

고창 구시포 해안 곰솔림의 생장특성에 관한 연구¹

박종민^{2*} · 김성원³ · 박성학⁴

Study on Growth Characteristics of *Pinus thunbergii* Windbreak Forests around Goosipo Beach, Gochang-Gun¹

Chong-Min Park^{2*}, Seong-Won Kim³, Seong-Hak Park⁴

요 약

전라북도 고창군 상하면 구시포해수욕장 주변에 위치한 곰솔 방풍림을 대상으로 곰솔림의 생장특성을 조사 하였는 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 곰솔림의 토양은 모래의 함량이 많은 사토이고, 약산성(pH 5.73)이며, 토양염분농도는 1.42dS/m이다. 곰솔의 흉고직경, 수고, 수관폭, 형상비(수고/흉고직경)는 저밀도 임분, 중밀도 임분, 고밀도 임분의 순으로 양호하였고, 절간생장량은 고밀도 임분일수록 많았다. 특히 저밀도 임분밀도가 낮을수록 수관폭이 크고, 형상비 60 이하인 수목의 비율이 많았다. 이것은 임분밀도가 낮을수록 수목이 건전하게 성장하고 있음을 나타내는 것이다. 많은 수목이 여러 방향으로 기울어져 생육하고 있는데, 이것은 대부분의 수목이 성장 초기 단계에 바람의 영향을 받은 것이고 일부는 태풍의 영향을 받은 것으로 분석되었다. 수목의 기울기 방향의 분포율이 이 지역의 주풍방향과 상관성이 있는 것으로 분석되었다. 이 지역의 모래언덕과 곰솔림 내부에는 총 81분류군의 관속식물이 생육하고 있으며, 목본식물(24분류군)보다 초본류(57분류군)가 더 많았다. 사구식물의 경우 모래언덕이 잘 발달해 있는 명사십리 구역에는 10종류가 출현하였는데, 방파제 축조로 인해 모래언덕이 형성되지 않은 구시포해수욕장 구역은 3종의 사구식물만이 간헐적으로 출현하였다. 이 지역의 곰솔림이 건전하게 성장하고 유지되어 해안방풍림으로서의 기능을 충분히 발휘할 수 있게 하기 위해서는 고밀도와 중밀도 임분에 대한 적절한 간벌이 필요한 상태이다.

주요어 : 형상비, 임분밀도, 수목기울기, 절간생장, 해안사구

ABSTRACT

The growth characteristics of *Pinus thunbergii* windbreak forest around Goosipo Beach, Sangha-Myon, Gochang-Gun, Jeollabuk-Do have been investigated, and the results are summarized as follows.

The soil in the site was light acid sand with pH 5.7, and the mean sodium concentration of soils was 1.42dS/m. The tree diameter, height, crown width, and shape ratio(Height/DBH) were better with tree density was coming lower. Especially, the rate of shape ratio under 60 was more in sites with low tree density. This demonstrated that the trees have grown more soundly when the tree density was lower. The direction of main winds and distribution ratio of tree inclination had a correlation. The inclined trees are seemed to be influenced by main winds when they were younger and by Typhoon partly. Eighty one vascular plant species were found in the sites, and more number of herbaceous plants (57 taxa) lived there than woody plants (24 taxa). And more plant species

1 접수 2008년 11월 6일, 수정(1차 : 2008년 12월 22일, 2차 : 2009년 8월 29일), 게재확정 2009년 8월 31일

Received 6 November 2008; Revised(1st : 22 December 2008, 2nd : 29 August 2009); Accepted 31 August 2009

2 전북대학교 산림자원학과 Division of Forest Resources, Jeonbuk National University, Jeonju(561-756), Korea

3 전라북도 고창군 산림행정과 Division of Forest Administration, Gochang-gun(585-700), Korea

4 전북대학교 대학원 임학과 Dept. of Forestry, Graduate School of Jeonbuk Nat'l Univ., Jeonju(561-756), Korea

* 교신저자, Corresponding author(cmpark@jbnu.ac.kr)

of dune were found at the site where dune have developed well. Some thinning works need at high tree density areas in order to ensure effects of coastal windbreak.

KEY WORDS : SHAPE RATIO, TREE DENSITY, TREE INCLINATION, ANNUAL GROWTH, COASTAL DUNE

서론

지나친 바람은 표토를 날려 보내서 지력이 약해지고, 생육 중인 식물의 뿌리를 노출시킨다. 즉 바람에 흩날린 표면은 작물의 증발작용이 심해서 냉해를 받고, 지온이 떨어지고 건조하여 작물의 생육이 좋지 못하고, 작물을 흔들어서 기계적 상해를 입힌다. 또한 바람에 날린 흩 중 굵은 입자는 싹잎꽃 열매 등을 타격하여 손상시키고, 가는 입자는 다른 작물의 기공을 막아서 동화작용을 방해하며, 심한 경우에는 다른 곳의 전답을 매몰시킨다(Oh and Choi, 2001). 이와 같은 피해를 방지하는 가장 효율적인 대책으로 예로부터 방풍림을 조성하여왔다. 방풍림(windbreak)이란 “바람이 불어가는 쪽(windward side)과 불어오는 쪽(leeward side)에 바람막이를 만들어 원하지 않는 바람을 줄이는 인공물 또는 천연물로 이루어진 막(barrier)”이라고 할 수 있다. 원래 windbreak는 방풍막, 방풍림, 방풍장, 방풍벽 등을 일컫는 말이다(Woo, 2003).

방풍림은 강풍을 막을 뿐만 아니라 미기상적으로 좋은 토지환경을 조성한다. 즉, 방풍림은 바람의 파괴작용을 막고 보온작용(에너지 보존)을 하는 것으로서, 강풍이 부는 해안 하안산기슭과원대지 같은 곳에 조성한 농경지에서는 바람 때문에 작물경사기타 시설 등에 가해지는 피해를 방지할 수 있다. 이 외에도 방풍림은 식물과 건축구조물에 대한 염해방지, 작업환경 개선, 야생동물 서식지 제공 등 다양한 효과를 발휘한다(Murai, et al., 1992; Oh and Choi, 2001; Kawai, 1989; Kim etc., 2004).

방풍림은 미국, 러시아, 캐나다를 비롯한 많은 나라에서 오래 전부터 조성되어 왔다. 우리나라에서도 오래 전부터 바닷가를 중심으로 농가, 농작물, 과수, 가축 그리고 숲 가장자리의 입목을 바람으로부터 보호하기 위하여 마을숲의 일부 분으로서 방풍림이 조성되어 왔다. 방풍림은 태풍이나 해일에 의한 염분의 확산과 및 모래의 비사를 막는 방조림으로도 이용되어 왔고, 어부림, 항행목표, 쉼터, 야생동물 서식처 등의 기능도 겸하고 있어서 해안 주민들의 절대적인 신뢰와 관심을 받아왔다(Oh, 2002). 특히, 1952년에 시작되어 1960~1970년대에 본격적으로 시행된 해안사방사업에 의해 모래언덕을 고정하고, 연료림 생산 및 산림녹화를 위해 바닷가의

모래언덕과 노출된 입지에 조림을 많이 실시하였다(Chun and Ezaki, 2002). 지역에 따라 다르지만, 대부분의 해안림에서 해송과 소나무가 주종을 이루고, 그 밖에 느티나무, 팽나무, 사철나무 등도 방풍을 목적으로 식재되어 왔다(Woo, 2003).

최근에는 방풍림의 기능이 다양해지면서 “해안림(숲)”으로 불리기도 하며, 특히 방풍림이 지진해일(쓰나미)에 의한 해안지역에서의 대규모 재해를 저감시키는 기능에 대해서도 관심이 모아지고 있다(Chun et al., 2005; Kobayashi et al., 2005; Nakashima, 2005; Kawai, 2001). 이와 같이 해안 방풍림이 다양한 목적으로 조성 이용되어 왔으나 국내에서는 방풍림에 대한 현황조사와 연구가 아직 미약한 실정이다. 따라서 본 연구는 서해안에 위치한 고창 구시포 지역 해안방풍림인 곰솔림을 대상으로 성장특성을 조사 분석하여, 향후 곰솔 방풍림의 적정한 관리를 위한 자료를 제공하고자 수행하였다.

조사대상지 및 연구방법

1. 조사대상지 개황

고창군은 전라북도의 서남단에 위치하고, 지리적으로는 동경 126° 26'~126° 46' 북위 35° 18'~35° 34'의 범위에 위치하고 있다. 동북쪽은 전라북도 정읍시와 부안군, 동남쪽은 전라남도 장성군 및 영광군과 인접해 있고, 상하면부터 부안면까지 총 73.7km의 해안선을 끼고 있다. 그 가운데

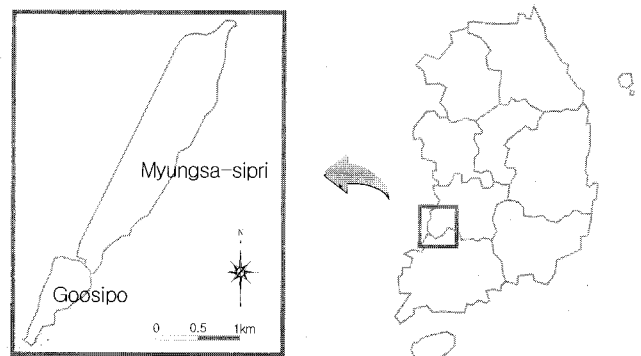


Figure 1. Location of study area in Gochang-Gun.

서 상하면은 자룡리의 구시포해수욕장과 용정리와 장호리에 걸쳐 있는 명사십리 등 총 13.3km의 해안선을 가지고 있다. 구시포해수욕장은 면적이 약 70ha로서 백사장 폭 700m 길이 800m 정도이며, 명사십리는 백사장 길이가 3,400m에 달한다. 해안선의 주 방위는 N25°W이다.

2. 곰솔림의 성장특성 조사

1) 조사구 선정

구시포해수욕장 구역과 명사십리 구역의 곰솔림을 대상으로 입목밀도에 따라 고밀도, 중밀도, 저밀도의 3가지 입분으로 구분하였다. 고밀도 입분은 명사십리 사구의 윗부분으로 인위적인 훼손이나 관리가 전혀 없는 입분이고, 중밀도 입분은 명사십리 사구의 중앙부에 위치하여 고사목열세목도복된 나무 등을 제거한 관리가 1차례 시행된 입분이며, 저밀도 입분은 구시포해수욕장 배후지로 이용객들에 의해 자동차 통행로 및 주차장, 캠프장 등으로 이용되어 훼손이 많은 입분이다.

2) 토양조사

각 각의 방형구에서 3지점을 임의로 선정하여 표토를 10cm 걷어낸 후 약 500g 정도의 토양을 채취하였다. 채취한 토양시료를 실험실로 옮겨 그늘지고 통풍이 잘 되는 곳에서 2주간 음건시킨 후에 토양체(No. 10)로 쳐서 뿌리 등 이물질을 완전히 제거하고 분석시료로 이용하였으며 분석내용은 입도구성 및 토성, pH, 토양염분농도 등이다.

3) 성장량조사

각 입분별로 10m×10m 크기의 방형구를 10개씩 무작위로 설정하여 매목조사를 통해 ha당 생립본수, 수고, 흉고직경, 지하고, 수관폭, 절간생장량, 형상비, 지하고율 등을 다음의 방법으로 측정 또는 계산하였다(Toyonobu etc., 2003;

Murai, et al., 1992; Cha etc., 2004).

- ① ha당 생립본수 : 입분밀도별로 설정한 10개 방형구의 본수를 평균하여 ha당 생립본수를 환산
- ② 수고, 흉고직경, 지하고, 수관폭 : 방형구 내의 수목에 대해 매목조사
- ③ 절간생장량 : 지용(branch collar)이 비교적 뚜렷하여 절간생장량을 측정하기에 적합하다고 판단된 수목을 방형구마다 3그루씩(입분 밀도별로 총 30그루씩) 선정하여 수고측정봉(미국, 직독식, 15m)으로 측정
- ④ 형상비 : 각 입목의 흉고직경과 수고와의 비율
- ⑤ 지하고율 : 각 입목의 지하고와 수고와의 비율

3. 바람특성과 수목기울기 조사

1) 풍향과 풍속 조사

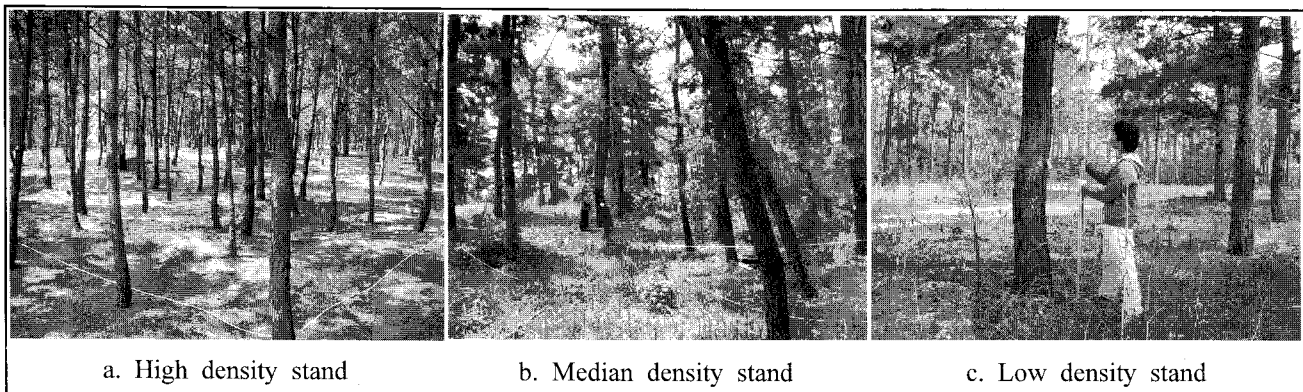
조사지의 바람의 방향과 수목의 기울기와의 연관성을 분석하기 위해 한국기상청의 기상월보(1973~2003년)를 기준으로 조사지와 가장 가까운 부안관측소의 풍향과 풍속자료를 조사하였다.

2) 수목의 기울기 조사

곰솔림 수목 300그루를 대상으로 임의 선정 후 방위계(순토펜파스, KB14)와 경사계(순토크로노메타, PM5/360PC)를 이용하여 기울기와 방향을 측정하였다.

4. 사구식생 및 곰솔림 하층식생 조사

2006년 4월 8일부터 6월 6일까지 3차례에 걸쳐 해안사구 지역과 곰솔림 하부에 생육하고 있는 식물종(식재종 포함)을 조사하였고, 조사된 식물의 배열순서와 학명의 기재는 Engler분류체계(Melchior, 1964)에 따라 정리하였으며, 식물구계학적 특정식물종은 제2차 전국자연환경조사 지침에 따라 정리하였다(Kim, 2000).



a. High density stand

b. Median density stand

c. Low density stand

Figure 2. Landscape of *Pinus thunbergii* windbreak forests by stand density types.

결과 및 고찰

1. 곰솔림의 토양특성

전북 고창군 구시포해수욕장 및 명사십리 곰솔림의 평균적인 토양특성은 Table 1에 나타난 바와 같다. 토성은 모래의 함량이 95.7% 이상인 사토이고, pH는 5.7~5.8의 범위로서 토성과 pH는 임분밀도에 따라 차이가 없었다. 토양 염분농도에 있어서는 이용영향이 가장 적은 고밀도 임분에서 가장 높았고, 다음으로 해수욕장 이용객에 의한 압력이 많은 저밀도 임분이 중간 농도를 보였으며, 곳곳에 농경지로 개간되어 각종 작물이 재배되고 있는 중밀도 임분에서 가장 낮은 농도를 나타내었다. 즉 토양의 염분농도는 임분의 밀도와 관련이 있다기보다는 곰솔림의 이용형태와 더 관련이 있는 것으로 생각된다. 세 임분의 평균 토양염분농도는 1.42dS/m로서, 이 정도의 염분농도는 관수를 전제로 한 논밭농사가 가능한 범위로서 곰솔의 성장을 저해하지는 않을 것으로 판단된다. 이것은 이곳의 곰솔림이 30~40년 동안 성장(Table 2)하면서 토양에서 염분을 제거하는 작용을 하였을 것으로 추정되고, Kim(2003)의 동해안 사구 곰솔림에 관한 연구에 의하면 곰솔림 토양의 염분농도가 낮은 것은 여름 장마철의 잦은 집중호우에 의해 탈염이 많이 이루어졌기 때문이라고 하였는데, 이곳에서도 강우에 의한 탈염의 영향도 있었을 것으로 판단된다. 유기물 함량은 탈락된 지엽의 양이 많은 고밀도 임분에서 가장 많았고, 이용압력이 많아 밀도가 낮아질수록 적게 나타났다. 전질소와 유효인산

수령은 명사십리의 고밀도 임분은 25~27년, 명사십리 중앙부의 중밀도 임분은 35~37년이고, 구시포해수욕장내 저밀도 임분은 43~45년이였다(Table 2). 따라서 구시포해수욕장 주변의 곰솔림은 1962~1964년과 1977~1978년경에 조성된 것으로 추정되며, 이것은 관계공무원과 지역주민들의 증언과 거의 일치하였다. 조성당시의 식재밀도는 10,000본/ha(곰솔 7,000본/ha, 아까시나무 3,000본/ha)으로 추정되며, 이것을 기준으로 계산된 임분별 고손율과 생립본수는 고밀도 임분은 고손율 32.0%와 생립밀도 2,380본/ha, 중밀도 임분은 고손율 66.9%와 생립밀도 1,160본/ha, 저밀도 임분은 고손율 77.1%와 생립밀도 800본/ha이었다(Table 2). 고밀도 임분에서의 고손율은 모두 자연고사에 의한 것이라고 할 수 있고, 중밀도와 저밀도 임분에서의 고손율은 성장초기에 자연고사한 것과 인접한 해수욕장 이용객에 의해 훼손된 것이 합해진 것이라고 볼 수 있다.

2) 직경성장

조사대상지 곰솔림의 흉고직경에 대한 조사결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 임분별 평균 흉고직경은 고밀도 임분 12.7cm, 중밀도 임분 21.5cm, 저밀도 임분 25.9cm로서 임분의 밀도가 낮을수록 직경이 크게 나타났다. 고밀도 임분이 중밀도 임분과 저밀도 임분에 비해 평균 흉고직경이 현저히 작았지만, 중밀도 임분과 저밀도 임분의 차이는 아주 적었다. 직경급의 분포율은 고밀도 임분은 10cm 이하가 24.4%, 10~15cm가 53.8%, 15~20cm가 19.3%, 20~25cm가 2.5%로서 대부분의 임목이 직경 10~20cm의 범위에 있으며, 직

Table 1. Soil characteristic by stand density

Classification	Grain Size(%)			Soil Texture*	pH	EC (dS/m)	Organic matter(%)	Total Nitrogen(%)	Avail. P ₂ O ₄ (mg/kg)
	Sand	Silt	Clay						
High density stand	93.2	0.6	2.2	Sand	5.7	2.66 ^a	0.87 ^a	0.027 ^b	36.5 ^b
Median density stand	96.8	0.8	2.4	Sand	5.8	0.53 ^c	0.73 ^b	0.064 ^a	68.2 ^a
Low density stand	97.2	4.0	2.8	Sand	5.7	1.07 ^b	0.52 ^c	0.018 ^{bc}	23.8 ^c
Mean	95.7	1.8	2.5	Sand	5.7	1.42	0.71	0.036	42.8

* Soil Texture : USDA method

** The different letters indicate significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

은 중밀도 임분에서 가장 많은 함량을 나타내었는데, 이것은 그 임분 내에 경작지가 산재해 있어서 경작지에 대한 시비의 효과인 것으로 판단된다.

2. 곰솔의 성장특성

1) 수령과 생립밀도

Table 2. Age and tree density characteristic by stand density types

Classification	Age (year)	Mortality (%)	Tree density (stock/ha)
High density stand	25~27	32.0	2,380
Median density stand	35~37	66.9	1,160
Low density stand	43~45	77.1	800

경 25cm 이상의 입목은 없었다. 중밀도 임분은 10cm 이하가 1.7%, 10~15cm가 17.2%, 15~20cm가 25.9%, 20~25cm가 22.4%, 25~30cm가 20.7%, 30cm 이상이 12.1%를 차지하여 15~30cm까지 고른 분포를 보였다. 저밀도 임분은 10cm 이하가 2.5%, 15~20cm 17.5%, 20~25cm가 27.5%, 20~25cm가 25.0%, 30cm 이상이 27.5%로서 20cm 이상의 입목이 많은 비율을 차지하고 있다.

이와 같은 임분별 직경급의 분포는 임분의 밀도와도 관계가 있지만, 본 조사대상지는 임분의 수령이 각각 다르기 때문에 직경급의 차이를 임분밀도의 영향만으로 해석하기는 어렵다. 즉, 저밀도 임분은 1962~1964년 경에 식재되어 수령이 약 45년이고, 중밀도 임분은 1970년대 초에 식재되어 수령이 약 36년이며, 고밀도 임분은 1977~1978에 식재되어 수령이 약 30년이다(Table 2). 이러한 수령의 차이를 고려하더라도 고밀도 임분의 경우는 직경이 현저히 작은 것으로서, 적절한 밀도관리가 필요한 것으로 판단된다.

3) 수고생장

임분별 평균수고는 고밀도 임분 9.3m, 중밀도 임분 14.0m, 저밀도 임분 14.2m로서 임분의 밀도가 낮을수록 수고생장이 양호하였다. 흉고직경과 마찬가지로 고밀도 임분이 중밀도 임분과 저밀도 임분에 비해 평균수고가 현저히 작았지만, 중밀도 임분과 저밀도 임분의 차이는 아주 적었다. 고밀도 임분의 수고의 분포율은 9m 이하가 36.1%, 9~11m가 55.5%, 11~13m가 8.4%로서 대부분의 입목이 수고 11m 이하였다. 중밀도 임분은 9m 이하가 12.1%, 9~11m가 15.5%, 11~13m가 8.6%, 13~15m가 13.8%, 15~17m가 25.9, 17m 이상이 24.1%로서 수고 13m 이상의 입목이 많은 비율을 차지하였다. 저밀도 임분은 9m 이하가 2.5%, 9~

11m가 2.50%, 11~13m가 12.5%, 15~17m가 50.0%로서 대부분의 입목이 수고 13~17m의 범위에 있었다(Table 4). 이와 같이 임분의 밀도가 낮을수록 수고가 큰 것은 직경생장의 경우와 마찬가지로 수령의 차이에서 기인한 것으로 분석된다. 이러한 분석은 다음의 절간생장량 비교에서 절간생장량이 고밀도 임분, 중밀도 임분, 저밀도 임분의 순으로 컸던 것과 관련지어 보면 타당하다고 인정될 것이다.

4) 절간생장

임분별 평균 절간생장량은 고밀도 임분 48.8cm 중밀도 임분 43.3cm 저밀도 임분 34.8cm로서 임분의 밀도가 높을수록 절간생장량이 컸다(Figure 3). 생장기 동안의 연도별 절간생장량은 모든 임분에서 공통적으로 초기 생장기 동안 많은 생장량을 보이다가 점차 감소 또는 둔화되는 특징을 나타내었다(Figure 4). 또한 임분밀도가 높을수록 절간생장량이 많은 것은 햇빛경쟁의 결과로 분석된다. 특히 고밀도 임분에서 1996년 이후에 절간생장량이 많이 감소한 것은 임분 내에서 고사목들이 증가하고 또 최근에는 임분의 입목들이 우세목과 열세목으로 양분되어 햇빛경쟁이 완화된 결과로 분석된다. 직경생장에 비해 과도한 수고생장은 수목의 건전성을 나타내는 형상비에 영향을 미치게 된다. 따라서 중밀도 및 고밀도 임분에서 절간생장량을 감소시키고 직경생장량을 증진시키기 위해서는 적절한 간벌의 시행이 필요하다.

5) 수형특성

① 지하고와 지하고율

임분밀도에 따른 수목의 평균 지하고는 저밀도 임분 8.2m, 중밀도 임분 7.9m, 고밀도 임분 4.7m로서 입목밀도가 높을수록 낮았다. 지하고율도 저밀도 임분 57.7%, 중밀

Table 3. DBH growth characteristic by stand density types

Classification	Mean (cm)	Min. (cm)	Max. (cm)	Distribution percentage of DBH grade(%)					
				~10cm	10~15cm	15~20cm	20~25cm	25~30cm	30cm~
High density stand	12.7±3.21	6.1	22.0	24.4	53.9	19.3	2.5	-	-
Median density stand	21.5±4.50	5.2	32.5	1.7	17.2	25.9	22.4	20.7	12.1
Low density stand	25.9±7.01	8.7	43.7	2.5	-	17.5	27.5	25.0	27.5

Table 4. Height growth characteristic by stand density types

Classification	Mean (m)	Min. (m)	Max. (m)	Distribution percentage of Height grade(%)					
				~9m	9~11m	11~13m	13~15m	15~17m	17m~
High density stand	9.3±1.18	5.9	12.0	36.1	55.5	8.4	-	-	-
Median density stand	14.0±1.41	10.5	19.4	12.1	15.5	8.6	13.8	25.9	24.1
Low density stand	14.2±1.74	5.9	16.4	2.5	2.5	12.5	32.5	50.0	-

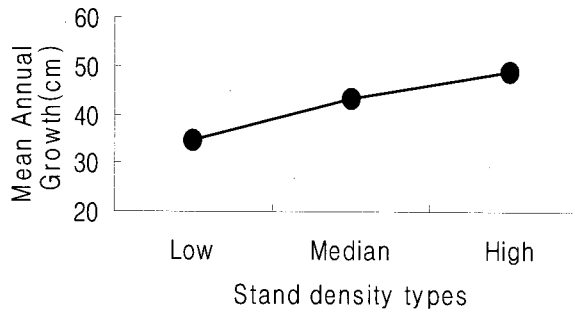


Figure 3. Mean annual growth by stand density types

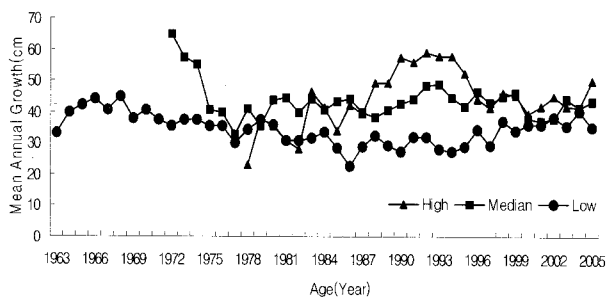


Figure 4. Annual growth pattern of *Pinus thunbergii* by stand density types.

도 임분 54.4%, 고밀도 임분 50.3%로서 지하고와 마찬가지로 입목밀도가 높을수록 낮아졌다(Table 5). 이것은 고밀도 임분에서는 지하고가 낮은 데 비해 수고가 작고, 중밀도와 저밀도 임분은 지하고가 높은 데 비해 수고가 크기 때문이다. 또한, 중밀도와 저밀도 임분의 곰솔도 성장기에 고밀도 임분 단계에서 가지가 고사하였기 때문에 현재 임분 상태에서 지하고가 높은 것으로 분석된다.

② 수관폭

임분별 평균 수관폭은 고밀도 임분의 경우 동서 2.98m 남북3.00m, 중밀도 임분의 경우 동서 4.52m 남북 4.44m, 저밀도 임분의 경우 동서 5.90m 남북 5.67m로서 임분의 밀도가 낮을수록 수관폭이 컸다. 즉 흉고직경 및 수고와 마찬가지로 고밀도 임분이 중밀도 임분과 저밀도 임분에 비해

수관폭이 현저히 작았다(Table 5).

③ 형상비

흉고직경과 수고와의 비(比)인 형상비의 평균값은 고밀도 76.6%, 중밀도 67.3%, 저밀도 58.0%로서 임분의 밀도가 높을수록 형상비가 큰 것으로 나타났다(Table 5). 고밀도 임분에서 형상비의 계급별 분포는 40~50이 0.8%, 50~60이 9.2%, 60~70이 26.1%, 70~80이 29.4%, 80~90이 15.1%, 90~100이 13.5%, 100 이상이 5.9%이었다. 중밀도 임분에서는 40~50이 3.5%, 50~60이 20.7%, 60~70이 37.9%, 70~80이 22.4%, 80~90이 13.8%, 90~100이 1.7%이었다. 저밀도 임분에서는 40이하 10.0%, 40~50이 15.0%, 50~60이 27.5%, 60~70이 30.0%, 70~80이 15.0%, 80~90이 2.5%이었다(Figure 5). 수목의 형상비는 수목의 건전성을 나타내는 지표의 하나로서 형상비 60 이하를 건전한 것으로 평가한다(Toyonobu et al., 2003). 본 조사대상지의 경우 형상비 60 이하의 비율이 고밀도 임분 10.1%, 중밀도 임분 24.2%, 저밀도 임분 52.5%로서 단위면적당 생립본수가 적을수록 수목의 건전성이 높은 것으로 파악되었다.

Ahn(2006)과 Cha et al.(2004)이 서해안 태안반도의 3개 해수욕장 배후에 조성된 곰솔림을 대상으로 조사한 바에 의하면 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭, 지하고율 및 절간생장량이 모두 고이용 임분>중이용 임분>저이용 임분의 순이라고 하였고, 평균 형상비는 82.8~86.3(전체평균 84.0)

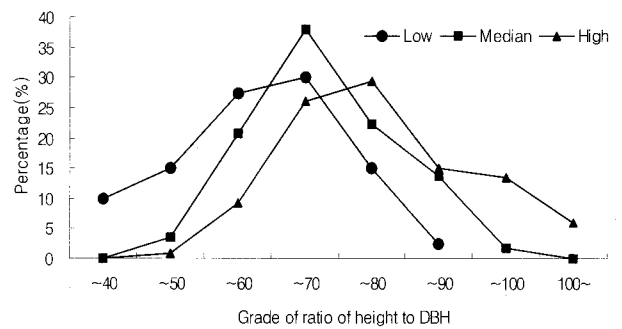


Figure 5. Grade distribution percentage of ratio of height to DBH.

Table 5. Tree form characteristic by stand density types

Classification	Clear length (m)	Ratio clear length(%)	Crown width of E-W(m)	Crown width of N-S(m)	Ratio of height to DBH(%)
High density stand	4.7±0.74	50.3	5.90±1.06	5.67±1.17	76.6
Median density stand	7.9±1.07	54.4	4.52±1.17	4.44±1.47	67.3
Low density stand	8.2±1.34	57.7	2.98±2.07	3.00±2.28	58.0

이라고 하였다. 이것과 비교하면 본 연구대상지 곰솔림은 흉고직경, 수고, 수관폭은 저밀도 임분 일수록 크게 나타나 비슷한 경향을 보였다. 그러나 형상비는 태안반도 곰솔림에 비해 구시포해수욕장 주변 곰솔림에서 58.0~76.6으로 낮게 나타났다. 특히 저밀도 임분의 형상비가 60 이하인 수목이 52.5%를 차지하여 저밀도 임분 곰솔의 건전성이 양호한 것으로 평가되었다.

해안림이 지나는 다양한 기능을 제대로 발휘하기 위해서는 혼효림의 복층구조를 이루는 것이 이상적이다(Kim et al., 2004). 그 조건에서 보면 곰솔 단순림의 경우 지하고가 낮고 가지의 발달이 양호하며 형상비가 작은 수형 및 임분상태가 이상적이라고 할 수 있다(Nakashima, 2005). 따라서 본 연구 대상지의 경우 중밀도 임분과 고밀도 임분에서는 적절한 간벌을 시행해야 하고, 저밀도 임분에서는 훼손된 나지에 보완식재가 필요한 상태이다.

3. 바람특성과 수목의 기울기

1) 바람 특성

1973년부터 2003년까지의 기상자료를 분석한 결과, 본 조사대상지 주변의 월평균 풍속은 1.8m/s이며, 1.4~2.2 m/s의 범위로 비교적 약한 바람이 불며, 매월 풍속은 평균풍속 범위의 값을 보였다. 연평균 최대풍속은 8.2m/s으로 최고 12.2m/s이며, 연평균 순간최대풍속은 14.1m/s으로 최고 24.4m/s를 나타내었다. 풍향은 북서풍이 주풍(13%)이며, 북동풍과 북풍을 포함하여 북쪽에서 불어오는 바람이 많은 특성을 나타내고 있다(Figure 6). 그러나 이 바람특성을 관측한 곳이 본 조사대상지에서 약 40km 거리에 있는 부안관측소이기 때문에 미기후적으로는 차이가 있을 것으로 보인다.

2) 수목의 기울기 특성

수목이 바람에 의해 기울어진 평균각도는 Table 6에 나타난 바와 같이 구시포해수욕장 구역에서는 평균 15.0°, 명사

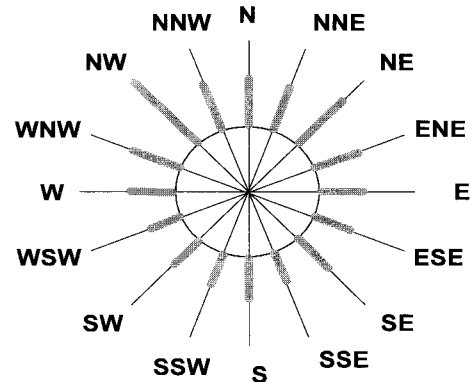


Figure 6. Mean annual wind rose around Goosipo beach

십리 구역에서는 15.4°로 두 구역에서 비슷하게 나타났다. 기울기 각도의 분포를 보면 구시포해수욕장 구역은 10° 미만이 19%, 10°~20° 이 58%, 20°~30° 이 17%, 30°~40° 이 4%, 40° 이상이 2%이고, 명사십리 구역은 10° 미만이 8.5%, 10°~20° 이 67.1%, 20°~30° 이 22.6%, 30°~40° 이 1.2%, 40° 이상이 0.6%였다. 기울기의 평균각도와 마찬가지로 두 구역 곰솔림의 기울기 각도의 분포비율이 비슷한 것은 두 곳의 곰솔림이 동일한 해안선에 인접해 있어서 풍향과 풍속이 동일하기 때문이다.

각 방위별로 수목이 기울어진 평균각도는 구시포해수욕장 구역에서는 4방위에서 40° 정도로 비슷하게 나타났는데,

Table 6. Distribution percentage of trees by declination grades (Unit: %)

Region	Mean(°)	~10°	10~20°	20~30°	30~40°	40°~
Goosipo	15.0	19.0	58.0	17.0	4.0	2.0
Myungsa-sipri	15.4	8.5	67.1	22.6	1.2	0.6

Table 7. Declination characteristic of trees by direction

Direction	Goosipo			Myungsa-sipri		
	Mean of declination(°)	Mean of azimuth(°)	Ratio of direction(%)	Mean of declination(°)	Mean of azimuth(°)	Ratio of direction(%)
NW	12.4	40.5	4.0	10.0	15.0	0.6
NE	14.0	41.7	23.0	-	-	-
SE	14.9	40.5	63.0	15.4	26.7	78.0
SW	14.6	43.6	10.0	15.2	25.1	21.4
Mean	14.9			15.4		

명사십리 구역에서는 N-E 방위로 기울어진 수목은 없었고 나머지 3방위에서 15~27° 범위로 차이가 많았다. 수목이 기울어진 방위별 수목의 분포비율은 구시포해수욕장 구역에서는 N-W 방향 4%, N-E 방향 23%, S-E 방향 63%, S-W 방향 10%이었고, 명사십리 구역은 N-W 방향 0.6%, S-E 방향 78%, S-W 방향 21.4%를 나타내었다(Table 7). 이와 같은 수목기울기의 방위분포는 전반적으로 풍향특성과 일치하는 것으로서 식재 후 치수단계에서 바람의 영향으로 기울어져서 성장한 것으로 판단된다. 특히 곰솔은 상록수이기 때문에 겨울철의 주풍인 북서풍의 영향을 많이 받은 것으로 분석된다. 북서 방향과 북동 방향으로 기울은 수목들은 성장기에 태풍의 영향을 받은 것으로 분석된다.

해안림으로 식재한 수목이 기울어 성장하면 그 나무의 수형이 불량해지는 것뿐만 아니라 주변 입목들의 성장에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 따라서 해안림을 조성할 때에는 바람막이 시설을 설치하거나 지주를 설치하여 보호해 주어야 한다(Woo, 2003; Kim et al., 2004).

4. 사구식생 및 곰솔림 하층식생

본 조사에서 확인된 구시포와 명사십리의 해안 모래언덕과 곰솔림 내에 생육하는 관속식물은 Table 8과 Table 9에 나타난 바와 같이 33과 65속 64종 14변종 3품종으로 총 81분류군이였다. 이 가운데 목본식물은 10과 17속 17종 5변종 3품종으로 총 25분류군으로서 초본류(57분류군)가 많은 수를 차지하고 있었다. 콩과(Leguminosae) 식물이 13분류군으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로 국화과(Compositae)와 벼과(Gramineae) 식물이 각 9분류군으로 비교적 많이 출현하고 있다. 모래언덕에는 갯질경이, 갯메꽃, 갯완두, 사철쭉, 나문재, 갯쇠보리, 좁보리사초, 통보리사초, 갯그령, 띠 등 10종이 대부분 군락을 이루며 생육하고 있었다. 특히, 명사십리 구역의 모래언덕에서는 갯그령 군락이 대단위로 우점하고 있고, 전반적으로 많은 종류의 사구식물이 출현하였다. 그러나 구시포의 경우 방파제공사로 인해 모래언덕이 거의 형성되어 있지 않아 사구식물은 갯질경이, 갯메꽃, 갯완두 등 3종만이 간헐적으로 출현하였다. 곰솔림 내부에서는 모두 71분류군이 출현하였는데, 두 구역에서 비슷한 분포를 나타내었다.

Table 8. The list of coastal plants in sand dune and *Pinus thunbergii* forests

Scientific Name	Korean Name	Class*	Location	
			Goosipo	Myungsa-sipri
<i>Suaeda asparagoides</i> M.	나문재			○
<i>Lathyrus japonicus</i> Willd.	갯완두		○	○
<i>Plantago major</i> for. <i>yeszomaritima</i> (Koidz.) Ohwi	갯질경		○	○
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem. & Schultb.	갯메꽃	I	○	○
<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.	사철쭉			○
<i>Ischaemum antheplhoroides</i> (Steud.)Miq.	갯쇠보리	I		○
<i>Elymus mollis</i> Trin.	갯그령	III		○
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> (Retz) Pilg.	띠			○
<i>Carex pumila</i> Thunb.	좁보리사초			○
<i>Carex kobomugi</i> Ohwi	통보리사초	I		○

*Class: Specific plant species(Kim, 2000)

Table 9. The list of understory vegetation in investigated *Pinus thunbergii* windbreak forests

Scientific Name	Korean Name	Class*	Location	
			Goosipo	Myungsa-sipri
<i>Equisetum arvense</i> L.	쇠뜨기		○	○
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	곰솔		○	○
<i>Quercus aliena</i> Blume	갈참나무		○	○
<i>Quercus dentata</i> Thunb. ex Murray	떡갈나무		○	
<i>Quercus serrata</i> Thunb. ex Murray	졸참나무		○	○

Table 9. (Continued)

Scientific Name	Korean Name	Class*	Location	
			Goosipo	Myungsa-sipri
<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc.	환삼덩굴		○	○
<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich.	모시풀		○	○
<i>Rumex crispus</i> L.	소리쟁이		○	○
<i>Persicaria perfoliata</i> (L.) H.Gross	머느리배꼽		○	
<i>Persicaria modosa</i> Opiz	큰개여뀌		○	○
<i>Persicaria thunbergii</i> S.et. Z.	고마리		○	○
<i>Persicaria conspicua</i> (Nakai) Nakai ex Mori	꽃여뀌		○	○
<i>Phytolacca americana</i> L.	미국자리공		○	○
<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop.	쇠별꽃		○	○
<i>Silene firma</i> Siebold & Zucc.	장구채		○	○
<i>Cocculus trilobus</i> (Thunb.) DC.	댕댕이덩굴		○	○
<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> Makino	명아주		○	○
<i>Achyranthes japonica</i> (Miq.) Nakai	쇠무릎		○	○
<i>Eurya japonica</i> Thunb.	사스레피나무	I	○	
<i>Lepidium virginicum</i> L.	콩다닥냉이		○	○
<i>Rubus parvifolius</i> L. for. <i>parvifolius</i>	멍석딸기		○	○
<i>Rubus coreanus</i> M.	복분자딸기			○
<i>Rubus idaeus</i> var. <i>microphyllus</i> T.	멍덕딸기			○
<i>Quercus gilva</i> Blume	돌가시나무		○	
<i>Prunus persica</i> (L.) Bstsch for. <i>persica</i>	복사나무		○	
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. var. <i>multiflora</i>	찔레꽃			○
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> E.H. Wilson	벚나무		○	○
<i>Rosa rugosa</i> Thunb. var. <i>rugosa</i>	해당화		○	○
<i>Robinia pseudo-acacia</i> L.	아까시나무		○	○
<i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb.	전동싸리		○	
<i>Lespedeza pilosa</i> (Thunb.) Siebold & Zucc.	괭이싸리		○	
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	족제비싸리		○	
<i>Wisteria floribunda</i> (Willd.) DC. for. <i>floribunda</i>	등나무		○	
<i>Ampicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> H. O.	새콩		○	○
<i>Lespedeza cuneata</i> G.Don	비수리		○	○
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetilis</i> K.	살갈퀴		○	○
<i>Aeschynomene indica</i> L.	자귀풀			○
<i>Rhynchosia volubilis</i> Lour.	여우콩		○	○
<i>Phaseolus nipponensis</i> O.	새팥		○	○
<i>Trifolium repens</i> L.	토끼풀		○	○
<i>Rhus tricocarpa</i> Miq.	개웃나무		○	○
<i>Vitis ficifolia</i> var. <i>sinuata</i> (Regel) H.hara	까마귀머루		○	
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Tautv.	개머루		○	○
<i>Tilia amurensis</i> R.	피나무	I		○
<i>Viola mandshurica</i> W.Becker	제비꽃		○	○
<i>Oenothera lamarckiana</i> Ser.	큰달맞이꽃		○	○
<i>Oenothera biennis</i> L.	겉달맞이꽃		○	○
<i>Hydrocotyle ramiflora</i> M.	큰피막이		○	○
<i>Pyrola japonica</i> Klenze ex Alef.	노루발			○

Table 9. (Continued)

Scientific Name	Korean Name	Class*	Location	
			Goosipo	Myungsa-sipri
<i>Ligustrum obtusifolium</i> S. et Z.	쥐똥나무		○	
<i>Rubia akane</i> Nakai	꼭두서니		○	○
<i>Paederia scandens</i> M.	계요등		○	○
<i>Erigeron canadensis</i> L.	망초		○	○
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	큰방가지똥		○	○
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> H.	쑥		○	○
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (Bunge) P. et K.	고들빼기		○	○
<i>Hemistepa lyrata</i> Bunge	지칭개		○	○
<i>Gnaphalium affine</i> D. Don	떡쑥		○	○
<i>Artemisia feddei</i> H. Lev. & Vaniot	뽕쑥		○	○
<i>Ixeris strigosa</i> H. et V.	선쑥바귀		○	○
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> (Kuntze) H. Hara	왕고들빼기		○	○
<i>Hemerocallis fulva</i> (L.) L.	원추리		○	
<i>Ophiopogon japonicus</i> (L.f.) Ker Gawl.	소엽맥문동		○	
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> Buchenau	글꼴		○	○
<i>Commelina communis</i> L.	닭의장풀		○	○
<i>Avena fatua</i> L.	메귀리		○	○
<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> O.	개밀		○	○
<i>Oplismenus undulatifolius</i> P. B. var. <i>undulatifolius</i>	주름조개풀		○	○
<i>Lolium perenne</i> L.	호밀풀		○	○
<i>Phragmites communis</i> Trin.	갈대		○	○

*Class: Specific plant species(Kim, 2000)

결론

전라북도 고창군 상하면 구시포해수욕장 주변에 위치한 곰솔 방풍림을 대상으로 곰솔림의 성장특성을 조사 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 곰솔림의 토양은 모래의 함량이 많은 사토이고, 약산성(pH 5.7)이며, 토양염분농도는 1.42dS/m이다.
2. 곰솔의 흉고직경, 수고, 수관폭, 형상비는 저밀도 임분, 중밀도 임분, 고밀도 임분의 순으로 양호하였고, 절간생장량은 고밀도 임분일수록 많았다. 특히 저밀도 임목밀도가 낮을수록 수관폭이 크고, 형상비 60 이하인 수목의 비율이 많았다. 이것은 임목밀도가 낮을수록 수목이 건전하게 성장하고 있음을 나타내는 것이다.
3. 많은 수목이 여러 방향으로 기울어져 생육하고 있는데, 이것은 대부분의 수목이 성장 초기 단계에 바람의 영향을 받은 것이고 일부는 태풍의 영향을 받은 것으로 분석되었다. 수목의 기울기 방향의 분포율이 이 지역의 주풍방향과 상관성이 있는 것으로 분석되었다.
4. 이 지역의 모래언덕과 곰솔림 내부에는 총 81분류군의 관속식물이 생육하고 있으며, 목본식물(24분류군)보

다 초본류(57분류군)가 더 많았다. 사구식물의 경우 모래언덕이 잘 발달해 있는 명사십리 구역에는 10종류가 출현하였는데, 방파제 축조로 인해 모래언덕이 형성되지 않은 구시포해수욕장 구역은 3종의 사구식물만이 간헐적으로 출현하였다.

5. 이 지역의 곰솔림이 건전하게 성장하고 유지되어 해안 방풍림으로서의 기능을 충분히 발휘할 수 있게 하기 위해서는 고밀도와 중밀도 임분에 대한 적절한 간벌이 필요한 상태이다.

인용문헌

- Ahn, J. H.(2006) A Study on the Growth Characteristics of Coastal Windbreak Forests. M.S. thesis, Univ. of Chonbuk, Jeonju, Korea, 44pp.
- Cha, D. S., K. W. Chun, J. H. Oh, J. W. Lee, C. M. Park, I. S. Choi and T. Ezaki(2004) A study on coastal sand-dune of Taean national park in west coastal area of Korea (I) -On the Sambong, Gijipo and Baeksajang beach-. Jour. of the Japanese Society of Coastal Forest 4(1):15-20.
- Chun, K. W., S. W. Kim, K. N. Kim, K. Nakasima and T.

- Ezaki(2005) Construction of coastal forest and non-structural countermeasure for Tsunami in the East Sea area of Korea. Proc. of joint seminar of Korean Society of Coastal Forest and Japanese Society of Coastal Forest, pp. 31-37.
- Chun, K. W. and T. Ezaki(2002) A study on coasta sand dune fixation and stabilization in Korea(I) -On progress and erosion control facilities-. Jour. of the Japanese Society of Coastal Forest 2(1): 1-4.
- Kawai, E(1989) Construction and land use of coastal forest throughout coastal disaster prevention. 41st proc. of Japanese Forestry Society(Kanto Branch), pp. 253-255.
- Kawai, E(2001) Change of the role of a forest for coastal disaster prevention. Jour. of the Japanese Society of Coastal Forest 1(1):17-20.
- Kim, K. H., C. M. Park and Y. S. Jung(2004) Wind Break and Other Measures to Control Soil Dust in the Reclaimed Land. Rural Research Institute. Rep. Korea, pp. 354-362.
- Kim, C. H.(2000) Assessment of Natural Environment - I. Selection of Plant Taxa-. Korean J. Environ. Biol. 18(1):163-198.
- Kim, S. H.(2003) Ecological characteristics of Japanese black pine(*Pinus thunbergii*) forest of East coastal sand dunes in Korea. Ph. D. thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 121pp.
- Kobayashi, N., T. Kakihara, K. W. Chun, T. Ezaki and Y. Yoshitake(2005) Tsunami and role of coastal forest. Proc. of joint seminar of Korean Society of Coastal Forest and Japanese Society of Coastal Forest, pp. 151-152.
- Melchior, H.(1964) A Engler's syllabus der pflanzenfamilien band II. Gebruder Borntraeger. Berlin. 666pp.
- Murai H, M. Ishikawa, J. Endo and R. Tadaki(1992) The Coastal Forest in Japan. Soft Science Inc. 513pp.
- Nakashima, Y.(2005) Situations and problems of coastal forest in Japan. Proc. of joint seminar of Korean Society of Coastal Forest and Japanese Society of Coastal Forest, pp. 7-10.
- Oh, H. K.(2002) Vegetation Structure and Habitat Management of Windbreak Forest: In Case of Four Sites in the Southern Coast of the Korean Peninsula. M.S. thesis, Univ. of Yeungnam, Gyeongsan, Korea, 169pp.
- Oh, H. Y. and B. K. Choi(2001) Fundamental landscape research and technology of the coastal reclaimed land for environmental restoration and construction. Landscape, 295pp.
- Toyonobu, W., T. Noboru and I. Chikarashi(2003) On the harvesting time of coastal *Pinus thunbergii* forest by tree density. Proc. of Japanese Society of Coastal Forest, pp. 32-33.
- Woo, B. M.(2003) Environmental Restoration and Revegetation Engineering. Seoul National University, Seoul, 558pp.