

リンゴ果実の各種糖類及びアスコルビン酸含量に
及ぼす環境要因の影響

近 藤 悟*

Effect of Environmental Conditions on the Contents of
Sugars and Ascorbic Acid in 'Senshu' Apple Fruit

Satoru KONDO*

*Akita Fruit Tree Research Station, Daigo, Hiraka,
Akita, 013-01*

The effects of various environmental conditions, including exposure to light and fruit load, on the contents of sugars and ascorbic acid in 'Senshu' apple fruit, which is suitable to a high quality juice, were investigated.

(1) The contents of glucose, fructose and sucrose decreased by shading and bagging. The content of sucrose was greatly reduced by shading. The content of ascorbic acid was also reduced by bagging and shading. (2) Defoliation treatment reduced the total sugar content, especially sucrose. The ascorbic acid content was also reduced. Overcropping treatment reduced the fructose and sucrose contents greatly, and the ascorbic acid content was also reduced. However, the levels of the sugars and acid in better coloring fruits were higher than that of lower coloring. It was suggested that among the sugars sucrose was especially affected by the light conditions and fruit cropping, while ascorbic acid was related to photosynthate in addition to exposure to light.

(Received Jun. 17, 1992)

リンゴ果実の消費拡大のために、加工製品への期待が高まっている。糖及び有機酸含量は果汁の品質を決定する重要な要素であるが、現在加工用として用いられている果実の品質は必ずしも満足すべきものではないと考えられる。リンゴ果実の糖含量 (Brix%) 及び有機酸含量と環境要因との関係に関する報告は多いが¹⁾²⁾、各種糖類 (グルコース、フルクトース、ソルビトール) 及びアスコルビン酸含量と光環境や着果量などとの相互関係に関する報告は少ない。リンゴ果実のアスコルビン酸含量については一般的に少ないとされているが、カンキツ類に匹敵する程度含有している品種も報告されている³⁾。また、リンゴ果実を果汁にした場合、還元型アスコルビン酸 (AsA) は酸化型アスコルビン酸 (DAsA) に急速に変化するが、リンゴ果実の DAsA の安定性や耐熱性は他の野菜・果実に比較して強く、加工品に好適であ

ること⁴⁾も報告されている。

本報告では、前報⁵⁾の結果から果汁品質が良好であり、搾汁率など加工適応性に優れ、さらに栽培面積が比較的多い '千秋' 果実について、生育中の環境要因と各種糖類及びアスコルビン酸との関係を検討したので報告する。

実 験 方 法

リンゴ '千秋' (MM. 106 及びマルバ台木, 13 年生) を用い、以下の環境条件の果実について糖の分別定量、アスコルビン酸の定量などを行った。

1. 光環境との関係

寒冷紗 (遮光率 51%, 満開後 45 日から収穫時 (満開後 142 日) まで被覆) で主枝全体を覆った遮光処理区、遮光率 72% のハトロン紙で果実のみを覆った袋掛け処理区 (満開後 45 日被袋, 収穫前 15 日除袋区及び無除袋

* 秋田県果樹試験場 (〒013-01 秋田県平鹿郡平鹿町醍醐)

区)を設けた。上記の処理は同一樹内で枝単位処理とした。

2. 摘葉処理、着果量との関係

摘葉処理については枝単位で行い、収穫前15日に果そう葉の80%、新梢葉の50%を摘葉した。なお、対照区は無摘葉とした。

着果量との関係については樹単位で処理し、過着果区は葉果比10、対照区は葉果比50になるよう調整した。

3. 果実傷害との関係

果梗部に裂果障害のみられる果実を満開後142日(収穫適期)に収穫した。

各処理区の果実を収穫後、直ちに搾汁濾過し、糖の分別定量を高速液体クロマトグラフ(日立655型, カラム: GLC-611, 移動相: 10^{-4} N NaOH, 検出器: 示差屈折計)を用いて行った。なお、本報告では定量したグルコース、フルクトース、スクロース、ソルビトールの合計値を全糖含量として表示した。果実硬度はペネトrometer(Effegi社: FT-327型, プランジャー径11mm), リンゴ酸含量は一定量の果汁を0.1 N-NaOHで中和滴定し、換算して求めた。

果実中のアスコルビン酸に関しては、含有量の多い果皮⁹⁾についても検討し、光条件など環境条件の影響を明らかにしようとした。定量は高速液体クロマトグラフ(日立655型, カラム: Lichrosorb NH₂, 検出器: UV, 254 nm)を用い、MASUDAら⁶⁾及びRICHARD and NAHRWOLD⁷⁾の方法を若干変更して行った。

実験結果

1. 光環境との関係

遮光処理区、袋掛け処理区とも対照区に比べ、グルコース、フルクトース、スクロース含量が減少した。特に遮光処理区ではスクロース含量の低下が著しく、全糖含量も大きく減少した。また、糖酸比は袋掛け処理の無除袋区、遮光処理区で大きく低下した。一方、同一果実内の着色良好部位と着色不良部位では、糖、リンゴ酸含量に有意差はみられなかった(Table 1)。果実中のアスコルビン酸含量に関してはTable 2に示した。果肉ではアスコルビン酸の52~72%、果皮では72~84%が還元型であった。果肉・果皮とも遮光処理及び袋掛け処理区で低下したが、袋掛け処理区の収穫前15日除袋区では無除袋区に比べ、若干増加した。また同一果実内でも、着色不良部位のアスコルビン酸含量は大きく低下した。

2. 摘葉処理、着果量との関係

摘葉処理を行った区では全糖含量が大きく減少し、ス

クロースの低下が著しかった(Table 3)。Table 4に示すように、アスコルビン酸含量値は同程度に着色した果実との比較では、果肉・果皮とも摘葉処理区で低下した。

過着果区では対照区に比べ、グルコース、ソルビトール含量には差がみられなかったが、フルクトース、スクロース含量が大きく減少した。また過着果区の中でも、着色の良好な果実では着色の劣る果実に比べ、フルクトース、スクロース、全糖含量値が高かった。糖酸比についても、着色の劣る果実では低下する傾向をみせた(Table 3)。

アスコルビン酸含量は糖含量と同様な傾向であり、過着果区では低下したが、着色の良好な果実ほどその値が高かった(Table 4)。

3. 果実傷害との関係

果梗部に裂果障害の認められた果実では、同程度の大きさの対照果実と比較した場合、全糖含量には差が認められなかったが、スクロース、リンゴ酸及びアスコルビン酸含量が減少した(Table 5, 6)。

Fig. 1は果肉中の各種糖含量と還元型アスコルビン酸含量との相関関係をみたものであるが、フルクトース、スクロース、全糖含量と5%レベルで一次相関が認められた。

考 察

泉ら⁸⁾はカンキツ果実について、樹冠内の着果位置別の果実中の糖含量とアスコルビン酸含量について調査しているが、日照条件の良い外側の果実ほど糖含量やアスコルビン酸含量の高いことを報告した。本報告の遮光処理によって明らかに糖含量が減少し、対照区に比べフルクトース含量は81.8%、スクロース含量は64.5%であった(Table 1)。また袋掛け処理区でも、これらの含量は若干減少した。糖含量の減少は、摘葉処理、過着果処理によっても顕著であったが、いずれの処理においても、スクロース含量の低下が著しかった(Table 3)。

リンゴ樹の光合成産物の転流物質はソルビトールが主であるが、果実中でソルビトールはスクロース、フルクトース、グルコースに転換される⁹⁾。また、リンゴ果実の糖含量は、発育当初はフルクトース、グルコース、スクロースの順に多く含有されているが、成熟期に入るとスクロースが増加し始め、グルコース含量を上回る¹⁰⁾。このことに関して、温州ミカンでは枝中の転流物質は通常スクロースを主体とするが、幼果期から果実肥大期、果実肥大期から成熟期にかけての転換期には、転流物質

Table 1 Effect of light condition on sugar and malic

Treatment	Fruit weight (g)	Firmness (lb)	Coloring ^z	Malic acid (g · 100 ml ⁻¹)
Shading	219.0 ^{ay}	10.1 ^a	2.0 ^a	0.334 ^a
Bagging (A) ^x	255.8 ^{ab}	12.9 ^b	4.3 ^b	0.358 ^a
Bagging (B) ^w	247.8 ^{ab}	12.5 ^b	1.0 ^a	0.417 ^a
Control	266.4 ^b	13.2 ^b	5.2 ^b	0.342 ^a
Colored portion	—	12.0 ^y	5.4	0.374
Uncolored portion	—	10.8	1.8	0.380
Significance		NS	**	NS

^z Coloring was judged by color chart for 'Fuji' apple fruit (Smaller number shows inferior

^y Data shown are the means of 10 fruits from each of three branch replicates.

Different letters within column represent significant differences according to Duncan's multiple

^x Bag was removed on 15 days before harvesting.

^w Bag was not removed during fruit development.

^y Data shown are the means of 20 fruits.

Significant at 5% level (*) and 1% level (**)

Table 2 Effect of light condition on ascorbic acid content in a pulp and peel of 'Senshu' apple fruit

Treatment	Pulp (mg · 100 g f.w. ⁻¹)			Peel (mg · 100 g f.w. ⁻¹)		
	AsA	DAsA	Total	AsA	DAsA	Total
Shading	0.3 ^{az}	0.3 ^a	0.6 ^a	8.8 ^a	2.9 ^{ab}	11.7 ^a
Bagging (A) ^y	2.2 ^b	0.9 ^{ab}	3.1 ^{bc}	20.9 ^b	3.9 ^b	24.8 ^b
Bagging (B) ^x	0.9 ^{ab}	0.4 ^{ab}	1.3 ^{ab}	4.5 ^a	1.8 ^a	6.3 ^a
Control	2.5 ^b	1.3 ^b	3.8 ^c	36.3 ^c	10.2 ^c	46.5 ^c
Colored portion	1.3 ^w	1.1	2.4	39.3	1.1	40.4
Uncolored portion	0.5	1.0	1.5	6.4	2.4	8.8
Significance	*	NS	NS	**	NS	**

^z Data shown are the means of 10 fruits from each of three branch replicates.

Different letters within column represent significant differences according to Duncan's multiple range test, 5% level.

^y Bag was removed on 15 days before harvesting.

^x Bag was not removed during fruit development.

^w Data shown are the means of 20 fruits.

AsA : Ascorbic acid DAsA : Dehydroascorbic acid

がグルコースとフルクトースの混合物主体に変動することも報告されている¹¹⁾。したがって、リンゴ果実中での各種糖含量の増減については、各時期における転流物質との関連からも、今後検討していくことが必要であろう。

本試験の遮光・摘葉・過着果処理区では、これらの報

告から、成熟期に葉からの光合成産物の供給が果実に十分に行われなかったため、成熟期に増加してくるスクロースの増加が抑制されたものと推察される。

果実に袋掛けを行うことによって、果実中の糖含量の減少することは以前にも報告されているが¹⁾、本報告の袋掛け処理区でフルクトース、スクロース、全糖含量が

acid content of 'Senshu' apple fruit

Sugar content (g · 100 ml ⁻¹)					Sugar-Acid ratio
Glucose	Fructose	Sucrose	Sorbitol	Total	
1.44 ^a	4.89 ^a	2.25 ^a	0.26 ^b	8.84 ^a	26.5 ^a
1.90 ^b	5.73 ^c	2.66 ^{ab}	0.18 ^a	10.47 ^b	29.2 ^{ab}
1.41 ^a	5.43 ^b	3.08 ^{bc}	0.20 ^{ab}	10.12 ^b	24.3 ^a
1.82 ^b	5.98 ^d	3.49 ^c	0.27 ^b	11.56 ^c	33.8 ^b
1.81	6.59	4.14	0.33	12.87	34.4
1.43	5.67	3.77	0.27	11.14	29.3
NS	NS	NS	NS	NS	NS

coloring).

range test, 5% level.

減少したこと (Table 1), さらに過着果処理の中でも, 着色の良い果実ほどフルクトース, スクロース含量値の高かったこと (Table 3) は, 果実における光合成も糖含量に影響したものと推察された.

リンゴ果実のアスコルビン酸含量に關しての報告は, 主に光環境についての報告が多く, 果実への袋掛けによってアスコルビン酸含量の減少することが報告されている¹⁾. 本報告でも同様な結果を得, 遮光等の処理で大きく減少し, また同一果実内でも着色部位でアスコルビン酸含量の多かったこと (Table 2) は, アスコルビン酸含量は光環境と密接に關連すると考えられる. しかしながら, 着色は優れても摘葉処理によってアスコルビン酸含量が大きく減少したこと (Table 4) は, 光条件のみならず葉の光合成とも大きく關連性を持っていることを示唆する. 一方, '千秋' 果実は果梗部に裂果の多い品種であるが, 裂果果実でアスコルビン酸含量が減少したこと (Table 6) は, 硬度及びリンゴ酸含量値の低下 (Table 5), あるいは貯蔵果実でアスコルビン酸が低下した³⁾ という報告などから, 傷害 (裂果) により果実からのエチレン発生が旺盛となり¹²⁾, 果実の老化が促進されたためと考えられた.

Fig. 1 に示されるように, 糖含量, とくにフルクトース及びスクロースと還元型アスコルビン酸との間には, それぞれ $r=0.554$, $r=0.589$ の有意な正の相関が

得られた. 糖含量とアスコルビン酸との密接な關連については, カンキツ¹³⁾, 野菜類¹⁴⁾ でも報告されている. このことはリンゴ果実の還元型アスコルビン酸は糖から生成されること³⁾¹⁵⁾, 及び還元型アスコルビン酸³⁾, スクロース¹⁰⁾ ともそれぞれ成熟期に急速に増加してくることと關連性を持っているものと推察される. したがって, 果実中の糖ならびにアスコルビン酸含量の増加には良好な光環境, 葉の活発な光合成が必要と考えられる. さらに Table 1, 3 の結果から糖含量の増加には光合成産物が, また Table 2, 4 の結果から, アスコルビン酸含量の増加には光条件がより大きな要因になっているものと推察される.

果汁の品質を評価する際に, 糖酸比も一つの指標とされる¹⁶⁾. 遮光処理, 果実への袋掛け処理, 過着果処理によって糖酸比は明らかに低下したが, これらの処理下でも着色の良好な果実ほどその値が高くなり, 対照区により近い値となった (Table 1, 3). 加工用果実の栽培体系としては, できるだけ労力をかけないことが原則であるが, 摘花剤, 摘果剤の使用により隔年結果を引き起こさない着果量とすることは可能である⁵⁾. このことに加え, より高品質果汁の生産にあたっては, 本試験の結果から, 特に成熟期に果実への光環境を良好にしてやることも重要と考えられた.

Table 3 Effects of defoliation and overcropping on sugar and

Treatment	Fruit weight (g)	Firmness (lb)	Coloring ^z	Malic acid (g · 100 ml ⁻¹)
Defoliation	239.5 ^y	11.8	4.2	0.346
Control	245.0	12.4	4.0	0.436
Significance	NS	NS	NS	NS
Overcropping (A) ^x	190.2 ^{av}	12.1 ^a	3.4 ^b	0.305 ^a
Overcropping (B) ^w	161.3 ^a	12.5 ^a	1.0 ^a	0.331 ^a
Control	266.4 ^b	13.2 ^a	5.2 ^c	0.342 ^a

^a The same as in Table 1.^y Data shown are the means of 10 fruits from each of three branch replicates.^x Fruit whose coloring is superior.^w Fruit whose coloring is inferior.^v Data shown are the means of 10 fruits from each of three tree replicates. Different letters within

Table 4 Effects of defoliation and overcropping on ascorbic acid content in a pulp and peel of 'Senshu' apple fruit

Treatment	Pulp (mg · 100 g f.w. ⁻¹)			Peel (mg · 100 g f.w. ⁻¹)		
	AsA	DAsA	Total	AsA	DAsA	Total
Defoliation	0.9 ^z	0.5	1.4	22.7	5.9	28.6
Control	2.3	1.2	3.5	33.7	7.1	40.8
Significance	*	*	**	*	NS	*
Overcropping (A) ^y	1.1 ^{aw}	1.1 ^a	2.2 ^a	27.0 ^{ab}	8.1 ^{ab}	35.1 ^{ab}
Overcropping (B) ^x	1.1 ^a	1.1 ^a	2.2 ^a	20.6 ^a	4.0 ^a	24.6 ^a
Control	2.5 ^b	1.3 ^a	3.8 ^b	36.3 ^b	10.2 ^b	46.5 ^b

^a Data shown are the means of 10 fruits from each of three branch replicates.^y Fruit whose coloring is superior.^x Fruit whose coloring is inferior.^w Data shown are the means of 10 fruits from each of three tree replicates.

Different letters within column represent significant differences according to Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 5 Effect of cracking on sugar and malic acid

Treatment	Fruit weight (g)	Firmness (lb)	Coloring ^z	Malic acid (g · 100 ml ⁻¹)
Cracking	179.5	12.2	5.0	0.315
Control	177.3	13.3	5.4	0.413
Significance	NS	*	NS	*

^a The same as in Table 1.

Data shown are the means of 20 fruits.

malic acid content of 'Senshu' apple fruit

Sugar content ($\text{g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$)					Sugar-Acid ratio
Glucose	Fructose	Sucrose	Sorbitol	Total	
1.60	5.06	1.71	0.15	8.52	24.6
1.44	5.54	3.43	0.26	10.67	24.5
NS	*	**	NS	**	NS
1.53 ^a	4.95 ^b	2.25 ^b	0.15 ^a	8.88 ^b	29.1 ^{ab}
1.41 ^a	4.25 ^a	1.24 ^a	0.40 ^a	7.30 ^a	22.1 ^a
1.82 ^a	5.98 ^c	3.49 ^c	0.27 ^a	11.56 ^c	33.8 ^b

column represent significant differences according to Duncan's multiple range test, 5% level.

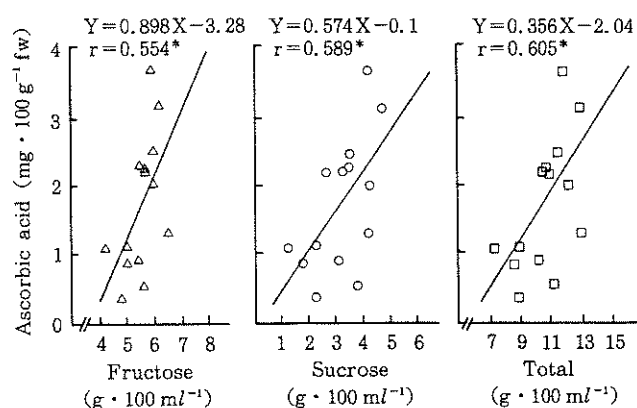


Fig. 1 Relationship between fructose, sucrose and total sugar, and ascorbic acid content in a pulp of 'Senshu' apple fruit
Significant at 5% level (*)

content of 'Senshu' apple fruit

Sugar content ($\text{g} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$)					Sugar-Acid ratio
Glucose	Fructose	Sucrose	Sorbitol	Total	
1.47	5.69	3.29	0.31	10.76	34.2
1.54	5.96	4.15	0.31	11.96	29.0
NS	NS	*	NS	NS	NS

Table 6 Effect of cracking on ascorbic acid content in a pulp and peel of 'Senshu' apple fruit

Treatment	Pulp (mg · 100 g f.w. ⁻¹)			Peel (mg · 100 g f.w. ⁻¹)		
	AsA	DAsA	Total	AsA	DAsA	Total
Cracking	2.3	0.4	2.7	32.6	5.2	37.8
Control	3.7	0.8	4.5	53.5	5.8	59.3
Significance	*	NS	*	*	NS	*

Data shown are the means of 20 fruits.

要 約

果汁品質が良好であるリンゴ '千秋' 果実について、光環境、着果量など環境条件と各種糖含量、アスコルビン酸含量との関係について検討した。

1. 遮光処理、果実への袋掛け処理とも、対照区に比べグルコース、フルクトース、スクロース含量が減少した。特にスクロース含量は、遮光処理区で減少が著しかった。また、アスコルビン酸含量も遮光、袋掛け処理によって減少した。

2. 摘葉処理区では全糖含量が大きく減少し、とりわけスクロースの減少が著しかった。またアスコルビン酸含量も減少した。

過着果処理では対照区に比べ、フルクトース、スクロース含量は大きく減少し、アスコルビン酸含量も減少した。ただし着色の良好な果実では着色の劣る果実に比べ、これらの値はいずれも高かった。

以上から、リンゴ果実の糖含量の中でも、スクロース含量が光条件や着果量によって大きく影響を受け、またアスコルビン酸含量は光条件に加え、葉の働きとも密接に関係することが示唆された。

本試験を行うに当たり、アスコルビン酸の分析に関して御指導いただいた農林水産省果樹試験場、垣内典夫博士に、また有益な御助言をいただいた当試験場、鈴木栄司栽培部長に感謝いたします。

文 献

- 1) 苦名 孝：果実の生理（養賢堂、東京）、p. 57 (1971).
- 2) 近藤 悟・水野 昇・高橋佑治：秋田果樹試報、18, 23 (1987).
- 3) 玉山誠一・原田順厚・岡本辰夫：弘前大学報、21, 82 (1973).
- 4) 葛西文造：東北女子短期大学紀要、17, 48 (1978).
- 5) 近藤 悟・鈴木栄司：東北農業研究、44, 199 (1991).
- 6) MASUDA, R., HAYAKAWA, A., KAKIUCHI, N. and IWAMOTO, M.: *Rep. Natl. Food Res. Inst.*, 52, 30 (1988).
- 7) RICHARD, C.R. and NAHRWOLD, D.L.: *Anal. Biochem.*, 114, 140 (1981).
- 8) 泉 秀実・伊藤卓蔵・吉田保治：園学雑、58, 877 (1990).
- 9) HANSEN, P.: *Physiol. Plant.*, 23, 564 (1970).
- 10) KONDO, S., UTHAIBUTRA, J. and GEMMA, H.: *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 60, 505 (1991).
- 11) 沢村正義・中島正利・筏島 豊：農化、49, 603 (1975).
- 12) ABELES, F.B.: *Ethylene in plant biology*, (Academic Press, New York), p. 87 (1973).
- 13) 泉 秀実・伊藤卓蔵・吉田保治：園学雑、57, 304 (1988).
- 14) 篠原 温・田中邦雄・鈴木芳夫・山崎肯哉：園学雑、47, 63 (1978).
- 15) LOEWUS, F.: *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 22, 337 (1971).
- 16) 日本果汁協会：果汁・果実飲料事典、稲垣長典・三浦 洋・小曾戸和夫・幸野憲二・服部達彦編（朝倉書店、東京）、p. 204 (1981).

(平成4年6月17日受理)