

바람에 의한 ‘후지’/M26 사과의 광합성 및 잎의 특성 변화

최영민¹, 임지혜², 김상백¹, 진재홍¹, 이은규¹, 한점화², 최동근^{1*}

¹전북대학교 원예학과, ²국립원예특작과학원

Changes of Photosynthesis and Characteristics of Leaves by Wind Velocity in 'Fuji'/M26 Apple Trees

Y. M. Choi¹, J. H. Yim², S. B. Kim¹, J. H. Jin¹, E. G. Lee¹, J. H. Han², and D. G. Choi^{1*}

¹Department of Horticulture, Chonbuk National University

²National Institute of Horticultural & Herbal Science

(Correspondence: choidg61@jbnu.ac.kr)

1. 서 언

사과는 영년생 작물이기 때문에 한 번 심으면 경제적 수확년령에 도달하는 기간이 장기간 요구되며, 재배지역의 온도, 강우, 일사, 바람 등의 기후조건이 생육기간 전반에 걸쳐 영향을 미치므로(Seo, 2003) 재배환경이 그 해의 풍흉을 결정하는 경우가 많다(Oh *et al.*, 2004).

기후요소 중 바람은 대기층의 기압차에 따라 생기는 공기의 지표면에 대한 상대적 움직임을 말하며, 주로 $1.1 \sim 1.7 \text{m.s}^{-1}$ 이하의 연풍은 대체로 증산 및 양분흡수를 촉진시키며 광합성을 촉진시키고, 규산 등의 흡수가 많아짐으로써 작물군락 내의 과습상태가 경감되어 병해가 감소하는 것으로 알려져 있다. 그러나 풍속이 강하고 공기가 건조하면 증산이 과도하게 증가하여 식물체가 건조해지며, 기공이 닫혀 이산화탄소의 흡수가 저해되므로 결과적으로 광합성이 감퇴한다(Chae *et al.*, 2006). 또한 식물조직의 구조적 장애를 일으켜 낙과와 낙엽, 가지의 절상을 가져오기도 한다(Schffer and Andersen, 1994).

따라서 본 연구는 사과 ‘후지’를 대상으로 생육기의 바람이 광합성의 일변화에 미치는 영향과 잎의 특성 변화를 구명하여, 바람에 의한 피해경감기술을 확립하기 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료 및 통계분석

전북대학교 내에 위치한 과수 실험포장에서 용기(D:610cm * H:630cm)에 상토(뚝심 이, 농우바이오)와 마사토가 3 : 1로 혼합된 용토에 재식된 2년생 사과 ‘후지’/M26을 실험재료로 사용하였다. 모든 측정값의 통계분석은 통계패키지 SAS(ver 8.1)로 유의수준 5%에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

2.2. 바람 처리

같은 방향으로 송풍시킨 처리(한방향 송풍처리)과 양방향에서 송풍시켜 인위적으로 와류가 생기게 하여 자연상태와 유사한 바람특성을 갖는 처리(와류송풍처리)로 나누어 처리하였으며, 송풍은 대형선풍기(SF-360, Golden tech Inc. Korea)를 사용하였다. 시험수와 대형선풍기간에 2m씩 거리를 두었으며, 한방향 송풍처리는 대형선풍기를 이용하여 바람의 세기를 $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 와 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 조절하였다. 와류송풍처리는 대형선풍기를 시험수와 45° 각도의 양측면에 각 1대씩, 총 2대를 배치한 후 와류현상이 발생하도록 하였다. 송풍시간은 7시 30분부터 17시까지 송풍하였으며, 자연상태를 대조구로 하여 광합성과 잎의 특성 변화를 비교하였다.

2.3. 광합성 조사

광합성속도(photosynthetic rate), 증산속도(transpiration rate), 기공전도도(stomatal conductance), 광도(PAR)는 휴대용 광합성측정장치(LC pro+, ADC Bioscientific Ltd., England)를 이용하여 오전 8시부터 오후 5시까지 한 시간 단위로 처리구당 5반복으로 측정하였다. 바람 세기는 휴대용 풍속계(testo-410-1, TestoAG., Germany)를 이용하여 측정하였다.

2.4. 잎의 세포학적 특성 조사

잎의 갈변은 육안으로 관찰하였고, 잎의 조직학적 특성은 갈변이 시작되기 직전의 잎과 갈변된 잎 그리고 송풍처리를 하지 않은 정상잎을 광학현미경(BHC, Olympus Co. Ltd., Japan)으로 400배로 검경하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 광합성 특성

시간대별 광합성속도는 9시부터 11시사이의 시간에 높은 경향을 보였으며, 송풍처리에 의하여 광합성속도가 감소하였으며 바람의 세기가 강해질수록 감소폭이 컸다. 같은 바람세기인 $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서는 한방향 송풍처리보다 와류송풍처리가 광합성속도의 감소폭이 작았다. 특히 12시 이후 낮 기온이 상승하였을 때에는 무처리와 같은 경향을 나타내었다(Fig. 1). 바람의 세기가 강했던 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 광합성속도가 가장 낮았다. 이와 같은 결과는 증산과 광합성작용을 촉진하는 연풍일지라도 지속적으로 송풍처리 시간이 누적되면 광합성속도가 감소하고, 강풍에서는 감소폭이 더 크다는 Choi(2011)의 보고와 유사하였다.

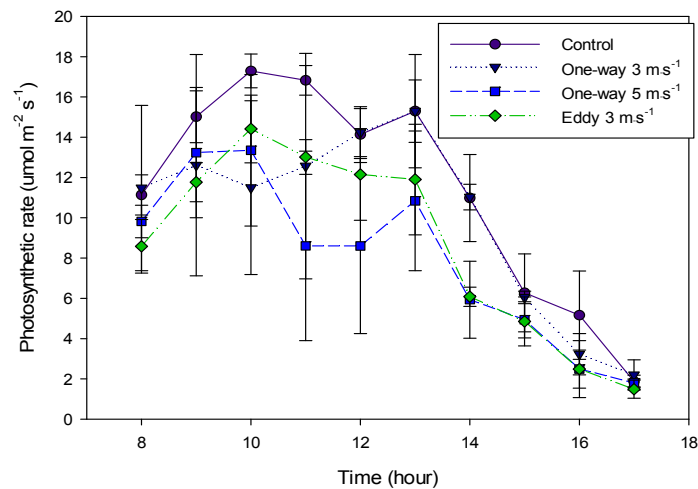


Fig. 1. Effect of wind velocity on photosynthetic rate of 'Fuji'/M26 apple trees.

증산속도는 대기온도가 높아지는 오후 1시까지 높아지다가 낮아지는 경향이었고, $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 한방향 송풍처리와 와류송풍처리에서 12시 근처의 증산량이 높아 연풍의 효과가 가장 잘 나타났다. $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 한방향 송풍처리에서 송풍 초기인 10시 이전에는 높았으나 11시 이후에는 현저하게 낮아 강풍에 의하여 공변세포의 탈수 또는 조직괴사로 증산량이 낮아짐을 알 수 있다(Fig. 2).

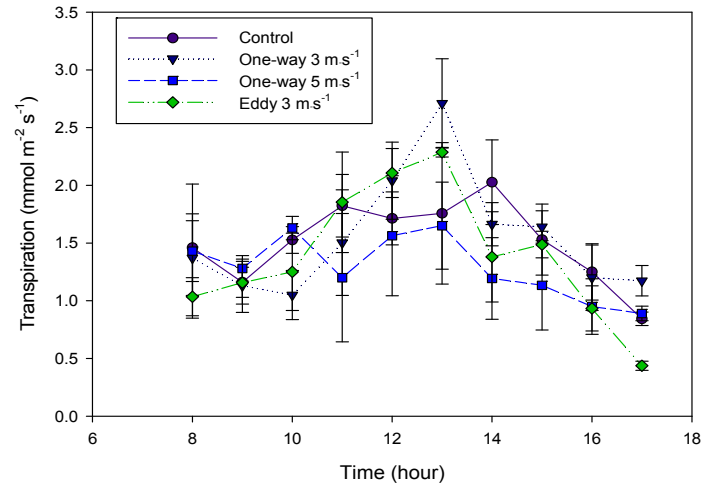


Fig. 2. Effect of wind velocity on transpiration of 'Fuji'/M26 apple trees.

기공전도도와 광합성속도와의 상관관계를 분석한 결과 정의상관을 나타내었으며, 광합성속도 그리고 증산속도의 증감은 기공전도도의 증감과 비슷한 반응양상을 보이고 직선적으로 고도의 유의성이 인정된다는 Lee(1999)의 결과와도 유사하였다(Fig. 3).

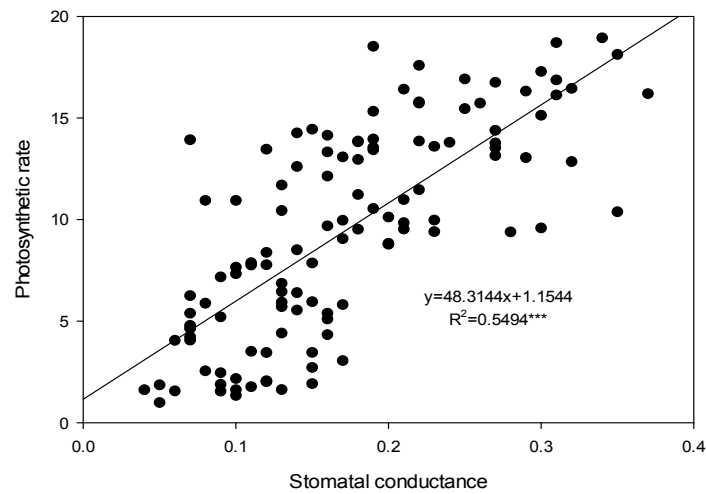


Fig. 3. Relationship of photosynthetic rate and stomatal conductance in response to wind velocity in 'Fuji'/M26 apple tree.

3.2. 잎의 특성

송풍시간 경과에 따라 잎의 갈변증상이 나타나는데 열령과 바람세기 그리고 송풍시

간에 따라 그 정도는 다르게 나타났다. 엽령이 어릴수록 바람의 세기가 강할수록 송풍 시간이 길어질수록 갈변정도는 심하였다(Fig. 4)

무처리의 정상 잎은 울타리조직과 해면조직의 형태가 선명하였으나(Fig. 5), 갈변이 시작되는 초기에는 엽육세포의 조직형태는 유지하고 있었으나(Fig. 5B), 송풍시간이 길게 경과되면 울타리조직과 해면조직 모두에서 괴사현상이 나타나(Fig. 4C) 연풍이라도 송풍시간에 길어지면 탈수에 의하여 세포괴사가 발생할 수 있음을 알 수 있다.



Fig. 4. Normal leaves and damaged leaves by continued wind in 'Fuji'/M26 apple trees.



Fig. 5. Histological characteristics of normal leaves and damaged leaves by continued wind in 'Fuji'/M26 apple trees(A: normal leaves, B: early damaged leaves, C: later damaged leaves).

육안에 의한 갈변은 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 와류송풍처리에서는 3시간 이후부터 관찰할 수 있었고, $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 한방향송풍처리와 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 와류송풍처리에서는 5시간 이후에 관찰되었다(Fig. 6). 이상의 결과는 잎의 갈변 또는 과열 등과 같은 2차적 피해는 바람이 강할수록, 경과시간이 길어짐에 따라 갈변정도가 심화되었다는 Choi(2011)의 보고와 유사하였다.

광합성 결과와 잎의 갈변현상을 미루어봤을 때 바람의 세기가 강해질수록 초기에는 기공이 폐쇄되어 CO_2 의 교환이 감소하기 때문에 기공전도도와 광합성속도와 감소하고

(Choi *et al.*, 2009), 바람이 지속되었을 때는 엽육조직이 괴사하여 갈변됨을 알 수 있다.

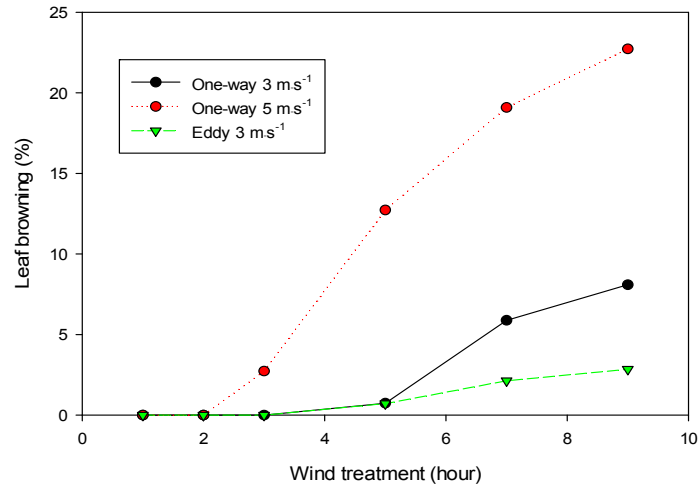


Fig. 6. Leaf browning rate by continued wind in 'Fuji'/M26 apple trees.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:PJ008224, 기후변화 대응 과수 안전재배 지대 설정 연구)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

인용문헌

- Chae, J. C., S. J. Park, B. H. Kang, and S. H. Kim, 2006: *Principles of crop cultivation*. Hyangmunsa Press, Seoul, Korea.
- Choi, Y. M., 2011. *Effects of wind velocity and temperature on photosynthesis and stomatal behaviour of apple and pear*. Jeonbuk Univ., Jeonju, Korea.
- Lee, C. Y., 1999. Effects of stomatal conductance and photosynthesis by temporary changed light in the soybean. *J. Agri. Tech.* 3:43~48.
- Oh, S. D., J. M. Park, and D. G. Choi. 2004. Tree growth. p. 192-255. In: S.D. Oh (Ed.). *Fruit tree physiology in relation to temperature*. Gilmogm Press, Seoul, Korea.
- Schaffer, B. and P. C. Andersem. 1994. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. CRC Press. 25. 117-118, 211.
- Seo, H. H. 2003. Site selection criteria for the production of high quality apples based on agroclimatology in Korea. Ph. D. thesis. Kyung Hee Univ., Suwon, Korea.