ニホンスモモにおける果肉細胞の数と大きさの品種間差異

永嶋友香^a・周藤美希・八幡昌紀*・富永晃好・成瀬博規・原田 久・向井啓雄

静岡大学農学部 422-8529 静岡市駿河区大谷

Varietal Differences in Flesh Cell Number and Size of Japanese Plum Fruit

Yuka Nagashima^a, Miki Sudo, Masaki Yahata*, Akiyoshi Tominaga,
Hiroki Naruse, Hisashi Harada and Hiroo Mukai

Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Ohya, Suruga-ku, Shizuoka 422-8529

Abstract

To characterize factors determining the varietal differences in the fruit size of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.), we investigated the relationships among fruit weight, flesh thickness, cell numbers, and radial cell lengths of flesh at the ripening time in 6 cultivars for 2 years. The correlation coefficient between the fruit weight and flesh thickness was higher than 0.9, and the cultivar with large fruits had thicker flesh. There was a varietal difference in cell numbers of flesh, and the cultivar with large fruits had more cells. On the other hand, differences in radial cell lengths of flesh among the cultivars were not clear. In the investigation of correlation coefficients among measurement items, although a correlation was noted between the thickness and radial cell lengths in flesh, the correlation coefficient was low, at about 0.3 to 0.5. Conversely, the correlation coefficient between the thickness and cell numbers in flesh was high, over 0.9. The results revealed that the differences in fruit size among Japanese plum cultivars were markedly influenced by the cell number rather than radial cell length.

Key Words : fruit size, paraffin section, *Prunus salicina*

キーワード : 果実サイズ, パラフィン切片, *Prunus salicina*

緒 言

ニホンスモモ (*Prunus salicina* Lindl.) の果重は25～300 g と品種により異なる (吉田, 2000). 近年では果実が大きく食味に優れた‘貴陽’や‘秋姫’のような大果品種が育成されており, 他品種の栽培面積は減少する傾向にあるものの, 大果品種は2004年から2014年の10年間で約3倍に増加している (農林水産省生産局園芸作物課, 2007, 2017).

一般に, 果実の肥大は果肉細胞の分裂による細胞数の増加と細胞の拡大により決定される (岡本, 1996). 核果類であるニホンスモモの果実肥大は二重S字型成長曲線を示し, その肥大周期は3つに分けられる. すなわち, 果実が活発な細胞分裂により急速に肥大する第1期, 果実肥大の停滞と同時に内果皮がリグニン化して核を形成する第2期, そして細胞容積の増加に伴い果実が再び急激に肥大し成熟する第3期である.

これまでに多くの果樹類では果実の大きさを左右する細

胞分裂と細胞肥大について研究されている. ニホンスモモと同じバラ科植物のリンゴでは, 細胞数と細胞径の両方が果実の大きさに影響することが認められている (Harada ら, 2005). 一方, ナシ (Zhang ら, 2006), モモ (Yamaguchi ら, 2002a, b), およびモクセイ科の核果類であるオリーブ (Rapoport ら, 2004) では, 細胞数の多い品種ほど果実が大きくなり, 品種間における果実の大きさの差異は細胞数の多少によるものと報告されている.

しかしながら, ニホンスモモでは品種間における果実の大きさと果肉の細胞数および細胞径との関係は明らかにされていない. そこで本研究では, ニホンスモモ果実の大きさを決定する要因を明らかにするため, 組織学的手法を用いてニホンスモモ6品種の果肉細胞を観察し, 細胞数と細胞径の品種間差異を調べた.

材料および方法

静岡大学農学部附属地域フィールド科学教育センター植栽のニホンスモモ‘貴陽’, ‘太陽’, ‘ソルダム’, ‘ハリウッド’, ‘大石早生すもも’および‘メスレー’を供試した. 成熟時の果実を各品種10個ずつ採取し, 重量を測定した. さらに, 品種ごと5果について第1図に示すとおり果肉から赤道面側径部分をブロック状に切り出し, 組織観察用サンプルとした. 一部修正を加えた仲條ら (2014) の方法

2018年3月30日 受付. 2018年6月5日 受理.
本研究の一部は園芸学会平成27年度秋季大会で発表した.
* Corresponding author. E-mail: yahata.masaki@shizuoka.ac.jp
^a 現在: 静岡県立農林大学校

第1図 果肉厚の測定部位と細胞径の測定方向

に従い、サンプルを固定液FAA〔70%エタノール：酢酸：ホルムアルデヒド=90:5:5 (v/v/v)〕に浸漬し、真空デシケーター内でサンプルから気泡が発生しなくなるまで脱気した。FAAを流水で除去し、15, 35, 50, 70, 85%エタノールに順次3時間漬けた。さらに、80%エタノール：80%ブタノール=65:35 (v/v), 90%エタノール：90%ブタノール=45:55 (v/v), 100%エタノール：100%ブタノール=25:75 (v/v)の混合液へ順に12時間ずつ、100%ブタノールに84時間浸漬した。そこに溶解したパラフィンを注ぎ、58°Cのインキュベーター内に1日置床後、純パラフィンに取りかえ、3～4日間浸漬した。その後、インキュベーターからサンプルを取り出し、パラフィンで包埋した。サンプル赤道面の側径部分から回転式ミクロトームで連続切片（厚さ10μm）を作製した。Haupt貼付液を塗って乾燥させたスライドガラスに筆で水を全体に行き渡らせ、そ

の上に切片を載せて38°Cで3時間以上乾燥させた。パラフィンを溶除するため、キシレンに15分、キシレン：無水エタノール=1:1 (v/v)の混合液に10分、無水エタノールに20分（10分で液を更新）漬け、ファーストグリーンで45秒染色した後、無水エタノールで3分脱色し、キシレンに20分浸漬した。スライドガラスのサンプル上に封入剤を滴下し、カバーガラスを被せて封入した。切片の顕微鏡写真を撮影し、一部修正を加えたYamaguchiら（2002a）の方法により、1果につき2箇所ずつ細胞数と細胞径の測定を行った（第1図）。すなわち核から外果皮方向へ放射状に直線を引き、直線の長さを果肉厚として計測した。さらに、直線に触れる細胞について、直線に平行方向に最大となる長さを細胞径とし、平均細胞径で果肉厚を除して細胞数を算出した。なお、本研究は2013年と2014年に行った。

第1表 ニホンスモモ6品種の成熟時における果実の重さ、果肉厚、細胞径および細胞数

年	品種	重さ (g)	果肉厚 (mm)	細胞径 (μm)	細胞数
2013	貴陽	209.9 a ^y	23.5 a	166.1 ab	142.4 a
	太陽	119.0 b	21.6 b	186.3 a	116.4 b
	ソルダム	75.5 c	18.4 c	160.2 bc	115.2 b
	ハリウッド	57.0 d	14.8 d	183.6 a	81.0 c
	大石早生すもも	46.4 d	13.5 d	185.9 a	73.3 c
	メスレー	17.4 e	9.6 e	139.1 c	69.0 c
2014	貴陽	193.6 a	25.0 a	186.2 a	134.8 a
	太陽	135.2 b	21.4 b	179.8 a	119.4 a
	ソルダム	81.4 c	19.9 c	169.7 a	118.4 a
	ハリウッド	65.1 d	16.4 d	169.0 a	97.4 b
	大石早生すもも	42.1 e	13.2 e	188.3 a	70.3 c
	メスレー	33.8 e	9.9 f	138.1 b	72.2 c
分散分析 ^z	年度	**	**	n.s.	n.s.
	品種	**	**	**	**
	年度×品種	**	**	**	**

^z **は1%水準で有意差あり、n.s.は有意差なし

^y Tukeyの多重検定により異なる文字間に1%水準で有意差あり

結 果

ニホンスモモの成熟時における果重と果肉厚は、2013年と2014年ともに‘貴陽’で最も高い値を示し、次いで‘太陽’、‘ソルダム’、‘ハリウッド’、‘大石早生すもも’および‘メスレー’の順であった(第1表)。また、果重と果肉厚間で2013年と2014年ともに $r=0.9$ を超える高い正の相関がみられた(第2図)。次に、果肉の細胞を観察した結果(第3図)、細胞径は両年とも‘メスレー’で約 $140\mu\text{m}$ と最も小さかった(第1表)。他の5品種は約 $160\sim 190\mu\text{m}$ で、2013年にソルダムで差がみられたものの、2014年では品種間差はなかった。細胞数は大果品種で多い傾向があり、‘貴陽’で最も値が高く、140個前後であった(第1表)。一方、‘メスレー’と‘大石早生すもも’の細胞数は少なく、‘貴陽’の半分の70個程度であった。細胞径と果肉厚間との相関を調べた結果、2013年は $r=0.288$ 、2014年は $r=0.501$ であり、年次により値が大きく異なった(第4図)。一方、細胞数と果肉厚との間では、2013年が $r=0.921$ 、2014年が $r=0.922$ と、両年ともに0.9以上の高い相関を示した(第5図)。なお、それぞれの品種内における果肉厚と細胞径および細胞数との相関は、両年ともに認められない品種が多く、規則性はなかった(データ略)。

第3図 ニホンスモモの成熟時における果肉細胞
A: ‘貴陽’, B: ‘太陽’, C: ‘大石早生すもも’, D: ‘メスレー’
Bars = $50\mu\text{m}$

第2図 ニホンスモモ6品種の成熟時における果重と果肉厚の相関
A: 2013年, B: 2014年
** は1%水準で有意

第4図 ニホンスモモ6品種の成熟時における細胞径と果肉厚の相関

A: 2013年, B: 2014年

**, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意

第5図 ニホンスモモ6品種の成熟時における細胞数と果肉厚の相関

A: 2013年, B: 2014年

**は1%水準で有意

考 察

成熟時のニホンスモモ果実において、果肉厚は果実の大きさと密接にかかわる果重との間に高い正の相関が認められたことから、果肉厚が果実の大きさを示す指標となり得ることが示唆された。

成熟期の果肉厚と細胞径間での相関は、2013年と2014年それぞれ $r=0.288$ と $r=0.501$ であったが、果肉厚と細胞数は両年ともに $r=0.9$ 以上の高い正の相関がみられた。これらのことから、ニホンスモモにおける果実の大きさの品種間差異は、モモ (Yamaguchi ら, 2002a, b), オウトウ (Olmstead・Iezzoni, 2007; Yamaguchi ら, 2004b), およびウメ (Yamaguchi ら, 2004a) などの他の核果類と同様に細胞径より細胞数の影響が強いものと考えられる。

果実の大きさには倍数性の違いが影響することが数々の果樹で報告されている。ブドウ (Notsuka ら, 2000) やキウイフルーツ (Wu ら, 2012), キンカン (糠谷ら, 2011) では、四倍体の果実の方が二倍体より大きいことが明らかにされている。さらに、リンゴ (Harada ら, 2005) とセイヨウナシ (Isuzugawa ら, 2014) では、倍数性と果肉細胞の数および大きさとの関係について調査されている。これらの三倍体や四倍体の品種・系統は、二倍体と比べ、果肉を構成する細胞および細胞間隙が大きく発達している一方、細胞数には差がないことが認められている。よって、リンゴやセイヨウナシにおいては、倍数体間の果実の大きさの違いは果肉細胞の大きさによるものと判断されている。ニホンスモモの品種は通常二倍体であるが、「貴陽」は三倍体である (大林ら, 2009)。「貴陽」は「世界で最も重いスモモ」として知られており (Guinness Book of World Records, 2012), 本研究においても供試材料6品種の中では、「貴陽」の果実が最も重く大きかった。他の二倍体品種と比べ、「貴陽」の細胞数は2013年では有意に多く、2014年では「太陽」および「ソルダム」との間に有意差はなかったものの高い値であった。一方、細胞径では2013年と2014年ともに差は判然としなかった。このことから、三倍体である「貴陽」の果実が他品種と比較して大きくなる要因は細胞数の関与が大きいためであると考えられる。

以上より、ニホンスモモ果実の大きさにおける品種間差異は、細胞の大きさよりも細胞の数が強く影響していることが明らかとなった。

摘 要

ニホンスモモ果実の大きさが品種間で異なる要因を明らかにするため、ニホンスモモ6品種を用いて、成熟時の果実についてそれぞれ重さ、果肉厚、細胞数および細胞径を測定し、品種間差異を2年間調べた。果重と果肉厚間に相関係数 $r=0.9$ 以上の高い正の相関が認められ、果実の大きい品種ほど果肉厚が厚かった。果肉の細胞数は品種間で異なり、大果品種で多かった。それに対し、品種による細胞

径の違いは判然としなかった。測定項目間の相関を調査した結果、果肉の細胞径は果肉厚との間に相関が認められたものの、相関係数が約0.3~0.5と低かった。一方、細胞数は果肉厚との間に相関係数0.9以上の高い相関がみられた。これらの結果から、ニホンスモモ果実の大きさにおける品種間差異は果肉の細胞径より細胞数が強く影響していることが明らかとなった。

引用文献

- Guinness Book of World Records. 2012. Heaviest Plum. <www.guinnessworldrecords.com>.
- Harada, T., W. Kurahashi, M. Yanai, Y. Wakasa and T. Satoh. 2005. Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of *Malus* species. *Sci. Hortic.* 105: 447–456.
- Isuzugawa, K., H. Murayama and T. Nishio. 2014. Characterization of a giant-fruit mutant exhibiting fruit-limited polyploidization in pear (*Pyrus communis* L.). *Sci. Hortic.* 170: 196–202.
- 仲條誉志幸・大林沙泳子・八幡昌紀・永嶋友香・成瀬博規・増田幸直・向井啓雄・原田 久・高木敏彦. 2014. 三倍体ニホンスモモ「貴陽」における胚珠発育の組織学的研究. 園学研. 13: 107–111.
- Notsuka, K., T. Tsuru and M. Shiraishi. 2000. Induced polyploid grapes via *in vitro* chromosome doubling. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 543–551.
- 農林水産省生産局園芸作物課. 2007. 平成16年度産特産果樹生産動態等調査. <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001060237>>.
- 農林水産省生産局園芸作物課. 2017. 平成26年度産特産果樹生産動態等調査. <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001173724>>.
- 糠谷綱希・太田知宏・安田喜一・八幡昌紀・國武久登・小松春喜・新居直祐・向井啓雄・原田 久・高木敏彦. 2011. ニンボウキンカン珠心胚へのコルヒチン処理によって得た倍数体の特性とそれらの三倍体育種への利用. 園学研. 10: 1–8.
- 大林沙泳子・八幡昌紀・仲條誉志幸・藤井明子・向井啓雄・原田 久・高木敏彦. 2009. ニホンスモモ「貴陽」における生殖器官の特徴と倍数性. 園学研. 8: 407–412.
- 岡本五郎. 1996. 果実の肥大とその調節. p.58–121. 果実の発育とその調節. 養賢堂. 東京.
- Olmstead, J. W. and A. F. Iezzoni. 2007. Genotypic differences in sweet cherry fruit size are primarily a function of cell number. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132: 697–703.
- Rapoport, H. F., T. Manrique and R. Gucci. 2004. Cell division and expansion in the olive fruit. *Acta Hortic.* 636: 461–465.
- Wu, J-H., A. R. Ferguson, B. G. Murray, P. M. Datson and J.

- Zhang. 2012. Induced polyploidy dramatically increases the size and alters the shape of fruit in *Actinidia chinensis*. Ann. Bot. 109: 169–179.
- Yamaguchi, M., T. Haji, M. Miyake and H. Yaegaki. 2002a. Varietal differences in cell division and enlargement periods during peach (*Prunus persica* Batsch) fruit development. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 155–163.
- Yamaguchi, M., T. Haji, M. Miyake and H. Yaegaki. 2002b. Studies on the varietal differences and yearly deviation of mesocarp cell numbers and lengths and fruit weight among commercial peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] cultivars and selections, wild types, and their hybrids. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 459–466.
- Yamaguchi, M., T. Haji and H. Yaegaki. 2004a. Differences in mesocarp cell number, cell length and occurrence of gumming in fruit of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) cultivars during their development. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 73: 200–207.
- Yamaguchi, M., I. Sato, K. Takase, A. Watanabe and M. Ishiguro. 2004b. Differences and yearly variation in number and size of mesocarp cells in sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars and related species. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 73: 12–18.
- 吉田雅夫. 2000. スモモの種類, 品種生態と栽培. p. 33–44. 農文協. 東京.
- Zhang, C., K. Tanabe, S. Wang, F. Tamura, A. Yoshida and K. Matsumoto. 2006. The impact of cell division and cell enlargement on the evolution of fruit size in *Pyrus pyrifolia*. Ann. Bot. 98: 537–543.