上の果実の分布割合は、無被覆区が10.5%であったのに対し、6月被覆および5月被覆区では80%を上回り、7月被覆および8月被覆区では70%を越えた(表3)。さらに、5月被覆および6月被覆区では、9分着色以上の果実が有意に増加した。一方、収量に明らかな差は見られず、階級割合についても無被覆区と明らかな差がなかった。これらのことから、部分マルチの被覆は5~6月に開始し、収穫まで続けると無被覆に比べ糖度が1.5~2°高く、クエン酸含量は適度に低下し、着色が著しく促進されることが明らかとなった。しかし、5月被覆では開花直後の幼果期に乾燥ストレスが付与され、葉色がやや淡くなるなど樹勢が低下する傾向が見られたことから、耕土の深い園における極早生温州の部分マルチの被覆時期は6月が適当と考えられる。また、8月被覆区のクエン酸含量が高かったのは、被覆前に無降雨が続いたことによる土壌乾燥の影響が考えられる。

実験 3 において、‘宮川早生’を供試しシートの被覆方向を比較した結果、果汁の糖度は、無被覆区に比べ縦敷きおよび横敷き区ともに

高くなり、収穫時には無被覆に比べて縦敷きで 1.7° 、横敷き区で 0.9° 高くなった(図6)。また、樹内全果実の糖度の分布は、縦敷き区、横敷き区の順に糖度の高い果実の割合が顕著に増加した(図7)。降雨時の雨水の流れを見ると、縦敷き区ではシートの上の雨水はほとんどが園外に排出されたのに対し、横敷き区では山側のシート上の雨水が株元の解放部およびその一部が谷側のシート下に流れ込んでいたことから、両マルチ区間における糖度の差は、横敷き区では山側のマルチ上の雨水が谷側のマルチ下に流れ込みLWPの低下が抑えられたためと考えられる(図5)。しかし、9月21日のLWPが横敷き区で有意に低かった原因については明らかでなかった。このように、傾斜園における部分マルチの被覆方向は、等高線に対して直角すなわち縦に敷く方が増糖効果の高いことが明らかとなった。なお、本実験で供試した‘宮川早生’は樹勢が強かったことから、横敷きについては、被覆時期を6~7月に早めることや着果負担を利用した結実管理(井上ら、2002)などを併用することで、さらに糖度の高い果実が生産される可能性がある。

温州ミカンでは、強い乾燥ストレスを受けた樹で全糖含量が増加するとともに、還元糖の割合が増加することが報告されている(長谷部ら、1992; 向井ら、1996; 矢羽田ら、1994; 菅井・鳥潟、1976)。本実験において、さじょうの糖含量は無被覆区に比べ縦敷き区で顕著に高くなったが、糖組成に明らかな差は認められなかった(表5)。縦敷き区で糖含量が顕著に増加したものの糖組成に差が認められなかったのは、既報と異なり緩やかな乾燥ストレスが付与されていたことが原因として考えられる。

岡田・高橋(2006)は、温州ミカンでは糖度が 12° くらいまでであれば、当年の果実糖

度と翌年の着花程度の間には正の相関があることを報告している。また、12月の根中デンプン含量は、その年の収量との間に高い負の相関があり、翌年の着花程度との間には正の相関がある(杉山ら、2006、2003)。実験3において、有意差はなかったものの無被覆に比べ両被覆区の根、枝および葉のデンプン含量が高く、翌年の着花が多い傾向にあったことは、これら既往の知見と一致する。一般に、夏秋季の土壤乾燥は、温州ミカンの花芽分化を促進し、着花数を増加させる(井上、1989; 富田、1971; 山田ら、1990)。一方、10~12月の過度の土壤乾燥では着花数は減少し(富田、1976)、実際、成熟期にマルチ栽培などで極端に土壤を乾燥させた場合、着花数の著しい減少が観察される。乾燥ストレスの強度と光合成産物の分配を調査したYakushijiら(1998)は、強い乾燥ストレスおよび湿潤処理に比べ、 $-0.5\sim-0.8\text{MPa}$ の緩やかな乾燥ストレスの付与により光合成産物が果実、特に果肉に多く分配されたと報告している。また、小橋(2000)はモモにおいて、 $\text{LWP}\phi\text{Max}-0.5\sim-0.8\text{MPa}$ を果実重の低下を招くことなく糖度を増加させるための適度な水ストレスとしている。適度な水ストレス状態においては、光合成速度がやや低下し、光合成産物の総生産は減少するものの、果実への光合成産物の分配が増加することにより、糖度が増加するに十分な量の光合成産物が果実に供給されると述べている。実験3における両被覆区の秋季の $\text{LWP}\phi\text{Max}$ は、 -0.5MPa 付近の緩やかな乾燥ストレスが付与されており、このことが無被覆区に比べ果実肥大を抑制することなく糖度の高い果実を生産し、かつ根や枝の貯蔵デンプンが十分に蓄積され、翌年の着花が多くなる傾向を示した要因と考えられる。

白色透湿性シートマルチは、樹に乾燥ストレスを付与するだけでなく、樹冠内環境の変

化をもたらす。すなわち、処理により樹冠内温度の約1℃の上昇（栗久、2006）および樹冠内照度の上昇（吉田ら、2011）が報告されている。また、平野ら（1995）は、樹冠内相対光強度が無被覆に比べ1.4～2.3倍に増加したと報告している。筆者らも別の実験において、白色透湿性シートの被覆により樹冠内部の照度の上昇および日中の樹冠内果実温度の上昇を認めている（未発表）。果実やその周辺の温度と光合成産物の転流を調査した研究（門屋、1974）では、果実温度が30℃、20℃、15℃の順に光合成産物の果実への移行が多かった。本研究において、部分マルチにより果実への糖の集積が促進されたのは、緩やかな乾燥ストレスが継続的に付与されていたことに加え、樹冠内の受光環境や温度などの変化も寄与していると推察される。

カンキツ果汁のクエン酸含量は、強い乾燥ストレスの付与により高くなる（岩崎ら、2012；Yakushijiら、1998）。一方、高温条件下において果汁のクエン酸含量は低くなる（栗原、1969；栗山・下大迫、1969；坂本・奥地、1968；Youngら、1969）。本実験の部分マルチ区においては、収穫時のクエン酸含量がいずれも1%を下回っており、無被覆区に比べ高くはなかった。部分マルチ区では、果実の肥大およびクエン酸含量の減少を抑制するほどの強い乾燥ストレスが付与されておらず、樹冠内温度の上昇により果実の呼吸代謝が促進され、クエン酸の分解が進んだものと推察される。

果実の着色は、秋季の土壌乾燥により促進される（葦沢、1971；鈴木ら、1969；富田、1972）。また、着色は温度にも大きく影響され、20～15℃（高木ら、1994）および15℃（宇都宮ら、1982）の低温で促進される。実験1-1において、果皮のa*値は100%被覆区で顕著

に高く、次いで90%被覆区、70%被覆および無被覆区の順に高かった。また、実験3において、果皮のa*値は、無被覆区に比べ両被覆区で有意に高くなった（表4）。既往の知見（栗久、2006）から、透湿性シート被覆により樹冠内温度がやや高くなっていただけと考えられるが、着色に及ぼす効果としては、果実への糖類の蓄積が温度上昇による影響を上回ったものと推察される。

乾燥ストレス処理により果汁だけでなく果皮の糖含量も増加し（向井ら、1996）、果皮の糖含量と着色の間には密接な関係があることが報告されている（高木ら、1989）。本実験では果皮の糖含量は測定していないが、果皮のa*値が処理区で著しく高かったことから、果皮の糖含量も増加していたと考えられる。おそらく、緩やかな乾燥ストレスの付与が果皮への糖類の集積を促進し、カロテノイド代謝などに影響を及ぼしたものと推察される。

近年、全面シートマルチ下に点滴チューブを設置して、高品質果を生産するマルチ点滴同時施肥システムが開発された（森永ら、2010）。このシステムでは、糖含量だけでなく、β-クリプトキサンチンなどの機能性成分含量も増加することが報告されている。このように全面マルチは、高糖度で高い機能性を有する高付加価値商材を生産するために有効である。一方、本研究で取り組んだ被覆率約90%の部分マルチは、樹勢および収量の低下、小玉の割合の増加や高酸化を招くことなく、無被覆に比べ1～1.5°の糖度向上、着色促進および翌年の着花安定などの効果が示された。部分マルチは、全面マルチに比べ取り組みやすい品質向上策であることが明らかになったことから、光センサー選果機の導入された産地において露地栽培のレギュラー品の底上げに利用できる。

V 摘要

耕土が深く、乾燥ストレスが付与されにくい花崗岩を母材とする中粗粒褐色森林土で栽培された早生系温州について、白色透湿性シートによる部分マルチが高品質果生産に及ぼす影響を明らかにするため、部分マルチの被覆割合、被覆時期および等高線に対する被覆方向が、糖度、着色、収量などに及ぼす影響を検討した。

1) 部分マルチの被覆割合では、90%被覆および70%被覆区の‘市文早生’のLWPは、概ね0.7MPa付近で維持されたが、100%被覆区では90%被覆および70%被覆区よりも低かった。果汁の糖度は、90%被覆および70%被覆区で無被覆区に比べ約1.5°高くなった。一方、100%被覆区の糖度は他区に比べ著しく上昇した。果実の着色は、シートの被覆割合に比例して優れ、100%被覆および90%被覆区では9分着色以上の果実の割合が顕著に増加したが、70%被覆と無被覆区の間には明確な差は見られなかった。果汁のクエン酸含量は、90%被覆および70%被覆区では無被覆区とほぼ同じレベルまで低下したが、100%被覆区では有意に高くなった。従って、耕土の深い園地における部分マルチの適正な被覆割

合は80~90%と考えられる。

2) 被覆時期については、5月および6月被覆区の‘日南1号’の糖度は、10月18日で12°を上回った。果実の着色は、被覆時期が早いほど優れ、a*値が高かった。

3) 等高線に対する被覆方向の違いについては、‘宮川早生’の糖度は、被覆直後では処理間に差は見られなかったが、収穫時には無被覆に比べて縦敷きで1.7°、横敷き区で0.9°高くなった。さじょうの糖含量も無被覆に比べ縦敷き区で有意に多かった。a*値は、両被覆区で有意に高くなり、果実の着色程度別割合についても両被覆区で9分着色以上の割合が明らかに多かった。階級割合、収量および平均果実重については、処理間に明確な差は見られなかった。収穫後の樹体のデンプン含量および翌年の着花、新梢発生についても有意差はなかったが、無被覆区に比べ両処理区でデンプン含量が多く、総花数が多い傾向であった。

4) これらのことから、被覆率90%の部分マルチは高品質果生産に有効であり、果実への糖の集積と着花の安定には、緩やかな乾燥ストレスの付与が寄与していると推察された。

VI 引用文献

葦沢正義. 1971. 温州ミカンの品質と水管理. 農業および園芸. 46: 1155-1160.

長谷部秀明・安宅雅和・森 聡・柴田好文. 1992. ワセウンシュウミカンの土壌被覆処理が果汁中の糖含量および糖組成に及ぼす影響. 徳島果試研報. 20: 1-10.

平野高司・関 和雄・相賀一郎・河瀬憲次. 1995. シートマルチによるウンシュウミカン栽培環境の改善. 生物環境調節. 33:

113-122.

井上 宏. 1989. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす土壌乾燥と温度条件. 園学雑. 58: 581-585.

井上久雄・藤井栄一・西山富久. 2002. 着果負担と葉果皮の違いが早生ウンシュウの果実品質、収量、炭水化物含量ならびに翌年の着花に及ぼす影響. 園学雑. 71 (別1): 225.

岩崎光徳・深町 浩・今井 篤・平岡潔志・奥田 均. 2012. ウンシュウミカンと‘不知

- 火’における TDR 計を用いた枝内水分測定法の有用性と水管理方法の検討. 園学研. 11: 327-335.
- 門屋一臣. 1974. 温州ミカンの生長における光合成産物の分配利用に関する研究. 愛媛大農紀要. 18: 193-254.
- 木村光雄. 1941. 傾斜地に於ける柑橘「温州」の根群に就て. 園学雑. 12: 179-193.
- 小橋謙史. 2000. 水ストレス、アブシジン酸 (ABA) とモモ果実の糖集積. 農業および園芸. 75: 487-495.
- 栗原昭夫. 1969. 制御環境下における温州ミカン果実の生長反応. I. 9 月以降の温度が果実の発育ならびに着色・品質に及ぼす影響. 園試報. A. 8: 15-30.
- 栗久宏昭. 2006. 主幹形整枝ならびに透湿性反射シートマルチがカンキツ灰色かび病とカンキツ黒点病の発生に及ぼす影響. 広島農技セ研報. 80: 11-17.
- 栗山隆明・下大迫三徳. 1969. 温州ミカンの品質に関する研究 (第 2 報). 局地気象 (気温) と果実の品質について. 福岡園試研報. 8: 1-13.
- 桑原 実・大庭義材・野方 仁. 1997. ウンシュウミカンのフィルムマルチ栽培に関する研究. 第 2 報. ワセウンシュウミカンの果実品質に及ぼす多孔質フィルムの被覆開始時期の影響. 福岡農総試研報. 16: 76-81.
- 間苧谷 徹・町田 裕. 1977. 果樹の葉内水分不足に関する研究 (第 7 報). 夏季の葉の水ポテンシャルが温州ミカンの収穫時の果実形質に及ぼす影響について. 園学雑. 46: 145-152.
- 間苧谷 徹・町田 裕. 1980. 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. 園学雑. 49: 41-48.
- 間苧谷 徹・町田 裕・山津憲治・山崎隆生. 1976. 果樹の葉内水分不足に関する研究 (第 3 報). 土壌要因がカンキツ葉の Water Potential に及ぼす影響について. 園学雑. 44: 367-374.
- 松本和紀・大庭義材・矢羽田二郎・津田勝男. 1991. 温州ミカンのフィルムマルチ栽培に関する研究. 第 1 報. 温州ミカンの品質に及ぼす土壌水分制御の影響. 福岡農総試研報. B-11: 73-76.
- 宮本久美. 2001. 果実品質要因がウンシュウミカン卸売価格に及ぼす影響. 和歌山農林水技セ研報. 2: 57-70.
- 宮本久美. 2003. ウンシュウミカン選果工程における近赤外分光法による内部品質管理に関する研究. 和歌山農林水技セ研報. 5: 1-94.
- 森永邦久・吉川弘恭・草場新之助・島崎昌彦・中尾誠司・星 典宏・長谷川美典. 2010. カンキツのマルチ・点滴かん水同時施肥システムの開発と普及. 園学研. 9: 129-135.
- 森 聡・川口公男・安宅雅和・長谷部秀明・山尾正実. 1995. ‘十万温州’のマルチ処理による品質向上. 徳島果試研報. 23: 9-17.
- 向井啓雄・高木敏彦・手島洋二・鈴木鐵男. 1996. 秋期に水ストレスを与えたウンシュウミカン樹の果実各部位における糖含量. 園学雑. 65: 479-485.
- 中里一郎・岸野 功. 1999. ウンシュウミカンのシートマルチ栽培における灌水方法、時期が果実の減酸と乾燥ストレス軽減に及ぼす影響. 長崎果樹試研報. 6: 1-9.
- 農林水産省果樹花き課. 1997. うんしゅうみかん主産県の傾斜度別面積割合.
- 農林水産省青果物集出荷機構. 2006. 集出荷団体の機械選別における選別内容別組織数及び出荷量.
- 農水省果樹試験場興津支場. 1987. カンキツの調査方法. p. 1. 黒船印刷. 静岡.
- 岡田正道・高橋哲也. 2006. ウンシュウミカ

- ンにおける果汁の糖度と次年度生産性との関係. 園学研. 5: 271-276.
- 奥地 進・薬師寺清司・圓木忠志・船上和喜. 1962. 柑橘の根群に関する研究. 第1報. 温州ミカンの根群分布. 愛媛果樹試研報. 2: 11-21.
- 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.
- 坂本辰馬・奥地 進. 1968. 温州ミカン果実の酸、可溶性固形物に及ぼす気温の影響. 園学雑. 37: 115-121.
- 菅井晴雄・鳥潟博高. 1976. 秋季の土壤水分含量が温州ミカンの果実の発育と果汁の成分におよぼす影響. 園学雑. 44: 330-337.
- 杉山泰之・大城 晃・濱崎 櫻・澤野郁夫・小原 均. 2006. 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. 園学研. 5: 277-282.
- 杉山泰之・吉川公規・浜崎 櫻・久田秀彦・大城 晃. 2003. ウンシュウミカンの樹体栄養状態の推移と隔年結果性との関係. 土肥誌. 74: 215-218.
- 鈴木鉄男・金子 衛・田中 実. 1969. カンキツ幼樹の生育と結実に及ぼす時期別土壤水分含量の影響. 園学雑. 38:287-293.
- 高木敏彦・増田幸直・大西智子・鈴木鉄男. 1989. ウンシュウミカンの果皮中の糖、Nレベルが着色に及ぼす. 園学雑. 58: 575-580.
- 高木敏彦・向井啓雄・市川珠世・鈴木鉄男. 1994. ウンシュウミカンの着色に及ぼす温度と果実の糖集積の影響. 園学雑. 62: 725-731.
- 富田栄一. 1971. 温州ミカンの果実の品質および開花に及ぼす夏季の水分と窒素施用の影響. 園学雑. 40: 225-229.
- 富田栄一. 1972. かん水が温州ミカン成木の果実の収量、品質および葉内成分に及ぼす影響. 園学雑. 41: 353-360.
- 富田栄一. 1976. 温州ミカンの果実の品質および翌年の開花におよぼす秋季の土壤水分と窒素施用の影響. 和歌山果園試研報. 4: 10-16.
- 宇都宮直樹・山田 寿・片岡郁雄・苫名 孝. 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 51: 135-141.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原 実・松本和紀. 1994. ウンシュウミカンの完熟栽培果実の品質と糖組成に及ぼす品種、地域及びフィルムマルチの影響. 福岡農総試研報. B-13: 53-58.
- Yakushiji H., K. Morinaga and H. Nonami. 1998. Sugar accumulation and partitioning in Satsuma Mandarin tree tissues and fruit in response to drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 719-726.
- 山田 寿・田中康治・杉浦 明・苫名 孝. 1990. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす水ストレスの強さと期間の影響. 新潟大農研報. 42: 1-6.
- 山口勝市. 1971. 品質向上のための温州ミカン園のポリフィルム被覆. 農業および園芸. 46: 893-896.
- Yano, T., H. Inoue, Y. Shimizu and S. Shinkai. 2002. Dry matter partitioning and carbohydrate status of ‘Kawanakajima Hakuto’ peach trees grafted onto different rootstocks or with an interstock at pre-bloom period. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71:164-170.
- 吉田麻里子・山田一字・森山美穂・杉浦直幸・榎 英雄. 2011. ウンシュウミカンにおける枯れ枝せん除および透湿性反射シートの

井上・藤井・西山：部分的なシートマルチが早生系温州ミカンの果実品質および収量に及ぼす影響

樹冠下マルチによる果実への黒点病被害の
発生軽減. 熊本農研セ研報. 18: 73-79.
Young, R., F. Meredith and A. Purcell. 1969.

Redblush grapefruit quality as affected
by controlled artificial climate. J.
Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 672-674.