

새만금 방조제에서 곰솔의 초기 생장에 미치는 방풍 시설 설치 효과

김정환¹ · 임주훈^{1*} · 서경원² · 정용호¹ · 엄태원³

¹국립산림과학원 산림수토보전과, ²국립산림과학원 산림생산기술연구소,
³상지대학교 산림과학과

(2013년 8월 30일 접수; 2013년 10월 1일 수정; 2013년 11월 10일 수락)

Effect of Wind Break on the Early Growth of *Pinus thunbergii* at Saemangum Sea-wall

Jeong-Hwan Kim¹, Joo-Hoon Lim^{1*}, Kyung-Won Seo, Yong Ho Jeong¹ and Tae-Won Um³

¹Division of Forest Soil and Water Conservation, Korea Forest Research Institute

²Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute

³Department of Forest Science, Sangji University

(Received August 30, 2013; Revised October 1, 2013; Accepted November 10, 2013)

ABSTARCT

The sea breeze shows different characteristics compared to land breeze, such as high wind speed and more rapider shift period. One of the major factors affecting plant early growth is wind speed. In the early growth stage, tree growth-rates rise with decreasing wind speed. Thus, the study was performed to identify wind break effects on wind characteristics and tree growth. The wind break used in this study was about 130 meters length and 3 meters height, made up with poly-ethylene (with 40% openness). We installed one vane and fifteen anemographs at three different heights (1, 2 and 3 meters) on the inner and outer wind break areas. The wind characteristic and plant growth data were collected from Jun. 2011 to Oct. over 2012. The wind rose of the Saemangum seawall area presented the north (21.5%) and it was followed by north-west (18.1%), east (14.9%) and north-east (13.7%) and the remainder with other directions. Wind speeds at height were different. The tree height was 159.6 cm at inside and 129.6 cm at outside. The diameter at root-collar was 36.9 mm at inside and 32.6 mm at outside from wind break.

Key words: Sea breeze, Wind rose, Wind speed decrease, *Pinus thunbergii*

I. 서 론

새만금 방조제는 전라북도 군산시와 신시도, 부안군을 연결하는 총 길이 33.9km에 달하는 세계 최장의 방조제로서 1991년 11월에 착공하여 2010년 4월 27일에 준공하였다. 새만금 방조제는 평균 높이 36m, 평균 폭 290m로서, 방조제 바깥쪽(바다 쪽)에는 4차

선 도로를, 안쪽(육지 쪽)에는 2차선 도로를 건설하였으며, 그 사이 폭 36m에 달하는 5% 경사지에 녹지 공간으로 잔디밭을 조성하였다.

새만금 방조제 사면은 해저 준설토를 이용하여 충전하였는데 다짐이 심하여 토양의 통기, 배수성 등 물리성이 불량할 뿐 아니라, 유기물, 질소 결핍 등 화학성도 불량하여 수목의 원활한 활착 및 생육을 기대하기



* Corresponding Author : Joo-Hoon Lim
(forefire@korea.kr)

어렵다. 또한, 강한 조풍, 비사, 비말, 염무 등에 의한 식물체의 직접적 피해가 발생하는 등 수목 생육에 매우 불리한 환경에 놓여 있다. 따라서, 복토 깊이 및 토양 개량 효과를 중심으로 방조제 사면에 수목 생육 기반 구축에 관한 연구를 실시한 바 있으나(Byun *et al.*, 2011; Jeong *et al.*, 2010 and 2011; Park *et al.*, 2009), 방조제 사면의 수목 생육 기반 조성 시 해풍 차단에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

우리나라는 해안 지역으로 갈수록 평균 풍속과 최대 풍속이 증가한다고 하며(Yoon, 2003), 새만금 방조제와 같이 해상에 있는 지역에서의 풍속은 육지에 비해 평균 풍속이 더 높게 나타난다고 보고되었다(Simpson, 1994; Yoon, 2003).

한편 염분 등이 많이 포함되지 않은 일반적인 바람의 경우 초속 6m 이상부터 식물의 광합성량이 점차 감소하기 시작하여 10m/s 이상이 되면 급감하고 17m/s 이상이 되면 광합성 및 호흡이 제한된다고 보고된 바 있다(Grace, 1988; Wadsworth, 1959; Whitehead, 1962; Whitehead and Luti, 1962; Zak and Denton, 1998).

또한, 해풍의 경우 생리학적으로 염생 등의 조직이 없는 식물의 경우 salt-spray에 의한 스트레스 및 전 해질 불균형 등으로 인하여 생장이 저해되거나 고사하는데(Grace, 1988; Munns, 2002; Zhu, 2001), 풍속이 증가할수록 잎의 boundary layer에 영향을 주어 오염물질 등에 의한 영향이 높아진다고 보고된 바 있다(Ashenden and Mansfield, 1977). 따라서, 강한 해풍의 영향을 받는 방조제에서 안정된 수목 생육 기반 구축을 위해서는 풍속 저감이 우선되어야 할 것이다.

본 연구는 새만금 방조제 사면에서 녹지 공간에 방풍 시설을 설치하여 풍속 감소 효과를 분석하였으며 아울러 방풍 시설 설치가 곰솔의 초기 생장에 미치는 효과를 평가하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구 대상지는 새만금 방조제 군산 방면 시작 지점인 비응도로부터 약 1.3km 떨어진 지점에 위치해 있으며 시험지 조성 면적은 3,250 m²이며 생육 기반

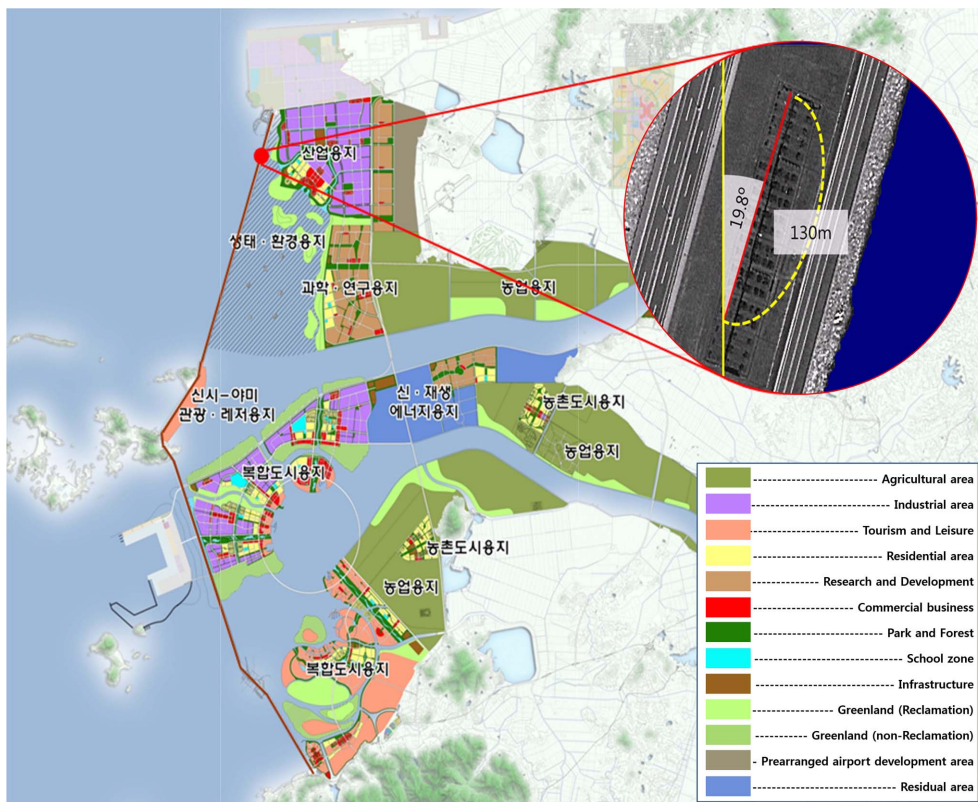


Fig. 1. The geographic location of the study site.

은 해저 준설토로 조성되어 있다(Fig. 1). 이곳에 높이 3m, 길이 130m, 개구율(방풍판에 뚫린 구멍의 비율) 40%의 방풍시설을 방조제와 평행하게 북위 19.8° 방향으로 설치하였다. 공시 수종인 곰솔(*Pinus thunbergii*)은 1-1년생 묘목을 2010년 방풍 시설 외부(바다 쪽)에 114본, 내부(육지 쪽)에 285본을 약 1m 간격으로 식재하였다. 방풍시설 내부와 외부에 1, 2, 3m 높이에 풍속 측정 센서를 부착한 풍속계 세트(FVA-615-2, Ahlborn, GER)를 총 5대 설치하였다. 2011년 11월부터 2012년 11월까지의 순간 풍속을 1분 단위로 측정하였고, 풍향(FVA-614, Ahlborn, GER)은 방풍 시설에서 내부 방향으로 10m 떨어진 지점에 설치된 자동기상관측장치(Automatic Weather Station)에서 1분 단위로 측정하였다.

방풍 시설에 의한 풍속 감소 효과를 분석하기 위해 측정된 풍향 중 북서풍에 해당하는 292.5°에서 337.5° 사이를 선택하였으며 이에 해당하는 풍속을 각각 추출하여 방풍시설 내부와 외부의 높이별로 1m, 2m, 3m 높이에서의 평균 풍속과 최대 풍속을 비교하였다.

공시 수종인 곰솔은 방조제 토양에 95% 이상 활착한 수종으로서 2012년 9월에 수고와 근원경을 측정하였다. 측정된 데이터 중 육풍 등에 의한 영향을 최소화하기 위해 시험지 끝부분에 위치한 곰솔의 생장 데이터는 배제하고 방풍 시설 내부(육지 쪽, 풍하 측)에서 171본, 방풍 시설 외부(바다 쪽, 풍상 측)에서 114본을 선발하였다. 선발된 곰솔의 생장 데이터는 방풍 시설 내, 외부에서 잔존목과 고사목의 개체수로 생존율을 계산하였으며, 수고와 근원경 생장량에 대해서는 t-test를 실시하여 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 방조제에서의 풍향과 풍속

0.4m/s 이상의 풍속에 대한 풍배도는 북풍이 26.8%로 가장 높게 나타났고 이어서 북서풍 20.3%, 북동풍 14.6% 등의 순으로 나타났는데(Fig. 2), 이는 Yoon (2003)의 연구 결과와도 유사한 경향으로 나타냈다. 그러나 10m/s 이상의 풍속에 대한 풍배도는 남서풍이 19.4%, 남동풍이 17.0%, 북서풍이 14.8% 순으로 나타나 풍속별 풍향 비율이 다른 경향을 보였다(Fig. 2).

수목 생리학적으로 광합성 및 호흡량은 작물의 경우 2~3m/s에서 최대값을 보이며 5~6m/s 에서 점차 감소하기 시작하고, 약 10m/s 이상일 때 급감하여 풍속이 17m/s 이상에서는 전혀 이루어지지 않으며, 지속적으로 피해를 받는 경우 잎이 마르거나 떨어진다고 보고된 바 있다(Caldwell, 1970; Grace, 1988; Wadsworth, 1959; Whitehead, 1962; Whitehead and Luti, 1962). 따라서, 수목의 정상적인 생육 환경을 조성하기 위해서는 평균 풍속보다는 일정 이상의 풍속에 대한 풍배도를 고려하여 북서풍, 동풍, 남동풍, 남서풍에 대한 방풍 시설을 격자 식으로 동시에 설치하는 것이 가장 정상적인 수목 생육 환경 조성에 도움이 될 것으로 판단된다.

한편, 계절별 풍배도는 연간 풍배도와 거의 유사한 형태로 나타나 일반적인 내륙 지역의 풍배도(Yoon, 2003)와 다른 결과를 보였다. 일반적으로 내륙 지역의 경우 여름철과 겨울철 계절풍의 영향으로 인해 남서, 동풍과 북서풍이 계절별로 높게 나타나는 것이 특징이나 새만금 방조제의 경우 계절의 영향과 상관없이 북풍과 북서풍의 비율이 높게 나타났으며, 남풍의 경우 거의 볼지 않았다. 이는 계절풍보다 외해에서 내해 및

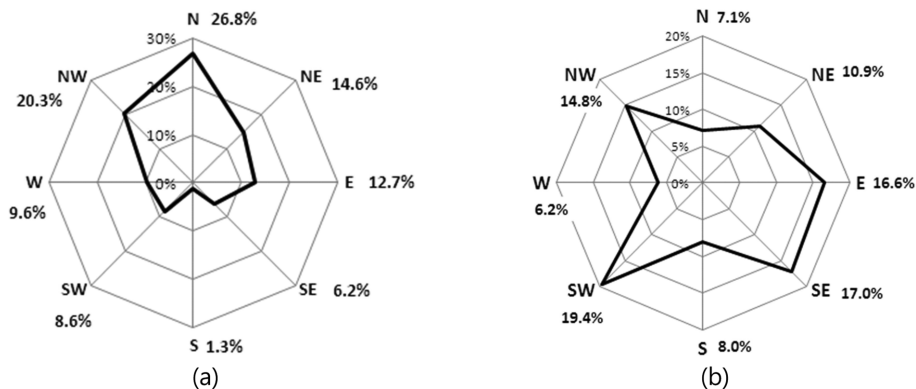


Fig. 2. The wind rose of wind speed, more than (a) 0.4 m/s and (b) 10m/s at Saemangeum seawall.

내륙으로 부는 해풍의 비율이 높으며, 육풍의 비율은 상대적으로 낮게 나타났기 때문이며, 그에 대한 원인은 크게 두 가지로 판단된다.

먼저, 해안 지역에서는 낮에는 해풍, 밤에는 육풍이 부는 것이 일반적이나(Arya, 2001; Lim, 1992; Park et al., 2011), 해상이나 섬의 경우 육풍의 비율이 낮아진다고 보고된 바 있다(Haurwitz, 1947; Simpson, 1994). 새만금 방조제의 경우는 방조제 내부(육지 쪽)가 아직 매립되지 않아 내해로 이루어져 있어 밤 동안 내륙 지역 특유의 저온 현상이 거의 나타나지 않아 지속적으로 내해 지역이 저기압 상태를 유지하여 해풍의 비율이 증가된 것으로 사료된다.

그리고, 바람을 막는 시설물의 경우 풍속 저감 효과(Seginer, 1975)와 더불어 풍향 분산 효과(Yum et al., 2011), 그리고 미세 기압 차에 의한 풍향 변화 효과(Preez and Krger, 1975)가 발생하며 이는 풍속 증가량에 정비례한다고 보고된 바 있다. 또한, 풍속 저감 효과의 경우 시설물 높이의 7.5~8배에 해당하는 거리까지 나타난다고 보고된 바 있다(Seginer, 1975; You, 2005). 따라서 본 연구에서 10m/s 이상의 풍배도에서 나타난 결과는 시험지로부터 직선거리 30m 이내에 위치한 높이 36m의 방조제 4차선 도로와 시험지 내에 설치한 방풍 시설이 풍속 감소 현상과 풍향 분산 효과를 동시에 유발하고 있는 것으로 판단된다.

3.2. 방풍 시설의 풍속 감소 효과

전반적으로 방풍 시설에 의한 평균 풍속의 감소 효과는 높이 별로 다르게 나타났다. 1m 높이에서는 방

풍 시설 외부에 비해 약 51.2%의 감소를 보였고, 2m 높이에서는 18.5%의 감소 효과를 보였다. 그러나 3m 높이에서는 방풍 시설의 영향을 거의 받지 않은 것으로 나타났다(Fig. 3).

이러한 결과는 전반적으로 풍속이 낮은 상태가 오래도록 지속되는 가운데 가끔씩 풍속이 높아지기 때문에 평균 풍속은 매우 낮으며, 이는 특정 지역에서의 평균 풍속은 최대 풍속에 비해 매우 낮은 값을 보인 연구 결과와 유사하였다(Yan et al., 2002; Yates et al., 2000; Yoon, 2003). 또한, 평균 풍속이 매우 낮아 방풍 시설에 의한 풍향 분산 및 풍속 변환 효과가 거의 나타나지 않아(Yum et al., 2011), 높이에 따라 방풍 효과가 다르게 나타난 것으로 판단된다.

한편, 최대 풍속의 경우 방풍 시설 외부의 3미터 높이에서는 남풍과 남동풍이 19.5m/s로 가장 높게 나타났고, 남서풍이 14.5m/s로 가장 낮게 나타났다. 북서풍의 최대 풍속은 방풍 시설 외부의 1, 2, 그리고 3m 높이에서 각각 11.2, 15.3, 그리고 16.7m/s로 나타났다. 방풍 시설 내부의 경우 1, 2, 그리고 3m 높이에서 각각 15.3, 13.4, 그리고 9.5m/s로 나타나 각 높이에서의 풍속 감소율은 각각 약 61, 54, 61%로 나타나 높이에 따라 크게 변하지 않았다(Fig. 4 and 5).

방풍 시설의 풍속 감소 효과는 방풍 시설의 재질, 개구율, 형태 등에 의해 다양하게 나타난다. Kang(1998)는 방풍 시설의 각도에 따라서 풍속 저감 효과가 다르게 나타난다고 보고하였고, You(2005)는 개구율이 40%인 방풍 시설의 경우 방풍 시설 높이의 1배 거리 이내에서는 개구율이 0%, 20%에 비해 방풍 효과가 크게 떨어지며 약 60% 정도의 풍속 감소 효과가 있다고 하였으며, 방풍 시설 높이의 4~6배 사이에서는 약 85%의 풍속 감소 효과가 있다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 나타난 풍속 감소율, 방풍 시설과 풍속 센서와의 거리를 감안해 볼 때, 일치하는 결과로 실제로 새만금 방조제에 방풍시설을 적용할 경우 방풍 시설의 형태 및 개구율을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

한편, 유체는 속도가 증가함에 따라 층류와 난류로 구분할 수 있는데, 난류의 경우 유체의 속도 분포는 무작위적이거나 평균 속도는 높이에 상관없이 일정한 값을 지닌다. 그러나 본 연구 결과에서는 전반적인 평균 풍속이 높이에 따라 점차 증가하는 추세를 나타내었기 때문에 모든 조사 지점에서의 풍속은 지표면의 영향을 받는 층류로 판단된다. 층류의 경우 거리에 따른 변화

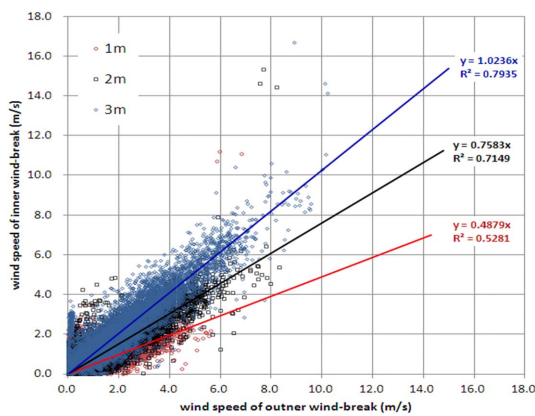


Fig. 3. Comparison of wind speed at inner wind-break and at outer wind-break for three heights.

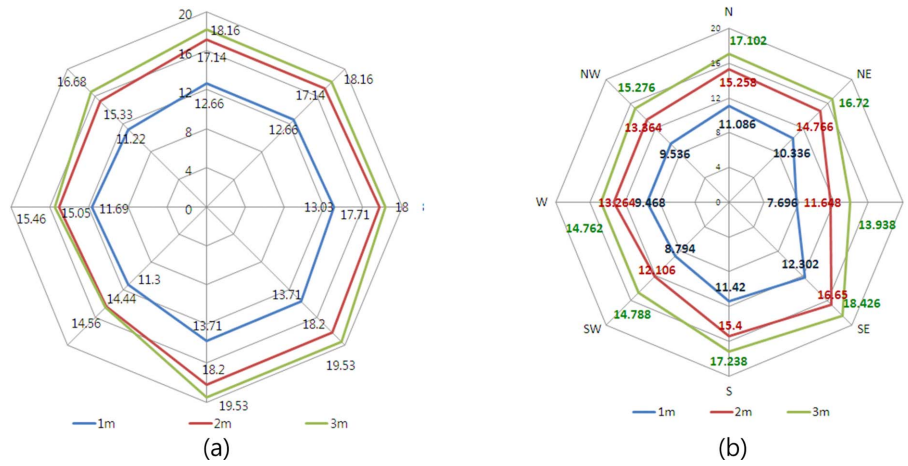


Fig. 4. Maximum wind speed of (a) outer and (b) inner wind-break by other directions.

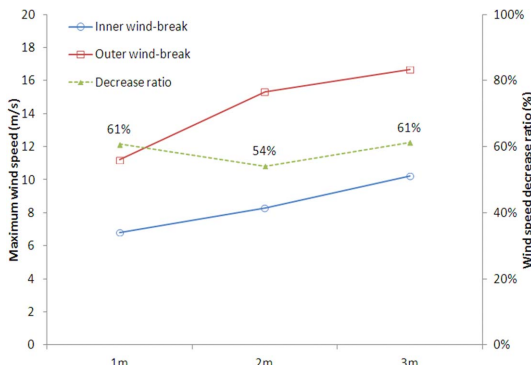


Fig. 5. Maximum wind speed at inner and outer wind-break, and decrease ratio of wind speed.

비율은 일정하게 나타나게 되는데, 이는 본 연구 결과와 일치하는 결과이다(Fig. 4 and 5). 따라서 새만금 방조제 사면에서 3m 높이 이하에서 부는 바람을 고려할 때, 유체 역학 상 층류로 판단하여 적용하여야 할 것으로 사료된다.

3.3. 방풍시설에 따른 곶솔의 초기 생장

새만금 방조제 사면에 식재된 곶솔의 경우 방풍시설 유무에 관계없이 생존율은 유사한 것으로 나타났다. 그러나 방풍시설 외부(대조구)에 식재된 곶솔은 평균 수고와 근원경이 각각 136.3cm와 32.6cm로 조사된 것에 비해 방풍 시설 내부(처리구)의 곶솔은 평균 수고와 근원경이 각각 159.6cm와 36.9mm로 조사되었다. 이는 방풍 시설을 유무에 따라 수고와 근원경이 각각 10% 이상 차이를 나타낸 것으로 판단된다. 한편, 시간 경과에 따른 수목의 근원경 생장은 방풍 시설

량이 선형이기 때문에 본 연구 결과와 같이 지면으로부터 높이가 높을수록 비교적 높은 풍속을 보이게 되며, 어떤 물질에 의해 풍속이 감소될 때, 그 감소되는

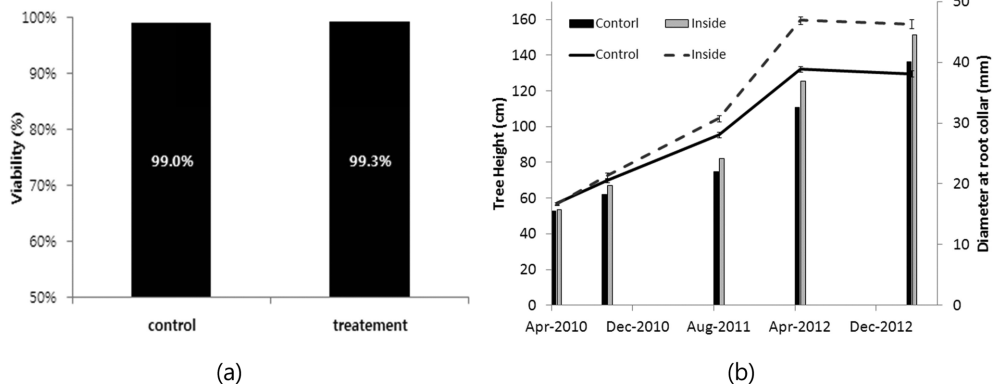


Fig. 6. Plant viability(a) and growth(b) of *Pinus thunbergii* by time passed.

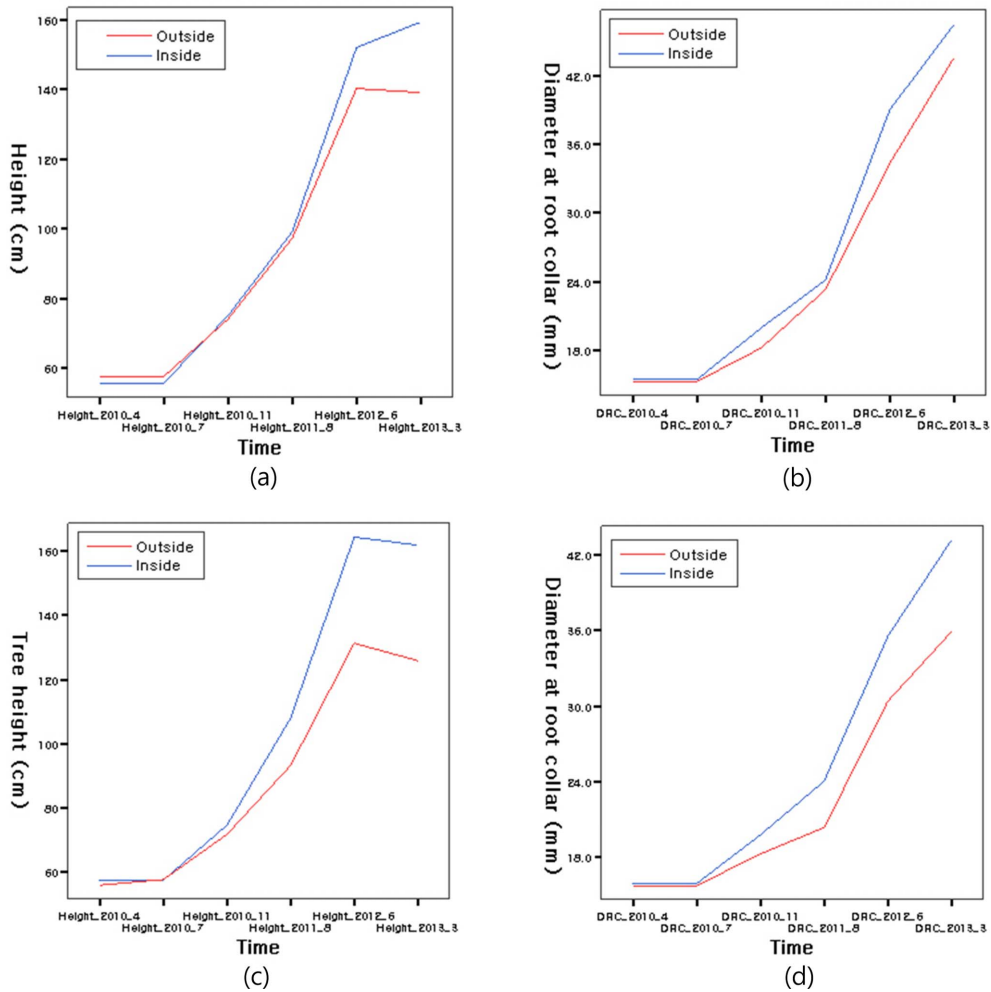


Fig. 7. Tree height and DRC of *Pinus thunbergii* by distance from wind-break. (a) and (b) : faraway windbreak, (c) and (d) : near windbreak.

내, 외부 모두 지속적으로 이루어졌으나 수고의 경우 성장 속도가 점차 둔해지고 있었다. 수고의 경우 방풍 시설 외부에서는 1.2m 이후부터, 내부의 경우 1.6m 이후부터 생장이 급격히 둔화되는 현상을 보였다(Fig. 6).

이러한 결과는 식물 세포의 광합성 및 호흡의 효율은 풍속이 증가함에 따라 2~3m/s까지 증가하며, 풍속이 증가함에 따라 증발산량이 증가하여 에너지 합성의 효율이 감소된다는 연구와 일치하였다(Campi *et al.*, 2012; Grace, 1988). 또한, 방풍 시설 구조물의 경우 최대 높이의 60~90% 만이 방풍 시설의 효과를 얻을 수 있으며 나머지 부분은 와류 및 방풍시설 최대 높이 위쪽에서 부는 강한 바람으로 인해 생기는 상승 기류의 빠른 풍속으로 인해 풍속 감소 효과가 제대로

이루어지지 않는다고 보고된 것과 같이(Preez and Krger, 1975; You, 2005), 본 연구에서의 방풍 시설 내부(풍하 측)에서 자라는 곱솔 수고의 성장량이 1.7m에서 급격히 감소한 까닭에 대한 원인 중 하나로 사료된다.

방풍 시설에서 8미터 이상 떨어진 곱솔의 수고와 근원경을 Fig. 7에, 방풍 시설에서 3m 이내에 위치한 곱솔의 수고와 근원경을 Fig. 8에 시간 경과에 따른 변화를 나타내었다. 방풍 시설에서 멀리 떨어진 경우 2011년 8월까지의 수고와 근원경 모두 방풍 시설 내부(풍하 측)와 외부(풍상 측)에서 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었으나 수고의 경우 2012년 6월부터 방풍 시설 내부에서 자라는 경우 높은 생장을

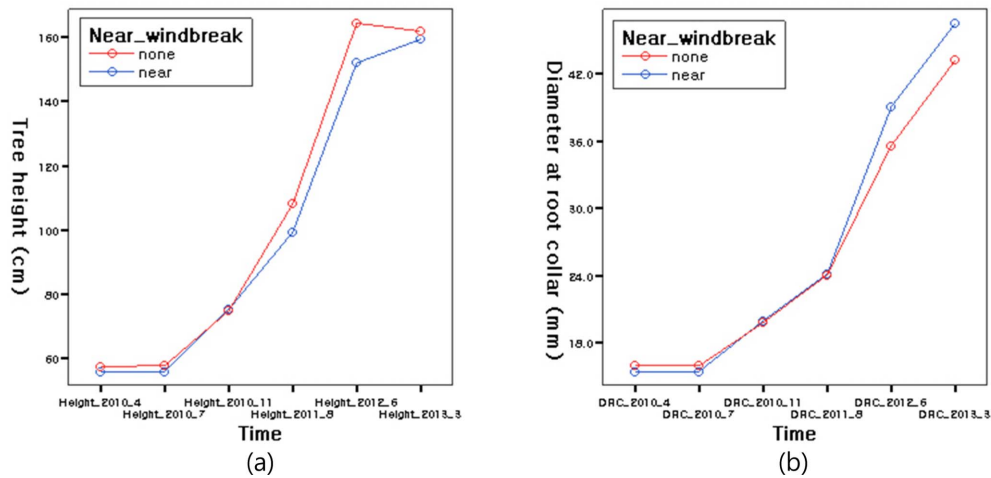


Fig. 8. Tree height (a) and DRC (b) at inside wind-break.

보였다($p < 0.05$).

방풍 시설 근처에서 자라는 경우 근원경은 2010년 11월부터, 수고는 2011년 8월부터 방풍 시설 내부에서 자라는 곰솔의 생장이 외부에서 자라는 곰솔의 성장보다 통계적으로 유의한 성장을 보였다($p < 0.05$). 즉, 방풍 시설에서 멀리 떨어진 경우 방풍 시설 설치에 의한 효과를 방풍 시설 설치 1년 이후부터 수고에 있어서 뚜렷한 차이를 보이기 시작하였다. 그러나 방풍 시설에서 인접한 경우는 근원경이 오히려 더 뚜렷한 효과를 보이는 것으로 나타났다.

한편, 방풍 시설 내부에서 자라는 곰솔 114본을 방풍 시설 근처에서 자라는 곰솔과 떨어져 자라는 곰솔로 구분하여 두 그룹 간의 수고와 근원경을 비교한 결과 근원경은 방풍 시설 인근에서 자라는 경우가 높게 나타났고, 수고는 방풍 시설에서 떨어져서 자라는 경우가 높게 나타났다(Fig. 8). 방풍 시설로부터 이격 거리와 식물의 증발산량 간에 정의 상관성이 있다고 보고된 바 있으며(Campi *et al.*, 2012), 증발산량의 증가와 수목의 수고 성장 간에도 정의 상관성이 있다고 보고된 바 있어(Salminen and Jalkanen, 2005), 본 연구에서 나타난 결과는 방풍 시설 설치로 인한 직, 간접적인 영향에 기인한 것으로 판단된다.

전반적으로 방풍 시설 내, 외부와 관계없이 방풍 시설에 인접한 곰솔의 근원경 생장이 높게 조사되었고, 일정 거리 이상 떨어진 경우 수고의 생장이 높은 것으로 조사되었으므로(Fig. 7, 8), 방풍 시설 설치 시 최적의 곰솔의 성장을 위해서는 방풍 시설로부터 이격

거리도 고려하여야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 전북 군산시 새만금 방조제(N 37°12'47", E 129°18'32")에서 방풍 시설 설치에 따른 방풍 효과와 곰솔의 초기 성장 차이를 비교하고자 시행하였다.

방풍 시설은 풍속을 약 58% 저감시키는 것으로 나타났다으며, 높이에 따른 차이는 나타나지 않았다. 따라서 방조제 사면에서 3미터까지 높이 내에서 부는 바람은 층류로 구분되어, 추후 방조제 사면에서 방풍 시설을 설치할 경우 높이에 따라 개구율을 차등하여 설치하는 것이 효율적인 것으로 사료된다.

방풍 시설 설치에 따른 곰솔의 생장은 뚜렷한 차이를 보여 방풍 시설 내부에서 자라는 경우 외부에서 자라는 경우에 비해 수고는 17%, 근원경은 13% 가량 더 높게 자란 것으로 나타났다. 그러나 근원경은 지속적으로 성장하는데 반해 수고의 경우 일정 높이 이상부터 다음 높이까지 자라는 기간은 점차 증가되고 있었다. 방풍시설 외부의 경우 수고 1미터 이상부터, 내부의 경우 2.5미터 이상부터 수고의 생장이 급격히 둔화되었다. 한편, 방풍 시설 인근에 설치한 경우와 그렇지 않은 경우와 비교한 결과 근원경의 경우 방풍 시설 근처에 있는 경우의 생장이 높았으며, 수고의 경우 방풍 시설에서 일정거리 이상 떨어진 경우의 생장이 높게 나타났다. 새만금 방조제 지역에서 곰솔의 식재 및 정상적인 생육 상황을 유지하기 위해서는 방풍

시설은 반드시 필요한 것으로 사료되며, 수목 식재는 방풍 시설로부터 일정 거리를 이격하여 식재하는 것이 올바른 것으로 판단된다.

그러나 본 연구 대상지의 경우 지속적으로 풍향이 변화하는 지역적 특성상 정확한 방풍 시설물에 대한 풍속 저감 효과를 확인하기 위해서는 실내 실험이 추가적으로 수행되어야 하며, 수목 생육 결과 또한 풍속 저감 효과와 염분으로 인한 차이를 정확히 규정하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

적 요

해풍은 육풍에 비해 더 높은 풍속, 염도, 습도를 가졌을 뿐 아니라 풍향의 전환도 빠른 특성을 갖고 있다. 수목의 초기 생장에 영향을 끼치는 주요한 인자 중 하나는 풍속이며, 일반적으로 초기 생장단계에서 수목의 성장률은 풍속이 감소될수록 증가하는 특성을 가진다. 따라서, 본 연구는 새만금 방조제에서 방풍시설을 설치함에 따라 수목의 생장과 해풍의 특성을 확인하기 위해 수행되었다. 본 연구에서는 폴리에틸렌 재질의 방풍시설(개구율 40%)이 높이 3m, 길이 130m에 걸쳐 설치되었으며, 내외부에 1, 2, 3m 높이의 풍향풍속계를 5대 설치하여 2011년부터 2012년까지 1분 간격으로 수집하였다. 새만금 방조제 시험지의 풍향 빈도는 북풍이 26.8%, 북서풍 20.3%, 북동풍 14.6% 순으로 나타났으며, 풍속은 높이별로 다르게 나타났다. 해송의 생장은 방풍시설 내부에서 자라는 경우가 외부에서 자라는 경우에 비해 수고 약 17%, 근원경 약 13% 높게 성장한 것으로 나타났다.

REFERENCES

- Arya, S. P., 2001: Introduction to micrometeorology : second edition. Academic express. 312pp.
- Ashenden, T. W. and T. A. Mansfield, 1977: Influence of wind speed on the sensitivity of ryegrass to SO₂. *Journal of Experimental Botany* **28**(3), 729-735.
- Byun, J. K., C. S. Kim, C. C. Lim, and J. H. Jeong, 2011: Soil chemical property, mortality rates and growth of planting trees from soil covering depths in coastal reclaimed land of Asan area. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **44**(3), 502-509.
- Caldwell, M. M., 1970: Plant gas exchange at high wind speed. *Plant Physiology* **46**, 535-537.
- Campi, P., A. D. Palumbo, and M. Mastrorilli, 2012: Evapotranspiration estimation of crops protected by windbreak in a mediterranean region. *Agricultural Water Management* **104**, 153-162.
- Grace, J., 1988: Plant response to wind. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **22-23**, 71-88.
- Haurwitz, B., 1947: Comments on the sea-breeze circulation. *Journal of Meteorological Society* **4**(1), 1-8.
- Jeong, Y. H., I. K. Lee, K. W. Seo, J. H. Lim, J. H. Kim, and M. H. Shin, 2011: Soil surface fixation by direct sowing of *Zoysia japonica* with soil improvement on the dredged soil slope. *Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology* **14**(4), 1-10.
- Jeong, Y. H., J. H. Lim, I. K. Lee, J. H. Kim, H. S. Kim, and K. Y. Seo, 2010: Development of vegetation base to promote tree growth in dredged sediment using soil conditioner : impressive view the soil conditioner in Saemankum on the slope of sea dike. *Spring conference of Korea Forest Society*, 385-386.
- Kang, K., 1998: Wind - Tunnel simulation on the wind fence effect. *Journal of Korea Environment Science* **7**(1), 20-26. (in Korean with English abstract)
- Lim, K. T., 1992: *Introduction of meteorology*, Donghwa technology, 274pp. (in Korean)
- Munns, R., 2002: Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* **25**, 239-250.
- Park, P. S., K. Y. Kim, W. S. Jeong, A. R. Han, J. C. Jo, J. B. Kim, and J. H. Kim, 2009: Comparison of seedling survival rate and growth among 8 different tree species in Seosan reclamation area. *Journal of Korea Forest Society* **98**(4), 496-503. (in Korean with English abstract)
- Park, S. Y., H. W. Lee, S. H. Lee, K. O. Lee, and H. E. Ji, 2011: Impact of the variation of sea breeze penetration due to terrain complexity on PBL development. *Journal of Korea Environment Science* **20**(2), 275-289. (in Korean with English abstract)
- Preez, A.F. and D.G. Krger, 1975: The effect of the heat exchanger arrangement and wind-break walls on the performance of natural draft dry-cooling towers subjected to cross-winds. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* **58**(3), 293-303.
- Salminen, H. and R. Jalkanen, 2005: Modelling the effect of temperature on height increment of Scots pine at high latitudes. *Silva Fennica* **39**(4), 497-508.
- Simpson, J. E., 1994: *Sea breeze and local wind*. Cambridge University, 239pp.
- Seginer, I., 1975: Atmospheric-stability effect on windbreak shelter and drag. *Boundary-Layer Meteorology* **8**(3-4), 383-400.
- Wadsworth, R. M., 1959: An optimum wind speed for plant growth, *Annals of Botany* **23**(1), 195-199.
- Whitehead, F. H., 1962: Experimental studies of the effect of wind on plant growth and anatomy II. *Helianthus annuus*. *New Phytologist* **61**(1), 59-62.
- Whitehead F. H. and R. Luti, 1962: Experimental studies

- of the effect of wind on plant growth and anatomy I. *Zea mays*. *New Phytologist* **61**(1), 56-58.
- Yan, Z., S. Bate, R. E. Chandle, and V. Isham, 2002: An analysis of daily maximum wind speed in northwestern Europe using generalized linear models. *Journal of Climate* **15**(15), 2073-2088.
- Yates, C. J., D. A. Norton, and R. J. Hobbs, 2000: Grazing effects on plant cover soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia implications for restoration. *Austral Ecology* **25**, 36-47.
- Yoon, J. Y., 2003: The Characteristics for wind in the 29 Cities of Korea. *Architectural Institute of Korea* **19**(11), 229-236. (in Korean with English abstract)
- You, K. P., 2005: Wind tunnel experiment about effect of protection against wind according to the variation porosity of wind fence. *Architectural Institute of Korea* **21**(4), 109-116. (in Korean with English abstract)
- 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. (in Korean with English abstract)
- Zak, D. R. and D. K. Denton, 1998: *Forest Ecology*, John Wiley & Sons. 792 pp.
- Zhu, J. K., 2001: Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* **6**(2), 66-71.