点滴かん水方法と水量が無加温栽培ブドウ‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響

誌名	島根県農業技術センター研究報告 = Bulletin of the Shimane Agricultural Technology Center
ISSN	0388905X
著者名	倉橋,孝夫 栂野,康行 大畑,和也 門脇,稔
発行元	島根県農業技術センター
巻/号	43号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-12
発行年月	2015年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

点滴かん水方法と水量が無加温栽培ブドウ‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響

倉橋孝夫[1)]・栂野康行[2)]・大畑和也[2)]・門脇　稔[3)]

Effect of Method and Volume of Drip Irrigation on Growth and Fruit Quality of ‘Delaware’ Grape

Takao Kurahashi[1)], Yasuyuki Togano[2)], Kazuya Ohata[2)], Minoru Kadowaki[3)]

Ⅰ　緒　　言

これまで果樹園のかん水は，天然の雨水に加えスプリンクラー等で補助的にかん水を行うのが一般的であった．このかん水方法では，根域が拡がって大木になりやすく，降雨が続くと，糖度の低下や裂果の発生などの果実品質の低下が認められた．逆に，土壌の乾燥が続くと樹体の衰弱や枯死の発生，モモなどでは果実へ渋みの発生（久保田・工藤 1992）などが認められた．ぶどうの施設栽培でも，かん水は主にスプリンクラーを用いて土壌の乾燥程度により１～２週間に１回，20～30mm/10a 行われている．このかん水方法では，晴天日が続いて乾燥状態になると水分不足により果粒肥大の悪化や小粒果の発生が問題となる．逆に，降雨が続き土壌が過湿になると，裂果の発生や果実糖度の低下などが発生している．また，余剰の水分や肥料は，地下水や河川へ流出して，硝酸態窒素などによる汚染が問題となっている．

これらの問題を解決するため，色々な樹種で根域を制限して，この部分にのみ集中してかん水や施肥を行う点滴かん水同時施肥栽培が行われるようになった．カンキツでは吉川ら（2001），森永ら（2004，2010）が周年マルチシートを樹冠下に敷いて，その下に点滴かん水チューブを設置し，かん水と施肥を同時に行うことにより，果実糖度が高く，果実の着色も早くなることを明らかにしている．ナシでは，大谷・八巻（2011）が点滴かん水により盛土式根圏制御で栽培した‘幸水’は，地植え栽培と比べ早期多収で，果実品質も優れたと報告している．ブドウでは，今井ら（1991），今井（1994）が根域制限栽培でテンシオメーターによる土壌水分でかん水制御を行うことにより着色良好で，糖度の高い果実が生産できると報告している．倉藤ら（2008）は超密植栽培システムでマルチとかん水同時施肥を行うことで定植２年目から成園並みの果実生産が可能であったとしている．また，倉橋ら（2007），倉橋（2008b）は，‘デラウェア’で肥料分を含んだ養液をブドウの根域の部分だけほぼ毎日点滴かん水する点滴かん水同時施肥栽培により，根域が点滴チューブの回りに集中し，ブドウが養水分を効率的に吸収できるようになり，果実品質が向上し，裂果が軽減できることを明らかにしている．

本研究の一部は，平成19年度農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業で実施した．

1）栽培研究部
2）栽培研究部果樹科
3）栽培研究部果樹科（現在，西部農林振興センター）

しかし，これまでの経験から点滴かん水を行っても成熟前の天候により果実品質に大きな影響を受けることが明らかとなっている．そこで，天候の影響をできるだけ少なくし，コンスタントに高品質果実を生産するためには，天候に合わせたかん水量を施用する必要があると考えられる．これまでブドウの生育と天候及びかん水量の関係は，金原ら（2011）が盛土式根域制限栽培‘巨峰’で，日射量に基づくかん水管理を行ったところ高品質な果実が生産できたと報告している．須藤・小林（2013）は根圏制御のハウス栽培‘巨峰’で天候によりかん水量を変えることにより裂果を防止できると報告している．しかし，ハウス栽培‘デラウェア’で，生育期の日射量とかん水量がぶどうの生育や果実品質に及ぼす影響について検討した報告はみあたらない．本報告では，成熟前の日射量の異なる2年間において，かん水量，日射量と生育，果実品質の関係について一定の知見が得られたので報告する．

Ⅱ　材料及び方法

島根県農業技術センター果樹科ほ場（出雲市）のライシメータ（幅4.5×3.5m×深さ1.5m）に植栽されている無加温栽培‘デラウェア’（台木テレキ5BB，43.5本植え/10a）を試験材料として用いた．2007年(試験1年目)が4年生，2008年（試験2年目）が5年生であった．

1. 2007年（試験1年目，満開後20日から成熟期の日射量の少ない年）

2007年の試験区は，4年生‘デラウェア’14樹（試験区各2樹）を用いて，日射比例点滴かん水区（日射比例区）と日同量点滴かん水区（日同量区）を設けた．日射比例区（括弧内は満開後20日から成熟期の日平均かん水量）は，日射比例少（0.5t）区，日射比例中1（0.7t）区，日射比例中2（0.9t）区，日射比例多（1.1t）区の4区，日同量区は日同量少（1.0t）区，日同量中（2.0t）区，日同量多（3.0t）区の3区を設定した．

日射比例によるかん水制御方法は，3MJ/㎡/日の日射量が積算されるとかん水が始まり，設定したかん水量が出ると自動で止まるシステムである．日射量はソーラーエース（MS-62，英弘精機製）を用いて測定した．1回の10 a当たりの設定かん水量は日射比例少（0.5t）区＝0.1t，日射比例中1（0.7t）区＝0.16t，日射比例中2（0.9t）区＝0.22t，日射比例多（1.1t）区＝0.27tとした．日射比例区の処理は5月15日から開始し，かん水回数は晴天日が6～9回，曇天日は0～1回，1日平均かん水回数は満開期から20日後までが4.0回，満開後20日から着色始期が3.1回，着色始期から成熟期が3.8回であった．結果として生育時期別1日・10a当たりのかん水量は表1の通りであった．また，ライシメータからの排水量は，1週間毎に測定した．

日同量区は満開期から成熟期の10a当たり・1日当たりの施用量は日同量少（1.0t）区が1t，日同量中（2.0t）区が2t，日同量多（3.0t）区は3 t / 日となるようにかん水量を設定し，4月23日から7月31日まで処理を行った．各区とも1日に4回に別けてかん水を行った．

葉面積指数の測定は，満開期の5月14日から成熟期の7月12日まで5回行った．測定方法は樹全体の新梢の本梢長と副梢長を全て測定して，総数と総長を求めた．測定日毎に長さの異なる新梢を10本採取し，新梢長と葉面積の回帰式を求めて，この式に測定樹の総新梢数と平均新梢長を代入して葉面積指数を求めた．樹冠占有面積は植え付け間隔から23㎡とした．

幹の肥大は4月20日に主幹中央部にアルミ箔を巻き，枝の肥大によって開く間隙を1週間間隔で測定して求めた．

収穫は7月31日にすべての果実を採取して，収量や裂果房率を調査し，果実品質は各樹から10房を抽出して房重，1粒重，果色，糖度，酒石酸含量を調査した．

2. 2008年（試験2年目，満開後20日から成熟期の日射量の多い年）

2008年の試験区は，5年生‘デラウェア’14樹を用いて，日射比例区（括弧内は満開後20日から成熟期の日平均かん水量）は日射比例少（1.3t）区が3樹，日射比例中（2.1t）区が4樹，日射比例多（3.2t）区が3樹，日同量

(1.7t) 区が4樹を設定した.

日射比例によるかん水制御は，倉橋ら(2008a) が作成したリーフソーラー点滴かん水装置（キョーワガス産業製）を用い，葉面積指数と日射量からかん水量を算出する数式((0.19×日射量)×(0.39×葉面積指数＋0.16)×樹冠占有面積）に日射比例少（1.3t）区＝0.5倍，日射比例中（2.1t）区＝0.8倍，日射比例多（3.2t）区＝1.2倍の係数を乗じてかん水量を設定し，展葉期（4月21日）から成熟期（7月28日）までかん水量を変えて試験を行った. 日同量区も同様の時期とし，1日に4回に別けてかん水を行った. 結果としての生育時期別のかん水量は表2の通りである. また，ライシメータからの排水量は，前年と同様に1週間毎に測定した.

葉面積指数の測定は，満開期の5月9日から収穫後の8月6日まで5回行った. 測定方法は，測定する樹の中心部付近に2m×3mの枠を作り，その中の新梢の本梢長と副梢長を全て測定して，総数と総長を求めた. 測定日毎に同じ樹から長さの異なる新梢を10本採取し，新梢長と葉面積の回帰式を求めて，この式に測定樹の総数と平均長を代入して葉面積指数を求めた. 幹の肥大は4月25日に主幹中央部にアルミ箔を巻き，枝の肥大によって開く間隙を1週間間隔で測定して求めた.

収穫は，7月28日にすべての果実を採取して，収量や裂果房率を調査し，果実品質は各樹から10房を抽出して調査した，方法は2007年と同様の方法で行った.

Ⅲ 結　果

1. 2007年（試験1年目）

2007年の満開期から成熟期の日平均日射量は10.2MJ/㎡で，果粒肥大期の満開後20日から成熟期の日射量は9.1 MJ/㎡と少なく，特に，着色始期から成熟期が平年並みに雨が多く日照不足の年であった（表1）. ライシメータからの排水量は，日同量多（3.0t）区で満開後20日から成熟期の排水量は0.3t/10aであり，他の区はほぼなかった（データ省略）.

表1　試験区のハウス内日射量と10a当たり日平均かん水量(2007)

試験区（満開後20日～成熟期の10a当たり日平均かん水量）	単位	展葉期～満開期	満開期～満開後20日	満開後20日～着色始期	着色始期～成熟期	満開後20日～成熟期の平均	満開期～成熟期の平均
月．日	月．日	4/23～5/14	5/15～6/4	6/5～6/21	6/22～7/31	6/5～7/31	5/15～7/31
日平均日射量	MJ/㎡	12.9	13.2	12.8	7.5	9.1	10.2
日射比例少（0.5t）区	t/日	—[a]	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
日射比例中1（0.7t）区	t/日	—[a]	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7
日射比例中2（0.9t）区	t/日	—[a]	1.0	0.8	1.0	0.9	0.9
日射比例多（1.1）区	t/日	—[a]	1.3	1.0	1.2	1.1	1.2
日同量少（1.0t）区	t/日	0.5[b]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
日同量中（2.0t）区	t/日	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
日同量多（3.0t）区	t/日	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

[a] 5t程度/週
[b] かん水量は実際の施用量を10aに換算した量

表2　試験区の生育時期別の日射量と10a当たりの日平均かん水量(2008)

試験区（満開後20日～成熟期の10a当たり日平均かん水量）	単位	展葉期～満開期	満開期～満開後20日	満開後20日～着色始期	着色始期～成熟期	満開後20日～成熟期の平均	満開期～成熟期の平均
期　間	月．日	4/21～5/19	5/20～6/5	6/6～6/25	6/26～7/28	6/6～7/28	5/20～7/28
日平均日射量	MJ/㎡	6.2	10.0	10.2	11.7	11.2	10.9
日射比例少（1.3t）区[a]	t/日	0.5	1.1	0.9	1.5	1.3	1.2
日射比例中（2.1t）区	t/日	0.7	1.6	1.6	2.4	2.1	2.0
日射比例多（3.2t）区	t/日	1.1	2.5	2.6	3.5	3.2	3.0
日同量（1.7t）区	t/日	0.7	1.3	1.8	1.7	1.7	1.6

[a] 日射比例区のかん水量の数式＝（0.19×日射量×（（0.39×葉面積指数）＋0.16））×係数
係数は日射比例少量（1.5t）区＝0.5倍、日射比例中量（2.4t）区＝0.8倍、日射比例多量（3.5t）区＝1.2倍

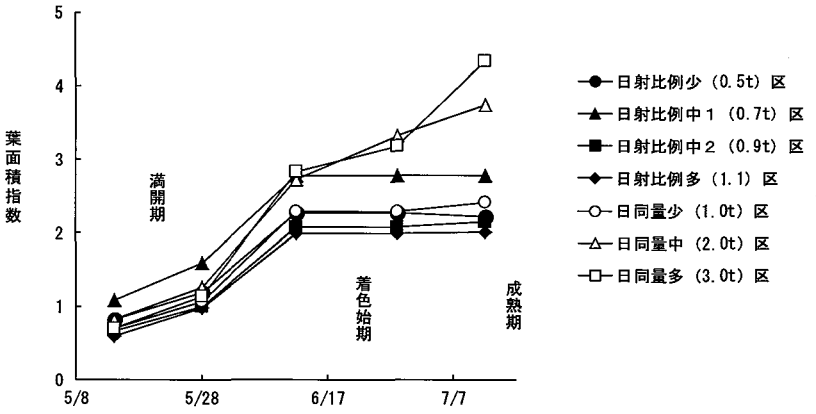

図1　かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の葉面積指数の推移に及ぼす影響(2007)
脚注の括弧内は満開後20日～成熟期の日平均かん水量（10a当たり）

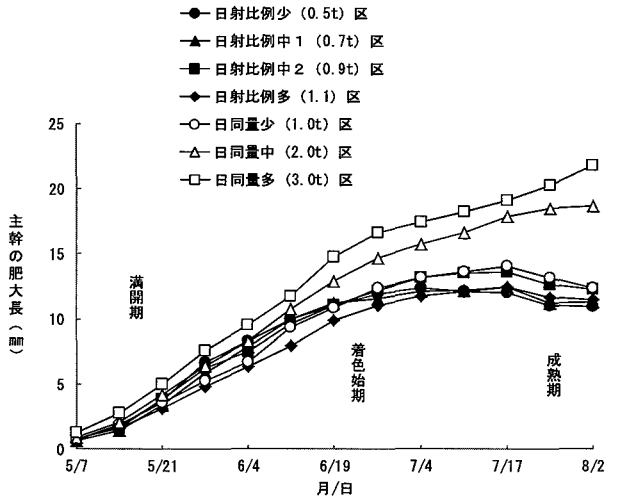

図2　かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の主幹の肥大に及ぼす影響（2007）
脚注の括弧内は満開後20日～成熟期の日平均かん水量（10a当たり）

表3　かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の収量，果実品質と裂果発生率に及ぼす影響(2007)

試験区（満開後20日～成熟期の10a当たり日平均かん水量）	収量 (kg/樹)	収量 (kg/10a)	1房重 (g)	1粒重 (g)	果色[a)]	糖度 (°Brix)	酒石酸 (g/100ml)	裂果房率 (%)	裂果房率 (甚、5粒以上、%)
日射比例少（0.5t）区	36.5	1,586	189.5	1.74	5.3	16.8	0.54	33.7	3.4
日射比例中1（0.7t）区	41.4	1,799	224.2	2.00	5.3	18.7	0.50	38.4	5.0
日射比例中2（0.9t）区	38.6	1,678	231.0	1.93	5.3	18.8	0.49	44.4	8.4
日射比例多（1.1）区	40.1	1,743	220.0	1.96	5.5	19.2	0.49	41.1	8.4
日同量少（1.0t）区	43.0	1,869	241.0	1.90	5.7	19.2	0.49	58.0	10.1
日同量中（2.0t）区	44.5	1,934	221.8	2.02	4.8	17.9	0.57	75.0	25.8
日同量多（3.0t）区	45.2	1,965	221.6	2.00	4.4	17.0	0.68	56.2	21.8

[a)]（独）果樹研究所作成カラーチャート値

かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’と葉面積指数の推移に及ぼす影響について示したのが図1である．葉面積指数は日射比例の各区と日同量少（1.0t）区で6月12日に2～2.7となり，その後ほぼ一定であった．しかし，日同量中（2.0t）区，日同量多（3.0t）区では7月12日まで葉面積指数が増加し，特に，日同量多（3.0t）区では4.3まで増加した．

かん水方法，量と主幹の肥大量との関係をみたのが図2である．主幹の肥大は，どの区とも生育当初から生育が進むにつれて徐々に肥大した．しかし，日射比例の各区と日同量少（1.0t）区では，着色始期前後から肥大が停滞し7月中旬から成熟期にかけて減少した．しかし，日同

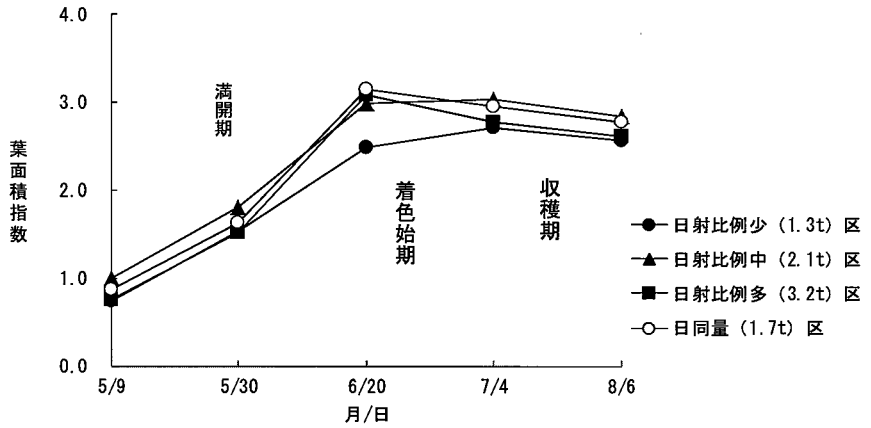

図３　かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の葉面積指数の推移に及ぼす影響（2008）
脚注の括弧内は満開後 20 日～成熟期の日平均かん水量（10a 当たり）

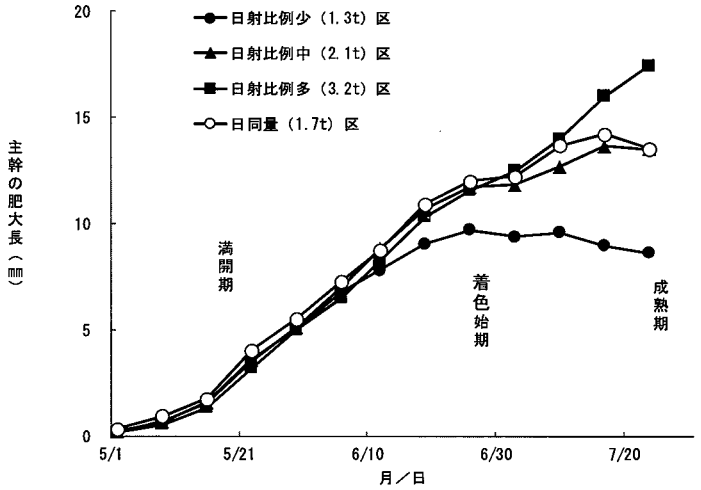

図４　かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の主幹の肥大に及ぼす影響（2008）
脚注の括弧内は満開後 20 日～成熟期の日平均かん水量（10a 当たり）

表４　かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の収量と果実品質および裂果発生率に及ぼす影響(2008)

試験区（満開後20日～成熟期の10a当たり日平均かん水量）	収量 (kg/樹)	収量 (kg/10a)	1房重 (g)	1粒重 (g)	果色[a)]	糖度 (° Brix)	酒石酸 (g/100ml)	裂果房率 (%)	裂果房率 (甚、5粒以上、%)
日射比例少（1.3t）区	45.1a[b)]	1,959.1a	194.4a	1.74a	4.5a	19.6a	0.52a	10.4a	0
日射比例中（2.1t）区	50.9a	2,212.3a	257.7b	2.09b	5.5b	20.7b	0.55a	10.7a	0
日射比例多（3.2t）区	53.0a	2,305.9a	242.3b	2.06b	5.8b	21.3b	0.57a	22.2b	0
日同量（1.7t）区	49.8a	2,164.4a	229.2b	1.92ab	5.8b	21.3b	0.52a	21.9b	0

[a)]（独）果樹研究所作成カラーチャート値
[b)] 異なる英文字はTukey HSD検定（5%）で有意差があることを示す

量中（2.0t）区と日同量多（3.0t）区では成熟期まで主幹の肥大が続いた．かん水方法に関係なく，かん水量の多い区ほど幹の肥大が優れた．かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の各区の収量と果実品質についてみたのが表３である．10a 当たりの収量は，日射比例，日同量に関係なく，かん水量の多い区が多い傾向があり，日同量多（3.0t）区で 1,965kg/10a と最も多く，日射比例少（0.5t）区で 1,586kg と少なかった．果実品質についてみると，１房重は日射比例少

(0.5t) 区が 190 g と軽かったが，他の区ではすべて 220g 以上と差が認められなかった．1 粒重は日射比例少（0.5t）区が 1.74g と最も小さかったが，それ以外は 1.9g 以上と大きかった．果色は日射比例区と日同量少（1.0t）区が 5 以上と高かったが，日同量中（2.0t），日同量多（3.0t）区で 5 以下と低かった．糖度はかん水量の最も少ない日射比例少（0.5t）区とかん水量の多い日同量中（2.0t）区，日同量多（3.0t）区で低く，その他のかん水量 1t/ 日 /10a 程度の区では 18° Brix 以上と高かった．酒石酸含量では，満開後 20 日から成熟期のかん水量 0.9 ～ 1.1t/ 日 /10a の区が最も低く，それよりかん水量が多い区，少ない区とも高かった．裂果房率は，かん水量が多い区で高かった．特に，日同量中（2.0t）区，日同量多（3.0t）区では，裂果程度の甚だしい 5 粒以上裂果房の発生率が高かった．

2. 2008 年（試験 2 年目）

2008 年は，満開期から成熟期の日平均日射量が 10.9MJ/㎡と前年より多く，満開後 20 日から成熟期の日射量も 11.2MJ/㎡と，平年より 7 月が小雨で天候の良い年であった（表 2）．ライシメータからの排水量はどの区ともほぼなかった（データ省略）．

かん水方法と量がブドウ‘デラウェア’の葉面積指数の推移に及ぼす影響について示したのが図 3 である．葉面積指数は各区とも生育が進むにつれて高くなりベレーゾーン期に止まった．着色直前の 6 月 20 日では，日射比例少 (1.3t) 区が 2.5 と最も低く，他の区は 3 程度と高かった．その後，成熟期にかけてやや減少して 2.7 ～ 3 となり，各区の差は認められなかった．

かん水方法，量とブドウ‘デラウェア’の主幹の肥大の関係をみたのが図 4 である．主幹の肥大は，どの区とも生育当初から生育が進むにつれて徐々に進んだ．しかし，どの区とも着色始期前後に肥大が一時的に停滞した．その後，成熟期にかけて，かん水量の多い区ほど肥大が旺盛であったが，日射比例少（1.3t）区では成熟期にかけて減少した．

かん水方法と量が収量と果実品質に及ぼす影響をみると（表 4），収量はかん水量による有意な差は認められなかった．果実品質についてみると，1 房重と 1 粒重は，日射比例少（1.3t）区が小さく，他の区は大きかった．果色は日射比例（1.3t）区が最も悪く，かん水量の多い他の区では 5.5 以上と高かった．糖度も日射比例 (1.3t) 区が 19.6° Brix と最も低く，かん水量の多い他の区は 20° Brix 以上と高かった．酒石酸含量には有意な差は認められなかった．2 年目の裂果の発生は，前年に比べ成熟期に天候が良かったために，裂果の発生が少なく，5 粒以上の裂果程度の甚だしい房はなく，裂果房はすべての裂果粒が 2 粒 / 房程度以下であった．裂果房率は日射比例（3.2t）区と日同量（1.7t）区で 22% 程度と高く，他の区は低かった．

3. 成熟期の日射量，かん水量と果実品質の関係

成熟期前の日射量，かん水量が果実品質に及ぼす影響を明らかにするため，果粒肥大期の満開後 20 日から成熟期の平均日射量の異なる 2007 年と 2008 年におけるかん水量と果実品質の関係について比較した．1 粒重とかん水量の関係をみると（図 5），2007 年は満開後 20 日から成熟期の日射量が少なく降水量も多いため，かん水量と 1 粒重の間に有意な関係は認められなかったが，日射量が多く，降水量の少ない 2008 年はかん水量が多いほど 1 粒重も有意に大きくなった．

果色とかん水量との関係をみると（図 6），日射量の少ない 2007 年では，果色はかん水量が 1.0t/ 日 /10a 前後で良く，2t/ 日 /10a 以上に増加するにつれて低下した．一方，日射量の多い 2008 年は，日かん水量が 1.3t/ 日 /10a で果色が悪かったが，それ以上の 1.7 ～ 3.2t/ 日 /10a のかん水量ではほぼ同程度と良かった．

果実糖度とかん水量との関係をみると（図 7），満開後 20 日から成熟期に日射量の少ない 2007 年は，かん水量が 1 t / 日 /10a 程度で最も果実糖度が高くなり，それよりかん水量が多くても少なくても低下した．一方，日射量の多い 2008 年では，全般的に糖度が高くなったが，かん水量が 1.3t/ 日 /10a で糖度が最も低く，それ以上のかん水量で糖度が 20° Brix 以上と高くなった．

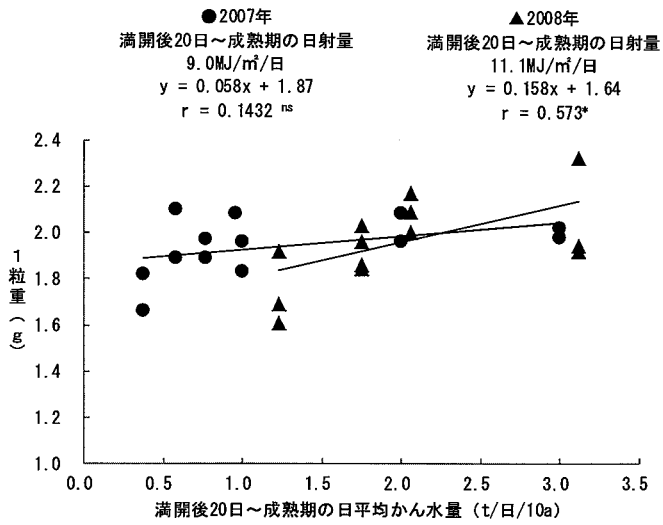

図５　無加温栽培‘デラウェア’の満開後 20 日～成熟期の日平均かん水量と１粒重の関係

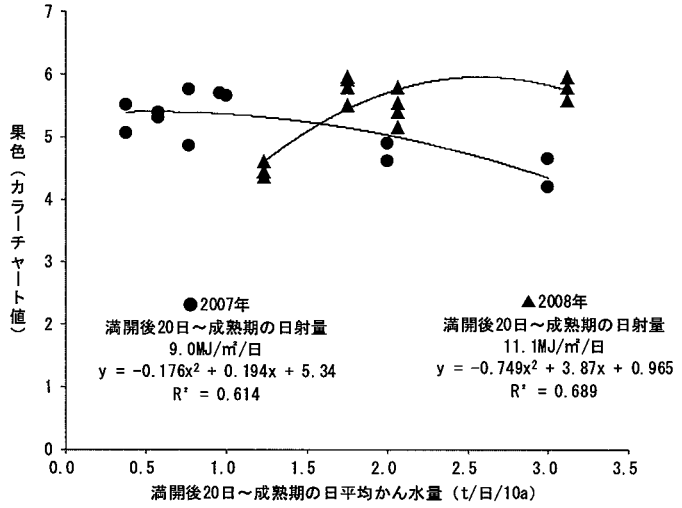

図６　無加温栽培‘デラウェア’の満開後 20 日～成熟期の日平均かん水量と果色の関係

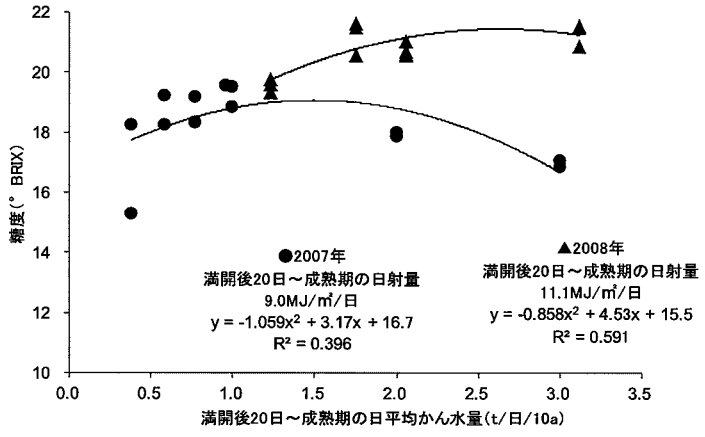

図７　無加温栽培‘デラウェア’の満開後 20 日～成熟期の日平均かん水量と果実糖度の関係

これらのことから，満開後20日から成熟期の日射量の少ない2007年は10a当たりのかん水量が1t/日/10a程度で最も果実品質が優れ，日射量の多い2008年は1.7～3.2t/日/10aで優れた．

Ⅳ 考　察

点滴かん水による栽培は，イスラエルなどの乾燥地帯で，野菜や果樹栽培において樹の周囲に点滴チューブを設置して，かん水を極限まで節水して栽培するために発展してきた．

島根県内のブドウ‘デラウェア’産地は，砂質土壌の園が多く，樹勢が低下しやすく，また，成熟期が梅雨期と重なる作型では，裂果の多発する問題が発生していた．これを解決するために，肥料分を含んだ養液をブドウの根域部分だけほぼ毎日点滴かん水する点滴かん水同時施肥栽培を行ったところ，養分吸収効率の高い細根が点滴チューブの回りに集中し，果実品質が向上し，裂果が軽減できることが明らかとなった（倉橋，2008b）．また，根の回りにだけ点滴かん水を行うことにより従来の防根シートやポットを用いることなく根域がかん水部分のみ拡がり，生育のコントロールがしやすくなった．しかし，根域が制限されているため，天候により蒸散量の変動が大きく，それに合わせたかん水量の調節が，ブドウの樹勢の維持や高品質果実の生産の条件となると考えられる．

そこで，満開後20日から成熟期の日射量の違いによる点滴かん水量と生育の関係を検討した．日射量が少なく天候の悪い2007年は，日射比例かん水区，日同量かん水区とも，1日の平均かん水量が多いほど，栄養生長が旺盛となり葉面積指数の拡大が続き，特に1日のかん水量が2t/日/10a以上の区では，葉面積の拡大が成熟期まで続き，かん水量が多すぎると考えられた．特に，日同量多（3.0t）区では，ライシメータから0.3t/日/10a程度排出されたことから，日射量が少ないため施用したかん水がブドウに利用されなかったものと考えられる．一方，日射量が多く天候の良い2008年では，かん水量の最も少ない日射比例1.3t/10a区で葉面積の初期拡大が悪かったが，かん水量1.7～3.2t/日/10aでは，ライシメータからの排水もほぼなく，葉面積指数の拡大に差がなく，着色始期以降の拡大もなかった．根域制限栽培ブドウ‘巨峰’の土壌水分と葉面積の拡大について今井ら（1991）によると，土壌pF1.5でかん水を行う区は湿潤状態となり，新梢の伸長が旺盛で葉面積の拡大も大きく，逆に，pF2.2でかん水を行う区は，乾燥状態となりかなり強い水分ストレスをうけて新梢の生長が抑制されるとしており，本報告と同様にかん水量は新梢の生長に影響を与えると考えられる．また，大野ら（2008）は，水分消費量と日射量との関係について，水気耕栽培‘デラウェア’の水分消費量は日射量に比例して増加し，葉面積指数3前後のとき雨天から曇天日の水分消費量は1t/日/10a程度，晴天日で3～4t/日/10aであると報告している．2007年の日射量の少ない年では，かん水量が2t/日/10a以上ではブドウの水分消費量より多いかん水量となり，水分ストレスがほとんどない状態で新梢が良く伸び，葉面積指数の拡大が収穫期まで続いたと考えられる．それに対して，日射量の多い2008年は，1.7～3.2t/日/10aのかん水量で，ブドウの水分消費量とほぼ同じ量となり，適度な水分ストレス状態となり葉面積指数の拡大が少なかったものと考えられる．

ブドウの高生産樹は，高橋ら（1989）によると，適正な葉面積指数が3程度で，これが満開30日後頃までに拡大し，その後はほとんど拡大しない樹相であると報告している．しかし，日射量の少ない2007年は，1日のかん水量が2t/日/10a以上の区では，葉面積の拡大が成熟期まで続き，幹の肥大も旺盛であったことから，光合成産物が新梢や幹に多く分配され，果実への分配が減少して果実品質が低下したものと考えられ，かん水量が多すぎると推察される．これらのことから，かん水量を調節することにより，新梢伸長や葉面積指数の拡大がコントロールでき，高生産樹相に調節ができると考えられる．実際に高生産樹相に誘導するためには，満開期から満開後30日位までの葉面積の拡大期間は水分消費量よりやや多めのかん水量で水分ストレスがあまりかからないように施用して，早期に葉面積指数を3程度まで拡大する．

その後は，葉面積が余り拡大せずに，果実肥大も順調となる程度の水分消費量とほぼ同量のかん水量で，やや水分ストレスがかかるように日射量に比例したかん水量を施用すべきであると考えられた．

次に果実品質について検討したい．日射量，かん水量と1粒重の関係について，今井ら（1991, 1994）によると，ブドウの果粒肥大は，果粒中の水分が葉の蒸散に伴って，容易に葉内に移動し，果粒は日中に収縮し夜間に大きくなり，日中の水分ストレスが少ないと肥大が良くなると報告している．本報告で，日射量の少ない2007年では，満開後20日から成熟期の水分ストレスが少なかったため，極端にかん水量の少ない0.5t/日区で1粒重が小さかったのを除き，かん水量が0.7t～3t区では1粒重に差がなかった．一方，日射量が多い2008年は，果粒肥大期から成熟期のかん水量が1.3t区で小さく、2.1tと3.2t区で1粒重が有意に大きくなる傾向が認められた．これは，今井ら（1991, 1994）が報告しているように，天候の良い年は，かん水量が多いほど水分ストレスが少なくなり，かん水量に比例して1粒重が大きくなるためと考えられる．

次に，かん水量と果色や糖度との関係についてみると，温州ミカンでは水分ストレスが強まると，果実内の糖や酸などの成分は直線的に増加し，成熟期の水分ストレス付与は重要な高糖度生産技術であるとしている（間苧谷・町田，1980）．今井ら（1994）は，ブドウで果実の成熟期における水分ストレスは着色を促進し，果汁の糖含量を高めると報告している．本報告では，満開後20日から成熟期に日射量の少ない2007年で，果色，果実糖度ともかん水量が1.0t前後の区で優れ，それよりかん水量が多くても少なくても低下した．かん水量が0.5t区では1粒重も小さく，糖度も低いことから過度の水分ストレスがかかり，気孔が閉じて光合成速度が低下したものと考えられる．一方，2t以上の区ではかん水量が多過ぎて，水分ストレスが少なくなり，さらに高橋（1989）が指摘しているように，新梢生長や幹の肥大などの栄養生長が盛んとなるため，光合成養分が多く枝梢や幹の生長に分配されたために果実糖度や果色が低下したものと考えられた．

一方，満開後20日から成熟期に日射量の多い2008年は，果色および果実糖度ともかん水量が最も少ない日射比例少（1.3t）区で最も劣り，それ以上1.7～3.2t区で優れた．これは，日射量の多い年は，日かん水量1.3t/日/10aで日射量に対しかん水量が少なく，過度の水分ストレス状態となり果実品質が低下したものと考えられる．かん水量が1.7～3.2t/日/10aでは，土壌の水分保持力に加え，水分消費量とかん水量がほぼ同程度で適度な水分ストレスとなり，果色や果実糖度が高くなったものと考えられた．果実品質の面からみると，日射量の少ない2007年は，かん水量が1 t程度の区で，日射量の多い2008年は1.7～3.2t区で高品質果実が生産できた．

島根県の‘デラウェア’産地では，梅雨期間に着色期を迎える作型で，成熟直前に断続的な降雨が1週間続くと裂果の著しい発生が見られる．これまでブドウの裂果発生のメカニズムについて柴（1983）は，果粒肥大が生長第2期に停滞し生長第3期に急激に肥大することにより，果皮に亀裂などの果皮強度の弱い部分が生じる．このため，果皮強度が低下してくる着色期に降雨があると，根からの吸水によって果粒内の膨圧が高まり，弱くなった部分から裂開することによって発生すると報告している．また，須藤・小林（2013）らは，根圏制御栽培ブドウ‘巨峰’で，着色期に晴天日が多い場合はかん水量を多く設定した区でも裂果が発生せずに果実品質が優れたが，逆に雨天日が続くと，かん水量が少なくても高湿度状態となり裂果が多発したとしている．本報告でも，裂果は着色期以降に発生し，着色始期から成熟期に日射量の多い年，少ない年とも，かん水量が多い区ほど多発した．これは，かん水量が多くなるほど1粒重が重くなって果粒内の膨圧が高まって発生したものと考えられた．しかし，日射量の少ない2007年は，かん水が少ない区ほど裂果が少なかったが，完全に防ぐことはできなかった．これは須藤・小林（2013）が指摘しているように，雨天日が続くと空気中が高湿度状態となり裂果が多くなったものと考えられる．

また，本報告で日射比例と日同量の点滴かん

水方式で比較すると，着色期の日射量が少ない2007年は，日射比例多（1.1t）区が日同量少（1.0t）区に比べてかん水量が多いにもかかわらず裂果房発生率がやや低かった．日射量の多い2008年も日射比例中（2.1t）区は日同量（1.7t）区に比べかん水量が多いのにもかかわらず裂果房率が少なかった．これらのことから，裂果はかん水量を減少することによってある程度減少できるが，日射量の多い日にはかん水量が多くなり，少ない日には少量となる日射比例方式によりさらに裂果が減少することが明らかとなった．この理由として，日同量かん水では天候にかかわらず毎日同量のかん水を行うため，雨天日では水分消費量の2倍以上のかん水を行うため果皮の受ける膨圧が高まる．逆に，晴天日は水分消費量より少ないかん水量となり，果粒が収縮状態となり，果皮が受ける膨圧が減少する．これが繰り返されることにより果皮が弱くなり裂果が増加すると考えられる．それに対し，日射比例区は天候にかかわらず水分消費量に近い量をかん水するため，果粒の膨圧の変動幅が少なく裂果が少ないと推察される．以上のことから，果実品質が優れて裂果の少ないかん水方法とかん水量は，日射量の少ない2007年が日射比例方式の1t/日/10a程度で，日射量の多い2008年では，日射比例方式の2.1t/日/10a程度であった．

点滴かん水では，ブドウの根域が点滴かん水チューブの周囲に集まり，かん水量も生育や気象条件に合わせて細かくコントロールすることができるので，ブドウの生育や果実品質をこれまでの栽培に比べ制御しやすくなると考えられる．そのためには，ブドウの高生産樹の生育相（高橋，1989）である，一斉に揃って発芽し，初期の新梢生長が旺盛で，満開後30日頃にはブドウの適正な葉面積指数3となり，満開後30日頃から成熟期は葉色を濃く保ち，新梢があまり伸びない樹相で，収穫後は二次伸長があまりせずに自然に落葉するような生育相に近づけるように生育別にかん水量を調節する必要がある．さらに，天候に左右されずに高品質果実が生産できるように，満開後20日頃から成熟期にはブドウの水分消費量と同程度のかん水量で適度な水分ストレスがかかるように，葉面積指数と日射量に比例したかん水量を施用する必要があると考えられる．

生育時期別に高品質多収の生育相に近づけるようなかん水方法について検討すると，萌芽期から満開後30日位までは，葉面積指数の拡大とともにかん水量を増やし，葉面積の拡大と果実の細胞分裂を促進させるため，日同量で水分消費量よりやや多めのかん水を行う．満開後30日～成熟期は，果実品質を高め，高収量を得る必要があるので，光合成産物が出来るだけ果実に分配されるように，無駄な新梢伸長や葉面積の拡大を抑える必要がある．また，果実は裂果を減少させ，果実糖度を高める必要があるので，適度な水分ストレスがかかるように，ブドウが消費する水分消費量と同程度のかん水量を施用するように葉面積指数と日射量に比例したかん水を行う必要があると考えられた．

この葉面積指数と日射量からブドウのかん水量を算出する装置（倉橋ら，2008a）は，リーフソーラーかん水装置として商品化し，島根県内の‘デラウェア’園で普及を図っている．

V　摘　要

ハウス栽培‘デラウェア’を用いて，成熟前（満開後20日から収穫期）の日射量の異なる2年間で，点滴かん水方法と量がぶどうの生育や果実品質に及ぼす影響について検討した．

1）成熟期前に日射量の少ない2007年における葉面積指数の拡大は、かん水量が多いほど大きく，成熟期まで続いたが，日射量が多い2008年は葉面積の拡大がベレーゾーン期に止まり，かん水量による差がなかった．

2）1粒重についてみると，日射量の少ない2007年はかん水量との間に有意な関係は認められなかったが，日射量が多い2008年はかん水量が多いほど有意に大きくなった．

3）果色と果実糖度は，日射量の少ない2007年にかん水量が1.0t/日/10a前後で優れ，日射量の多い2008年は，かん水量が1.7～3.2t/日/10aで優れた．

4）裂果房発生率は，日射量の少ない2007年，多い2008年ともにかん水量が少ないほど低かった．点滴かん水方法では，日射比例かん

水方式が日同量方式より裂果房発生率が低かった．

以上より、果実品質が優れて裂果が少ない成熟前の最適かん水量は，日射量の少ない年で1ｔ／日／10a，日射量の多い年で2.1t/日/10a程度であった．成熟前のブドウ‘デラウェア’の最適かん水量は日射量により変化し，点滴かん水方法としては，日同量方式より日射比例方式が適していると考えられる．

引用文献

今井俊治・藤原多見夫・田中茂穂・岡本五郎（1991）根域制限栽培のブドウ‘巨峰’の樹体生長と果実発育に及ぼす土壌水分の影響．生物環境調節29，133-140.

今井俊治（1993）根域制限ブドウ樹の体内水分を指標としたかん水技術の実証．農業技術48，385-388.

金原啓一・岸　祐子・須藤貴子・八巻良和（2011）ブドウ‘巨峰’の盛り土式根域制限栽培における吸水量測定と日射量に基づく灌水管理法．園学研10，21-32.

岸　祐子・金原啓一（2003）ドリップ灌水によるブドウ「巨峰」の根域制限栽培における樹冠面積，培土量及び樹齢が樹体生育，果実品質，収量に及ぼす影響．栃木農試研報52，55-61.

久保田尚浩・工藤正吾（1992）モモ果実の渋みとポリフェノール含量に及ぼす土壌乾燥の影響．園学雑61，31-37.

倉藤祐輝・尾頃敦郎・藤井雄一郎・小野俊朗・久保田尚浩・森　茂郎（2008）ブドウにおけるマルチとかん水同時施肥による超密植栽培システムの開発．園学研7，425-431.

倉橋孝夫・笹川悦世・大畑和也・永原美里（2007）点滴かん水量がブドウ‘デラウェア’の生育と果実品質に及ぼす影響．園学研6別2,464.

倉橋孝夫・持田圭介・栂野康行・大野泰司・大畑和也・門脇　稔・山本晴彦・岩谷　潔・平岡潔司・星　典宏・石飛義和（2008a）葉面積指数・日射対応点滴かん水装置の開発とブドウ‘デラウェア’への応用．園学研8別2，415.

倉橋孝夫（2008b）ブドウ＝施設栽培新梢伸長期温湿度・水分管理，養液土耕栽培．最新農業技術果樹№.1．33－41．農文協．東京.

間苧谷　徹・松田　裕（1980）夏期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.

森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・関野幸二・松村　昇・長谷川美典（2004）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効果．園学研3，33-37.

森永邦久・吉川弘恭・草塲新之助・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.

大野泰司・大畑和也・倉橋孝夫（2008）ブドウ‘デラウェア’水気耕栽培における生育時期・葉面積指数・日射量と水分消費量の関係．園学研7別2．114.

大谷義夫・八巻良和（2011）密植・盛土式根圏制御栽培によるニホンナシ‘幸水’の早期多収．園芸研10，233-240.

柴　寿（1983）ブドウの裂果発生要因と防止対策．農及園58，419-425.

須藤貴子・小林正明（2013）根圏制御栽培ハウスブドウ巨峰における裂果防止技術．栃木農試研報71，45-54.

高橋国昭（1989）ブドウの適性収量に関する研究．島根農試研報21，1-104.

吉川弘恭・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による高品質果実栽培．農及園76，685-691.

Summary

The effect methods and volume of drip irrigation for 'Delaware' grape cultivated in plastic house was investigated in terms of growth and fruit quality at the plants' ripening stage (from 20 days after full bloom to harvest). The two years of data were compared: in the year 2007 which had small amount of solar radiation and in the year 2008 which had large amount of solar radiation.

1) The leaf area index (LAI).. increased in accordance with the irrigation volume increase in 2007, which had less solar radiation in the ripening stage, and, LAI increase continued until fruit maturity. In contrast, in 2008, which had ample solar radiation in the ripening stage, the LAI became stable in veraison, and no correlation was noted between LAI increase and irrigation volume.

2) Berry weight in 2007 had no correlation to irrigation volume. However, that in 2008 was positively associated with irrigation volume.

3) Fruit color and Brix were good in 2007 at approximately 1.0t / day irrigation volume, was well as those in 2008 at approximately 1.7 ~ 3.2t / day irrigation volume.

4) Berry splitting tended to have occurred less as irrigation volume deceased in both years. In addition, the incidence of berry splitting was lower with the solar radiation-based irrigation volume adjustment than with the same daily irrigation volume.

Based on the two years of data, during ripening stage, optimum irrigation volume appears to be approximately 1t / day for a year with small amount of solar radiation-, and to be approximately 2.1t / day for a year with considerable solar radiation.

These results indicate that the optimum drip irrigation volume for the 'Delaware' grape in the ripening stage varies depending on the amount of solar radiation. Further, the solar radiation-based drip irrigation adjustment method is more suitable than irrigating a constant daily amount for the 'Delaware' grape.