

モモ ‘白鳳’ の高糖度園と低糖度園の実態並びに 高糖度果実生産要因について

和 中 学¹・林 恭弘²・堀田宗幹¹・久田紀夫²・橋本真穂²

和歌山県農林水産総合技術センター¹ 果樹試験場かき・もも研究所・²農業試験場

Status of the Orchards Producing the Fruits with High Brix and Low Brix and Factors of Producing the Fruits with High Brix in ‘Hakuhou’ Peach

Manabu Wanaka¹, Yasuhiro Hayashi², Muneki Hotta¹, Norio Hisada² and Maho Hashimoto²

¹Laboratory of Persimmon and Peach, Fruit Tree Experiment Station ·

²Agricultural Experiment Station

Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

緒 言

モモの食味に關与して甘みは最も重要な要素である（寿松木，1990a）が，糖度の高い果実を外観から判断することは非常に難しい．近赤外線分光法によりモモ果実の糖度（Brix）を非破壊で測定することが可能であると示され（Kawano，1992），1989年には山梨県，岡山県で国内初のモモの非破壊による糖度選果が実用化された．相川・大久保（1996）は，全国に先駆けモモの糖度選果システムを導入した山梨県白根町西野の農協選果場において内部品質を保証し，差別化商品の出荷が可能となったことで市場評価の向上および販売価格の上昇にも結びついたと報告している．現在ではモモの主要産地での非破壊選果機導入による糖度の保証は必須条件となりつつある．和歌山県での非破壊選果機による糖度保証果実の出荷は，JA ながみね高津選果場（海南市高津）において2001年から開始され，市場からは高い評価を得ている．その後，中心産地の紀の川市にあるモモ選果場の再編や選果機の更新等に伴い，非破壊選果機の導入が進み，2011年には本県モモ出荷量の大多数が糖度選果されている．

モモの果実糖度は日照条件や降雨等の気象条件に左右されることが知られている（千々和ら，1985；寿松木，1990b）．一方，高野（2010）は‘清水白桃’の非破壊選果データを解析した結果，モモの糖度は年次差よりも園地間差が大きかったと報告しており，本県の非破壊選果機導入産地の糖度選果データからも園地間における糖度差の大きいことが示されている（西谷，2008）．市場および消費者から信頼を得て，モモ産地のブランド力を高め，生産者の収益性を向上させるには高品質なモモを安定的に供給続ける必要がある．そのためには，糖度選果による単なる品質保証だけでなく，園地毎の選果データから，栽培上の問題点を明らかにし，品質の向上に向けた取り組みをすることが重要であると考えられる．

そこで、本報では、モモの高糖度果実の安定生産技術開発の一環として、本県のモモ栽培面積の約4割を占める主力品種の‘白鳳’について2008～2009年の2年間、JA紀の里農産物流通センターに出荷する紀の川市内のモモ園の糖度選果データを基に、糖度の高い果実を生産する園地と低い果実を生産する園地を選定して実態調査を行い、これらの園地の特徴を明らかにし、高糖度果実生産に関連性の高い各種要因について検討したので報告する。

なお、本研究は、和歌山県戦略的研究開発プラン事業「養水分制御とGIS解析による高糖度モモの安定生産」（2008～2010年）で実施したものである。

材料および方法

1. 調査園地および選果平均糖度

調査園地は、和歌山県のモモの中心産地である紀の川市のJA紀の里農産物流通センター（紀の川市井田）に出荷している園地から選定した。2008年の調査園地は、2007年産‘白鳳’の選果データより、樹齢および樹の生育の揃った園地から糖度の高い園地（以下、高糖度園）および糖度の低い園地（以下、低糖度園）各8園地を選定した。2009年には両園に新たに2園を追加し、栽培の継続が困難となった低糖度園の1園を除外した。これらの調査園は水田転換園および丘陵地の緩傾斜地園であり、調査開始時の樹齢は6～21年生であった。調査樹は1園3樹とした。また、選果場における糖度の非破壊測定は、三井金属工業（株）の光センサー非破壊糖度選別システム（Qscope-F、上部透過型）により行われ、各園地の全選果果実の平均糖度を選果平均糖度とした。

2. 生育調査および樹冠下の相対照度

2008～2009年の4月に各園調査樹の満開日（約80%開花した日）を調べた。2008年は6月24～25日、2009年は、6月22～23日に葉、新梢長および樹冠下の相対照度を調査した。調査葉は、調査樹の結果枝の先端より発生した平均的な新梢の中間部から1樹あたり15葉を採取した。採取した葉はビニール袋に入れ保冷箱に入れ持ち帰り、電子天秤で葉重を測定するとともに、葉緑素計（ミノルタ製SPAD-502）で葉色を測定後に自動面積計（林電工株式会社製AAM-8型）で葉面積を測定した。また、1樹につき平均的な生育をした亜主枝または側枝を3本選び、先端部から各50新梢（1樹合計150新梢）の長さおよび新梢停止の有無を調査し、平均新梢長および新梢停止率を求めた。さらに、2009年には、調査樹の各主枝の先端から幹方向約3mの主枝上に発生した60cm以上の徒長枝の発生本数を数え、全主枝数の平均値を1主枝あたりの徒長枝発生本数とした。相対照度は、樹冠外照度（全天照度）に対する樹冠下照度の比とした。測定には、照度計（T&D社製PHR-51）を用いて、調査樹の樹冠中央部の地面より約1mの高さで1樹当たり3か所を測定した。

3. 葉分析

全窒素（N）は、2008～2009年の5～7月の各下旬に調査樹の平均的な新梢中位葉を1樹あたり10～15葉採取し、60℃で通風乾燥し、粉碎器で粉碎後分析に供試した。その他の無機養分は、7月下旬に採取した葉を用いた。分析は、土壌、水質及び植物体分析法（財団法人日本土壌協会、2001）に準じて行い、全窒素は乾式燃焼法（ヤナコ社製CNコーダーMT700）で、その他無機養分は湿式分解後にカルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、カリ（K）は原子吸光法（日本ジャーレル・アッシュ製SOLAAR-M）で、リン（P）は、分光光度法（日立製U-2000）で、鉄（Fe）、マンガン（Mn）、亜鉛

(Zn), 銅 (Cu) は ICP 発光分析法 (島津製作所製 ICPS-7500) で行った. また, 分析サンプルを 105°C で乾燥後, 水分含有率を測定し, 乾物当たり含有量を求めた.

4. 土壌の理化学性および物理性

2009 年 6 月に各園調査樹の樹冠内側 30~50cm の地点で第 1 層 (第 1 層が 20cm 以上の深さの場合は 20cm まで) の土壌を採取し, 風乾後に 2mm 目篩を通し, 土壌理化学性を測定した. pH(H₂O) はガラス電極法 (堀場製作所製 F-52) で, EC は, 1 : 5 水浸出法 (東亜ディーケーケー製 CM-20J) で, 全炭素 (T-C), 全窒素 (T-N) は乾式燃焼法 (ヤナコ社製 CN コーダー-MT700) で, 可給態リン酸 (P₂O₅) はトルオーグ法 (日立製 U-2000) で, 交換性塩基は原子吸光法 (日本ジャーレル・アッシュ製 SOLAAR-M) で分析した.

土壌物理性は, 2008~2009 年の冬期に土壌断面調査を実施し, 土壌を 100ml 真鍮製容器に採取し, 土壌, 水質及び植物体分析法に準じて分析を行った. 地表面から第 1 層目 (作土層) の厚さを層の厚さとし, 礫含有率は標準土色帖 (農水省農林水産技術会議事務局他, 1965) を参考に達観で, ち密度は土壌硬度計 (藤原製作所製, 山中式標準型) で, 仮比重は, 試料を 105°C で乾燥後に算出し, 飽和透水係数は定水位法 (大起理化製 DIK-4000) で, pF1.5 水分量は砂柱法 (大起理化製 DIK-3521) で, pF2.7 水分量は多容量土壌 pF 測定器 (大起理化製 DIK-352) で, pF4.2 水分量は遠心法 (日立工機製 CR21GIII) で測定し, 易有効水分量は pF1.5 水分量から pF2.7 水分量を, 有効水分量は pF1.5 水分量から pF4.2 水分量を差し引いた値とした. また 2009 年に 5~8 月に第 1 層 (第 1 層が 20cm 以上の深さの場合は 20cm まで) の土壌を採取し, 無機態窒素, アンモニア態窒素, 硝酸態窒素をケルダール法にて測定した.

5. 果実品質および出荷時期

2008~2009 年の 5 月下旬および 6 月中旬に全ポリフェノール含量分析用果実を 1 樹あたり 5 果採取した. 収穫時の分析用果実は各園で初収穫後, 次回に収穫可能な果実を中心に 2008 年は 7 月 8~17 日に, 2009 年は 7 月 3~14 日に 1 樹 5 果を採取した. 収穫果の果実重, 果汁の糖度はデジタル糖度計 ((株) アタゴ製 Palette PR-201α) で, pH は pH 試験紙ブロムクレゾールグリーン (アドバンテック社製) による達観で, 渋味程度, 全ポリフェノール含量および果肉の窒素含量を測定した.

全ポリフェノール含量分析は, 5 月下旬, 6 月中旬に採取した果実からは 1 果あたりの果肉約 2g を 5 果で 10g, 収穫時の果実については 1 果ずつ果肉 10g を採取した. 採取した果肉は凍結保存し, 分析時に 80%エタノール 100ml を加えて磨砕抽出し, Folin-Denis 法によりカテキンを標準物質として定量した値を全ポリフェノール含量とした.

渋味程度は, 藤本 (2004) による渋味果判定指標に準じ, 調査果実を縫合線両側の表皮から厚さ約 2cm で切断し, 切断面の褐変程度 (約 10 分経過後) および食味調査から渋味程度を 4 段階 (0 : 果肉の褐変ほとんどなく渋味を感じない, 1 : 果肉の褐変少なくやや渋味が感じられる, 2 : 果肉の褐変程度が中程度で渋味が感じられる, 3 : 部分的に果肉の褐変程度がひどく著しい渋味を感じられる) に区分し, 1 果につき 2 か所の平均値を求めた. また, 果肉の窒素含有率は, 凍結乾燥させた果肉を粉碎し, 乾式燃焼法 (ヤナコ社製 CN コーダー-MT700) で全窒素含量を測定し, 105°C で乾燥後, 水分含有率を測定し, 乾物当たり含有量を求めた.

果実の選果場への出荷は収穫当日もしくは前日の収穫果実であり, 初出荷日を出荷開始日, 選荷

データから累積で50%に達した日を出荷盛期，出荷最終日を出荷終了日とした。

結 果

1. 調査園地の選果平均糖度の年次変化

2008～2009年の2年間の調査園の選果平均糖度は、高糖度園平均が11.1～11.3度，低糖度園平均が10.4～10.6度であり，低糖度園に比べ高糖度園が2か年ともに有意に高かった。また，園地選択の基準とした2007年を含めた3か年の選果平均糖度では，高糖度園平均が11.5度であり，低糖度園平均に比べ1.4度有意に高かった（第1表）。なお，高糖度園中の最も低い園地と低糖度園中の最も高い園地の平均糖度の差は2007年には2.1度あったが，2008，2009年にはほとんど差が認められなかった。また，調査園19園中の選果平均糖度の最高，最低は2008年が12.1，10.2度，2009年が11.6，10.0度であり，いずれも同一園で両園地間には1.6～1.9度の糖度差が認められた。

第1表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の選果平均糖度の推移

園 地 分 類	選 果 平 均 糖 度				
	2007年	2008年	2009年	3か年平均	
2008年調査園	高糖度園(8園平均)	12.0	11.3	11.1	11.5
	(園別最低～最高)	(11.7～12.5)	(10.8～12.1)	(10.8～11.6)	(11.1～11.9)
	低糖度園(8園平均)	9.4	10.6	10.4	10.1
	(園別最低～最高)	(9.0～9.6)	(10.4～11.0)	(10.2～10.6)	(9.9～10.5)
有意性 ²	**	**	**	**	
2009年調査園	高糖度園(10園平均)	12.0	11.3	11.1	11.5
	(園別最低～最高)	(11.7～12.5)	(10.8～12.1)	(10.8～11.6)	(11.1～11.9)
	低糖度園(9園平均)	9.4	10.5	10.4	10.1
	(園別最低～最高)	(9.0～9.6)	(10.2～10.8)	(10.0～10.6)	(9.8～10.5)
有意性	**	**	**	**	

²有意性はt検定による ** : 1%水準で有意差あり

2. 高糖度園と低糖度園の満開日，樹体生育および樹冠下の相対照度

高糖度園と低糖度園の満開日の平均は，2008年が4月7～8日，2009年が4月4日で両園地間に有意な差は認められなかった。6月下旬に採取した調査葉の葉重には両園地間に有意な差は認められなかったが，葉面積は2か年とも高糖度園に比べ低糖度園で有意に大きかった。また，2008年に比べ2009年の葉面積は低糖度園に比べ高糖度園で減少幅が大きかったが，両園ともに2009年に新たに追加した園地を除いて求めた葉面積についてはほとんど差がなかった（データ省略）。一方，両園地間の葉色（SPAD値），平均新梢長，30cm以上の新梢割合，新梢停止率には2か年ともに有意な差は認められなかった。また，2009年に調査した徒長枝の発生本数についても，園地間のバラツキが大きく両園地間に有意な差は認められなかった。2か年の樹冠下の相対照度は高糖度園平均が20.2，16.4%，低糖度園平均が9.3，6.9%あり高糖度園の相対照度が低糖度園に比べ有意に高かった（第2表）。

第2表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の樹体生育^zおよび樹冠下の相対照度^y

調査年次	園地分類	満開日	葉重 (g.FW)	葉面積 (cm ²)	葉色 (SPAD値)	平均新梢長 (cm)	30cm以上の 新梢割合(%)	新梢停止率 (%)	徒長枝発生 本数(本)	樹冠下の 相対照度(%)
2008年	高糖度園(8園平均)	4月7日	0.98	47.5	38.9	12.8	13.7	86.8	—	20.2
	低糖度園(8園平均)	4月8日	0.99	52.5	39.2	15.8	16.1	82.7	—	9.3
有意性 ^x		n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—	**
2009年	高糖度園(10園平均)	4月4日	0.86	42.0	41.3	10.7	7.9	88.5	3.4	16.4
	低糖度園(9園平均)	4月4日	0.96	51.2	41.2	14.1	13.4	89.0	8.5	6.9
有意性		n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

^z調査は両年次ともに6月下旬、徒長枝は調査樹の主枝先端から幹方向約3mに発生した60cm以上の新梢本数の主枝数あたりの平均

^y相対照度は高さ約1mの樹冠中央部照度÷全天照度×100

^x有意性はt検定による ** : 1%, * : 5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし

3. 高糖度園と低糖度園の葉中無機成分含量

両園の葉中窒素(N)含量は2か年ともに6月下旬から7月下旬に低下する傾向が認められた。2008年の葉中窒素含量には高糖度園、低糖度園の間に有意な差は認められなかったが、2009年には、6月下旬を除いた葉中窒素含量は、高糖度園に比べ低糖度園で有意に高かった。窒素以外の葉中無機成分含量(7月下旬)では、両園地間のリン(P)含量およびマグネシウム(Mg)含量には有意な差は認められなかった。カリ(K)含量は2008年のみ低糖度園で有意に高く、カルシウム(Ca)含量は2か年ともに低糖度園で有意に高かった。また、微量元素ではマンガン(Mn)および亜鉛(Zn)含量は2008年のみ低糖度園で有意に高く、鉄(Fe)含量には両園地間に有意な差は認められなかった。(第3表)。

第3表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の葉中無機成分含量^z

調査年次	園地分類	葉中無機成分含量									
		N(%)			P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Mn(ppm)	Fe(ppm)	Zn(ppm)
		5月下旬	6月下旬	7月下旬							
2008年	高糖度園(8園平均)	3.32	3.39	2.78	0.16	2.41	1.96	0.28	73.9	47.3	14.8
	低糖度園(8園平均)	3.53	3.46	2.94	0.18	2.77	2.62	0.32	93.3	30.0	26.3
有意性 ^z		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	*	n.s.	**
2009年	高糖度園(10園平均)	3.11	3.35	2.37	0.21	2.95	2.28	0.50	58.4	77.0	29.3
	低糖度園(9園平均)	3.44	3.52	3.18	0.20	3.12	2.65	0.56	73.6	83.7	41.5
有意性		*	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^z乾物当たり

^y有意性はt検定による ** : 1%, * : 5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし

4. 高糖度園と低糖度園の土壌の理化学性および物理性

土壌の理化学性では、交換性苦土含量(MgO)が高糖度園平均に比べ低糖度園平均で2倍あり、低糖度園で有意に高かった。しかし、両園地間のpH、EC、全炭素含量、全窒素含量、可給態リン酸含量(P₂O₅)、交換性カリ(K₂O)および交換性石灰(CaO)含量には有意な差は認められなかった(第4表)。また、土壌の物理性では、高糖度園の仮比重が低糖度園に比べ有意に高く、易有効水分量は低糖度園に比べ高糖度園で有意に低かった。しかし、両園地間の層の厚さ、礫含有率、ち密度、飽和透水係数および有効水分量には有意な差は認められなかった(第5表)。2009年に調査した5月中旬から8月上旬に採取した土壌の無機態窒素含量、アンモニア態窒素含量および硝酸態窒素含量

には両園地間に一定の傾向がみられなかった（第1図）。

第4表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の土壤理化学性(2009年)

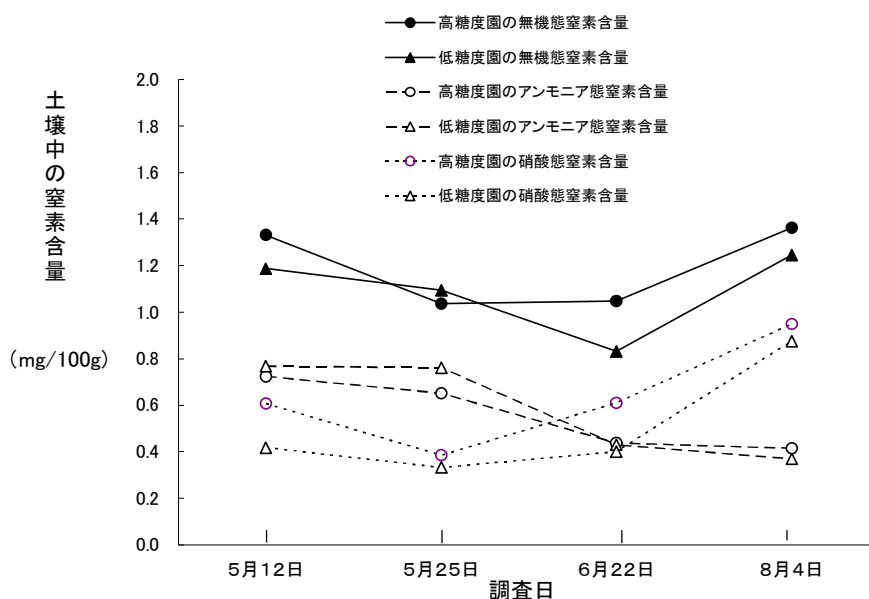
園地分類	pH (H ₂ O)	EC (mS/m)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性塩基		
						K ₂ O (mg/100g)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)
高糖度園(10園平均)	6.5	0.07	1.23	0.13	86	28	156	23
低糖度園(9園平均)	6.7	0.07	1.42	0.14	111	28	185	46
有意性 ^z	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**

^z有意性はt検定による ** : 1%, * : 5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし

第5表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の土壤物理性(2009年)

園地分類	層の厚さ (cm)	礫含有率 (%)	ち密度 (mm)	仮比重 (g/ml)	飽和透水係数 (×10 ⁻³ cm/sec)	易有効水分量 (ml/100ml)	有効水分量 (ml/100ml)
高糖度園(10園平均)	23	8.1	20.2	1.37	56.3	5.9	19.2
低糖度園(9園平均)	25	11.0	19.2	1.23	80.1	7.3	19.3
有意性 ^z	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.

^z有意性はt検定による ** : 1%, * : 5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし



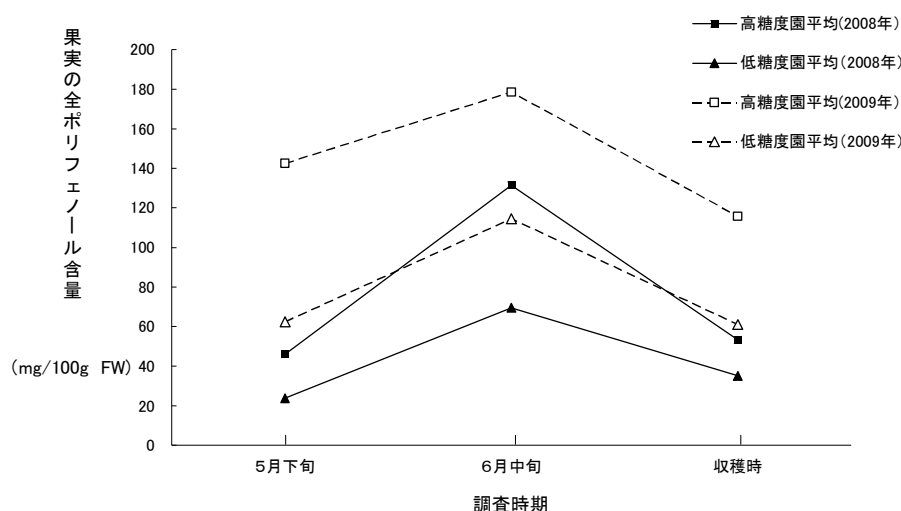
第1図 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の土壤中の無機態窒素含量の推移(2009)

5. 高糖度園と低糖度園の果実品質および出荷時期

果実の全ポリフェノール含量は2か年とも両園地で5月下旬から6月中旬に増加し、収穫期に減少する傾向が認められた。2008年に比べ2009年の全ポリフェノール含量が高い傾向にあったが、2か年とも5月下旬から収穫期の全ポリフェノール含量は低糖度園に比べ高糖度園で高かった（第2図）。収穫果の糖度は2か年ともに高糖度園が低糖度園に比べ有意に高かった。2か年の収穫果の

果肉中の窒素含量は高糖度園平均が 0.64, 0.68%, 低糖度園平均が 0.83, 0.86%あり、ともに高糖度園が低糖度園に比べ有意に高かった。一方、果実重, pH, および渋味程度には2か年とも両園地間に有意な差は認められなかった(第6表)。

出荷時期については、両園地間の収穫始めには有意な差は認められなかったが、園地の累積収量が50%に達した日から求めた出荷盛期は、2か年ともに低糖度園平均が高糖度園平均に比べ3~5日有意に遅かった。出荷終了日は2008年には両園地間に有意な差は認められなかったが、2009年には低糖度園平均が高糖度園平均に比べ3日遅れた。また、満開日から出荷盛期までの所要日数は2009年には有意な差は認められなかったが、2008年には高糖度平均の96日に比べ低糖度園平均が100日と4日遅れた(第7表)。



第2図 高糖度園と低糖度園の果実の全ポリフェノール含量の推移

第6表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の果実品質

調査年次	園地分類	果実重 (g)	測定糖度 (Brix)	pH	渋味程度 ^z	果肉中窒素含量 (% DW)
2008年	高糖度園(8園平均)	306.9	12.9	4.7	0.34	0.64
	低糖度園(8園平均)	318.9	11.8	4.5	0.26	0.83
有意性 ^y		n.s.	**	n.s.	n.s.	**
2009年	高糖度園(10園平均)	307.1	13.4	4.5	0.33	0.68
	低糖度園(9園平均)	316.7	12.1	4.6	0.32	0.86
有意性		n.s.	**	n.s.	n.s.	**

^z 渋味程度は0~4段階(0:果肉の褐変ほとんどなく渋味なし, 1:果肉の褐変少なくやや渋味が感じられる, 2:果肉の褐変程度が中程度で渋味が感じられる, 3:部分的に果肉の褐変程度がひどく著しい渋味が感じられる)で評価し, 果実赤道部果肉切片2か所の平均値から求めた。

第7表 ‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の出荷日と満開日から出荷盛期までの所要日数

調査 年次	園地分類	出荷日 ^z			満開日から出荷盛期 までの所要日数(日)
		出荷始め	出荷盛期	出荷終了日	
2008年	高糖度園(8園平均)	7月7日	7月12日	7月22日	96
	低糖度園(8園平均)	7月9日	7月17日	7月26日	100
有意性 ^y		n.s.	**	n.s.	**
2009年	高糖度園(10園平均)	7月4日	7月9日	7月14日	97
	低糖度園(9園平均)	7月6日	7月12日	7月17日	99
有意性		n.s.	**	**	n.s.

^z出荷日は園地別の選果場への出荷実績による。出荷盛期は累積で全出荷量の50%を超えた日

^y有意性はt検定による ** : 1%, * : 5%水準で有意差あり, n.s. : 有意差なし

6. 園地選果平均糖度と各種要因との相関

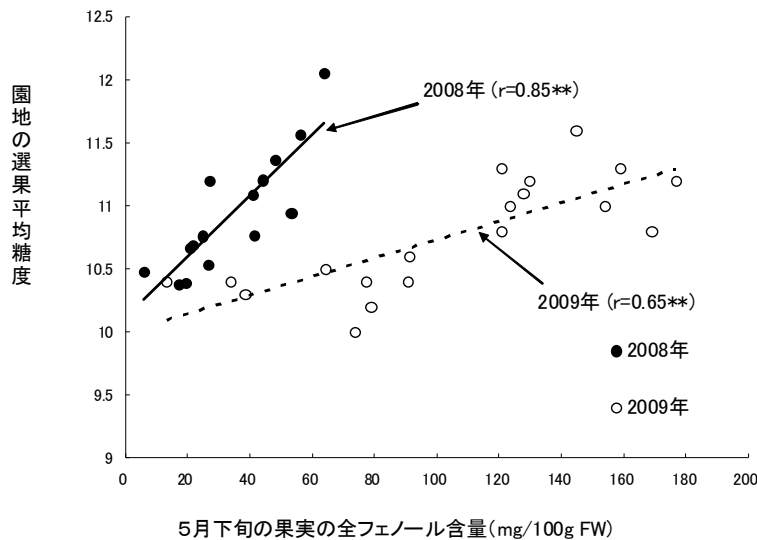
2か年の園地選果平均糖度と調査項目との相関を求め、有意差の認められた要因と園地選果平均糖度の相関係数を第7表に示した。2か年ともに葉面積と土壌の交換性苦土(MgO)含量および易有効水分量には負の相関が認められた。また、分析果については糖度以外では5月下旬の全ポリフェノール含量に正の高い相関が認められ(第3図)、果肉中の窒素含量との間には負の高い相関が認められた。2か年の園地平均糖度と果肉中の窒素含量との関係を見ると窒素含量が約0.5~0.6%で糖度の高い傾向にあり、0.8%以上では糖度が低い傾向にあった(第4図)。

一方、樹冠下の相対照度は2008年には有意な差が認められなかったが、2009年には正の高い相関が認められた。葉中無機成分含量では、窒素含量(N)には2009年の6月下旬および7月下旬に負の相関が認められた。また、2009年のカルシウム含量(Ca)には負の相関が認められ、微量元素では2008年の鉄(Fe)含量に負の相関がみられた。分析果では2008年の収穫果のpH、2009年の6月中旬および収穫時の全ポリフェノール含量との間に正の相関が認められた。なお、これらの要因の中で分析果の果実重との間には、2か年ともに葉面積には有意な負の相関(2008年の $r=0.57^*$ 、2009年 $r=0.58^*$)が認められ、樹冠下の相対照度には2009年のみ負の相関(2009年 $r=0.47^*$)が認められた。しかし、分析果の果実重とそれ以外の要因との間には有意な相関が認められなかった(データ省略)。

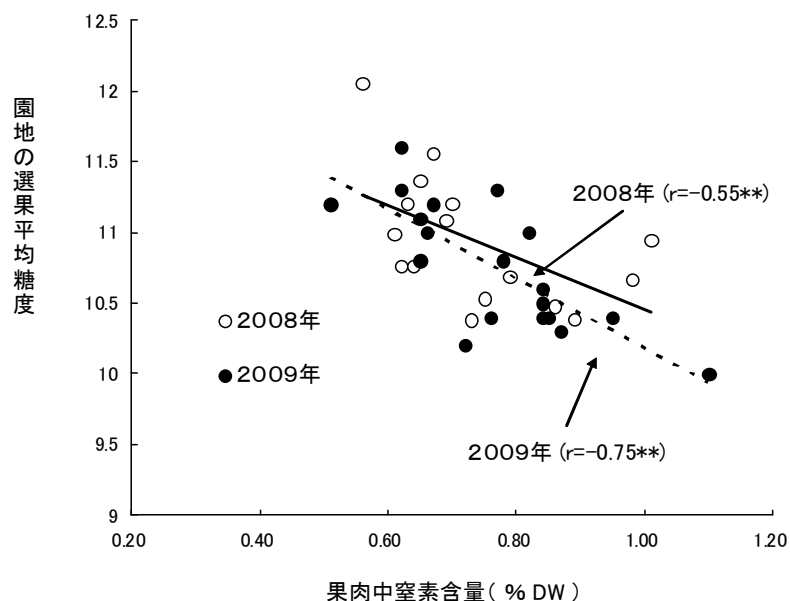
第8表 園地選果平均糖度と有意な相関の認められた要因の相関係数

要 因	2008年 (n=16)	2009年 (n=19)
(樹体生育、相対照度)		
葉面積	-0.53 *	-0.65 **
樹冠下の相対照度	0.49	0.79 **
(葉中無機成分含量)		
N含量 (6月下旬)	-0.40	-0.43 *
N含量 (7月下旬)	-0.41	-0.77 **
Ca含量 (7月下旬)	-0.49	-0.46 *
Fe含量 (7月下旬)	-0.55 *	-0.10
(土壌理化学性および物理性)		
MgO含量	-0.57 *	-0.54 *
易有効水分量	-0.56 *	-0.57 *
(果実品質, 出荷時期)		
糖度(収穫時分析果)	0.80 **	0.73 **
pH(収穫時分析果)	0.55 *	-0.19
全ポリフェノール含量 (5月下旬)	0.85 **	0.65 **
全ポリフェノール含量 (6月中旬)	0.35	0.51 *
全ポリフェノール含量 (収穫時)	0.49	0.67 **
果肉中窒素含量 (収穫時)	-0.55 *	-0.75 **
出荷盛期	-0.50 *	-0.55 **

注) 表中の*は5%水準で, **は1%水準で有意差あり



第3図 5月下旬の果実の全ポリフェノール含量と園地の選果平均糖度



第4図 調査園の収穫果の果肉中の窒素含量と園地の選果平均糖度

以上の結果、2か年とも高糖度園および低糖度間に有意差が認められた要因の中では、葉面積、樹冠下の相対照度および葉中Ca含量、5月下旬の果実の全ポリフェノール含量並びに収穫果の果肉中の窒素含量、土壌の易有効水分量および交換性苦土含量は園地選果平均糖度との関連性が高いと考えられた。

考 察

高野（2010）は岡山県南部の糖度センサーを導入した産地の‘清水白桃’の糖度と日照時間および降水量の関係を解析し、選果場における平均糖度は、日照時間が多く降水量の少ない年ほど高く、年次間差は最大で2.6度であり、同一年次における糖度の生産者間は最大で4.6度であり、気象要因以上に栽培環境要因が大きいことを報告している。本研究における糖度選果データから選定した‘白鳳’調査園の選果平均糖度は、2007年から2009年までの3か年ともに低糖度園に比べ高糖度園が有意に高かった。また、園地の選果平均糖度の最高と最低は年次によっては約2度の差があり、高野が報告するように調査園地間の栽培環境の違いは糖度に大きな影響を及ぼしているように考えられた。

過剰な窒素や堆肥の施用はモモの糖度や品質を低下させることが報告されている（渡辺，1960；小池，1992）。また、岡本（2001）は‘白鳳’の根域制限栽培樹を用いた試験区において、多肥区は、適正区に比べ糖度の低下以外に熟期が遅延し、酸味が強く食味や日持ち性が劣ったと報告している。さらに、村田（1970）はモモの収穫果の果肉中の窒素含量と糖度との間に有意な負の高い相関があること認め、高野（2010）は‘清水白桃’の収穫果の果汁中の窒素含量が多い樹では糖度が低く、

少ない樹では糖度が高い傾向にあったと報告している。‘白鳳’における本調査結果からも収穫果の果肉中窒素含量と園地の選果平均糖度には有意な負の相関が認められた。また、年次により低糖度園では高糖度園に比べ葉中窒素含量が高く、出荷盛期が数日遅れる傾向にあり、樹体の窒素栄養状態の差が園地の糖度に影響を及ぼしているように考えられた。苫名（1960）は、樹体間の比較では葉分析の差異よりも果実成分の差異の方がはるかに大きく、果実生産のための果樹の栄養診断法として葉分析が必ずとも実態を反映していないと述べているが、本調査結果からも葉中窒素含量については、園地の選果平均糖度との間に有意な相関は年次、時期によっては認められなかった。2か年の‘白鳳’の収穫果の果肉中窒素含量と園地の選果平均糖度との関係をみると果肉中の窒素含量が約0.5～0.6%では糖度が高い傾向にあり、0.8%以上では糖度が低い傾向があった。高野（2008）は、糖度の高い果実を生産するための‘清水白桃’の収穫果実の果汁中の窒素含量の適正範囲を40～60mg/100mlと考えており、果汁中の窒素含量が少ないと旨味の少ないあっさりした味となるのに対し、多過ぎると苦みを感じるようになり、糖度の割には食味評価が劣ると述べている。

葉面積と園地の選果平均糖度との間に有意な負の相関が、分析果の果実重との間には有意な正の相関が認められた。また、葉重と園地の選果平均糖度には有意な差は認められなかったが、渡辺（1960）は窒素が過剰の場合、葉は薄く大きくなり濃緑になると述べ、加藤（2000）はモモ‘あかつき’の窒素施肥量の多い区では葉面積が大きく、葉面積1cm²あたりの新鮮、乾物重は窒素施肥量の多い区ほど小さい傾向を認めている。そのため、葉面積の測定は高品質果実の安定生産のための樹体の栄養診断を行う上で簡易な目安になると考えられる。

モモの果実糖度は成熟期の日射量の影響を強く受けること（赤坂ら，1998）、樹冠内の受光条件の良好な部位に着果する果実の糖度が高いことが知られている（末沢・若林，1991；木村 1996）。また、樹冠下の相対照度の低い園地の糖度が低い傾向にあることが報告されている（高野，2003；清水ら，2010）。本調査結果においても樹冠下の相対照度は高糖度園に比べ低糖度園では有意に低かった。低糖度園で相対照度が低下した原因として、新梢長や徒長枝の発生本数には両園地間に有意な差は認められなかったものの、低糖度園で葉面積が大きく、生育が旺盛で隣接樹の樹冠の接している園地が多かったことなどが主な要因として考えられた。末沢・若林（1991）はモモの高品質かつ均質な果実生産のためには樹冠の最も厚い部分の葉面積指数が4程度、相対照度では20%程度に管理するのが重要であると考えている。本調査結果における収穫約2～3週間前の6月下旬の樹冠下の相対照度は高糖度園平均で約16～20%、低糖度園平均では7～9%であったが、高糖度園の多くで樹冠下に適度な明るさを確保できているものの、低糖度園では樹冠下が暗すぎると考えられた。

分析果実の糖度は両園地ともに園地の選果平均糖度に比べ1.3～2.3度高い傾向にあったが、調査果実は比較的糖度が高いとされる樹冠外周の果実を中心に採取したことが原因として考えられる。果実の渋味と果実中のポリフェノール含量とは相関が高いとされている（久保田，1986；高野，2007）。しかし、本調査結果では、渋味果の発生は2か年ともに少なく、調査園地間に一定の傾向は認められず、果実中のポリフェノール含量との関係も判然としなかった。一方、5月下旬の果実のポリフェノール含量と園地の選果平均糖度との間には2か年ともに高い正の相関が認められた。Proebstingら（1957）は、葉中窒素含量が高いと果実中のタンニン含量が低下することを認めているように、果実中のポリフェノール含量と樹体の窒素栄養状態並びに果実糖度には密接な関係にあることが示唆される。

これらのことから、今回調査を行った低糖度園では、高糖度果実の生産のためには樹体の窒素が過剰傾向にあると考えられた。窒素過剰による糖度低下の原因には、新梢や葉と果実の糖の分配競

合や樹冠下の光環境の悪化などの影響があげられるが、高野（2007）が指摘するように、果実中の窒素含量が糖集積に及ぼす影響についても今後検討の必要がある。

土壌条件では、糖度が高い園地では仮比重が高く、易有効水分量が低い傾向が認められた。山本（2002）は、岡山県の‘清水白桃’の高糖度園と低糖度園を比較して、低糖度園では土壌中の全窒素含量、腐植含量および土壌中の無機態窒素含量が多く、土壌の肥沃度が高いことを認めている。一方、本調査結果からは、調査園の多くが地域慣行の栽培法に準じて施肥および堆肥の施用を実施していることも一因として考えられるが‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の土壌中の全窒素、全炭素並びに生育期の無機態窒素含量に明確な差は認められなかった。吉田（1980）は、生育の旺盛な時期のモモ樹の主根域の土壌の水分含量が新梢の伸長力に大きく影響すると述べているが、2009年には4～5月の降水量が平年の62%と少なく、特に、高糖度園では葉面積が小さく、5月下旬の葉中窒素含量も低い傾向が認められた。また、果実品質に関して、久保田（1990）は、コンテナに栽植したモモ樹を用いて果実発育1～3期の時期別に土壌乾燥処理を行い、乾燥時期が遅いほど成熟期が遅れ、果実が小さく、3期の土壌乾燥処理により糖度が増加することを認めている。小橋（2000）は、モモ果実の成熟期の適度な水ストレスは、果実肥大を抑制することなしに糖度が増加することを認め、水ストレス下のアブシジン酸による糖集積促進作用が関与していると指摘している。一方、成熟期の降雨や過剰な土壌水分は、果実への水分の取り込みが増加して糖度が低下すると報告されている（各務ら、1985；寿松木ら、1990b）。このように、園地土壌の保水性の違いは、樹体の生育や栄養状態並びに果実肥大や糖度に影響を及ぼしていると考えられる。

調査園の7月下旬の葉中のカルシウム含量と土壌の交換性苦土含量は、高糖度園に比べ低糖度園で有意に高かった。両園地の土壌のpHや交換性石灰含量に有意な差は認められず、これまでにモモの葉中カルシウム含量が多いと果実糖度が増加するとの報告は見あたらない。また、Cumings and Reeves（1971）の試験では、マグネシウム施用量の増加がモモの果実糖度に有意な差を示しておらず、葉中のカルシウム含量と土壌の交換性苦土含量の差異と果実糖度への関係については、今回調査を実施した園地土壌の特有の現象であるのかも含め、さらに検討の必要がある。

以上のことから、現地の‘白鳳’の高糖度園と低糖度園の実態調査から樹体の窒素栄養状態、日照条件並びに土壌の保水性等が園地の糖度に影響を及ぼしていることが考えられた。

低糖度園の改善にあたっては、糖度の低い原因が窒素過剰によるものか密植等による日照条件の悪化によるものか、あるいは排水不良によるものかを明確にし、窒素過剰が原因であると判断された場合には施肥や堆肥による窒素の施用量を低減する必要がある。一方、糖度の高い園地では、適切な土壌水分管理および施肥、土づくり等により樹勢を維持することが高糖度果実の安定生産に重要であると考えられる。

摘 要

JA 紀の里農産物流通センター選果場の2007年の‘白鳳’選果データを基に、選出した紀の川市内の高糖度園および低糖度園について2008～2009年の2か年の実態調査を行い、高糖度園および低糖度園の特徴並びに園地平均糖度に関連性の高い要因について検討した。

1. 2008～2009年の2年間の調査園の選果平均糖度は、高糖度園平均が11.1～11.3度あり、低糖度園平均に比べ0.7～0.8度有意に高かった。
2. 6月下旬の採取葉の葉重には有意な差が認められなかったが、葉面積は高糖度園に比べ低糖

度園で有意に大きかった。樹冠下の相対照度は低糖度園に比べ高糖度園で有意に高かった。5月下旬～7月下旬の葉中窒素含量には、2008年には両園地間に有意差は認められなかったが、2009年には6月下旬以外の低糖度園で有意に高かった。また、7月下旬の葉中カルシウム含量は2か年とも高糖度園に比べ低糖度園で有意に高かった。

3. 土壌の交換性苦土含量は高糖度園に比べ低糖度園で有意に高く、仮比重は、低糖度園に比べ高糖度園で有意に高かった。また、易有効水分量は高糖度園に比べ低糖度園で有意に高かった。土壌の無機態窒素含量、アンモニア態窒素含量および硝酸態窒素含量には両園地間に一定の傾向がみられなかった。
4. 5月下旬から収穫期の果実の全ポリフェノール含量は、2か年とも低糖度園に比べ高糖度園で高い傾向にあった。果肉中の窒素含量は高糖度園平均が0.64～0.68%、低糖度園平均が0.83～0.86%と2か年とも高糖度園に比べ低糖度園で有意に高かった。また、収穫盛期は2か年とも低糖度園平均が高糖度園平均に比べ3～5日有意に遅れた。
5. 調査園の園地の選果糖度と相関が認められた調査項目の内、葉面積、樹冠下の相対照度および土壌の易有効水分量、5月下旬の果実の全ポリフェノール含量並びに収穫果の果肉の窒素含量は園地糖度との関連性が高いと考えられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、試験にご協力いただいたモモ生産者の皆様、JA紀の里の営農指導員の方々、JA和歌山県農、那賀振興局農業振興課の担当各位には感謝の意を表します。また、分析試料の調整、分析補助等多大のご協力をいただいた、かき・もも研究所および農業試験場のアルバイト職員の皆様には厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 相川勝六・大久保 樹. 1996. モモの非破壊糖度選果システムの導入効果と農家の評価. 山梨農試報告 第7号: 63-76.
- 赤坂信二・古井シゲ子・今井俊二・小笠原静彦・藤原多美男. 1998. 成熟期における環境要因の違いがモモの果実形質に及ぼす影響. 広島業技セ研報. 第66号: 47-51.
- 千々和浩幸・林 公彦・牛島孝策. 1995. モモの果実糖度に関する年次気象適応性の品種間差異と気象要因. 福岡農総試研報. 14: 146-149.
- Cummings, G. A. and J. Reeves. 1971. Factors influencing chemical characteristics of peaches. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 96: 320-322.
- 藤本欣司. 2004. モモ渋味果の発生要因と簡易判定法の検討. 平成16年度(2004)落葉果樹研究会資料. 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 果樹研究所編集.: 43-46.
- 各務裕史・岡本康博. 1985. 成熟期の土壌水分がモモの品質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭60秋: 50-51.
- 加藤公道・寿松木章・福元将志・駒村研三・佐藤雄夫・増子俊明・阿部充・額田光彦・斉藤広子. 2000. モモ園における窒素施肥における研究. 福島県果試研報. 第18号: 61-97.
- Kawano, s., H. Watanabe and M, Iwamoto. 1992. Determination of suger content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode. J. Japan. Soc.

Hort. Sci. , 61(2):445-451.

- 木村 剛・依田征四・高木伸友. 1996. モモの果実糖度及び果実重に及ぼす着果位置, 樹光量などの樹内要因の影響. 近畿中国農研 91:75-79.
- 小橋謙史. 2000. 水ストレス, アブシジン酸(A B A)とモモ果実の糖集積. 農及園. 75:487-495.
- 小池 明. 1992. 堆肥の施用が新規開園土壌の理化学性並びにモモ樹の生育と果実品質に及ぼす影響. 徳島果試研報 第20号:11-22.
- 久保田尚浩・島村和夫・三村博美. 1986. モモ果実におけるフェノール生合成とPAL活性の関係. 園学要旨. 昭62(秋):182-183.
- 久保田尚浩・工藤吾・島村和夫. 1990. モモ果実のポリフェノール含量に及ぼす土壌乾燥の影響. 園学雑. 59. 別(1):176-177.
- 村田隆一. 1970. モモの品質向上に関する研究(第2報)数品種の葉および果実中化学成分の消長. 滋賀農試研報. 13:61-69.
- 西谷公男. 2008. モモ‘白鳳’園の実態調査. 和歌山の果樹. 58(3):18-22.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局監修・(財)日本色彩研究所色票監修. 1965. 標準土色帖
- 岡本五郎. 1996. モモの味・香りを低下させる過剰施肥の影響. 農及園. 76:349-354.
- Proebsting, E. L., Jr., G. H. Carter, D. W. Ingaslsbe and A. M. Neubert. 1957. Relationship between leaf nitrogen and canning quality of Elberta peaches. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 69:131-140.
- 清水康雄・野中 稔・矢野 隆・新開志帆・松本秀幸. 2005. モモ‘あかつき’の高糖度果実生産要因について. 愛媛果樹研報 第19号:17-27.
- 末澤克彦・若林義則. 1991. モモの果実品質に及ぼす光条件の影響. 香川農試研報. 42:33-39
- 寿松木 章・村上ゆり子・間芋谷 徹. 1990a. モモ果実のうまみと甘味に関する要因. 果樹試報. 17:91-98.
- 寿松木 章・小川勝利・松永茂治・柴田雄喜・黒柳栄一・小田切克治・間芋谷 徹. 1990b. 収穫前降雨によるモモ果実の品質低下要因. 園学雑. 59(別)2:108-109.
- 高野和夫. 2003. モモの糖度選果データに基づく園地診断から明らかになったこと. 季刊肥料. 94:55-61.
- 高野和夫・木村 剛・山本章吾・森次真一・岡本五郎. 2007a. ‘清水白桃’樹の窒素およびカリウム栄養状態と果実糖度の関係. 園学研. 5:179-184.
- 高野和夫・妹尾知憲・海野孝章. 笹部幸夫・多田幹郎. 2007b. 近赤外分光法によるモモ果実の渋味評価. 園学研. 6:137-143.
- 高野和夫・山本章吾. 2008. 高糖度モモ生産のための総合的栄養診断. 最新農業技術果樹 vol. 1. 農文協:237-246.
- 高野和夫. 2010. おいしいモモの生産と出荷技術に関する研究. 岡山県農試報告. 第1号:23-90.
- 苦名 孝. 1977. 果実の生理. 養賢堂. 東京:186.
- 渡辺 昭夫. 1960. 桃の施肥法. 農及園. 35:1909-1912.
- 山本章吾. 2002. 高糖度モモ生産と土壌要因. 農耕と園芸. 57(12):176-179.
- 吉田賢児. 1980. モモ栽培の実際. 農文協. 東京:48.
- 財団法人日本土壌協会. 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法.