

## 방풍망 설치 과수원의 강풍피해 저감효과의 기상학적 분석

심교문 · 김민석 · 김용석 · 정명표 · 황 해 · 김석철\*  
국립농업과학원

(2013년 10월 21일 접수; 2013년 11월 11일 수정; 2013년 12월 20일 수락)

### Meteorological Analysis of Installation Effects of a Windbreak Net on Reducing Wind Speed at An Apple Orchard

Kyo-Moon Shim, Min-Seok Kim, Yong-Seok Kim, Myung-Pyo Jung,  
Hae Hwang and Seok-Cheal Kim\*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea

(Received October 21, 2013; Revised November 11, 2013; Accepted December 20, 2013)

#### ABSTRACT

In this study, the installation effects of a windbreak net on reducing wind speed were examined using meteorological observation data. Three automatic weather systems (AWS) were installed at the inside of the windbreak net of an apple orchard along the distance, and one AWS was located at the outside. They were set up on Oct. 25<sup>th</sup>, 2012 at the apple orchard of Geochang County, and meteorological data, which were observed at four stations for about 1 year from October 26, 2012 through October 21, 2013, were used for this study. Meteorological variables include air temperature & relative humidity at a height of 1.5 meter, and wind speed & wind direction at a height of 2 meter and 4 meter. These variables were measured and recorded every 60 seconds. The preliminary results of this study was as follows: (1) Daily mean temperature at the inside of the windbreak net was lower than that of the outside by 0.1 through 0.2°C. (2) Daily mean relative humidity at the inside of the windbreak net was higher than that of the outside by 0.7 through 1.7%. (3) As compared to the outside, northerly daily maximum wind speed of the inside of the windbreak net at a height of 2 and 4 meter was reduced by 0.7~1.5 ms<sup>-1</sup> (30.4~65.2%) and 0.3~0.7 ms<sup>-1</sup> (10.3~24.1%), respectively.

Key words : Apple orchard, Temperature, Relative humidity, Windbreak net, Wind speed

#### I. 서 론

태풍 ‘루사’(2002년), ‘매미’(2003년)에 의한 대규모의 강풍피해가 발생한 후, 농작물과 농업시설의 강풍피해를 줄이기 위한 방풍시설의 설치가 과수 재배지와 시설 재배지를 중심으로 증가하는 추세에 있다. 일정 풍속 이상의 바람이 과수원에 불 때, 성숙기 과실에 풍하중이 부가되어 낙과율이 증가하며, 시설하우스의

경우에는 양력으로 서까래가 뽑히는 시설피해가 발생한다(Yum *et al.*, 2011). 최근에는 태풍 ‘곶파스’(2010. 9.1~2)의 내습(순간최대풍속 41.4m/s)으로, 비닐하우스 721ha, 인삼재배시설 748ha 및 과수원 5,182ha의 피해가 발생했고(기상청, 2010), 2012년에는 8~9월에 태풍 ‘볼라벤’, ‘텐빈’, ‘산바’가 내습하여, 비닐하우스 1,776ha, 사과를 비롯한 농작물 315,781ha의 막대한 피해가 발생했다는 보고가 있다



\* Corresponding Author : Seok-Cheal Kim  
(sckim12@korea.kr)

(기상청, 2013).

방풍망과 방풍림에 관련된 연구로는 방풍림 주위의 유동분포에 관한 연구(Green, 1992), 방풍시설의 설치 효과 및 최적 파이프 규격에 관한 연구(Yum *et al.*, 2007), 풍동시험을 통한 방풍망의 풍속저감 효과에 관한 연구(Yum *et al.*, 2011) 등이 있다. 하지만, 국내에서는 방풍망 선택과 설치시에 참고로 활용되는 기초 연구가 주로 수행되어서, 방풍시설의 풍속저감 효과뿐만 아니라, 방풍시설이 작물의 생육환경에 미치는 영향까지도 고려한 종합적인 현장 연구는 다소 미흡한 실정이다.

방풍망, 방풍림 등 여러 방풍시설은 긍정적인 효과뿐만 아니라, 부정적인 측면도 있다고 알려져 있다. 긍정적인 효과에는 조풍해, 풍식해, 편풍해, 강풍해 등 풍해 방지 효과와 온도 상승, 습도 상승, 증발산 감소, 토양수분 증가 등 작물기상환경의 개선 효과 등이 있지만, 부정적인 측면으로는 그늘, 유희지, 병해충 서식처, 잡초의 번식, 양·수분의 경합, 작업능률의 저하, 약풍역에서의 야간 저온화, 설치 및 유지비용, 노동력 투입 등이 있다(김광식, 1983). 따라서, 방풍시설의 설치가 농작물의 미치는 직·간접적인 영향을 종합적으로 평가할 필요가 있다.

본 연구에서는 방풍망을 설치한 사과원 내부의 풍속저감 효과뿐만 아니라, 사과 생육에 영향을 주는 온도, 습도 등 근락미기상 환경의 변화 특성도 함께 분석하기 위해서, 2012년 태풍 ‘산바’의 내습 후인 10월 25일에 경남 거창의 방풍망이 설치된 사과원의 주변에 간이 자동기상관측장비를 설치하였고, 2013년 10월 21일까지 약 1년에 걸쳐 수집된 기상자료를 분석한 중간 연구결과를 보고하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상 지역의 개요

연구대상 지역은 경상남도 거창군 거창읍 가지리 794-5번지(35°42'46"N, 127°54'09"E)의 방풍망 설치 사과원이다(Fig. 1). 사과원의 면적은 약 18,150m<sup>2</sup>이고, 이중 ‘후지’ 품종이 65%, ‘홍로’ 등 기타 품종이 35% 차지하고 있다. 연구대상 사과원의 2012년 사과생산량은 72톤으로 단위면적(ha)당 생산량은 39.7톤 이었다. 사과나무의 수령은 15~30년 범위이고, 수고는 약 5m이며, 사과나무 재식거리는 평균적으로 4.5×2.5m이다. 연구대상 사과원은 2002년 태풍 ‘루사’와 ‘매미’에 의한 강풍피해 발생 이후부터 사과원 주변에 방풍망을 설치하였는데, 2012년 10월 현재에는 총 설치 거리가 약 740m에 이른다. 방풍시설의 높이는 5m이고, 방풍망 규격은 3×6mm로 조사되었다(Fig. 2).



Fig. 1. Locations of 4 automated weather stations (AWS) installed at an apple orchard of Geochang County. WBN means windbreak net.



Fig. 2. View of windbreak net installed at an apple orchard of Geochang County.



**Fig. 3.** View of automated weather station installed at the outside (left fig., A station) and inside (right fig., D station) of windbreak net.

## 2.2. 방풍시설 주변의 기상 관측

방풍시설에 따른 사과원 내부의 기상학적 변화를 분석하기 위해서, 2012년 10월 25일에 방풍망 외부 1개 지점[방풍망 외부 3m(A지점)]과 방풍망 내부 3개 지점[방풍망 인접(B지점), 방풍망 내부 10m(C지점), 방풍망 내부 20m(D지점)]에 온·습도, 풍향·속 센서로 구성된 간이 자동기상관측시스템을 구축하고, 방풍망 내·외부의 기상환경을 관측하였다. 기상자료의 관측 및 관측 자료의 저장간격은 60초이고, 방풍망 외부 1지점(A지점)과 방풍망 내부 1지점(D지점)의 기상관측 자료는 CDMA 모뎀을 통한 TCP/IP 방식으로 매 10분마다 웹서버로 전송되었다(<http://weather.stacorp.co.kr/index.asp>). 나머지 방풍망 내부 2지점(B, C지점)의 관측 자료는 2~4주 간격으로 현장 방문을 통해 직접 수집하였다. 풍향과 풍속센서는 2m와 4m의 2개 높이에 설치하였고, 온도와 습도센서는 지상 1.5m 높이에 설치하여 관측하였다(Fig. 3).

## III. 결과 및 고찰

### 3.1. 방풍망 설치 사과원 주변의 온도 특성

방풍망 내부의 3개 조사지점들(B~D)의 분석기간 동안(2012. 10. 26~2013. 10. 21)의 일평균기온의 평균은 11.3~11.4°C 범위로 같은 기간의 방풍망 외부 조사지점(A지점)의 일평균기온의 평균(11.5°C)보다 0.1~0.2°C 낮은 것으로 분석되었다. 반면에, 방풍망 내부의 3개 조사지점들의 일최고기온 및 일최저기온의 평균은 각각 18.6~19.1°C 및 5.6~5.9°C 범위로 방풍

**Table 1.** Temperature around the outside and inside of windbreak net at an apple orchard (2012. 10. 26~2013. 10. 21)

Temperature (°C)	Outside (A)	Inside		
		(B)	(C)	(D)
Mean	11.5	11.4	11.4	11.3
Maximum	19.0	18.6	19.1	18.7
Minimum	5.7	5.9	5.6	5.6

망 외부 조사지점의 일최고기온의 평균(19.0°C) 및 일최저기온의 평균(5.7°C)보다 낮거나 조금 높은 것으로 조사되었다(Table 1). 문헌에 따르면(김광식, 1983), 방풍시설 내부는 온도상승과 약풍역에서의 야간 저온 효과를 나타낸다고 하였는데, 본 연구에서는 방풍망 설치로 방풍망 내부의 일평균기온은 조금 낮아졌지만, 일최고 및 최저기온은 뚜렷한 차이를 발견할 수가 없었다. 따라서 태풍 등 강풍이 발생했을 때와 서리가 발생했을 때의 사례연구를 통한 추가적인 정밀 분석이 필요하다.

### 3.2. 방풍망 설치 사과원 주변의 습도 특성

방풍망 내부 3개 조사지점들의 분석기간 동안(2012. 10. 26~2013. 10. 21)의 일평균습도의 평균은 74.7~75.7% 범위로 같은 기간의 방풍망 외부 조사지점의 일평균습도의 평균(74.0%)보다 0.7~1.7% 높은 것으로 조사되었다. 또한, 방풍망 내부 3개 조사지점들의 일최소습도의 평균도 45.3~46.0% 범위로 방풍망 외부 조사지점의 일최소습도의 평균인 44.3%보다 1.0~1.7% 높은 것으로 분석되었다(Table 2). 그리고 방풍망 내부의 3개 조사지점들에 대해서, 분석기간 동안에 상대습도가 100%인 시간들의 합은 총 948.6~1092.3시간 범위로 방풍망 외부 조사지점의 606.0시간보다 342.6~486.3시간 더 긴 것으로 조사되었다. 따라서, 방풍망을 설치할 경우에는 사과원 내부의 습도를 다소 높이는 효과가 있는 것으로 판단되며, 이는 사과원의

**Table 2.** Relative humidity around the outside and inside of windbreak net at an apple orchard (2012. 10. 26~2013. 10. 21)

Relative humidity (%)	Outside (A)	Inside		
		(B)	(C)	(D)
Mean	74.0	75.6	75.7	74.7
Maximum	94.9	95.7	95.8	95.5
Minimum	44.3	46.0	45.3	45.9

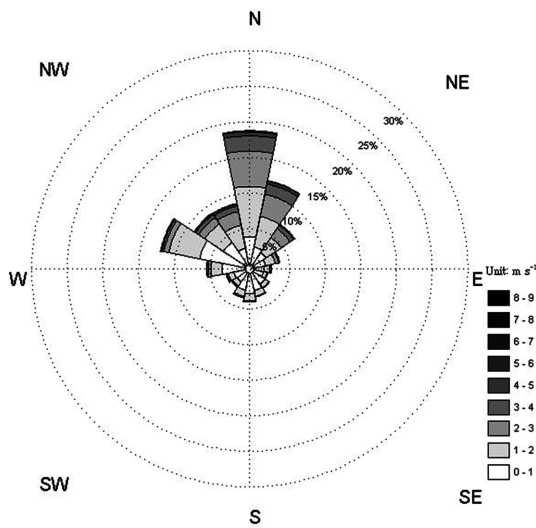


Fig. 4. Wind frequency and wind speed by direction at the outside (A station) of windbreak net.

병 발생을 증가시키는 원인으로 작용할 것이다.

3.3. 방풍망 설치 사과원 주변의 바람 특성

방풍망 외부 지점의 4m 높이에서 관측된 기상자료 중에서 풍속이 0.4ms<sup>-1</sup> 이상의 풍향자료들을 선택하여 4개 방위(북풍, 동풍, 남풍, 서풍)로 구분하여 빈도분석을 하였을 때, 북풍계열(315~45°)이 47.2%로 가장 빈도가 높았고, 다음으로 서풍계열(225~315°)이 26.6%이었으며, 남풍계열(135~225°)과 동풍계열(45~135°)의 바람은 각각 14.0%, 12.2%로 빈도가 상대적으로 낮았다(Fig. 4).

3.3.1. 북풍계열 바람의 풍속 특성

방풍망 내부 2개 조사지점들(B, D)의 4m 높이에서, 북풍계열 바람의 일평균풍속의 평균은 0.7~1.0ms<sup>-1</sup> 범위로, 방풍망 외부 조사지점(A)의 일평균풍속의 평균(1.3ms<sup>-1</sup>)보다 0.3~0.6ms<sup>-1</sup> 감속된 것으로 조사되었다. 또한, 같은 높이(4 m)에서 관측된 방풍망 내부 2개 조사지점들의 일최대풍속의 평균도 2.2~2.6ms<sup>-1</sup> 범위로 방풍망 외부 조사지점의 일최대풍속의 평균인 2.9ms<sup>-1</sup>보다 0.3~0.7ms<sup>-1</sup> 감속된 것으로 분석되었다(Table 3).

2m 높이에서 관측된 방풍망 내부 3개 조사지점(B, C, D)의 북풍계열 바람은 일평균풍속의 평균이 0.2~0.5ms<sup>-1</sup> 범위로, 방풍망 외부 조사지점의 일평균풍

Table 3. Northerly wind speed around the outside and inside of windbreak net at a height of 4 meter of an apple orchard (2012. 10. 26~2013. 10. 21)

Wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Outside (A)	Inside	
		(B)	(D)
Mean	1.3	1.0	0.7
Maximum	2.9	2.6	2.2

Table 4. Northerly wind speed around the outside and inside of windbreak net at a height of 2 meter of an apple orchard (2012. 10. 26~2013. 10. 21)

Wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Outside (A)	Inside		
		(B)	(C)	(D)
Mean	0.9	0.5	0.3	0.2
Maximum	2.3	1.6	1.3	0.8

속(0.9ms<sup>-1</sup>)보다 0.4~0.7ms<sup>-1</sup> 감속된 것으로 조사되었고, 같은 높이(2m)에서 관측된 방풍망 내부 3개 조사지점의 일최대풍속의 평균도 0.8~1.6ms<sup>-1</sup> 범위로 방풍망 외부 조사지점의 일최대풍속의 평균인 2.3ms<sup>-1</sup>보다 0.7~1.5ms<sup>-1</sup> 감속된 것으로 분석되었다(Table 4).

3.3.2. 서풍계열 바람의 풍속 특성

방풍망 내부 2개 조사지점들의 4m 높이에서, 서풍계열 바람의 일평균풍속의 평균은 0.4~0.6ms<sup>-1</sup> 범위로, 방풍망 외부 조사지점의 일평균풍속의 평균(1.1ms<sup>-1</sup>)보다 0.5~0.7ms<sup>-1</sup> 감속된 것으로 조사되었다. 또한, 같은 높이(4m)에서 관측된 방풍망 내부 2개 조사지점들의 일최대풍속의 평균도 1.9~2.3ms<sup>-1</sup> 범위로 방풍망 외부 조사지점의 일최대풍속의 평균인 2.7ms<sup>-1</sup>보다 0.4~0.8ms<sup>-1</sup> 감속된 것으로 분석되었다(Table 5).

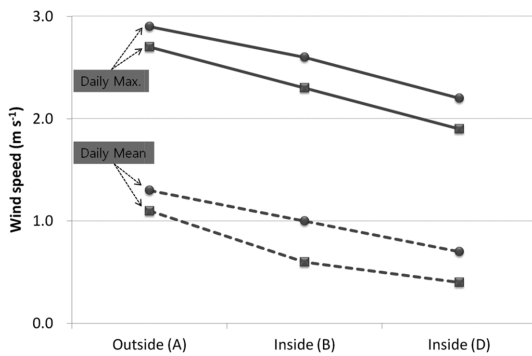
2m 높이에서 관측된 방풍망 내부 3개 조사지점(B, C, D)의 서풍계열 바람은 일평균풍속의 평균이 0.1~0.2ms<sup>-1</sup> 범위로, 방풍망 외부 조사지점(A)의 평균

Table 5. Westerly wind speed around the outside and inside of windbreak net at a height of 4 meter of an apple orchard (2012. 10. 26~2013. 10. 21)

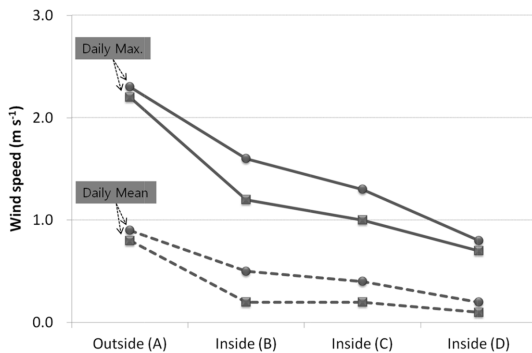
Wind speed (m s <sup>-1</sup> )	Outside (A)	Inside	
		(B)	(D)
Mean	1.1	0.6	0.4
Maximum	2.7	2.3	1.9

**Table 6.** Westerly wind speed around the outside and inside of windbreak net at a height of 2 meter of an apple orchard (2012. 10. 26~2013. 10. 21)

Wind speed ( $m s^{-1}$ )	Outside (A)	Inside		
		(B)	(C)	(D)
Mean	0.8	0.2	0.2	0.1
Maximum	2.2	1.2	1.0	0.7



**Fig. 5.** Changes of the wind speed at the outside and inside of windbreak net with a height of 4 meter of an apple orchard. Circle and rectangle mean northerly and westerly wind speed, respectively.



**Fig. 6.** Changes of the wind speed at the outside and inside of windbreak net with a height of 2 meter of an apple orchard. Circle and rectangle mean northerly and westerly wind speed, respectively.

풍속( $0.8ms^{-1}$ )보다  $0.6\sim 0.7ms^{-1}$  감속된 것으로 조사되었고, 같은 높이(2m)에서 관측된 방풍망 내부 3개 조사지점의 일최대풍속의 평균도  $0.7\sim 1.2ms^{-1}$  범위로 방풍망 외부 조사지점(A)의 일최대풍속의 평균인  $2.2ms^{-1}$ 보다  $1.0\sim 1.5ms^{-1}$  감속된 것으로 분석되었다 (Table 6).

4m와 2m 높이에서 관측된 북풍과 서풍계열의 바람은 방풍망으로부터 사과원 내부로 멀리 떨어질수록 풍

속 저감 효과가 큰 것으로 분석되었다(Fig 5, 6). 풍향에 따른 감풍정도는 북풍계열보다 서풍계열의 바람이 불때 더 큰 것으로 조사되었는데, 이는 방풍망으로부터 각 조사지점까지의 바람의 이동거리가 서풍계열의 바람일때 더 길었고, 이에 따라 사과원 균락층에 의한 감풍효과가 서풍계열의 바람에서 더 크게 나타났기 때문으로 추정되었다.

### 3.4. 추가 연구의 필요성

본 연구에 활용한 약 1년간의 기상 분석자료에는 태풍, 돌풍 등 강풍 현상이 포함되지 못해서(연구기간 동안에 강풍현상이 나타나지 않았음), 방풍망 설치 사과원의 강풍에 따른 풍속저감 효과를 구명하기에는 부족하다. 따라서 강풍 현상이 발생했을때의 사례분석이 추가적으로 요구된다. 또한, 방풍망 설치 사과원 균락층의 온도와 습도의 변화도 주·야간으로 구분하거나 풍속에 따라 구분하여 추가적인 정밀 분석이 필요하며, 방풍망으로부터 거리에 따른 감풍효과를 구명할 때에는 사과원 균락층에 의한 영향도 함께 밝혀내야 할 것이다.

## 적 요

본 연구는 방풍망이 설치된 사과원 주변에 자동기상 관측장비를 설치하고, 이로부터 수집한 온·습도와 풍속 등 기상 관측자료를 분석하여, 방풍망을 설치한 사과원 내부의 풍속저감 효과와 균락미기상의 변화 등의 기상학적 특성을 평가하고자 수행하였다. 2012년 10월 26일부터 2013년 10월 21일까지 약 1년간 수집한 기상자료를 토대로 분석한 결과는 다음과 같다. (1) 방풍망 내부의 일평균기온은 외부보다  $0.1\sim 0.2^{\circ}C$  낮았고, (2) 방풍망 내부의 일평균습도는 외부보다  $0.7\sim 1.7\%$  범위로 높았으며, (3) 북풍계열 바람의 방풍망 내부의 일최대풍속은 외부보다 2m와 4m의 높이에서 각각  $0.7\sim 1.5ms^{-1}$ (30.4~65.2%)와  $0.3\sim 0.7ms^{-1}$ (10.3~24.1%) 범위로 감풍되는 것으로 조사되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ00852202)의 지원에 의해 이루어진 것임

## REFERENCES

- Green, S. R., 1992: Modeling turbulent air flow in a stand of widely-spaced trees. *The PHOENICS Journal of Computational Fluid Dynamics and its applications* **5**(1), 294-307.
- Yum, S. H., S. H. Kang, S. H. Kim, S. B. Lee and M. Y. Kim, 2011: 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. (in Korean with English abstract)
- Yum, S. H., K. J. Kwon, S. H. Sung and Y. D. Choi, 2007: The installation effect and optimal pipe sizes of an anti-wind net by computational analysis. *Journal of Biosystems Engineering* **32**(6), 430-439. (in Korean with English abstract)
- 기상청, 2010: 2010 이상기후 특별보고서. 114pp.
- 기상청, 2013: 2012년 이상기후 보고서. 148pp.
- 김광식, 1983: 증보 농업기상학. 향문사, 367pp.