

휴면기 사과나무 주간 피복방법과 바람이 미기상과 발아에 미치는 영향

최영민¹, 임지혜², 김상백¹, 진재홍¹, 이은규², 정혜민¹, 한점화², 최동근^{1*}

¹전북대학교 원예학과, ²국립원예특작과학원

Effect of Trunk Covering and Wind on Microclimate and Budding in Apple Trees

Y. M. Choi¹, J. H. Yim², S. B. Kim¹, J. H. Jin¹, E. G. Lee², H. M. Jung¹, J. H. Han², and D. G. Choi^{1*}

¹Department of Horticulture, Chonbuk National University

²National Institute of Horticultural & Herbal Science

I. 서 언

과수의 동해 경감 대책은 과수재배가 시작된 후부터 지속적으로 추구해온 연구 대상이며, 크게 수동적인 방법과 능동적인 방법으로 구분할 수 있다. 수동적인 방법에는 개원이전에 고려해야 될 사항으로 지역이나 지형적인 선택이 최우선되어야하고(Oh *et al.*, 2004), 경사지 재배(Krezdorn and Martsolf, 1984; Ballard and proebsting, 1978), 방풍벽 설치(Martsolf *et al.*, 1986), 피복작물의 유무(Turrell, 1973; Rieger, 1989), 토양 특성(Georg, 1979) 등 재식양식과 토양관리 방법 등이 이에 속한다. 능동적인 방법에는 가열(Martsolf, 1979), 관수(Rolfs, 1913; Rieger, 1989; Georg, 1979), 송풍(Reese and Gerber, 1969), 피복(Gattoni, 1970; Maki, 1977) 등의 방법이 있다.

이 중 주간부(trunk) 피복은 복사열 손실 방지와 차가운 냉기류를 막기 위해 오래전부터 사용해온 방법으로 가마니로 찬바람을 막아 동해를 방지하거나(Gattoni, 1970), 차광망(Maki, 1977), aluminum foil(Martsolf and Gerber, 1969), 유리섬유, 스티로폼, 폴리에틸렌(Jackson *et al.*, 1983) 등이 이용되기도 한다. 또한 햇빛에 의해 주간부의 온도 편차가 커지는 것을 방지하기 위해 백도제(white latex paint)를 바르거나(Eggert, 1944; Jensen *et al.*, 1970; Martsolf *et al.*, 1975) 보호재로 피복(Jensen *et al.*, 1970; Savage, 1970)하기도 한다.

본 연구는 휴면기의 사과나무 주간부에 동해 예방을 위한 처리를 하고, 인위적으로 송풍을 하여, 바람이 있을 때와 없을 때의 수액이동과 발아특성을 구명하여 휴면기 동해피해 경감을 위한 대책을 수립할 수 있는 자료로 활용하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

* Correspondence to : choidg61@jbnu.ac.kr

2.1. 실험재료

실험재료는 장수군 장수읍 소재 사과농가의 2년생 ‘후지’/M9 중 수세가 균일한 나무를 시험수로 선정하였다.

2.2. 피복 및 바람 처리

선정된 시험수는 내재휴면이 완료되었다고 여겨지는 2월 하순경 피복방법과 송풍처리 여부에 따라 대조구/무송풍, 대조구/송풍, 백도제/무송풍, 백도제/송풍, 신문지/무송풍, 신문지/송풍, 벚짚/무송풍, 벚짚/송풍, 보온재/무송풍, 보온재/송풍, 총 10가지 처리로 구분하였으며, 모든 송풍처리는 대형선풍기(SF-360, Golden tech Inc., Korea)를 이용하여 $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 풍속으로 10시부터 17시까지 7시간/일 단위로 발아기까지 처리하였다.

Table 1. Heat-conservation methods, wind status, and abbreviation of experimental group

Heat-insulation materials and wind treatment										
Heat-insulation	Control		White paint		Newspaper		Rice straw		Foam insulation	
Wind treatment	Non	Wind	Non	Wind	Non	Wind	Non	Wind	Non	Wind
Abbreviation	CN	CW	WN	WW	NN	NW	RN	RW	FN	FW

2.3. 발아기 및 수액이동 조사

발아율과 발아기의 판정은 농촌진흥청 표준연구조사분석기준안(2013)에 준하여 조사하였다. 수체 내 수액흐름 특성을 측정하기 위해 수액흐름측정센서(Flow32, Dynamax, Inc., USA)는 직경이 12~16mm인 주간부를 sandpaper를 이용하여 표면을 매끄럽게 하고 센서 내부와 설치 부위에 oil을 도포한 후 센서를 수체 표피에 완전히 밀착시켰다. 센서의 상·하부 틈을 고무찰흙으로 막고 단열재로 마감하였고, aluminium foil 등으로 센서의 전체 부분을 감싸 내부에서의 누출되는 열과 태양으로부터의 열을 차단하였다. 센서에서 수체 표면에 가해지는 전압은 4volt로 고정하였고 익일 오전 4~6시까지의 ksh value를 평균하여 보정하였으며, 이후의 측정값은 데이터로거(CR1000, Campbell scientific, USA)에 20분 단위로 수집하여 나타내었다.

2.4. 수체 표면온도 조사

수체 표면의 온도는 열화상카메라(testo 882, TestoAG, Germany)를 이용하여 측정하였고 IRsoft로 온도를 보정하여 표현하였다.

III. 결과 및 고찰

보온자재별 내부 온도변화는 Fig. 1과 같이 동일 기간 동안의 평균온도는 대조구 9.0°C, 신문지 8.8°C, 볏짚 9.3°C, 발포단열재 8.9°C로 볏짚이 대조구보다 0.3°C 컸던 것을 제외하고는 신문지와 발포단열재의 경우는 낮았으며, 평균온도를 보았을 때 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 신문지의 경우에는 비가 오거나 습한 다음날에는 대조구와 다른 피복자재들 보다 최대 5°C 이상 낮게 나타났는데, 이는 습기를 빨아들인 신문지가 얼면서 나타나는 현상으로 생각된다. 형성층의 온도는 남쪽이 북쪽보다 25°C (Harvey, 1923), 겨울철 청명한 날은 대기보다 15°C까지도 높고(Jensen *et al.*, 1970), 핵과류의 경우 주간 남쪽의 동해가 나무의 수명을 단축시키는 큰 요인이 된다는 보고(Savage, 1970)와 같이 지체부에 여러 가지 재료를 피복하는 목적은 보온의 목적보다는 오전부터 햇빛을 받는 부위와 그늘이 생기는 부위의 온도편차를 줄임으로써 동해를 방지하는데 그 목적이 있다는 것을 의미한다.

습도의 경우에는 피복자재별로 기상과 관련하여 큰 차이를 나타내었다. 대조구는 주간에 낮아지고 야간에 올라가는 전형적인 곡선을 나타냈으며, 발포단열재 역시 대조구와 같은 경향이였다. 반면 볏짚과 신문지는 비가 온 다음날에도 습도가 포화상태가 유지 되었으며, 맑은 날에는 대조구나 발포단열재와 같이 주간에 낮아지고 야간에 높아지는 경향을 나타내었으나 주야간 변화의 폭은 상대적으로 낮았다(Fig. 2).

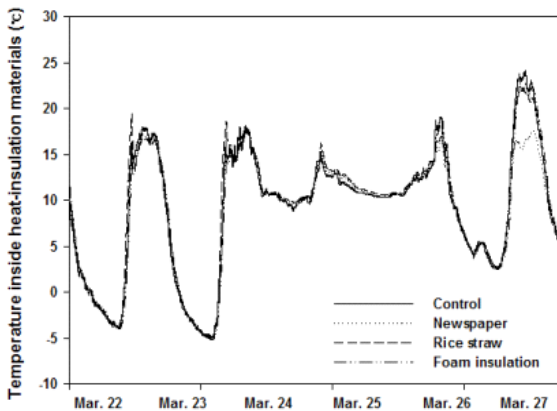


Fig. 1. 피복자재별 내부 온도 변화.

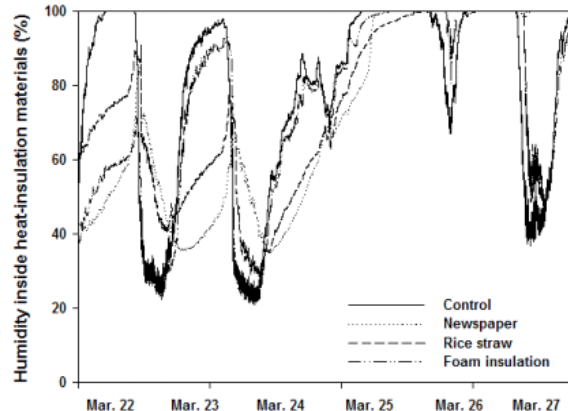


Fig. 2. 피복자재별 내부 습도 변화.

송풍처리구와 무처리구의 대기 온습도 변화는 Fig. 3, 4와 같다. 온도의 경우 송풍처리구는 5.6°C, 무처리구는 5.5°C, 습도의 경우 각각 69.6%와 71.2%로 송풍처리에 따라 큰 차이를 보이지는 않았다(Fig. 3). 특히 송풍처리가 주간 10시부터 17시까지 처리되어 습도가 급격히 올라가는 야간의 변화를 일으키지 않아 Fig. 4와 같은 결과로 나타났다.

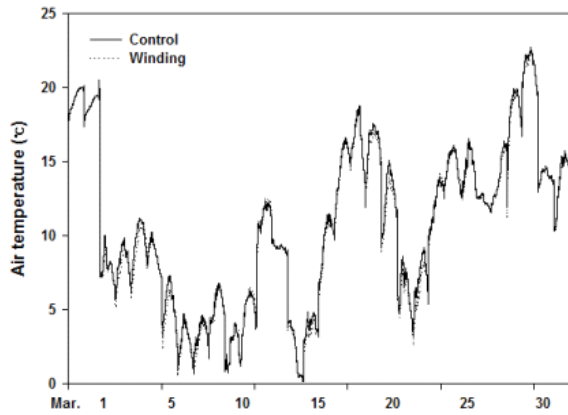


Fig. 3. 송풍처리구와 무처리구의 온도변화.

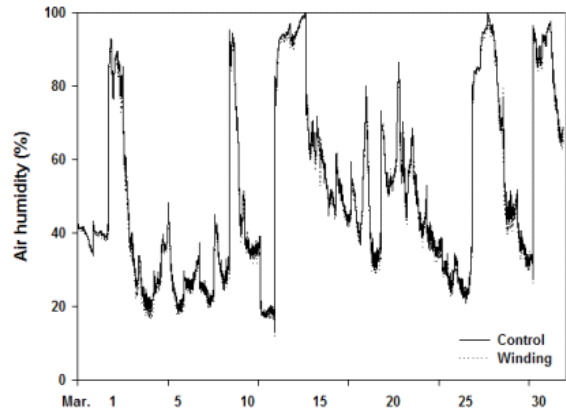


Fig. 4. 송풍처리구와 무처리구의 습도 변화.

피복을 하지 않은 대조구와 백도제의 송풍여부에 따른 수체 표면온도는 Fig. 5와 같다. 송풍 처리구는 무송풍 처리구보다 평균적으로 약 1~2°C 낮았으며, 백도제 처리구는 대조구보다 2~3°C 이상 낮아졌다. Fig. 6은 햇빛을 받는 양광면과 반대편의 음광면을 열화상카메라로 촬영(Fig. 7)하여 각지점의 표면온도를 평균한 데이터이다. 볏짚, 신문지, 발포단열재의 경우 피복한 부분의 표면온도를 측정할 값으로 실제 수체의 표면온도가 아니나, 발포단열재의 경우 양광면과 음광면의 온도 차이가 1.8°C로 볏짚 5.6°C, 신문지 5.0°C 보다 열전도율은 낮은 것으로 나타났다. 피복을 하지 않은 대조구와 백도제 처리구를 비교했을 때, 대조구의 양광면 표면온도는 15.9°C, 백도제 11.1°C로 4°C 이상 차이를 보였고 양광면과 음광면의 온도차이도 각각 5.1°C와 1.6°C로 백도제 처리구가 양광면과 음광면의 온도차이를 줄이는데 효과적인 것으로 나타났다.

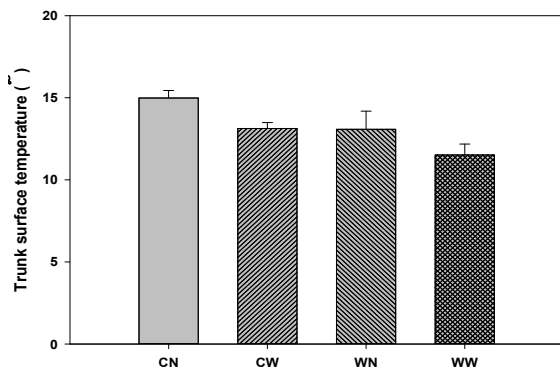


Fig. 5. 대조구와 백도제의 송풍여부에 따른 수체 표면온도 차이.

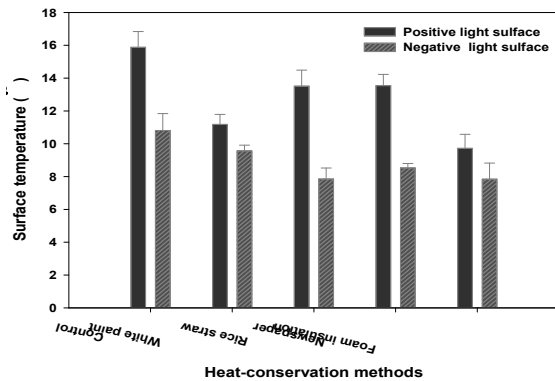


Fig. 6. 피복자재별 양광면과 음광면 피복자재의 표면온도 변화(청명일).

형성층의 남쪽과 북쪽의 온도가 최대 25°C 차이를 보이고(Harvey, 1923) 핵과류는 주간 남

쪽의 동해가 나무의 수명을 단축시키는 요인이 된다는 보고(Savage, 1970)와 같이 백도제 경우 무처리보다 온도편차를 줄이는데 효율적으로 보여지며, 다른 피복재의 경우도 피복된 내부 수체표면 온도의 측정 등 추가적인 연구가 필요하다.

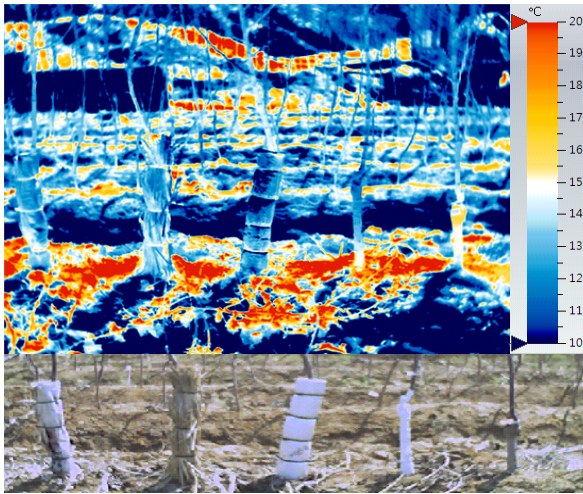


Fig. 7. 피복자재별 표면온도(A, 열화상 이미지; B, 실화상).

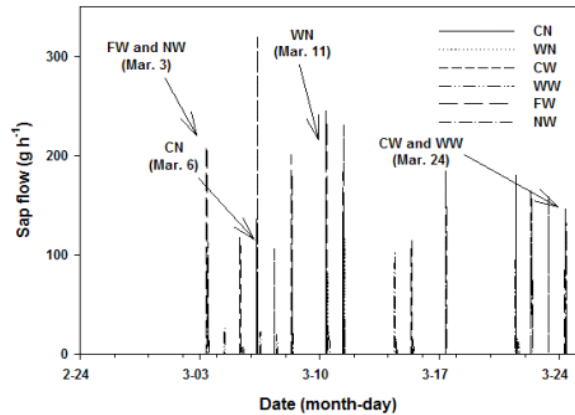


Fig. 8. 휴면기 피복방법과 송풍처리에 따른 사과 ‘후지’/M9의 수액이동시점 변화.

피복자재와 송풍처리에 따라 사과 ‘후지’/M9의 수액흐름에 대해 보고자 sap-flow를 설치하였으며, 센서 숫자의 부족으로 대조구/송풍, 무송풍, 백도제/송풍/무송풍, 신문지/송풍, 발포단열재/송풍, 총 여섯 개의 처리구에 센서를 설치하였다. 수액흐름이 가장 빠른 것은 발포단열재/송풍 처리구와 신문지/송풍 처리구로 대조구보다 21일 빨랐다. 백도제/송풍 처리구도 대조구/송풍 처리구와 같아 발포단열재와 신문지의 피복 또는 보온이 효과적인 것으로 나타났다. 또한 송풍처리 여부에 따라 대조구/무송풍 처리구와 대조구/송풍 처리구는 18일, 백도제/무송풍 처리구와 백도제/송풍 처리구는 13일로 누적된 송풍처리에 따라 수액흐름의 개시가 지연되는 것으로 나타났으며, 송풍처리를 하지 않은 대조구와 백도제의 경우 대조구가 약 5일 정도 빨라(Fig. 8), 실제 백도제의 경우는 보온효과보다는 양광면과 음광면의 온도편차를 줄임으로써 동해를 예방하는 효과가 나타는 것으로 생각된다.

피복자재와 송풍처리 여부에 따른 발아기를 관찰한 결과(Fig. 9), 각 피복자재별로 송풍여부에 따라 송풍처리구가 무송풍처리구보다 발아기가 약 1~3일 지연되는 것으로 나타났다. 송풍은 수체의 표면온도를 낮추거나 건조해를 유발할 수 있어 본 실험에서도 이러한 현상에 의해 지연되는 것으로 생각된다. 또한 피복자재별 발아기는 발포단열재가 가장 빨라 보온효과가 가장 뛰어난 것으로 여겨지며, 다음으로 벚짚, 백도제, 신문지, 대조구 순이었다. Fig. 8에서 신문지/송풍 처리구의 수액흐름은 발포단열재와 마찬가지로 가장 빨랐으나 백도제/무송풍 처리구보다 신문지/무송풍 처리구가 늦은 것은 신문지의 경우 습하거나 비가 올 시, 수분의 흡착정도가 강해 거

울철 낮은 온도로 동결되는 것에 기인하는 것으로 생각된다. 발포단열재/무송풍 처리구의 경우 대조구/무송풍 처리구 보다 발아가 10일 빨랐고 벗짚의 경우 7일로, 특정한 목적으로 발아를 촉진시키고자 하는 경우를 제외하고는 동해 예방 목적으로는 백도제 처리가 가장 간편하면서 효과적일 것으로 생각되고, 지체부 동해가 잦은 농가 또는 봄철 극저온이 도래하는 현상이 잦은 농가, 그리고 바람이 많은 농가에서는 비교적 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 신문지 또는 발포단열재 역시 효과적일 수 있으나 발포단열재 경우 피복시점이 재질 또는 두께에 따라 흡지의 발생을 초래할 수 있으므로 추가적인 연구가 필요하다.

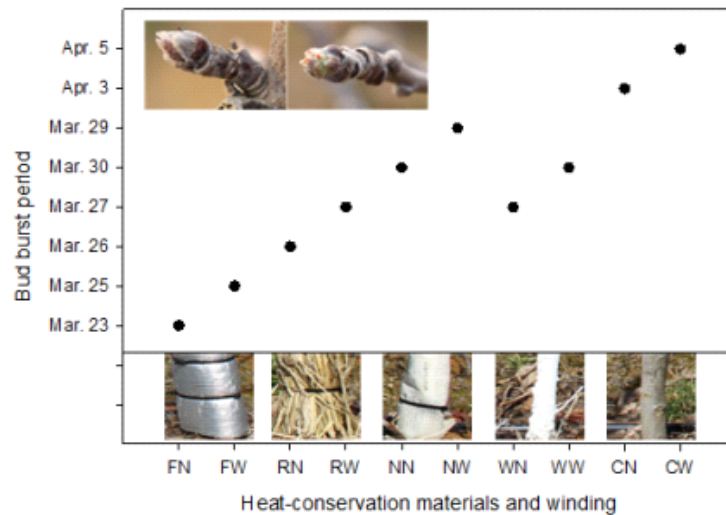


Fig. 9. 휴면기 보온방법과 송풍처리에 따른 사과 ‘후지’/M9의 발아기 차이.

감사의 글

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

인용문헌

- Ballar, J. K., and E. L. Proebsting, 1978: Frost and frost control in Washington orchards. Wash. State Univ. Coop. Ext. Ser. Bull. 634.
- Eggert, R., 1944: Cambium temperatures of peach and apple tree in winter. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* **45**, 33-36.
- Gattoni, 1970: Korea fruit culture. AID report.

- Georg. J. G., 1979: Frost protection by flood irrigation. p.368-370. In: B. J. Barfield and J. F. Gerber (eds). *Modification of the aerial environment of crops*. Amer. Soc. Agr. Eng. St. Joseph. MI.
- Jackson, L. K., D. W. Buchanan, and L. W. Rippetoe, 1983: Comparison of wraps and banks for citrus cold protection. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* **96**, 29-31.
- Jensen, R. E., E. F. Savage, and R. A. Hayden, 1970: The effect of certain environmental factors on cambium temperatures of peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **95**, 286-292.
- Krezdorn, A. H., and J. D. Martsolf, 1984: Review of the effects of cultural practices on freeze hazard. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* **97**, 21-24.
- Maki, T., 1977: Forecasting procedures and technical methods of cold protection in the Japanese citrus industry. *Proc. Intl. Soc. Citriculture* **1**, 92-196.
- Martsolf, J. D. 1979: Heating for frost protection. p.291-314. In: B.J. Barfield and J.F. Gerber (eds). *Modification of the aerial environment of crops*. Amer. Soc. Agr. Eng. St. Joseph. MI.
- Martsolf, J. D., and J. F. Gerber. 1969: Infrared radiation shields for cold protection of young citrus trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **94**, 217-220.
- Martsolf, J. D., C. M. Ritter, and A. H. Hatch. 1975: Effect of white latex paint on temperature of stone fruit tree trunks in winter. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **100**, 122-129.
- Martsolf, J. D., W. J. Wiltbank, H. E. Hannah, R. T. Fernandez, R. A. Bucklin, and A. Datta. 1986: Freeze protection potential of windbreaks. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* **99**, 13-18.
- Oh, S. D., and S. D. Kang. 2004: Frost damage. p. 85-92. In: S.D. Oh (Ed.). *Fruit tree physiology in relation to temperature*. Gilmogm Press, Seoul, Korea.
- Reese, R. L., and J. F. Gerber. 1969: An emperical description of cold protection provided by a wind machine. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **94**, 697-700.
- Rieger, M., 1989: Freeze protection for horticultural crops. *Hort. Rev.* **11**, 45-109.
- Rolfs, P. H., 1913: Culture, fertilization, and frost protection of citrus groves in the gulf states. *USDA Farmer's Bull.* 542.
- Savage, E. F. 1970: Cold injury as related to cultural management and possible protective devices for dormant peach trees. *HortScience* **5**, 425-431.
- Turrell, F. M., 1973: The science and technology of frost protection. p.338-446. In: W. Reuther (ed). *The citrus industry. vol. III*. Univ. of Calif., Berkeley.