

적뢰 및 적과에 따른 사과 '후지' 과실의 조직 발달

박지영* · 박희승¹ · 김용구

경희대학교 원예학과, ¹농촌진흥청 원예연구소

Thinning Stage on the Development of Fruit Structure in 'Fuji' Apples

Ji-Young Park*, Hee-Seung Park¹, and Yong-Koo Kim

Dept. of Horticulture, Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea,

¹National Horticulture Research Institute, RDA, Suwon 440-310, Korea

*corresponding author

ABSTRACT This study was carried out to verify the effect of fruit thinning on fruit development, and the results were as follows. The number of cells between fruit epidermis and periphery vascular bundle during 35 to 184 days after full bloom (DAFB) were constant with 14~17 cells, regardless of thinning at pink bud stage, fruitlet stage or non-thinning. However, the distance between epidermis and vascular bundle was longest in the fruit thinned at pink stage followed by fruits thinned at fruitlet stage and control. Therefore, it was seemed that the fruit size increment during 35 to 184 DAFB was due to the increment of cell size. Thinning time affected fruit size and the earlier the thinning times were the bigger the fruits were. However, there were no direct relationships between thinning time and the starch or tannin particle development in the cells of the fruit.

Additional key words: cell division, flower thinning, fruit development

서 언

사과는 북부온대과수로서 우리 나라 기후에 알맞아 우리 나라의 과수 중에서 가장 많은 재배면적을 차지하여 왔으나, 1992년을 기점으로 점차 감소되고 있는 실정이다(MAF, 1999; RDA, 1998). 이와 같은 사과 재배면적의 급속한 감소 원인 중의 하나는 오랫동안 재배기술의 발전이 미흡하여 타 과종에 비해 단위 면적당 소득이 낮았기 때문이다. 고품질의 사과를 생산하기 위한 적과는 오래전부터 이용되어 온 재배방법 중의 하나이나(Quinlan과 Preston, 1968; Westwood, 1993), 적과할 무렵이 되면 과실이 앞에 가려져 잘 판별되지 않을 뿐만 아니라 가위를 사용하거나 손으로 적과할 때는 다른 과실까지도 상처를 주기 쉽고, 단시간에 적과를 해야하므로 노동력이 집중되어 적기에 적과를 하기가 매우 어렵다. 따라서 적과 시기를 앞당겨 과실에 상처도 내지 않으면서 대과를 생산할 수 있는 방법인 적뢰를 일부 농가에서 실시하고 있으나 과실 발달에 큰 영향을 미치는 적뢰의 효과에 대한 해부학적인 측면에서의 연구는 아직까지 깊이 있게 이루어지지 않았다.

따라서 본 실험은 적과 시기의 조만에 따른 과실 품질의 차이를 재확인함과 동시에 적과시의 과실비대 양상을 현미경 검경을 통하여 밝힘으로써 과실을 비대하게 하는 재배기술 중 적뢰작업 즉, 조기적과의 이론적 기초 확립에 기여하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 1997년에 충청남도 아산시 음봉면에 위치한 농가 과수원에서 환엽해당에 M.26 대목을 중간대목으로 이용하여 二重接木된 13년생 '후지'를 공시품종으로 사용하였다. 적과 적기를 구명하고자 과수원내 안정된 수세의 복숭아 나무를 처리당 5주식 선정하여 1997년 4월 20일, 즉 pink bud stage에 한 화총당 중심 꽃봉오리 한 개만 남기고 나머지는 따주는 적뢰, 5월 상순에 화총내에서 전체 꽃이 모두 개화하였을 때 중심화 한 개만 남기고 따주는 적화, 착과가 확실하다고 생각된 때인 만개 후 17일째에 중심화 한 개만 남기고 따주는 관행 적과, 그리고 적과를 하지 않은 무적과로 구분하여 시험하였다. 적과 시기별로 처리된 조직발달 검경용 과실은 만개기부터 성숙기까지 10회에 걸쳐 채취하였으며, 적과 처리구의 시료 채취는 무처리 과실의 시료 채취와 같은 시기에 행하였다. 과실의 성장을 조사하기 위하여 처리별 15개씩을 수확하여 횡경을 측정하였고, 과실의 품질에 대한 조사는 수확 후 과실의 횡경, 중경, 무게 및 당도를 조사하였다.

현미경 검경은 Park(1995)의 방법에 따라 이중고정 후 epon을 사용하여 시료를 제작하였으며 고정, 탈수, 매몰, 중합 등 일련의 과정을 거쳐 만들어진 시료들은 ultramicrotome으로 조직을 절편한 뒤 periodic acid schiff(P.A.S)방법으로 염색하여 광학현미경(Carl-

결과 및 고찰

과실 생장

사과 ‘후지’ 과실의 생장을 만개기에서 성숙기까지 지속적으로 과실의 횡경을 기준으로 측정한 결과, 만개기의 횡경은 0.28cm였으며, 만개 후 2일에는 0.30cm, 만개 후 35일에는 2.60cm로 약 한 달 사이에 9배 이상이 증가하였던 반면, 만개 후 35일부터 성숙기까지는 3배 이상 증가하여 초기 4~5주 사이에 과실의 생장 속도가 월등히 빠름을 보여주었다. 이와 같은 생장양상은 사과과실의 발달을 성장속도에 따른 성장단계별로 구분할 경우 Pratt (1988)가 수확기 가까이에 이룰수록 과실이 천천히 자란다고 한 이론과 일치하는 결과를 보여주었다(Fig. 1).

적뢰 또는 적과시 만개기부터 성숙까지는 약 185일이 소요되어 과실생장 기간은 무처리와 차이를 보이지 않았으며, 적과 처리구에 있어서의 과실비대는 착과 후 한달 사이에 있어 무처리와 동일한 생장양상을 나타내었다(Table 1).

적뢰 및 적과에 따른 ‘후지’ 사과와의 조직 발달

적뢰, 적과 및 무적과 처리가 ‘후지’ 사과와의 과실비대 변화 및 조직발달에 미치는 영향을 현미경 검경을 통하여 알아보았다. 적뢰, 적과 및 무적과한 과실을 만개기에서, 만개 후 35일, 102일, 158일, 184일에 관찰한 결과를 살펴보면 4월 28일인 만개기 과실의 표피에서 주변 유관속까지의 세포 수는 모든 처리구에서 8~9개 사이였으며, 만개 후 35일부터 만개 후 184일까지 14~17개 세포의 안쪽에 주변 유관속이 위치하고 있었다(Table 2). 따라서 성숙기 과실의 표피에서 주변 유관속까지의 세포 수는 적과 처리에 영향을 받지 않았고 무적과한 과실과 동일하게 표피층으로부터 14~17개의 세포층 아래에 주변 유관속이 위치한다는 것을 알 수 있었다. 한편 성숙기 과실의 표피에서 주변 유관속까지의 거리를 측정한 결과 적뢰한 것이 주변 유관속까지의 거리가 1,051 μ m인데 비하여 적과한 것은 714 μ m, 무적과는 663 μ m로 많은 차이가 나타났다(Table 2). 즉, 적과 처리시기에 따라 전 생육단계에 걸쳐 표피에서 주변 유관속까지의 거리는 적뢰, 적과, 무적과의 순으로 거리가 멀어졌음을 알 수 있었다. 결과적으로 적과처리시 무적과와 비교하였

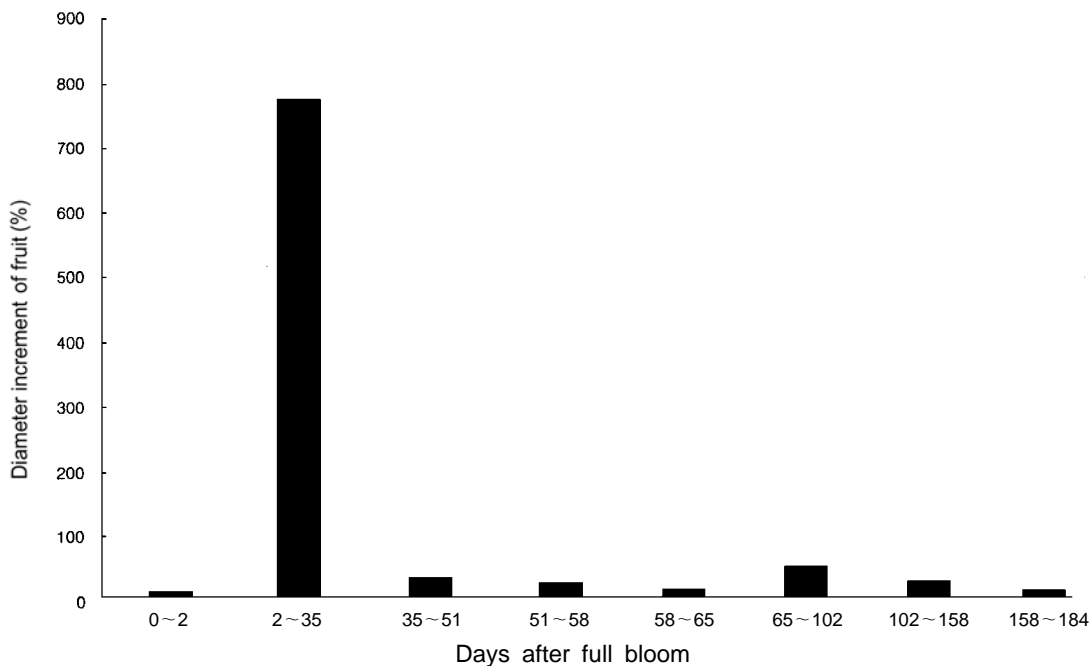


Fig. 1. The fruit diameter increment percentage in each measurement date compared with each previous measurement from full bloom to maturity for non-thinned ‘Fuji’ apples in 1997.

Table 1. Seasonal changes of fruit diameter from full bloom to fruit maturity after thinning of flower bud, flower, and fruit of ‘Fuji’ apples in 1997.

Thinning treatment	Fruit diameter (cm)								
	Days after full bloom								
	0	2	35	51	58	65	102	158	184
Flower bud thinning	0.30	0.35	3.10	4.68	4.73	5.13	7.70	9.67	9.67
Flower thinning	0.28	0.30	2.90	4.55	4.70	5.04	7.88	9.57	8.98
Fruit thinning	0.28	0.30	2.80	4.00	4.55	4.78	7.15	8.82	9.12
Non-thinning	0.28	0.30	2.60	3.35	4.10	4.61	6.58	8.01	8.72

Table 2. Effect of thinning stages on the distance and cell number between vascular bundle and outer epidermis according to fruit development of 'Fuji' apples in 1997.

Thinning treatment	Days after full bloom				
	0	35	102	158	184
Flower bud thinning	102/9 ^z	408/15	704/17	1102/16	1051/16
Fruit thinning	-	372/17	673/16	531/14	714/14
Non-thinned control	92/8	378/16	561/16	632/14	663/15

^zDistance (μm)/cell number

Table 3. Effect of thinning stages on the thickness and cell numbers of fruit skin tissue during fruit development of 'Fuji' apples in 1997.

Thinning treatment	Days after full bloom			
	65	102	158	184
Flower bud thinning	142.4 a/7.8 a ^z	142.8 a/8.2 ^y a	146.4 a/7.6 a	142.8 a/7.8 a
Fruit thinning	122.2 b/7.2 a	120.2 b/7.6 a	126.6 b/7.6 a	122.2 b/7.6 a
Non-thinned control	104.0 c/7.4 a	116.0 b/8.0 a	114.0 c/7.6 a	116.2 b/8.0 a

^zMean separation within the column by Duncan's multiple range test at $p=5\%$.

^yDistance (μm)/cell number.

을 때 표피에서 주변 유관속까지의 세포 수에는 영향을 주지 않았으나, 거리가 멀어진 것으로 보아 과실의 크기에 미치는 적과의 효과는 세포수의 증가보다는 세포의 비대인 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 Quinlan과 Preston(1968)이 'Sunset' 품종을 적화하였을 때와 Goffinet(1995)이 'Empire' 품종을 적과하였을 때 과실의 비대가 세포수의 증가에 기인한다는 보고와는 다른 결과를 보여주었으나, Westwood(1993)가 보고한 연구 결과와는 일치하는 경향을 보였다.

Table 3은 과피와 과육으로 뚜렷한 구분이 되는 만개 후 65일부터 184일까지의 과피조직을 현미경으로 관찰하여 과피의 세포 수와 두께를 측정 비교한 결과이다. 모든 처리에서 만개 후 65일부터 과피와 과육의 구별이 가능하였으나, 과피를 구성하는 세포층 수는 만개 후 65일에서 184일까지 7~9개로 세포수가 더 이상 증가되지 않았으며, 적외한 처리구의 과실 과피 두께도 142~146 μm 으로 거의 변함이 없었다. 또한 만개 후 65일에서 만개 후 184일의 과피의 두께가 적과 처리시 120~126 μm , 무처리시 104~116 μm 로 일정하게 유지되는 것과 같은 경향을 보여주었다. 반면에 적과

단계에 따른 과피 두께를 비교할 경우, 적외한 것이 적과한 것에 비하여 두꺼운 것으로 나타났다. 따라서 적과단계가 이른 것이 과피의 세포 수에 영향을 미치지 보다 과피의 초기 세포비대에 영향을 주는 것으로 나타났다.

적외 또는 적과시 과실의 세포와 조직 발달은 만개 후 35일의 표피와 아표피 세포의 모양은 무적과와 마찬가지로 만개 후 35일에는 원형으로 과피와 과육의 구분이 되지 않았다(Figs. 2-left, 3). 이 시기에 전분립은 관찰되지 않았고, 탄닌은 표피와 아표피 그리고 유조직 세포에서 약간 발견되었다. 과피와 과육의 구분은 적외, 적과 모두 무적과에서와 같은 시기인 만개 후 65일을 전후로 하여 뚜렷하게 나타났다. 만개 후 102일에 과육 세포내에서 많이 발견되던 전분은 성숙기인 만개 후 184일에는 대부분 사라졌다. 유과기에 쉽게 관찰되던 탄닌은 만개 후 100일 정도에 표피층에서 완전히 사라졌다(Fig. 3) 만개 후 184일에는 표피와 아표피 세포의 3~4층에 검은색 덩어리로 존재하고(Fig. 5) 있었다. 또한 아표피 층에 나타나는 세포간 공극은 과실이 성숙하면서 많이 생겼으며 아표피 세포의 세포벽도 성숙함에 따라 두꺼워졌다(Fig. 4, 5). 과육세포는

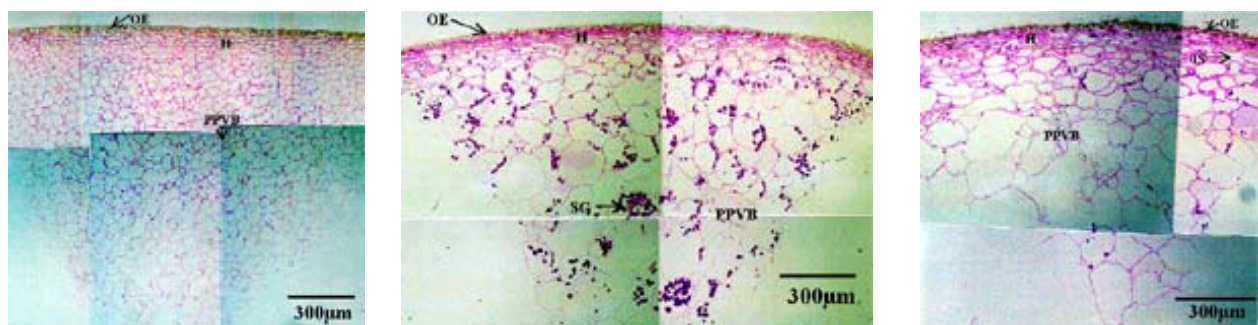


Fig. 2. Cross section of 'Fuji' apple fruits sampled 35 (left), 102 (middle), and 184 (right) days after full bloom. H:hypodermis; IS:intercellular space; OE:outer epidermis; PPVB:periphery vascular bundle; SG:starch grain

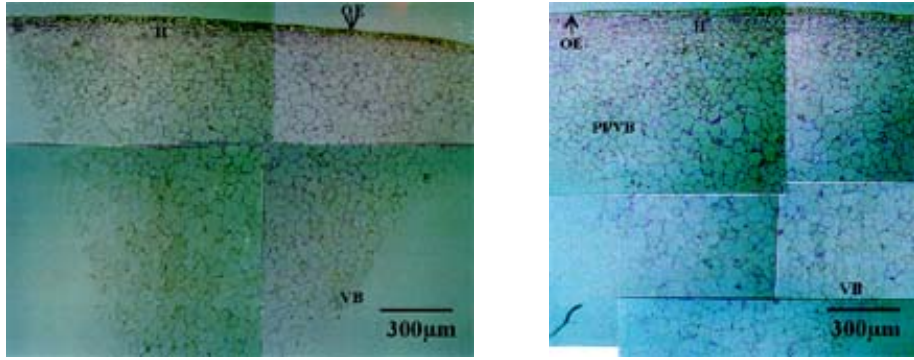


Fig. 3. Cross section of 'Fuji' apple fruits after thinning of pink bud (left) and fruitlet (right) sampled 35 days after full bloom.
H:hypodermis; OE:outer epidermis; PPVB:periphery vascular bundle; VB:vascular bundle

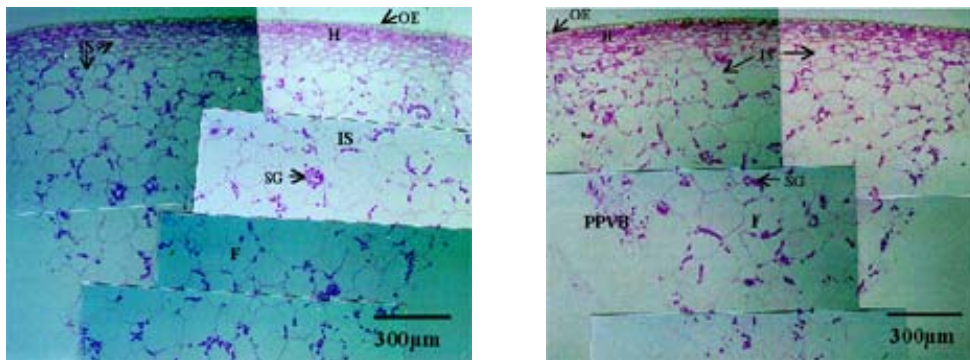


Fig. 4. Cross section of 'Fuji' apple fruits after thinning at pink bud (left) and fruitlet (right) sampled 102 days after full bloom.
F:flesh; H:hypodermis; IS:intercellular space; OE:outer epidermis; PPVB:periphery vascular bundle; SG:starch grain

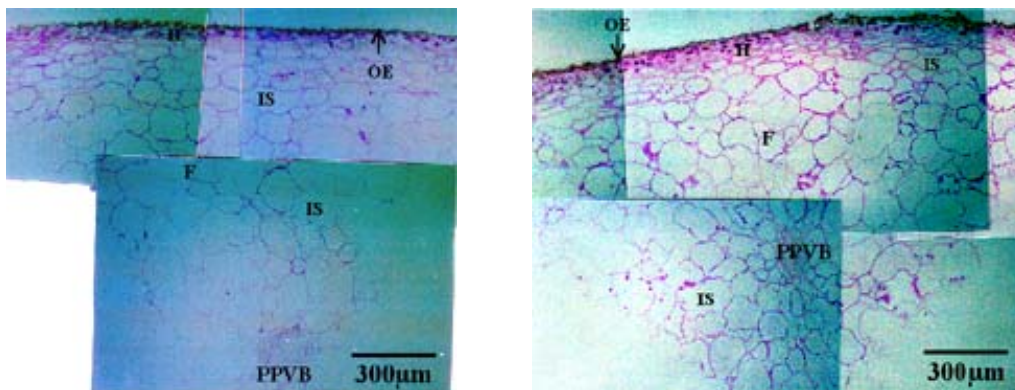


Fig. 5. Cross section of 'Fuji' apple fruits after thinning at pink bud (left) and fruitlet (right) sampled 184 days after full bloom.
F:flesh; H:hypodermis; IS:intercellular space; OE:outer epidermis; PPVB:periphery vascular bundle

유과기에 원형으로 비대하다가(Fig. 3) 성숙되면서 부정형으로 발달하였다(Figs. 5). 이와 같은 결과들을 종합해 볼 때 시기에 관계 없이 적과처리하는 과실의 비대외에 과실을 구성하는 조직이나 세포들의 발달을 변형시키는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

시기별 적과처리에 따른 성숙기 과실 특성

성숙기 과실 특성은 당도에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았으나, 과중은 적과 처리구 400g, 적과 처리구 353g으로 무처리의

243g에 비하여 무거웠다. 횡경과 종경에서도 적과한 과실이 적과한 과실보다 더 증가하였음을 알 수 있었고, 종경/횡경(L/D)비의 경우는 0.89와 0.88로서 무처리 과실보다 장원형이었다(Table 4). Park 등(1998)은 과형 기준에 있어 정형과는 과실이 좌·우 대칭이면서 L/D비가 0.87이상인 과실로 보았으며, 편원형과는 L/D비가 0.84이하인 과실을 기준으로 하였다. 따라서 무처리에 비해 적과 처리를 해주는 것이 장원형의 과실을 얻을 수 있었다.

Table 4. Effect of thinning stages on the fruit size, weight and sugar content of fully matured 'Fuji' apple fruits in 1997.

Thinning treatment	Fruit size			Fruit weight (g)	Soluble solids (°Bx)
	Length (mm)	Diameter (mm)	L/D ratio		
Flower bud thinning	86.0 ab ^z	96.8 a	0.89	400.0 a	16.0 a
Flower thinning	86.6 ab	95.6 a	0.91	383.8 b	15.8 a
Fruit thinning	82.4 b	93.6 a	0.88	352.5 b	16.8 a
Non-thinning	70.6 c	82.6 b	0.86	242.5 c	16.8 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p=5\%$.

초 록

본 연구는 'Fuji' 사과에 대한 적과시기의早晚이 세포분열 또는 세포비대에 의한 과실발달에 미치는 영향을 조사하고자 수행하였다. 현미경 검경 결과 세포분열 시기는 적과, 적화 및 적과 처리에 관계없이 약 4~5주간 지속되었으며 유과기에 epidermis로부터 7~9개의 세포층에서 발견되던 유관속 조직은 세포분열기 이후 14~19층 사이에서 지속적으로 발견되었다. 반면에 epidermis에서 유관속 조직까지의 거리는 적과 처리구가 가장 길었으며, 적과 처리구 및 무처리 순으로 나타났다. 따라서 과실 비대는 세포 분열보다는 세포 비대에 의하여 영향을 크게 받는 것으로 판단되었고, 적과 시기가 빠를수록 과실 비대는 더욱 큰 것으로 나타났다. 그러나 적과시기와 전분립과 탄닌 함량 변화는 직접적인 관계는 없는 것으로 사료되었다.

추가 주요어 : 세포분열, 적화, 과실 발달

인용문헌

Goffinet, M.C., T.L. Robinson, and A.N. Lokso. 1995. A compari-

sion of 'Empire' apple fruit size and anatomy in unthinned and hand-thinned trees. *J. Hort. Sci.* 70:375-387.

Ministry of Agriculture and Forestry (MAF). 1999. Trade of fruit cultivation area and fruit production in 1998. MAF, Seoul.

Park, H.S. 1995. Le pericarpe des baies de laisn normales et millerandeas: Ontogenese de la structure et evolution de quelques constituants biochimiques, notamment des tannins. *These Bordeaux I.*

Park, J.G., J.S. Hong, J.B. Kim, C.J. Yun, H.S. Park, and S.H. Jeon. 1998. Effect of fruit thinning on the basis of young fruit shape on the fruit weight and shape of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:291-294.

Pratt, C. 1988. Apple flower and fruit: morphology and anatomy. *Hort. Rev.* 10:273-308.

Quinlan, J.D. and A.P. Preston, 1968. Effects of thinning blossom and fruitlets on growth and cropping of sunset apple. *J. Hort. Sci.* 43:373-381.

Rural Development Administration (RDA). 1998. Pears, apples, grapes and peaches. RDA, Suwon. p.175-176.

Westwood, M.N. 1993. Temperate zone pomology, physiology and culture. Third ed. Timber press Inc., Singapore p.254-266.