

‘유명’ 복숭아의 과실 바람들이 증상

조명동* · 김용구¹ · 박희승

농촌진흥청 원예연구소, ¹경희대학교 원예학과

Characteristics of Fruit Flesh Pithiness Symptoms in ‘Yumyeong’ Peach [*Prunus persica* (L.) Batsc]

Myong-Dong Cho*, Yong-Koo Kim¹, and Hee-Seung Park

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

¹Dept. of Horticulture, Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea

*corresponding author

ABSTRACT ‘Yumyeong’ peach has desirable characteristics of long shelf-life and specific non-melting nature with long harvesting period. However, some fruits harvested too late tend to show fruit pithiness symptom or internal breakdown. The study was conducted to investigate the differences between fruit flesh pithiness and internal breakdown symptoms, and to find out inducing factors of flesh pithiness in ‘Yumyeong’ peach. The incidence of flesh pithiness was higher in the fruits harvested late. Sugar and malic acid contents were not different between normal fruits and flesh pithiness fruits, but the acidity was significantly lower affected by low citric acid content in flesh pithiness fruit. In flesh pithiness fruits, calcium contents were low in both skin and flesh. Occurrence of flesh pithiness fruits was high in the years with low precipitation and high temperature for 2 months before harvest. In observations on morphological characteristics, the parts showing flesh pithiness consisted of smaller cells than the normal parts. Tonoplasts were disintegrated and the number of dead cells was high in internal breakdown fruits, while the tonoplasts were intact with contracted vacuoles in flesh pithiness fruits. Tylosises were observed in vascular tissues around the flesh pithiness, therefore, it was assumed that those tylosises restricts flesh tissue development resulting in flesh pithiness. Other varieties such as ‘Fantasia’ and ‘Wolmi’ also showed tylosis and smaller cells were observed in the flesh tissue of these cultivars, indicating abnormal growth of the flesh part. These results suggested the possibility of the occurrence of pithiness like symptoms in other peach varieties.

Additional key words: internal breakdown, morphological characteristics, precipitation, temperature, tylosis

서 언

‘유명’ 품종의 육질은 일반 복숭아의 육질과는 달리 연화가 잘 안 되므로 수확 후 18일까지도 상품성이 유지되고(Kim 등, 1978), 중생종인 ‘대구보’ 품종의 수확 직후부터 만생종인 ‘백도’ 수확기를 전후하여 출하할 수 있는 수확기간도 긴 특성을 갖고 있다. 그러나 시장의 홍수출하를 피할 목적으로 수확기를 지나치게 늦추는 경우 ‘유명’의 고유한 맛이 변하고, 과실 내부의 이상착색이 수반되는 내부갈변이나 과육조직의 변질현상이 발생되어 상품성에 문제가 제기되는 것을 종종 볼 수 있다.

복숭아 ‘유명’의 과실 내부조직의 변질현상은 해에 따라 과실의 지연 수확 시에 수상 또는 수확 과실에서 나타나는데 육질이 다소 희게 보이면서 마치 무에서 보고된 바람들이 현상(Pyo, 1970)과

유사한 증상을 보이기도 하고, 붉게 착색된 과육부분이 심한 경우 외관상 마치 멍든 과실을 보는 것과 같은 갈변(Larue와 Johnson, 1989) 증상을 보이기도 하기 때문에 상품성에 큰 지장을 초래하거나 이와 같은 장애에 관한 연구는 지금까지 전혀 이루어지지 않은 상태이다.

지금까지 복숭아 재배품종 중 ‘대구보’ 품종을 대상으로 한 복숭아 봉합선 연화현상(Yu, 1981)이나 연화가 빠른 ‘미백도’와 연화가 잘 안되는 ‘유명’에 대한 매우 흥미 있는 품질 관련 연구가 다수 수행되어 왔으나(Chang 등, 1999a, b; Choi와 Lee, 1999; Kim 등, 1978; Oh 등, 1996), 복숭아 ‘유명’에서 나타나는 과실 바람들이 증상과 같은 생리장애를 해부학적인 측면에서 접근한 연구는 거의 찾아 볼 수 없었다.

따라서 본 연구는 수확기 지연 시 나타나는 과실 바람들이 증상

의 발생환경을 알아보고 증상과와 정상과의 과실 성분 차이와 세포·조직학적 구조의 차이를 밝히고자 수행하였다.

재료 및 방법

과실 바람들이 증상 및 기상요인 조사

과실 바람들이 증상 조사는 해에 따라 그 발생이 많았던 경북 영천군 금호읍 덕성리, 충북 영동군 영동읍 산이리 및 경북 김천시 어모면 은지리의 복숭아를 1996년부터 1998년까지 수집하여 실시하였다. 바람들이 증상발생의 기상 환경적 요인을 분석하기 위하여 1994년부터 1998년까지 복숭아 경핵기부터 과실 성숙기까지인 6~8월의 강수량, 강우일수, 일조시수, 최고기온 30℃ 이상인 날 등의 기상측정 자료를 수집하여 분석하였다.

과실의 무기성분 분석

과피와 과육의 질소 함량은 시료 0.5g을 Kjeldhal관에 넣어, 분해 촉진제($K_2SO_4:Cu_2SO_4=9:1$)와 H_2SO_4 12mL 첨가하고, 약 420℃ 전열판에서 50분간 분해한 후 질소분석기(1035 Analyzer, Tecator Co.)로 측정하였다. 인산 함량은 100mL 삼각플라스크에 분석시료 0.5g을 넣고, 분해시약($HClO_4:H_2SO_4:HNO_3=4:1:10$) 10mL을 넣은 후 전열판(약 250℃) 위에서 분해한 후, 분해액을 7번 여과지로 여과하고 증류수를 첨가하여 100mL로 맞추었다. 이 용액 10mL에 발색시약 10mL를 첨가하여 30℃ 인큐베이터에서 15분간 발색시킨 후, UV-VIS spectrophotometer(UV-2501, PC Shimadzu Co.) 470nm에서 측정하였다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 100mL 삼각플라스크에 0.5g의 시료와 분해시약($HClO_4:H_2SO_4:HNO_3=4:1:10$)을 넣고 전열판에서 분해시킨 후 여과지(No. 7)로 여과하였고, 이 용액에 증류수를 첨가하여 부피를 100mL로 맞춘 후, 원자흡광광도계(AA-6800, Shimadzu Co.)로 측정하였다. 붕소 함량은 시료 0.1g에 0.5N HCl 10mL를 넣고 2시간 동안 진탕시킨 후 3,000rpm에서 15분간 원심분리시켜 그 상정액 1mL에 발색시약 4mL를 넣고 55℃ 항온수조에서 건조시킨 후, 건조된 잔류물에 95% 에탄올 25mL를 넣어 녹인 뒤 여과지(No. 2)로 여과 후, Curcumin법으로 발색시켜 UV-VIS spectrophotometer(UV-2501 PC, Shimadzu Co.) 540nm에서 측정하였다.

과실의 당 및 산 함량 측정

당 함량은 과육을 착즙하여 PR-100 디지털 굴절당도계(Atago Co.)로 측정하였으며, 산 함량은 과즙 10mL에 증류수 40mL를 첨가하여 희석하고 0.1N NaOH를 가하면서 pH가 8.1될 때까지 적정하여 첨가된 NaOH양을 malic acid의 상당량으로 환산하여 측정하였다.

당 조성 및 유기산 함량 측정

채취한 과실을 착즙하여 원심분리기로 44,840rpm에서 15분간

원심분리한 후 0.2 μ m microfilter로 정제한 뒤, 3차 증류수로 10,000배로 희석하여 Bio-LC(DX 500, Dionex Co.)로 분석하였다. 당 분석은 CarboPac PA1 컬럼(분석용:4 \times 250mm; 보호용:4 \times 50mm, Dionex Co.)을 사용하였으며, eluent는 200mM NaOH를 0.5mL \cdot min⁻¹의 속도로 하였고, 전기화학 검출기[pulsed amperometry PAD-2(Gold), Dionex Co.]를 사용하여 과실의 가용성 당(sorbitol, glucose, fructose 및 sucrose) 함량을 측정하였다. 유기산 분석은 IonPac ICE-AS6 컬럼(9 \times 250mm, Dionex Co.)을 사용하였으며, eluent는 0.8mM HFBA를 1.0mL/min 속도로 하였고, 전기전도도 검출기(suppressed conductivity detector, Dionex Co.)를 사용하여 유기산(malic acid) 함량을 측정하였다.

광학 및 전자현미경 검경

조직 검경용 시료는 glutaraldehyde와 osmic acid로 이중고정시킨 후 ethanol과 propylene oxide로 탈수시킨 후 epon에 매몰하였다. 현미경 검경용 조직절편은 초미세절단기(Ultracut R, Leica Co.)를 이용하여 광학현미경 검경용은 1,000~1,250nm, 전자현미경 검경용은 60~80nm의 두께로 시료를 절편하였다. 광학현미경을 보기 위해서는 Periodic Acid Schiff(P.A.S.) 방법으로 염색하였으며 전자현미경 검경용 시료는 gride에 치상하여 uranyle acetate 1% 용액에 10분간 처리한 후 증류수로 세척하고 lead citrate 용액에 8분간 처리한 후 다시 증류수로 세척하였다.

결과 및 고찰

과실 바람들이의 발생요인

복숭아 과실 바람들이 증상이 많이 발생하였던 1994년과 발생량이 매우 적었던 1998년에 경북 영천 지역과 충북 영동 지역의 복숭아 비대기인 6~8월의 강수량과 강수일수(Table 1), 일조시수(Table 2)와 최고기온 및 30℃ 이상 일수(Table 3)를 조사하였다. 경북 영천 지역과 충북 영동 지역 모두 바람들이 증상의 발생량이 많았던 1994년 6~8월의 강수량과 강수일수가 발생량이 적었던 1998년에 비하여 현저히 적었다. 특히 과실이 성숙하는 기간인 8월 중의 두 지역의 강수량은 1998년에 영천 지역이 419mm였고 영동 지역이 369mm였는데 비하여 1994년에는 영천 지역이 74mm였고 영동지역이 141mm로 나타나서, 바람들이 증상이 심한 해와 적은 해의 8월의 강수량의 차이를 보면 영천 지역은 345mm나 되었고 영동지역은 228mm나 되었다. 또한 과실 비대기인 여름 3개월의 총 강수량 차이를 보면 영천지역은 607mm였고, 영동지역은 442mm나 되어 두 지역 모두 커다란 차이를 보여 여름 동안의 강수량 부족이 바람들이 증상 발생과 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각되었다(Table 1).

식물 줄기의 바람들이는 식물체에서 조직의 공동화를 일으키는 자기분해를 극복하기 위한 생리적인 현상으로 조직 내에 탄수화물 축적이 불충분하면 그에 알맞는 생장을 유지하기 위하여 발생하는

Table 1. Amount and days of precipitation between fruit flesh pithiness occurred-year (1994) and non-occurred-year (1998) in 'Yumyeong' peach.

| Region | Year | June | July | August | Sum |
|-------------------------------|---------------------|------|------|--------|------|
| Amounts of precipitation (mm) | | | | | |
| Youngcheon | Occurred (1994) | 87 | 56 | 74 | 216 |
| | Non-occurred (1998) | 203 | 202 | 419 | 823 |
| Days of precipitation | | | | | |
| Youngcheon | Occurred (1994) | 7.0 | 11.0 | 8.0 | 26.0 |
| | Non-occurred (1998) | 17.0 | 21.0 | 19.0 | 57.0 |
| Amounts of precipitation (mm) | | | | | |
| Youngdong | Occurred (1994) | 92 | 166 | 141 | 399 |
| | Non-occurred (1998) | 227 | 245 | 369 | 841 |
| Days of precipitation | | | | | |
| Youngdong | Occurred (1994) | 8.0 | 8.0 | 12.0 | 28.0 |
| | Non-occurred (1998) | 17.0 | 21.0 | 20.0 | 58.0 |

Table 2. Duration of sunshine during summer season between fruit flesh pithiness occurred-year (1994) and non-occurred-year (1998) in 'Yumyeong' peach.

| Region | Year | Duration of sunshine (H) | | | |
|------------|---------------------|--------------------------|------|--------|-----|
| | | June | July | August | Sum |
| Youngcheon | Occurred (1994) | 202 | 259 | 261 | 722 |
| | Non-occurred (1998) | 109 | 87 | 124 | 320 |
| Youngdong | Occurred (1994) | 199 | 264 | 224 | 687 |
| | Non-occurred (1998) | 109 | 82 | 89 | 279 |

Table 3. The average daily maximum temperature and days above 30°C during summer Season between fruit flesh pithiness occurred-year (1994) and non-occurred-year (1998) in 'Yumyeong' peach.

| Region | Year | June | July | August | Mean |
|----------------------------------------|---------------------|------|------|--------|------|
| Average daily maximum temperature (°C) | | | | | |
| Youngcheon | Occurred (1994) | 27.8 | 34.9 | 33.6 | 32.1 |
| | Non-occurred (1998) | 24.1 | 27.7 | 29.3 | 27.0 |
| Days above 30°C | | | | | |
| Youngcheon | Occurred (1994) | 11.0 | 30.0 | 29.0 | 23.3 |
| | Non-occurred (1998) | 1.0 | 9.0 | 11.0 | 7.0 |
| Average daily maximum temperature (°C) | | | | | |
| Youngdong | Occurred (1994) | 27.7 | 33.7 | 31.8 | 31.1 |
| | Non-occurred (1998) | 23.6 | 26.8 | 28.0 | 26.1 |
| Days above 30°C | | | | | |
| Youngdong | Occurred (1994) | 7.0 | 29.0 | 27.0 | 21.0 |
| | Non-occurred (1998) | 1.0 | 5.0 | 6.0 | 4.0 |

것으로 보고되어 있고(Jaffe와 Lienberry, 1989), 무의 바람들이 발생은 토양습도가 적을수록 발생이 심하다고 보고되어 있는 바와 같이(Park과 Fritz, 1982), 본 연구에서도 강수량이 매우 적어서 토양수분이 적었을 것으로 추정되는 1994년에 바람들이 발생이 많아 위의 결과와 일치하고 있다. 즉, 1994년에 과실 바람들이 발생이 많았던 이유는 강수량이 적어 토양수분이 부족해짐으로써 과실로의 양수분의 흡수, 이동 및 동화산물의 전류가 불량해졌기 때문인 것으로 추정되었다.

Table 2는 과실 비대 및 성숙 기간인 6~8월의 일조시수와 과실 바람들이 발생과의 관계를 살펴본 것으로 경북 영천과 충북 영동 두 지역 모두 바람들이 발생이 많았던 1994년의 일조시수는 Table 1에서 살펴본 바와 같이 강수량과 강수일수가 1998년보다 현저히 적었던 관계로 바람들이 발생이 없었던 1998년에 비하여 현저히 많아 일조시수가 특별히 많은 것도 과실 바람들이 발생의 주요 요인으로 추정되었다. 이는 연구작물은 다르지만 Park과 Fritz(1990)가 무에서의 근부 바람들이는 수확 전의 일조시수가 많은데 좌우된다고 한 결과와 본 연구의 결과가 일치하는 것으로 그 원인은 강수량이 적어서 일조시수가 많을 경우 부분적으로 잎과 과실의 증산량 수준 차이에 따른 과실에서의 양수분 분포가 불균형을 이루기 때문에 바람들이가 발생하는 유리한 조건이 되기 때문으로 추정되었다.

Table 3은 과실 비대 및 성숙 기간인 6~8월의 온도와 과실 바람들이 발생과의 관계를 살펴본 것이다. 영천 지역에서는 6월, 7월과 8월의 최고기온 평균이 1994년에 각각 27.8°C, 34.9°C와 33.6°C로 1998년의 24.1°C, 27.7°C와 29.3°C에 비하여 각각 3.7°C, 7.2°C, 4.3°C 높은 것으로 나타났고, 6~8월의 최고기온 평균도 1994년이 1998년에 비하여 5.1°C 높은 것으로 나타났다. 또한, 6월의 최고기온 30°C 이상 일수는 1994년에 11일, 1998년에는 1일로 1994년이 1998년보다 10일 많았으며, 7월과 8월의 최고기온 30°C 이상 일수는 1994년에 각각 30일과 29일, 1998년에 각각 9일과 11일로 1994년이 1998년보다 각각 21일과 18일 많은 것으로 나타났다.

영동 지역에서는 6~8월의 최고기온 평균은 1994년에 각각 27.7°C, 33.7°C 및 31.8°C로 나타나서 1998년의 23.6°C, 26.8°C 및 28.0°C에 비하여 각각 4.1°C, 6.9°C 및 3.8°C 높은 것으로 나타났고, 6~8월의 최고기온 평균도 1994년이 1998년에 비하여 5°C 높은 것으로 나타났다. 또한 6월의 최고기온 30°C 이상 일수는 1994년에 7일, 1998년에 1일로 1994년이 1998년보다 6일 많았으며, 7월과 8월의 최고기온 30°C 이상 일수는 1994년에 각각 29일과 27일, 1998년에 각각 5일과 6일로 1994년이 1998년보다 각각 24일과 21일 많은 것으로 나타났다. 이와 같이 두 지역 모두 1994년이 1998년에 비하여 6~8월의 최고기온이 높고, 최고기온 30°C 이상 일수가 많은 것으로 나타났다.

무에서는 수확 전의 온도(Park과 Fritz, 1990), 배에서는 수확 전의 평균기온, 최고기온 및 일교차(Kim 등, 1991)가 바람들이 발생에 크게 영향을 미친다고 보고되어 있는 바, 본 연구에서도 과실의 비대 및 성숙기간 동안의 최고기온이 높은 해에 과실 바람들이 발생이 증가하는 것으로 나타나 이들의 결과와 일치하였다.

따라서, 본 연구에서 복숭아 유명 품종의 경우, 과실 비대 및 성숙 기간에 기온이 높으면 잎과 과실의 증산량과 호흡량이 증가되므로 정상적으로 동화산물이 과실에 축적되지 못하여 세포가 부분적으로 정상적 발달이 저해되기 때문에 과실 바람들이 발생이 증가되었던 것으로 추정되었다.

이상의 결과에서 기상적인 요인과 복숭아 과실 바람들이 발생과

의 관계를 종합적으로 살펴보면, 과실의 비대 및 성숙기간인 6~8월의 기온이 높고, 강수량이 적어서 일조시수가 많은 해에는 토양 수분 부족으로 인한 과실 양수분의 흡수 불량, 잎이나 과실 표면으로부터의 증산에 의한 과실 양수분의 분포 불균일, 지나친 호흡의 증가로 인한 과실내 동화산물의 분배 불균형 등으로 인하여 과실 바람들이가 발생한 것으로 판단되었다.

바람들이 발생과와 정상과의 무기성분 비교

Table 4는 정상적인 과실과 바람들이 과실 간의 무기성분 함량 차이를 구명하기 위하여 바람들이 증상과와 정상과의 과피 및 과육의 무기성분 함량을 조사한 것이다.

과피의 질소, 인산 및 칼륨의 함량은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실보다 유의하게 높았고, 칼슘 함량은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실보다 유의하게 낮았으며, 마그네슘과 붕소의 함량도 적은 경향을 보였다. 과육 내 질소, 인산 및 마그네슘 함량은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실보다 유의하게 높았고, 바람들이가 발생한 과실은 정상적인 과실에 비하여 과피내 칼륨 함량은 높은 경향이었고 붕소 함량은 낮은 경향을 나타내었다.

Table 5는 바람들이 증상과와 정상과의 과피 및 과육에 포함되어 있는 칼슘 함량에 대한 질소, 인산 및 칼륨의 함량 비율을 조사한 것이다. 과피의 칼슘 함량에 대한 질소, 인산 및 칼륨 함량 비율은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실에 비하여 유의하게 높았으며, 과육에서는 칼슘 함량에 대한 질소 및 인산 함량 비율은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실에 비하여 유의하게 높았고 유의성이 인정되지는 않았으나 칼륨 함량 비율 역시 높은 경향을 나타내었다. 또한 과피에서 마그네슘에 대한 질소, 인산, 및 칼륨 함량 비율은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실에 비하여 유의하게 높았으며, 과육에서는 마그네슘에 대한 인산 함량 비율은 바람들이가 발생한 과실이 정상적인 과실에 비해 유의하게 높았다.

따라서, 바람들이가 발생한 과실은 정상 과실에 비하여 칼슘과 마그네슘 함량에 대한 다량요소인 질소, 인산, 칼륨 함량 비율이 과육에서의 K/Ca비 및 K/Mg비를 제외하고는 과피나 과육에서 모두 높은 것으로 나타났다.

Park과 Fritz(1990)에 의하면 무의 바람들이는 질소, 인산, 칼륨 비료의 시비량이 증가할수록 바람들이 발생이 증가한다고 하였는데, 세포벽의 견고성이나 세포막의 물질 투과성과 관계가 있는 칼슘과 마그네슘 함량에 대한 질소, 인산, 칼륨 비율이 정상 과실보다 바람들이 발생 과실에서 높았던 바, 과실에서 다량요소인 질소, 인산, 칼륨의 칼슘과 마그네슘에 대한 상대적인 과다는 바람들이 발생과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되었다.

바람들이 발생과와 정상과의 과실 특성 비교

Table 6은 1997~1998년까지 영동 농가 포장에서 수집된 바람들이 증상과와 정상과의 과실 특성의 평균치를 조사한 것이다.

평균 과중은 적숙기에 진입하는 8월 20일 경에는 과실 바람들이

Table 4. The mineral contents in skin and flesh per dry matter between fruits with pithiness and fruits without pithiness in 'Yumyeong' peach.

| Fruit | N | P | K | Ca | Mg | B |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | (g · kg ⁻¹) | (g · kg ⁻¹) | (g · kg ⁻¹) | (mg · kg ⁻¹) | (mg · kg ⁻¹) | (mg · kg ⁻¹) |
| Skin | | | | | | |
| With pithiness | 14.2 | 1.51 | 5.31 | 229 | 483 | 28.0 |
| Without pithiness | 9.1 | 1.19 | 4.31 | 292 | 491 | 34.0 |
| T-test | ** | ** | * | * | NS | NS |
| Flesh | | | | | | |
| With pithiness | 11.9 | 1.79 | 5.12 | 145 | 450 | 13.0 |
| Without pithiness | 8.1 | 1.21 | 4.69 | 159 | 400 | 15.0 |
| T-test | * | * | NS | * | * | NS |

NS, *, ** Non significant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.01, respectively.

Table 5. Ratio of the fruit mineral contents to calcium or magnesium per dry matter between fruits with pithiness and fruits without pithiness in 'Yumyeong' peach.

| Fruit | Skin | | | Flesh | | |
|--------------------|------|------|------|-------|------|------|
| | N | P | K | N | P | K |
| Per unit calcium | | | | | | |
| With pithiness | 62.0 | 6.55 | 23.1 | 82.1 | 12.4 | 35.2 |
| Without pithiness | 31.2 | 4.11 | 14.7 | 50.9 | 7.6 | 29.6 |
| T-test | * | * | * | * | * | NS |
| Per unit magnesium | | | | | | |
| With pithiness | 29.4 | 3.11 | 11.0 | 26.4 | 4.00 | 11.3 |
| Without pithiness | 18.5 | 2.44 | 8.8 | 20.3 | 3.00 | 11.8 |
| T-test | * | * | * | NS | * | NS |

NS, * Non significant or significant at $P \leq 0.05$.

Table 6. Fruit characteristics between fruits from pithiness occurred orchard and fruits from pithiness non-occurred orchard in 'Yumyeong' peach.

| Orchard | Fruit weight (g) | | Soluble solids (^o Bx) | Titratable acidity (%) | Flesh firmness (kg/5mm Ψ) |
|--------------|------------------|---------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| | Aug. 20 | Sep. 10 | | | |
| Occurred | 281 | 313 | 10.3 | 0.265 | 2.53 |
| Non-occurred | 265 | 276 | 9.8 | 0.370 | 2.63 |
| T-test | NS | ** | NS | * | NS |

NS, * Non significant or significant at $P \leq 0.05$.

가 발생한 과수원과 정상적인 과수원 간에 유의한 차이가 없었으나, 적숙기가 지난 9월 10일 경에는 과실 바람들이가 발생한 과수원이 정상적인 과수원에 비하여 유의하게 컸으며, 과실의 적정산 함량은 과실 바람들이가 발생한 과수원이 정상적인 과수원보다 유의하게 낮았다.

Table 7은 과실 바람들이 발생이 적었던 1999년에 바람들이 증상과와 정상과의 과즙에 포함되어 있는 가용성 당 및 유기산 함량을 조사한 것이다. 복숭아 '유명' 품종의 과즙 내 가용성 당 함량은 자당>과당>포도당>솔비톨의 순으로 높게 나타났으며, 바람들이 증상과와 정상적인 과실 간에는 차이가 없었다. Kishi(1982)는 복숭아 '대구보'와 '금'에서 수확기 과육의 가용성 당 함량은 자당>

Table 7. The content of sugars and acids in fruits with pithiness and fruits without pithiness in fruit juice of 'Yumyeong' peach.

| Fruit | Sugar (g · kg ⁻¹) | | | | | Acid (mg · kg ⁻¹) | | |
|-------------------|-------------------------------|---------|----------|---------|-------|-------------------------------|-------|-------|
| | Sorbitol | Glucose | Fructose | Sucrose | Total | Citric | Malic | Total |
| With pithiness | 2.6 | 7.8 | 11.9 | 64.8 | 87.1 | 23 | 3804 | 3827 |
| Without pithiness | 2.0 | 8.1 | 11.3 | 64.7 | 86.1 | 204 | 3676 | 3880 |
| T-test | NS | NS | NS | NS | NS | ** | NS | NS |

NS, ** Non-significant or significant at $P \leq 0.01$.

포도당 > 과당 > 솔비톨 순으로 많았다고 하였는데, 본 연구의 '유명' 품종에서는 포도당보다는 과당이 더 많은 경향을 나타내어 서로 다른 결과를 나타내었고 바람들이 증상과와 정상과간의 당 함량간에는 차이가 없었기 때문에 바람들이 발생에 의하여 과실 내 당 함량은 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다. 총 가용성 유기산 함량 및 주요 유기산인 사과산 함량은 바람들이 증상과와 정상과간에 차이가 없었으나, 구연산 함량은 바람들이 증상과에서는 거의 없거나 약간 검출되어 정상 과실보다 현저히 적었다.

Kishi(1982)는 복숭아 '대구보'와 '금'에서 사과산과 구연산이 복숭아의 주요한 유기산이고, 그 함량이 '대구보'가 각각 40mg · kg⁻¹, 20mg · kg⁻¹이고, '금'이 각각 60mg · kg⁻¹, 50mg · kg⁻¹라고 보고하였는데, '유명'의 사과산 함량은 바람들이 증상과가 38mg · kg⁻¹, 정상과가 36.8 mg · kg⁻¹를 보여 품종간 차이를 볼 수 있었다. 또한 본 연구의 구연산 함량은 바람들이 증상과가 23mg · kg⁻¹, 정상과가 204 mg · kg⁻¹으로 정상과에 비하여 바람들이 증상과가 현저히 적었고, Kishi(1982)가 보고한 '대구보'와 '금'보다도 현저히 적었다.

바람들이 증상과가 정상과에 비하여 구연산 함량이 낮은 이유는 고온 건조한 경우(Table 1, 2, 3) 과실의 호흡이 왕성하여 과실 중에 함유되어 있는 유기산중 구연산이 사과산보다 호흡의 기질로 가장 먼저 쓰이기 때문으로 추정되었다. 또한 바람들이가 발생한 과실에서 당보다 유기산 함량이 낮아지는 이유는 고온 건조로 호흡이 왕성해지는 경우에 해당과정이 없이도 에너지 생산에 유기산이 당보다 먼저 호흡 기질로 사용되기 때문이라고 판단되었다(Table 7).

바람들이 증상과와 정상과의 해부학적 비교

Fig. 1은 복숭아 '유명' 과실을 횡단하여 정상 과실과 바람들이



Fig. 1. Comparison between pithiness symptomed fruit (A) and normal fruit (B) in mature 'Yumyeong' peach. Pithiness accompanies coloration of flesh.

증상이 나타난 과실을 비교한 것이다. 바람들이 증상은 일반적으로 과숙 시 착색을 동반하는 것으로 나타났으며, 정상과의 경우 과육 착색이 거의 나타나지 않았다. 과숙 시에 나타나는 또 다른 생리장해로서 내부갈변 현상이 있는데 Fig. 2의 B에서 나타나는 것과 같이 착색이 동반되는 내부갈변과 C와 같이 착색이 동반되지 않는 내부갈변이 있으며 특히 B의 경우는 증상이 심해지면 갈변보다는 흑변에 가까워지며 과실의 외부에도 그 증상이 나타나(Fig. 2A) 육안으로도 분명히 구별할 수 있다.

복숭아 '유명'에서 볼 수 있는 바람들이 증상은 과실의 성숙말기인 8월 25일경부터 관찰되었는데 정상과실에 비하여 특이하게 수축된 상태의 작은 세포들로 이루어져 있었다(Fig. 3). 이와 같이 작은 세포들의 집단은 복숭아 과실 발달과정에서 발견할 수 있었던 도관의 tylosis 형성과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각되었다. 즉,



Fig. 2. Internal breakdown symptoms in 'Yumyeong' peach fruits.

- A : External symptoms with severe red colour development;
- B : Severe red coloured and pithiness symptomed flesh;
- C : Browned flesh.

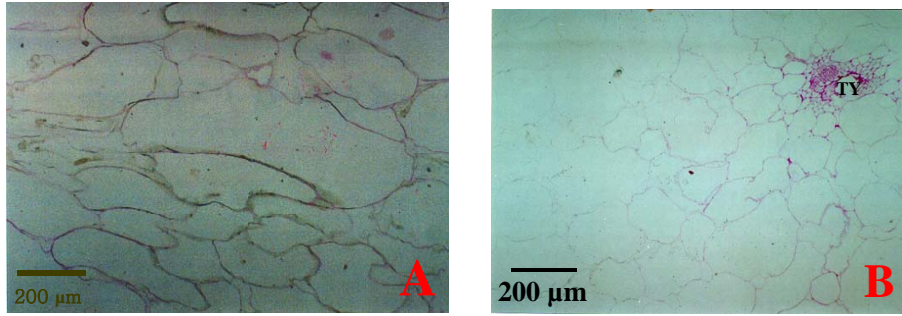


Fig. 3. Light microscope photographs of flesh tissue on 132nd date after full bloom between normal fruit (A) and pithiness symptomatic fruit(B) in 'Yumyeong' peach. Cells adjacent to flesh pithiness-occurred portion have very tiny size. Tylosis is found in xylem adjacent to flesh pithiness-occurred portion. TY:Tylosis

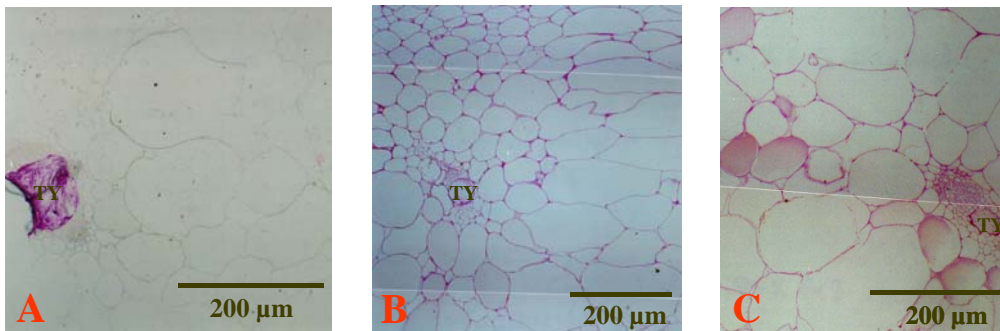


Fig. 4. Comparison among vascular bundles differentiated in tylosis at optimum mature stage in peaches and nectarine. Tylosis is shown both in peaches and nectarine.

A : 'Yumyeong' peach ; B : 'Wolmi' peach ; C : 'Fantasia' nectarine
TY:tylosis

tylosis의 형성이 수분 및 무기양분의 전류를 방해하여 과실을 구성하는 모든 세포가 충분히 정상적으로 발달할 수 없는 요인으로 작용하는 것으로 추정되었다. 바람들이 증상의 특징으로 나타나는 작은 세포들의 집단은 과실 발달과정에서 이미 발견되며 이는 tylosis의 형성이 유과기에 이미 형성되는 것과 관계가 있는 것으로 생각되었다. 결과적으로 바람들이 증상은 건전한 세포의 변형으로부터 나타난다고 하기보다는 유과기에서부터 바람들이 증상이 나타날 수 있는 가능성을 잠재적으로 항상 내포하고 있는 상태에서 외부환경이 증상 발현 요인으로 작용하는 것으로 생각되었다. 또한 유관속 조직의 바로 옆에서도 증상이 관찰되었는데 이는 무 등에서 보고된 것과 같이 바람들이 증상이 유관속에서 멀리 떨어진 조직에서 나타난다는 보고와는 일치하지 않았으며 바람들이 증상이 나타난 바로 옆의 유관속 조직에 tylosis가 형성되어 있었다(Fig. 3).

환경요인과 연결하여 Tylosis는 수분이나 뿌리에서 흡수하는 무기성분의 이동을 방해하며 이러한 경우에 수분스트레스가 쉽게 나타날 수 있는 것으로 판단되었다. 분석 결과에서 나타난 것과 마찬가지로 바람들이 증상은 고온 건조한 해에 많이 발생되며 바람들이 발생 과실은 상대적으로 이동이 어려운 칼슘의 함량이 정상과에 비하여 적으며 tylosis의 형성이 수분이나 무기양분의 이동을 방해하기 때문에 증산작용이 많이 일어나는 해에 많이 발생하는 것으로

사료되었다. 다른 복숭아의 경우에도 품종에 관계없이 tylosis가 나타났으며 정상적인 'Fantasia'나 '월미'에서도 비정상적으로 작은 세포들의 모임이 증과피에서 발견되어 과육 전체 세포들이 균일하게 성장하고 있지 못함을 보여주었다(Fig. 4). 이는 복숭아 여러 품종에서 과실 바람들과 같은 증상이 나타날 수 있음을 시사하는 것으로 다른 불용질성의 품종을 대상으로 한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 사료되었다. 그러나 보통의 복숭아는 과실 연화과정이 매우 짧아 그러한 과정을 관찰하기는 매우 힘든 일이라 생각되었다.

전자현미경으로 검경시 만개 후 145일의 정상과실은 세포들이 이미 죽기 시작하여 세포내 소기관들을 전혀 구분할 수 없었으나 액포막은 여전히 탄력을 유지하고 있었다(Fig. 5). 그러나 바람들이 조직의 세포는 세포의 파괴나 액포막의 파괴없이 액포막이 쭈글쭈글한 모양을 하고 있어서 수분이 빠져 나간 것을 알 수 있었다(Fig. 6A). 내부갈변의 경우에는 정상조직이나 바람들이 조직에 비하여 죽은 상태의 세포가 많이 발견되었으며 액포막이 깨지고 세포의 내용물을 전혀 파악할 수 없었다(Fig. 6B). '유명' 품종의 정상적인 과실에서는 전자현미경으로도 과육조직의 중엽층을 관찰할 수 없었으며, 성숙기를 지난 과실의 경우에는 과육조직의 세포벽이 한쪽으로부터 분해되어 파괴되는 것이 쉽게 발견되었다.

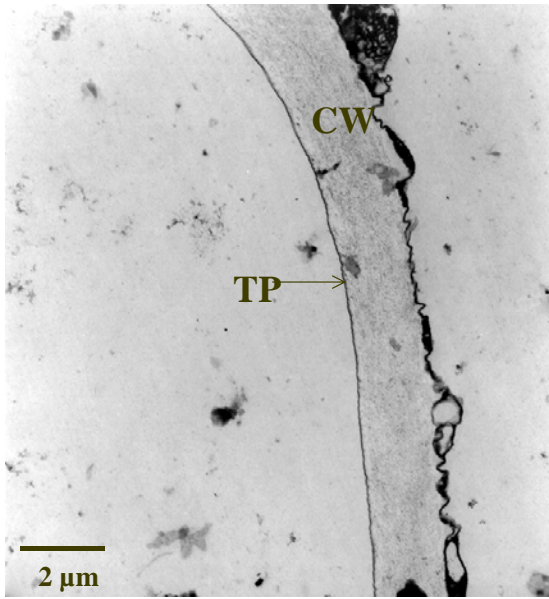


Fig. 5. Transmission electron microscope photograph of normal flesh tissue on 145th date after full bloom in ‘Yumyeong’ peach fruit. Senility of cell is shown without destruction of tonoplast.
CW:cell wall ; TP:tonoplast

산, 칼륨의 함량이 높았으며 과육에서는 질소, 인산, 마그네슘의 함량이 높았으나 칼슘의 경우 과피와 과육 모두에서 낮게 나타났다. 바람들이 발생은 수확전 2개월 간의 강수량이 적고 최고온도가 높은 해에 많이 발생하여 과실비대기의 고온건조가 한 원인이 되는 것으로 생각되었다. 형태학적인 측면에서 바람들이 발생부위의 세포들은 정상부위의 세포들보다 작은 크기의 세포들로 이루어져 있었으며, 내부갈변과에서 액포막이 파괴되고 죽은 세포가 많은 것에 비하여 바람들이과는 액포막의 파괴없이 액포가 수축된 상태로 나타났다. 바람들이 발생조직 주변의 유관속 조직에서 틸로시스가 발견되어 이러한 틸로시스가 일부 과육조직의 발달을 방해하여 바람들이 발생에 관여하는 것으로 추정되었다. 한편, ‘판타지아’와 ‘윌미’ 등의 다른 복숭아에서도 틸로시스가 나타났으며 비정상적으로 작은 세포들의 모임이 과육에서 발견되어 과육 전체 세포들이 균일하게 생각하고 있지 못함을 보여주었다. 이는 복숭아 여러 품종에서 바람들이와 유사한 증상이 나타날 수 있는 가능성을 암시하나 많은 복숭아가 연화기간이 짧아 바람들이 증상이 발견되기 어려운 것으로 추정되었다.

추가 주요어 : 내부괴사, 형태적 특성, 강수량, 기온, 틸로시스

초 록

유명복숭아는 보구력이 매우 강한 독특한 불용질성 품종으로서, 수확기간이 긴 장점이 있으나 너무 늦게 수확하는 경우 수상에서 과실 바람들이 증상이나 내부갈변 현상이 나타나는 경우가 있다. 바람들이 증상은 늦게 수확할수록 큰 과실에서 많이 발생하며 당과 말산 함량은 정상과와 비교하여 차이가 없으나 구연산의 함량이 크게 낮아 산도가 떨어졌다. 바람들이 증상과의 과피에서는 질소, 인

인용문헌

- Chang, K.H., D.H. Lee, I.S. Kim, I.K. Kang, and J.K. Byun. 1999a. Changes in the cell wall components during the softening in peach fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:355-358.
- Chang, K.H., D.H. Lee, and J.K. Byun. 1999b. Changes in activities of cell wall hydrolases during softening in peach fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:359-362.

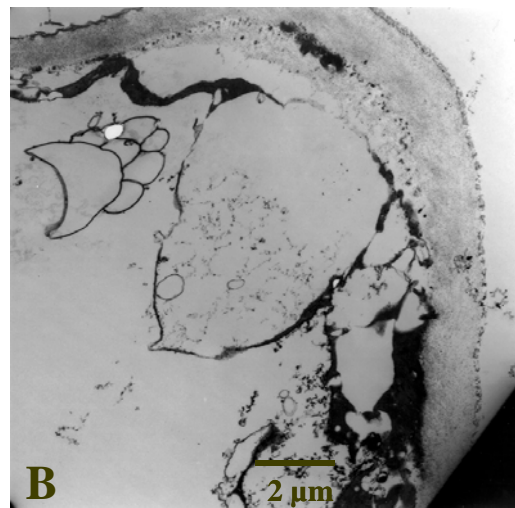
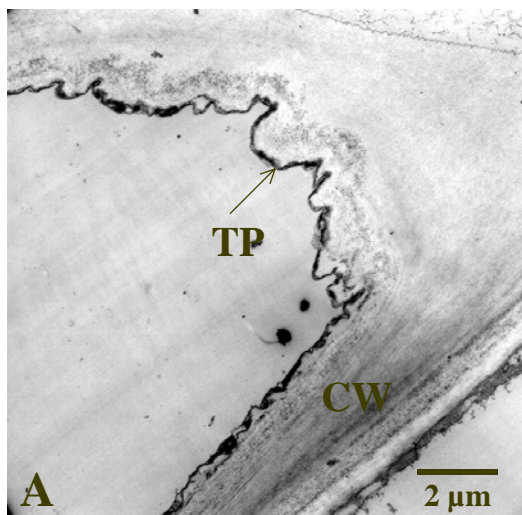


Fig. 6. Transmission electron microscope photographs of flesh tissue on 145th date after full bloom between pithiness symptomted fruit (A) and fruit with internal browning (B) in ‘Yumyeong’ peach.
A : Vacuole didn't destroy but has a wrinkled shape.
B : Many dead cells with destruction of tonoplast.

- Choi, J.H. and S.K. Lee. 1999. Pectic substances associated with woolliness of peaches. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:574-576.
- Jaffe, M.J. and L. Lienberry. 1989. The role of ethylene in the control of stem pithiness. *Advances in Agr. Biotech.* 26:331-339.
- Kim, W.C., K.H. Hong, Y.S. Kim, and M.S. Yim 1991. Physiological disorders of fruits of Oriental pear cultivars. *Res. Rep. RDA (Hort.)* 33:27-37.
- Kim, Y.H., M.D. Cho, D.K. Lee, C.S. Lee, and Y.S. Yu. 1978. The new peach cultivar 'Yumyeong'. *Res. Rept. RDA. (Hort.)* 25:1-5.
- Kishi, K.T. 1982. The improvement of maintain technique of freshness based on the physiological maturing of fruit. *Soc. Aid. Agri-Forestry*, Tokyo.
- Larue, J.H. and R.S. Johnson. 1989. Peaches, plums, and nectarines. *Coop. Ext. Univ., California.* p.166-167.
- Oh, S.Y., S.S. Shim, C.C. Kim, and Y.J. Lim. 1996. Effects of leaf age and defoliation on tree growth, flowering and fruit set of satsuma mandarin. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 42:7-12.
- Park, K.W. and D. Fritz. 1982. Study on the quality of radish [*Raphanus sativus* L. var. *niger* (Mill.) S. Kerner], Part I. Effect of soil moisture, seasons, harvesting period and fertilization on texture of radish. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 23:188-193.
- Park, K.W. and D. Fritz. 1990. Influence of growing season, harvesting time, fertilization and soil moisture on pithiness in radish [*Raphanus sativus* L. var. *niger* (Mill)]. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 31:1-6.
- Pyo, H.K. 1970. The general principle of vegetables. Hyangmoonsa, Seoul.
- Yu. Y.S. 1981. Studies on the causes and the control of soft suture in peaches (*Prunus perciaca* Sieb. et Zucc.). PhD Diss., Seoul Nat'l Univ.