

キウイフルーツの土壌水分管理が果実品質及び樹の生育に及ぼす影響

牛島孝策・千々和浩幸・林 公彦
(園芸研究所)

キウイフルーツの‘ヘイワード’を供試して、梅雨明け後の7月中旬から収穫期の11月上旬までの土壌水分をフィルムマルチ処理及びかん水によって制御し、土壌pF、葉の最大水ポテンシャル、果実の横径及び炭水化物含量の経時変化と収穫後に追熟させた果実の品質を調査した。さらに、前年の土壌水分管理が翌年の樹の初期生育に及ぼす影響を調査した。

土壌水分を7月中旬～8月まではpF2.3～2.5の湿潤に、9月～11月上旬まではpF2.7～2.9の乾燥状態に保つことにより、果実肥大に影響なく果実の炭水化物含量が増加し、収穫時及び追熟後の果実糖度が高くなった。また、葉の最大水ポテンシャル値と土壌pF値は相関が高く、葉の最大水ポテンシャル値により土壌の乾湿程度を推定できることが示唆された。

7月中旬～8月までの土壌水分をpF2.7程度の乾燥状態にすると結果母枝が細くなり翌年の新梢の初期生育が劣るが、9月～11月上旬までを同様な乾燥状態にしても樹の生育に及ぼす影響はなかった。

[キーワード：キウイフルーツ、土壌水分、葉の最大水ポテンシャル、果実品質、樹の生育]

Effects of Soil Moisture on Fruit Quality and Tree Growth in Kiwifruit. USHIJIMA Kosaku, Hiroyuki CHIJIWA and Kimihiro HAYASHI (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 17: 129-132 (1998)

In order to improve the quality of the 'Hayward' kiwifruit (*Actinidia deliciosa* C.F.Liang et A.R.Feyguson), soil moisture controlling was examined for its effect on fruit quality and tree growth. Soil moisture was controlled by the authors by mulching soil from July to November using air permeable film (porous film) and impermeable film (polyethylene film). The results were as follows: (1) Keeping soil moisture at pF2.3-2.5 from July to August, and at pF2.7-2.9 from September to the harvesting time (November) improved fruit carbohydrate content and brix after ripening. (2) A significantly high correlation was observed between the soil moisture and the leaf water potential. (3) Controlling soil moisture at over pF2.5 from July to August, resulted in lean branch diameters and poor shoot growth the following year.

[Key words: fruit quality, kiwifruit, soil moisture, tree growth, water potential]

緒 言

本県におけるキウイフルーツの‘ヘイワード’の栽培は1980年代より始まり、栽培面積は1991年に586haと最大になったが、その後減少して1994年には426haとなった²⁾。キウイフルーツが導入された当初は、国内産の生産量が少なく、高価格で販売されていたが、現在では国内産の生産量の増加に加え、ニュージーランド産との競合により価格は低迷し、1kg当たり単価は226円(1994年)まで下落している²⁾。キウイフルーツの生産振興を図るには、生産者の収益を増加させることが必要である。そのため近年本県では、追熟した果実で糖度(brix)15%以上のものを‘博多甘熟娘’のブランド名で販売して、高単価で取引されている²⁾。しかし、キウイフルーツの果実品質は年次や園地間差が大きいことが認められており³⁾、ブランド化商品となり得る高品質果実を連年安定生産できる技術は未だ確立されていない。

キウイフルーツの樹上や追熟後の果実糖度は年次間差が大きく、その要因として、夏季の日照時間、平均気温、降水量があげられ、特に降水量に伴う土壌水分の多少が大きく関与している³⁾。ウンシュウミカンでも果実の生

育期の土壌水分が果実糖度に大きく影響しており、さらにマルチ資材の処理により土壌の乾燥を促すことで、果実糖度を高めることが可能である^{5,6,7)}。そこで、本報告ではキウイフルーツの果実品質に大きく関与していると考えられる梅雨明け後の7月中旬から収穫終期の11月までの土壌水分を制御し、土壌pF、樹体の水分ストレスの指標となる葉の最大水ポテンシャル⁸⁾、果実横径及び果実中の炭水化物含量を経時的に調査し、土壌水分が果実品質に及ぼす影響を明らかにした。さらに、土壌水分管理が翌年の樹の初期生育に及ぼす影響についても検討した。

材料及び方法

1995年に園芸研究所に栽植しているキウイフルーツ‘ヘイワード’8年生を供試した。土壌水分の制御期間は、梅雨明け後の7月12日～9月3日までの夏季と、9月4日～収穫終期の11月9日までの秋季に分けた。試験区は、A区を夏季に湿潤、秋季に乾燥処理、B区を夏季に乾燥、秋季に湿潤処理、C区を夏季、秋季とも湿潤処理、D区を慣行の敷きわら処理の4区とし、1区1樹4反復と

した。なお土壌は、中粗粒黄色土造成相（花こう岩質）で、排水は良である。

土壌水分の管理方法は、湿潤処理では土壌水分保持のために、敷きわらと黒色ポリエチレンフィルムをマルチした。土壌pFはブドウやニホンナシで樹体に強い水分ストレスが起きない^{3,4)}とされている2.5以下に保つようにかん水を行った。乾燥処理では土壌乾燥を促進するために、雨水を遮断し、蒸散による水蒸気を透過させる多孔質フィルム（タイベックシートハードタイプデュポン社製）をマルチし、土壌pFが2.8を越え葉焼け等の土壌乾燥による障害が発生した場合にかん水を行った。A～C区のかん水はかん水チューブを用いて1回当たり10mm程度行った。マルチは樹冠下に幅3m、高さ20cmのうねを栽植列に沿って作り、そのうね上に1樹当たり3m×6mで処理した。なお、土壌水分制御期間の1995年7月～11月の降水量は7月1半旬に359mmと多かったが、7月6半旬より、9月4半旬までは平年よりやや少なかった。9月5半旬に127mmの降雨があり、その後は平年よりやや少ない量で推移した（データ略）。

各区とも、土壌pF、葉の最大水ポテンシャル、果実横径、全糖及びデンプン含量を7月中旬～11月にかけて定期的に調査し、11月上旬に収穫した果実の収穫時及び追熟後の果実品質を調査した。土壌pFは、主幹から1mの地点で深さ20cmの位置の土壌を、処理区当たり2カ所テンシオメーターで測定した。葉の最大水ポテンシャルは、1樹当たり3葉を供試し、プレッシャーチャンバー（大起理化学工業）を用いて、町田・間苧谷⁶⁾の方法により日の出前の午前4～5時に測定した。各区から得られた各測定日における土壌pF値及び葉の最大水ポテンシャル値を利用して、土壌pFを説明変数、葉の最大水ポテンシャルを目的変数として回帰分析を行った。果実横径は1樹当たり10果を調査した。全糖及びデンプン含量は、1樹当たり3果を供試して、全糖は試料10gを80%エタノール4mlで3回抽出し、同量の2N塩酸で加水分解した後、Somogyi-Nelson法で測定した。デンプンはエタノール抽出残さ物を4.6N過塩素酸4mlで3回抽出後、100mlに定容して2時間煮沸し、1N-NaOHで中和した後Somogyi-Nelson法で測定した。果実は11月上旬に1樹当たり20果収穫し、果実縦横径、果実重を測定し、10果を収穫時に、残りの10果を追熟後に硬度、糖度 (brix) を測定した。硬度は、果皮をはく皮しマグネステラー型硬度計（富士平工業）で測定した。なお、追熟はエチレン発生資材（甘熟パック白石カルシウム）を用いて20℃で7日間の処理を行った。

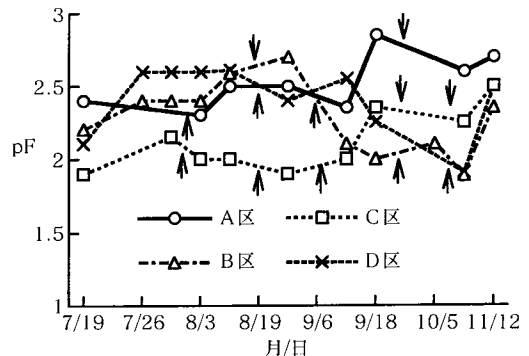
土壌水分管理が翌年の生育に及ぼす影響をみるため、1樹当たり20本の結果母枝を1996年5月22日に調査した。調査項目は、母枝の基部径、新梢長、葉数、葉色及び着蕾数とし、葉色は葉緑素計（SPAD-502 ミノルタ）を用いて測定した。

結 果

土壌pF値は、A区（夏季湿潤、秋季乾燥）では、7月下旬～9月上旬まではpF2.3～2.5で推移し、9月中旬

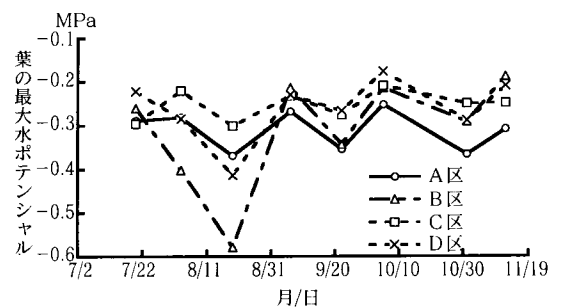
～11月上旬までは、pF2.7～2.9と高かった。B区（夏季乾燥、秋季湿潤）では、8月にpF2.6～2.7と高く、9月以降は、pF2.5以下であった。C区（夏季、秋季湿潤）では、夏季の湿潤処理をA区と同様に行ったが、9月上旬まではpF1.9～2.0とA区より低い値で推移した。9月中旬以降は、pF2.3～2.5で推移した。D区（慣行）では、7月下旬から8月上旬にpF2.6と高く推移したが、9月中旬以降pF1.9～2.3と低下した（第1図）。

葉の最大水ポテンシャルは、A区で-0.25～-0.37MPaの間で推移し、変動が小さかった。B区は、乾燥処理期間の7～8月にかけて-0.23～-0.58MPaへと急激に低下し、水分ストレスによるとみられる葉焼け、落葉がみられた。湿潤処理期間の9月以降は-0.20～-0.30MPaで推移した。C区は、-0.21～-0.31MPaと高く推移し、処理区中最も変動が小さかった。D区は、8月に-0.29～-0.41MPaと低かったが、9月以降は-0.21～-0.29MPaで推移し変動が大きかった（第

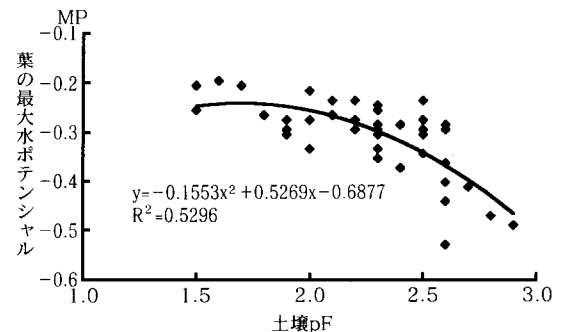


第1図 土壌水分管理と土壌pFの推移(1995年)

1) 図中の↑はチューブによるかん水を示す



第2図 土壌水分管理と葉の最大水ポテンシャルの推移(1995年)



第3図 土壌pFと葉の最大水ポテンシャル(1995年)

2図)。

各区から得られた、各測定日における土壤pF値及び葉の最大水ポテンシャル値を利用して、回帰分析を行った結果、土壤水分が低下しpF値が上がるほど、葉の最大水ポテンシャル値は低下した(第3図)。

果実横径は、A区の湿潤処理期間中の7月18日、8月17日はそれぞれ42.5mm、46.0mmと、他の区より大きかったが、乾燥処理に移った9月以降は果実肥大が抑えられ、収穫時には51.4mmであった。B区は、乾燥処理期間中の7月18日～8月17日にかけて果実肥大が抑えられ、収穫時まで処理区中最も小さく推移した。C区は、調査を開始した7月18日には最も小さかったが、その後順調に肥大し収穫時には最大の52.1mmとなった。果実肥大は、乾燥処理期間中であるA区の9月以降及びB区の7～8月でやや劣ったが、収穫時の果実横径は処理区間に有意差はなかった(第4図、1表)。

果実中の全糖含量は、各区とも7月21日には0.7～0.9%の範囲であったが、8月15日、9月18日には0.3～0.6%の範囲に低下した。9月18日以降は増加に転じ、収穫時の11月9日にはA区で4.4%と最も高く、次いでC区及びD区の2.9%、B区は最も低く2.1%であった(第5図)。

デンプン含量は、各区とも7月21日には1.7～1.9%であったが、8月15日には3.3～4.0%となった。9月18日にはC区で9.0%と最も高くなり、他の区は7.6～7.7%の範囲であった。9月以降は、A区を除くと減少する傾向がみられた(第6図)。

収穫時の果実品質は、果実重が105～109gと処理区間に明らかな差はみられなかったが、糖度(brix)はA区で有意に高く、収穫時9.3%、追熟後15.0%であった。他の区は収穫時で6.9～8.0%、追熟後で13.7～13.8%であった。果形指数(横径/縦径)はA区及びD区で0.77とやや大きかった(第1表)。

第1表 土壤水分管理と果実品質(1995年)

処理	果実径			果実重	収穫時		追熟後		果形指数 ¹⁾
	長横径	短横径	縦径		硬度	糖度	硬度	糖度	
	mm	mm	mm	g	kg	%	kg	%	
A区	53.4	48.2	65.8	106	9.9	9.3a ²⁾	1.3	15.0a	0.77
B区	52.8	46.6	67.5	105	10.9	6.9b	1.7	13.7b	0.74
C区	52.7	47.8	66.2	109	10.9	8.0ab	1.2	13.8b	0.76
D区	53.2	48.2	65.9	109	10.2	7.8b	1.5	13.8b	0.77

1) 果形指数:横径/縦径 硬度:マグネステラー型で測定
2) tukey-kramerの多重検定により異符号間で有意差あり(5%レベル)

第2表 土壤水分管理と翌年の生育(1996年)

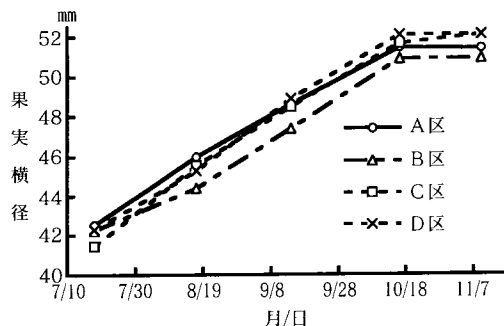
処理	母枝基部径	葉色 ¹⁾	新梢		
			長	葉数	着蕾数
	mm		cm	枚	個
A区	11.6a ²⁾	48.3	29.9	6.5	2.2
B区	10.4b	45.0	23.8	5.7	2.2
C区	11.6a	48.8	33.9	7.0	2.8
D区	10.9ab	47.1	30.6	6.6	2.7

1) 葉色:SPAD502による測定値
2) tukey-kramerの多重検定により異符号間で有意差あり(5%レベル)

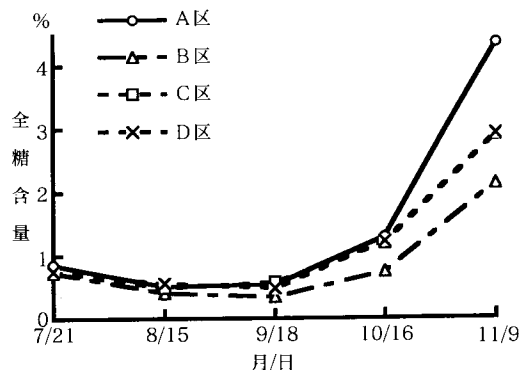
翌年の樹の生育は、結果母枝の基部径がB区で10.4mmと最も小さく、新梢長も23.8cmと短かった。着蕾数は、各区とも結果枝当たり2.2～2.8蕾であった(第2表)。

考 察

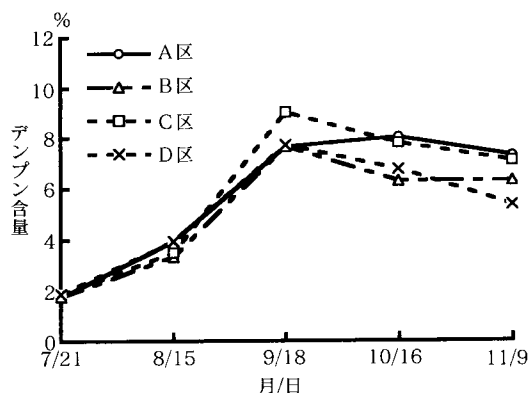
樹体の水分ストレスを測定する指標のひとつとして、ウンシュウミカンではプレッシャーチャンバーを用いた葉の最大水ポテンシャルの測定が有効であるとされている^{6,7,8)}。町田ら⁸⁾は果樹のような深根性作物の水分ストレスを調査するには、葉の最大水ポテンシャルの測定が簡単で優れた方法であるとしている。また、川野⁶⁾はウンシュウミカンで土壤水分と葉の最大水ポテンシャルの間には高い相関があることを報告している。今回の試験では、キ



第4図 土壤水分管理と果実横径の推移(1995年)



第5図 土壤水分管理と全糖含量の推移(1995年)



第6図 土壤水分管理とデンプン含量の推移(1995年)

ウイフルーツ ‘ヘイワード’を用いて、7月から収穫までの期間をフィルムマルチにより土壌水分を制御し、土壌pFと葉の最大水ポテンシャルを測定した。その結果、土壌pFと葉の最大水ポテンシャルの間には、土壌水分が減少してpF値が上昇すれば、葉の最大水ポテンシャルが低下するという一定の傾向がみられ、ウンシュウミカンでの報告⁶⁾と一致した。このことから、キウイフルーツでも葉の最大水ポテンシャルが樹体の水分ストレスの指標となる可能性が示唆された。

キウイフルーツは根域が浅く、土壌の乾燥、過湿のいずれにも弱いこと⁹⁾、また、樹体の水分ストレスに対する葉の気孔閉鎖が遅く、葉焼け等の障害が起きやすいことが報告されている⁸⁾。今回の試験でも、夏季に土壌を乾燥させた区では、葉焼けや落葉がみられた。土壌水分が果実の肥大や光合成速度に及ぼす影響については、根域制限したブドウ ‘巨峰’及びニホンナシ ‘幸水’で報告されており^{3,4)}、果実肥大期の樹体に強い水分ストレスを与えない土壌水分は、ブドウではpF2.2～2.3以下、ニホンナシではpF2.2～2.5以下とされている。また、ブドウの光合成速度は、土壌水分がpF2.5以上になると低下するとされている³⁾。

本試験のキウイフルーツでは、乾燥処理として土壌pF2.7～2.9程度、湿潤処理として土壌pF1.9～2.5程度の条件を設定し、各処理を夏季と秋季に組み合わせて試験したが、果実肥大については、本試験程度の乾湿条件ではほとんど影響がないことが明かとなった。しかし、果実中の炭水化物含量は夏季の乾燥処理により低下し、逆に秋季の乾燥処理では増加することが認められた。さらに、夏季の乾燥処理では枝梢の生育及び枝梢中の貯蔵養分に依存する翌年の新梢の初期生育が劣ることも認められた。このことは、果実肥大及び枝葉の生育が同時に行われている夏季高温時の土壌乾燥は、樹体に強い水分ストレスを与え、葉の光合成速度が著しく低下し同化養分の供給そのものが低下することに加え、果実と枝葉の養分競合により両器官とも同化養分の転流及び蓄積量が不足するためと考えられる。一方、果実肥大及び枝梢の生育がほぼ終了している秋季の乾燥処理は、本試験の葉の最大水ポテンシャル値の推移からも明らかのように、夏季の乾燥処理ほど樹体に対して強い水分ストレスは与えなかった。ウンシュウミカンでは土壌が乾燥すると、果汁の物理的な濃縮、果実への同化産物の分配率の高まり、多糖類の生合成の抑制、細胞壁構成多糖類の加水分解によって糖濃度が高まり果実糖度が上昇する^{1,5)}とされている。また、YAKUSHIJIら¹²⁾は糖の集積機構について浸透圧調節機構の点から解析し、細胞が膨圧を維持するために果肉内に糖類、アミノ酸及び有機酸を蓄積し浸透調節を行っていることを明らかにしている。本試験ではキウイフルーツもウンシュウミカンと同様に、果実肥大がほぼ終了した段階での果実が萎縮しない程度の乾燥処理により、果実中の水分含量が低下することで全糖含量が高くなることが推察された。

以上のことから、梅雨明け後から収穫期までの期間の土壌水分を制御することで、糖度が高く品質の優れたキウイフルーツ果実を生産することが可能であり、具体的

な土壌水分管理法としては以下のことが考えられた。まず、梅雨明け後の7月から8月にかけての時期は果実肥大が盛んであるため、土壌水分がpF2.5以上にならないようにマルチ等を処理して水分保持に努め、炭水化物の果実への転流を促し果実肥大を促進する。そして、果実の成熟が始まる9月以降は、土壌水分をpF2.5以上の乾燥状態に管理し、果実内の炭水化物含量を高める。なお、今回の試験では2種類のフィルムマルチを時期を変えて被覆しており、資材費や労力等の経済性については検討の余地がある。今後は、生産現場で応用できるように省力、低コストで高精度の果実生産が可能な土壌水分管理法を確立する必要がある。

引用文献

- 1) 朝倉利員・小川勝利・本條均・壽松木章・間苧谷徹 (1991) ¹³Cトレーサー法による水ストレス下でのウンシュウミカンの糖蓄積機構の解析. 園学雑 **60**別2: 22-23.
- 2) 福岡県果樹振興協議会編 (1996) 「博多甘熟娘」生産指針, pp21
- 3) 今井俊治 (1991) 密植・根域制限栽培による4倍体ブドウの早期成圃化の実証IV自動かん水とその指標化. 広島果樹試研報 **3**: 32-63.
- 4) 今井俊治・本田敏夫・藤原多見夫 (1994) ナシ ‘幸水’における果実、幹径の日変化に及ぼす土壌水分の影響. 生物環境調節 **32**(3): 155-162.
- 5) 岩切徹 (1993) 農業技術大系果樹編1. 各種土壌管理. 東京: 農文協, pp154.8-12.
- 6) 川野信寿 (1984) 早生温州の加温ハウス栽培における土壌水分管理に関する研究. 大分柑橘試研報 **2**: 11-37.
- 7) 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時期の影響. 福岡農総試研報 **16**: 76-81.
- 8) 町田裕・間苧谷徹 (1974) 果樹の葉内水分不足に関する研究 (第1報) Pressure chamberによる温州ミカン葉のwater potentialの測定法について. 園学雑 **43**(1): 7-14.
- 9) 二宮敬和・佐川正典・清水康夫・石川啓・笹川巴雄 (1991) キウイフルーツの品質評価法に関する研究 (第1報) 成熟期における果実品質の変動の実態と物理的指標による品質の評価について. 愛媛果樹試研報 **10**: 57-76.
- 10) 大熊正寛・末沢克彦 (1984) 農業技術大系果樹編5. キウイ樹の生育と土壌条件. 東京: 農文協, pp 41-44.
- 11) 末沢克彦 (1989) 農業技術大系果樹編5. キウイ樹の生育特性. 東京: 農文協, pp7-12.
- 12) YAKUSHIJI, H., H. NONAMI, S. ONO, N. TAKAGI, and Y. HASHIMOTO (1996) Sugar Accumulation Enhanced by Osmoregulation in Satsuma Mandarin Fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci **121**(3): 466-472