‘清水白桃’ 樹の窒素およびカリウム栄養状態と果実糖度との関係

高野和夫^{1*}・木村 剛^{1a}・山本章吾¹・森次真一¹・岡本五郎²

¹ 岡山県農業総合センター農業試験場 709-0801 赤磐市神田沖

² 岡山大学大学院自然科学研究科 700-8530 岡山市津島中

Relationship between Fruit Total Soluble Solid Contents and Tree Nitrogen and Potassium Contents in ‘Shimizu-Hakuto’ Peach

Kazuo Takano^{1*}, Tsuyoshi Kimura^{1a}, Shogo Yamamoto¹, Shinichi Moritsugu¹ and Goro Okamoto²

¹ Agricultural Experiment Station, Okayama Prefectural General Agriculture Center, Akaiwa, Okayama 709-0801

² Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Okayama 700-8530

Abstract

Total soluble solid contents in fruit (fruit TSS), and nitrogen (N) and potassium (K) contents in leaf and fruit of ‘Shimizu-hakuto’ peach were analyzed in 23 orchards located in the south part of Okayama Prefecture during the seasons from 1997 to 1999. Significant negative correlations were obtained between fruit TSS and N contents in leaf, K contents in leaf, and N contents in fruit juice, where the correlation coefficients were -0.477 , -0.677 , and -0.616 , respectively. The correlation coefficient between fruit TSS and leaf N contents was highest at 60 days after full bloom, and then decreased with the progression of growth season. On the other hand, the variation of correlation coefficients between fruit TSS and leaf K contents among growth seasons was small. The analysis of the relationship between annual changes of fruit TSS and nutritional status of peach trees revealed that fruit TSS increased in the trees where leaf or fruit juice N contents decreased than those in previous year.

Key Words : diagnosis of nutrient condition, fruit quality, leaf analysis

キーワード : 栄養診断, 果実品質, 葉分析

緒 言

光センサーによるモモの非破壊糖度選果を行っている産地においては、糖度の違いにより販売価格に差が生じるため、外観品質の向上に加えて内部品質の一つである糖度の高い果実を生産することが、収益向上のための必須条件となった。岡山県南部の選果場において、‘清水白桃’の糖度と気象条件との関係を解析すると、糖度は日照時間が多く雨量が少ない年ほど高く、1993年以降の6年間における糖度の最高年と最低年との差は 2.6°Brix であった。一方、生産者別に糖度を比較すると、天候不順な年でも糖度の高い果実生産者が存在する反面、天候が良好な年でも糖度の低い果実生産者が存在し、同一年次における糖度の生産者間差は最大で約 4.5°Brix であり、気象要因以上に栽培環境要因による影響の方が大きいことが明らかになった（岡山県農業総合センター, 2003）。そこで、筆者らは糖度の高いモモの安定生産技術を確立するために、岡山県南部における

‘清水白桃’園の中で、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の樹の生育状態、栄養状態並びに土壌状態を比較調査した。その結果、糖度は樹冠下の相対照度（岡山県農業総合センター, 2003）や土壌中の全窒素含量（山本, 2002）などと相関が高いことが明らかになった。本報告は、その中で糖度に最も大きな影響を及ぼすと推察された、樹体の窒素（N）およびカリウム（K）栄養状態と果実中糖度との関係について報告するものである。

材料および方法

1. 現地調査

1) 単年度調査

岡山県南部の丘陵地から水田転作地までの地域において、1997年は13園、1998年は前年の13園のうちの10園に新たに10園を加えた20園に栽植された‘清水白桃’のそれぞれ13樹と27樹について、生育状態を調査するとともに葉および収穫果実（有袋栽培）の成分分析を行った。調査樹の樹齢は6～15年生で、園地により剪定強度並びに着果量はやや異なった。調査樹の1997年および1998年の満開日はそれぞれ4月6～9日と4月5～8日、収穫日はそれぞれ7月25～31日と7月13～30日であった。

2006年8月13日 受付。2007年4月3日 受理。

* Corresponding author. E-mail: kazuo_takano@pref.okayama.lg.jp

^a 現在：井笠農業普及指導センター

2) 年次変動調査

1997年並びに1998年の調査園では、調査結果を生産者に随時報告し、NやKが過剰で糖度が低いと診断される園地には、肥料、堆肥、敷きわら並びに敷き草の過剰施用の是正を促した。その中の13園17樹については、1999年も継続して葉および果実の成分分析を行い、同一園地における樹体栄養状態の年次変化が糖度に及ぼす影響を解析した。

2. 葉分析

満開後約30, 60, 90, 120および150日に、結果枝先端の新梢長が平均的な枝について、基部のごく小さな1, 2枚の葉を除いて、葉身の長さが5 cm以上の葉から先端側に3枚目(30日後)、6～10枚目(60日後以降)の葉を1樹当たり15～20枚採取した。水洗後に70°Cで通風乾燥し、粉碎機(サイクロンサンプルミル, UDY)で粉碎した。この粉末試料について、高野ら(1998)の方法に準じて近赤外分光光度計(6500型, NIRSystems)を用いてNおよびK含量を測定した。

3. 果実分析

果頂部から果実赤道部まで緑色が消失し、梗あ部に緑色が残る果実を、1樹当たり10～30個採取した。糖度の測定には果実赤道部のほおの部分の果肉を果皮面から深さ2～3 cmに至るまでクサビ状に切り取り、手で搾汁して屈折計(No. 95973, PIKA)で測定した。また、1樹当たり5～10果から、果実のほおの部分の果肉を果皮面から核に至るまでクサビ状に切り取り、ビニル袋内で潰して得た果汁を紙ワイパー(キムワイプ, クレシア)でろ過した。この果汁について、0.02 M 水酸化ナトリウム液を用いた中和滴定法により酸含量を、また、果汁10 mLに硫酸5 mLと過酸化水素(2 mL×5回)を加えて加熱分解した後、セミクロ蒸留法により全N含量を測定した。

4. 生育調査

満開後90日に、側枝単位で全葉芽数に対する伸長中の新梢数の割合(伸長新梢率)を調査した。落葉後(11月中旬)には、側枝単位で全新梢を花束状短果枝(2 cm未満)、短果枝(2～10 cm)、中果枝(10～30 cm)、長果枝(30～60 cm)、徒長枝(60 cm以上)に区分し、それぞれ全新梢数に対する比率を算出した。また、満開後120日には、樹冠下の照度を照度計(LX-1332, カスタム)で測定し、樹冠外の照度に対する相対値を算出した。

結 果

1. 葉中NおよびK含量と糖度との関係

収穫果実の糖度(Brix)と葉中N含量との間に、1997年並びに1998年とも、負の相関が認められた(第1表, 第1図)。糖度と葉中N含量との相関を生育時期別にみると、両年ともに生育初期の満開後30～60日の相関係数(r)の値が最も高く有意で、90日, 120日と生育時期が進むにつれ低下する傾向にあった。葉中K含量にも両年ともに糖度との間に負の相関が認められ(第1表, 第1図)、そのr値は1998年ではいずれの生育時期においても葉中N含量とのr値よりも高かった。糖度と葉中K含量との相関を生育時期別にみると、K含量はN含量に比べ満開後60～150日のr値の変動は小さかった。なお、満開後60日の葉中のN含量とK含量とは正の相関関係($r=0.730$, 0.1%水準で有意, 1998年)にあった。

1998年に調査した27樹の葉中NおよびK含量の経時変化を第2図に示した。なお、27樹について、糖度(Brix)が13.0°以上, 12.0～12.9°, 11.0～11.9°および11.0°未満の果実を生産する樹をそれぞれ太実線, 細実線, 極細実線および太点線で示した。葉中N含量は生育時期が進むにつれて減少したが、その速度には樹間差があり、満開後60～120日にかけて急激に減少する樹と緩やかに減少する樹が存在した。満開後60日の葉中N含量が多くても、その後の減少が大きい樹では比較的糖度が高かった。葉中K含量も生育時期が進むにつれ徐々に減少する傾向にあったが、満開後60～150日にかけてほとんど減少しない樹や、満開後90～120日にかけて大きく減少する樹が存在した。

2. 果汁中N含量と糖度との関係

果汁中N含量が多い果実ほど糖度が低い傾向が1997年($r=-0.752$, 1%水準で有意)および1998年($r=-0.616$, 0.1%水準で有意, 第1図)ともに認められ、そのr値は1998年では満開後60日における葉中N含量とのr値よりも高く、満開後60～90日における葉中K含量とのr値と同程度であった。

1998年の調査では、果汁中N含量と満開後60日における葉中N含量並びに満開後60～150日における葉中K含量とは有意な正の相関関係(それぞれ $r=0.438$, $r=0.657$ ～0.552)にあった。果汁中N含量と葉中K含量との相関

第1表 ‘清水白桃’ 樹の生育時期別葉中NおよびK含量と収穫果実の糖度との相関係数^z

葉中成分	調査年	調査樹数	葉中成分含量と糖度との相関係数				
			満開後30日	60日	90日	120日	150日
N	1997年	13	-0.82***	-0.80**	-0.74**	-0.68*	-0.46
	1998年	27	— ^y	-0.48*	-0.39*	-0.23	-0.44*
K	1997年	13	-0.35	-0.66*	-0.60*	-0.68*	-0.52
	1998年	27	— ^y	-0.68***	-0.61***	-0.51**	-0.61***

^z相関係数の有意水準: * 5%, ** 1%, *** 0.1%, 糖度(°Brix)の(最低値～最高値): 1997年(11.8～13.4), 1998年(9.9～13.8)

^y未調査

第1図 ‘清水白桃’ 樹における収穫果実の糖度と葉中NおよびK含量並びに果汁中N含量との関係 (1998年, 有意水準: * 5%, ** 1%, *** 0.1%, n = 27 樹)

第2図 ‘清水白桃’ 27 樹の葉中NおよびK含量の経時変化 (1998年)

を, 両者の r 値が最も高かった満開後 60 日において, 糖度 (Brix) との関連をみるために糖度が 12.0° 以上の果実を生産する樹とそれ以下の樹に区分して第3図に示したが, 葉中 K 含量が 2.6% 未満であるか, 果汁中 N 含量が $47 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ 未満である樹では, 糖度がすべて 12.0° 以上であり, 逆に, 葉中 K 含量が 2.6% 以上かつ果汁中 N 含量が $47 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ 以上の樹では, 1 樹を除いたすべての樹において糖度が 12.0° 未満であった. また, 酸含量と糖度との間に負の相関 ($r = -0.554$, 1%水準で有意) が認められ, 酸含量と果汁中 N 含量との間には正の相関 ($r = 0.522$, 1%水準で有意) が認められたが, 果実重と糖度との間に有意な相関 ($r = 0.029$) は認められなかった.

3. 樹体栄養状態の年次変動と糖度との関係

継続調査樹の中には, 前年よりも糖度が上昇した樹と低下した樹が存在した. この糖度の年次変動と樹の栄養状態との関係を 1998 年と 1999 年とで比較すると, 満開後 90 日の葉中 N 含量が前年より減少した樹ほど糖度が前年よりも上昇する傾向が認められた (第4図). また, 果汁中 N 含量でも同様な傾向が認められ, 調査樹別の果汁中 N 含量の年次間差と糖度の年次間差とは負の相関 ($r = -0.619$, 1%水準で有意) を示した. なお, 満開後 60 日の葉中 K 含量の年次間差と糖度の年次間差との r 値は -0.471 であった.

4. 樹の栄養状態と生育状態との関係

1998 年の調査では, 満開後 60 ~ 90 日の葉中 N 含量が多い樹ほど満開後 90 日の伸長新梢率が高く, 11 月中旬の長果枝および徒長枝割合が増加し, 満開後 120 日の樹冠下の相対照度が低い傾向にあった (第2表). これらの生育状態と葉中 N 含量との相関において r 値は満開後 60 日が最も高く, その後は生育時期が進むにつれて低下した. 葉中 K 含量も葉中 N 含量と同じ傾向を示したが, 葉中 K 含量と伸長新梢率並びに長果枝および徒長枝割合との相関において, r 値が最も高かったのは満開後 90 日であった. また, 果汁中 N 含量も長果枝および徒長枝割合と正の相関を示したが, その r 値は満開後 60 日の葉中 N 含量および満開後 60 ~ 90 日の葉中 K 含量との r 値よりも低かった. そして, 徒長枝の発生が多く満開後 120 日の樹冠下の相対照度が低い樹ほど糖度が低い傾向にあった.

考 察

肥料や堆肥を過剰に施用したモモ樹では, 収穫果実の糖度が低い傾向にあることが報告されている (小池, 1992; 繁田ら, 1991; 渡辺, 1960). また, モモ樹の栄養状態に関して, 樹体内の N や K の過剰な状態が果実への糖の蓄積を抑制することも報告されている (村田, 1979; 岡本ら, 1989).

第3図 ‘清水白桃’ 樹の葉中 K 含量と収穫果実果汁中 N 含量との関係 (1998 年, 有意水準: *** 0.1%, n = 27 樹)

第4図 ‘清水白桃’ 調査樹別の 1998 年に対する 1999 年の葉中 N 含量の年次間差と収穫果実の糖度の年次間差との関係 (有意水準: * 5%, n = 17 樹)

第2表 ‘清水白桃’ 樹の栄養状態と生育状態との相関係数²

生育状態	(生育時期)	糖度	果汁中 N 含量	葉中 N 含量			葉中 K 含量			樹冠下の 相対照度
				満開後 60 日	90 日	120 日	満開後 60 日	90 日	120 日	
相対照度	(満開後 120 日)	0.62***	-0.56**	-0.46*	-0.25	-0.15	-0.70***	-0.60***	-0.37	1
伸長新梢率	(満開後 90 日)	-0.27	0.23	0.67***	0.54**	0.40*	0.46*	0.64***	0.61***	-0.37
長果枝割合	(11 月中旬)	-0.36	0.48*	0.56**	0.41*	0.33	0.59**	0.73***	0.49**	-0.55**
徒長枝割合	(11 月中旬)	-0.55**	0.42*	0.60***	0.45*	0.30	0.54**	0.58**	0.42*	-0.58**

²1998 年, 相関係数の有意水準: * 5%, ** 1%, *** 0.1%, n = 27 樹

さらに, N 過多は糖含量以外に肉質や香り, うまみ, 日持ちにも影響し, モモの総合的な食味を大きく左右する (Jia ら, 1999, 2000; 岡本, 2001; Okamoto ら, 2001; 高野ら, 2004)。

‘清水白桃’における本調査でも, 葉中や果汁中の N 含量が多いと糖度が低い傾向が認められた。N 過多になる原因には, 肥料や堆肥, 敷きわらなどの過剰施用があげられるが, 特に有機物の過剰連用により土壤中の全 N および腐植含量が増加した園地では, 夏期に土壤中の無機態 N が増加し, 糖度が低くなる傾向にある (山本, 2002)。そして, N 過多による糖度低下の原因には, 新梢の伸びや再伸長による光合成産物である糖の果実への分配率低下や, 徒長枝の多発による結果枝の日照不良, 果実肥大の促進による糖の希釈効果などがあげられる。

モモ樹の N 栄養と糖度との関係を考える上では, 生育時期別の栄養状態の影響も考慮する必要がある。本調査では, 第2図に示したように葉中 N 含量が果実成熟期にかけて大きく減少する樹と緩やかに減少する樹が存在した。これは, 園地により夏期の土壌からの N 無機化量が異なることや, 土壌の水分条件により細根の吸収活性が異なるため, 果実成熟期に N 吸収量の少ない樹では, 葉から果実などへの N の移行が進むためと推察された。岡本ら (1989) はモモ樹を種々の濃度の組合せで養液栽培し, 生育初期の施肥量が多過ぎると糖度が低いことと, 硬核期以降に施肥量を早く減量した区ほど糖度が高いことを報告している。本調査でも果実成熟期の葉中 N 含量の減少パターンにより糖度に差が認められたことから, 収穫時の糖度には生育初期の N と

果実成熟期の N が相互に影響するものと推察された。従って, 葉中 N 含量で樹体の N 栄養状態を診断する場合は, 生育初期の N 含量とともに, その後の減少パターンも考慮する必要があると考えられた。

村田 (1979) は収穫果実の果肉中の N 含量と糖度との間に極めて高い負の相関を認めている。本調査では, 分析作業の省力化を図るために簡便に調整できる果汁を N 分析に供したが, 果汁中 N 含量と糖度との間にも負の相関が認められ, その r 値は葉中 N 含量と糖度との r 値よりも高かった。今後, 果実中の N 含量が糖集積に及ぼす影響について検討が必要と考える。

‘清水白桃’の葉中 K 含量と糖度とは負の相関を示した。K とモモ果実中の糖含量との関係について, Cummings・Reeves (1971) や福田・近藤 (1957) は K 施用量の増加により糖含量が低下することを認め, 村田 (1979) は収穫時の果肉中 K 含量と糖度との間に負の相関があることを認めている。モモ以外では, ナシ (佐藤ら, 1995) やオウトウ (須藤ら, 1995) でも葉中 K 含量と糖度との間に負の相関が認められている。K はデンプンなどの多糖類やタンパク質の合成を促進し (大平, 1969), N とともに樹体の成長や果実肥大を促進する。従って, K の過剰は過度の新梢成長と果実肥大を招き, 果実への糖集積を抑制するものと考えられた。

N と K の相互関係について, オウトウでは N 施用量が少ない場合は K 施用量の増加により糖度が低下するのに対し, N 施用量が多い場合は K 施用量の多少に関わらず糖度

が低いことが認められている(須藤, 1993)。「清水白桃」における本調査では、葉中の N 含量と K 含量との相関が高く、糖度に対する N と K の影響を分けて判断することは難しいが、第 3 図に示した糖度別の果汁中 N 含量と葉中 K 含量との関係から、モモでも糖度に対して N と K が相互に影響するものと考えられた。

樹別の糖度の年次変動解析から、糖度は樹体の N 栄養状態の変動に敏感に反応することが推察された。糖度の低い果実を生産する園地の改善に当たっては、糖度が低い原因が栄養過多にあるのか、その他の栽培環境要因にあるのかを明確にし、栄養過多であれば、生育初期の N 過多が原因なのか、果実成熟期の N 過多が原因なのか、あるいは K 過多が原因なのかを判断し、その改善に取り組むことにより糖度の向上を図ることが可能であると考ええる。一方、糖度の高い果実を生産する園地では、樹勢の低下を招くことのないよう適切な施肥や土壌改良を継続し、適正な樹体栄養状態を保つことにより、食味が優れる果実を毎年生産することが可能になると考える。

摘 要

1997～1999 年に、岡山県南部において「清水白桃」を栽培する 23 園で、収穫果実の糖度とそれを生産した樹の葉中 N および K 含量並びに果汁中 N 含量との関連を調査した。糖度と葉中 N および K 含量並びに果汁中 N 含量との間にはそれぞれ有意な負の相関が認められ、その相関係数はそれぞれ -0.477 、 -0.677 、 -0.616 であった。糖度と葉中 N 含量との相関係数は満開後 60 日が最も高く、生育時期が進むにつれて低下した。一方、糖度と葉中 K 含量との相関係数は生育時期による変動が小さかった。また、モモ樹の栄養状態の年次変動と糖度の年次変動との関係を解析した結果、当年の葉中 N 含量や果汁中 N 含量が前年よりも減少した樹ほど糖度が上昇する傾向が認められた。

謝 辞 現地調査において御協力と御助言を頂いた生産者の方々に厚く御礼申し上げます。現地調査は JA、農業改良普及センター、農業総合センター総合調整部並びに農業試験場により合同で行ったことを明記し、調査に御協力頂いた職員各位に感謝の意を表します。特に、調査園地の選定と現地調査に多大の御協力と御指導を頂いた JA 営農指導員の故 三宅 明氏に深く感謝いたします。また、本稿の執筆に当たり御指導頂いた前岡山大学農学部教授多田幹郎博士に深謝いたします。

引用文献

- Cummings, G. A. and J. Reeves. 1971. Factors influencing chemical characteristics of peaches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 320–322.
- 福田 照・近藤権一. 1957. 桃樹の栄養に関する研究 (第

4 報) 結果樹に及ぼす 3 要素施用濃度及び比率の影響. 京都大園芸学集録. 8: 16–23.

- Jia, H., K. Hirano and G. Okamoto. 1999. Effects of fertilizer levels on tree growth and fruit quality of 'Hakuho' peaches (*Prunus persica*). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 487–493.
- Jia, H., G. Okamoto and K. Hirano. 2000. Effect of amino acid composition on the taste of 'Hakuho' peaches (*Prunus persica* Batsch) grown under different fertilizer levels. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 69: 135–140.
- 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. 20: 11–22.
- 村田隆一. 1979. モモの施肥と品質に関する研究. 滋賀農試特研報. 12: 1–95.
- 岡本五郎. 2001. モモの味・香りを低下させる過剰施肥. 農及園. 76: 349–354.
- 岡本五郎・藤井雄一郎・島村和夫. 1989. ユスラウメ台モモ樹の生育と果実品質に及ぼす培養液濃度の影響. 生物環境調節. 27: 83–87.
- Okamoto, G., H. Jia, A. Kitamura and K. Hirano. 2001. Effect of different fertilizer application levels on texture of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70: 533–538.
- 岡山県農業総合センター編. 2003. 糖度の高いモモ生産のための栽培管理指標. p. 1–62. 岡山県農業総合センター. 岡山.
- 大平幸次. 1969. 必須元素. p. 59–80. 高橋英一編著. 作物栄養学. 朝倉書店. 東京.
- 佐藤康一・斎藤 隆・中西政則・平沢秀弥. 1995. 山形県における日本ナシ園の土壌特性と果実品質. 東北農研. 48: 181–182.
- 繁田充保・海野孝章・依田征四. 1991. モモの果実品質に関する研究 (第 2 報) 栽培条件の相違が果実肥大及び品質 (糖, 酸) に及ぼす影響. 岡山農試研報. 9: 69–74.
- 須藤佐蔵. 1993. 農業技術体系果樹編 4. オウトウ基本技術編. p. 47–51. 農文協. 東京.
- 須藤佐蔵・山口金栄・梅津英樹. 1995. オウトウ '佐藤錦' の生育診断技術に関する研究. 山形園試研報. 11: 1–16.
- 高野和夫・森次真一・山本章吾. 2004. モモの樹の栄養状態と果実の日持ち性との関係. 園学雑. 73 (別 2) : 539.
- 高野和夫・妹尾知憲・村西久美・海野孝章. 1998. 近赤外分光法によるモモ葉中無機成分の迅速測定. 近畿中国農研. 96: 26–30.
- 渡辺照夫. 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: 176–179.