

한여름 기온이 ‘후지’/M.9 사과나무의 과실 일소증상 발생에 미치는 영향

송양익^{1*} · 박무용¹ · 양상진² · 사공동훈¹

¹국립원예특작과학원 사과시험장, ²농촌진흥청 농촌지원국 원예특작과
(2009년 9월 22일 접수; 2009년 11월 27일 수정; 2009년 11월 27일 수락)

Influence of Air Temperature during Midsummer on Fruit Sunburn Occurrence in ‘Fuji’/M.9 Apple Tree

Yang-Yik Song^{1*}, Moo-Yong Park¹, Sang-Jin Yang² and Dong-Hoon Sagong¹

¹Apple Experiment Station, National Institute of Horticulture & Herbal Science,
Rural Development Administration, Gunwi 716-812, Korea

²Horticulture & Herbal Crop Division, Extension Service Bureau, Rural Development Administration,
Suwon, 441-707, Korea

(Received September 22, 2009; Revised November 27, 2009; Accepted November 27, 2009)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of air temperature during midsummer on sunburn occurrence that had some problems recently on ‘Fuji’/M.9 planting system in Korea. There was a positive relationship between sunburn incidence and accumulated days with high air temperature over 31°C, or accumulated total quantum per day. ‘Fuji’/M.9 apple trees with relatively open canopies, compared to ‘Fuji’/M.26, were more susceptible to sunburn injury because the fruit was more exposed to sunlight. In ‘Fuji’/M.9 apple trees, those that were poor in vigor or with short bourse shoot length were more susceptible to sunburn injury. Sunburn incidence was affected by neither regions nor row orientations. Sunburn was observed most often on the fruits on the south and west sides of the trees. The reason was due to high skin temperature of the fruits reaching 40~45°C under full sunlight.

Key words: *Malus domestica* Borkh., Fruit skin temperature, High temperature, Rootstock, Row orientation

I. 서 론

일소증상(sunburn)은 과실이 강한 태양광에 노출될 경우 과실의 표면온도가 높아지면서 과실 표면이 노란색 혹은 갈색으로 변하는 생리증상으로, 해에 따라서는 피해가 30%를 넘어 경제적 손실이 크다(Schrader *et al.*, 2003; Piskolczi *et al.*, 2004; Schupp *et al.*, 2004). 일반적으로 일소증상이 발생하는 주요인은 강한 태양광에 인한 높은 과실의 표면온도에 의한 것으로

(Corelli Grappadelli, 2003), Schrader *et al.*(2008)은 일소증상을 크게 3가지로 나누었다. 첫째는 일소괴사(sunburn necrosis)로서 태양광의 유무에 상관없이 과실의 온도가 52°C에 도달하면 과실의 표피층이 괴사하면서 나타난다고 하였다. 둘째는 일소갈변(sunburn browning)으로서 과실의 양광면이 노랗게 혹은 갈색으로 변하는 증상으로 일소괴사보다 낮은 온도(46~49°C)에서 발생하지만 태양광이 없으면 발생하지 않는다고 하였다. 마지막 셋째는 광산화일소(photooxidative

* Corresponding Author : Yang-Yik Song (songyy@korea.kr)

sunburn)로서 음지에 있던 과실이 전정 및 유인에 의해 갑작스럽게 광에 노출되면 나타나는데 낮은 온도(31°C 이하)에서도 발생할 수 있다고 하였다.

이러한 일소증상 발생에 영향을 미치는 기온 및 광 조건은 재배지역의 위도, 지대, 기후에 따라 다르지만 나무의 용적, 재식밀도, 수형체계 등에 의해서도 달라질 수 있다(Palmer *et al.*, 2003). 일소증상이 특히 문제시 되는 '후지' 품종에 있어 Schupp *et al.*(2002)는 왜성대목을 이용할 경우 나무의 크기가 작아 일소증상 발생이 많아질 수 있으며, 세력이 강한 대목을 이용할 경우 상대적으로 많은 잎의 차광효과에 의해 일소증상이 감소하긴 하지만 과실 착색이 잘 되지 않는 단점이 있다고 하였다.

국내 사과원은 1970년대 이전까지 교목성 실생대목을 이용한 거목 소식재배를 하다가 그 이후부터 1990년대 중·후반까지 준왜성대목인 M.26과 MM.106이 많이 이용되었다. 1990년대 후반에 들어와서는 유럽에서 널리 보급되고 있는 M.9 왜성대목을 이용한 밀식재배에 관한 연구가 대구경북지역을 중심으로 사과시험장과 대학에서 본격적으로 시작되었다(Yoon, 2004). 그러나 1990년대 중·후반까지만 해도 크게 문제시되지 않았던 일소증상 발생은 M.9를 이용한 밀식재배 체계로 전환된 과원면적이 증가되면서(2006년: 5천ha, 18%; 농림수산식품부 자료 참조) 큰 문제로 대두되고 있으며, 최근에 널리 논의되고 있는 지구 온난화에 의한 기온상승도 일소증상 발생률의 증가에 밀접한 관계가 있을 것으로 추정된다(Blanke, 2008; Iams *et al.*, 2008; Smit *et al.*, 2008).

본 시험은 '후지'/M.9를 대상으로 일소증상의 발생요인들을 구명하고자 3년(2001~2003년) 동안 실시하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 수체생육과 일소증상 발생 관계

'후지' 사과나무의 수체생육과 일소증상 발생 관계를 구명하기 위하여 2년(2001, 2002년)동안 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장에서 세장방추형으로 정지한 사과원에서 실험을 수행하였다.

일소증상 발생률에 따른 수체생육 상태의 비교 조사는 2001년에 '후지'/M.9 4년생(3.2×1.2m로 재식) 사과나무를 대상으로 8월경에 일소증상 발생률이 전체 과실의 15~20%인 나무와 일소증상 발생률이 5% 미

만인 나무를 각각 5주 선정하여 나무 당 착과수, 과대지 길이, 총 엽수, 평균 엽면적을 비교하였다. 과대지 길이는 수확 후 주당 20~30개를 측정하였다. 나무당 총 엽수는 과실 수확 후 측정하되, 14cm² 이하의 작은 과총엽은 엽수에 포함시키지 않았다. 총 엽면적은 정단 신초 중간 부위의 성엽을 나무 당 10개씩 채취하여 휴대용 엽면적 측정기(LI-3000A, LI-COR, USA)로 측정된 평균 엽면적(cm²)을 총 엽수에 곱하여 m²로 산출하였다. 과실 당 엽수는 주당 착과수를 총 엽수로 나누어 산출하였다.

과대지 길이별 일소증상 발생률 조사는 2001년에 3.5×1.5m로 재식된 4년생 '후지'/M.9 10나무를 선정한 뒤 6월말에 수관외부(주간에서 50~80cm 떨어진 위치)의 과대지가 5cm 미만, 5~10cm, 10~15cm, 15~20cm, 20cm 이상인 과실을 나무 당 각각 5개씩 선정하여 이들 과실의 8월말 일소증상 발생률을 조사하였다.

대목에 따른 일소증상 발생 조사는 우리나라에서 대표적으로 이용되고 있는 M.9과 M.26을 대상으로, 2002년에 6년차 '후지'/M.9(재식거리: 3.2×1.2m, 260주/10a)과 '후지'/M.26(재식거리: 4.0×2.0m, 125주/10a)의 일소증상 발생률 및 수관용적, 신초길이를 조사하였다. 시험구 배치는 '후지'/M.9과 '후지'/M.26이 재식되어 있는 각 포장에서 임의로 5나무를 선정하여 나무 당 일소증상 발생률 및 수관용적, 정단신초 길이를 조사하였다. 나무 당 착과량은 M.9 시험구는 80개 내외, M.26 시험구는 80~100개였다.

일소증상 발생률은 일소증상이 많이 나타나는 8월말에 나무 전체 과실에 대한 일소증상 발생 과실의 비율로서, 과실의 일소증상 발생 여부는 과피에 노란색 혹은 갈색으로 변한 부분이 조금이라도 있는 과실로 하였다(Schrader *et al.*, 2003; 2008). 수관용적은 12월경에 수고, 수폭을 조사한 후 $1/3\pi r^2 h$ (r=수폭의 반지름, h=수고-첫 측지 위치)으로 계산하여 m³로 나타내었다(Robinson *et al.*, 1991). 수고는 지면에서부터 가장 높이는 신초의 끝까지의 길이로 하였고, 수폭은 열간과 주간을 각각 조사한 후 평균값으로 하였다. 정단신초길이는 정단신초 10개/주 이상을 조사하였다.

2.2. 지역 및 기온에 따른 일소증상 발생

'후지'/M.9 사과나무의 시기별 일소증상 발생 및 최고기온을 조사하였다. 시기별 일소증상 발생 조사는

사과시험장에 3.2×1.2m로 재식된 4년생 세장방추형 사과나무 10주의 수관외부(주간에서 80~100cm 떨어진 위치)에 착과된 과실 중 과대지가 5cm 미만인 과실을 나무 당 5개씩 선정하여 2001년 7월 31일부터 8월 15일까지 착과된 상태로 과실의 일소증상 발생량을 매일 조사하였다. 최고기온 조사는 나무 사이 지표면 1.3m 높이에 자료집록기(EKO, SOLAC V, Japan)를 설치하여 1시간 간격으로 측정된 평균기온 중 가장 높았던 기온을 최고기온으로 나타내었다.

지역에 따른 일소증상 발생 조사는 경북 사과주산지 4개 지역(의성, 안동, 청송, 영주)의 일반 농가와 군위 소재 사과시험장의 시험 포장에 3.2~3.5×1.2~1.5m로 재식된 4~6년생 세장방추형 '후지'/M.9 사과나무를 대상으로 3년(2001~2003년)동안 실시하였다. 각 지역별 포장의 열 방향은 북쪽을 기준으로 한 360°에 대한 지역별 포장의 열 각도를 구한 뒤, 이들 포장의 열 각도에 대한 연장선이 동서방향에 가까우면 동서-열 각도, 남북방향에 가까우면 남북-열 각도로 나타내었다. 이러한 기준으로 열 방향을 표현하면 의성의 경우 동서-120° 이었으며, 안동은 남북-155°, 청송은 동서-115°, 영주는 남북-40°, 군위는 동서-75° 이었다. 조사 대상 나무는 수령에 따라 착과량이 60~80과인 나무를 임의로 5주를 선정하여 나무 당 8월말의 일소증상 발생률을 조사하였다. 기타 관수 및 재배관리(전정 및 병해충 관리)는 각 지역의 관행재배에 따랐다.

지역별 기온조사는 일소증상 발생과 연관성이 높은 최고기온이 31°C 이상(Piskolczi *et al.*, 2004)이었던 날의 누적일수를 조사하였는데, 군위의 경우 노지에 설치되어 있던 자동 기상관측기(AWS, Campbell, USA)를 이용하여 3년(2001~2003년)동안 조사하였으며, 의성, 안동, 영주는 기상청의 표준관측 기온자료를 활용하였다. 하루 평균 누적 총광량 조사는 군위 지역만 조사하였다. 조사기간은 과실직경이 15mm 이상인 유과기(5월 15일)에서 일소증상이 많이 나타나는 8월 말(8월 31일)까지로 하였다.

착과 방향에 따른 일소증상 발생 조사는 지역별 일소증상 발생률을 조사한 4개 지역(의성, 안동, 청송, 영주)의 포장에서 2001년 지역별 일소증상 발생률을 조사한 동일 나무들을 대상으로 2001년에만 조사하였다. 일소증상 발생률은 주간을 중심으로 동, 서, 남, 북 방향으로 착과된 과실 중 일소증상 발생 과실수를 조사하여 8월말경의 나무 당 전체 일소증상 발생 과실수에 대한 각 방향의 일소증상 발생률로 나타내었다.

착과 위치에 따른 과실온도 변화 조사는 2001년 8월 27일에 열 방향이 동서-75°인 사과시험장 포장에서 오전 9시부터 오후 7시까지 매 1시간마다 과실표면, 엽, 기온의 평균온도를 측정하였다. 과실 표면온도 측정은 지상에서 80~130cm 높이에서 주간을 중심으로 동서남북 4방향의 과실 하나씩을 선정하여 Copper-Constantan 열전대를 태양광에 노출된 양광면에 부착하여 측정하였으며, 추가로 남쪽과 서쪽에 착과된 과실은 과실표면이 수관내부로 향한 과실의 음광면에 부착하여 측정하였다. 이외 나무 사이에 자료집록기(EKO, SOLAC V, Japan)를 설치하여 남쪽 방향의 엽온과 평균기온을 측정하였다.

III. 결 과

3.1. 수체생육과 일소증상 발생 관계

일소증상 발생 정도(다: 발생률 15~20%, 소: 발생률 5%미만)에 따른 나무별 수체생장 및 엽 특성 비교에 있어서는 일소증상 발생률이 높았던 나무들의 평균 과대지 길이 및 과실 당 엽수, 평균 엽면적, 총 엽면적이 일소증상 발생률이 낮았던 나무들보다 적은 수준이었다. 특히, 과대지 길이는 일소증상 발생률이 높았던 나무들이 8.0cm로 발생률이 낮았던 나무들의 18.2cm보다 10cm나 짧았다. 주당 착과수와 나무 당 총 엽수는 시험구간 차이가 없었으나 과실 당 엽수는 일소증상 발생률이 높았던 나무가 낮았던 나무보다 8개정도 적었다. 평균 엽면적 및 총 엽면적은 일소증상

Table 1. Shoot growth and leaf character in different incidence of sunburn disorder on 'Fuji'/M.9 apple trees in 2001

| Range of sunburn (Percentage of sunburn per tree) | No. Fruit per tree | Avg. bourse shoot (cm) | No. leaf per tree | No. leaf per fruit | Avg. leaf area (cm ²) | Total leaf area (m ²) |
|---|--------------------|------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 15.0~20% | 74 a ² | 8.0 b | 2,415 a | 33.5 b | 20.2 b | 4.89 b |
| Under 5.0% | 63 a | 18.2 a | 2,574 a | 41.0 a | 25.1 a | 6.46 a |

²Means followed by the same letter are not significantly different using T-test, *P*=0.05.

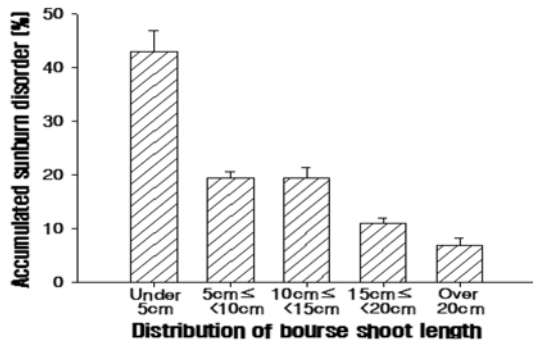


Fig. 1. Influence of different bourse length on incidence of sunburn disorder in 'Fuji'/M.9 apple trees in 2001. Vertical bars indicate standard errors.

발생이 많았던 나무가 각각 20.2cm², 4.89m²으로 일소증상 발생이 낮았던 시험구의 25.1cm², 6.46m²보다 각각 20%, 25%정도 적었다(Table 1).

과대지 길이에 따른 일소증상 발생률에서는 과대지 길이가 길수록 일소증상 발생률이 감소되었는데, 과대지 길이가 20cm 이상일 경우 일소증상 발생률은 7%에 불과하였으나 과대지 길이가 5cm 미만일 경우에는 43%로 약 6배정도 발생이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 1).

대목에 따른 일소증상 발생 조사에 있어 M.26의 일소증상 발생률은 9.5%이었으나 M.9에서는 18.7%로 M.26보다 약 2배정도 발생률이 높았다. 수관용적은 M.26이 4.53m³으로 M.9의 2.61m³대비 74%정도 컸으며, 정단신초 역시 M.26이 M.9보다 약 5cm정도 더 길었다(Table 2).

3.2. 지역 및 기온에 따른 일소증상 발생

2001년 7월 31일에서 8월 10일까지의 시기별 누적 일소증상 발생과 최고기온 비교 조사에서는 7월 31일 까지 조사대상의 과실에서 일소증상이 나타나지 않았

Table 2. Influence of different rootstock on canopy volume, terminal shoot length, and incidence of sunburn disorder in 'Fuji' apple trees in 2001

| Rootstock | Incidence of sunburn (%) | Canopy volume (m ³) | Terminal shoot length (cm) |
|-----------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| M.9 | 18.7 a ² | 2.61 b | 20.1 b |
| M.26 | 9.5 b | 4.53 a | 24.9 a |

²Means followed by the same letter are not significantly different using T-test, P=0.05.

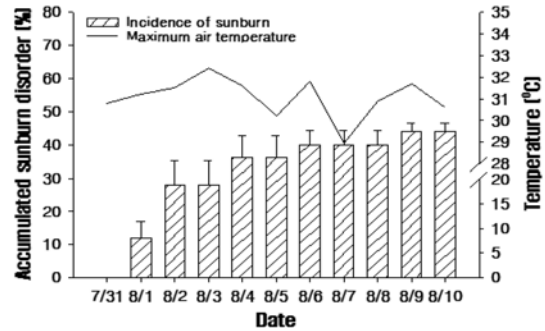


Fig. 2. Seasonal changes in accumulated incidence of sunburn disorder on fruit with bourse shoot that was about 5 cm length and maximum air temperature from July 31th to August 10th, 2001 in 'Fuji'/M.9 apple orchard. Reference fruits were not harvested in reference period on incidence of sunburn. Vertical bars indicate standard errors.

으나 최고기온이 31°C를 넘었던 8월 1일부터 일소증상이 나타나기 시작하였다. 이후 최고기온이 31°C를 넘었던 8월 4일까지는 일소증상 발생률이 증가하였으나 최고기온이 31°C 이하였던 8월 5일과 8월 7~8일에는 잠시 발생이 멈추었고 이후 다시 31°C를 넘었던 8월 9일에 일소증상 발생이 증가하였다(Fig. 2).

지역에 따른 일소증상 발생률은 3개년(2001~2003) 모두 차이가 없었으나 조사년도에 따라 일소증상 발생률은 달랐는데, 2001, 2002년의 경우 모든 시험구의 일소증상 발생률이 17.3~23.2%로 비슷하였던 반면에 2003년도는 절반 수준인 9.2~11.2%였다(Table 3).

2001년 열 방향이 다른 4개 지역(의성, 안동, 청송, 영주)의 포장에서 착과 방향에 따른 일소증상 발생량을 살펴보면(Fig. 3), 4개 포장에 서쪽과 남쪽을 향해 착과된 과실들의 평균 일소증상 발생 비율은 각각 51.7%, 34.1%로 동쪽 11.7%, 북쪽 5.8%보다 현저하

Table 3. Influence of regional difference on incidence of sunburn disorder in slender spindle 'Fuji'/M.9 apple trees for 3 years

| Region (Row orientation ²) | Incidence of sunburn | | |
|--|----------------------|--------|--------|
| | Calendar year | | |
| | 2001 | 2002 | 2003 |
| Uiseong (EW-120°) | 18.1 a ² | 19.7 a | 9.2 a |
| Andong (NS-155°) | 20.3 a | 20.2 a | 10.3 a |
| Cheongsong (EW-115°) | 23.2 a | 20.5 a | 11.2 a |
| Yeongju (NS-40°) | 17.3 a | 18.3 a | 9.4 a |
| Gunwi (EW-75°) | 18.2 a | 19.7 a | 10.1 a |

²Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test, P=0.05.

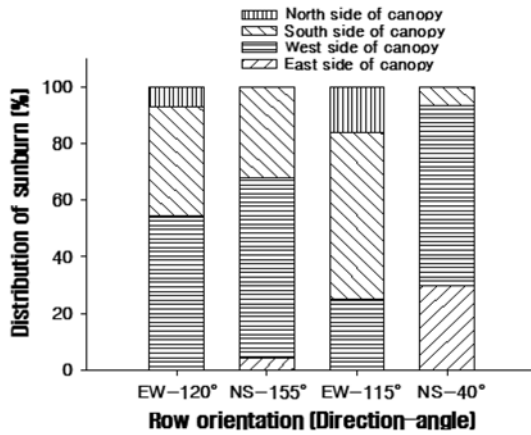


Fig. 3. Influence of different sides of canopy and row orientation on incidence of sunburn in slender spindle 'Fuji'/M.9 apple trees in 2001. Row orientation was SE-120° in Uiseong, NW-335° in Andong, SE-115° in Cheongsong, and NE-40° in Yeongju.

게 높았다. 특히, 열 방향이 동서방향에 가까운 동서-120°인 의성 포장과 동서-115°인 청송 포장에서는 수관 내 동쪽에 착과된 과실들에서 일소증상이 나타나지 않았으며, 열 방향이 남북방향에 가까운 남북-335°인 안동 포장과 남북-40°인 영주 포장에서는 북쪽에 착과된 과실들에서 일소증상이 나타나지 않았다.

지역별 일소증상 발생과 상관성이 높았던 최고기온 31°C를 기준온도로 넘었던 날(Fig. 2)의 누적일수와 일소증상 발생률 간의 상관관계에 있어서는 누적일수가 높아질수록 일소증상 발생이 증가하는 경향을 나타내었다. 누적일수가 28~50일 이었던 2001년의 일소증상 발생률은 17.3~20.3% 이었으며, 누적일수가 14~24일이었던 2002년은 일소증상 발생률이 18.3~20.2%로 2001년과 비슷하였다. 그러나 누적일수가 6~11일이었던 2003년의 일소증상 발생률은 2001, 2002년의 절반수준인 9.2~10.3% 이었다(Fig. 4). 군위 지역의 연도별 하루 평균 누적 총광량은 2001, 2002년의 경우 9.13~9.29MJ/m²로 차이가 없었으나 2003년은 2001, 2002년의 82~84% 수준인 7.68MJ/m²로 낮았다(Fig. 5).

2001년 열 방향이 동서방향에 가까운 동서-75°인 군위소재 사과시험장 포장에서 착과 방향(동, 서, 남, 북)에 따른 과실의 양광면 온도는 오전 9시 전까지는 평균기온과 차이가 없었으나 오전 10시를 넘어서는 북쪽을 제외한 모든 양광면 과실의 온도가 평균기온보다 높아졌다. 양광면 과실 온도가 최고가 된 시점은 착과

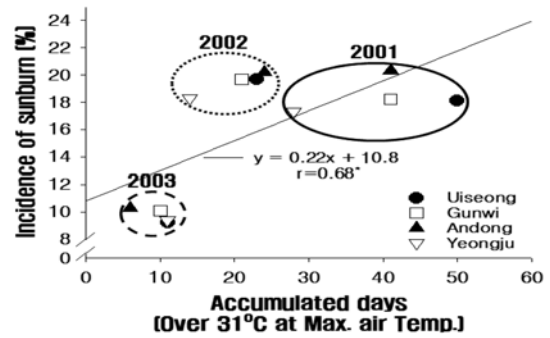


Fig. 4. Relationship between incidence of sunburn disorder and accumulated days (with maximum temperature of >31°C between 15 May and 31 August) in 'Fuji'/M.9 apple orchards in Uiseong, Gunwi, Andong, and Yeongju for 3 years.

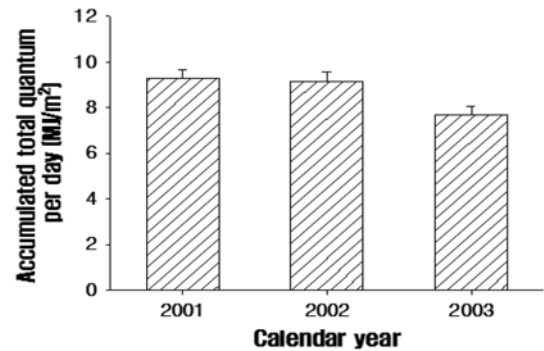


Fig. 5. Accumulated total quantum per day (between 15 May and 31 August) in 'Fuji'/M.9 apple orchards in Gunwi for 3 years. Vertical bars indicate standard errors.

방향에 따라 달랐는데, 남쪽의 과실은 오후 1시에 40.6°C, 서쪽 과실은 오후 3시에 44.6°C 이었다. 동쪽 과실은 오전 11시에 33.6°C까지 올라갔으나 이후 지속적으로 떨어졌으며, 북쪽 과실은 기온이 가장 높았던 오후 3시의 32.0°C와 차이가 없었다. 각 방향의 과실 표면온도와 기온의 차이에 있어서는 북쪽과 동쪽의 경우 각각 최대 5.8°C, 8.1°C의 차이가 나타났던 반면에 남쪽과 서쪽은 최대 차이가 각각 15.1°C, 19.1°C로 북쪽과 동쪽 대비 차이가 약 10°C 더 컸다(Fig. 6). 남쪽과 서쪽에 착과된 과실 음광면과 남쪽 부위 엽의 평균온도는 양광면에 비해 완만히 증가되는 경향을 보였다. 엽과 과실 음광면의 온도가 최고가 된 시점은 오후 2시로 엽은 33.6°C 이었으며, 남쪽과 서쪽의 과실은 각각 32.2°C, 33.3°C로 엽과 큰 차이가 없었다. 그 반면, 남쪽과 서쪽에 착과된 과실의 양광면과 음광면의 과실 간 온도 차이는 남쪽의 경우 오

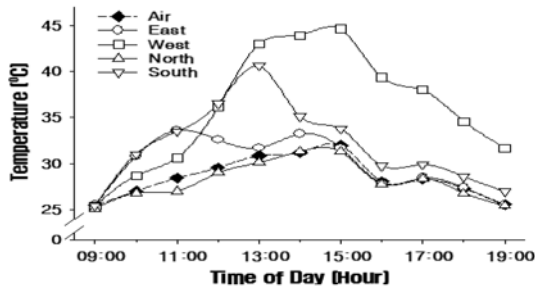


Fig. 6. Fruit surface temperature in different location in the tree canopy and air temperature on warm sunny day (27 Aug. 2001). Temperature was averaged hourly and surface temperatures were measured on the skin of the most exposed surface.

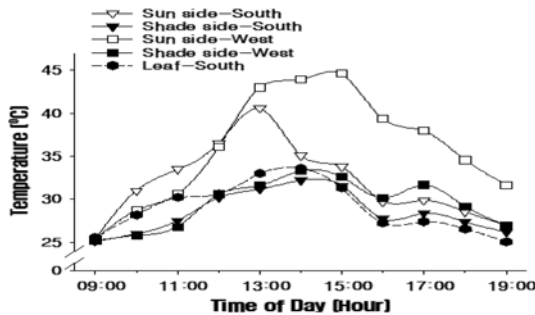


Fig. 7. Sun side and shade side of fruit surface temperature in the different location in the tree canopy and leaf temperature on warm sunny day (27 Aug. 2001). Temperature was averaged hourly and, surface temperatures were measured on the skin of the most exposed surface and shaded surface.

후 1시경에 9.4°C 차이가 났으며, 서쪽의 경우 오후 3시경에 12.0°C로 큰 폭의 차이를 나타냈다(Fig. 7).

IV. 고 찰

사과의 생산성은 수광률(light interception)과 정의 상관관계가 성립되기에 오늘날 밀식 사과원 재배자들은 수관 내 수광률 및 광 분포(light distribution)를 극대화하여 생산성 증가 및 과신품질 향상에 초점을 맞추고 있다(Corelli-Grappadelli and Lakso, 2007).

본 실험에서는 왜화도의 차이에 따라 M.26 대목보다 M.9 대목의 수관용적이 상대적으로 적었으며, 이에 따라 일소증상 발생률도 높았다(Table 2). 수관용적은 수고, 수형, 재식밀도 및 대목에 의해 결정되는데(Robinson, 2003), 왜성대목을 이용할 경우 작은 수관용적으로 인해 과실의 직사광 노출이 높아져 일소

증상 발생이 많아진다는 보고(Paulin, 1989; Schupp *et al.*, 2002; Wnsche *et al.*, 2004)와 유사하였다.

본 시험에서 일소증상 발생률 정도에 따른 나무별 수체생장 및 엽 특성을 비교한 결과(Table 1), 일소증상 발생이 많았던 나무들의 과대지 길이 및 과실 당 엽수가 일소증상이 적었던 나무보다 작았다. 또한 과대지 길이에 따른 일소증상 발생률에 있어 과대지 길이가 길수록 일소증상 발생률이 낮아지는 경향이 나타나(Fig. 1), 과대지 길이가 길수록 엽의 차광효과가 높아져 일소증상이 감소되는 것으로 추정되었다(Fisher, 2000; Wnsche *et al.*, 2001).

일반적으로 열 방향(row orientation)이 남북쪽인 과원의 수광률 및 광 분포는 열 방향이 동서쪽인 과원보다 높으며(Barden and Nielsen, 2003), 일소증상은 대부분 나무의 남쪽 혹은 남서방향에 착과된 과실에서 많이 발생한다(Piskolczi *et al.*, 2004). 본 실험에서는 3개년 모두 열 방향에 따른 일소증상 발생 차이는 없는 것으로 나타났으나(Table 3), 수관 내 착과 방향에 따른 일소증상 발생은 열 방향에 관계없이 모두 남쪽과 서쪽을 향해 착과된 과실에서 높은 것으로 나타났다(Fig. 3).

8월의 최고기온이 31°C를 넘었을 때 누적 일소증상 발생률이 증가하였는데(Fig. 2). 이러한 결과는 7~9월 기온이 28~32°C 이상이 되면 일소증상이 발생한다는 보고(Piskolczi *et al.*, 2004)와 일별 최고기온이 35°C를 넘으면 과실 온도가 일소갈변 증상이 발생할 수 있는 45°C에 도달한다는 보고(Gindaba and Wand, 2005)와 비슷한 결과라고 생각된다.

4지역의 3개년간의 일소증상 발생률(Table 3)과 최고기온이 31°C를 넘었던 날들의 누적일수 간에는 유의한 상관관계가 있었는데(Fig. 4), 2001년도는 2002년도에 비해 누적일수가 2배에 달했으나 일소증상 발생률은 비슷하였다. Schrader *et al.*(2003; 2008)는 과실온도에 영향을 미치는 요인이 많아 단순히 최고기온만을 가지고 일소증상 발생을 예측할 수 없다고 하였다. 본 실험에서 군위지역의 2001년과 2002년도 5월 15일에서 8월 31일까지의 하루 평균 누적 총광량은 각각 9.29MJ/m², 9.13MJ/m²로 차이가 없었기 때문에 일소증상 발생률에 차이가 나타나지 않았으며, 2003년의 일소증상 발생률이 2001년과 2002년에 비해 낮았던 것은 누적일수와 누적 총광량 모두 낮아서 발생한 것으로 추정되었다(Fig. 5).

과실온도와 기온의 상관관계에 있어(Fig. 6, 7), 본 실험에서의 일 중 평균기온은 15시에 가장 높았으나, 남, 서쪽에 착과된 과실의 양광면 온도는 13시에 이미 40°C를 넘었다(Parchomchuk and Meheriuk, 1996). 평균기온이 약 32°C로 가장 높았던 15시경 서쪽에 착과된 과실의 양광면 온도는 44.6°C로 과실 온도가 약 12°C정도 높았다. 동일시각의 양광면과 평균 기온의 최대 차이는 15.1~19.1°C 이었으며(Schrader *et al.*, 2008), 양광면과 음광면의 차이는 양광면이 음광면보다 3.4~6.5°C 정도 높았다(Piskolczi *et al.*, 2004; Saudreau *et al.*, 2008; Seo *et al.*, 2008)는 보고에 근접한 결과였다.

앞선 결과 및 보고를 토대로 할 경우 '후지'/M.9에서 문제시 되는 일소증상 발생은 최고기온이 31°C 이상인 누적일수가 많을 때 증가하는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서는 조사 지역별 일사량에 대한 자료를 모두 제시하지 못하였으나 군위의 경우 하루 누적 총광량이 높았던 해의 일소증상 발생이 많았다. 일반적으로 대기가 청명한 날에 일사 강도는 기온 및 과실 온도 상승과 밀접한 관계가 있으므로 일소증상의 원인이 되는 40~45°C의 과실 온도는 결국 강한 일사의 영향으로 추정할 수 있다. 따라서 향후 '후지'/M.9의 착과량 조절, 유인, 전정을 통해 나무의 적정 수체생장 및 광 투과율을 구명한다면 일소증상 발생을 재배적 기술만으로도 상당히 경감시킬 수 있을 것으로 생각되었다.

적 요

본 실험은 '후지'/M.9 재배체계에 있어 최근 문제시 되는 일소증상 발생에 미치는 한여름의 기온 요인을 구명하기 위하여 실시되었다. 일소증상은 최고기온이 31°C이상인 누적일수 및 하루 누적 총광량이 많을수록 발생이 증가하였다. 상대적으로 개방된 수관을 형성한 '후지'/M.9은 '후지'/M.26보다 과실이 광에 노출되기 쉬워 일소증상 피해가 더 컸다. '후지'/M.9 사과나무 중에서는 과대지 길이가 짧은 나무에서 일소증상 피해가 더 컸다. 일소증상 발생은 재배지역 및 재식 열방향에 영향을 받지 않았고, 주로 남쪽과 서쪽에 착과된 과실에서 일소증상 발생이 많았다. 그 이유는 과실이 직사광선에 노출되어 과실온도가 40~45°C를 넘었기 때문으로 판단되었다.

REFERENCES

- Barden, J.A. and G.H. Neilsen. 2003: Selecting the orchard site, site preparation and orchard planning and establishment. Apples; botany, production and uses, D.C Ferree and I.J. Warrington (Eds.), CABI Publishing, Cambridge, MA, USA, 237-265.
- Barritt, B.H., 2000: The hytec (Hybrid tree cone) orchard system for apples. *Acta Horticulturae* **513**, 303-309.
- Blanke, M.M., 2008: Perspectives of fruit research and apple orchard management in Germany in a changing climate. *Acta Horticulturae* **772**, 441-446.
- Contreras, C., J.P. Zoffoli, J.A. Alcalde, and M. Ayala, 2008: Evolution of sunburn damage on 'Granny Smith' apples during storage. *Cienciae Investigacion Agraria* **35**, 113-122.
- Corelli Grappadelli, L. and A.A. Lakso, 2007: Is maximizing orchard light interception always the best choice?. *Acta Horticulturae* **732**, 507-518.
- Corelli Grappadelli, L., 2003: Light relations. Apples; botany, production and uses, D.C Ferree and I.J. Warrington (Eds.), CABI Publishing, Cambridge, MA, USA, 195-216.
- Fischer, G., 2000: Ecophysiological aspects of fruit growing in tropical highlands. *Acta Horticulturae* **531**, 91-98.
- Gindaba, J. and S.J.E. Wand, 2005: Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particl film, and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortScience* **40**(3), 592-596.
- Iamsub, K., Y. Sekozawa, S. Sugaya, H. Gemma, and Y. Kamuro, 2008: Improvement of fruit quality by S-ABA and the fertilizer formulated K, P, Mg, Bo, Mn containing S-ABA as pre-harvest application on peaches and apples. *Acta Horticulturae* **804**, 219-224.
- Palmer, J.W., J.P. Priv, and D.S. Tustin, 2003: Temperature. Apples; botany, production and uses, D.C. Ferree and I.J. Warrington (Eds.), CABI Publishing, Cambridge, MA, USA, 217-236.
- Parchomchuk, P. and M. Meheriuk, 1996: Orchard cooling with pulsed overtree irrigation to prevent solar injury and improve fruit quality of 'Jonagold' apples. *Hort Science* **31**(5), 802-804.
- Paulin, R., 1989: An apple production system for Western Australia. *Acta Horticulturae* **240**, 109-114.
- Piskolczi, M., C. Varga, and J. Racsco, 2004: Areview of the meteorological causes of sunburn injury on the surface of apple fruit (*Malus domestica* BORKH). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* **12**, 245-252.
- Robinson, T.L., 2000: V-shaped apple planting systems. *Acta Horticulturae* **513**, 337-347.
- Robinson, T.L. 2003: Apple-orchard planting systems. Apples; botany, production and uses, D.C Ferree and I.J. Warrington (Eds.), CABI Publishing, Cambridge, MA, USA, 345-407.
- Robinson, T.L., A.N. Lakso, and S. G. Carpenter. 1991: Canopy

- development, yield, and fruit quality of 'Empire' and 'Delicious' apple trees grown in four orchard production systems for ten years. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **116**(2), 179-187.
- Saudreau, M., A. Marquier, B. Adam, P. Monney, and H. Sinoquet, 2008: On the relationship between tree architecture, microclimate, and fruit temperature within a tree crown. *Acta Horticulturae* **803**, 217-224.
- Schrader, L., J. Sun, J. Zhang, D. Felicetti, and J. Tian, 2008: Heat and light-induced apple skin disorders: Causes and prevention. *Acta Horticulturae* **772**, 51-58.
- Schrader, L., J. Zhang, and J. Sun, 2003: Environmental stresses that cause sunburn of apple. *Acta Horticulturae* **618**, 397-405.
- Schupp, J., E. Fallahi, and I.J. Chun, 2002: Effect of particle film on fruit sunburn, maturity and quality of 'Fuji' and 'Honeycrisp' apples. *Hort Technology* **12**, 87-90.
- Schupp, J., E. Fallahi, and I.J. Chun, 2004: Effect of particle film on fruit sunburn, maturity and quality of 'Fuji' and 'Honeycrisp' apples. *Acta Horticulturae* **636**, 551-556.
- Seo, J.H., J. Sun, L. Schrader, and J. Tian, 2008: Use of chlorophyll fluorescence to assess heat stress in apple fruit. *Acta Horticulturae* **772**, 279-282.
- Smit, A., W.J. Steyn, and S.J.E. Wand, 2008: Effects of shade netting on gas exchange of Blushed apple cultivars. *Acta Horticulturae* **772**, 73-80.
- Wnsche, J.N., D.H. Greer, J.W. Palmer, A. Lang, and T. McGhie, 2001: Sunburn-The cost of a high light environment. *Acta Horticulturae* **557**, 349-356.
- Wnsche, J.N., J. Bowen, I. Ferguson, A. Woolf, and T. McGhie, 2004: Sunburn on apples-Causes and control mechanisms. *Acta Horticulturae* **636**, 631-636.
- Yoon, T.M. 2004: Development of high density apple growing in Europe and Korea. *Proceedings of the symposium on recent high density apple growing techniques and prospects*, National Horticultural Research Institute, 79-97.
- <http://www.mifaff.go.kr/>(2009. 9. 8)