

해안 곰솔림 내 아까시나무의 분포확대 억제요인¹

정성철² · 구교상^{2*} · 김경하²

Inhibitory Factors of *Robinia pseudoacacia* Distribution in a *Pinus thunbergii* Forest at the Coast¹

Sungcheol Jung², Kyosang Koo^{2*}, Kyong-Ha Kim²

요 약

본 연구는 해안 곰솔림에 생육하고 있는 아까시나무의 분포특성을 결정하는 요인을 구명하기 위하여 아까시나무의 성장특성과 임내 환경을 조사 분석하였다. 해안 곰솔림 내에 분포하고 있는 아까시나무의 분포확대 억제요인을 분석한 결과, 염분농도가 높은 0m 지점에서 앞의 갈변, 위조, 조기낙엽 현상이 나타나 염분이 아까시나무의 성장억제에 큰 영향을 미치는 요인으로 추정되었다. 그러나 토양특성과 광환경은 식재지점간의 차이는 나타나지 않아 아까시나무의 성장에 있어 큰 영향을 주지 않는 것으로 추정되었다. 또한 해안측에 성장하고 있는 아까시나무의 수평근 연륜분석 결과, 2년생 개체의 근주에서 0.1~0.2m 떨어진 수평근 연륜에서도 1년 밖에 형성되지 않아 아까시나무의 수평근으로 영양공급이 충분하게 이루어지지 않아 수평근의 신장을 억제하는 것으로 추정되었다. 따라서 새로운 수평근의 신장과 개체의 신장이 이루어지지 않아 해안측으로 아까시나무의 분포확대가 억제되는 것으로 사료되었다.

주요어: 근맹아, 수평근, 염분, 해풍, 연륜

ABSTRACT

The objectives of this study were to analyze environment in the forest and growth characteristics for investigating the characteristics of *Robinia pseudoacacia* distribution in a *Pinus thunbergii* forest at the coast. As a result of analyzing inhibitory factors of *Robinia pseudoacacia* distribution in a *Pinus thunbergii* forest at the coast, it is considered that the salt level included in a sea wind is supposed to be the primary factor of the slow growth for *Robinia pseudoacacia* since brown leaves, wilting and early leaf fall have appeared in the 0m spot from the artificial dune which has the high salt level. However, the soil properties and light environment hardly have a effect on the growth of *Robinia pseudoacacia* because there is no difference among planting places. Also, the growth ring of the horizontal root in 2year individuals 0.1~0.2m away from the dune have been formed for 1 year only as a consequence of analyzing growth rings of *Robinia pseudoacacia* growing on the coast. It can be infered that the nourishment of the horizontal root from individuals growing on the coast have been provided for the first 1 year only. It is estimated that, in case of the nearby areas on the coast, it is not enough to provided nourishment to the horizontal root due to obstructing the growth of new individuals by a sea wind, so the growth of the horizontal root would be hampered. Therefore, it is considered that impedi-

1 접수 2011년 3월 7일, 수정(1차: 2011년 7월 6일, 2차: 2011년 10월 5일), 게재확정 2011년 10월 6일

Received 7 March 2011; Revised(1st: 6 July 2011, 2nd: 5 October 2011); Accepted 6 October 2011

2 국립산림과학원 산림방재연구과 Division of Forest Disaster Management, KFRI, Seoul(130-712), Korea

* 교신저자 Corresponding author(kyosang@forest.go.kr)

Robinia pseudoacacia distribution in a *Pinus thunbergii* forest at the coast is caused by making no growth of new horizontal roots and newborn individuals.

KEY WORDS: ROOT SUCKER, HORIZONTAL ROOT, SALINITY, SEA BREEZE, ANNUAL RING

서 론

아까시나무(*Robinia pseudoacacia*)는 콩과(Legumisae) 낙엽활엽수로, 온대지역에 광범위하게 식재되어 있으며 (Brewbaker, 2004), 북미 애팔래치아 산맥이 원산지 (Boring and Swank, 1984), 원산지에서는 식생천이 초기의 우점종으로서 개별지, 방목지, 교란을 받은 도로변, 산불피 해지에서 갱신되고 있다(Chapman, 1935; Ogden, 1961; Boring et al., 1981; Boring and Swank, 1984; Bormann et al., 1993). 또한, 아까시나무는 뿌리에서 근립균과 공생하여 근립을 형성하고, 공중질소를 고정하여(Chapman, 1935; Bormann et al., 1993; Ulrich and Zaspel, 2000), 토양중의 질소 함유량 및 유기물의 축적량을 증가시킨다 (Boring et al., 1981; Boring and Swank, 1984). 아까시나무는 환경에 대한 적응력이 강하고 맹아갱신이 뛰어나며, 생존율이 높고, 생장이 빠르며, 목재가 단단하여 빨리 부패하지 않아 이용가치가 높은 종으로서 토양개량 및 신탄재를 위한 조림목으로 유럽각지에 널리 보급되었다(Clark, 1986; Rédei et al., 2002).

아시아 지역에서 아까시나무는 한국 1891년, 중국 1900년경, 일본 1873년에 도입되어 사방수종, 용재, 신탄재, 밀원식물, 가로수로 식재되었다(Zhang et al., 2006; Wada, 2007). 특히, 일본에서는 해안사방 조림으로써 곰솔(*Pinus thunbergii*)의 생장을 촉진시키기 위하여 보리수나무(*Elaeagnus umbellata*), 자귀나무(*Albizia julibrissin*)와 함께 비료목으로 아까시나무를 혼식하는 방법을 사용하였다(Tanaka, 1992). 그러나, 최근 일본에서는 과거 식재한 아까시나무가 관리 소홀로 인해 해안 곰솔림에 침입한 아까시나무가 곰솔을 피압하고, 생장억제 및 고사피해 영향을 미치는 사례가 나타나고 있다(Shimizu and Konta, 2003). 이러한 문제를 해결하기 위하여 약제 및 벌채에 의한 방법을 사용하고 있는 실정이다. 또한, 일본 해안에 있어 주변 주민 생활과 밀접한 관계를 가지고 있는 아까시나무 해안림이 쇠퇴·고사 피해가 증가하고 있어, 방재적·경관적으로 문제가 되고 있다. 그러나, 곰솔림에 있어 아까시나무는 불량조림지, 관리 소홀에 의해 발생(Park, 1996)하는 경우가 대부분이기 때문에 인위적인 제거보다는 지속적인 임분 관리를 통한 제어가 필요하다. 이러한 아까시나무림의 적절한 임분 관리를 위해서는 해안림에서 아까시나무의 특성을 구명하

는 것이 선행되어야 할 것이다.

해안림의 수목의 방향은 성장초기 해풍의 영향을 많이 받으며(Park et al., 2009), 빛 환경 개선은 수목 생장에 영향을 미쳐 해안 방재림의 기능을 향상(Fujihara et al., 2007; Kim et al., 2009) 시키는 역할을 한다. 또한, 토양 및 염분농도(Lee and Yang, 1993; Kaihara et al., 2008) 등이 생장에 영향을 미치는 환경요인으로 보고되어 있다. 해안림에 관한 연구는 일본 등지에서 방풍, 비사 방지, 비염 방지, 해안침식 방지에 관한 연구(Murai et al. 1992), 생리·생태적 연구(Kaihara et al., 2008; Fujihara et al., 2007), 해안림 조성 및 관리(Nakashima, 2000)에 관한 연구 등이 수행되어 왔으며, 국내에서는 주로 해안 식물상 및 식생구조(Jung and Kim, 2000; Kwon, 2004; Kim, 2008; Park et al., 2009; Kim, 2010), 해안림 조성(Chun et al, 2005)에 관한 연구가 이루어져 왔으나, 해안림에 있어 아까시나무에 대한 연구 자료는 미비하다.

따라서, 본 연구는 일본 해안 곰솔림에 성장하고 있는 아까시나무의 생장특성과 임내 환경을 분석하여 해안에 분포하고 있는 아까시나무의 분포특성을 결정하는 요인을 구명하고자 한다. 이러한 연구를 통하여 해안림 조성 및 관리에 있어 아까시나무를 활용할 수 있는 자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

연구내용 및 방법

1. 연구대상지

본 연구는 일본 치바현 구십구리 해안의 남단에 위치한 곰솔림(35°20.2'N, 140°23.6'E)에서 이루어졌다. 조사지의 연평균 기온은 15.5℃, 평균강수량은 1908.6mm였다. 조사구는 해안으로부터 내륙측으로 해안선과 수직방향으로 110m, 수평방향으로 40m의 방형구를 설치하여 입목위치를 조사하였다. 조사지내 아까시나무는 초본층으로부터 아교목층까지 성장하고 있었다. 아까시나무 개체는 내륙측에서는 25본/100㎡이상의 입목밀도를 이루고 있었으나, 인공사구로부터 20~30m 구역에서는 2본/100㎡, 0~20m 구역에서는 개체가 분포하지 않았다. 1970년경에 곰솔림으로 식재되었으며, 1990년과 1996년에 2회 간벌을 실시하였다. 조사구의 아교목층 이상에서는 곰솔과 아까시나무가 분포

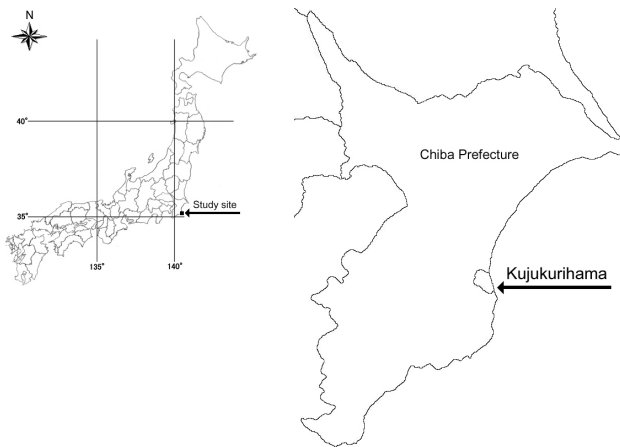


Figure 1. Location of the study area in Kujukurihama at Japan

하고 있었으며, 하층에는 팽나무(*Celtis sinensis*), 뽕나무(*Morus alba*), 돈나무(*Pittosporum tobira*), 예덕나무(*Mallotus japonicus*), 왕쥐똥나무(*Ligustrum ovalifolium*) 등이 분포하고 있었다.

2. 조사 및 분석방법

1) 수평근 특성 분석

인공사구 가까이에 성장하고 있는 아까시나무의 수평근 특성과 개체의 분포영역을 분석하기 위하여 2007년 3월부터 10월까지 인공사구측에 성장하고 있는 19개체목에 대하여 토양을 제거한 후 수평근을 노출시켜 수평근의 위치와 근망아에 의해 발생한 개체의 분포위치를 거리측정기(Haglof Hypsometer, Vertex IV-BT-360)와 측량용콤파스(Surveying Compass, LS-25)를 이용하여 측정하였다. 19개체목의 수평근은 10cm 간격으로 디지털 캘리퍼스(Electronic Digital Calliper, Mitutoyo)를 이용하여 직경을 측정하였다. 17개체목의 수평근에 대하여 10cm씩 절단한 후 코어측정기(Core Measuring Instrument, CORIM Maxi)를 이용하여 절단면의 연륜을 분석하였다.

2) 생장 특성 분석

아까시나무의 생장 특성 분석은 2006년 5월에 시판된 3년생 아까시나무 묘목을 이용하여 50개의 Pot(ø30cm, Height 35cm)를 해안선과 수평방향으로 해안측의 인공사구로부터 40m까지 10m간격으로 5열(0, 10, 20, 30, 40m)에 10본씩 식재하였다. 식재 후 2주~1개월간 매 1회 잎의 변색, 위조의 유무 그리고 묘목의 고사 등의 아까시나무 개체 상태를 조사하였으며, 개체의 수고와 지표면 부분에서 직경

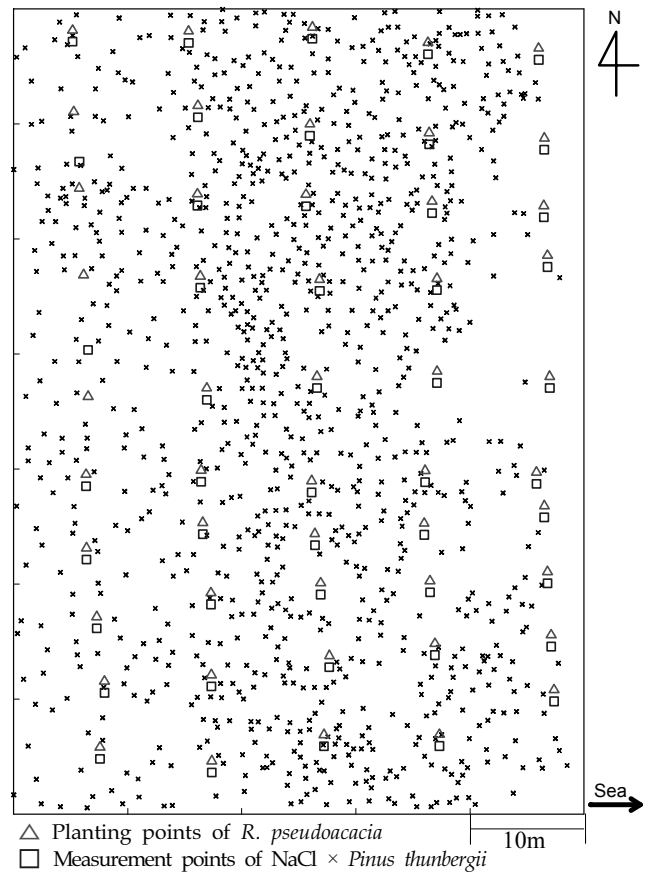


Figure 2. Location of *R. pseudoacacia* planted points and NaCl detected points in quadrat

을 측정하였다.

3) 임내 환경요인 분석

조사지에서 아까시나무의 생장을 억제할 가능성이 있는 환경요인을 분석하기 위하여 임내 환경을 조사하였다. 식재 지점의 pot 내 토양특성을 분석하기 위하여 0~5cm의 토양 시료를 채취하여 실내에서 약 2주간 풍건한 후 2mm체를 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다. 토양pH는 증류수로 진탕하여 pH-meter로 측정하였으며, 유효인산(Available Phosphate)은 Lancaster법으로 분광분석기(Shimadzu UV-120-02)를 사용하여 측정하였다. 탄소(Carbon)와 전질소(Total Nitrogen)는 자동성분분석기(NES 2500, Fisons Instruments S.P.A, Italy)로 측정하였으며, 치환성양이온(Exchangeable cation; Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)은 Flame photometer법으로 정량분석하였다.

광환경(PPFD; Photosynthetic Photon Flux Density)은 지상으로부터 70cm 높이에서 광량자계(LI-250, LI-COR)를 이용하여 각 Pot 매설지점에서 3회(Time; a.m. 10:30~

10:40, 11:00~11:10, 11:30~11:40) 측정하였다.

염분농도를 측정하기 위하여 지상으로부터 70cm 위치에 비염측정장치(Grade 45°, Width 10cm×Thickness 0.19mm)에 거름종이(Whatman filter papers 2, Whatman International Ltd)를 고정시키고 7일간 방치한 후 회수하여 증류수를 사용하여 염분을 추출한 후 원자흡광법에 의해 추출액 중의 Na를 정량하였다.

아까시나무의 생장 특성, 토양 특성, 광량자 밀도(PPFD), 염분량의 통계적 유의차는 Tukey의 다중비교법을 이용하여 분석하였으며, JMP5.0.1(SAS Institute, Cary, NC)를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 아까시나무의 수평근 특성

아까시나무 개체목으로부터 해안측 방향으로 신장한 수평근 길이는 a1개체(수고 5m, 직경 7cm, 8년생) 근주(根株)로부터 근단(根端)까지는 19.8m, b1개체(수고 1.5m, 직경 5cm, 6년생) 근주로부터 근단까지 18.8m, 나머지 17개체목의 수평근 길이는 5m 이내로 나타났다. a1부터 신장한 수평근에서는 2, 3년생이 각각 3, 4개체가 신생(新生)하였으며, b1부터 신장한 수평근에서는 2, 3, 4년생이 각각 3, 3, 1개체가 신생하였다. c1, k1, s1부터 신장한 수평근에서는 2개체, f1, j1, p1, r1부터 신장한 수평근에서는 1개체, 나머지 10개체로부터 신장한 수평근에서는 신생한 개체가 나타나지 않았다.

a1과 b1의 수평근 직경은 근주로부터 0.1m 이내에서는 감소하는 경향이 있었으나, 17개체목(c1~s1)의 수평근 직경은 근주로부터 가까운 부분과 떨어진 부분 사이에 큰 차이가 나타나지 않았다. 해안측에 성장하고 있는 17개체목의 수평근 연륜분석 결과 2년생 개체의 근주로부터 0.1~0.2m 떨어진 수평근 연륜은 1년 밖에 형성되지 않았다. 내륙측에 있어서 아까시나무 수평근의 영양공급이 지속적으로 이루어지면 연륜이 형성되는(Jung, 2009) 것과 비교해 보면 해안측에 있어 아까시나무는 수평근으로 영양공급이 충분히 이루어지지 않는 것으로 사료된다. 인공사구로부터 0~26m구역에서는 아까시나무의 수평근은 신장하지 않았으며, 수평근으로부터 신생한 개체도 나타나지 않았다. 해안림에 있어서 아까시나무의 근맹아는 신장한 수평근 위에서 매년 지속적으로 발생하지만(Gyokusen *et al.* 1991), 본 조사구에서는 인공사구로부터 0~30m 지점에서 아까시나무 개체가 거의 분포하지 않은 것은 아까시나무의 수평근 신장이 인공사구로부터 30m 지점에서 정지되어 새로운 맹아가 발생하지 않았기 때문으로 사료된다. 본 연구에서 수평근과

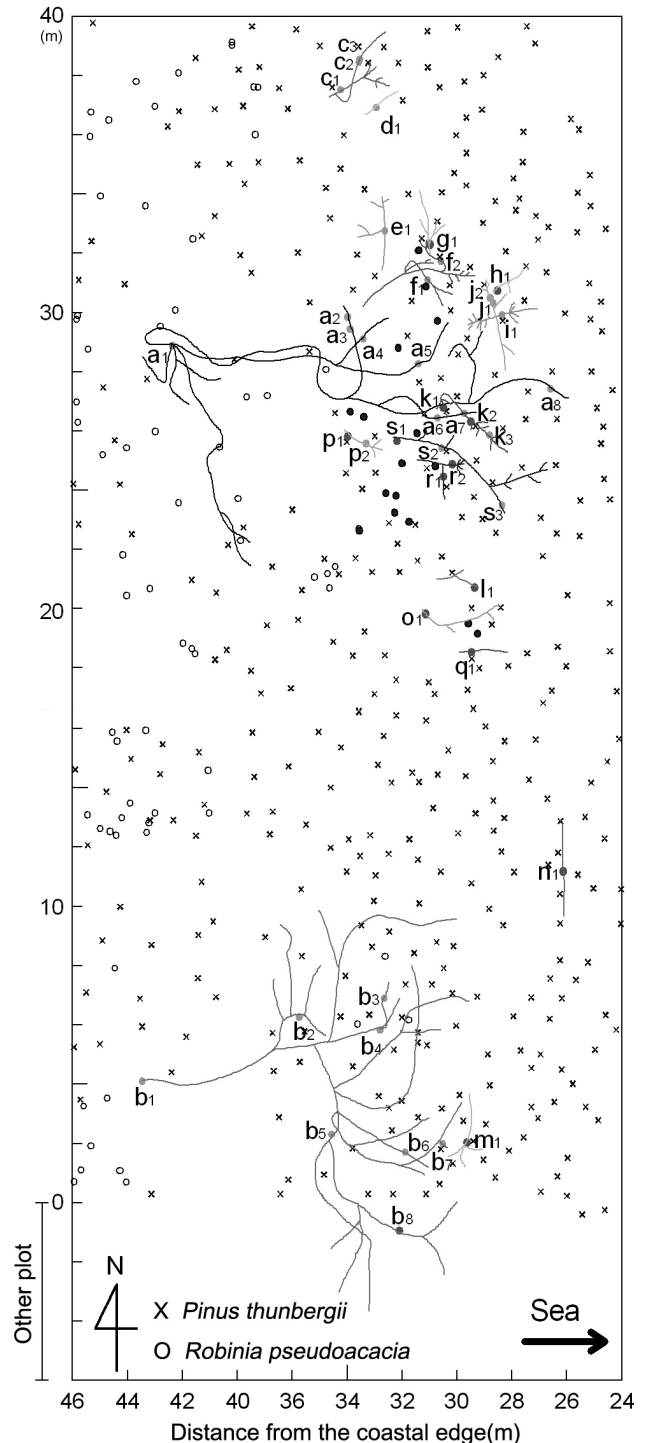


Figure 3. Distribution of root connections between Robinia pseudoacacia ramets in the quadrat. Ramet positions are labeled a1-s3, where each alphabetic capital represents an individual excavated ramet group in the quadrat.

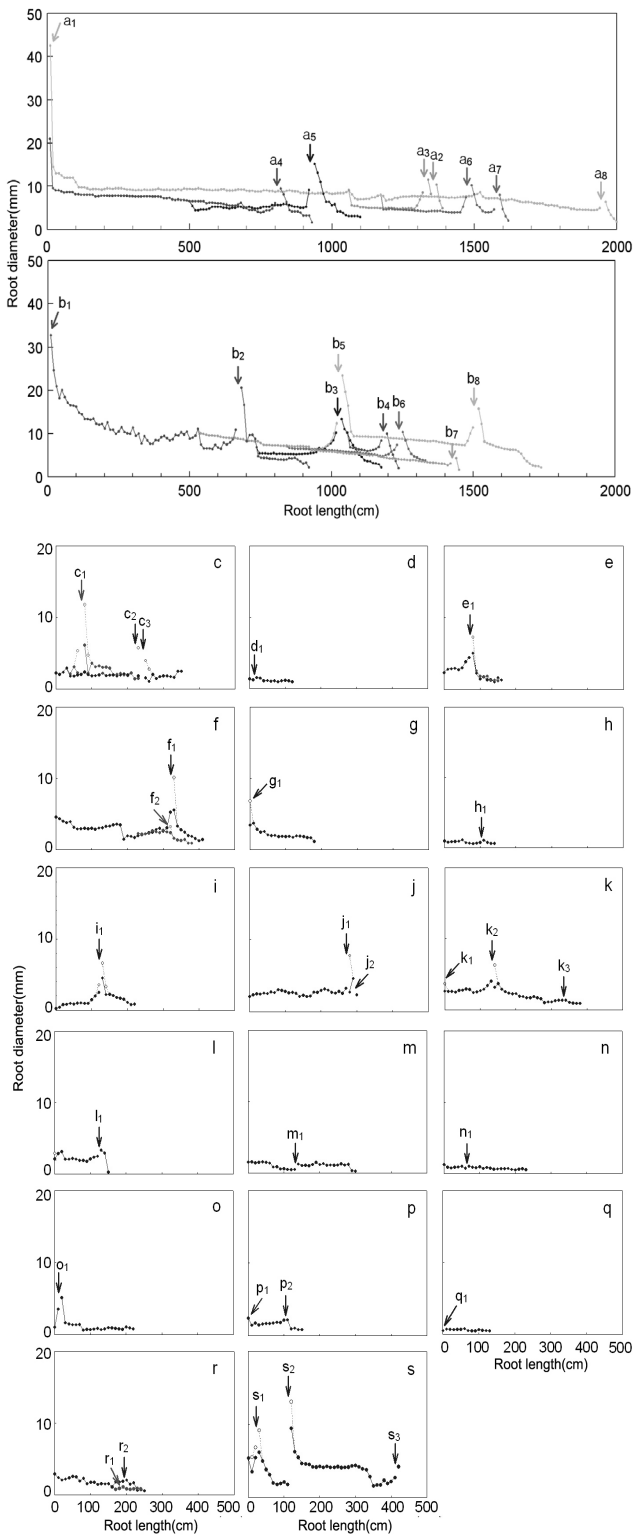


Figure 4. Changes in the width of annual rings in *Robinia pseudoacacia* horizontal roots of individual excavated ramet group. Arrows indicate positions of ramets.

영양공급과의 정량적인 분석이 이루어지지 않아 향후 아까시나무의 생리적 기작에 대한 연구를 통하여 영양공급과 수평근의 유연관계 구명이 필요할 것으로 판단되었다.

2. 아까시나무의 성장 특성

인공사구로부터 0m 지점에 식재한 묘목은 식재 직후부터 개엽은 시작되었으나 2주 후에는 전 개체의 잎에서 갈변, 위조, 조기낙엽 현상이 나타났다. 또한, 새로 개엽한 개체에 있어서도 갈변, 위조, 조기낙엽 현상이 반복되었으며 수간의 정점부터 고사현상이 시작되어 5개월 후에는 90% 이상이 고사하였으며, 1년 후에는 전 개체가 고사하였다. 인공사구로부터 10m 지점에 식재한 묘목은 잎 가장자리에서 갈변 및 조기낙엽 현상이 나타났으며 0m 지점과 비슷한 현상이 반복되었으나, 개엽으로부터 조기낙엽까지의 기간은 0m 지점보다 길었으며, 5개월 후까지는 30%, 1년 후에는 80%가 고사하였다. 인공사구로부터 20~40m 지점에 식재한 묘목의 잎에서는 갈변, 위조, 조기낙엽 현상은 나타나지 않았으나, 5개월 후 부터는 잎 가장자리에서 갈변현상이 나타났으며, 일부 묘목에서 위조, 조기낙엽 현상이 나타났다. 인공사구로부터 20~40m에 식재한 묘목에서는 활착하지 않은 1개체를 제외하고 5개월 후까지는 고사한 개체가 없었으며, 1년 후 20m 지점에서는 40%, 30m 지점에서는 30%, 40m 지점에서는 20%가 고사하였다. 식재 후 3개월간의 수고생장량은 인공사구로부터 10m, 20m와 40m 지점에 식재한 묘목에 있어서는 유의차가 나타났지만, 직경생장량에 있어서는 유의차가 나타나지 않았다($P < 0.05$). 해풍에 포함되어 있는 염분농도가 높은 인공사구로부터 0m 지점에 있어서는 잎 피해, 고사 개체가 많은 것은 아까시나무의 내염성

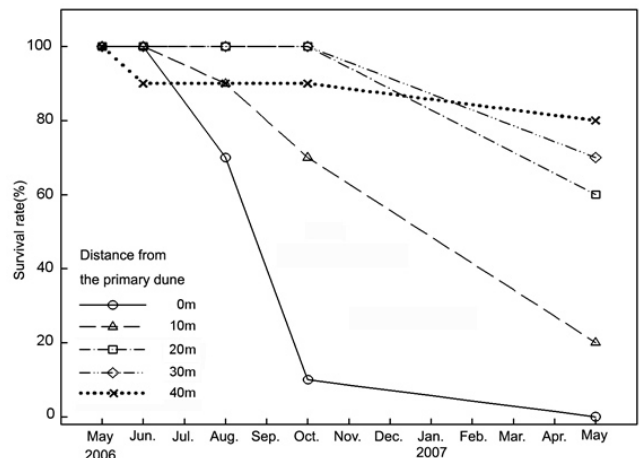


Figure 5. Survival rate of *R. pseudoacacia* planted in *Pinus thunbergii* forest

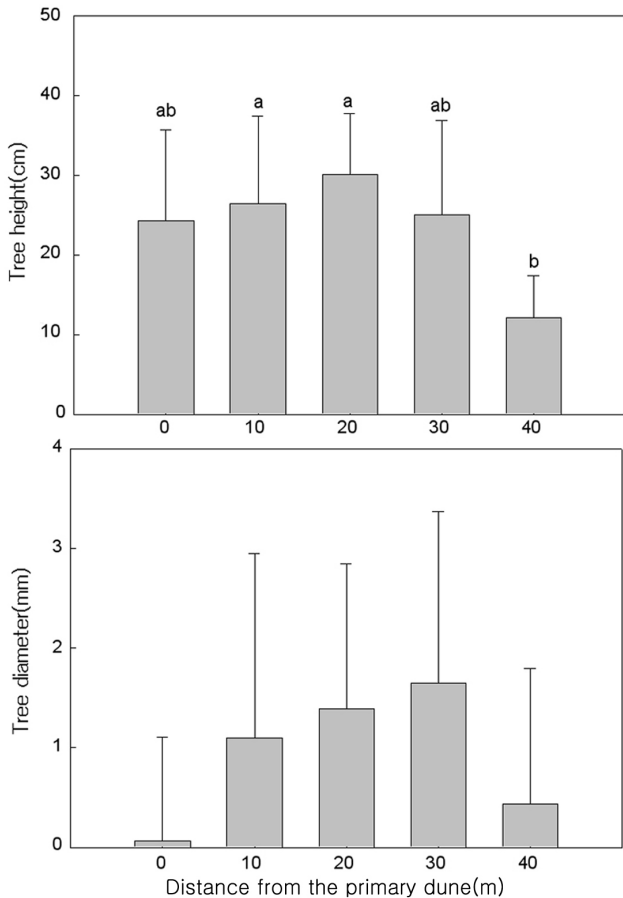


Figure 6. Tree height and diameter of *R. pseudoacacia* planted in *Pinus thunbergii* forest. Different letters indicate statistical differences at the 5% levels by Tukey's HSD test.

이 곰솔, 돈나무 등 해안에 자생하고 있는 상록수보다 약하다는 결과(Kurata, 1979)와 일치하였다.

3. 조사지 임내환경 특성

인공사구로부터 거리별 토양분석 결과, 각 조사구 내 Pot의 토양pH는 6.0~6.4로 거리별 유의차는 인정되지 않았다.

Table 1. Soil chemical properties of quadrat at the study site

| Distance (m) | pH (H ₂ O) | Avail. P (mg/100g) | C (%) | T.N (%) | CN rate | Exchangeable cation(me/100g) | | | |
|--------------|-----------------------|--------------------|-----------|-------------|-----------|------------------------------|------------------|----------------|-----------------|
| | | | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ |
| 0 | 6.0±0.3 | 17.0± 7.4 | 0.38±0.12 | 0.022±0.005 | 17.7±5.9 | 1.39±0.28 | 4.46±1.23 | 0.22±0.02 | 0.50±0.06 |
| 10 | 6.1±1.9 | 26.3±18.9 | 0.25±0.14 | 0.013±0.007 | 19.3±6.4 | 1.46±0.50 | 4.40±1.44 | 0.21±0.07 | 0.48±0.15 |
| 20 | 6.2±0.2 | 22.1± 7.0 | 0.42±0.19 | 0.030±0.013 | 13.9±3.4 | 1.54±0.27 | 4.61±1.42 | 0.21±0.06 | 0.70±0.21 |
| 30 | 6.2±0.2 | 14.7± 2.5 | 0.82±0.45 | 0.041±0.019 | 19.7±3.9 | 1.77±0.53 | 4.71±1.36 | 0.21±0.06 | 0.60±0.18 |
| 40 | 6.4±0.3 | 17.6± 9.5 | 0.37±0.18 | 0.016±0.002 | 23.0±10.2 | 2.13±0.89 | 4.71±1.46 | 0.24±0.05 | 0.57±0.19 |

또한 유효인산, 탄소, 전질소, 치환성양이온 함량에 있어서도 거리별 유의차는 인정되지 않아(p<0.05), 아까시나무의 생장억제에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 추정되었다. 묘목식재장소의 PPFD는 인공사구로부터 0m 지점에서는 1,738.7 μmol·s⁻¹·m⁻²로 유의차가 나타났지만, 10~40m 지점에 있어서는 631.3~1014.7 μmol·s⁻¹·m⁻²로 유의차는 나타나지 않았다(P<0.05). 그러나 아까시나무의 벌채로 인한 맹아 수가 상대조도 6.2% 이하에서는 감소하고, 발생한 맹아는 벌채 다음해에 전 개체가 고사하며, 상대조도 10% 이하의 광 환경에서는 아까시나무의 생장량이 감소하는 결과와 비교하면(Iwai, 1986a; 1987b), 본 조사지에서는 수관 율폐가 35% 이상으로 아까시나무의 생장억제에 큰 영향을 미치는 요인이 아닌 것으로 추정되었다.

묘목식재장소의 염분농도(NaCl)는 인공사구로부터 0m 지점에서는 5.22~6.49mg/cm²/day로 가장 많이 함유되어 있었으며 내륙측으로 갈수록 감소하는 경향이 나타났으나, 거리별 유의차가 나타났(p<0.05). 이것은 내륙측으로 갈수록 비염(飛鹽)이 감소한다는(Choi, 1986) 결과와 일치하였

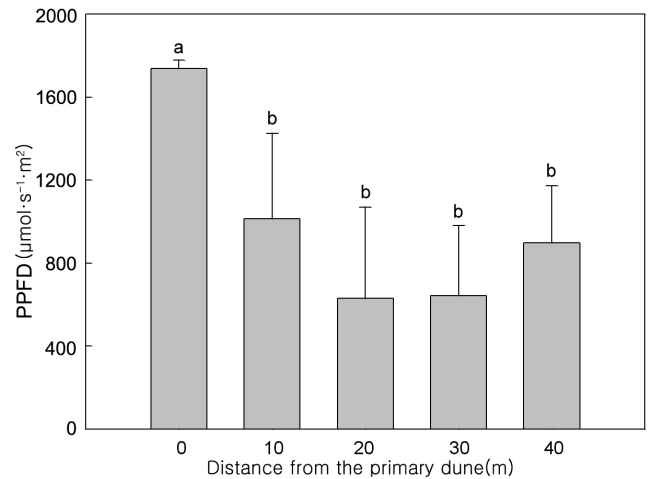


Figure 7. PPF D of the *R. pseudoacacia* planted points in *Pinus thunbergii* forest. Different letters indicate statistical differences at the 5% levels by Tukey's HSD test.

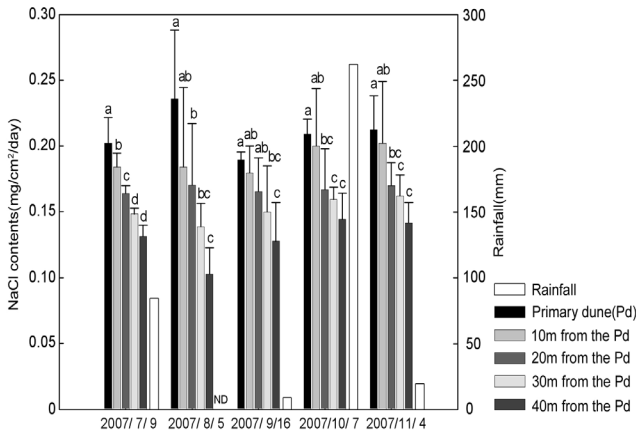


Figure 8. NaCl contents of the *R. pseudoacacia* planted points in *Pinus thunbergii* forest. Different letters indicate statistical differences at the 5% levels by Tukey's HSD test.

다. 조사기간 중 강수량의 차는 있었지만, 염분농도가 감소하는 경향은 변하지 않았다. 본 조사지에서 염분농도가 가장 높은 인공사구로부터 0m 지점의 묘목에 있어 조기 갈변, 위조, 고사현상과 5개월 후 90% 고사율이 나타난 것은 염분농도가 아까시나무의 생장억제에 영향을 미치고 있는 것으로 사료되었다. 이것은 해안림에서 발생하는 염해는 비염에 의해 엽에 부착되는 염분량이 일정 이상이 되면 가시적인 피해가 나타나고, 그 피해는 엽에 있어 염분부착량에 비례하여 증가한다는 결과(Oda, 1992)와 일치하였다.

본 연구에서 해안림에 분포하고 있는 아까시나무의 생장에 영향을 미치는 요인을 추정할 수 있었으며, 임내 미환경 인자에 대한 후속 연구를 통하여 해안림에 분포하고 있는 아까시나무의 생장에 영향을 미치는 환경요인들에 대한 상호 연관성을 구명하는 것이 필요할 것으로 사료되었다.

인용문헌

Boring, L.R., C.D. Monk and W.T. Swank(1981) Early re-generation of a clear cut southern Appalachian forest. *Eco.* 62: 1244-1253.

Boring, L.R. and W.T. Swank(1984) The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in forest succession. *J. Ecol.* 72: 749-766.

Bormann, B.T., F.H. Bormann, W.B. Bowden, R.S. Pierce, S.P. Hamburg, D. Wang, M.C. Snyder, C.Y. Li and R.C. Ingersoll(1993) Rapid N₂ fixation in pines, alder, and locust: evidence from the sandbox ecosystem study. *Ecology* 74: 583-598.

Brewbaker, J.L.(2004) Nitrogen-fixing tree improvement and

culture. In *Encyclopedia of forest sciences*. Burley J, Evans J, Youngquist JA (eds), Elsevier, Oxford, pp. 1491-1501.

Chapman, A.G.(1935) The effects of black locust on associated species with special reference to forest trees. *Ecological Monographs* 56: 37-60.

Choi, M.G.(1986) Characteristics of salt tolerance in tree species (I) - Relationship between tree species distribution and soil salt concentration in East coastal forest, *Jour. Korean For. Soc.* 73: 1-8. (in Korean with English abstract)

Chun, K.W., S.W. Kim, K.N. Kim, Y. Nakashima and T. Ezaki(2005) Coastal forest construction and non-structural measures for preventing tsunami damage-In case of japan-. *Jour.Korean For. Soc.* 94(3): 197-204. (in Korean with English abstract)

Clark, J.S.(1986) Coastal forest tree population in a changing environment, southeastern Long Island, New York. *Ecological Monographs* 56: 259-277.

Fujihara, M., T. Oyabu, Y. Sawada, Y. Iwasaki and S. Yamamoto(2007) The suitable habitat for establishing of seedlings derived from old and large-sized Japanese black pine trees on the coastal sand pine forest. *J. of the Japanese Soc. of Coastal For.* 7(1): 25-30.

Gyokusen, K., Y. Iijima and H. Yahata(1991) Spacial Distribution and Morphological Features of Root Sprouts in Niseakasia (*Robinia pseudoacacia* L.) Growing under a Coastal Black Pine Forest. *Bulletin of the Kyushu University Forest* 64: 13-28. (in Japanese with English abstract)

Iwai, H.(1986) Studies on sucker and growth inhibition of black locust. *Chiba Prefect. For. Exp. Stn.* 20: 31-32. (in Japanese with English abstract)

Iwai, H.(1987) Examination about maintenance of environment preservation-Studies on sucker and growth inhibition of black locust-. *Chiba Prefect. For. Exp. Stn.* 21: 31. (in Japanese with English abstract)

Jung, S.C., N. Matsushita, B.Y. Wu, N. Kondo, A. Shiraishi and T. Hogetsu(2009) Reproduction of a *Robinia pseudoacacia* population in a coastal *Pinus thunbergii* windbreak along the Kujukurihama Coast, Japan. *J. For. Res.* 14: 101-110.

Jung, Y.K. and W. Kim(2000) Distributional characteristics of coastal mantle communities in korean peninsula. *Korean J. Ecol.* 23(3): 193-199. (in Korean with English abstract)

Kaihara, T., N. Kobayashi, Y. Nakashima, M. Haikawa and T. Ezaki(2008) Adaptability of *Euonymus Japonicus* Thunb. as seabreeze protection Forest(II). *J. of the Japanese Soc. of Coastal For.* 7(2): 371-42.

Kim, D.G.(2010) Native tree species of tolerance to saline soil and salt spray drift at the coastal forests in the west-sea, korea. *Kor. J. Env. Eco.* 24(2): 209-221. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S.(2008) Management methods and vegetation in a wind-

- break forest around the coast of Geanmaedo, Jindo-gun, Jeonnam. Korean J. Plant Res. 21(1): 5-11. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.J., K. Korozawa, H. Yahata and K.K. Oh(2009) Relationship between change of the light environment in the shore Black Pine and biomass of branches and leaves. Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con. 19(2): 49-52. (in Korean with English abstract)
- Kurata, M.(1979) Revegetation Technology. Morikita Publishing Co., Ltd. Tokyo, 298pp.
- Kwon, J.O., K.J. Lee and S.H. Jang(2004) The planting models of maritime forest by the plant community structure analysis in the seaside, Incheon. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 31(6): 53-63. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J. and H.S. Yang(1993) Adaptation of *Phragmites communis Trin.* population to soil salt contents of habitats. Korean J. Ecol. 16(1): 63-74. (in Korean with English abstract)
- Murai, H., M. Ishikawa, J. Endo and R. Tadaki(1992) The coastal forest I japan. Soft science, INC., 513pp.
- Nakashima, Y.(2000) Present condition and problems of coastal forests. Sand Dune Research 47(2): 128-135.
- Oda, T.(1992) Physiology & meteorological disasters and control technology(Coastal forest of japan). Soft-science, Tokyo, pp. 441-454.
- Ogden, J.G.(1961) Forest history of Martha's Vineyard. Am Midland Nat 66: 417-430.
- Park, C.M., S.W. Kim and S.H. Park(2009) Study on growth characteristics of *Pinus thunbergii* windbreak forests around Goosipo beach, Cochang-Gun. Kor. J. Env. Eco. 23(4): 365-375. (in Korean with English abstract)
- Park, Y.G.(1996) The prospects for the utilization of *Robinia pseudoacacia* in Korea Korean Journal of Apiculture 11: 27-56. (in Korean with English abstract)
- Rédei, K., Z. Osváth-Bujtás and I. Balla(2002) Clonal approaches to growing black locust (*Robinia pseudoacacia*) in Hungary: a review. Forestry 75: 547-552.
- Shimizu, T. and F. Konta(2003) Naturalized plants of japan. Heibonsha, Tokyo, pp. 11-39.
- Tanaka, K.(1992) History of coastal Forest(Coastal forest of japan). Soft science, Tokyo, pp. 2-15.
- Ulrich, A. and I. Zaspel(2000) Phylogenetic diversity of rhizobial strains nodulating *Robinia pseudoacacia* L. Microbiology 146: 2997-3005.
- Wada, Y.(2007) Beekeeping and Black locust. Japan Forest Technology 781: 22-25.
- Zang, X.Q., J. Liu, C.V.J. Welham, C.C. Liu, D.N. Li, L. Chen and R.Q. Wang(2006) The effects of clonal integration on morphological plasticity and placement of daughter ramets in black locust(*Robinia pseudoacacia*). Flora 201: 547-554.