

수확기 동안의 기상 변화에 따른 ‘부유’ 감의 과실 생장

최성태^{1*} · 박두상¹ · 손지영¹ · 박여옥¹ · 홍광표¹ · 조광식²

¹경상남도농업기술원 단감연구소, ²국립원예특작과학원 배시험장

Climate-related Changes in Fruit Growth of ‘Fuyu’ Persimmon during the Harvest Season

Seong-Tae Choi^{1*}, Doo-Sang Park¹, Ji-Young Son¹, Yeo-Ok Park¹, Kwang-Pyo Hong¹, and Kwang-Sik Cho²

¹Sweet Persimmon Research Institute, Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services, Gimhae 621-802, Korea

²Pear Experiment Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 520-821, Korea

Abstract. Relationships among climate changes, early frost, and fruit growth were studied during the final month to harvest of late-maturing ‘Fuyu’ persimmon (*Diospyros kaki*) to assess the changes in fruit characteristics during this critical period. The heavy frost on Nov. 16 defoliated more than 70% of the leaves, but with little damage on the fruits. However, all the leaves were defoliated by the heavy frost on Nov. 20, and all the fruits were cold-damaged by -3.3°C on Nov. 21. Fruit weight increased by 8-25 g per week from Oct. 25 (142 days after full bloom) to Nov. 15, reaching to 250 g, but it decreased by 3-4 g per week after the frost. Hunter a value of fruit skin gradually increased until the last harvest on Nov. 29 with a temporary halt in early Nov. when temperature was high, whereas fruit firmness rapidly decreased after the frost on Nov. 21. Fruit soluble solids were 15.7-16.1 °Brix for the final month. When some branches were covered with non-woven fabrics to avoid direct contact with frost, the fruits on the branches were not visually damaged by the low temperature although 40-60% of their leaves were defoliated on Nov. 16. However, low temperature on Nov. 20 and 21 defoliated all the leaves, causing cold damage on the fruits. There was a highly significant correlation between the fruit diameter and its weight ($R^2 = 0.73-0.91$). So, the regression equations could be used to estimate weight from diameter of the fruits sampled from the branches with the non-woven fabrics. The calculated fruit weight reached to a maximum of 240 g on Nov. 15. Daily increases in fruit weight were 1.1-2.5 g from Oct. 25 to 31, 1.9-3.5 g from Oct. 31 to Nov. 7, and 1.4-1.6 g from Nov. 7 to 12. However, fruit weight decreased by 0.3-1 g per day after the cold damage on Nov. 21. The results indicate that the most appropriate harvest time could be dependent on relationship of fruit growth to climate.

Additional key words: air temperature, cold damage, frost damage, fruit characteristic

서 언

감 과실의 생장은 2중 S자 형태를 나타내며, 생장량은 과실 생장 제3기에 접어들면서 급격히 증가한다(Choi et al., 1999; Nakano et al., 1997; Nii, 1980). 이 시기 동안에 과실의 건물 증가속도가 최고치에 달하며(Nii, 1980), 착색과 당도가 증가하고 경도는 감소한다(Mowat et al., 1997; Nakano et al., 1997). 과실은 성숙이 충분히 이루어질수록 크고 품질이 좋아지지만, 우리나라 단감 주산지인 남부지방의 경우

서리가 일찍 내리는 해에는 성숙 중인 만생종 ‘부유’를 빨리 수확해야 한다. 따라서 2011년 기준으로 단감 재배면적의 82.7%(KREI, 2012)를 차지하고 있는 ‘부유’의 수확시기가 단감 전체 생산량에도 영향을 줄 수 있음을 짐작할 수 있다.

최근 남부지방에서 감나무에 피해를 줄 정도의 된서리가 내리는 시기는 해에 따라 차이가 있으나 10월 하순에서 11월 중순으로 ‘부유’ 감의 수확시기에 큰 영향을 미치고 있다. 수확시기를 늦출수록 품질이 높아지는 경향이 있지만, 수출이나 저장을 목적으로 하는 과실의 경우 저장성 향상을 위해

*Corresponding author: stchoi1234@korea.kr

※ Received 25 March 2012; Revised 12 November 2012; Accepted 15 November 2012. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업의 지원에 의해 수행되었음.

수확을 빨리 하는 경우도 있다. 그러므로 수확시기 결정은 서리피해 회피 및 경영 측면에서 매우 중요하며, 이를 위해 성숙기 동안의 시기별 과실 특성 평가가 선행되어야 한다.

감의 성숙기 과실 특성을 경시적으로 조사한 연구가 있었지만(Mowat et al., 1997; Nakano et al., 1997; Nii, 1980), 기후, 품종 및 재배조건이 다른 우리나라에서 수행된 연구 결과(Choi et al., 2008; Kim et al., 1997; Park, 2002)와는 차이가 있다. 더구나 10월 하순까지 '부유'의 시기별 과실 비대는 보고되었지만(Choi et al., 1999), 이후 성숙 중인 과실의 시기별 특성은 구체적으로 조사되지 않았다. 그리고 서리피해에 따른 과실 생장 변화에 대해서는 거의 연구된 것이 없다. 본 연구는 감 과실에 서리피해가 늦었던 2011년에 과실 특성을 시기별로 조사함으로써 수확시기에 따른 과실품질과 서리피해가 과실 생장에 미치는 영향을 평가하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 시험은 2011년 경남 김해시 진영읍에 위치한 사양토의 평지 과원에서 6 × 5m 거리로 재식된 17년생 '부유' (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Fuyu) 나무를 대상으로 수행되었다. 크기가 비슷하고 수세가 안정된 나무 6주를 시험수로 선정하여 과다 착과가 되지 않도록 관행적으로 개화 전 5월 중순에 적뢰를 하고, 생리적 낙과 후 7월 중순에 적과를 하여 성숙기까지 결과지당 1-2개의 과실을 착과 시켰다. 적과 후 결과모지별 엽과비는 10-14 정도였으며, 시험 전 주당 착과수는 355 ± 79개였다. 초생관리를 위해 열 사이의 폭 2m는 5월부터 10월 중순까지 5회 예취하였고 수관하부의 폭 4m에는 5월에 1회 예취 후 수확이 끝날 때까지 초생재배를 하였다. 5월부터 10월 중순까지 10일 이상 20mm 강우가 없을 경우에는 감나무가 수분스트레스를 받지 않도록 3-5일 간격으로 하루에 주당 80-120L씩 관수를 하였다. 기비로써 3월에 퇴비를 주당 20kg씩 사용하였고, 6월부터 7월까지 여름거름으로 단감용 복합비료를 3회 나누어 사용하여 주당 N 250g, K 220g 정도가 공급되도록 하였다. 생육기 동안 시험수에 양분의 과다 또는 부족 증상이 나타나지 않았고 병해충 발생도 미미하였다.

시험이 이루어진 10월과 11월의 온도와 강수량 자료를 시험수에서 100-130m 거리에 설치된 기상관측장비로부터 취하였고, 태양광선이 구름이나 안개 등에 차단되지 않고 지표면을 비친 시간을 나타내는 일조시간 자료는 시험포에서 약 17km 거리에 있는 기상청 김해기상관측소로부터 수집하여, 서리피해와 과실 생장에 미치는 영향을 분석하였다.

서리를 차단한 조건에서 시기별 황경 변화를 조사하기 위하여 10월 25일(만개 후 142일)에 시험수당 과실이 6-10개 달린 3-4년생 가지 하나씩을 주머니 형태로 만든 육묘용 흰색 부직포(40g·m⁻², 차광률 30%)로 씌워 피복하였다. 이 가지의 과실을 제외한 나머지를 대상으로 관행에 따라 11월 3일부터 16일까지 시험 전 착과수의 10-30%씩 4회로 나누어 무작위로 수확하였고, 이후에는 주당 15-25개의 과실만 남겨두었다.

수확과 별도로 시기별 과실 특성을 조사하기 위하여 각 시험수별로 10월 25일부터 11월 29일까지 7일 간격으로 과실을 5개씩 무작위로 채취하여 평균과중, 황경, 과피색, 경도, 당도, 평균종자수를 조사하였다. 황경은 과실의 가로 길이가 긴 방향으로 측정하였고, 과피색, 경도, 당도는 동해를 받지 않은 과실 적도면에서 임의로 측정 부위를 선정하여 과실당 1회씩 측정하였다. 과피색은 휴대용색도계(CM-2500d, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)를 사용하여 Hunter a 값을 구하였고, 과육의 경도는 직경 5mm의 탐침을 사용하여 경도계(Ver. 4.10.1., Labtron Co., Busan, Korea)로 과피 아래 6-8mm 깊이에서 측정하였다. 당도는 과피로부터 약 2cm 깊이까지의 과육 일부를 채취, 착즙하여 굴절당도계(PAL-1, Atago Co., Japan)로 측정하였다. 과실 특성을 조사한 후 황경과 평균과중 성적으로 두 변량간의 회귀식과 상관관계를 시기별로 구하였다. 부직포로 피복한 가지에서는 11월 28일까지 수확을 하지 않았으며, 주당 4개의 과실을 대상으로 가로 길이가 긴 방향을 따라 양쪽 표면에 점을 하나씩 찍고 10월 25일부터 11월 28일까지 2-4일 간격으로 캘리퍼스 이들 점으로부터 황경을 측정하였다. 이 성적으로 앞에서 구한 회귀식을 이용하여 시기별 과중과 일일 과중 증가량을 산출하였다. 10월 25일부터 10월 28일까지는 10월 25일 회귀식으로 10월 31일부터 11월 3일까지는 11월 1일 회귀식, 11월 7일부터 12일까지는 11월 8일 회귀식, 11월 15일부터 11월 28일까지는 11월 15일의 회귀식을 적용하였다.

결과 및 고찰

동해 발생과 기상환경

시험이 수행되었던 시험포의 2011년 일평균기온은 10월 25-26일의 7.3-8.8℃를 제외하면 11월 13일까지 10℃ 이상으로 유지되어 평년보다 높았고 11월 상순의 평균기온 및 최고기온이 10월 하순보다 높은 경향이였다(Fig. 1A). 조사가 시작된 다음날인 10월 26일 새벽에 최저온도가 -0.3℃로 낮아지면서 서리가 내려 시험수의 수관 상부 잎이 부분적으로 고사하였는데, 그 정도는 전체 잎의 10% 이하였고 과실

에는 피해가 없었다. 11월 16일에는 최저기온이 -0.9°C 로 낮아지면서 잎에 서리피해가 발생하여 시험 전 엽수의 70% 이상 낙엽이 되었지만, 부직포를 쓴 가지에서는 40-60%만 낙엽이 되었다. 또한 부직포를 쓰지 않은 가지의 과실 중 서리를 맞은 과실의 일부는 꽃받침이 마르고 꽃받침 부근의 과육에 경미하게 동해가 나타났다. 이후 11월 20일 전까지 잎의 노화 현상으로 부직포 밖과 안 모두 낙엽이 점진적으로 이루어져 각각 시험 전의 10%, 40% 이하의 잎만 남게 되었다. 11월 20일 최저기온이 -1.2°C 로 낮아지면서 부직포 안을 포함하여 남아있던 잎은 모두 낙엽이 되었고, 11월 21일에 -3.3°C 의 최저기온으로 모든 과실에 동해가 나타났다. 과실의 동해 증상은 서리를 맞은 부분의 과육이 수침 상으로 변하면서 시간이 지남에 따라 변색되는 형태였고, 부직

포를 쓴 가지의 과실에는 주로 꽃받침 주변의 과육에 그러한 증상이 있었다.

10월 26일과 11월 16일의 서리피해가 과실보다 잎에 더 심하게 나타나 잎이 저온에 더 민감한 것으로 보였다. 감 과실은 -2.2°C 이하로 낮아지면 동해를 입는 것으로 알려져 있으나(Westwood, 1993), 11월 16일의 -0.9°C 에도 피해가 나타난 것으로 보아 기상관측장비와 떨어진 시험수 부근의 최저기온은 이보다 낮았을 가능성도 있다. 따라서 기상과 과실 동해 발생에 대해서는 보다 정밀한 조사가 필요할 것으로 생각된다. 11월 21일의 경우 최저기온이 -3.3°C 에 이르러 대부분의 과실이 피해를 받을 수밖에 없었고, 부직포 피복도 동해를 막을 정도로 보온 효과가 크지 않았던 것으로 판단된다. 꽃받침 부근에 동해가 심한 것은 과실 중 이 부위의 당도가 낮은 것이 한 원인으로 생각된다.

시험포의 강수량은 10월 하순에 104mm, 11월 상순과 중순에 각각 55mm, 48mm로 평년에 비해 많은 편이었다(Fig. 1B). 김해기상관측소에서 측정한 10월 상·중순의 평균 일조 시간은 7시간 이상이었으나 10월 하순과 11월 상순에는 강우로 인해 각각 4.7, 3시간으로 짧았다(Fig. 1C). 성숙기의 잦은 강우는 과실의 비대를 촉진할 수 있으나 일조 부족을 수반하여 당도 증가를 나쁘게 하므로(Mowat et al., 1997), 이러한 기상 요인이 본 시험의 과실 특성에 영향을 주었을 것이다.

시기별 과실 특성

10월 25일부터 11월 29일까지 일주일 간격으로 과실을 채취하여 조사한 결과, 과실에 서리피해가 없었던 10월 25일부터 11월 15일까지 일주일에 과중이 8-25g씩 급격하게 증가하였다(Fig. 2A). 그러나 그 후부터 11월 29일 마지막 조사시기까지는 과중이 오히려 3-4g씩 감소하였다. 이는 11월 16일과 21일 서리피해에 의한 과실의 조직 괴사로 수분이 줄어들었기 때문으로 생각된다. 수분 감소가 생기는 것은 식물세포가 동결하여 죽기 전에 먼저 세포 간극 사이의 수분이 동결되고 이후 세포 내 수분이 바깥으로 탈수되기 때문이다(Ashworth, 1992). 실제로 동해를 받은 과실 표피에서는 일주일 후 약간 수축한 모습이 관찰되었다. 한편 본 시험의 과중의 증가 양상과 기존의 조사결과(Nii, 1980)를 고려하면, 잎과 과실에 서리피해가 없었다면 과중이 더 증가할 수 있었을 것으로 판단된다.

과피색 Hunter a 값은 조사기간 중 10월 25일과 11월 1일 사이에 24.8에서 29.8로 가장 큰 폭으로 증가하였고, 이후 큰 변화가 없다가 11월 15일부터 다시 증가하였다(Fig. 2B). 11월 28일의 경우 이미 서리피해를 받았음에도 불구하고

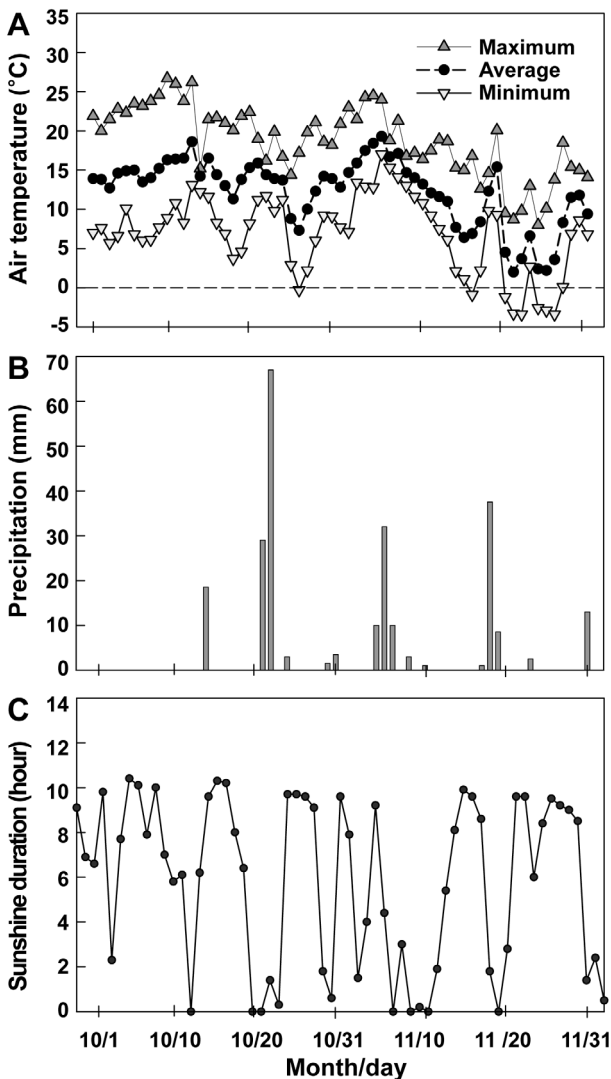


Fig. 1. Daily changes in air temperature (A) and precipitation (B) at the experimental site and sunshine duration (C) at Gimhae meteorological observatory, about 17 km away from the site.

Hunter a 값이 36.8로 특이하게 높았다. 감 과실의 착색은 여러 가지 환경 요인의 영향을 받으며 성숙기에 급속히 진행되는데(Chujo, 1982; Taira, 1996), 이때는 온도의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다(Nishikawa et al., 2002). 11월 1일부터 11월 15일까지 착색 증가가 둔화된 것은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 이 시기에 온도가 높았기 때문일 가능성이 높다(Mowat and George, 1994; Nishikawa et al., 2002). 11월 22일 이후의 과피색 증가는 서리피해 전까지의 과실 성숙, 서리피해 후 낙엽에 의한 수광량 증가에 의한 영향도 있겠지만, 동해를 받은 부위의 조직 변화가 동해를 받지 않은 부위의 과피색에 어느 정도 영향을 주었을 것으로 생각된다.

과실의 경도 N 값은 조사 시작부터 11월 8일까지 27.6에서 21.9로, 11월 22일까지는 20으로 점진적으로 감소하였다가 11월 29일에는 10.1로 큰 폭으로 낮아졌다(Fig. 2C). 성숙기에 경도는 점진적으로 낮아지는 것이 일반적이지만

(Nakano et al., 1997), 11월 29일과 같이 급격히 낮아진 것은 동해로 인한 연화의 영향이 컸기 때문으로 생각된다.

당도는 조사기간 동안 15.7°Brix에서 16.1°Brix로 증가하였는데, 11월 15일에는 15.7°Brix로 낮아지기도 하여 증가가 일정하지 않았다(Fig. 2D). 당도는 성숙이 되면서 어느 시점까지는 지속적으로 증가한다(Mowat et al., 1997; Sugiura et al., 1983). 그러나 본 연구에서 당도 증가가 정체되거나 감소하는 경우도 있었던 것은 이 기간에 강우량이 많았거나 일조가 부족한 때가 있었기 때문(Fig. 1)으로 판단된다. 과실 비대는 삼투작용에 의해 크게 지배를 받으므로(Lang and Thorpe, 1986) 수분공급량이 많아지면 삼투퍼텐셜이 낮은 과실로 수분 이동이 많아져 비대는 촉진되나 과육의 당은 희석되고(Mowat et al., 1997), 햇빛은 당의 합성과 과실의 당 축적에 결정적인 영향을 주는 것(Mowat and George, 1994)으로 알려져 있다. 또한 11월 20일 앞의 서리피해 후 탄소동화작용이 불가능했던 것도 당도의 증가를 어렵게 했을 것으로 생각된다.

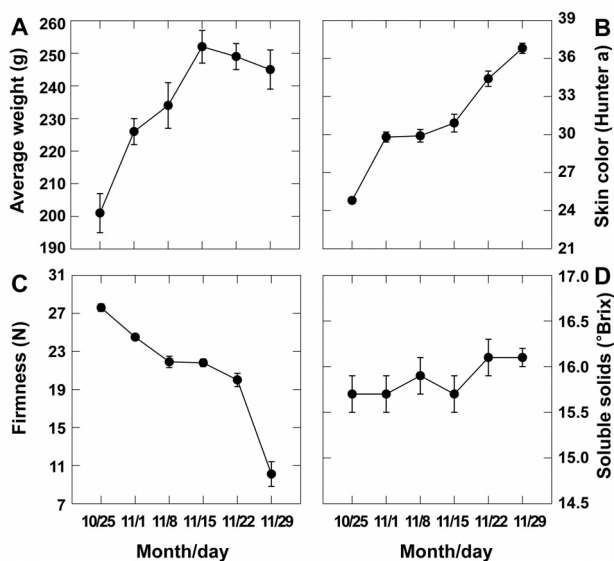


Fig. 2. Changes in characteristics of 'Fuyu' fruits sampled after Oct. 25 (142 days after full bloom). A heavy frost on Nov. 16 defoliated more than 70% of the leaves, resulting in a light cold damage on the fruits. All the leaves were abscised by the low temperature on Nov. 20, and all the fruits were cold-damaged by -3.3°C on Nov. 21. Bars indicate SE.

과실 횡경과 과중의 관계

과실 횡경으로 과중을 추정하기 위하여, 시기별로 채취한 과실을 대상으로 Table 1과 같이 과중(Y)과 횡경(X)의 직선 회귀모형을 구하였다. 시기별 직선의 기울기 값은 6.04-7.26, Y 절편 값은 277.4-373.4로 약간의 차이가 있었지만, 결정 계수(R^2)는 0.73-0.91로서 높은 유의적 상관관계를 나타냈다. 시기별로 회귀모형에 차이가 난 것은 과실이 비대함에 따라 과형이 조금씩 바뀌었기 때문이다. 과실의 종경/횡경 비율은 재배환경 및 과실 내 종자 수에 따라 달라지므로(Choi et al., 2006), 본 연구의 회귀식은 재배환경, 과실 생장 단계, 종자수가 다른 과원에서 동일하게 적용하기는 어려울 것이다. 그러나 이러한 회귀식을 통해 본 시험포의 과실 횡경으로 과중을 추정하는 데에는 무리가 없는 것으로 판단되었다.

부직포 내 과실 횡경 변화

부직포를 피복하여 서리를 차단하면서 11월 29일까지 수

Table 1. Regression equations and coefficients of determination (R^2) between fruit weight (Y) and fruit diameter (X) at different sampling dates of 'Fuyu' persimmon² (n = 30).

Sampling date	Regression equation	R^2
Oct. 25	$Y = 6.28X - 298.0$	0.88**
Nov. 1	$Y = 6.04X - 277.4$	0.73**
Nov. 8	$Y = 7.26X - 373.4$	0.91**
Nov. 15	$Y = 6.77X - 332.6$	0.89**

²Average no. of seeds per fruit ranged from 2.6 to 2.9.

**Significant at $P \leq 0.01$.

확을 하지 않았던 가지에서 10월 25일부터 2-4일 간격으로 과실 횡경을 조사한 결과, 증가 양상은 Fig. 2에 나타난 시기별 과중의 변화와 비슷한 경향이였다(Fig. 3). 횡경은 10월 25일부터 11월 12일까지 79.3mm에서 84.3mm으로 급격하게 증가하였다가 이후에는 완만하게 증가하여 11월 15일에 84.6mm에 이르렀다. 그러나 11월 18일부터는 오히려 감소하여 11월 28일에는 83.3mm이었다. 10월 28-31일과 11월 3-7일에 횡경의 증가가 특히 많았던 것은 이 시기에 강우량이 특히 많았던 사실(Fig. 1C)과 관련이 있을 것이다. 11월 12일부터 서리피해 전인 11월 15일까지 과실 횡경 증가가 완만한 것은 과실이 완숙 단계에 접어들면서 생장이 둔화되었기 때문으로 판단된다(Mowat et al., 1997; Nakano et al., 1997; Taira, 1996). 11월 18일에 과실 횡경이 약간 감소한 것으로 보아 11월 16일에 서리피해 증상은 뚜렷하지 않았지만 과실이 저온장해를 받았을 가능성을 배제할 수 없다. 11월 18일 이후의 횡경 감소는 과중 변화(Fig. 2A)에서 언급했듯이 과실의 동해 부위 괴사로 인해 수분 손실이 심해졌기 때문으로 생각된다.

부직포 내 과중 증가량

일주일 간격으로 무작위로 채취한 과실의 무게(Fig. 2)보다 더 세밀하게 과중 변화를 추적하기 위해, Fig. 3의 과실 횡경 성적을 Table 1의 회귀식을 이용하여 시기별 과중을 구한 후, 이를 일일 증가량으로 나타내었다(Fig. 4). 일일 과중 증가량은 10월 25-31일에 1.1-2.5g, 10월 31-11월 7일에 1.9-3.5g, 그리고 11월 7-12일 1.4-1.6g이었다가 이후에는

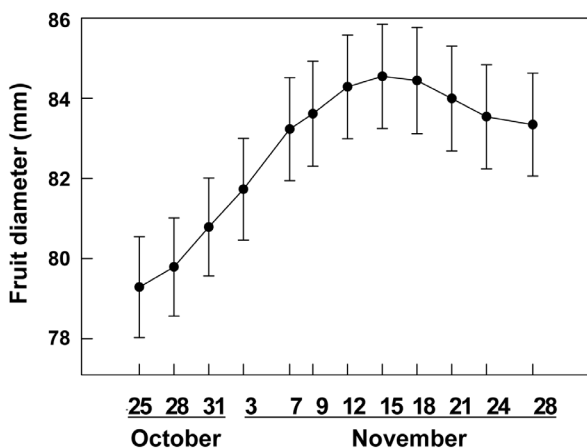


Fig. 3. Changes in diameter of the 'Fuyu' fruits on the branches that had been covered with non-woven fabrics after Oct. 25 (142 days after full bloom). By Nov. 16, 40-60% of the leaves on the covered branches were defoliated by low temperature, but without visual damage on fruits. Low temperature on Nov. 20 and 21 defoliated all the leaves, causing cold damage on the fruits. Bars indicate SE.

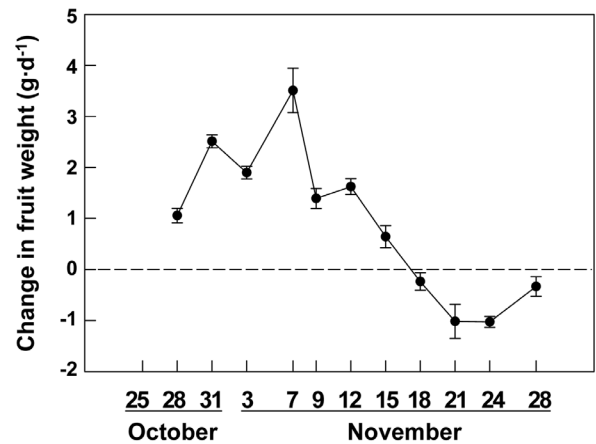


Fig. 4. Daily changes in fruit weight calculated from fruit diameter of 'Fuyu' persimmon on the branches that had been covered with non-woven fabrics after Oct. 25 (142 days after full bloom). By Nov. 16, 40-60% of the leaves on the covered branches were defoliated by low temperature, but without visual damage on fruits. Low temperature on Nov. 20 and 21 defoliated all the leaves, causing cold damage on the fruits. Bars indicate SE.

0.6g 이하로 낮아졌다. 서리피해가 심하였던 11월 21일 이후에는 과중이 하루에 0.3-1g씩 감소하였다. 본 시험의 일일 과중 증가량은 비슷한 시기에 일본에서 조사했던 Nii(1980)의 연구결과보다 큰데, 이는 기상환경과 재배방법의 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 국내에서도 재배환경이나 결실 조절, 양수분관리 방법 등에 따라 시기별 과중 증가량은 달라질 수 있을 것이다. 과중의 최대치는 11월 15일에 240g으로 Fig. 2에 제시한 채취 과실보다 10g이 적었다. 이는 부직포를 쓴 가지는 과실을 숙는 수확을 하지 않아 착과량이 많은 상태로 오래 유지되었기 때문인 것으로 보인다.

본 연구결과는 성숙기에 과실 특성을 시기별로 조사함으로써 수확시기에 따라 과실의 품질이 얼마나 달라질 수 있는지를 가늠할 수 있도록 하는데 의의가 있다. 만생종 품종의 경우 수확시기를 앞당기거나 늦출 때 품질 변화를 추정하는 것은 과원 경영에 중요한 의미를 가지기 때문이다. 예를 들면, 성숙기에 미성숙과를 조기에 수확하는 경우가 빈번한 과원에서는 이러한 분석을 통해, 장기적으로 조·중생종으로 전환을 고려해야 할 것이다. 반면 서리피해 위험이 적은 과원에서는 수확 지연에 의한 품질 향상 정도를 평가하여 수확시기를 결정해야 할 것이다. 서리피해 시기와 정도 또는 다른 기상조건이 시기별 과실 특성 변화에 미치는 영향에 대해서는 앞으로 면밀한 조사가 필요한 것으로 판단된다.

초 록

만생종 감 '부유'의 수확시기에 따른 과실 특성을 평가하

고자 수확기 마지막 한달 동안의 기상, 저온피해, 과실 생장 간의 관계를 조사하였다. 11월 16일 서리피해로 총 잎의 70% 이상이 낙엽이 되었고, 일부 과실에만 경미한 동해가 나타났다. 그러나 11월 20일 저온으로 전부 낙엽이 되었고, 11월 21일 서리와 함께 기온이 -3.3°C로 낮아지면서 모든 과실에서 동해 증상이 나타났다. 10월 25일(만개 후 142일) 부터 11월 15일까지 과중은 일주일에 8-25g이 증가하여 250g에 이르렀지만 서리피해 후부터는 오히려 3-4g씩 감소하였다. 과피색 Hunter a 값은 기온이 높았던 11월 상순에 정제되었지만 11월 29일 마지막 수확까지 점진적으로 높아졌고, 경도는 11월 21일 저온피해 후부터 급속하게 낮아졌다. 당도는 마지막 한달 동안 15.7-16.1°Brix였다. 서리와 직접적인 접촉을 피하기 위해 부직포로 피복한 가지에서는 11월 16일 저온으로 잎의 40-60% 정도가 낙엽이 되었으나 과실에 가시적인 동해 증상은 없었다. 그러나 11월 20일과 21일의 저온으로 잎은 모두 낙엽이 되고 과실에 동해 증상이 뚜렷하게 나타났다. 시기별 과실 환경과 과중 간에는 높은 유의적 상관($R^2 = 0.73-0.91$) 관계가 있었으므로, 회귀식을 사용하여 부직포로 피복한 가지의 과실 환경으로부터 과중을 추정할 수 있었다. 산출한 과중은 11월 15일에 240g으로 최대였고, 일일 과중 증가량은 10월 25-31일 사이에는 1.1-2.5g, 10월 31-11월 7일 사이에는 1.9-3.5g, 11월 7-11월 12일 사이에는 1.4g-1.6g 이하였다. 그러나 저온피해가 나타났던 11월 21일 이후에는 오히려 과중이 0.3-1g씩 감소하였다. 본 연구결과는 수확 적기가 과실 생장과 기후 요인간의 관계에 따라 달라질 수 있음을 나타내었다.

추가 주요어: 기온, 동해, 서리피해, 과실 특성

인용문헌

Ashworth, E.N. 1992. Formation and spread of ice in plant tissues. Hort. Rev. 13:215-245.
 Choi, S.T., G.H. Ahn, Y.C. Lee, and S.M. Kang. 2008. Effect of different autumnal nitrogen application dates on fruit characteristics and storage reserves of 'Fuyu' persimmon. Hort. Environ. Biotechnol. 49:25-29.
 Choi, S.T., S.M. Kang, G.H. Ahn, D.S. Park, G.M. Shon, and C.W. Rho. 1999. Effect of GA₃ and artificial pollination on

fruit set and growth of 'Fuyu' persimmon (*Diospyros kaki*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:581-584.
 Choi, S.T., D.S. Park, J.B. Kim, S.M. Kang, and T.C. Kim. 2006. Production of seedless 'Maekawa-Jiro' persimmon by blocking the pollinators. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24:370-375.
 Chujo, T. 1982. Studies on the effects of thermal conditions on the growth and quality of fruits of Fuyu kaki. Mem. Fac. Agric. Kagawa Univ. 37:1-63.
 Kim, J.C., Y.S. Chae, and S.M. Kang. 1997. Selection of economic pollinizers for Fuyu sweet persimmon (*Diospyros kaki*). Acta Hort. 436:395-401.
 Korea Rural Economic Institute (KREI). 2012. Agricultural outlook 2012 (II). KREI, Seoul.
 Lang, A. and M.R. Thorpe. 1986. Water potential, translocation and assimilate partitioning. J. Exp. Bot. 37:495-503.
 Mowat, A.D. and A.P. George. 1994. Persimmon, p. 209-232. In: B. Schaffer and P.C. Andersen (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol. I. Temperate crops. CRC Press, Boca Raton, F.L.
 Mowat, A.D., A.P. George, and R.J. Collins. 1997. Macro-climatic effects on fruit development and maturity of non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). Acta Hort. 436: 195-202.
 Nakano, R., K. Yonemori, A. Sugiura, and I. Kataoka. 1997. Effect of gibberellic acid and abscisic acid on fruit respiration in relation to final swell and maturation in persimmon. Acta Hort. 436:203-214.
 Nii, N. 1980. Seasonal changes of fruit growth in Japanese persimmon, *Diospyros kaki* cv. Fuyu, in relation to vascular tissue development in the fruit stalk. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:160-170.
 Nishikawa, Y., H. Ito, T. Maegawa, and T. Morimoto. 2002. Retardation of persimmon fruit ripening by covering trees and/or branches with non-woven clothes. Bull. Agr. Res. Div., Mie Prefectural Sci. Technol. Promotion Ctr. 29:43-51.
 Park, S.J. 2002. Effect of irrigation and N levels on fruit quality and nutrient distribution in 'Fuyu' persimmon tree parts during the final stages of fruit growth. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:321-325.
 Sugiura, A., I. Kataoka, and T. Tomana. 1983. Use of a refractometer to determine soluble solids of astringent fruits of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* L.). J. Hort. Sci. 58:241-246.
 Taira, S. 1996. Astringency in persimmon, p. 97-110. In: H.F. Linskens and J.F. Jackson (eds.). Modern methods of plant analysis, Vol. 18. Fruit analysis. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
 Westwood, M.N. 1993. Temperate-zone pomology physiology and culture. 3rd ed. Timber press, Portland, Oregon.