

リンゴ ‘はるか’ および ‘ふじ’ 果実における糖蓄積特性の比較

渡邊 学^{1*}・小山田知広²・壽松木 章²・村上政伸¹・佐川 了¹・小森貞男²・荒川 修³¹岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター 020-0173 岩手郡滝沢村菓子²岩手大学農学部 020-8550 盛岡市上田³弘前大学農学生命科学部 036-8561 弘前市文京町

Comparison of Sugar Accumulation Characteristics in ‘Haruka’ and ‘Fuji’ Apple Fruits

Manabu Watanabe^{1*}, Tomohiro Oyamada², Akira Suzuki², Masanobu Murakami¹,
Satoru Sagawa¹, Sadao Komori² and Osamu Arakawa³¹Field Science Center, Faculty of Agriculture, Iwate University, Sugo, Takizawa, Iwate 020-0173²Faculty of Agriculture, Iwate University, Ueda, Morioka, Iwate 020-8550³Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Bunkyocho, Hirosaki, Aomori 036-8561

Abstract

We investigated changes in the sugar contents of leaves, pedicels, and fruits, and in the photosynthetic rates and translocation of photosynthate in ‘Haruka’ apple trees, along with the effects of bagging on these characteristics. After July, the total sugar contents were higher in ‘Haruka’ than in ‘Fuji’ fruits. ‘Haruka’ demonstrated higher fructose and sucrose contents in fruits than ‘Fuji’ did. ‘Haruka’ those of leaves showed higher total sugar and sorbitol contents compared to ‘Fuji’ in August and September. Total sugar and sorbitol contents in pedicels were also higher in ‘Haruka’ than in ‘Fuji’ during the fruit growing period. The total sugar contents became lower in ‘Haruka’ harvested fruits only when bagged. Decreased fructose contents were responsible for decreased sugar contents in bagged ‘Haruka’ fruits. For ‘Haruka’ and ‘Fuji’, total sugar contents in leaves were not affected by bagging, but the fructose contents in pedicels were higher in bagged fruits than in non-bagged fruits. However, we could not clarify the relationship between the effects of cultivar and bagging on sugar accumulation and photosynthetic rates and the translocation of photosynthate from leaves to fruits.

Key Words : bagging, soluble solids content, sugar composition, translocation

キーワード : 可溶性固形物含量, 転流, 糖組成, 有袋栽培

緒 言

バラ科果樹では、葉で生産された光合成産物はソルビトールとして果実へ転流し、果実内でフルクトースとグルコースに変換され、さらにそれらの一部はスクロースに変換されて果実に蓄積する (Yamaki・Ishikawa, 1986; Yamaki・Moriguchi, 1989)。このような糖の蓄積過程や組成は、品種により異なる (Kondoら, 1991; 苦名・山田, 1988) ことが報告されている。

最近、岩手県において栽培面積が増加している (2009年, 3～4 ha, 販売苗木数から推定) リンゴ ‘はるか’ (‘ゴールデン・デリシャス’ × ‘スターキング・デリシャス’) (森谷ら, 2008) は、黄色品種で、岩手県盛岡市近郊では11月中旬に収穫される晩生品種である。果実品質の最大の特徴は、他品種と比較して糖度が高いことであるが、それ以外

にも、蜜入りが良好な割には果実硬度も高く、貯蔵性も高いなどがある (横田ら, 2000)。反面, ‘はるか’ は無袋栽培では果面にさびが発生しやすく、また陽向面にある果実の周囲が赤く着色して、外観を著しく損ねる性質がある。そのため、果実の外観向上を目的に有袋栽培が推奨されている。糖の蓄積過程や組成に対する袋かけの影響は品種により異なる (荒川ら, 1994) とする報告もあるが、一般に、有袋栽培による糖度の低下が懸念される。

しかし、これまで ‘はるか’ の有袋栽培による糖度の変化や糖蓄積過程、糖組成を調査した報告はなく、また、‘はるか’ の光合成特性について他品種と比較した報告もない。そこで本研究では、‘はるか’ の糖蓄積に関わる基礎的な知見を得るために、‘はるか’ の糖蓄積過程と光合成産物の転流について、‘はるか’ と収穫期が近く、リンゴ栽培品種の中では糖度の高い ‘ふじ’ と比較した。また、これらの特性に及ぼす果実への袋かけの影響についても調査した。

2010年11月29日 受付. 2011年1月31日 受理.

* Corresponding author. E-mail: mwata@iwate-u.ac.jp

材料および方法

1. 果実の発育に伴う果実品質の変化および葉と果梗、果実中の糖蓄積 (実験 1)

若手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター滝沢農場に植栽されている 20 年生の‘はるか’および‘ふじ’ (ともに M.9 台木) を各 3 樹供試した。摘果は 5 果そうあたり 1 果を残し、2008 年 6 月上旬までに行った。摘果終了後、各樹の約半数の果実に果実袋 (ゴールド B, 小林製袋産業) をかけた。その後、果実の収穫期まで約 1 か月おきに、有袋果と無袋果を 10 果ずつ採取した。そのうち、5 果については果そうごと採取した。

各時期に採取した 10 果について、果実重を計測した。果実のみを採取した 5 果については、皮および果心を取り除いた果肉から果汁を搾り、可溶性固形物含量は屈折糖度計で (IPR-101 α , アズワン)、酸含量は 0.1 N NaOH による滴定法で測定し、リンゴ酸含量に換算した。11 月の収穫果についてのみ、果実硬度および蜜入りを調査した。果実硬度はマグネステラー型果実硬度計 (MT 型, プランジャー直径 11 mm, 藤原製作所) を用いて、果実の赤道部の相対する 2 面を剥皮して測定した。蜜入りは果実横断面を目視し、蜜入り指数 0 ~ 4 で評価した。

器官ごとの糖含量を調査するため、各時期に採取した 5 果そうは、果そう葉と果台枝葉、果梗、果実に解体した。各果そうの果そう葉および果台枝葉は一つにまとめて分析試料とした。果梗については、果実品質を調査した果実の果梗と果そうごと採取した果実の果梗をまとめ、5 個の果梗で 1 反復とした。果実は皮と果心を取り除き、果肉を採取した。糖の抽出および分析のため、葉および果梗は全量 (それぞれ約 4 ~ 10 g および約 0.8 ~ 2 g) を、果肉は 10 g を細断した。細断した試料は 80% エタノールを加えホモジナイズし、80°C で 30 分間の湯煎を行った。その後、抽出液をろ過し、葉と果実のろ液は 100 mL、果梗のろ液は 50 mL に定容した。抽出液 0.5 mL に内部標準物質としてペンタエリトリトール 1 mg を加え、遠心エバポレーターで濃縮乾燥した。そこに無水ピリジン 0.5 mL を加えて溶解し、トリメチルクロロシラン 0.25 mL およびヘキサメチルジシラザン 0.25 mL を加え、攪拌後、30°C で 1 時間反応させ、トリメチルシリル誘導体を作成した。この誘導体をガスクロマトグラフ (島津製作所, GC-8A, カラム: ZB-1 (30 m \times 0.25 mm i.d., 0.25 μ m), 検出器: FID) に注入し、フルクトース, グルコース, スクロースおよびソルビトールを分別定量した。各糖含量は各器官の新鮮重 100 g あたりの g で示し、全糖含量は各糖含量の総和とした。

2. 果台枝葉の光合成速度の変化 (実験 2)

実験 1 と同じ供試樹を用い、摘果および袋かけも同様に行った。各品種、各樹の東側から南側に位置している有袋果を着けた果そうと、無袋果を着けた果そうをそれぞれ 2 つ選定した。各果そうにおける果台枝の中央に位置してい

る葉を調査対象とした。光合成速度の測定は、2008 年 6 月 13 日 ~ 11 月 10 日まで、約 1 か月おきに計 6 回、携帯式光合成蒸散測定装置 (SPB-H3, 島津製作所) を用いて行った。晴天日の 10 ~ 14 時の間に、自然光のもとで光強度 1,000 μ mol \cdot m⁻² \cdot s⁻¹ 以上の条件で測定した。

3. ¹³CO₂ 施与後の果そう内における ¹³C atom% excess の変化 (実験 3)

実験 1 と同じ供試樹を用い、摘果および袋かけも同様に行った。果実を着け、適度に果台枝の伸長した果そうを各樹から 2 つ選定した。晴天日であった 2008 年 8 月 27 日および 10 月 30 日の午前中に、果そう葉と果台枝をビニル袋で包んだ。袋内で Ba¹³CO₃ 0.5 g と 80% 乳酸 8 mL を反応させ、¹³CO₂ を発生させた。約 3 時間後にビニル袋を外し、処理 24 および 120 時間後に、各樹から有袋果および無袋果を着けた果そう 1 つを採取した。その後、果そうを果台枝葉と果そう葉、果台枝、果台、果実に解体した。各器官は乾燥後、乾物重を測定し、粉碎した。試料の ¹³C atom% は、元素分析計 (NC2500, CE Instruments) を接続した安定同位体質量分析計 (DELTA plus, サーモエレクトロン) で測定した。測定された ¹³C atom% から無処理の各器官の ¹³C atom% を差し引いて、¹³C atom% excess とした。

結 果

1. 果実の発育に伴う果実品質の変化および葉と果梗、果実中の糖蓄積 (実験 1)

果実重と可溶性固形物含量、酸含量の変化を第 1 図に、収穫果の果実品質を第 1 表に示した。果実重は 9 月以降、‘ふじ’ よりも ‘はるか’ で小さくなったが、両品種とも、収穫時における袋かけ処理の影響はみられなかった。可溶性固形物含量は、調査期間中 ‘ふじ’ よりも ‘はるか’ で高く推移し、その差は 10 月以降に大きくなった。また、両品種とも 10 月以降、有袋果の可溶性固形物含量は無袋果よりも低かった。収穫果の可溶性固形物含量は、‘ふじ’ の無袋果と有袋果ではそれぞれ 14.5% と 13.4% であり、‘はるか’ ではそれぞれ 17.8% と 17.0% であった。収穫果の全糖含量も ‘ふじ’ よりも ‘はるか’ で高く、両品種とも袋かけ処理により低下したが、‘はるか’ においてのみ有意な差となった。酸含量は、両品種とも 6 ~ 8 月まで急に減少し、その後 11 月までは緩やかに減少した。また、6 ~ 8 月において ‘はるか’ の酸含量は ‘ふじ’ よりも高かったが、袋かけ処理による差はみられなかった。収穫果の果実硬度は ‘ふじ’ よりも ‘はるか’ で高く、‘はるか’ では有袋果でさらに高くなった。蜜入り指数は、品種間差はみられなかったが、有袋果では両品種とも無袋果よりも低く、‘ふじ’ においてのみ有意な差であった。

葉と果梗、果実における全糖含量の変化を第 2 図に示した。葉の全糖含量は、8 および 9 月において ‘ふじ’ よりも ‘はるか’ で高かった。果梗の全糖含量は、全調査期間において ‘はるか’ において高く推移し、7 月と 8 月にお

第1表 ‘はるか’ および ‘ふじ’ の収穫果の果実品質に及ぼす袋かけの影響

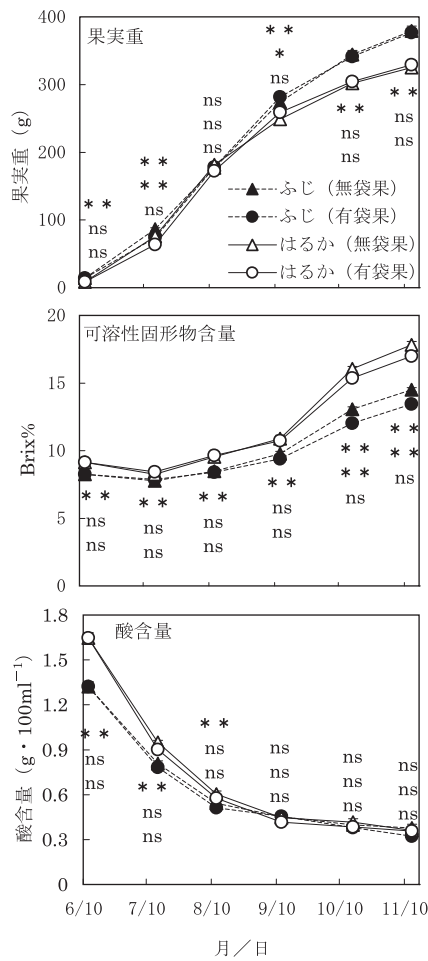
品種	袋かけ処理	果実重 (g)	可溶性固形物含量 (Brix%)	全糖含量 (g · 100 g ⁻¹ FW)	酸含量 (g · 100 ml ⁻¹)	硬度 (lb)	蜜入り指数
ふじ	無袋果	379 ± 7 ^z	14.5 ± 0.2	12.5 ± 0.3	0.38 ± 0.03	14.5 ± 0.3	2.7 ± 0.3
	有袋果	377 ± 6 ns ^y	13.4 ± 0.2 *	11.8 ± 0.4 ns	0.32 ± 0.02 ns	14.2 ± 0.4 ns	1.4 ± 0.2 *
はるか	無袋果	325 ± 9	17.8 ± 0.3	16.4 ± 0.4	0.36 ± 0.02	15.0 ± 0.1	2.5 ± 0.3
	有袋果	329 ± 6 ns	17.0 ± 0.1 *	14.1 ± 0.6 *	0.36 ± 0.01 ns	16.6 ± 0.4 *	1.8 ± 0.5 ns
品種 (A)		** ^x	**	**	ns	**	ns
袋かけ処理 (B)		ns	**	**	ns	ns	**
A × B ^w		ns	ns	ns	ns	*	ns

^z 平均値 ± 標準誤差 (n = 5)

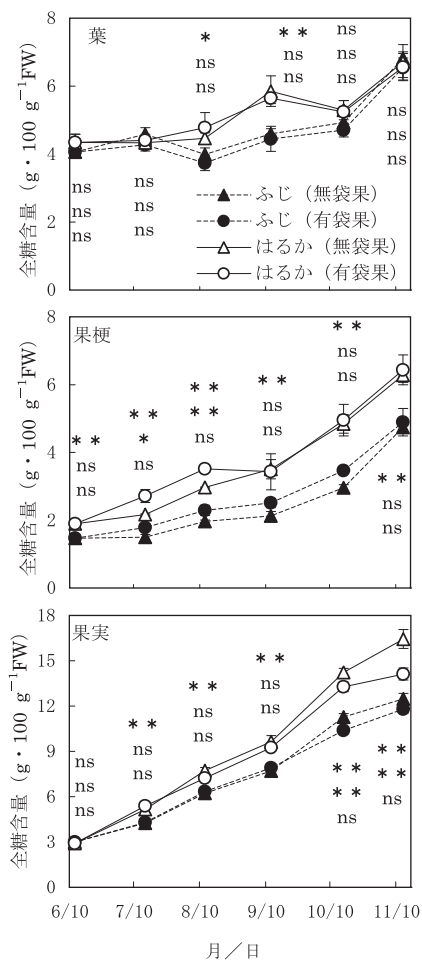
^y * は t 検定において 5% 水準で有意差のあることを, ns は有意差のないことを示す

^x ** および * は二元配置分散分析によりそれぞれ 1% および 5% 水準で有意差のあることを, ns は有意差のないことを示す

^w 品種と袋かけ処理の間における交互作用を示す



第1図 リンゴ ‘はるか’ および ‘ふじ’ の果実重, 可溶性固形物含量および酸含量の変化
 図中の縦線は標準誤差を示す (果実重; n = 10, 可溶性固形物含量および酸含量; n = 5)
 図中の** および* は二元配置分散分析によりそれぞれ 1% 水準および 5% 水準で有意差のあることを, ns は有意差のないことを示す
 また, 上から順に各時期における品種の効果, 袋かけ処理の効果および品種と袋かけ処理の間における交互作用の統計処理の結果を示す

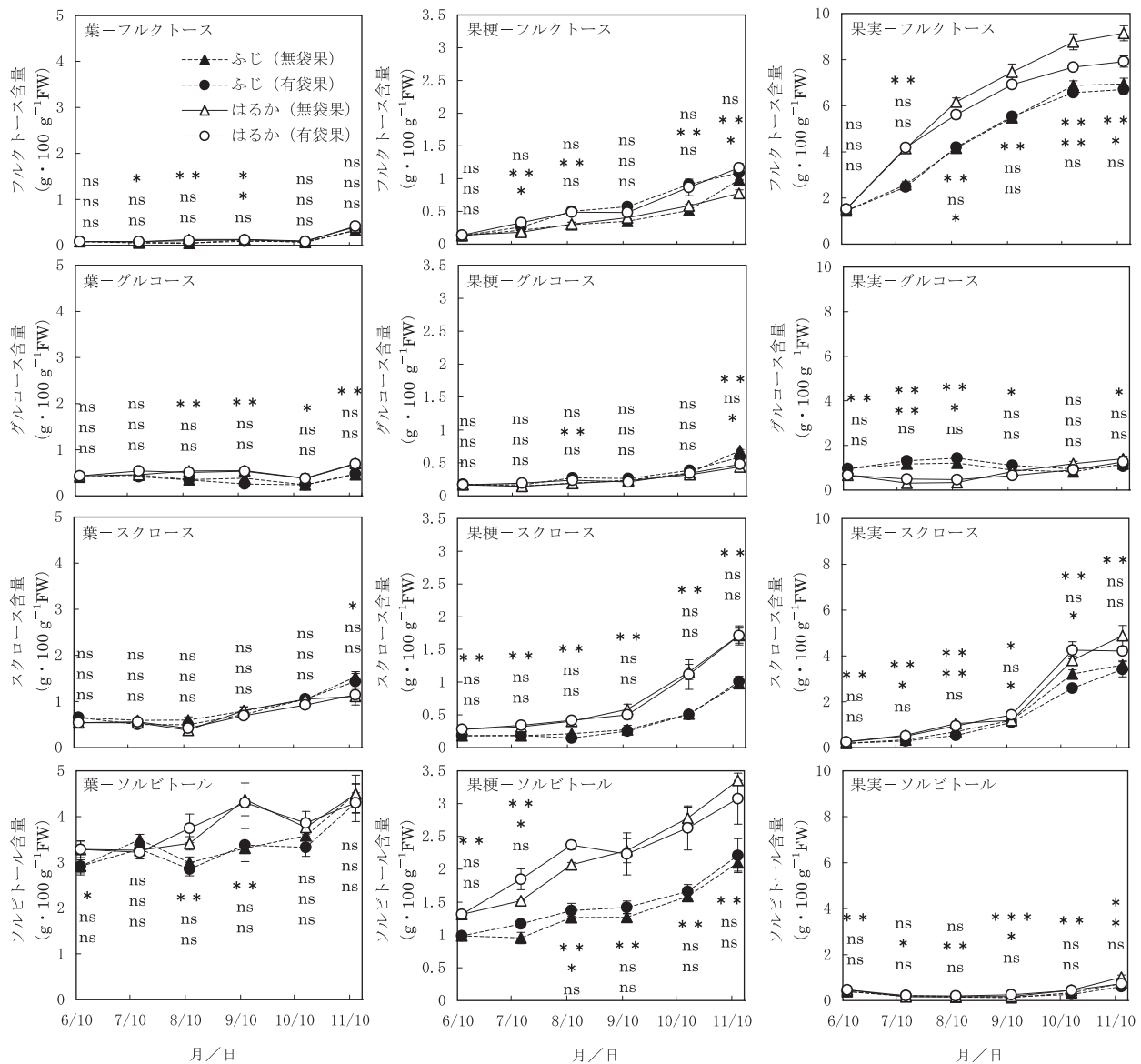


第2図 リンゴ ‘はるか’ および ‘ふじ’ の果実中の全糖含量の変化
 図中の縦線は標準誤差を示す (葉および果実; n = 5, 果梗; n = 2)
 図中の** および* は二元配置分散分析によりそれぞれ 1% 水準および 5% 水準で有意差のあることを, ns は有意差のないことを示す
 また, 上から順に各時期における品種の効果, 袋かけ処理の効果および品種と袋かけ処理の間における交互作用の統計処理の結果を示す

いて、有袋果の方が無袋果よりも低くなった。果実の全糖含量は、6月では品種間の差はみられなかったが、7月以降‘はるか’において高くなり、その差は徐々に大きくなった。また、有袋果の全糖含量は、10月以降に無袋果よりも低下した。

葉、果梗および果実における各種糖含量の変化を第3図に示した。葉ではソルビトール含量が最も多く、8および9月において‘ふじ’よりも‘はるか’で高かった。フルクトース、グルコースおよびスクロースの変化量は小さかったが、グルコース含量は、8月以降‘ふじ’よりも‘はるか’でやや高く推移した。両品種において、いずれの糖

も袋かけ処理による影響はなかった。果梗においてもソルビトール含量が最も高く、スクロースとソルビトール含量は、調査期間中‘はるか’が‘ふじ’よりも高く推移した。フルクトース含量は、両品種において、無袋果よりも有袋果の方が高く推移した。グルコース含量の変化は小さかった。果実ではフルクトース含量が最も高く、7月以降‘はるか’が‘ふじ’よりも高く推移した。10月以降、フルクトース含量は無袋果よりも有袋果の方が低く推移したが、その差は‘はるか’において大きかった。グルコース含量は、6~9月において‘はるか’よりも‘ふじ’で高く、‘ふじ’では8月にかけて増加し、その後減少したが、‘は



第3図 リンゴ‘はるか’および‘ふじ’の葉中、果梗中および果実中の各種糖含量の変化

図中の縦線は標準誤差を示す (n=5)

図中の**および*は二元配置分散分析によりそれぞれ1%水準および5%水準で有意差のあることを、nsは有意差のないことを示す

また、上から順に各時期における品種の効果、袋かけ処理の効果および品種と袋かけ処理の間における交互作用の統計処理の結果を示す

第2表 8月下旬における¹³CO₂処理後のリンゴ‘はるか’および‘ふじ’の各器官における¹³C atom% excess

品種	袋かけ処理	果台枝葉		果そう葉		果台枝		果台		果実	
		24 h	120 h	24 h	120 h	24 h	120 h	24 h	120 h	24 h	120 h
ふじ	無袋果	0.836	0.276	0.856	0.214	0.123	0.054	0.090	0.069	0.070	0.067
	有袋果	0.737	0.202	0.592	0.227	0.097	0.080	0.059	0.098	0.051	0.116
		ns ^z	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
はるか	無袋果	0.777	0.202	0.643	0.180	0.124	0.083	0.115	0.062	0.056	0.070
	有袋果	0.593	0.233	0.560	0.290	0.117	0.090	0.094	0.069	0.063	0.073
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
分散分析	品種 (A)	ns ^y	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
	袋かけ処理 (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	A × B ^x	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^z ns は t 検定において 5%水準で有意差のないことを示す (n = 3)

^y ** および * は二元配置分散分析によりそれぞれ 1% および 5% 水準で有意差のあることを, ns は有意差のないことを示す (n = 3)

^x 品種と袋かけ処理の間における交互作用を示す

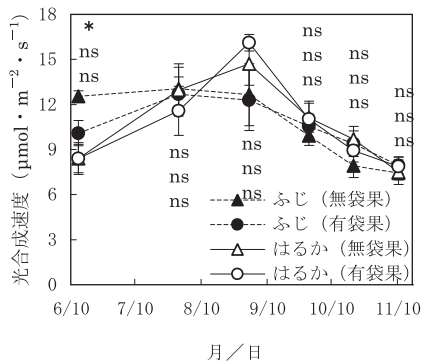
第3表 10月下旬における¹³CO₂処理後のリンゴ‘はるか’および‘ふじ’の各器官における¹³C atom% excess

品種	袋かけ処理	果台枝葉		果そう葉		果台枝		果台		果実	
		24 h	120 h	24 h	120 h	24 h	120 h	24 h	120 h	24 h	120 h
ふじ	無袋果	0.739	0.222	0.516	0.153	0.070	0.047	0.064	0.063	0.020	0.044
	有袋果	0.772	0.146	0.456	0.137	0.087	0.028	0.062	0.039	0.017	0.048
		ns ^z	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
はるか	無袋果	0.639	0.309	0.405	0.269	0.081	0.056	0.056	0.056	0.013	0.055
	有袋果	0.827	0.322	0.433	0.259	0.073	0.069	0.062	0.046	0.020	0.039
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
分散分析	品種 (A)	ns ^y	**	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns
	袋かけ処理 (B)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	A × B ^x	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

^z ns は t 検定において 5%水準で有意差のないことを示す (n = 3)

^y ** および * は二元配置分散分析によりそれぞれ 1% および 5% 水準で有意差のあることを, ns は有意差のないことを示す (n = 3)

^x 品種と袋かけ処理の間における交互作用を示す



第4図 リンゴ‘はるか’および‘ふじ’の果台枝葉の光合成速度の変化

図中の縦線は標準誤差を示す (n = 6)

図中の*は二元配置分散分析により 5%水準で有意差のあることを, nsは有意差のないことを示す

また, 上から順に各時期における品種の効果, 袋かけ処理の効果および品種と袋かけ処理の間における交互作用の統計処理の結果を示す

るか’ではその逆のパターンの変化を示した。スクロース含量は, 調査期間中‘はるか’が‘ふじ’よりも高かった。ソルビトール含量の変化は小さかった。

2. 果台枝葉の光合成速度の変化 (実験 2)

果台枝葉の光合成速度の変化を第4図に示した。光合成速度は, 6月において‘ふじ’が‘はるか’よりも高かったが, 他の時期では品種間差はみられなかった。また, 両品種とも袋かけ処理の影響はみられなかった。

3. ¹³CO₂施与後の果そう内における¹³C atom% excess の変化 (実験 3)

8月下旬と10月下旬における各器官の¹³C atom% excessを, それぞれ第2および3表に示した。8月下旬において, 果台では処理24時間後の¹³C atom% excessは‘ふじ’よりも‘はるか’で高く, 両品種とも袋かけ処理により有意に低下した。その他の器官において有意な差はみられなかった。10月下旬において, 果台枝葉と果そう葉, 果台枝の処理120時間後の¹³C atom% excessは, いずれも‘ふじ’よりも‘はるか’で高かった。果実において, 品種間と袋かけ処理で違いはみられなかった。

考 察

‘はるか’の収穫果は‘ふじ’と比較して、果実重は小さいが、可溶性固形物含量と果実硬度は高く、酸含量と蜜入り指数は同程度であった(第1表)。横田ら(2000)の報告では、‘はるか’の果実重と可溶性固形物含量、果実硬度は本研究結果と同様であり、酸含量は‘ふじ’より‘はるか’で低かった。筆者らが本研究と同樹の‘はるか’の果実品質を2007年に調査した結果、酸含量は‘ふじ’より‘はるか’で低かった(未発表)。このことから、‘はるか’果実の酸含量は‘ふじ’と同程度かやや低く、これは年次により異なると考えられた。可溶性固形物含量は、‘はるか’と‘ふじ’において袋かけ処理により低下したが、全糖含量は‘はるか’でのみ低下した(第1図)。また、‘はるか’の収穫果の果実硬度は袋かけ処理により高まり、蜜入り指数は変化せず、‘ふじ’と異なる影響がみられた。荒川ら(1994)は、袋かけ処理は品種にかかわらず可溶性固形物含量を明らかに低下させるが、全糖含量にはどの品種でも有意な影響を与えないことを報告している。このことから、‘はるか’は果実の全糖含量が袋かけ処理により低下しやすい特性をもつと考えられた。これまで‘はるか’の果実品質に関する研究報告は、横田ら(2000)が収穫果について調査したもののみである。本研究で‘はるか’果実の発育に伴う果実品質の変化を調査した結果、‘はるか’の収穫果の果実重は‘ふじ’よりも小さいが、それには9月以降における果実重の増加量の違いが影響していることが明らかになった(第1図)。また、‘はるか’の可溶性固形物含量はいずれの時期においても‘ふじ’より高く、酸含量は6～8月までは‘ふじ’より高いことが示された(第1図)。

リンゴの葉と果梗中の糖組成の変化についての報告は少ない。Yamaki・Ishikawa(1986)は、‘ジョナゴールド’の着果した短果枝葉におけるソルビトール含量は全糖含量の約80%を占め、スクロース含量は約10%であり、この割合は葉の発育期間中変化しないこと、また生育期間中における果梗の糖組成の変化は葉のそれと同様であることを示した。本研究においても両品種の葉ではソルビトールが主な糖であり、8および9月において、‘はるか’の全糖およびソルビトール含量が‘ふじ’より高くなった(第2, 3図)。しかし、‘はるか’の光合成速度は6月において‘ふじ’より低いことを除き、‘ふじ’との違いがみられず(第4図)、光合成速度と葉中の全糖およびソルビトール含量との関係は判然としなかった。この要因として、‘はるか’は‘ふじ’と比較して、葉から果実への光合成産物の転流速度が遅いこと、葉における光合成産物のソルビトールへの代謝速度(Hansen, 1970)が速いこと、または一時的に貯蔵されるデンプンなどへの転換(松井, 1989)が少ないこと、または複数が関与することが考えられた。果梗における全糖含量は、いずれの時期でも‘ふじ’より‘はるか’で高く推移した(第3図)。リンゴ果実では、成熟期に

向けて果肉細胞の細胞質や細胞間隙の糖濃度が増加することにより、果実細胞への糖の取り込み速度が低下する(Yamaki・Ino, 1992)。果実の糖含量は‘ふじ’より‘はるか’で高いため、‘はるか’は‘ふじ’より成熟に伴う果実への糖の取り込み速度の低下が大きく、その結果、果梗の糖濃度が増加したのかもしれない。両品種の果梗中の主な糖はソルビトールであったが、成熟期ではソルビトールの割合はそれほど多くなく50%程度であり、フルクトースとスクロースの割合がそれぞれ10～20%にも達した(第3図)。「ふじ」において、果梗中の師管液におけるソルビトールの割合は50～60%であり(荒川・三浦, 1994)、バラ科果樹における転流糖は主としてソルビトールであるが、スクロースや他の糖も果実へ輸送されると考えられている(Bieleski, 1969; Webb・Burley, 1962)。したがって、‘はるか’と‘ふじ’においてフルクトースやグルコースも葉から果実へ転流している可能性がある。しかし、転流糖は果梗の師部を通して果実へ輸送されるのに対し、本研究では果梗全体の糖組成を測定しており、また、果梗内において停滞した転流糖は代謝される。今後‘はるか’の転流糖の組成を明らかにするためには、果梗の師管液についても調査する必要がある。両品種とも果梗のフルクトース含量が無袋果より有袋果で高く推移し、他の糖にみられない特徴的な変化を示した(第3図)。

‘はるか’果実の全糖含量は、7～11月において‘ふじ’より高かった(第2図)。これには、‘はるか’のフルクトース含量が‘ふじ’より高い(第3図)ことが最も大きく影響していた。また、スクロースの割合はフルクトースより低いものの、‘はるか’のスクロース含量はいずれの時期でも‘ふじ’より高く推移し、特に10および11月でその差が大きくなった(第3図)。このように、‘はるか’と‘ふじ’の果実における糖含量の違いには、スクロースも関与していた。さらに、‘はるか’の果実におけるフルクトース含量は無袋果より有袋果で低く推移し(第3図)、「はるか」の袋かけ処理による糖含量の低下はフルクトース含量の低下が要因であることが示された。7および8月においてグルコース含量は、両品種とも無袋果より有袋果で高く推移し(第3図)、これは果梗におけるフルクトースと同様に両品種で共通した袋かけ処理による特徴的な変化であった。果実自身も光合成を行うことが知られており(Clijsters, 1969; Phan, 1970)、これが果実の糖含量にどの程度影響しているのかは不明であるが、有袋果では果実自身の光合成が抑制され、その結果、果実の糖含量および組成が変化した可能性もある。

果実への光合成産物の供給は、主として同一果そう内の果そう葉と果台枝葉により行われている(Hansen, 1970; 王ら, 2005)。筆者らは、果実と果台枝を着生した果そうにおいて、果そう葉数は‘はるか’と‘ふじ’で差はないが、果台枝葉数は‘はるか’の方が多いことを確認している(未発表)。本研究では摘果強度を果そう数に基づき品種間で揃え

ているため、調査時の葉果比は‘ふじ’よりも‘はるか’で高かったことが推測された。このことから、光合成速度は品種間で差がみられなかったが、葉果比を考慮すると樹全体の光合成量は‘ふじ’より‘はるか’が多かった可能性もある。今後、葉果比や葉面積の変化と合わせて、個々の果実や葉だけでなく樹全体の特性も調査する必要がある。

‘ふじ’では、葉から転流した糖類は4日程度かけて果実に転流する(川口・荒川, 2004)。したがって、本研究における¹³C処理120時間後の調査では同化された¹³Cは十分に果実へ転流されていたと予想される。ところが、果実への糖蓄積が緩慢になる10月下旬だけでなく、糖蓄積が盛んな8月下旬においても果実における¹³C atom% excessは品種間で差はなく(第2, 3表)、果実への光合成産物の転流量に品種間で違いはみられなかった。8月下旬において、果台では処理24時間後の¹³C atom% excessは‘ふじ’よりも‘はるか’で高く、両品種とも袋かけ処理により低下した(第2表)。また、10月下旬における果台枝葉、果そう葉および果台枝の処理120時間後において、‘はるか’の¹³C atom% excessが‘ふじ’よりも高かった(第3表)。しかし、今回調査した時期と処理後時間だけでは光合成産物の転流を詳細に把握することはできず、光合成産物の転流と糖蓄積の関係およびこれらに及ぼす袋かけ処理の影響は明らかにできなかった。果実の糖含量は、葉から果実へ供給される光合成産物量のほか、果実内における転流糖のデンプンやスクロースへの変換による糖濃度の低下、果実の呼吸による糖の消費などにも影響されるため、今後、これらについて調査が必要である。

摘 要

リンゴ‘はるか’と‘ふじ’の葉と果梗、果実における糖含量の変化、光合成速度および光合成産物の転流について比較した。また、これらに及ぼす果実への袋かけ処理の影響についても検討した。果実の全糖含量は、7月以降‘ふじ’より‘はるか’で高く、この品種間差に最も大きく影響していたのはフルクトース含量であり、次にスクロース含量であった。葉では8および9月において、果梗ではいずれの時期でも、全糖およびソルビトール含量が‘ふじ’より‘はるか’で高く推移した。収穫果の全糖含量は、袋かけ処理により‘はるか’でのみ低下し、これはフルクトース含量の低下によるものであった。葉の糖含量は袋かけ処理により変化しなかったが、果梗のフルクトース含量は両品種とも無袋果より有袋果で高く推移した。しかしながら、これらの糖蓄積の品種間差や袋かけ処理の影響を光合成速度と光合成産物の転流量から議論したが、明らかにできなかった。

引用文献

- 荒川 修・三浦瑞明. 1994. リンゴ果柄中の糖組成について. 園学雑. 63 (別1): 102.
- 荒川 修・植松伸博・中島博明. 1994. 袋掛けがリンゴ果実の品質に及ぼす影響. 弘大農報. 57: 25–32.
- Bielecki, R. L. 1969. Accumulation and translocation of sorbitol in apple phloem. Aust. J. Biol. Sci. 22: 611–620.
- Clijsters, H. 1969. On the photosynthetic activity of developing apple fruits. Qual. Plant. Mater. Veg. XIX, 1–3: 129–140.
- Hansen, P. 1970. ¹⁴C-studies on apple trees. V. Translocation of labeled compounds from leaves to fruit and their conversion within the fruit. Physiol. Plant. 23: 564–573.
- 川口貴史・荒川 修. 2004. リンゴ果実における糖類の転流と代謝. 園学雑. 73 (別2): 117.
- Kondo, S., J. Uthabutra and H. Gemma. 1991. Comparison of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, abscisic acid and anthocyanin content of some apple cultivars during fruit growth and maturation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 505–511.
- 松井弘之. 1989. 光合成産物の生産と分配. p. 25–81. 平野 暁・菊池卓郎編著. 果樹の物質生産と収量. 農文協. 東京.
- 森谷茂樹・岩波 宏・山本俊哉・阿部和幸. 2008. リンゴ4品種‘きざし’, ‘ちなつ’, ‘はるか’, ‘青林’の交配親同定. 園学研. 7 (別2): 404.
- Phan, C. T. 1970. Photosynthetic activity of fruit tissues. Plant Cell Physiol. 11: 823–825.
- 苫名 孝・山田 寿. 1988. 栽培地の異なるリンゴ果実における成熟期の糖組成の変化. 園学雑. 57: 178–183.
- 王 金印・荒川 修・浅田武典. 2005. リンゴ果台枝の花芽形成に及ぼす糖類とGAの影響. 園学研. 4: 335–338.
- Webb, K. L. and J. W. A. Burley. 1962. Sorbitol translocation in apple. Science 137: 766.
- Yamaki, S. and M. Ino. 1992. Alteration of cellular compartmentation and membrane permeability to sugars in immature and mature apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 951–954.
- Yamaki, S. and K. Ishikawa. 1986. Roles of four sorbitol enzymes and invertase in the seasonal alteration of sugar metabolism in apple tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111: 134–137.
- Yamaki, S. and T. Moriguchi. 1989. Seasonal fluctuation of sorbitol-related enzymes and invertase activities accompanying maturation of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder) fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57: 602–607.
- 横田 清・村上政伸・田口芳彦. 2000. リンゴ新品種‘はるか(仮称)’について. 園学雑. 69 (別2): 102.