Research Report

과실 봉지에 따른 배 ‘만수’ 품종의 미세 열과 발생

최진호¹, 임순희¹, 김성중², 이한찬³, 권용희^{3*}¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소²농촌진흥청 대변인실³농촌진흥청 국립원예특작과학원 과수과

Occurrence of Micro-cracking According to Bagging Paper in ‘Mansoo’ Pear Fruits

Jin-Ho Choi¹, Sun-Hee Yim¹, Sung-Jong Kim², Han-Chan Lee³, and YongHee Kwon^{3*}¹Pear Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Naju 520-821, Korea²Spokesperson Office, Rural Development Administration, Jeonju 560-500, Korea³Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 565-852, Korea

Abstract: This study was conducted to study the factors inducing micro-cracking and determine proper practices to reduce its occurrence in ‘Mansoo’ pear fruits. Micro-cracking was observed on ripe fruits. Occurrence of micro-cracking was closely related to sun duration time in August. Micro-cracking occurred severely with shorter sun duration, but weakly with longer sun duration and continuous sunlight. Micro-cracking fruits occurred more frequently in trees with a pergola training system than in those with Y-trellis, but there was no difference between the irrigated and non-irrigated groups. While no micro-cracking was observed without fruit bagging, micro-cracking occurred in fruits with black and yellow outer paper bagging at rates of 62.2 and 17.3%, respectively. Our results suggest that the light condition was the most important cause of micro-cracking because the occurrence of micro-cracking in ‘Mansoo’ fruits was affected by factors including sun duration, trellis system and fruit bag color. We suggested that micro-cracking could be reduced in ‘Mansoo’ fruit by optimizing the light conditions with the proper trellis system, bagging color and summer pruning.

Additional key words: cork layer, light transmittance, parenchyma tissue, sun duration, sunlight

서 언

열과는 저장 전후에 과실 표면이 갈라지는 현상으로 과실의 강도를 약하게 하고 수분 감소를 가속화하며 곰팡이 침입의 통로가 되는 등의 심각한 문제가 되어(Fig. 1) 과실의 가치를 하락시킨다(Jansasithorn et al., 2014; Matas et al., 2004).

열과 발생은 과실 발달 과정에서 급속한 비대(Measham et al., 2012), 반복되는 과실의 팽창과 수축(Moreshet et al.,

1999), 과피 특성(Matás et al., 2004) 등 과실 내부 요인과 강우(Cline et al., 1995), 토양 수분(Abd El-Rhman, 2010), 수체의 수분 흡수(Lane et al., 2000) 등 과실 외부 요인에 영향을 받는다.

과수 중에서는 앵두, 포도 등에서 심하게 발생되며 품종에 따라 민감한 정도가 다르다(Knoche and Peschel, 2006; Lee et al., 2013). 과실 열과의 발생 정도는 재배 방법에 따라 영향을 받고(Kwon et al., 2011), 과실 생장의 제3기에는 과실 표면에 압력을 가장 크게 받기 때문에 미세 열과 발생

*Corresponding author: kwon7946@korea.kr

※ Received 24 February 2015; Revised 27 March 2015; Accepted 01 April 2015. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원(PJ0092492014)에 의해 수행되었음.

Fig. 1. Appearance of 'Mansoo' pear fruits. Normal fruit (A), micro-cracked fruit (B), and fungus infected fruit through micro-cracking during storage (C).

에 가장 민감한 시기로 알려져 있다(Peschel and Knoche, 2005).

열과 발생의 과정은 직사광선, 상처와 큐티클층의 미세 균열, 세포의 팽압 등에 의해서 과피에 동녹(russet)이 생기면 정상 조직보다 탄력성이 작아져 과실이 비대하면서 발생하는 세포의 팽압을 견디지 못하고 열과가 발생하게 된다(Jackson, 2003).

과정부, 과정부 및 과점은 압력이 집중되는 구조적 특성을 갖기 때문에 적도부나 과피보다 쉽게 열과가 발생한다(Brown and Considine, 1982). 열과의 모양은 방사성과 동심원 형태로 나타나고, 열과 중에서는 발생 크기와 조직에 따라 미세 열과(micro-cracking), 균열이 표피 조직에는 도달하지 않고 큐티클층에만 있는 큐티클층 미세 균열로 구분된다(Ma et al., 2009; Peschel and Knoche, 2005).

배 '만수' 품종은 농촌진흥청 원예연구소에서 육성한 만생종의 대과 품종으로, 재배 농가와 시험포에서 미세균열 발생한 과실이 빈번하게 발견되고 있으나 미세 열과의 발생에 관련된 보고나 발생 원인에 대한 연구가 전혀 없다.

따라서 본 논문에서는 기상 조건, 수형 및 봉지 종류에 따른 미세 균열 발생을 조사하여 배 '만수' 품종의 미세 열과 발생이 촉진되는 환경 조건을 구명하고자 하였으며, 이를 통해 미세 열과의 과실 외부 요인과 발생 경감을 위한 재배 방법을 찾고자 수행되었다.

재료 및 방법

배 '만수' 품종에서 과실 표면에 미세 열과가 발생하는

과실 외부 원인을 구명하기 위해 2013과 2014년에 전남 나주에 위치한 배연구소 시험 포장에서 연구를 수행하였다.

연도별 기상 조건으로 강수량, 일조 시간, 상대 습도 등의 기상 데이터를 시험 포장에서 가장 근접한 관측 지점(21km)인 광주 지방기상청 자료를 수집하여 이용하였다(www.kma.go.kr).

미세 열과의 발생 정도는 0-3까지 점수화하여, 정상과를 0점, 과실당 미세 열과의 수가 1-3개인 경우 1점, 4-9개인 경우 2점, 10개 이상이거나 미세 열과의 길이가 1cm를 넘은 경우 3점으로 하였다.

관수 및 무관수 처리는 Y자 수형의 6년생 나무를 각각 5주씩 선정하였다. 관수 처리구는 점적 관수 시설을 이용해서 주 1회 3시간 동안 관수하였고, 무관수 처리구는 인위적 관수를 실시하지 않았다.

사용된 봉지는 동일한 제조사의 봉지 중에서 투광성이 가장 큰 것과 작은 것을 선택하여 평덕식으로 재배중인 10년생 나무 9주에 처리하였다. 내부 봉지는 황색으로 동일하고 외부 봉지가 흑색과 황색인 2중 봉지를 각각 이용하였으며, 무대 처리구를 대조구로 구분하여, 각 나무당 동일한 개수의 과실에 흑색 봉지, 황색 봉지 및 무대를 무작위로 처리하였다.

미세 열과의 발생 시기를 구명하기 위해 봉지 처리된 시험수 6주에서 착과기부터 수확기(만개 후 169일)까지 1달 간격으로 봉지별 4과씩 무작위로 조사하였고 성숙기에는 봉지별로 40과씩 수확하여 조사하였다.

봉지별 성숙기(만개 후 169일)의 과실 품질을 조사하기 위해 3나무에서 주당 5개의 과실을 처리구별로 수확하였다. 과중과 과실 종경 및 횡경을 과실 측정용 전자 저울과 캘리

퍼스를 이용하여 측정하였고, 압착하여 얻어진 과즙으로 가용성 고형물 함량을 디지털 당도계를 이용하여 조사하였다. 경도는 직경 8mm의 탐침을 이용해 2.5초 동안 도달한 압축 경도를 측정하였고(RDS30, Suntex, Japan) 색차계로 과피색을 측정하였다(CR-400, Minolta, Japan).

통계 분석은 SPSS 프로그램(Microsoft, Chicago, IL, USA)

Fig. 2. Occurrence of micro-cracking of 'Mansoo' pears in 2013 and 2014 (mean $\pm$ standard deviation).

을 이용해 분산분석(ANOVA)을 하였고, 던컨의 다중범위검정으로 평균 간 비교하였다.

결과 및 고찰

기상 조건에 따른 미세 열과 발생

배 '만수' 품종에서의 미세 열과 발생을 2013년과 2014년에 평덕식으로 조성된 포장에서 착색 봉지로 재배하여 조사한 결과, 2013년에는 18.2%, 2014년에는 62.4%가 발생되어 해에 따른 차이를 확인하였다(Fig. 2).

연차 별 미세 열과의 발생 차이를 구명하고자 2013년과 2014년의 기상 데이터를 비교하였다. 미세 열과의 발생이 적었던 2013년에는 8월의 일조 시간이 267시간으로 2014년의 123시간과 비교하여 월등히 길었다(Fig. 3). 특히 2013년 8월 중의 하루 일조 시간이 10시간 이상인 날이 15일간 연속되는 등 일조 조건이 2014년에 비해 월등히 우수하였다(Fig. 4). 상대 습도와 대기 온도에서는 조사 연도 간 뚜렷한 차이가 없었고, 강수량은 미세 열과의 발생 정도가 달랐던 2013과 2014년에는 큰 차이가 관찰되지 않았다.

배 '만수' 품종의 과실 표면에 발생된 다량의 미세 열과

Fig. 3. Monthly meteorological data at Naju in 2013 and 2014.

는 해에 따라 발생 정도가 달랐지만 동일한 시험 포장의 다른 품종에서는 수령, 재식 거리, 수형에 관계없이 미세 열과가 전혀 발생되지 않았으므로 ‘만수’ 품종은 다른 품종에 비해 미세 열과가 쉽게 발생되는 특성이 확인되었다. 과실 비대기의 광 조건이 풍부하게 유지되었던 해(2013년)에는 상대적으로 부족했던 해(2014년)에 비해 미세 열과가 감소되어 기상 조건 중에서 광 조건에 가장 민감한 반응을 나타내었다.

이는 차광 조건에서 열과 발생이 감소된다는 기존의 보고(인용문헌 추가)와는 반대의 결과였다. 동양배에서 과피의 층수와 두께는 품종이나 봉지 사용에 따라 다르게 나타나고(Park et al., 2013 and 2014), 해바라기의 과실은 차광에 의해서 과피의 두께와 층수가 감소되었다는 Lindström et al. (2007)의 보고와 같이 ‘만수’는 우수한 광 조건에서 과피 조직이 충실하게 형성되어 열과가 감소된 것으로 판단되었다. 이를 명확하게 구명하기 위해서는 ‘만수’를 비롯한 품종별 과피 조직과 차광에 따른 차이를 비교하는 것이 요구되었다.

Fig. 4. Daily sun duration in August 2013 and 2014.

Table 1. Effect of paper bag on fruit quality of ‘Mansoo’ pears.

Paper bag	Fruit weight (g)	Length (mm)	Diameter (mm)	SSC ^z (°Brix)	Firmness (N/8 mm ø)	Chromaticity ^y		
						L	a	b
Black outer paper	976 a ^x	109.3 a	128.2 a	11.7 a	28.0 a	59.5 a	3.3 a	26.6 a
Yellow outer paper	1,027 a	114.9 a	129.6 a	11.7 a	24.2 b	57.5 b	-0.7 b	26.4 a
No bag	936 a	110.1 a	126.0 a	12.0 a	24.8 b	49.9 c	-1.0 b	23.4 b

^zSoluble solid content.

^yHunter value: L, lightness, 0 (black) to 100 (white); a, green (negative) to red (positive); b, blue (negative) to yellow (positive).

^xDifferent letters within the columns indicate significant differences based on Duncan's multiple range test, 5% level.

봉지 종류에 따른 미세 열과 발생 및 과실 품질

‘만수’ 품종은 봉지에 따라 과실 표면에 미세 열과 발생이 증가되었다(Fig. 5). 흑색 봉지 처리구에서 미세 열과 발생이 62.2%로서 황색 봉지 처리구의 17.3%보다 약 3.6배 많이 발생되었으며, 미세 열과의 개수가 많고 크기가 커 발생 정도가 심하게 나타났다. 반면 무대 처리구에서는 전혀 발견되지 않았다. 이는 과수의 봉지 재배는 병충해 및 동녹 방지와 함께 열과 방지에 효과적이며, 특히 투광성이 높은 봉지가 열과 방지 효과가 우수하다는 기존의 보고와 상반되는 결과를 나타내었다(Son and Lee, 2008).

수확기 과실 품질은 무대 처리구 과실의 적정 산도가 가장 낮고, 경도가 가장 높았으며, 당도나 크기는 전혀 차이가 없었다(Table 1). 과피 색차는 무대 처리구 과실이 L값(49.9)과 b값(23.4)이 가장 낮았고, 봉지 처리구에서 L값과 b값이 가장 높아 무대에 비해 상대적으로 밝고 노란색이 진한 과실이 생산되었다. 흑색 봉지 처리구의 a값은 양수를 나타내

Fig. 5. Occurrence of micro-cracking of ‘Mansoo’ pears fruits grown with black and yellow outer paper bags in 2014 (mean ± standard deviation). Severity of micro-cracking ranged from 0 (none) to 3 (severe).

어 과피의 녹색이 사라졌지만, 황색 봉지 처리구의 a값이 무대 처리구의 과실과 차이가 없어 과피의 녹색을 제거하는 효과는 없었다. 노란색을 의미하는 b 값은 봉지의 종류와 관계없이 무 처리구의 23.4보다 높았다. 이러한 결과는 이는 차광도가 높은 봉지에 의해 배 ‘만풍’ 품종의 과피의 L과 a값이 높은 결과와 일치하였다(Kim et al., 2010). 흑색 봉지 처리에 의해 과피의 녹색이 제거된 것은 차광에 의해 클로로필이 감소되었기 때문이며, 흑색 봉지의 차광 효과가 황색 봉지보다 우수했기 때문인 것으로 확인되었다.

지금까지 보고된 일반적인 과실의 열과 발생은 과피를 구성하는 최외곽에 미세한 균열이 발생되고 생장 후반기의 과실의 급격한 팽창에 의해 열과로 진행된다(Peschel and Knoche, 2005). 이 과정에서 공기 중의 습도, 직사광선, 미세한 상처 등에 인해 큐티클층이 감소하고 녹이 발생하면 표면의 탄력성이 감소하고 과실 팽창에 의해 열과가 발생된다(Aloni et al., 1998; Jackson, 2003). 따라서 봉지를 이용하면 직사광선과 같은 외부 환경 스트레스를 차단함으로써 미세 열과 발생을 감소시킬 수 있는 재배 방법으로 판단되었으나, 오히려 배 ‘만수’ 품종의 경우에는 차광성이 좋은 봉지의 사용으로 인하여 미세 열과 발생이 증가되었다.

‘만수’ 품종의 미세 열과 발생이 강우량이나 관수 처리에 따른 차이가 없고 흑색 봉지에 의해 증가한 것은 일반적인 과실 열과의 원인인 세포 팽압의 변화에 의한 것과는 다른 메커니즘에 의한 것으로 식물체의 직사광선 노출에 의한 생장 반응으로 추론할 수 있다. 식물이 직사광선에 노출되면 내부의 유조직(parenchyma tissue)이 치밀하게 발달하며, 그늘진 조건에서는 유조직이 정상적으로 발달하지 못하고 세포 간극이 증가하기 때문에 흑색 봉지의 차광에 의해 과피와 과피 부근의 유조직이 충실하게 형성되지 못한 것으로 생각된다(Hanson, 1917; Schuerger et al., 1997). 또한 Son and Lee(2008)이 보고한 봉지의 열과 방지는 과실의 표피 조직을 왁스층이나 큐티클층이 덮고 있는 포도 등의 과실에서는 효과적이지만 성숙기의 동양배는 탄력성이 약한 코르크층으로 덮여 있기 때문에 효과가 없었던 것으로 판단된다(Park et al., 2013).

흑색과 황색 봉지는 소재의 특성상 흡습도나 흡기도에서 약간의 차이가 존재하지만 동일 제조사의 봉지 중 흡광도가 128.4%(흑색 봉지)와 92.0%(황색 봉지)로 차이가 가장 크고 투습도나 투기도 등의 물리성이 가장 유사한 봉지를 본 실험에 사용하였다. 또한 배 과피는 봉지의 투광도에 가장 큰 영향을 받고 투습도나 투기도에는 영향을 받지 않았

지만(Kim et al., 2010 and 2014), 투광도 이외의 봉지 물리성과 미세균열 발생에 관한 연구가 추후 필요할 것으로 판단되었다.

‘만수’ 품종은 과실 품질이 성숙기에 도달해도 과피에 녹색이 남는 문제점을 흑색 봉지를 씌워 재배함으로써 품질의 차이가 없이 해결할 수 있었다. 그러나 광 부족으로 인해 ‘만수’ 품종의 미세 열과를 유발하는 것으로 구명되어 열과를 방지하기 위해서는 Y자 수형과 같이 광 투과량이 많은 수형에서 투광성이 좋은 봉지를 사용하는 것이 좋으며, 일조량이 부족한 해에는 하계 전정 등을 철저히 하여 과실의 성숙기에 수관 내로 광 투과가 양호하도록 하는 것이 미세 열과 발생을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

생육 시기, 수형 및 관수처리에 따른 미세 열과 발생

2014년 만개 직후부터 1달 간격으로 미세 열과 발생을 조사한 결과, 성숙기 이전에는 미세 열과가 전혀 발견되지 않았다(자료 미제시). 따라서 ‘만수’ 품종의 미세 열과는 성숙기에만 발생하는 생리장해로서 수확 1달 전부터 수확기까지의 기간 동안에 발생하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 동양배 ‘신고’와 양앵두에 있어 열과의 발생은 과실이 성숙하는 시기에 일어난다는 Han et al.(2013)과 Peschel and Knoche(2005)의 보고와 유사한 것이었다. 즉, 성숙기의 동양 배 과실의 표면은 탄력성이 거의 없는 코르크 층으로 덮여 있기 때문에 코르크 층이 과실 비대에 의한 압력을 버티지 못하고 찢어져 미세 열과가 발생하는 것으로 판단되었다. 하지만 생장과 수확 시기가 비슷한 품종 중에서 ‘만수’ 품종에서만 미세 열과가 나타나는 것은 미세 열과에 민감한 과피 조직의 특성 때문인 것으로 생각된다. 추후 과피 조직의 해부학적인 관찰을 통해 ‘만수’ 품종이 갖고 있는 미세 열과의 과실 내부 원인이 구명되어야 할 것으로 판단된다.

동일 포장의 Y자와 평덕식 수형에서 ‘만수’ 품종에서의 미세 열과 발생을 비교한 결과, 덕식 수형의 발생률은 18.2%이었지만 Y자 수형에서는 미세 열과가 발생한 과실을 발견할 수 없었다. 배 재배에서는 평덕식과 Y자 수형이 주로 사용되며, Y자 수형은 수관 내로의 광 투과가 우수한 장점을 갖고 있다. 그러나 동양배에서 수형에 따른 미세 열과나 열과 발생과 관련해서는 보고된 바가 전혀 없고, 수형에 따른 미세 열과 발생의 원인을 광 투과량의 차이만으로 한정할 수 없지만 연도별 일조 시간과 미세 열과 발생을 종합하면 광 조건에 의한 영향이 가장 크게 작용한 것으로 판단되었다.

일반적인 과실 열과의 주요 원인은 과실 세포의 팽압 증가에 인한 것이며, 수채 내로의 급격한 수분 공급에 의해 발생되어 비 가림, 강우나 관수법과 밀접한 관계를 갖는다 (Peschel and Knoche, 2005). 본 연구에서 Y자 수형에서 토양 수분이 일정하게 유지되도록 주 1회 인공 관수를 처리하고 인공 관수 없이 강우에만 의지하는 무관수 처리구에서 미세 열과의 발생 정도를 조사한 결과, 두 처리구에서 모두 미세 열과가 전혀 발견되지 않았다(자료 미제시). 따라서 ‘만수’ 품종의 미세 열과가 발생함에 있어 관수법에 따른 토양 수분과는 연관이 매우 적은 것으로 판단되며, 또한 본 논문의 연도별 강우량과 미세 열과 발생의 연관성이 없었던 결과와도 일치하였다.

본 연구에서 차광에 의한 미세 열과의 발생 기작을 명확히 구명할 순 없었지만, 광 조건이 배 ‘만수’ 품종에서의 미세 열과의 발생에 밀접한 영향을 주는 것으로 확인되었다. 추후 ‘만수’ 과실의 해부학적 관찰을 통해 다른 품종과 과피 조직의 차이와 광 조건이 과피 조직에 미치는 영향을 구명하는 것이 미세 열과의 발생에 관한 기초적인 연구를 위해 필요할 것으로 판단되었다.

초 록

본 연구는 배 ‘만수’ 품종의 열과 발생의 원인과 재배 조건을 구명하여 발생을 경감시킬 수 있는 재배 방법을 제안하고자 수행하였다. 미세 열과는 성숙기 과실에서 발견되었다. 미세 열과의 발생은 8월 중의 일조 시간과 밀접한 관련을 나타내었다. 발생이 심했던 해에는 일조 시간이 부족하였으며, 발생이 적었던 해에는 일조 시간이 길고 일조량이 많은 날이 연속되어 광 조건이 우수하였다. Y자 수형보다는 평덕식에서 많이 발생하였고, 인공 관수구와 무관수 처리구에서 미세 열과 발생률의 차이는 나타나지 않았다. 무대 처리구에서는 미세 열과가 전혀 발생하지 않았으나, 외피가 흑색과 황색인 봉지를 이용한 처리구에서의 미세 열과 발생은 각각 62.2% 및 17.3%로 흑색 봉지 처리구에서 미세 열과가 심하게 발생하였다. 따라서 ‘만수’ 과실의 미세열과 발생은 일조 시간, 수형 및 봉지 색에 따라 차이를 보여 광 조건이 가장 크게 작용하는 것으로 판명되었다. ‘만수’ 과실의 미세열과를 방지하기 위해서는 적합한 수형 및 봉지 색을 선택하고, 하계전정 등을 통해 광 조건을 개선하는 것이 요구된다.

추가 주요어 : 코르크층, 광 투과도, 유조직, 일조 시간, 태양광

인용문헌

- Abd El-Rhman, I.E. 2010. Physiological studies on cracking phenomena of pomegranates. *J. Appl. Sci. Res.* 6:696-703.
- Aloni, B., L. Karni, I. Rylski, Y. Cohen, Y. Lee, M. Fuchs, S. Moreshet, and C. Yao. 1998. Cuticular cracking in pepper fruit. I. Effects of night temperature and humidity. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 73:743-749.
- Brown, K. and J. Considine. 1982. Physical aspects of fruit growth. *Plant Physiol.* 69:585-590.
- Cline, J.A., L. Sekse, M. Meland, and A.D. Webster. 1995. Rain-induced fruit cracking of sweet cherries: I. Influence of cultivar and rootstock on fruit water absorption, cracking and quality. *Acta Agric. Scand., Sect. B.* 45:213-223.
- Han, J.H., I.C. Son, I.M. Choi, S.H. Kim, J.G. Cho, S.K. Yun, H.C. Kim, and T.C. Kim. 2013. Relationship between yearly fruit growth and climatic factors in ‘Niitaka’ pear. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:8-13.
- Hanson, H.C. 1917. Leaf-structure as related to environment. *Amer. J. Bot.* 4:533-560.
- Jackson, J.E. 2003. *Biology of apples and pears.* Cambridge Univ. Press, New York, USA.
- Jansasithorn, R., A.R. East, E.W. Hewett, and J.A. Heyes. 2014. Skin cracking and postharvest water loss of Jalapeno chilli. *Sci. Hortic.* 175:201-207.
- Kim, Y.K., S.S. Kang, K.S. Cho, and S.B. Jeong. 2010. Effects of bagging with different pear paper bags on the color of fruit skin and qualities in ‘Manpungbae’. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:36-40.
- Kim, Y.K., S.S. Kang, J.J. Choi, K.S. Park, K.H. Won, H.C. Lee, and T.H. Han. 2014. The effect of several paper bags on fruit skin coloration of red skin European pear ‘Kalle’. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32:10-17.
- Knoche, M. and S. Peschel. 2006. Water on the surface aggravates microscopic cracking of the sweet cherry fruit cuticle. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 131:192-200.
- Kwon, Y.H., B.H.N. Lee, S.B. Shim, K.H. Shin, K.H. Chung, I.M. Choi, and H.S. Park. 2011. Fruit quality and freezing damage of ‘Kyoho’ grapes by girdling. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:81-86.
- Lane, W.D., M. Meheriuk, and D.-L. McKenzie. 2000. Fruit cracking of a susceptible, an intermediate, and a resistant sweet

- cherry cultivar. HortScience 35:239-242.
- Lee, B.H.N., Y.H. Kwon, Y.S. Park, and H.S. Park. 2013. Effect of GA₃ and thidiazuron on seedlessness and fruit quality of 'Kyoho' grapes. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31:135-140.
- Lindström, L.I., C.N. Pellegrini, and L.F. Hernández. 2007. Histological development of the sunflower fruit pericarp as affected by pre- and early post-anthesis canopy shading. Field Crops Res. 103:229-238.
- Ma, K.B., J.P. Chun, J.B. Kim, K.R. Do, K.S. Cho, J.H. Choi, and H.S. Hwang. 2009. Development of the exocarp and occurrence of micro-cracking in 'Jinmi' peaches. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30:1-5.
- Matas, A.J., E.D. Cobb, D.J. Paolillo, and K.J. Niklas. 2004. Crack resistance in cherry tomato fruit correlates with cuticular membrane thickness. HortScience 39:1354-1358.
- Measham, P.F., S.A. Bound, A.J. Gracie, and S.J. Wilson. 2012. Crop load manipulation and fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium* L.). Adv. Hortic. Sci. 26:25-31.
- Moreshet, S., C. Yao, B. Aloni, L. Karni, M. Fuchs, and C. Stanghellini. 1999. Environmental factors affecting the cracking of greenhouse-grown bell pepper fruit. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 74:6-12.
- Park, J.E., Y.H. Kwon, B.H.N. Lee, Y.S. Park, M.H. Jung, J.H. Choi, and H.S. Park. 2013. The characteristics of anatomical structure and fruit quality according to fruit developmental stage of *Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Manpungbae. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31:407-414.
- Park, J.E., Y.H. Kwon, B.H.N. Lee, Y.S. Park, M.H. Jung, J.H. Choi, and H.S. Park. 2014. Anatomical structure and fruit quality according to the fruit developmental stage as affected by gibberellins treatments in *Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Hanareum. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32:33-40.
- Peschel, S. and M. Knoche. 2005. Characterization of microcracks in the cuticle of developing sweet cherry fruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 130:487-495.
- Schuerger, A.C., C.S. Brown, and E.C. Stryjewski. 1997. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. Ann. Bot. 79:273-282.
- Son, I.C. and C.H. Lee. 2008. The effects of bags with different light transmittance on the berry cracking of grape 'Kyoho'. Hort. Environ. Biotechnol. 49:98-103.