

極早生ウンシュウ‘豊福早生’における高糖度果実生産 のための水分ストレスと樹体反応との関係

Relationship between Water Stress and Tree change for High Quality Fruits Production in Very early Satsuma Mandarin ‘Toyofukuwase’

北園邦弥・榊 英雄・藤田賢輔

Kuniya KITAZONO, Hideo SAKAKI and Kensuke FUJITA

要 約

極早生ウンシュウ‘豊福早生’のシートマルチ栽培で、10月上旬の収穫期に糖度を11.0以上にするためには、8月10日頃までに糖度を8.5~9.0にする必要がある。この糖度に達成するためには、水ポテンシャルで-0.8~-1.0MPaの水分ストレスが必要であり、樹体反応に基づく簡易診断指標となる葉の水分吸収率では125~130%、果実の日肥大量では0.2mm程度に相当する。

キーワード：豊福早生、水分ストレス、水ポテンシャル、葉の水分吸収率、日肥大量、糖度、シートマルチ

I 緒言

10月までに出荷される極早生ウンシュウの多くは九州地域で生産されており、これまでは高価格で販売されてきた。しかしながら、食味重視への消費者の嗜好の変化や食味の良いグリーンハウスミカンが流通する一方で、近年の極早生ウンシュウは生産量が過剰傾向にあり、糖度の低い果実の価格は低迷している。このため、極早生ウンシュウにおいても高品質果実を生産するためにシートマルチ栽培¹⁾が増加している。

ウンシュウミカンでは、夏秋期に適度な水分ストレスが付与されると、果実の糖の蓄積が促進されることが知られている³⁾⁴⁾が、確実に糖度を上げるために必要な水分ストレスの付与時期や程度を示した事例は少ない。また、水分ストレスの程度を示す数値としては、これまで、プレッシャーチャンバー法⁵⁾による葉の水ポテンシャル値が使用されているが、夜明け前に測定する必要があることや、測定する装置が高価格であることから、生産現場では水分ストレスの程度が推定できる簡易診断法の開発が求められている。

本研究では、10月上旬から出荷が可能で、極早生ウンシュウの中では比較的樹勢が良好な‘豊福早生’を用いて、10月上旬の収穫時期に糖度が11.0以上となるための樹体の水分ストレス付与の程度と果実糖度との関係を明らかにした。また、現場でも判断が可能な水分ストレスの簡易診断法、ならびに適正な樹体管理によって安定して高糖度果実生産ができる水分ストレスの診断指標を検討した。

II 材料および方法

(試験1) 水ポテンシャルと樹体反応との関係

2004年~2006年にかけて、熊本県農業研究センター果樹研究所内に植栽した根域制限栽培の12~14年生‘豊福早生’20樹、露地栽培12~14年生‘豊福早生’4樹(いずれも2004年が12年生)を供試した。タイベックによるシートマルチは、2004年6月18日、2005年6月23日、2006年6月28日にそれぞれ被覆を開始し、10月上旬の収穫直前に除去した。

生育期から収穫期にかけての時期毎に葉の水ポテンシャル(以下、LWP)、葉の水分吸収率、果実品質、果実横径の肥大量について調査を行った。

LWPについては、調査日の夜明け前に春枝の中位葉から2枚採葉し、プレッシャーチャンバー法により測定を行った。葉の水分吸収率については、調査日前日の17~18時に、春枝の中位葉から健全な葉を3枚採葉し、直ちに各葉の重量を計測したあと、葉の主脈の両側にハサミで切れ込みを入れ、葉全体を水に浸漬し、吸水を促進するため30分間真空ポンプを用いて減圧処理を行った。その後は、常圧に戻してそのまま放置し、翌日葉の裏側も濃緑色になった葉を取り出して水分を拭き取り、直ちに飽和状態の葉重を測定し、葉重の増加率を葉の水分吸収率とした。

また、赤道面の果実を1樹当たり3~4果採取し、日園連式の糖酸分析装置(NH-2000)を用いて糖度(Brix)およびクエン酸含量を分析した。また、あらかじめラベリングした赤道面の果実1樹につき10個について、ノギスを用いて横径を測定し、前回調査からの日数で除算し

て日肥大量を算出した。

なお、試験を行った2004年から2006年についての降水量については、熊本地方気象台の6月中旬から10月上旬までの降水量を使用した。

(試験2) 生育期の糖度を基準とした管理の検討

生育期の糖度を基準とした管理法の検討を行うため、果樹研究所内に植栽した根域制限栽培の13年生‘豊福早生’20樹を供試した。タイバックによるシートマルチについては、2005年6月23日から10月上旬の収穫直前まで被覆した。なお、2005年は少雨傾向で推移していたため、7月中にも旧葉の黄化や落葉がみられる場合に1樹当たり20~40リットルをかん水した。8月2日の果実分析によって、列ごとに処理区を低ストレス区(A区)と強ストレス区(B区)に分け、それぞれの生育期の糖度基準を2段階に設定した(第1表)が、各基準日の糖度をうわまわる場合や、旧葉の落葉がみられる場合にかん水を行ったり、マルチを巻き上げて降雨を入れる管理を行った。さらに、A、B区それぞれに8月2日から9月10日までのかん水量の差をつけた①区、②区を設けたが、かん水実施は第2表に示すとおりであった。①区では7月中旬から下旬にかけてのかん水量が②区に比べてやや多く、②区では、逆に7月中旬から下旬にかけてのかん水量を①区に比べてやや少なくした。

調査は、果実品質を7月11日から、LWPと果実肥大は6月25日から行い、方法は試験1と同様とした。

第1表 生育期の糖度(Brix)基準

処理区	8月1日	8月21日	9月1日
A区	8.5~9.0	9.0~9.5	9.5~10.0
B区	9.0~9.5	9.5~10.0	10.0~10.5

第2表 8月2日から9月10日までのかん水日

処理区	かん水日
A①	8/9, 8/11, 8/13
A②	8/2, 8/5, 8/9, 8/11, 8/13, 8/17, 8/20~8/21, 9/1, 9/10
B①	8/9, 8/11, 8/13, 8/17, 8/20~8/21, 9/1, 9/10
B②	8/2, 8/5, 8/9, 8/11, 8/13, 8/17, 8/20~8/21, 9/1, 9/10

注1) 1樹当たりのかん水量は40リットル

2) 8/20~8/21は、マルチを巻き上げ約40mm降雨流入

(試験3) 生育期の簡易水分ストレス診断を指標とした管理の検討

果樹研究所内の14年生‘豊福早生’6樹を供試し、シートマルチを2006年6月23日から10月上旬の収穫直前まで行った。そのうち3樹については第3表の基準のもとに管理を行う処理区とし、他の3樹は対照区とした。なお、2006年は、梅雨期間中の降雨量が平年に比べかなり多く、樹体への水分ストレス付与が足りなかったため、処理区では水分ストレス促進のためエチクロゼートの散布を行った。散布は、1回目を7月26日に100ppmで、2回目を8月16日に66.7ppmで、3回目を9月7日に66.7ppmで行った。果実の日肥大量は、7月下旬から8月上旬にかけて0.3mmを下回ったが、目標糖度をかなり下回っていたため、かん水は実施しなかった。対照区については、エチクロゼートの散布は実施しなかった。

調査は、果実肥大を6月30日から、果実品質、LWP、葉の水分吸収率の調査を7月11日から行い、方法は試験1と同様とした。

第3表 生育期の簡易水分ストレス基準

月 日	7/21	8/1	8/21	9/1
目標糖度の範囲	—	8.5~9.0	9.0~9.5	9.5~10.0
葉の水分吸収率	125	125	125	125
横径の日肥大量	0.3	0.3	0.2	0.2

注1) 葉の水分吸収率は%、日肥大量はmm

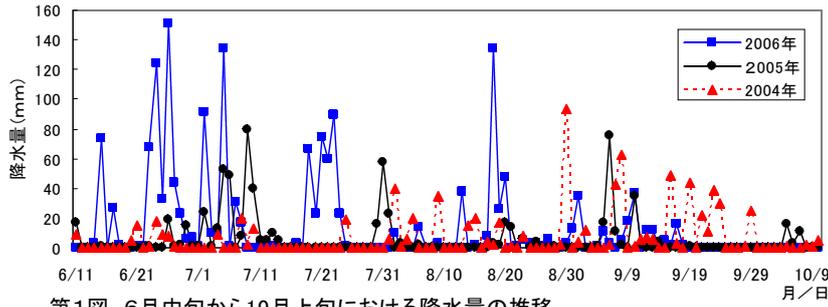
2) 目標糖度(Brix)を上回るとき、葉の水分吸収率は上回るとき、横径の日肥大量は下回るときに水分ストレス緩和、逆の時はストレス促進の管理を実施。

III 結果および考察

(試験1) LWPと樹体反応との関係

1 降水量の推移

試験を行った3年間の降水量の推移を第1図に示した。この3カ年については、時期別の降水量にかなりの差がみられた。2004年は7月までの降水量はかなり少なく、8月もやや少なめに推移したが、8月末から9月にかけては3回の台風襲来もあり、降水量はかなり多かった。2005年は全体的には降水量は少なかったが、7月上旬と7月下旬、9月上旬にまとまった降雨がみられた。2006年は、梅雨期間中の降水量がかなり多かった。その後、8月中旬に台風絡みのまとまった降雨がみられたほかは降水量は少なく推移した。



第1図 6月中旬から10月上旬における降水量の推移

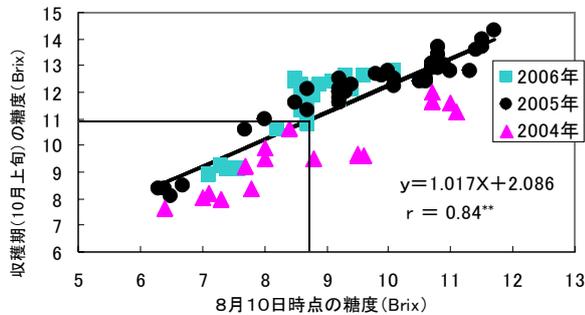
2 生育期の糖度と収穫期の糖度との関係

生育期の糖度と収穫期の糖度には強い相関がみられた。さらに、生育にともなうその関連についてみると、2006年は7月中旬の相関は弱い相関しかみられていないが、他の2年間は7月上中旬でも強い相関が認められた(第4表)。7月下旬以降では3年間ともに強い相関がみられており、極早生ウンシュウにおいては、生育期の早い段階(7月)から収穫期の糖度との関係が強く、生育期の糖度が高いほど、収穫期の糖度も高かった。8月10日頃になると3カ年を通じて強い相関がみられた(第2図)。

第4表 ‘豊福早生’における生育期の糖度と収穫期の糖度との関係

年次	7月			8月			9月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
2006	—	0.31	0.65**	0.84**	0.88**	0.95**	0.96**	0.97**	0.97**
2005	—	0.94**	0.92**	0.88**	0.95**	0.95**	0.92**	0.98**	0.98**
2004	0.70**	—	0.68**	0.76**	0.82**	0.97**	0.87**	0.95**	—

注) 相関係数: r

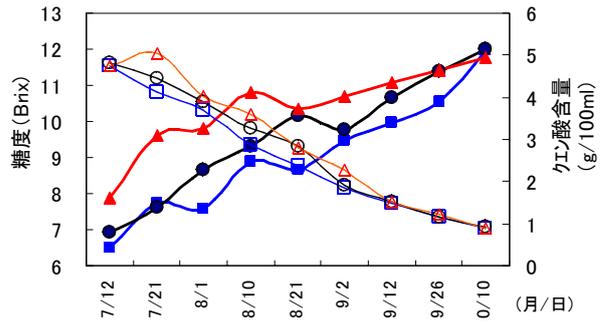


第2図 ‘豊福早生’における8月10日時点の糖度と収穫期の糖度との関係

3 高糖度生産樹の樹体水分ストレス

調査を行った3カ年の中で、10月上旬の収穫時期に糖度11.0以上、クエン酸1.0g/100ml程度となった樹の生育にともなう糖度の推移を第3図に示した。2004年は3樹、2005年は8樹、2006年は11樹の平均値である。2004年は、生育前半の降水量が少なかったことから、糖度は最も高く推移したが、9月以降の糖度上昇は緩慢であった。逆に2006年は、梅雨期間中の降水量が多く、マルチ

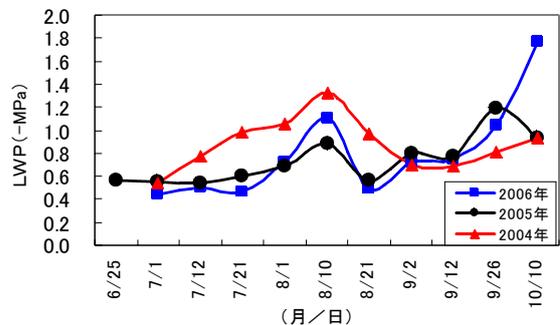
敷設後も7月下旬まで降水量が多かったことから、初期の糖度上昇は緩慢であったが、8月下旬以降の降水量がかなり少なかったことから、生育後半の糖度上昇が顕著であった。8月10日頃になると、収穫期の糖度予測が可能となることから、この時期までに一定の水分ストレスを樹体に付与することで糖度上昇が可能となる。試験を行った3カ年で、10月上旬に糖度が11.0以上、クエン酸が1.0g/100ml程度となった樹について、生育にともなうLWPの推移をみると、7月21日から8月10日にかけての期間にLWPで-0.8MPa以下の水分ストレスが樹体に付与されていた(第4図)。



第3図 ‘豊福早生’における糖度の推移

注) 10月上旬に糖度11度以上、クエン酸1g/100ml程度となった樹の平均値

■ 2006年・糖度 ● 2005年・糖度 ▲ 2004年・糖度
□ 2006年・クエン酸 ○ 2005年・クエン酸 △ 2004年・クエン酸



第4図 ‘豊福早生’におけるLWPの推移

注) 10月上旬に糖度11度以上、クエン酸1g/100ml程度となった樹の平均値

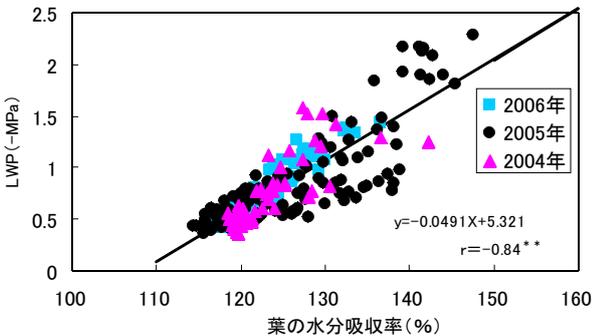
貝原ら⁶⁾は、極早生ウンシュウの‘上野早生’を用

いた試験で、7月中下旬頃から LWP が-1.0MPa 程となる水分ストレスを付与させることで、一定の品質向上を促すことができるとし、収穫まで同値をかん水点として水管理することで収穫時に糖度12程度の高品質生産が可能としている。本試験においても、2004年は7月21日に LWP が-1.0MPa 程となる水分ストレスが付与されており、生育初期の糖度は最も高かった。これらのことから考えると、7月下旬から8月上旬にかけての LWP で-0.8~-1.0MPa 程度の水分ストレスが付与されることにより、効果的に糖度上昇が可能となると考えられた。

4 水分ストレスと樹体反応との関係

(1) 葉の水分吸収率

水分ストレスの程度を示す数値としては、プレッシャーチャンバー法が使用されてきたが、通常は夜明け前にプレッシャーチャンバー装置を使用して LWP を測定する必要がある。本試験では、これに替わる方法として、夕方5時~6時頃に採葉した葉に翌朝までに飽和状態まで水分を吸収させたときの葉の水分増加率を測定し、前者との関係を調査した。その結果、7月以降は両者に強い相関関係があり、特に、7月下旬から8月上旬にかけて強い相関がみられ、水分ストレスが付与されるほど葉の水分吸収率は高くなった。この時期、LWP が-0.8~-1.0MPaのときの葉の水分吸収率は125~130%に相当した(第5図)。

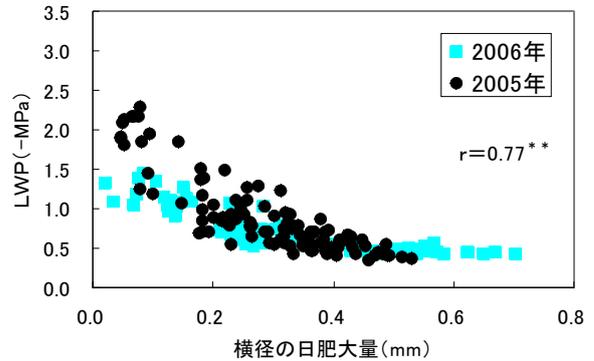


第5図 '豊福早生'における7月下旬から8月上旬の葉の水分吸収率と LWP の関係

(2) 果実横径の肥大量

果実横径の経時調査から算出した期間肥大量については、ハウス栽培の早生ウンシュウミカンを用いた試験で、葉の W.S.D 推移とほぼ一致しており、一定期間の累積された水分ストレスの指標として利用可能であるとしている⁷⁾。本試験における果実横径の肥大量では LWP との相関がみられた。特に7月中旬から8月上旬にかけて LWP と強い負の相関がみられ、水分ストレスが付与さ

れるほど日肥大量は小さくなった。LWP が-0.8~-1.0MPaのときの果実横径の日肥大量は0.2mm程度であった(第6図)。

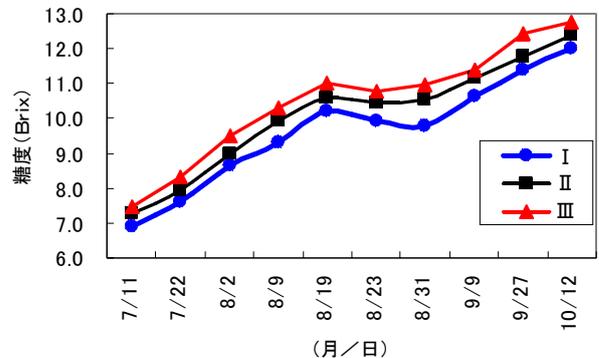


第6図 7月中旬から8月上旬にかけてのLWPと果実横径の日肥大量との関係

5 収穫期のクエン酸含量で区分した時の生育期の糖度、LWP の推移

2005年に行った試験では、ほとんどの樹で10月上旬に糖度が11.0以上となったため、収穫期のクエン酸含量で、I : 1.0g/100ml 未満、II : 1.0以上1.1g/100ml 未満、III : 1.1g/100ml 以上に区分し、生育期の糖度、LWP の推移を調査した。

糖度の推移は、7月中旬より一貫してクエン酸含量の高低と同様に推移し、最終的にはIが12.0、IIが12.4、IIIが12.8となった(第7図、第8図)。

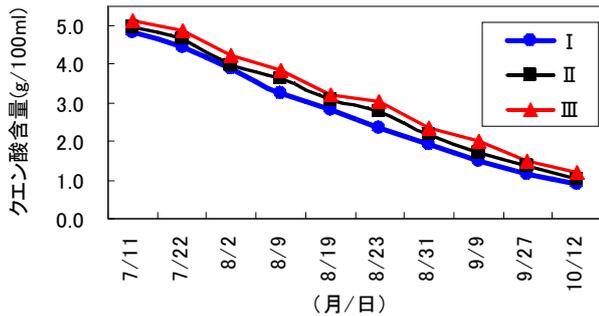


第7図 '豊福早生'における収穫期のクエン酸含量で区分した果実糖度の推移(2005年)

注) 収穫時のクエン酸含量(g/100ml)で区分
I : 1.0未満、II : 1.0以上1.1未満、III : 1.1以上

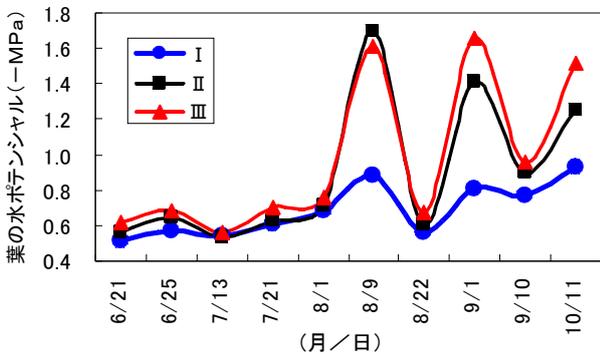
一方、水分ストレスについてみると、減酸が良好に推移したI区では、LWP は-0.9MPa 程度であったのに対し、減酸が遅れたII区、III区では、8月上旬と9月上旬に-1.6MPa 程度とかなり強い水分ストレスが付与されていた(第9図)。これらから、糖度の上昇にはあまり強すぎる水分ストレスは必要でなく、-0.8~-1.0MPa 程度の水分ストレスがあれば十分可能であると考えられ

る。一方、生育期に強すぎる水分ストレスが付与されることで、収穫期までクエン酸含量は高く推移した（第8図）。また、果実肥大も抑制されて小玉果の比率が高くなった。ただし、生育期を通じて水分ストレスが付与されない場合には、増糖は緩慢で低糖度の果実となりやすい¹⁾。生育期の7～8月に水分ストレスが付与されると糖度は上昇しやすく、かん水や降雨によって一時的に水分ストレスが緩和されて糖度が低下しても、再度水分ストレスが付与されることにより糖度は上昇しやすくなると思われた。



第8図 ‘豊福早生’における収穫期のクエン酸含量で区分したクエン酸含量の推移

注) 収穫時のクエン酸含量(g/100ml)で区分
I : 1.0未満、II : 1.0以上1.1未満、III : 1.1以上



第9図 収穫期のクエン酸含量で区分した‘豊福早生’のLWPの推移

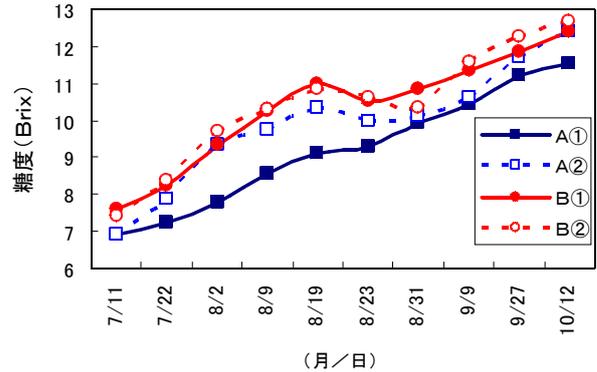
注) 収穫時のクエン酸含量(g/100ml)で区分
I : 1.0未満、II : 1.0以上1.1未満、III : 1.1以上

(試験2) 生育期の糖度を基準とした管理の検討

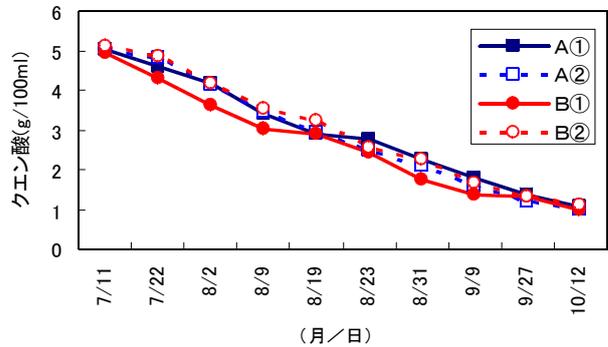
8月19日の分析結果では、A①区を除いて糖度が10以上となった。そのため、マルチを巻き上げて降雨を約40mm入れた結果、糖度は一時低下したものの、その後上昇して収穫時には糖度12.0以上となった。A②区は、8月2日時点では糖度8.5～9.0の基準以下であったが、8月19日時点で基準の範囲内となり、収穫時には11.5まで上昇した（第10図）。

クエン酸は、B①区でやや低く推移したが、収穫時に

は他の処理区とほぼ同じ1g/100ml程度となった（第11図）。

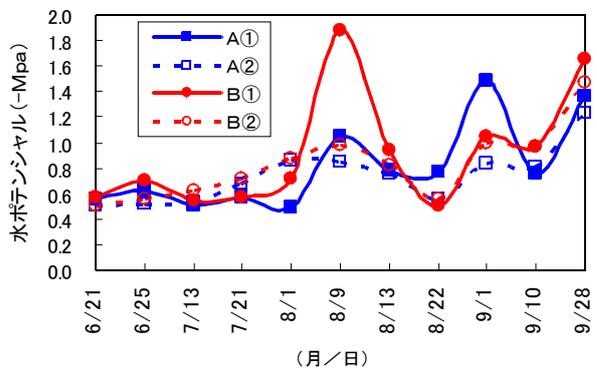


第10図 管理方法が異なる‘豊福早生’における糖度の推移



第11図 ‘豊福早生’の管理方法の違いによるクエン酸の推移

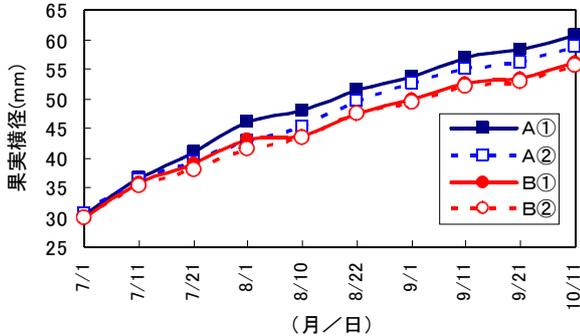
LWPは、8月上旬のかん水の有無で大きく異なり、かん水を実施したA②区とB②区の変化は小さかったものの、かん水を実施しなかったA①区とB①区は8月9日までに大きく低下し、特に、B①区では-1.9MPa程度となった。また、8月20日から21日にかけての降雨を入れなかったA①区では、9月1日には-1.5MPa程度まで低下した。なお、9月下旬から収穫時までは、すべての処理区で-1.0MPa以下となった（第12図）。



第12図 管理方法が異なる‘豊福早生’におけるLWPの推移

果実横径の肥大は、7月21日以降A①区で最も大きく推移した。次いで、8月10日以降肥大が良好となった

A②区であり、B①区、B②区はほとんど差がみられず最も小さく推移した(第13図)。果実横径の日肥大量は、8月1日まではA①区が最も良好であった。B①区では、最も水分ストレスが付与されていた8月1日から10日までの日肥大量は0.1mm以下であった。



第13図 管理方法が異なる‘豊福早生’における果実肥大の推移

A区について、糖度上昇と水分ストレスについてみると、7月中旬から下旬にかけてLWPが-0.6MPa以上で推移したA①区に比べ、-0.8MPa程度となったA②区の糖度上昇が顕著であった。A②区では8月下旬に降雨を約40mm入れた結果、糖度は一時的に低下したものの、その後の糖度上昇はA①区より大きかった。このことから、7月中旬以降土壌水分を少水分状態として7月下旬から8月上旬にかけて水分ストレスが付与されることにより、効果的な糖度上昇が可能になると考えられた。

(試験3) 生育期の簡易水分ストレス診断を指標とした管理の検討

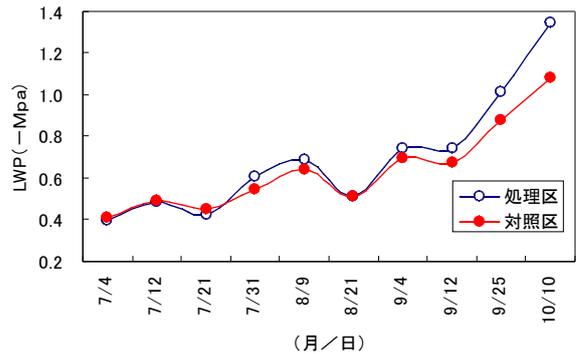
LWPは、7月下旬以降、8月21日を除いて、対照区に比べ処理区でやや小さく推移し、9月中旬から収穫時にかけてその差は大きくなった(第14図)。

葉の水分吸収率は、7月下旬以降、8月21日を除いて対照区に比べ処理区でやや大きく推移し、9月下旬から収穫時にかけてその差は大きくなった(第15図)。

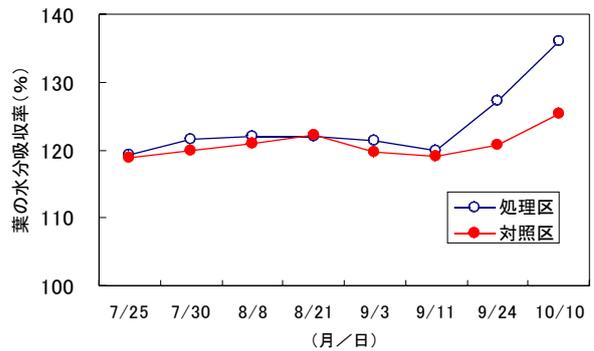
果実肥大は6月30日から7月20日頃まではほぼ同様に推移したが、8月1日以降は処理区の果実肥大がやや緩慢となり、対照区に比べてやや小さく推移した(第16図)。果実の日肥大量は7月中旬までは両区ともに0.5~0.8mm程度と大きかったが、7月下旬から9月上旬までは0.3~0.4mm程度であった。処理区では、対照区に比べてほとんどの期間で日肥大量はやや小さかった(第17図)。

糖度は、8月上旬までは処理区、無処理区とも同様に推移した。その後、処理区では糖度の上昇が顕著となり、8月下旬以降になると対照区に比べ処理区でやや高くなった。特に、水分ストレスの大きかった9月以降は、処

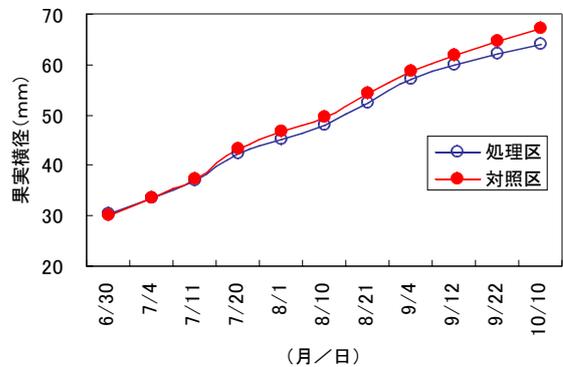
理区と対照区の差が大きくなり、収穫時には11.0以上となった。また、減酸の程度については、処理区と対照区との差は小さく、収穫時のクエン酸含量は1.0g/100ml程度であった(第18図)。エチクロゼートの散布による果実品質の向上効果⁹⁾¹⁰⁾については、すでにその効果が認められているが、2006年のように生育期の樹体の水分ストレスが不足する場合にも、エチクロゼートの散布を行った結果、樹体への水分ストレスの付与が高まり、品質向上効果がみられた。



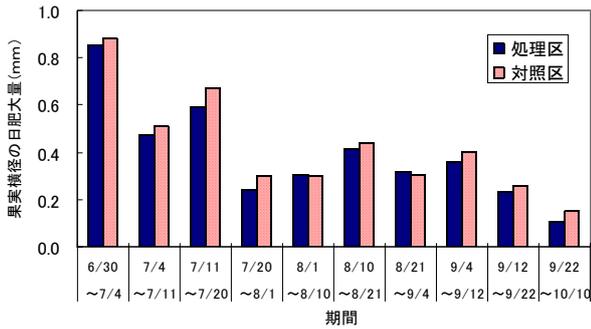
第14図 管理方法の違いによるLWPの推移



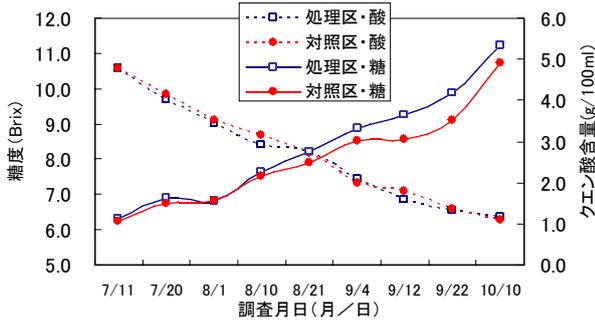
第15図 管理方法の違いによる葉の水分吸収率の推移



第16図 管理方法の違いによる果実横径の推移



第17図 管理方法の違いによる果実横径の日肥大量



第18図 管理方法違いによる糖酸の推移

V 引用文献

- 1) 河瀬憲次・望岡亮介・尾形凡生・高辻豊二：農業及び園芸 68(7), 45-49, 1993.
- 2) 河瀬憲次・望岡亮介・尾形凡生・高辻豊二：農業及び園芸 68(8), 57-63, 1993.
- 3) 中里一郎・松永茂治・岸野 功：長崎果樹試報 3, 1-10, 1996.
- 4) 高辻豊二：農業技術 46, 398-401, 1991.
- 5) 町田 裕・間苧谷徹：園学雑 43(1), 7-14, 1974.
- 6) 貝原洋平・宮本輝仁・新堂高広：園学雑 75(別2), 2006.
- 7) 宮本久美：和歌山果園試報 9, 1-15, 1993.
- 8) 平井康一・禿 泰雄：園学要旨 昭和53春, 36-37, 1978.
- 9) 平井康一・禿 泰雄・富永茂人・大東 宏：園学要旨 昭和55春, 40-41, 1980.
- 10) 水田泰徳・西谷延彦・永井耕介：兵庫農技研報（農業） 43, 107-114, 1995.

Summary

Relationship between Water Stress and Tree change for High Quality Fruits Production in Very early Satsuma Mandarin ‘Toyofukuwase’

Kuniya KITAZONO, Hideo SAKAKI and Kensuke FUJITA

Under sheet-multi cultivatin of Very early satsuma mandarin ‘Toyofukuwase’, in early October harvesting time for sugar content of more than 11.0 tree of water stress and the level of the water stress giving of tree and the relation to the fruits sugar content were examined. Moreover, simple diagnostics of water stress and the diagnosis index of the water stress that the high fruit sugar content were able to produce with stability by proper tree growth was examined.

1. In early October during harvesting sugar content of more than 11.0 and August 10 for the sugar content to around 8.5 to 9.0 is required.
2. In order to achieve this sugar content, water potential, -0.8 to -1.0 MPa water stress is necessary, based on simple tree-body reaction diagnostic indicator of leaf moisture absorption rate is 125 to 130 percent of the fruit's Day hypertrophy in the amount of about 0.2 mm.
3. When the water stress at the growing period is insufficient, the water stress is promoted by spraying ethychlozate in the end of July and the sugar content has improved.