

ワセウンシュウの高うねマルチ栽培における根域制限方法と生育, 収量, 果実品質

松本和紀*・矢羽田第二郎・牛島孝策・乗原 実

ワセウンシュウの高うねマルチ栽培園における根域制限方法の違いが樹の生育, 収量, 果実品質に及ぼす影響を樹齢14年生まで経時的に調査した。うねの底面幅1.0m, 高さ0.5m, 1樹当たりの土量750Lの高うねマルチ栽培では, うね外への根の発生は少なく, 根群は深さ20~40cmに集中した。樹冠容積は根域制限の有無にかかわらず慣行栽培に比べて拡大が抑制され, 1樹当たり収量は少ないが, 樹冠容積当たり収量は同等もしくは増加傾向となった。樹齢8年生には樹冠容積, 収量とも安定化した成園状態に達した。うねの底面に不透水シートを処理することにより高精度な果実を生産することが可能となった。

[キーワード: ワセウンシュウ, 高うねマルチ栽培, 根域制限, 樹冠容積, 糖度]

Effects of Root-restriction on Tree Growth, Yield and Fruit Quality of Wase Satsuma Mandarin in High Ridge Cultivation with Mulching. MATSUMOTO Kazunori, Daijiro YAHATA, Kosaku USHIJIMA and Minoru KUWAHARA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 25:65-70(2006)

The effects of root restriction on tree growth, yield and fruit quality of Wase Satsuma mandarins in high ridge cultivation with mulching were investigated until the trees became 14 years old. The height and the width measurement at the base of the ridges in the high ridge cultivation was 50×100cm. The volume of the trees under the high ridge cultivation was smaller than for trees grown by conventional cultivation. But the yield per tree volume was equal to those of conventional cultivation or higher. The growth volume and fruit yield under high ridge cultivation became stable once the trees reached 8 years old. Higher Brix readings were observed in the fruits harvested from high ridge cultivation with impermeable sheets applied at the bottom of the ridges.

[Keyword: Wase satsuma mandarin, high ridge cultivation, root distribution, tree volume, Brix]

緒 言

近年, ウンシュウミカンの高品質果実に対する消費者ニーズが高まる中, 園地の水分を制御して糖度向上を図るシートマルチ栽培が普及するのに伴い, より安定した品質向上効果を上げるため被覆資材や処理方法の検討や改善が行われている。しかし, 生産現場におけるシートマルチ栽培は露地同様に気象の年次変動や土壌条件, 傾斜等園地条件による品質差が生じており¹⁰⁾, 高品質果実生産のためには各々の園地状態の把握と気象条件に対応した細かい管理が必要となっている。

高うねマルチ栽培は, うねを高く盛り表面排水を促進するとともに, 限られた根域で樹体の水分制御を行う栽培技術であり¹³⁾, 積極的に栽培環境を調整できることから, 高品質果実を連年安定生産するのに適した栽培方法である。高うねマルチ栽培について, 乗原ら⁴⁾は根群分布, 根域制限方法の有無と果実品質との関係, 荒武ら¹⁾は根域制限と収量, 果実品質に及ぼす影響を明らかにし, 高糖度果実を得ている。しかし, これらは若木や成木移植樹での検討であり, 高うねマルチ栽培において苗木から成木に至る樹冠の拡大や収量, 果実品質を調査した報告は見あたらない。生産者にとって高うねマルチ栽培は高品質果実を生産する魅力は大きいものの, 高うね造成や植え付けにかかわる初期投資が大きく, 樹齢の進

行に伴う樹冠容積, 収量, 品質等明らかとなっていない点が多く, 生産現場でも面積の拡大は小さいのが現状である。高うねマルチ栽培の拡大を図るためには, 高うねマルチならびに根域制限方法が樹の生育に及ぼす影響を明らかにするとともに, 果実の品質向上を実現し, 十分な収量を確保するための栽培管理技術の確立が必要である。

そこで, 苗木から育成し樹冠拡大, 収量が安定して成園化したワセウンシュウの高うねマルチ栽培園において, 根域制限方法の違いが樹の生育や収量, 果実品質に及ぼす影響を明らかにしたので報告する。

材料および方法

福岡県農業総合試験場果樹部の花こう岩質砂壤土を母材とするほ場において, うねの底辺幅1.0m, 上辺幅および高さが0.5mの高うねを1991年4月に造成し, 平坦地の慣行栽培を対照として試験を行った。さらに高うねは底面に不透水シート(厚さ1mmのビニル, 以下高うね不透水区)や透水シート(クラレKK, タフタ, 以下高うね透水区)を埋設した根域制限処理区および無処理区(以下高うね無処理区)を設けた。品種はワセウンシュウ‘山下紅早生’を供試して, 高うね造成時に2年生苗を株間1.0m(土量375L/樹)で栽植し, 各区とも樹冠拡大にともなって随時間伐, 抜根を行って独立樹として管理し, 1999年までに株間2.0m(土量750L/樹)とした。慣行栽培も同じく1991年4月に2年生苗を株

* 連絡責任者(果樹部)

間2.0mで栽植し、間伐、抜根を行って1999年までに株間4.0mとした。

結実管理は、いずれの区も7～8月に葉果比30を目安として摘果を行った。施肥量は、慣行栽培では県基準量(成木10a当たり窒素成分18kg, 100本植え)を、高うね栽培ではその2/3量を、3, 5, 10月の3回に分けて施用した。

高うね各区は、うね表面を毎年7月から収穫期まで透湿性シート(デュポン, タイバック)で、被覆して管理した。1997～2000年は、樹幹部を10cm幅開けて被覆して降雨の浸入を制限した。2001～2003年は、樹体の水分ストレスを高めるためにうね表面の透湿性シートを樹幹部まで全面被覆して降雨を遮断し、果実横径の肥大量が7～9月は3mm/10日以下、10月は2mm/10日、11月は1mm/10日を目安としてかん水を実施した。かん水は、樹幹部に点滴かん水チューブ(ネタフィルムジャパン, ラム17, 点滴間隔30cm, 2.3L/hr/点滴孔)を1列に直線で設置して1回当たり10mm(うね底面積換算)、1樹当たり20L実施した。2001年は樹体の乾燥程度を、7～9月に1週間に2回、日の出前に各区3樹、1樹につき3葉の春葉を採取し、プレッシャーチャンバー(大起理化学工業)を用いて葉の水分ポテンシャルを測定した。

樹の生育は、樹冠容積の推移を7かけ法⁵⁾により各区5樹について、1991～2003年の9月に調査した。また1999年2月に各区10年生2樹を供試して解体調査を行った。地上部は葉、3年生枝以下で着葉のみみられる緑枝および太枝に区分した。地下部は樹幹を中心に1.0m幅で土壌表層から10cm毎に深さ別の根群の分布割合を調査するとともに、根を直径の太さ別に細根(2mm以

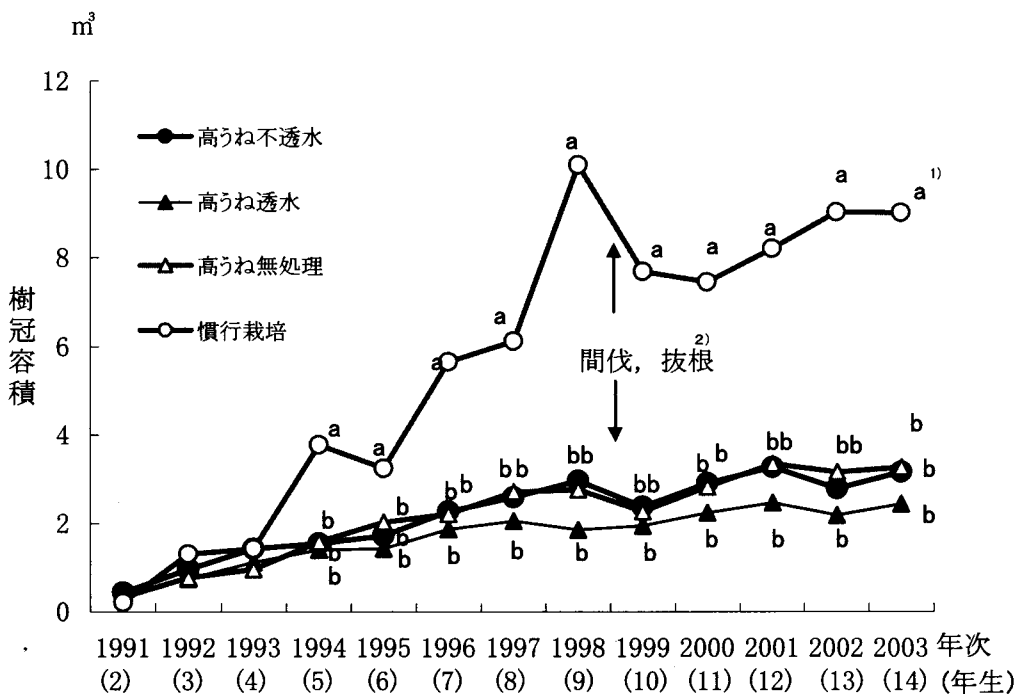
下)、小根(2～5mm)、中根・太根(5～20mm)および特大根・根幹(20mm以上)に解体区分して新鮮重を調査した⁵⁾。果実は毎年11月下旬に収穫を行い、高うね区は5樹、慣行栽培は4樹について収量を調査した。収穫した果実は、各区3樹、1樹につきML級5果、計15果を供試して、果実重、果肉重、着色程度、果皮色ならびに果汁の糖度、クエン酸含量を調査した。果皮色はカラーチャート(農林水産省果樹試験場作成)、果汁中の糖度およびクエン酸含量は酸糖度分析装置(日園連式NH1000)で測定した。

結 果

樹冠容積、収量の推移

樹冠容積は、高うねマルチ各区とも1993年、樹齢4年生までは慣行区と差がみられなかったが、それ以降は根域制限方法の違いにかかわらず慣行区に比べて小さくなった。高うねマルチ区では、1997年、樹齢8年生頃までは樹冠の拡大が進んだが、その後の拡大程度は小さくなった。一方、慣行区では樹冠の拡大が続き、高うねマルチ各区との差は樹齢が増すとともに大きくなった。高うねマルチ区における根域制限方法の違いによる樹高、冠樹容積の差は明らかでなかった(第1図、一部データ略)。

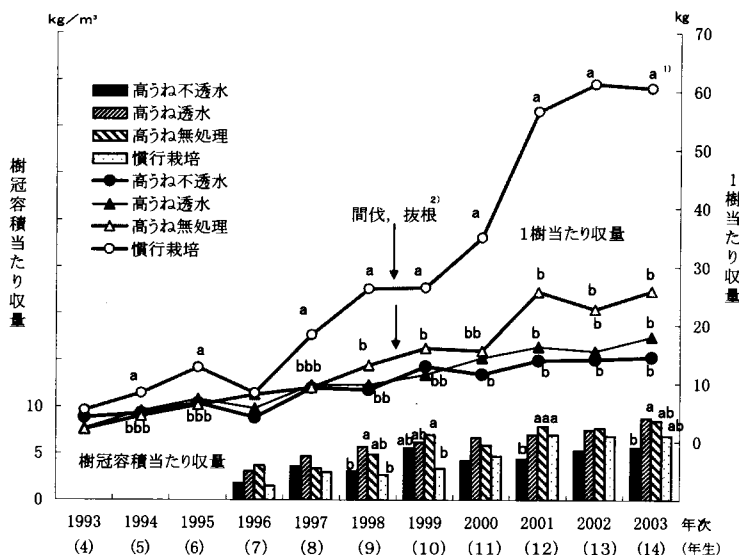
1樹当たり収量は、高うねマルチ各区とも慣行栽培に比べて緩やかな増加を示し、1997年には10kg以上となった。一方、慣行区は隔年結果による収量変動がみられたものの収量は順調に増加し、1997年以降は明らかに高うねマルチ区より多くなり、2003年、樹齢14年生まで年々その差は大きくなった。高うねマルチ区における根域制限方法の違いによる収量の差は、高うね無処理区で多く、高うね不透水区で少ない傾向が認められた。



第1図 ‘山下紅早生’の高うねマルチ栽培における根域制限方法と樹冠容積の推移

1) scheffeの多重検定により異文字間は5%水準で有意差あり

2) 間伐、抜根を実施。高うねマルチ栽培は株間2.0m、慣行栽培は4.0m



第2図 '山下紅早生'の高うねマルチ栽培における根域制限方法と収量の推移

- 1) scheffeの多重検定により異文字間は5%水準で有意差あり
2) 間伐, 抜根を実施。高うねマルチ栽培は株間2.0m, 慣行栽培は4.0m

樹冠容積 1m^3 当たり収量は, 年次により傾向が異なるが, 高うね不透水区と慣行区が高うね透水区や高うね無処理区より少ない傾向であった(第2図)。

樹体構造

解体調査による樹の地上部の新鮮重は, 高うねマルチ区は根域制限による差はみられず, いずれの区も慣行区の30%程度と小さかった。樹冠全体に占める葉および緑枝の構成割合は高うねマルチ各区も慣行区と同程度であった。地下部の新鮮重は, 高うねマルチ区はいずれの区とも慣行区の40%程度と少なく, T-R率は高うねマルチ区が2.5前後で慣行区の3.5と比べて小さくなった。高うねマルチ各区は細根と小根の合計割合が50%前後で, 慣行区と比べて高い傾向が見られた(第1表)。根の垂直分布は高うねマルチ区では深さ20~40cmに多く, 慣行区が10~20cmに多かったのに比べて主要根群域は深く, 特に根域制限した場合に深くなった(第3図)。

高うねマルチ区でのうね下への根の発生は, 根域制限無処理を含めて1%以下と極めて少なかった(データ略)。

果実品質および水分ストレス

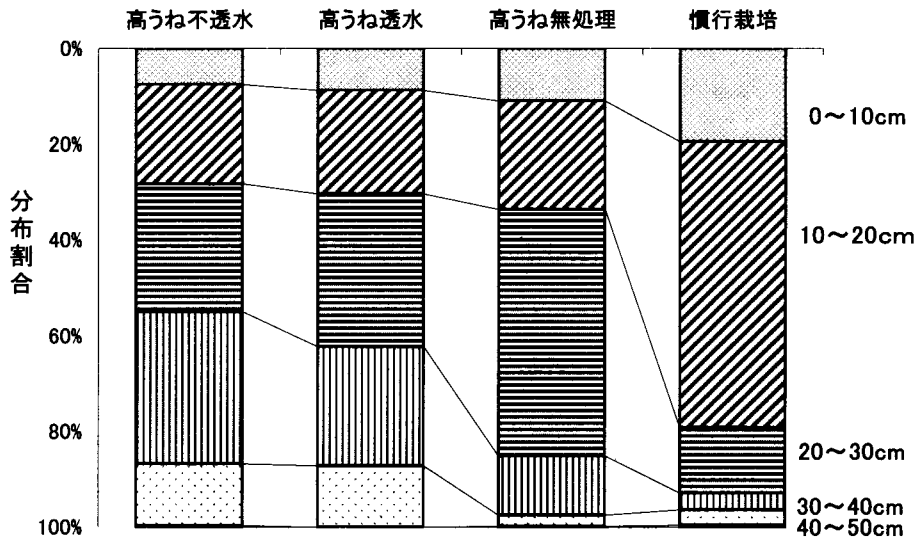
1997~2003年の果実品質は, 高うねマルチ各区は慣行区に比べて糖度が高い傾向にあり, 特に高うね不透水区で糖度が有意に高くなった。高うね不透水区においても, うね表面のシートを一部開放した1997~2000年は年次により糖度の変動が大きく, 10度程度の低糖度の年がみられたが, 全面被覆した2001~2003年は13度以上で安定して高くなった。クエン酸含量は, 高うね不透水区で高い年がみられたが, 差は明らかでなかった(第4図)。

うね表面をシートで全面被覆処理した2001年は, 高うね不透水区では, 7月下旬から11月上旬まで葉の萎凋等樹体の乾燥が認められ, 8月の夏期乾燥時には1週間に2回程度のかん水が必要であった。7月から10までの高うね不透水区でのかん水回数および水量は, 12

第1表 '山下紅早生'の高うねマルチ栽培における根域制限方法と樹の器官別重量

栽培方法	底面シートの種類	地上部 ¹⁾				地下部 ²⁾				T-R率	
		葉	緑枝	太枝	計	細根	小根	中・太根	特大根・根幹		
高うね不透水		2,009 (46) ³⁾	433 (10)	1,905 (44)	4,347 (100)	690 (39)	314 (18)	558 (32)	195 (11)	1,757 (100)	2.5
高うね透水		2,329 (49)	438 (9)	1,990 (42)	4,757 (100)	541 (32)	231 (14)	597 (35)	314 (19)	1,683 (100)	2.8
高うね無処理		1,997 (46)	507 (12)	1,845 (42)	4,349 (100)	252 (13)	720 (39)	629 (34)	263 (14)	1,864 (100)	2.3
慣行無処理		6,825 (50)	1,824 (14)	4,930 (36)	13,579 (100)	941 (24)	518 (13)	1,422 (37)	979 (26)	3,860 (100)	3.5

- 1) 地上部は, 葉, 着葉のみられる3年生以下の緑枝およびそれ以上の太枝に区分した1樹当たり新鮮重
2) 地下部は, 根の太さ別に細根: 2mm未満, 小根: 2~5mm, 中根・太根: 5~20mm, 特大根・根幹: 20mm以上に区分した1樹当たり新鮮重
3) ()は地上部, 地下部それぞれの重量割合
調査は1999年2月, 10年生樹供試



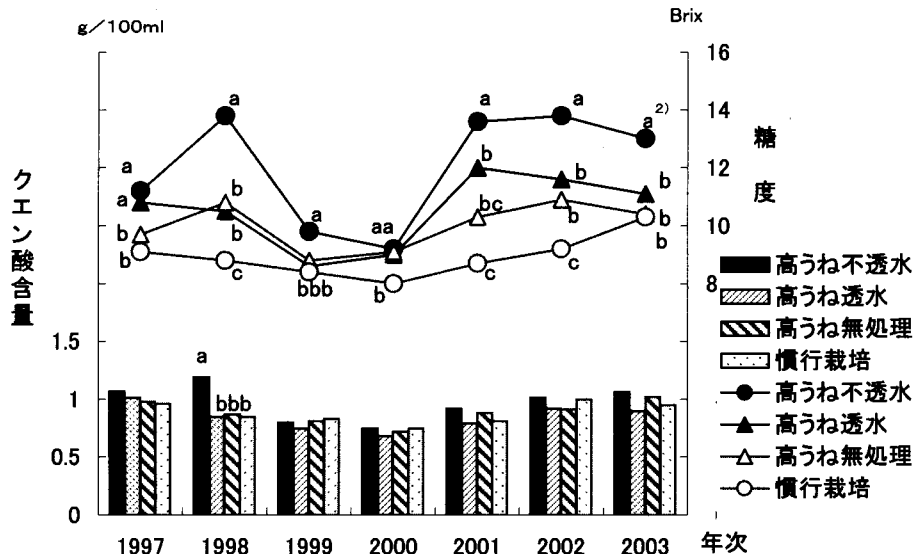
第3図 ‘山下紅早生’の高うねマルチ栽培における根域制限方法と根群の垂直分布

1) 高うねの上辺からの深さ別の根の分布割合, 調査は樹幹を中心とした1.0m幅
調査は1999年2月, 10年生樹供試

回, 120mmであった。高うね透水区, 高うね無処理区では樹体に軽度の乾燥は認められたものの, かん水は必要ではなかった。葉の最大水ポテンシャルは高うね不透水区では, 7月から9月まで-0.5MPa以下で推移し8月には-1.0MPa近くまで低下したが, 高うね無処理区, 高うね透水区では-0.5MPa以下に低下することはなかった。2001年の果実品質は, 高うね不透水区で果皮色の値が高くなり, 浮皮程度は他の区より小さくなった。糖度は高うね不透水区が13.6度で顕著に高く, 高うね透水区も高うね無処理区より2度ほど高くなったが有意な差ではなかった。クエン酸含量は高うね不透水区はやや高い傾向があり, 甘味比は高うね不透水区と高うね透水区が16.7で同等となり, 高うね無処理区に比べて高くなった (第2表)。

考 察

高うねマルチ栽培はウンシュウミカンの高糖度果実を安定的に生産する技術として今後普及が期待されるが, 経営上の問題として樹齢に伴う樹の生育と収量すなわち成園に達する年数や経済樹齢ならびに品質の安定性が明らかでなかった。この問題は谷口¹⁶⁾も根域制限栽培において懸念しており, 樹体がわい化し結実開始は早まるが, 結果量の増大も早い時期に頭打ちとなり, その傾向は根域容量が小さいほど強いことを明らかとしている。本報告では高うねマルチ栽培において, 樹齢14生樹まで樹冠容積, 収量の推移を調査し, 根域制限の有無にかかわらず慣行栽培に比べて樹冠拡大が抑制されるものの, 8年生には1樹当たり収量が10kg以上, これは生産現場並の通路幅とすると10a当たり2.0t以上となり, 早期



第4図 ‘山下紅早生’の高うねマルチ栽培における根域制限方法と糖度, クエン酸含量

1) 分析は11月下旬実施, ML級果供試。糖度, クエン酸含量は日園連酸糖度分析装置で測定
2) scheffeの多重検定により異文字間は5%水準で有意差あり。

第2表 高うねマルチ栽培¹⁾の‘山下紅早生’の根域制限方法と葉の水ポテンシャル、果実品質²⁾

栽培方法	底面シートの種類	葉の水ポテンシャル ³⁾			着色歩合 ⁴⁾	果皮色 ⁵⁾	浮皮程度 ⁶⁾	果実重	糖度 (Brix)	クエン酸含量	甘味比
		7月	8月	9月							
		MPa	MPa	MPa			g		g/100ml		
高うね	不透水	-0.73a	-0.93a	-0.59a	9.7a ⁷⁾	9.7a	0.2b	108b	13.6a	0.92a	16.7a
高うね	透水	-0.34b	-0.49b	-0.44a	9.5a	9.2ab	0.3a	117b	12.0b	0.79a	16.7a
高うね	無処理	-0.35b	-0.46b	-0.42a	9.6a	8.9b	0.5a	134a	10.3c	0.88a	12.9b
慣行	無処理	-0.31b	-0.39b	-0.34b	8.7b	8.8b	0.6a	114b	8.7c	0.81a	11.6b

1) 7月以降、うね表面を透水性シートでマルチ処理して水分遮断し、7月に10mm、8月に60mm、9月に10mm、10月に40mmかん水を実施した。

2) 2001年11月30日分析、分析は11月24～30日、ML級果供試。

3) 葉水ポテンシャルは、2001年7月20日～9月20日まで週2回調査。毎月の平均値。

4) 着色歩合は着色していないものを0、完全着色を10とした時の、着色部分の面積率。

5) 果皮色はカラーチャート、糖度、クエン酸含量は日園連酸糖度分析装置で測定。

6) 浮皮程度は手ざわりで無(0)、軽(1)、中(2)、甚(3)に数値化した平均値。

7) Scheffeの多重検定により異文字間は5%水準で有意差あり。

に樹冠容積、収量とも安定化した成園状態に達することが確認された。

カンキツでは根域の土量を制限したり密植することで、樹の生育が抑制されてわい化が生じることが知られているが^{6, 12, 14)}、本報告では間伐を行い独立樹冠を維持管理しているため、樹冠拡大の抑制は密植よりも根域制限の影響の方が大きい。また、その抑制程度に根域制限方法の影響が認められなかったことから、樹冠容積の拡大は底面の根域制限の有無よりも高うねの形状に強い影響を受けて抑制されたものと判断される。事実、高うねマルチ各区の根群分布は、深さ20～40cmに根群が多く慣行栽培に比べて垂直分布が深くなったものの、うね外部への根の発生は1%以下と極めて少なかった。また、高うねマルチ各区とも慣行栽培に比べてT-R率が小さく、細根や小根の構成割合が高かったことはボックス栽培や根域制限栽培における結果と同様であり^{14, 15)}、高うねでの栽植が樹冠容積の抑制だけでなく根群を含め樹体全体の生育にも影響を与えていると推測される。果樹において安定した生産を行うためには、地上部に対して地下部を大きくしてT-R率を小さくするとともに、養水分の吸収器官である細根を確保・維持する栽培が必要であることが小野ら⁹⁾により指摘されている。この点、高うねマルチ栽培はT-R率が小さく、1樹当たりの収量については慣行栽培に比べて少ないが、樹冠容積当たり収量は慣行栽培と同等かむしろ多い傾向にあり、安定生産に適した樹の生育バランスとなっている。中村ら⁸⁾も高うね栽培の収量に関して慣行栽培と差が無かったことを報告しており、本報告と同様の結果を得ている。本報告では高うねマルチ栽培樹は成園に達した後も根の過密は観察されず、樹齢14年生まで生育異常は認められないことから、経済樹齢は15年以上と判断される。経済樹齢を長く維持するためには根群の確保が重要であり、土壌改良が必要と考えられる。

高うねマルチ栽培では不透水シートを処理した区で樹冠容積当たり収量が慣行栽培と同等となり、高うねの他の区より少なくなる傾向がみられたが、これは樹体の水分ストレスが高く果実肥大が抑制されたものと考えられ

る。水分ストレスを強くかけることによる果実肥大抑制や収量低下に関しては、高うねマルチ栽培¹¹⁾をはじめ、根域制限栽培¹⁶⁾、露地栽培³⁾でも報告されている。矢羽田ら¹⁷⁾は根域制限下では、利用可能な土壌水分が少なく、土壌の乾湿の変動が激しいため果実肥大が抑制され、それとともに高糖度となることを明らかにしたが、高うね不透水区で樹冠容積当たり収量の低下がみられた1998、2001、2003年については、糖度は14度程度まで高まっている。間苧谷ら⁷⁾は、果実の正常な肥大のためには8月の葉の最大水ポテンシャルは-7 bar (-0.69MPa)前後の乾燥に留めるべきと示唆しており、2001年の高うね不透水区では気象の影響により樹体が乾燥しすぎたものと考えられる。今後、高うねマルチ栽培で底面に不透水シートを処理した場合は、過乾燥を避けた適切な水分コントロールを行うと、果実肥大、収量も確保しながら高糖度の果実を生産することが可能と考えられる。

本報告では成園化した高うねマルチ栽培において慣行栽培に比べて糖度が高いことが確認されたものの、統計的な有意差が認められたのは高うね不透水区のみで、葉原ら⁴⁾の示唆のように底面からの水の浸入の有無が糖度上昇に影響を及ぼすものと考えられる。小田¹¹⁾も高うね栽培において、うね表面のポリエチレンフィルムのマルチ処理だけの糖度上昇効果はなかったが、底面シート処理を加えることで糖度が高い果実を得ている。吉田ら¹⁸⁾は高うねマルチ栽培において通路部を雨水が浸入しにくいコンクリート舗装し、主要根群域を表層～30cmに維持することで高品質化を実現できるとしている。今後は、園内外の排水を考慮しながら通路部を含めた全園水分遮断等、園地条件等に合わせた栽培方式の検討がさらに必要である。また今回、うねの底面および表面からの水分遮断を行った際には7～10月にかけて10回以上のかん水が必要であった。このように根域制限方法によって必要とされる水管理も異なり、また、貝原ら²⁾は土壌の母材の違いによっても水分状態や管理方法が異なることを明らかにしている。高うねマルチ栽培の普及を図るためには、農家経営の向上を念頭に栽培方式をはじ

め、栽培管理、付帯施設、作業性等も考慮した技術確立を進めていく必要がある。

引用文献

- 1) 荒武貴浩・黒木重文・福元 博・平田力也・黒木恒和 (2004) 高畝・根域制限栽培と透湿性シート被覆を組み合わせた‘日南1号’の高品質果実生産。独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所カンキツ研究部口之津編。九州における極早生温州ミカンの栽培指針および研究成果。p111-116.
- 2) 貝原洋平・新堂高広 (2004) 極早生温州の根域制限栽培における土壌母材、水分管理の違いが樹体生育に及ぼす影響。独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所カンキツ研究部口之津編。九州における極早生温州ミカンの栽培指針および研究成果。p66-74.
- 3) 栗山隆明 (1988) ウンシュウミカン果実の品質改善に関する研究。福岡農総試特別研報 2: 1-135.
- 4) 柴原 実・大庭義材・野方 仁・矢羽田二郎・松本和紀 (1996) フィルムマルチ処理を行ったウンシュウミカンの高うね栽培における根群分布と果実品質。福岡農総試研報15: 77-81.
- 5) 農林水産省果樹試験場興津支場編 (1987) カンキツの調査方法: 1-28.
- 6) 真子正史・伊與部有一・重田利夫 (1990) カンキツのボックス栽培に関する研究 (第1報) 施肥量、整枝法の違いがウンシュウミカン樹の生育、収量、果実品質に及ぼす影響。神奈川園試研報40: 1-10.
- 7) 間学谷 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.
- 8) 中村光夫・宮田明義・福永明憲 (1994) ウンシュウミカンの畝立て様式の違いが樹の生育、収量並びに果実品質に及ぼす影響。山口農試研報45: 49-57.
- 9) 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.
- 10) 小田眞男 (1997) ウンシュウミカンのフィルムマルチ栽培における降水量と圃地条件の影響。大分柑試研報7: 16-28.
- 11) 小田眞男 (1999) 高畝栽培での土壌水分および畝底シートとフィルムマルチ処理がウンシュウミカンの生育、収量、果実品質に及ぼす影響。九農研61: 227.
- 12) 橘 温 (1998) ワセウンシュウの栽植密度が樹の生長および葉や果実の垂直分布に及ぼす影響。園学雑67: 66-73.
- 13) 竹井忠博 (1993) 高うねマルチ栽培。農業技術体系果樹編1.東京: 農山漁村文化協会, p406の36-52.
- 14) 谷口哲微・大野文征 (1988) カンキツ類の施設栽培に関する研究 (第6報) 根域制限 BOX栽培温州ミカンの発育生態品質特性。園学要旨63秋: 42-43.
- 15) 谷口哲微 (1992) 防根布による根域制限栽培。農業技術体系果樹編1.東京: 農山漁村文化協会, p406の26-34.
- 16) 谷口哲微 (1993) ウンシュウミカンの根域制限栽培[1], 農及園68: 490-496
- 17) 矢羽田二郎・大庭義材・松本和紀 (1993) 36. ウンシュウミカンの施設栽培における根域制限技術の確立第1報 根域制限の程度が樹の生育・果実品質に及ぼす影響。福岡農総試研報. B 12: 47-52.
- 18) 吉田智也・小田眞男 (2003) ウンシュウミカンの高うねシートマルチ栽培における土壌水分変動と果実品質。九農研65: 222.