

## 수관 피복이 노지재배 ‘부지화’ 감귤나무의 보온과 내한성에 미치는 영향

좌재호<sup>1\*</sup> · 강석범<sup>1</sup> · 문영일<sup>1</sup> · 이해진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤연구소 농업연구관, <sup>2</sup>농촌진흥청 디지털농업추진단 농업연구사

### Effect of Canopy Covering on Thermal Insulation and Freezing Tolerance of ‘Shiranui’ Hybrid Mandarin Cultivated in Field During Winter Season

Jae-Ho Joa<sup>1\*</sup>, Seok-Beom Kang<sup>1</sup>, Young-Eel Moon<sup>1</sup>, and Hae-Jin Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Senior Researcher, Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Jeju 63607, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Department of Digital Agriculture, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

**Abstract.** It were investigated changes in internal and external temperature, relative humidity using tyvek, weedstop, and 35% shading net as covering material to reduce the freezing damage of ‘Shiranui’ hybrid mandarin grown in open field. It were also evaluated canopy covering effect and LT<sub>50</sub> of leaves by covering material when it was cold at -2°C. In tyvek, temperature difference between inside and outside was low at the height of 1.5m and was high at 0.4m. The relative humidity differed greatly between day and night, and was high at 6-8 a.m. At -2°C, Sum of temperature at the height of 1.5m of canopy for 24-hour after covering were at 3.4°C higher in tyvek than in control. The LT<sub>50</sub> of leaves was at 1.51°C in tyvek, 1.33°C in withstop, and 1.61°C in 35% shading net lower than in control. Considering thermal insulation and relative humidity in canopy, tyvek is expected to reduce low temperature damage when covering after making a fine hole for ventilation.

**Additional key words :** covering material, freezing damage, ‘Shiranui’ hybrid mandarin, tyvek

## 서 론

만감류 재배면적은 감귤 재배면적의 20%(3,932ha)을 차지하며 기후변화로 대기온도가 상승하면서 노지재배 면적이 증가하여 669ha에 이르고 있다(JSPCMSA, 2018). 제주지역 30년(1981-2010년) 평년기온을 보면 1월 중순에서 2월 상순 최저기온은 0.2-8.7°C로 낮으며, 이 시기에 저온에 노출되면 감귤나무 가지가 고사하거나 낙엽이 되고, 낙과, 과피 장해가 발생할 수 있다. ‘부지화’(C. hybrid ‘Shiranui’)는 동해 한계온도가 -2°C로 만감류는 일부 품종을 제외하고 수확이 1-3월에 대부분 이루어지기 때문에 1월 중순에서 2월 중순까지 낮은 기온으로 인한 피해가 발생한다(KMA, 2020). 2016년 1월 서귀포의 최저기온은 -6.4°C, 제주시는 -5.8°C를 기록하였으며 이로 인해 노지와 시설재배 감귤 2,068ha에서 동해가 발생하여 수확을 포기한 바 있다(JARES, 2016). 감귤류의 내동성은 과일이 제일 약하고 잎, 가지, 줄기의 순으로 피해가 나

타하는데, 구엽이 낙엽되거나 가지가 말라 죽으며 이듬해 새순과 꽃눈 분화가 잘 안 되어 꽃수가 감소 되고 수세가 약해진다. ‘부지화’ 보다 내한성이 강한 온주밀감의 발아율은 동해 피해가 30%일 때 62%, 50-60%일 때 44%로 감소한다(JAES, 1990). 겨울철 주야간의 온도편차가 심하면 식물은 내한성을 잃으며 온도가 -10°C일 때 세포 내 수분의 90% 이상이 세포 외부로 탈수되어 세포의 원형질분리가 발생한다(Thomashow, 1998). 동해는 세포막을 손상시키며(Roger, 2001), 초본식물의 잎은 동해를 받으면 광합성능력이 떨어진다(Krause 등, 1988). 차 잎은 온도가 -2°C 이하에서 저온 스트레스를 받으며(Lu 등, 2019), Horiuchi 등(2021)은 포도에서 약하게 탈수된 세포는 동해 저항성이 증가한다고 보고하였다. 노지재배 ‘부지화’ 나무가 동해를 받으면 잎은 갈색으로 변하고 부패과가 발생하며 나무는 고사된다(NIHHS, 2020). 노지재배 ‘부지화’ 나무의 동해피해를 줄이기 위해서는 열매숙기를 통한 적정 착과로 가을순의 발생을 적게 하거나 가을전정을 최소화하여 수체 내 저장양분을 유지시켜 작물 자체의 내한성을 강화시키는 것이 1차적으로 필요하다. 2차적으로는 낮은 온도와의 접촉을 최소화하여 과실의 저온피해를 예방하는 것이 요구된다.

\*Corresponding author: choa0313@korea.kr

Received July 12, 2021; Revised October 27, 2021;

Accepted October 28, 2021

대기온도 상승은 생육에 고온을 요구하는 만감류의 노지재배를 증가시켜 생산시설과 난방비에 들어가는 생산비용을 줄이는데 기여할 수 있다(CCRI, 2016). 하지만 겨울철 이상기상에 의한 한파는 과실과 나무에 저온피해를 유발하여 과실의 품질이 떨어지므로 피해를 경감하기 위한 보온 관리는 수확 전 중요한 농작업이다. 키위나무의 월동기 주간부 동해 예방은 은박쿠션(Kwack 등, 2014), 포도는 주간부에 벚짚과 발포우레탄(Park, 2013), 벚짚과 부직포(Lee 등, 2014) 피복시 보온 효과가 높았으며, 복숭아는 주간부에 2겹 방수패드 피복시 보온율과 열저항성이 우수하여(Shin 등, 2016) 동해 발생이 경감된다는 등 관련된 연구 결과는 많지만 노지재배 부지화의 안정된 착과와 생산을 위하여 농가 수준에서 적용할 수 있는 재배기술은 없는 실정이다(Dozier 등, 1992; Lee 등, 2014; Testolin과 Messina, 1987). 타이벡은 고밀도폴리에틸렌(HDPE)으로 만들어진 부직포로 찢어지지 않아 내구성이 높고 물에 젖지 않으며, 기체와 수증기는 이동이 쉽고 물과 같은 액체는 침투가 어려우며, 무게가 가볍다. 위드스톱은 폴리프로필렌으로 물과 공기의 이동이 원활하며, 35% 차광막은 햇

빛을 가리기 위해 검은색 비닐 끈을 엮어서 만든 것으로 공기와 물의 이동이 아주 쉬운 특성을 가진 농업용 자재이다. 본 연구는 ‘부지화’ 나무의 겨울철 저온에 의한 피해를 방지하기 위하여 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 피복하였을 때 수체 내 온도와 습도, 피해 정도를 조사하여 동해 예방을 위한 피복재로 이용가능성을 검토하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험장소 및 피복

시험장소는 제주도 서귀포시 남원읍 하례리 소재 감귤연구소(해발 190m)에서 수행하였다. 시험기간 동안 대기온도는 온화한 경향을 보였다(Fig. 1). 감귤품종은 농암갈색 화산회 토양에 식재된 노지재배 15년생 ‘부지화’를 대상으로 하였다. 재식거리는 주간거리 2m, 열간거리 3m였다. 피복재는 감귤재배에서 많이 사용되며, 사용 후 폐농자재로 매립되는 35% 차광막(Shading net)과 위드스톱(Weedstop; Samrang A.T. Inc., Korea), 토양피복재인 타이벡(Tyvek; Dupont Inc., USA)을 이용하였다. ‘부지화’ 나무 전체를 피복하기 위하여 높이 2m, 수관의 동서와 남북의 길이를 2m로 재단하였으며, 피복 후 고정하기 쉽게 나무주간부에 지피 역할을 하는 고정끈을 달아 주간부에 묶어 고정하였다, 고정 후 바람에 의한 수체 내 과실과 잎의 피해를 방지하기 위하여 상, 중, 하 3곳을 묶었다(Fig. 2). 시험은 노지재배 부지화가 식재된 포장에서 완전 임의배치 처리되었으며, 처리구당 나무 수는 3주였다.

### 2. 피복재 내외부 온도, 상대습도 조사

2019년 11월 7일에서 12일까지 ‘부지화’ 나무 수관 전체에 피복 후 피복재별 내부의 온도와 상대습도를 미기상 측정센서(TSTHI-01, Idle Inc., Korea)로 조사하였다. 피복재 내부의 상단부와 하단부의 온도, 상대습도 변화를 측정하기 위해 지

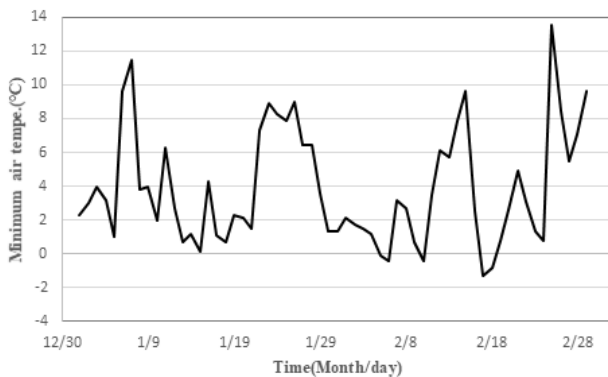


Fig. 1. Changes in air temperature during the experimental period from 1st January to 28th February in 2020.



Fig. 2. Views of covering of ‘Siranui’ hybrid mandarin tree canopy to reduce freezing damage in open field.

표면에서 0.4m 와 1.5m 높이에, 피복하지 않은 나무를 무처리 로 동일 위치에 측정센서를 설치 후 10분 간격으로 데이터를 수집하였다. 기상예보를 활용하여 한파가 발생한 2020년 2월 17일부터 18일까지 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 피복 후 피복재 내부의 0.4m 와 1.5m 높이에 적산 온도를 조사하였다.

### 3. LT<sub>50</sub>분석 및 낙엽률 조사

‘부지화’ 나무잎의 내한성 정도를 평가하기 위하여 한파가 발생한 2020년 2월 17일부터 18일까지 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 피복 후 Dionisio-Sese와 Tobita(1998) 방법으로 전해질 유출을 분석 후 Median lethal temperature(LT<sub>50</sub>)을 분석하였다. 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막, 무처리에서 동일 위치의 깨끗한 잎을 채취하여 증류수로 2회 세척한 후 깨끗한 타월로 잎 표면에 묻은 이물질들을 제거하였다. 50mL 코니칼튜브에 3장씩 넣은 후 저온 항온수조(Maxircu CR-22, Daihan Scientific Co. Ltd.)를 이용하여 4, 0°C에서 각각 1시간씩 처리하였다. 처리한 시료를 꺼낸 후 펀치를 이용하여 잎 1장당 직경 6.5mm의 디스크 5개씩 총 15개를 증류수 15mL 채워진 50mL 코니칼튜브에 넣어 -4, -8, -12°C에서 1시간씩 처리하였다. 저온처리 후 항온배양기(32°C)에서 24시간 진탕 후 상온에서 EC미터(CH330, Mettler toledo Inc., Switzerland)를 이용하여 1차 전기전도도(EC<sub>1</sub>), 121°C에서 20분간 고압멸균 후 2차 전기전도도(EC<sub>2</sub>)를 측정하여  $EL = (EC_1/EC_2) \times 100(\%)$ 으로 전해질 유출량을 계산하였다. 처리 온도와 전해질 유출량을 Gompertz 함수로 회귀분석을 수행하여 잎 시료의 50%에 갈변 등 저온 피해가 발생하는 온도를 계산하였다. 피복재를 피복하기 전과 후에 잎의 황화와 낙엽 정도를 육안으로 조사하였다.

### 4. 통계분석

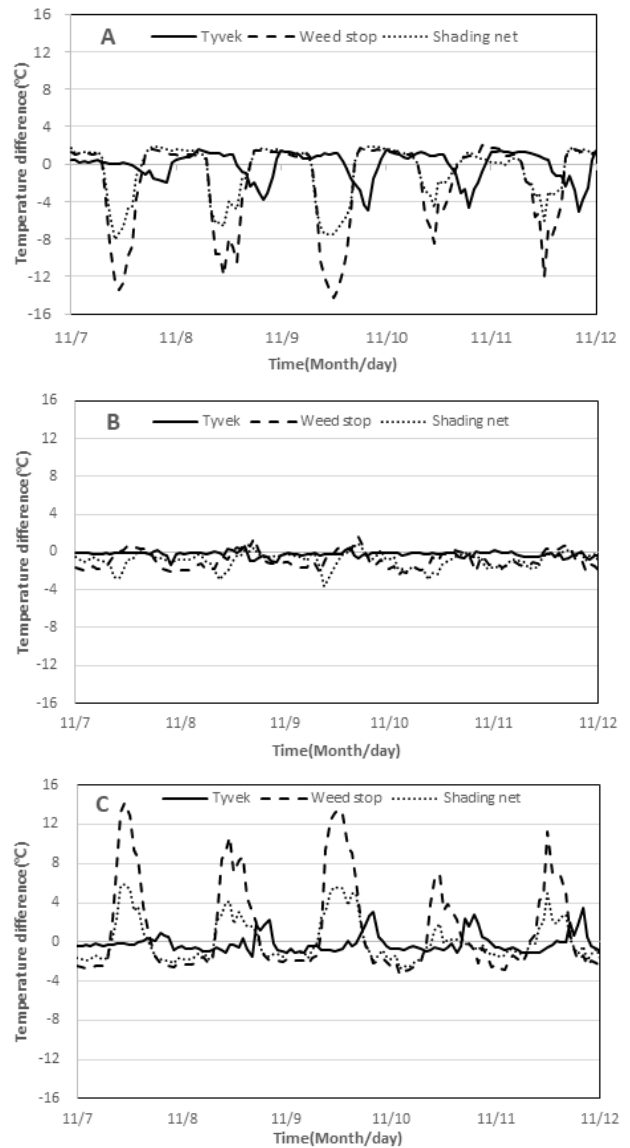
시험은 피복재별 수체 내 온도와 상대습도 변화를 조사하기 위해 완전임의배치법 3반복으로 수행하였다. 실험 결과의 통계분석은 SAS Enterprise 4.3(SAS Institute, Inc., Cary, N.C., USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 각 처리간의 유의성은 던컨 다중검정(Duncan' multiple range test)을 이용해 95% 수준에서 처리구 간에 유의성을 검증하였다. 그래프는 Microsoft excel 프로그램을 이용하여 작성하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 피복재 내부 온도변화

저온 피해를 줄이기 위한 ‘부지화’ 나무의 피복재로서 가능성을 검토하고자 11월 7일부터 12일까지 타이벡, 위드스톱,

35% 차광막을 피복 후 대기온도와 피복재 내 온도변화를 조사하였다(Fig. 3). 피복 후 피복재 내 상부(1.5m), 하부(0.4m) 온도, 외부(대기온도)를 조사한 결과 피복재 상부와 하부의 평균온도 차이는 타이벡(0°C) > 35% 차광막(-0.9°C) > 위드스톱(-2.1°C) 순이었다. 상부(1.5m)와 외부(1.5m)의 온도 차이는 타이벡(-0.2°C) > 위드스톱(-0.9°C), 35% 차광막(-0.9°C) 순이었다. 하부(0.4m)와 외부(0.4m)의 온도 차이는 위드스톱(1.5°C) > 35% 차광막(0.3°C) > 타이벡(-0.2°C)

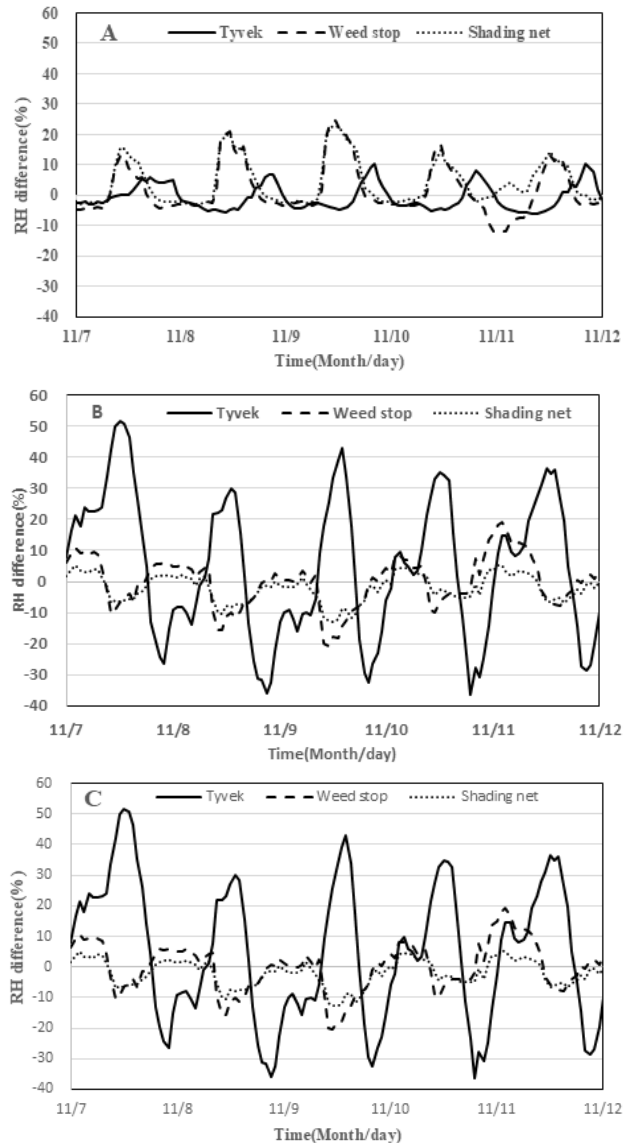


**Fig. 3.** Change in daily mean temperature difference of inside during covering of Shiranui hybrid mandarin tree canopy in open field from 7th to 12th, November in 2019. A: between at 1.5m and at 0.4m above ground; B: between inside and outside at 1.5m above ground; C: between inside and outside at 0.4m above ground.

순이었다. 타이벡 피복은 상하부와 상부와 외부의 온도 차이가 높아 35% 차광막과 위드스톱보다 보온효과가 좋았다. 하지만 하부는 외부보다 위드스톱이 높았으며 타이벡은 낮았다. 이는 피복재의 공극 크기와 밀도 등 물리적인 특성이 외부 공기의 유동에 영향을 준 것으로 보인다. 수분의 침투가 타이벡은 어렵고, 위드스톱은 느리며, 차광막은 빠르게 진행된다. 피복 후 외부 공기의 유동은 피복재 내부의 온도에 영향을 주고 상부보다 하부는 공기의 이동이 느려 온도가 낮을 수 있기 때문이다. 2016년 1월 ‘부지화’ 재배 하우스 내 온도가 -2°C 이하로 내려갔을 때 과실의 동해가 발생하여(CCRI, 2016), 동해 피해를 예방하기 위하여 가온시설을 갖춘 하우스는 시설 내 최저 가온온도를 과원 입지 환경에 따라 0-2°C로 설정하여 관리하도록 권장하고 있다. 노지재배 ‘부지화’에 타이벡 피복 시 피복재 내부의 온도가 높아 동해가 발생하는 온도보다 높아 보온효과를 확인하였다. 피복기간 동안 피복재별 적산 온도는 타이벡은 31.1°C, 위드스톱은 25.0°C, 35% 차광막은 -22.2°C로 피복재의 공극의 차이에 따라 보온의 효과가 다르게 나타나 35% 차광막은 타이벡보다 53.3°C 낮은 것으로 보인다(Table 1).

타이벡은 일반 피복재와 달리 두께가 얇고 열전도율이 높지만 대기중의 공기 유입을 차단하고 단열에 의하여 보온효과가 나타나 노지재배 만감류의 피복재로 활용 시 저온 피해를 줄일 수 있을 것으로 분석되었다. 다만 피복된 수체의 하부에 온도가 낮고 상대습도가 높아 공기의 흐름을 위한 미세한 천공이 필요할 것으로 보이며 냉기류가 정체하는 과원의 경우 효과는 미미할 것으로 판단된다(Fig. 4). 감귤 재배지역이 제주도과 남해안 일부 지역인 이유는 동해 발생 한계온도 이상이기 때문이며(Han과 Gwon, 1993; Kang과 Oh, 2004), 겨울철 주야간의 온도차이가 심하면 빠르게 내한성이 소실되며 원형질 분리와 복귀 반복에 의해 원형질막에 심각한 손상이 초래된다(Thomashow, 1998). 동해는 탈수가 세포가 견딜 수 있는 수준을 초과할 때 발생하여 세포막을 손상 시키며(Roger, 2001), Lu 등(2019)은 차 있는 온도가 -2°C 미만일 때 저온 스트레스가 발생하여 -2°C에서 -15°C로 온도가 낮아지면서 세포의 탈수, 수축, 변형이 나타나고 세포벽, 엽록체, 미토콘드리아에 피해를 준다고 하였다. 노지재배 만감류는 이상한과 등으로 안정생산 저해 가능성이 상존하여 ‘부지화’ 나무

의 피복은 저온 환경에 노출되는 것을 차단하여 원형질막의 손상을 줄이고 동해 피해를 경감시킬 것으로 판단된다. 감귤 농가는 노지 온주밀감의 저온피해 경감을 위하여 과원의 냉기류 유입과 정체를 줄이기 위하여 방상팬을 이용하거나 polypropylene 마대로 수체를 피복하거나 방풍림으로 한풍해를 방지하는 방법을 사용해 왔다(Kang 와 Oh, 2004). 서리가 내리는 과원은 방상팬을 설치하여 이용하고 있는데 방상팬은 유효거리가 6-10m로 짧고 지상 10m와 지면과는 5°C이



**Table 1.** Sum of inside temperature of ‘Shiranui’ hybrid mandarin canopy covered with different covering materials in open field from 7th to 12th, November in 2019.

Treatment	Tyvek	Weedstop	Shading net
Temperature	31.1°C	25.0°C	-22.2°C

**Fig. 4.** Change in mean relative humidity of inside during covering of ‘Shiranui’ hybrid mandarin tree canopy in open field from 7th to 12th, November in 2019. A: between at 1.5m and at 0.4m above ground; B: between inside and outside at 1.5m above ground; C: between inside and outside at 0.4m above ground.

상 온도 차가 발생하여 한파 내습시에 효과가 있으나 시설비와 유지비용이 들고 주변이 밀폐 시 효과는 낮다. 폴리프로필렌 마대는 어린나무에는 효과적이나 성목은 피복재가 많이 들고 피복작업에 노동력이 많이 소요되는 단점이 있다. 폴리프로필렌 마대 피복은 피복재 내부와 대기온 도간에 큰 차이가 없어 보온효과는 크지 않았고, 방상팬은 온도 상승효과가 낮았으며 설치 장치와 거리가 멀수록 효과는 미미하여 비용 대비 효과가 적은 것으로 분석되었다(데이터 제시 없음). 방풍림은 한풍해의 피해를 줄일 수 있으나 주변 감귤나무에 햇빛의 투과량을 줄여 과실품질을 떨어뜨리고 냉기류의 침체를 조장할 우려가 높다. 겨울철 복숭아 주간부에 2겹 방수패드를 피복했을 때는 보온율과 열 저항성이 가장 우수하였으며(Shin 등, 2016), Kwack 등(2014)은 키위나무의 월동기 주간부 동해 예방 피복 자재로서 은박쿠션이 벚짚보다 효과가 좋았다고 하였다. 포도는 벚짚과 발포우레탄을 주간부에 피복(Park, 2013)하거나 벚짚+부직포 피복시  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 저온처리 6시간부터 꽃눈 피해가 발생하여 부직포, 벚짚 단독 피복보다 보온 효과가 높았다(Lee 등, 2014)고 하였다. 감귤은 상록과수로 수고가 2-3m가 되며 수관용적이 넓고 수형이 자연개심형으로 동해 발생 시 과실, 잎, 가지 등 피해 범위가 넓다. 덩굴성 낙엽과수인 포도나 키위는 내한성이 강하지만 주간부를 중심으로 동해가 발생하기 때문에 은박쿠션, 방수패드, 벚짚 등을 이용한 주간부 피복이 필요하다. ‘부지화’ 나무의 한풍해를 방지하기 위해서는 감귤원에 울타리와 구획을 나누는 방풍림을 권장 높이로 조성하고, 나무 수형과 피복작업을 고려하여 주간부보다는 수관 전체를 피복하는 것이 저온 피해를 줄이는데 효과적이라고 판단된다. 매년 감귤 품질 향상과 노동력 절감을 위하여 위드스톱, 타이벡 등 폐농자재 발생이 증가하고 있어 폐기되는 농자재를 노지재배 만감류의 저온 피해 경감을 위한 피복재로 재활용 시 재배농가의 피해를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 피복재 내부 상대습도 변화

타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 피복 후 피복재별 내부와 외부의 평균 상대습도 변화를 조사하였다(Fig. 4). 피복재 상부(1.5m)와 하부(0.4m)의 습도차이는 35% 차광막(4.6%) > 위드스톱 (2.3%) > 타이벡(-2.7%)순으로 타이벡은 하부, 35% 차광막과 위드스톱은 상부에서 높았다. 피복재 상부(1.5m)와 외부(1.5m)와의 습도차이는 타이벡(7.4%) > 위드스톱(4.6%) > 35% 차광막(4.9%)순으로 타이벡 내부의 습도가 높았으며 위드스톱과 35% 차광막은 비슷하였다. 피복재 하부(0.4m)와 외부(0.4m)와의 습도차이는 타이벡(5.7%) > 위드스톱(-0.5%)

> 35% 차광막(-2.3%)으로 타이벡은 내부가 35% 차광막은 외부가 습도가 높았다. 이는 타이벡은 위드스톱과 차광막보다 수분의 이동이 어려운 다공성 재질로 되어 있어 ‘부지화’ 나무에서 증산되는 수분이 외부로 이동하지 못하고 피복재 내부에 머무르기 때문으로 보인다.

겨울철 주간간 일교차에 의하여 습도가 높으면 ‘부지화’ 나무의 하부에 위치한 과실에 결로가 발생하며 수확 전 부패하여 낙과가 발생한다. 타이벡은 상부와 하부의 습도차이가 낮으나 위드스톱과 35% 차광막은 높게 나타났다. 하지만 타이벡은 외부와 비교하였을 때 주간간의 습도차이가 심하게 나타났다. 특히 오전 6시-8시 사이에 높았다(Fig. 4). 피복재 내부에 습도가 높은 것은 피복재 내부와 외부간의 온도차이와 잎을 통한 증산이 이루어지기 때문이다. 수체 내 수분이동은 세포 간의 수분이 유지되는 것을 의미하며 이것은 저온 피해를 경감시키는 효과를 나타낸다고 생각된다. Horiuchi 등(2021)은 겨울철 포도가지에서 수분이 이동하면 약하게 탈수가 된 세포는 내동성이 증가한다고 하였다. 타이벡은 내부의 습기가 외부로 이동하지 못하는 재질로 되어있기 때문에 이슬이 발생하는 하부에 환기를 위하여 미세한 구멍 등의 조치가 필요할 것으로 보인다. 노지재배 ‘부지화’ 의 저온 피해를 막기 위하여 장기간 피복할 경우 수체 내 과습으로 부패과가 발생될 수 있다. 타이벡은 단기간 피복재로 활용하고 습도가 높기 때문에 피복재 내부의 환기를 위하여 미세한 천공을 하여 피복재로 인한 단점을 줄이면 피복의 효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 한파 시 피복재별 적산온도 변화

시험기간 중 2월 17일 한파 시 피복재를 피복 후 온도변화를 조사한 결과는 Table 2에 나타났다. 피복기간 동안 적산온도는 무처리와 비교하여 타이벡은 수관 1.5m 높이에서  $3.4^{\circ}\text{C}$ 가 높았고 0.4m에서  $0.2^{\circ}\text{C}$  낮았다. 위드스톱은 수관 1.5m 높이에서  $2.2^{\circ}\text{C}$ 가 낮았고 0.4m에서  $0.6^{\circ}\text{C}$  높았다. 35% 차광막은 수관 1.5m 높이에서  $5.6^{\circ}\text{C}$ , 0.4m에서  $2.7^{\circ}\text{C}$  낮았다. 위드스톱은 통기가 양호한 반면 타이벡은 수관 하부 지표면에서 통기가 불량하여 피복재 외부 기온과 평형을 이루어 수관 0.4m에서 타이벡 피복처리가 무처리보다 적산온도가 낮은 것으로 보인다. 타이벡 피복은 수관 하부에서 온도가 낮았는데 낮과 밤의 기온 차이가 크면 아침에 수관 내부에 상대습도가 높아 과실에 결로가 발생하기 쉬울 것으로 보인다. 감귤 농가에서는 작과량이 많고 수세가 약한 나무의 한풍해를 줄이기 위해 부직포를 피복하고 있으나 장기간 피복으로 잎이 황화되거나 낙엽되고 피복재 구입 등 생산비 추가 부담으로 사용이 제한

**Table 2.** Sum of temperature of canopy during as affected by covering for reducing ‘Shiranui’ freezing damage in open field from 17th to 18th, February in 2020.

Canopy height (m)	Tyvek	Weedstop	Shading net	Air temperature
	----- (°C) -----			
1.5	17.8	12.2	8.8	14.4
0.4	-2.9	-2.1	-5.4	-2.7

**Table 3.** LT<sub>50</sub>(°C) of ‘Shiranui’ hybrid mandarin leaves as affected by covering materials to prevent freezing damage from 17th to 18th, February in 2020.

Treatment	Control	Tyvek	Weedstop	Shading net
LT <sub>50</sub>	-7.74 ± 0.8 <sup>z</sup> a	-9.25 ± 0.7 b <sup>y</sup>	-9.07 ± 0.9 b	-9.35 ± 0.2 b

<sup>z</sup>Average ± S.D. (n=3)

<sup>y</sup>Different letters indicate significant difference between treatments as determined by Duncan’s new multiple range Test ( $p \leq 0.05$ ).

적인 실정이다. 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 ‘부지화’ 나무에 피복 전과 후를 관찰한 결과 단기간 피복에 의한 과피의 손상과 잎의 황화 증상, 낙엽은 관찰되지 않았다. 피복재 내부의 온도, 수체 영향을 고려할 때 타이벡을 겨울철 이상 한파시 단기간 피복재로 활용하면 감귤나무의 저온 피해를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 한파 시 피복재별 LT<sub>50</sub> 분석

한파가 발생한 2020년 2월 17일부터 18일까지 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 피복 후 처리별 ‘부지화’ 나무 잎의 LT<sub>50</sub>을 분석하였다(Table 3). 무처리 7.74°C보다 타이벡은 1.51°C, 위드스톱은 1.33°C, 35% 차광막은 1.61°C가 낮았으며 피복재별 반복간에 차이는 있으나 피복재 처리는 무처리보다 내한성이 높았다. 시비량, 토양수분 등 동일하게 관리되는 ‘부지화’ 나무의 피복재별 LT<sub>50</sub>의 차이는 차가운 공기의 이동에 영향을 주는 피복재의 재질과 저온에 노출되는 정도에 따른 저장양분의 소모량 차이에 기인한 것으로 생각된다. 무처리는 저온에 노출되면서 과실과 잎의 내한성을 높이기 위하여 저장된 양분의 소모량이 많아지고 바람에 의하여 증산이 촉진되면서 엽온이 낮아졌기 때문으로 생각된다. 피복재별 공기의 유동에 차이가 있지만 피복은 상록과수인 ‘부지화’ 나무가 외부의 저온에 노출되는 것을 차단하여 일교차를 줄이고 수체 내 저장된 양분의 소모량을 적게 하며, 강우 등으로 공급된 토양 수분이 뿌리를 통하여 흡수되고 방풍으로 증산작용이 과다하게 이루어지지 않아 내한성이 강화된 것으로 보인다. Horiuchi 등 (2021)은 낙엽과수인 포도 수체 내에서 수분의 이동은 약하게 탈수가 된 세포의 동해 저항성을 증가시키고, Thomashow(1998)는 주야간의 온도편차가 심하면 내한성이 떨어지고 원형질막의 손상으로 동해가 발생한다고 하였다. 이러한 결과는 피복

으로 ‘부지화’ 나무가 저온 환경에 노출되는 것을 차단하면 단기간 내한성이 높아질 수 있다는 것을 시사한다.

### 적 요

노지재배 ‘부지화’ 나무의 동해를 경감시키기 위해 피복재로 타이벡, 위드스톱, 35% 차광막을 사용하여 피복재 내, 외부 온도와 상대습도 변화를 평가하였다. 한파 시 피복에 따른 보온 정도와 잎의 LT<sub>50</sub>을 조사하였다. 타이벡은 1.5m에서 피복재 내부와 외부의 온도 차이는 낮았고 0.4m에서는 높았다. 상대습도는 주야간 차이가 컸으며 오전 6-8시에 높았다. -2°C일 때 24시간 타이벡 피복은 수관 1.5m에서 무처리보다 적산온도가 3.4°C 높았다. 잎의 LT<sub>50</sub>은 타이벡 1.51°C, 위드스톱 1.33°C, 35% 차광막은 1.61°C로 무처리보다 낮았다. 타이벡의 수관 내 보온효과와 상대습도를 고려할 때 환기를 위한 미세한 천공 후 ‘부지화’ 나무에 피복시 동해 발생을 줄일 수 있을 것으로 보인다.

**추가 주제어 :** 피복재, 동해, ‘부지화’, 타이벡

### 사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구비 지원으로 수행되었음(과제번호: PJ01358102).

### Literature Cited

CCRI 2016. Climate change and jeju agriculture. Research Institute of Climate Change and Agriculture. Jeju, Korea, pp 32-65.

- Dionisio-Sese M.L. and S. Tobita 1998, Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Sci* 135:1-9. doi:10.1016/S0168-9452(98)00025-9
- Dozier W.A., A.W. Caylor, D.G. Himelrick, A.A. Powell, A.J. Latham, J.A. McGuire, J.A. Pitts, and J.A. McGuire 1992, Cold protection of kiwifruit plants with trunk wraps and microspringler irrigation. *HortScience* 27:977-979. doi:10.21273/HORTSCI.27.11.1169d
- Han H.Y., and O.G. Gwon 1993, *Citrus horticulture new book*. Seonjin Munhwasa, Korea, pp 156-167.
- Horiuchi R., K. Arakawa, J. Kasuga, T. Suzuki, and Y. Jitsuyama 2021, Freezing resistance and behavior of winter buds and canes of wine grapes cultivated in northern japan. *Cryobiology* 101:44-51. doi:10.1016/j.cryobiol.2021.06.004
- JAES 1990, Annual report 1991. National Jeju Agricultural Experiment Station. Jeju, Korea, pp 100-105.
- JARES 2016, Crop freeze damage report. Jeju Agricultural Research & Extension Services. Jeju, Korea, pp 86-98.
- JSPCMSA 2018, Annual report 2017. Jeju Special Self-Governing Province Citrus Marketing & Shipping Association. Jeju, Korea, pp 83-89.
- Kang S.M., and S.D. Oh 2004, Freezing Injury, in: Oh, S.D. and S.M. Kang (Eds), *Fruit tree physiology in relation to temperature*. Gilmogeum, Seoul, Korea, pp 28-92.
- KMA 2020, Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea.
- Krause G.H., S. Grafflage, S. Rumich-Bayer, and S. Somersalo 1988, Effects of freezing on plant mesophyll cells. *Symp Soc Exp Biol* 42:311-327.
- Kwack Y.B., H.L Kim, S.C. Kim, M.J. Kim, and Y.B. Lee 2014, The influence of insulation wraps on the temperature change of kiwifruit trunk surface during winter. *Korean J Environ Agric* 33:403-408. (in Korean) doi:10.5338/KJEA.2014.33.4.403
- Lee S.H., S.K. Kim, S.D. Kim, J.W. Lee, Y.S. Lee, E.Y. Hong, S.H. Chun, and I.C. Son 2014, Effect of covering protection materials and electrical heating element on floral bud damage of young grapevines. *Korean J Int Agric* 26:181-186. (in Korean) doi:10.12719/KSIA.2014.26.2.181
- Lu Y., Y. Hu, R.L. Snyder, and E.R. Kent 2019, Tea leaf's microstructure and ultrastructure response to low temperature in indicating critical damage temperature. *Inf Process Agric* 6:247-254. doi:10.1016/j.inpa.2018.09.004
- NIHHS 2020, Foundation establishment for preventing freeze damage in citrus under abnormal weather. 2020 annual report. National Institute of Horticultural and Herbal Science, pp 10-21.
- Park J.S. 2013, *Growing process and technology of grapes*. Industry & Academy Collaboration Group for Chungbuk Grapes. Adcastle, Korea, pp 162-169.
- Roger S.P. 2001, Plant freezing and damage. *Ann Bot* 87:417-424. doi:10.1006/anbo.2000.1352
- Shin H.S., S.K. Yun, I.M. Choi, S.J. Kim, I.K. Yun, E.Y. Nam, and J.H. Kwon 2016, Evaluation of thermal insulation properties of covering materials to protect peach trunks against freezing injury. *Protected Hort Plant Fac* 25:288-293. (in Korean) doi:10.12791/ksbec.2016.25.4.288
- Testolin R., and R. Messina 1987, Winter cold tolerance of kiwifruit. A survey after winter frost injury in northern Italy. *New Zeal J Exp Agr* 15:501-504. doi:10.1080/03015521.1987.10425604
- Thomashow M.F. 1998, Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. *Plant physiol* 118:1-8. doi:10.1104/pp.118.1.1