

<<短 報>>

ニホンナシ「彩玉」の貯蔵条件の違いが

貯蔵性および果実成分に及ぼす影響

柴崎茜*・前島秀明**・島田智人*・浅野亘***・遠藤紀浩****・南原恵子****

Effect of Difference in Storage Conditions of Japanese Pear ‘Saigyoku’ on Shelf-life and Fruit Components

Akane SHIBASAKI, Hideaki MAESHIMA, Tomohito SHIMADA, Wataru ASANO, Toshihiro ENDO and Keiko MINAMIHARA

ニホンナシ「彩玉」は、埼玉県農林総合研究センター園芸研究所（現：埼玉県農業技術研究センター久喜試験場）で育成された品種である。8月中下旬～9月上旬に収穫され、大玉（550g程度）で高糖度（13～14度）であることが特徴である（島田ら，2005）。栽培面積は、47.1haに達し（農林水産省，2017）、県内のニホンナシ栽培面積の1割以上を占めており、収量や単価が高いため生産者の期待も大きい。

しかし、収穫期が短く、収穫盛期の山が大きいことが、販売上課題となっている。リピーター客の確保や、彼岸の贈答用需要への対応のためには、貯蔵による長期販売が必要であるが、貯蔵条件による日持ち性の違いは明らかになっていない。加えて、産地では一か月程度の冷蔵貯蔵によって食味が向上すると言われているが、要因は不明である。

そこで本研究では、「彩玉」の貯蔵条件の検討と、貯蔵による食味向上要因を明らかにするため、食味に関わる果実成分の測定を行った。

材料および方法

1 供試材料

埼玉県農業技術研究センター久喜試験場植栽「彩玉」（2017年に13年生）および「豊水」（2017年に48年生）を用いた。試験は2017年～2019年の3年間行った。

2 貯蔵条件の検討

(1) 貯蔵温度が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響

適熟果（彩玉用表面色カラーチャート2前後）を収穫し、フルーツキャップを取り付け、ニホンナシ用5kgダンボール箱に封入した後、青果物用冷蔵庫で貯蔵した。5～30日間隔で最長30日後まで10果ずつ品質調査を行い、果実重減少率（貯蔵0日目との比較）、地色（農林水産省作成カラーチャート）、糖度（PR-101α，ATAGO）、pH（LAQUA twin，HORIBA）および果肉硬度（FT-011，藤原製作所）を測定した。また、2名の調査員により、果実を常温に戻した後、熟度の官能評価を行った。

*果樹担当，**果樹担当（現春日部農林振興センター），***果樹担当（現病害虫研究担当），****農業革新支援担当

熟度は口に含んだ際の肉質で判定し、指数化した (<2.7 未熟, 2.7~3.5 適熟, 3.5<過熟). 全調査果の平均が 2.7~3.5 の期間を可食期間とした.

(2) 貯蔵期間延長法の検討

a 1-MCP 処理が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響

1-MCP は、エチレンの作用を阻害する働きを持つ剤で、ニホンナシの鮮度保持にも利用されている. 本試験では、90kg 程度の適熟果を収穫後ただちに 0.5 立米のケースに入れ、1-MCP (1000ppb) と、炭酸カルシウム 500g 程度を入れて密閉し、25℃下で 16 時間静置した. 処理後は前項と同様に貯蔵、調査を行った.

b 収穫時の果色が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響

完全未熟果とやや未熟果の二段階について、検討した. 完全未熟果は彩玉用表面色カラーチャート 1 程度、やや未熟果は 1.5 程度の果実を目安に収穫し、前項と同様に貯蔵、調査した. また、熟度評価に加えて、青臭さの官能評価を行った. 口に含んだ際の臭気により青臭さの有無を判定し、調査果の半数以上に青臭さが残る場合、熟度評価の結果に関わらず不可食とした.

3 食味に関わる果実成分の測定

(1) 構成糖含量

「彩玉」適熟果の貯蔵 0 日後、3.4℃における貯蔵 30 日後、10.0℃および 14.6℃における貯蔵 15 日後について、構成糖含量を調査した. 果実を赤道面で切断し、果頂部側より果肉をくし形に採取した. 得られた果肉を-60℃で凍結保存した後、3g の果肉に 80%メタノールを 15mL 入れ、ホモジナイズした. 80℃で 30 分インキュベートした後、遠心分離し、上澄みを採取した. 残渣に再び 80%メタノールを 15mL 入れ、上記と同様の方法で上澄みを採取した. これをもう一度繰り返し、3 回分の上澄みを合わせた液に 5g のポリビニルピロリドンを入れ、一晚静置した後、再び遠心分離をした. 採取した上澄みを、陰イオン交換カラム (Stara-SAX, Shimazu) に通し、Ito ら (2012) に基づいて、スクロース、グルコース、フルクトースおよびソルビトールの測

定を行った. 調査は、1 反復当たり果実を 3~4 果混合し、3 反復行った.

(2) 香気成分

「彩玉」適熟果の貯蔵 0 日後、3.4℃における貯蔵 30 日後について、香気成分を調査した. 貯蔵 0 日後には、対照として「豊水」を調査した. 前項と同様の方法で採取した 1g の果肉を、飽和塩化ナトリウム液 1mL に浸漬し、バイアル瓶に封入した後、-60℃で凍結保存した. 測定前に、標準物質 (2-octanol) を混和し、サンプルを解凍した後、固相マイクロ抽出 (ファイバー種類 65μm PDMS/DVB, ファイバーコア Stablex, アッセンブリータイプ SS, SHIGMA ARDRICH) を行い、Katayama ら (2013) に基づいて測定を行った.

検出された香りは、甘い香り、青い香りにそれぞれ分類し (表 1)、標準物質に対する相対量を算出した. 調査は、果実 10 果を混合し、1 反復行った.

表 1 果実から検出された主要な香気成分

成分名	香り	香りの系統
酢酸ヘキシル	果実様	甘い
2-エチルヘキサノール	脂っぽい	
ヘキサナール	青臭い	青い
3-ヘキセナール	青臭い	
2-ヘキセナール,(E)-	青臭い	
1-ヘキサノール	青臭い	
サリチル酸メチル	ミント様	

(3) デンプン含量

「彩玉」適熟果の貯蔵 0 日後と、2.0℃における貯蔵 30 日後の果実について、デンプン含量を調査した. (1) で得られた残渣に、7mL のジメチルスルホキシドを加え、ホモジナイズした. 100℃で 30 分インキュベートした後、遠心分離し、上澄みを採取した. これを 2 回繰り返し、上澄みを合わせた. 含量は、グルコースキッド (F-kit Glucose, BOEHRINGER MANNHEIM) を用いて測定した. 調査は、1 反復当たり果実を 3~4 果を混合し、3 反復行った.

結 果

貯蔵温度が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響について、表 2 に示した。貯蔵日数が進むにつれ、いずれの温度においても果実重減少率は大きくなり、地色は上昇し、果肉硬度は低下した。糖度は、B および C 庫でわずかに上昇した。可食期間は、3.4 および 7.6°C で 0~30 日目程度、10.0°C で 0 日目~20 日目程度、14.6°C で 0 日目~10 日目程度、25.0°C で 0 日目~5 日目程度となった。

1-MCP 処理が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響について、表 3 に示した。果実重減少率は、無処理（表 2）よりも低い傾向が見られたが、10.0 および 14.6°C では 20 日目以降、25.0°C では 5 日目以降高くなった。地色は、いずれの温度においても無処理よりも低く、果肉硬度は高くなる傾向が見られた。糖度および pH は、無処理との大きな差はなかった。可食期間は、10.0 および 14.6°C で 5 日間、25.0°C で 10 日間、無処理よりも延長された。

収穫時の果色が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響について、表 4 に示した。果実重減少率は、完全未熟果では、15 日目から 30 日目にかけて、

適熟（表 2）よりも大きく上昇した。地色および糖度は、適熟よりも低い値を示した。果肉硬度は、適熟よりも高く推移する傾向が見られた。pH は、適熟との大きな差は見られなかった。熟度は、いずれの温度および果色においても、適熟と同等または低い値を示した。青臭さは、やや未熟果では、いずれの温度においても貯蔵 15 日後には消失した。一方、完全未熟果では貯蔵 30 日後まで青臭さが残った。これらのことから、やや未熟果の出庫は青臭さが抜ける 15 日目以降が望ましく、完全未熟果は利用不可と判断された。可食期間について、7.6°C では 15 日目~30 日目程度、14.6°C では 15 日目程度であった。14.6°C では、やや未熟果の貯蔵により、可食期間の最終日が 5 日程度延長された。

「彩玉」の貯蔵が構成糖に及ぼす影響について、表 5 に示した。スクロースは、10.0°C および 14.6°C の貯蔵 15 日後で有意に減少した。グルコースは、すべての温度で有意に増加した。フルクトースは、10.0°C および 14.6°C の貯蔵 15 日後で有意に増加した。ソルビトールは、14.6°C の貯蔵 15 日後で有意に減少した。全糖含量は、3.4°C の貯蔵 30 日後および 14.6°C の貯蔵 15 日後で有意に減少した。

表 2 貯蔵温度が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響

貯蔵庫 (年度)	庫内平均 温度(°C)	貯蔵後 日数	果実重 減少率(%)	地色	糖度 (Brix%)	pH	果肉硬度 (lb)	熟度	可食 期間
A (2018)	3.4	0	-	3.5	14.8	5.1	4.9	3.0	0 日目~
		30	2.7	4.1	14.5	5.2	4.7	3.1	30 日目程度 ¹⁾
B (2019)	7.6	0	-	3.4	12.5	4.9	4.8	2.8	0 日目~
		15	2.0	4.0	12.9	5.0	4.9	3.0	30 日目程度 ¹⁾
		30	3.6	4.1	13.5	5.0	4.7	3.0	
C (2018)	10.0	0	-	3.5	14.8	5.1	4.9	3.0	0 日目~
		15	2.2	3.9	15.0	5.2	4.5	3.3	20 日程度
		20	2.4	4.0	15.0	5.1	4.6	3.3	
		25	2.7	4.3	15.3	5.1	4.6	3.7	
D (2018)	14.6	0	-	3.5	14.8	5.1	4.9	3.0	0 日目~
		10	2.1	3.8	14.7	5.1	4.5	3.5	10 日目程度
		15	2.9	3.8	14.7	5.1	4.1	4.0	
		20	3.5	4.0	15.0	5.2	3.6	4.5	
E (2017)	25.0	0	-	3.2	13.0	4.9	5.0	3.0	0 日目~
		5	2.0	3.2	12.8	4.9	4.5	3.3	5 日程度
		10	3.2	4.0	12.9	4.9	4.1	3.8	
		15	3.6	3.9	13.1	4.9	4.0	3.6	

¹⁾貯蔵 30 日後までの調査。30 日以降も貯蔵可能と考えられるが、最長期間は不明

表3 1-MCP処理が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響

貯蔵庫 (年度)	庫内平均 温度(℃)	貯蔵後 日数	果実重 減少率(%)	地色	糖度 (Brix%)	pH	果肉硬度 (lb)	熟度	可食期間 (無処理との差)
A (2018)	3.4	0	-	3.5	14.8	5.1	4.9	3.0	0日目～
		30	2.6	4.0	14.8	5.1	4.5	3.1	30日目程度 ¹⁾
B (2019)	7.6	0	-	3.4	12.5	4.9	4.8	2.8	0日目～
		15	1.9	3.6	12.7	5.0	4.9	3.1	30日目程度 ¹⁾
		30	3.2	4.0	13.4	4.9	4.9	3.1	
C (2018)	10.0	0	-	3.5	14.8	5.1	4.9	3.0	0日目～
		15	1.9	3.8	14.8	5.1	4.6	3.1	25日目程度
		20	3.2	3.8	14.7	5.1	4.8	3.2	(+5日)
		25	3.3	4.1	14.7	5.1	4.3	3.5	
D (2018)	14.6	0	-	3.5	14.8	5.1	4.9	3.0	0日目～
		10	1.8	3.7	14.5	5.1	4.9	2.9	15日目程度
		15	2.2	3.7	14.6	5.1	4.7	3.2	(+5日)
E (2017)	25.0	0	-	3.2	13.0	4.9	5.0	3.0	0日目～
		5	1.9	3.2	13.1	4.9	4.8	3.0	15日目程度
		10	3.4	3.3	12.9	4.8	4.2	3.2	(+10日)
		15	3.8	4.0	13.3	4.9	4.4	3.1	

¹⁾貯蔵30日後までの調査。30日以降も貯蔵可能と考えられるが、最長期間は不明

表4 収穫時の果色が「彩玉」の果実品質および日持ちに及ぼす影響

貯蔵庫 (年度)	庫内平均 温度(℃)	熟度	貯蔵後 日数	果実重 減少率 (%)	地色	糖度 (Brix%)	pH	果肉硬度 (lb)	熟度	青臭 さ	可食 期間
B (2019)	7.6	やや 未熟	0	-	2.8	12.7	5.0	5.0	2.4	有	15日目～
			15	2.1	3.4	13.5	4.9	4.9	3.0	無	30日目程度 ¹⁾
			30	3.6	3.9	13.5	5.0	4.9	3.0	無	
		完全 未熟	0	-	2.6	12.1	5.0	4.8	2.2	有	-
			15	1.4	3.2	13.1	5.0	4.8	3.0	有	
			30	4.3	3.7	13.2	5.0	4.8	3.0	有	
D (2018)	14.6	やや 未熟	0	-	2.5	13.7	5.1	5.1	2.2	有	15日目程度
			10	1.9	3.5	14.1	5.1	4.7	2.9	有	
			15	3.1	3.5	14.5	5.2	3.8	3.4	無	
			20	3.3	3.7	14.4	5.2	4.1	3.9	無	

¹⁾貯蔵30日後までの調査。30日以降も貯蔵可能と考えられるが、最長期間は不明

柴崎ら：ニホンナシ「彩玉」の貯蔵条件の違いが貯蔵性および果実成分に及ぼす影響

表5 「彩玉」の貯蔵が構成糖含量に及ぼす影響

貯蔵温度	貯蔵後 日数	構成糖含量(g/gFW)				全糖含量 (mg/gFW)
		スクロース	グルコース	フルクトース	ソルビトール	
3.4℃	0	69.1	5.1	28.4	25.3	127.9
	30	54.5	8.5	32.4	22.0	117.4
t 検定 ²⁾		n.s.	*	n.s.	n.s.	*
10.0℃	0	69.1	5.1	28.4	25.3	127.9
	15	30.8	24.8	49.8	22.6	128.2
t 検定		**	**	**	n.s.	n.s.
14.6℃	0	69.1	5.1	28.4	25.3	127.9
	15	17.5	29.6	56.3	18.9	122.2
t 検定		**	**	**	**	*

²⁾*は5%水準, **は1%水準で有意差あり, n.s.は有意差なし

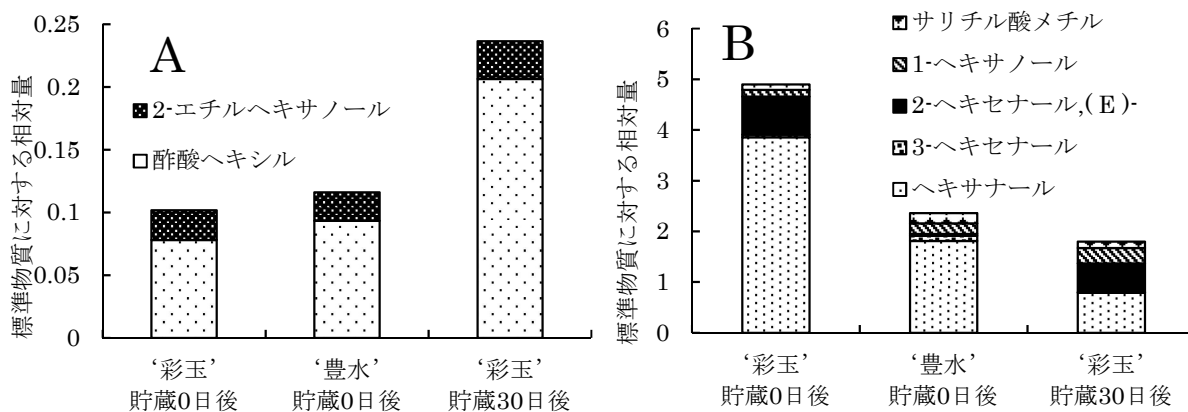


図1 「彩玉」および「豊水」の貯蔵が香气成分に及ぼす影響 (Aは甘い香り, Bは青い香り)

表6 「彩玉」および「豊水」の貯蔵がデンプン含量に及ぼす影響

	デンプン含量(mg/gFW)	
	貯蔵0日後	貯蔵30日後
「彩玉」	0.023	0.015
「豊水」	0.017	0.018
二元配置分散分析 ¹⁾		
品種	n.s.	
貯蔵後日数	n.s.	
交互作用	n.s.	

¹⁾n.s.で有意差なし

「彩玉」および「豊水」の貯蔵が香気成分に及ぼす影響について、図1に示した。甘い香り(図1A)について、貯蔵0日後には、品種間差は見られなかった。貯蔵30日後の「彩玉」では、0日後よりも高い値を示し、特に酢酸ヘキシルが増加した。青い香り(図1B)について、貯蔵0日後には、「彩玉」が「豊水」よりも高い値を示し、特にヘキサナールと2-ヘキセナール(E)が多かった。貯蔵30日後の「彩玉」では、0日後よりも低い値を示し、特にヘキサナールが減少した。

「彩玉」および「豊水」の貯蔵がデンプン含量に及ぼす影響について、表6に示した。品種や貯蔵後日数による有意差は無く、含量はわずかであった。

考察

1 貯蔵条件の検討

7.6℃以下では、30日程度の貯蔵が可能であることが明らかとなった。したがって、ナシの需要が高まる9月下旬まで販売期間を延長したい場合、7.6℃以下の条件で貯蔵を行うことが好ましい。一方、10.0℃以上では、貯蔵期間が短くなることが明らかとなった。このような冷蔵条件で更に販売期間を延長したい場合、1-MCPの処理や、やや未熟果の貯蔵が有効である。

一方、「彩玉」の完全未熟果を貯蔵しても、青臭さが抜けず、可食とならないことが明らかとなった。ニホンナシ「豊水」を5日間室温で貯蔵した場合、貯蔵時に地色3程度であれば追熟により食味が向上するが、地色2であると、未熟すぎて貯蔵しても追熟が不十分である(長門ら, 1982)。これらより、「彩玉」の完全未熟果についても、貯蔵による追熟は難しいと考えられた。また、1-MCP処理を未熟果に行うと、青臭さが抜けないという報告もある(樫村, 2005)。貯蔵を行う際は、こうした点に注意する必要がある。

2 食味に関わる果実成分

構成糖含量について、スクロースが減少し、グルコースおよびフルクトースが増加する傾向が見られた。こうした変化は、二糖類であるスクロースが、単糖類であるグルコースとフルクトースに分解されたことに起因すると考えられる。ニホンナシでは、

スクロースをグルコースとフルクトースに分解する酵素として、酸性インペルターゼ(AIV)が知られている(Yamaki・Moriguchi, 1989)。「ゴールド二十世紀」では、貯蔵によってAIVをコードする*ppAIV1*および*ppAIV2*のmRNA発現量が増加するとともに、スクロースが減少し、グルコースとフルクトースが増加した(Itaiら, 2015)。したがって、「彩玉」においてもAIV活性が高まることで、構成糖含量の変化が生じていると推測できる。

「ゴールド二十世紀」を0, 4℃, 10℃, 15℃および22℃で28日間貯蔵すると、*ppAIV1*および*ppAIV2*のmRNAの発現は、10および15℃で他の温度帯よりも早期に増加した(Itaiら, 2015)。「彩玉」においても、10.0℃や14.6℃における貯蔵で、スクロースの減少とフルクトースおよびグルコースの増加が顕著に見られたことから、同様のmRNAの発現変化が起きたと推察できる。

甘味の強さを客観的に表す尺度として、官能試験によって測定される、「甘味度」がある。各糖の甘味度は、スクロースを1とすると、グルコースが0.64~0.74、フルクトースが1.15~1.73となっており、グルコースやフルクトースは、食味時の温度が低くなるほど甘味度が高くなる(前橋, 2011)。産地で冷蔵貯蔵果を食べる際、多くは冷えた状態であると想定される。したがって、産地において、グルコースおよびフルクトースが増加した貯蔵後の果実を、冷やして食べることで甘みを強く感じ、貯蔵前よりも食味が向上したと感じた可能性がある。

一方、ニホンナシの食味には、スクロースが重要であると考えられている。「幸水」を1℃で貯蔵すると、貯蔵3か月後にスクロースがほぼ消失し、その地点で食味に水っぽさを感じられたことから、スクロースが品質劣化の目安になりうる(太田ら, 1996)。「彩玉」においても、スクロース含量は貯蔵により低下していることから、スクロースがほぼ消失すると考えられる数か月単位の貯蔵は、食味に悪影響を与える可能性がある。今後、貯蔵果の食味と糖に関して、さらに検討していく必要がある。

香気成分について、貯蔵0日後の「彩玉」の青い香りは、「豊水」の2倍程度となった。ニホンナシの香気成分は、品種により種類や含量が異なる(Katayamaら, 2013)ことから、「彩玉」は、「豊水」よりも青い香りが多い特徴があると考えられた。

また、「彩玉」の貯蔵により、甘い香りの主成分である酢酸ヘキシルが増加した。セイヨウナシ「ラ・フランス」では、追熟により酢酸エステル類が増加し、可食適期である追熟 12 日後には、酢酸エステル類の中でも酢酸ヘキシルの発生量が最も多くなった(新野・飛塚, 2003)。したがって、「彩玉」においても、酢酸ヘキシルの増加は、食味向上に重要であると推察された。これらより、産地で貯蔵によって「彩玉」の食味が向上すると言われるのは、貯蔵前に感じられた青い香りが貯蔵により減少すると同時に、甘い香りが増加したためと考えられた。

デンプン含量について、品種間差や貯蔵による変化は見られず、含量は糖の 0.2%以下と、わずかであった。一方、セイヨウナシでは、収穫後の追熟により、デンプンが糖化することが知られている。セイヨウナシ「ラ・フランス」では、収穫時のデンプン含量は糖の 30%以上で、貯蔵によってデンプン含量が減少し、糖含量が増加する(伊藤ら, 2001)。これらより、「彩玉」や「豊水」のデンプン含量は、「ラ・フランス」に比べて大幅に少ないことが分かる。したがって、「彩玉」の適熟果を貯蔵したとしても、デンプンの糖化による糖度上昇効果はかなり少なく、食味に与える影響もわずかであると考えられた。

これらの果実成分に加え、貯蔵による果肉硬度の低下等、様々な要因が食味の変化に影響している可能性がある。

引用文献

- Itai A., Hatanaka R., Irie H. and Murayama H. (2015) : Effects of Storage Temperature on Fruit Quality and Expression of Sucrose Phosphate Synthase and Acid Invertase Genes in Japanese Pear. Hort. J. 84 (3) 227-232
- Ito A., Sakamoto D., Moriguchi T. (2012) : Carbohydrate metabolism and its possible roles in endodormancy transition in Japanese pear. Sci. Hort. 144, 187-194.
- 伊藤茂, 吉村幸江, 舛田奈里, 鬼頭勇夫 (2001) : 愛知県におけるセイヨウナシ「グランドチャンピオン」の果実品質と内容成分. 愛知農総試研報 33, 195-200.
- 樫村芳記 (2005) : 新規鮮度保持剤 1-MCP の作用機構と利用の展望. 日本農薬学会誌 30(3), 262-264
- Katayama H., Ohe M. and Sugawara E. (2013) : Diversity of odor-active compounds from local cultivars and wild accessions of Iwateyamanashi (*Pyrus ussuriensis* var. *aromatica*) revealed by Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA). Breed. sci. 63, 86-95
- 前橋健二 (2011) : 甘味の基礎知識. 日本醸造協会 106, 818-825.
- 長門寿男, 吉岡四郎, 関本美知, 新堀二千男 (1982) : ニホンナシ「幸水」「豊水」の成熟特性とカラーチャート利用による収穫適期の判定. 千葉農試報 23: 59-74.
- 新野清, 飛塚幸喜 (2003) : セイヨウナシ「ラ・フランス」の追熟に伴う香気成分の変化. 東北農業研究 56, 169-170.
- 農林水産省 (2017) : 特産果樹生産動態等調査, 果樹品種別生産動向調査, なし, 日本なし
- 太田政隆, 稲富和弘, 末次信行, 福田忠, 上原上雄 (1996) : ニホンナシ「幸水」の CA 貯蔵. 佐賀果試研報 13, 60-68.
- 島田智人, 水戸部満, 浅野聖子, 酒井雄作, 六本木和夫, 吉川健治, 小川政昭, 前島秀明, 郡克, 奥野隆, 向井武勇 (2005) : ニホンナシ新品種「彩玉」の育成とその特性. 埼玉農総研研報 (5), 32-36.
- Yamaki S. and Moriguchi T. (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.