

차밭에 설치된 차광망의 동해경감 효과

황정규 · 김용덕*

(재)하동녹차연구소

(2014년 6월 10일 접수; 2014년 6월 27일 수정; 2014년 6월 30일 수락)

Effect of Shade Net on Reduction of Freezing Damage at a Tea Garden

Jung-Gyu Hwang and Yong-Duck Kim*

Institute of Hadong Green Tea, Seomjingangdae-ro 3748-14, Hwagae-myeon, Hadong-gun, Gyeongsangnam-do 667-804, Korea

(Received June 10, 2014; Revised June 27, 2014; Accepted June 30, 2014)

ABSTRACT

In the result of effect on freezing damage reduction by the shade net colors and the shade rate to tea trees during wintering period, the high shade ratio decreased tea trees growth and increased freezing damage and 55% of shade ratio based on non treatment developed new leafs and green leaf productivity. By the shade net colors, colorless shade net (55% of shade type) treatment and green shade net treatment increased green leaf productivity and decreased damaged area compare to non treatment shade net and black shade net treatment. Colorless net shade treatment reduced over 50% of freezing damage and increased (10a) 68 kg for green leaf productivity compare to non treatment shade net. The colors of shade net treatments for reduction freezing damaged in order of Black < Green < Colorless but reduction of freezing damage was so high. In the relative microclimates, treatment shade nets were 0.7°C lower, average relatively humidity 14.9% higher, soil temperature 0.6°C lower and soil moisture 4.6% higher than non treatment shade net. And treatment shade nets decreased average wind speed 0.7 m/s and it showed us treatment net shades effected to excessive evapotranspiration and soil dry by wind and considered one of good solution for freezing damages.

Key words: Freezing damage, Shade net, Tea tree

I. 서 론

차나무(*Camellia sinensis* L.)는 동백나무과에 속하는 아열대성 상록식물로서 우리나라는 차나무 자생지의 북방한계선과 대륙성 기후대에 위치해 있다. 하지만 우리나라의 동절기에는 최저기온이 -10°C 이하의 혹한이 심해, 차나무 자생지의 북방한계 위도가 다른 나라에 비해 낮아서 북위 36° 이상 지역에서는 인위

적인 시설물을 설치하지 않으면 자연 상태에서는 생육이 어렵다(Lim *et al.*, 2008). 과거에는 집중호우와 폭설, 가뭄, 혹한 등의 악기상 현상이 아주 드물게 발생하였지만, 오늘날에는 전 세계적으로 거의 매년 반복적으로 발생하고 있으며, 일상적으로 경험하기 어려웠던 날씨가 출현하는 기상이변이 잦아지고 있다. 2011년에 -10°C 이하의 저온이 10일 이상 경과되어 녹차 수확시기가 10일 이상 지연되거나 수확량이



* Corresponding Author : Yong-Duck Kim
(kyduck21@hgreent.or.kr)

50% 이상 감소하여 안정적인 녹차생산에 어려움을 겪었다. 전국적인 피해현황을 보면, 경남 하동군은 2,013농가의 86.8%인 1,748 농가가 피해를 입었으며, 전체 면적으로는 하동군 녹차생산면적 1,010ha 중 947ha(93.8%)에서 피해가 나타났다. 전남 보성군의 녹차 재배지역 역시 2,594농가 1,894ha 중 70.5%인 1,413농가 1,336ha가 피해를 입었으며, 녹차의 안전재배 지대로 분류되는 제주도에서도 전체 녹차 재배면적 343ha 중 10%에 해당하는 34ha가 피해를 입었다 (Hwang, 2012). 전국 재배면적의 약 73%에서 피해가 발생하였으며 다음해인 2012년까지 녹차생산에 피해를 입혔다. 지역별로는 경남 및 전남은 평지 다원에서 피해가 심하였으며, 경사지는 부분적으로 피해가 나타났다. 제주지역은 해발 350m 이상 지역에서만 주로 피해가 발생하였다.

동해는 겨울철 최저기온이 -10°C 이하에서 60분 이상 지속되면 차나무 가지가 고사하는 등의 피해가 발생하는데 피해를 입게 되는 기상조건은 기온, 습도, 일조, 풍속, 강우량 등에 의해 좌우되며, 피해 정도는 품종, 수령, 수목 활력 등 나무의 내적인 요인과 최저기온, 저온 지속시간 등의 기상적 요인 및 다원의 지형과 토양 및 관리상태 등의 외적인 요인 등에 따라 피해 정도가 다르게 나타난다(Kim, 1986). 또한 해마다 차나무에 동해가 발생하지는 않지만 한번 피해가 발생하면 2011년과 같이 전국적으로 피해규모가 크며, 예측하기도 어렵다. 일반적으로 동해를 경감하는 방법으로는 발열재료에 의해 인공적으로 재배지역내의 온도를 높이는 방법과 식물체에 직접적으로 관수를 통해 물을 살수하는 살수빙결법 그리고 방풍망 등으로 한풍을 막는 방법 등이 있다(RDA, 2011). 국내의 겨울철 차나무 관리에 관한 연구로는 서리피해를 경감하기 위한 망사터널, 방풍벽(Song *et al.*, 2007), 방풍막(Kim *et al.*, 2009), 방상팬(Choi *et al.*, 2011) 및 지상 파풍작물 식재 등의 효과구명과 동해 및 서리피해 발생에 관한 기상조건(Hwang *et al.*, 2001; Han *et al.*, 2009) 등의 연구가 보고되었다.

발열재료에 의해 온도를 높이는 방법은 발열장치를 사용하거나 고품연료를 태우는 방법이 있지만 경비가 많이 들며, 발생한 열을 가뉘들 수 없어 다원과 같이 넓고 개방된 지역에서는 이용에 어려움이 있다. 식물체에 직접적으로 물을 살수하여 결빙이 생길 때 물 1g당 80칼로리의 열을 방출하는데 이 열을 잠열이라

하며, 살수빙결법은 이러한 잠열을 이용하는 방법이다. 즉, 식물체에 물을 뿌리면 물이 얼어 식물체를 둘러싸게 되며, 이때 잠열이 나와 잠깐 동안은 0°C 를 유지하며 그 이하로는 떨어지지 않는다(Lee, 2004). 잠열이 없어지기 전에 물을 다시 살수하게 되면 새로운 잠열이 나와 0°C 를 유지하게 되지만, 다원내 스프링클러와 같은 살수장치의 설치와 지하수 관정 개발에 소요되는 비용이 발생한다. 제주도를 제외한 내륙지역은 겨울철 0°C 이하로 내려가는 기간이 길어서 살수장치의 동파의 우려도 있다. 월동을 하는데 있어서 저온에 대한 반응은 품종, 식물체의 부위와 조직내의 성숙도에 따라 다르게 나타난다(Davis *et al.*, 1955). 겨울철 기온이 -10°C 이하로 내려가는 지역은 동해를 받기 쉬워 가을에 방풍벽 또는 방풍막을 설치하거나 벚짚 등으로 피복해 주기도 한다 (Winkler *et al.*, 1974). 냉기류가 정체되거나 유입되는 지역에서는 방풍벽과 방풍막을 냉기류의 유입 통로에 설치하여 유입을 차단하거나 우회시킨다(Seginer, 1975; Yum *et al.*, 2011). 피복을 활용한 방법은 대부분 빛이 강한 하절기나 여름철에 가루차 생산을 위해 일부 차밭에서 차광재배에 사용되기도 한다. 피복법은 직접적으로 차나무와 냉기가 마주치는 것을 차단하는 방법으로 피복재료와 피복방법에 따라 효과가 다르다. 피복재료 중 차광망은 농작물을 재배할 때 식물체에 과도하게 많은 빛이 가해지는 것을 막고 생육에 알맞도록 투광량과 온도를 조절하기 위해 설치한다(An *et al.*, 2009). 이와 같은 차광망의 효과에 대해서는 일부 차나무를 대상으로 연구가 수행되었지만, 지속적인 이상저온과 겨울철 가뭄에 따른 동해경감 및 피해 후 수세회복에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 매년 1월과 2월에 걸쳐 -10°C 이하 저온의 지속으로 차나무 동해가 예상되는 농가를 대상으로 기존 시설물 대비 가격이 저렴하고 설치 및 철거가 비교적 용의하며, 투광량을 조절할 수 있는 폴리에틸렌(PE) 차광망을 이용하여 동해에 대한 대응방법과 동해 경감기술을 개발하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 실험장소

본 실험은 차나무 재배포장에서 이상저온현상에 의



Fig. 1. The geographic location of the study site.

한 동해경감 효과를 알아보기와 다음과 같은 장소에 실험구를 조성하였다. 실험 장소는 경남 사천시 곤명면 금성리 (주)다자연 재배포장으로 2011년 하동과 더불어 가장 많은 동해가 나타난 지역이다.

실험장소 주위에는 차나무 이외 별다른 지상물이 없어 북쪽 냉기의 유입이 용이하고 하천 재방이 분지와 같은 역할을 하여 냉기의 정체가 심한 지형을 가지고 있다. 실험포장 차나무는 8개 품종이 식재되어 있는 대규모 기계화 다원으로 실험구의 크기는 처리구당 길이와 폭은 각각 1,000cm와 150cm이며 3반복 임의배치 하였다.

2.2. 공시식물 및 차광처리

차나무 품종 중 내한성이 강하고 만생종인 Fushun 품종을 공시하였다. 차광 처리구는 동일 포장에서 전일 동안 태양광을 수광하는 무차광 처리구를 대조구 (이하 무처리구)로 시중에서 판매되는 차광율 55%, 75%, 95% 검정색 PE차광망을 이용하여 4개의 실험구를 배치하였다. 차나무 수관 상단에 직접 차광망을 피복한 후 고정핀으로 바람에 의해 들뜨는 것을 방지 하였다. 실험기간은 1차로 2012년 1월 1일부터 2012년 2월 29일까지 처리구별 차광처리를 하였으며, 2차로 2013년 1월 1일부터 2013년 2월 28일까지 차나무 월동기간의 동해를 줄일 수 있는 최적의 조건을 제시하기 위해서 3가지 차광율(55%, 75%, 95%)과 3가지 색상(검정, 녹색, 투명)을 설치하여 차광율과 차광망 색상에 따른 차나무 성장변화 및 동해경감 효과와 설치비용을 분석하였다.

2.3. 미기상조사

미기상자료를 관측하기 위해서 간이자동기상관측장

치(STL08, STA Corp., Korea)를 차광망내 차나무골하부와 차광망 외부에 각각 설치하여 매 1분마다 측정된 기온, 습도, 풍향, 풍속, 지온, 토양수분, 강우량을 60분 단위로 평균하여 데이터로거에 저장하였다. 온·습도센서(STL-STH, STA Corp., Korea)는 태양열 차광통 내부에 설치하였으며, 측정범위는 각각 $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ 과 $0\sim100\%$ 이고 오차범위는 각각 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 와 $\pm 2.0\%$ 이다. 풍향·속센서(STL-05103, STA Corp., Korea)의 측정범위는 각각 $0\sim360^{\circ}$ 와 $0\sim50\text{m/s}$ 이며 오차범위는 각각 $\pm 5^{\circ}$ 와 $\pm 0.5\text{m/s}$ 이내이다. 지온과 토양수분을 측정하기 위해 지온센서(STL-Stemp, STA Corp., Korea)와 토양수분센서(STL-SM5, STA Corp., Korea)를 사용하였으며, 지중에 설치한 센서들은 차나무 생장에 영향을 주지 않는 위치인 지중 10cm 깊이로 지온센서는 수평으로 설치하였고 토양수분센서는 수직으로 설치하였다. 측정범위는 각각 $-40^{\circ}\text{C}\sim+120^{\circ}\text{C}$ 와 $0\sim100\%$ 이며 오차범위는 각각 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 와 $\pm 3.0\%$ 이다. 강우량은 강우량센서(STL-SRF, STA Corp., Korea)를 사용하여 측정하였으며 오차범위는 $\pm 1.0\%$ 이다. 또한 기상 데이터의 결측에 대비해서 온·습도 일체형 데이터로거(TR-72U, T&D, Japan)를 동일한 위치에 각각 설치 하였다.

2.4. 차나무 성장 및 동해경감 조사

차나무 생육조사는 농촌진흥청 표준조사 방법(RDA, 2003)에 준하여 실시하였다. 수확시기는 출개율이 70%에 달한 시기, 신초수는 단위면적(30cm^2)당 전체 이수, 신초장은 수확면에서 심의 기부까지의 길이, 백아중은 100개 신초의 중량, 수확량은 단위면적(30cm^2)당 전체 수확물의 중량으로 조사하였다. 피해깊이는 차나무 상단 정중앙에서 수직으로 깊이를 측정하

였으며, 피해조사는 단위면적 (30cm²)당 차나무잎의 피해발생 비율로써, 수준별 피해 정도를 수치화하여 조사하였다(0:피해없음, 3:11~30%, 5:31~50%, 7: 51~70%, 9:71~90%, 10:91~100%). 모든 조사는 3 반복으로 수행하였다.

2.5. 경제성분석

경제성분석에서 인건비는 2013년 보통노동인부의 노임단가를 적용하였으며, 설치 및 제거비용이 포함된 금액이다. 재료비에는 차광망, 고정핀, 줄을 포함하였으며, 조수입은 주산물평가액(생엽생산량 × 평균단가)으로 산정하였다. 추가 조수입은 무처리구 주산물평가액에서 처리구 주산물평가액을 제외한 금액이다. 녹차생엽의 평균단가는 농촌진흥청 농업연구보고서 「2012 지역별 농산물 소득자료」 경남부문(RDA, 2013)을 참고하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 실험포 기상환경 측정

실험기간 동안 재배포장의 연도별 기상환경은 Table 1과 같다. 2011년부터 2013년까지 월동기간의 연도별 최저기온이 관측된 날은 2011년 1월 16일(-17.1°C), 2012년 2월 03일(-14.2°C), 2013년 1월 04일(-13.2°C)

Table 1. Changes of meteorological elements during overwintering period (January and February) from 2011 to 2013 at a green tea garden

Elements	Year 2011	Year 2012	Year 2013
Mean Temperature (°C)	-1.2	0.0	0.1
Minimum Temperature (°C)	-17.1	-14.2	-13.2
Precipitation (mm)	69.8	13.9	109.5
Sunshine (hr)	408.8	391.1	400.4
Wind speed (m/s)	1.0	1.0	0.8
Wind Direction	N	NNE	NNE

이었다. 특히, 직접적으로 차나무에 동해를 일으키는 -10°C 이하 발생일수는 2011년의 23일, 2012년의 12일, 2013년의 8일이었고, 2011년의 동해발생의 직접적인 원인이 되었다. 온도 이외에 동해발생의 원인 중 하나인 강우량은 1월과 2월의 누적 강우량이 2011년에 69.8mm, 2012년에는 2011년보다 56.2mm 적게 내린 13.6mm, 2013년은 109.5mm이 관측되었다. 2011년보다 2012년의 강우량이 더 적게 관측되었지만, 월동 전 9월부터 11월 사이에 토양에 충분한 강우량으로 수분이 유지되어 동해발생이 일부 지역에서만 발생하였다. 특히, 2012년은 동해를 일으키는 -10°C이하 지속일수가 2011년에 비해 각각 11일과 15일 적게 관측되었다. 평균풍속은 0.8~1.0m/s로 2012년과 2011년이 비슷하였으며, 평균습도도 53.9~ 58.7%로 비슷하게 관측 되었다.

3.2. 차광율에 따른 동해경감 효과

2012년 1월 1일부터 2012년 2월 29일까지 차광망 설치에 따른 월동기간 동안의 차나무 동해경감 효과와 한풍에 대한 방풍효과를 알아보기 위해 Table 2와 같이 각각 55%, 75%, 95%의 차광율이 서로 다른 차광망을 설치하여 차엽의 피해율을 조사하였다. 차광망의 차광율에 따른 동해경감 변화를 보면 차광율 55% 처리구가 무처리구보다 낮은 수확부위의 피해율이 20% 낮게 관찰되었다. 방풍효과는 차광율 95%에서 가장 효과적이었으며, 55%와 75%에서도 무처리구보다 효과가 있는 것으로 관찰되었다. 하지만, 전체적인 동해 경감효과는 55%의 차광율에서 가장 높은 것으로 조사되었다.

차광율 55% 처리구에서 차나무 생장이 가장 원활하였다. 반면 차광율 75% 처리구에서는 상단 5엽까지 엽의 가장자리가 갈변되는 현상이 나타났는데, 이는 차광망 직조 구조상 약간의 누수로 인한 토양수분의 영향으로 청고현상 보다는 적고현상이 나타난 것으로

Table 2. Effect of wind break and damage rate reduction of tea tree according to shading rate (year 2012)

Treatment	Green dry damage rate (%) (A)	Red dry damage rate (%) (B)	Total damage rate (%) (A+B)	Effect of wind break
Full sunlight	10	10	20	No
Shading rate 55%	0	0	0	Yes
Shading rate 75%	5	25	30	Yes
Shading rate 95%	45	20	65	Yes



Fig. 2. Changes of growth of tea tree by the shade net installation. (Left:55%/75%, Right:75%/95%)

판단되었다. 그리고, 차광율 95% 처리구에서는 광량의 감소로 인해 차나무 생육이 불량하였다. 특히, 차나무 체내수분의 감소로 지상부 전부분에 걸쳐 잎이 녹색으로 말라가는 청고현상이 다른 처리구보다 많이 나타났으며, 신초를 포함한 상단 3엽까지 잎이 떨어지는 등 차나무의 생육이 가장 좋지 않았다. Trypan Blue 염색시험에서도 55% 차광망 처리구내 차나무 잎에서는 세포사멸 현상이 거의 관찰되지 않았으나 95% 차광망에서 청고현상을 보인 차나무 잎은 부분적으로 염색이 일어나 세포가 부분적으로 사멸된 것으로 판단되었다. 반면에, 적고현상을 보인 차나무 잎에서는 대부분 염색되어서 대부분의 세포가 사멸된 것을 확인할 수 있었다. 차광율에 따른 차나무 생육특성을 보면 차광율 55% 처리구에서 차나무 신초장은 무처리구 대비 0.9cm 길었으며, 백이중도 4.9g 더 무거웠다. 수확기는 차광율 55% 처리구가 5월 10일로 무처리구보다 11일 빠른 수확이 가능했으며, 동해에 의한 피해 또한 없었다. 생엽 수확량 역시 토양수분 유실 방지와 환풍의 감소로 무처리구 대비 42.7% 증가한 68.8kg이 나타났다(Table 3).

3.3. 차광망 색상과 차광율에 따른 차나무 동해경감 효과

1차 실험을 통해 차광망의 효과를 검증 후 색상별로 차나무 동해 경감효과를 알아보기 위해 추가 실험

을 수행하였다. 실험 결과, 투명망과 55% 녹색 차광망 처리구에서 생장이 가장 좋았고, 전체적으로는 투명망, 검정(55%) 그리고 녹색(55, 75%) 차광망 처리구에서 동해경감 효과가 가장 좋은 것으로 분석되었다. 투명망을 제외한 녹색 차광망 처리구는 차광율 55%와 75%의 처리구가 동해경감 효과가 가장 좋았는데, 차광율 55%와 75% 처리구의 경우, 차광망 처리 초기에는 차나무 잎의 생육이 무처리구 및 검정 차광망 처리구와 별 차이가 없었으나, 차광망 처리기간이 누적될수록 다른 처리구에 비해 동해에 의한 피해가 적게 나타났다. 녹색 차광망의 생엽수확량은 단위면적당 (10a) 89kg(차광율 55%), 84kg(75%) 그리고 66kg(95%)로 나타났다. 녹색 차광율 55% 처리구에서는 피해율이 투명망 처리구처럼 미미하였다. 검정색 차광망 처리구는 녹색 차광망 처리구와 달리 차광율 95% 처리구에서 단위면적당(10a) 생엽수확량이 무처리구보다 22kg 많은 47kg이고, 피해 깊이가 또한 무처리구보다 3cm 적은 15cm로 조사되었다. 차광율 75%와 95% 검정 차광망 처리구에서는 차광율이 높아짐에 따라 광량의 감소로 차나무 잎 상단 5번 잎까지 생육이 불량하였으며, 잎이 연약하게 되어 채엽부위 상단 잎이 고사하는 피해가 관측 되었다. 생엽수확량 또한 투명망 및 녹색 차광망 처리구에서 다른 처리구보다 많았다. 생엽수확량은 투명망(차광율 55%급) 처리구에서는 단위면적당(10a) 93kg으로 무처리구(68kg)보다

Table 3. Damage index and yield component of tea tree according to shade net installation

Treatment	Damage Index*	harvest time	No. of leaves (ea)	Length of leaves (cm)	Weight of 100 buds (g)	Yield (kg/10a)
Full sunlight	3	5/21	2.5	2.33 ± 0.08	11.60 ± 0.07	48.21 ± 0.61
Black shading net						
Shading rate 55%	0	5/10	3.2	3.22 ± 0.04	16.53 ± 0.19	68.80 ± 0.27

*0(harmlessness), 1(1~10%), 3(11~30%), 5(31~50%), 7(51~70%), 9(71%~90%), 10(91%~100%)

Table 4. Economic and productive effect of shade net on reduction of freezing damage according to shading rate and shading color

Treatment		Damage index*	Damage depth (cm)	Yield of fresh leaves (kg/10a)	Additional gross profit (₩)
Full sunlight		5			
Clear net	55%	1	0	93.17 ± 1.58	1,451,800
	75%	1	5.04 ± 0.46	79.00 ± 1.57	1,152,900
	95%	3	9.05 ± 0.19	53.02 ± 0.50	597,800
Black shading net	75%	3	15.04 ± 0.28	47.14 ± 0.32	469,700
	95%	3			
Green shading net	55%	1	0	88.89 ± 1.07	1,366,400
	75%	1	3.04 ± 0.21	83.85 ± 1.75	1,259,650
	95%	3	7.00 ± 0.34	65.98 ± 2.61	875,350

*0(harmlessness), 1(1~10%), 3(11~30%), 5(31~50%), 7(51~70%), 9(71%~90%), 10(91%~100%)

Table 5. Analysis of economic feasibility (Loss elements)

Contents	Unit	Unit price (₩)	Amount	Total (₩)
1. Direct construction cost				493,319
1) Direct cost				463,210
(1) Labour cost	Man-hour (10a)	50,900	3	152,700
(2) Material cost				310,510
Shdae net	Roll	63,600	4	254,400
Alignment pin	Box	21,040	2	42,080
String	Roll	14,030	1	14,030
Other material cost	%		2	6,210
2) Other direct cost	%		2.5	11,580
3) Field expense	%		4	18,528
2. Indirect cost	%		3	14,800
Total cost		505,979		

1.37배 높게 생산되었고, 기타 다른 처리구보다도 생엽 수확량이 높았으며, 동해에 의한 피해도 가장 낮은 것으로 조사되었다. 이것은 투명망 처리구가 무처리구에 비해 피해율이 50% 이상 감소함으로 인해 생엽수확량이 높아진 것으로 판단되었다(Table 4).

차광망 처리 초기에는 월동전이라 차나무의 채엽 가능성이 넓었지만, 월동기간 동안 차광누적과 이상저온에 의한 차나무 잎의 탈수 또는 고사로 생엽수확량이 변화하는 것으로 추정되었다. 차광망의 차광율이 높을수록 채엽부위로 부터 피해 깊이가 깊어졌다. 월동기간 차광망 피복처리는 차나무의 저온 스트레스를 감소시켰으며, 이로 인해 동해발생이 경감되었다. 차나무의 생육에 대한 차광망의 차광율 효과는 55%에서 가장 높았으며, 차광망의 색상별 동해경감 효과는 검정 < 녹색 < 투명 색상 순으로 높게 나타났다. 차광망 설치에 따른 비용은 재료비와 인건비 등을 합해

단위면적당(10a) 505,979원이었으며, 이익은 수세회복에 따른 단위면적당 추가 조수입이 무처리구 대비 1,451,800원이 많았으며, 재료비와 인건비 등을 제외한 수익은 단위면적당 945,821원으로 추정되었다(Table 5).

3.4. 차광망(투명망) 설치에 따른 미기상 변화

투명망 설치 유무에 따른 미기상 변화를 조사하였다. 평균기온은 투명망 처리구가 0.1°C, 무처리구가 0.8°C로 처리구가 무처리구에 비해 0.7°C 낮게 나타났고, 최저기온은 투명망 처리구가 -17.4°C, 무처리구가 -13.2°C로 투명망 처리구가 4.2°C 낮게 나타났다. 특히, 평균상대습도는 투명망 처리구(38.7%)가 무처리구(23.8%)보다 14.9% 높게 나타났는데, 이는 투명망 처리구내 풍속의 감소로 공기의 유동이 줄어들어 수분의 정체가 증가한 것으로 판단되었다(Fig. 3).

즉, 투명망 무처리구의 평균풍속은 0.8m/s 이지만

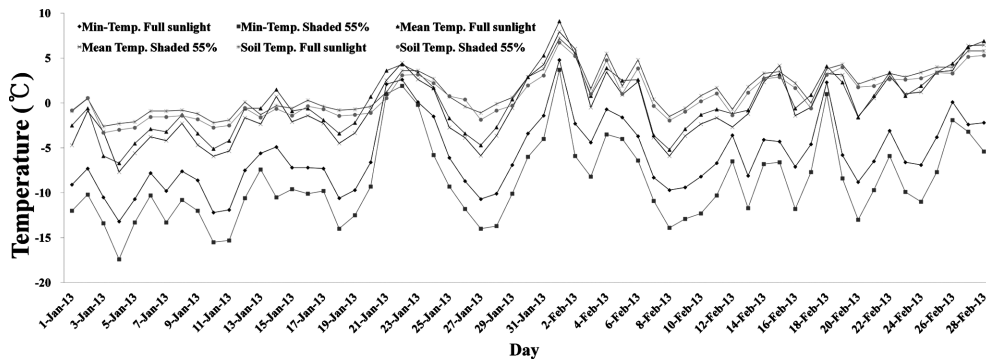


Fig. 3. Meteorological changes by the installation of shade net.

Table 6. Change of meteorological elements by the installation of shade net in 2013

Month		Wind Speed (m/s)		Mean Temperature (°C)		Minimum Temperature (°C)		Relative Humidity (%)	
		Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside
January	First	0.2	0.8	-4.3	-3.6	-17.4	-13.2	36.2	22.7
	Middle	0.2	0.6	-2.3	-1.2	-15.3	-11.9	49.2	32.9
	Last	0.3	0.8	0.2	0.8	-14.0	-10.7	46.7	30.4
February	First	0.3	1.0	0.4	1.1	-13.9	-9.7	36.0	22.6
	Middle	0.3	0.8	0.4	0.8	-13.0	-8.8	29.3	14.3
	Last	0.3	1.0	3.2	3.5	-11.0	-6.9	30.9	16.3

Table 7. Changes of soil temperature and soil moisture by the clear net installation.

Month		Soil Temperature (°C)		Soil Moisture (%)	
		Inside	Outside	Inside	Outside
January	First	-1.8	-1.3	12.4	13.4
	Middle	-1.2	-0.6	12.6	9.6
	Last	1.1	1.6	29.3	19.3
February	First	2.0	2.6	25.6	21.6
	Middle	1.6	2.2	29.0	20.0
	Last	3.4	4.0	21.9	19.4

투명망 처리구는 무처리구 대비 69.5% 감소한 0.1m/s로 평균 0.7m/s 감소 하는 것이 관측되었다. 이것은 투명망과 투명망 사이의 결속부위와 아래쪽으로 유입되는 바람이 있지만 직접 차나무골에 도달하지 않고 와류를 일으켜 풍속이 감속된 형태로 유입되기 때문이다 (Table 6).

지중온도는 투명망 처리구가 0.8°C, 무처리구가 1.4°C로 처리구가 무처리구에 비해 0.6°C 낮았으며, 토양수분 함량은 투명망 처리구가 21.8%, 무처리구가 17.2%로 투명망 처리구가 4.6% 높게 나타났다 (Table 7). 차광망의 피복은 월동기간에 차밭에서 동해를 경감

하고 차나무의 생육환경을 유지하기 위해 필요한 것으로 사료된다.

투명망과 차광망의 차광율이 높아짐에 따라 직조구 격이 더 조밀해져 유입되는 한풍의 감소효과는 더 증가하겠지만, 수확시기에 냉기류 정체에 따른 상대적으로 습도가 높아져서 서리피해가 발생할 수 있다. 차광망 처리에 의한 방풍효과는 무처리구 대비 일정부분 효과가 있는 것으로 사료되며, 바람에 의한 과잉 증발산과 토양의 건조를 줄여주는 효과가 있는 것으로 조사되었다. 그리고 농가 현장에서는 활죽이나 스틸파이프를 설치하지 않고 차광망 또는 투명망을 차나무에

직접 피복하는 방법이 설치가 간단하고 생엽 수확시기에 시설물 철거와 보관이 용이하였다. 이처럼 차광망을 차나무에 직접 피복하는 방법은 동해경감에 있어 하나의 방안으로 고려해 볼만하며, 차광망의 색상이 동일한 조건에서는 차광망의 차광율이 낮을수록 동해에 의한 피해가 적었고 생엽수확량이 많았다. 차광망의 차광율이 동일한 조건에서는 차광망의 색상이 검정색보다 녹색과 투명인 것이 더 유리한 것으로 나타났다. 차광율과 색상에 따른 차광망의 설치비용을 비교해보면 무처리구 대비 동해경감 효과가 높은 것으로 나타났다.

적 요

월동기간 동안의 차나무에 대한 차광망 색상과 차광율에 따른 동해경감에 미치는 영향을 조사한 결과, 차광율 변화에 대한 효과는 차광율이 높아질수록 차나무 생육이 불량하고 동해 피해율이 높았으며, 무처리구 대비 55% 차광율에서 신초 및 생엽수확량이 좋게 나타났다. 차광망 색상별로 보면, 투명망(차광망 55% 수준) 처리구와 녹색 차광망 처리구가 무처리구와 검정 차광망 처리구에 비해 생엽수확량과 피해면적이 감소하였다. 투명망 처리구가 무처리구에 비해 동해 피해율이 50%이상 감소하고, 생엽수확량은 무처리구보다 투명망 처리구에서 단위면적당(10a) 68kg 더 많았다. 차광망의 색상별 동해경감은 검정<녹색<투명 색상의 순으로 동해 경감률이 다소 높게 나타났다. 처리구간의 미기상변화를 보면 처리구가 무처리구에 비해 평균기온은 0.7°C 낮았으며, 평균상대습도는 14.9% 높게 관측되었고, 지중온도는 0.6°C 낮은 반면에 토양수분은 4.6% 높게 관측 되었다. 또한 차광망 피복물 설치에 의한 평균풍속은 무처리구 대비 0.7m/s 감소하여, 바람에 의한 과잉 증발산과 토양의 건조를 줄여주는 효과가 있었으며, 동해경감의 방안으로 활용이 가능한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청에서 시행한 공동연구사업(과제번호: PJ008336. 차나무 동해경감 및 피해예방기술개발)의 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사를 드립니다.

REFERENCES

- An Y. N., M. G. Choung, and K. H. Kang, 2009: Changes of microclimate responses and chlorophyll content (SPAD) to different shading materials on Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer)bed. *Korean Journal of Crop Science* **54**(4), 397-406. (in Korean with English abstract)
- Choi H. S., Y. S. Cho, W. S. Kim, J. A. Cho, Y. J. An, and Y. Lee, 2011: Effect of Sprinkler and Wind Machine on Frost Protection during Flowering of Pear Trees. *The Korean Society of International Agriculture* **23**(3), 280. (in Korean with English abstract)
- Davis M. B., M. Macarthur, and D. Williams, 1955: *Freezing effects on apple wood*. Progress Report. Horticultural Division, Experimental Farm Service, Ottawa Canada, 131-134.
- Han J. H., J. J. Choi, U. R. Chung, K. S. Cho, and J. P. Chun, 2009: Frostfall forecasting in the Naju pear production area based on discriminant analysis of climatic data. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(4), 135-142. (in Korean with English abstract)
- Hwang K. H., J. T. Lee, J. I. Yun, S. O. Hur, and K. M. Shim, 2001: Characteristics of Nocturnal Cooling at a Pear Orchard in Frost-Prone Area. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **3**(4), 206-214. (in Korean with English abstract)
- Hwang J. G., and Y. D. Kim, 2012: A survey low temperature damage of tea tree at south of Korea in 2011. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(4), 246-253. (in Korean with English abstract)
- Industry-academic cooperation foundation Jeju national university, 2012: Factors affecting the quality of greentea leaves and environment friendly cultural practices for reducing the wind and frost damage. Rural development administration, Research of regional strategy crops Research University-Industry Cooperation, 38-45pp.
- Kim J. H., 1986: Influence of low temperature and its duration on cold injury of deciduous fruit tree. *Research Report of RDA (Horticulture)* **28**(1), 48-52.
- Kim Y. H., I. B. Lee, C. H. Chun, H. S. Hwang, S. H. Hong, I. H. Seo, J. I. Yoo, J. P. Bitog, and K. S. Kwon, 2009: Utilization of CO₂ Influenced by Windbreak in an Elevated Production System for Strawberry. *Journal of Bio-environment Control* **18**(1), 29-39. (in Korean with English abstract)
- Lee Y. H., 2004: Create a profitable good tea garden. Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services Right Reserved, 129-136pp.
- Lim C. S., C. H. Choi, and Y. G. Park, 2008: Transformation of tea plant (*Camellia sinensis* L.) using cold tolerance related gene. *Journal of Korean Tea Society* **14**(3), 105-122. (in Korean with English abstract)
- Song C. K., J. J. Kim, and D. W. Song, 2007: The Effects of Windbreaks on Reduction of Suspended Particles.

- Atmosphere* **17**(4), 315-326. (in Korean with English abstract)
- Rural Development Administration, 2003: Research criteria for agricultural research, 428pp.
- Rural Development Administration, 2011: Operation Manual improvement of agricultural income by item (a crop for a special purpose), 13-14pp.
- Rural Development Administration, 2013: 2012 Regional agricultural income data, *Agricultural Research and Management* **137**, 368pp.
- Seginer, I., 1975: Atmospheric-stability effect on windbreak shelter and drag. *Boundary-Layer Meteorology* **8**(3-4), 383-400.
- Winkler, A. J., J. A. Cook, W. M. Kliewer, and L. A. Lider, 1974: General viticulture, University of California press, 36-106.
- Yum, S. H., S. J. Kang, S. H. Kim, S. B. Lee, and M. H. Kim, 2011: Facilities for bio-production and environmental engineering; effects of an anti-wind net on wind velocity reduction by a wind tunnel test and CFD. *Journal of Biosystems Engineering* **36**(5), 355-360.