

편백 조림목의 입지 특성에 따른 지역별 초기 생육 특성

양아람 · 황재홍* · 조민석

국립산림과학원 산림생산기술연구소

Regional Early Growth Performances of Planted *Chamaecyparis obtusa* Seedlings in Relation to Site Properties

A-Ram Yang, Jaehong Hwang* and Min Seok Cho

Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Korea

요약: 본 연구는 편백 조림목의 초기 성장과 부위별 질소와 인 농도 분석을 통하여 최적 성장을 위한 편백 조림지 특성을 구명하고자 수행되었다. 연구 대상지인 전라남도 해남과 장성에 2011년 3월 말 편백 노지묘(1-1)를 3,900 본·ha⁻¹ 밀도로 식재하였다. 식재 이후 3년간 조림목의 근원경과 수고를 측정하였고, 조림지 토양 특성 및 조림목의 부위별 질소와 인 농도를 분석하였다. 해남 조사지 토양 내 전질소, 유기물 농도 및 양이온치환능력은 장성 조사지보다 양호하였으나, 조림목의 근원경과 수고 생장은 오히려 장성 조사지가 우수하였다. 이러한 결과는 장성 조사지의 유효토심이 깊고 해남 조사지가 상대적으로 연 강수량이 적으며, 강한 바람(해풍)으로 인하여 편백 조림목의 생장이 불량했기 때문으로 판단된다. 편백 조림목의 부위별 질소와 인 농도는 잎 내 인 농도를 제외하고 두 조사지 간 차이는 나타나지 않았고, 잎 > 당년생 가지 > 세근 > 줄기 2 mm 이상 뿌리의 순서로 조사되었다. 본 연구 결과는 향후 지속적으로 조림면적이 증가할 것으로 예상되는 편백 조림목의 최적 입지 특성을 제시하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract: The objective of this study was to investigate suitable plantation site for planted *Chamaecyparis obtusa* seedlings from the analysis of regional early growth performances. Two years old *C. obtusa* seedlings were planted with the density of 3,900 seedlings · ha⁻¹ in late March, 2011 at Haenam and Jangseong, Jeollanamdo. In each study site, three plots (400 m² per plot) were established and root collar diameter (mm) and tree height (cm) of each *C. obtusa* were measured in April, 2011 and October from 2011 to 2013. We also analyzed soil physical and chemical properties of sites and compartmental nitrogen and phosphorus concentrations of *C. obtusa*. Although the concentrations of soil nitrogen, organic matter, and C.E.C. at Haenam site were higher than those at Jangseong site, early growth performances of planted *C. obtusa* at Jangseong site were significantly better than those at Haenam site. The reasons for these results were probably related to deep available soil depth at Jangseong site and relatively low annual precipitation and sea wind at Haenam site, which was adjacent to the sea. The compartmental nitrogen and phosphorus concentrations of *C. obtusa* was in the order of needles > current twigs > fine root > stem and branches root above 2 mm in diameter. The phosphorus concentration of needles at Haenam site was significantly higher than that at Jangseong site. The results of this study might be useful for the selection of suitable plantation site for *C. obtusa*.

Key words: *Chamaecyparis obtusa*, compartmental nutrients, early growth, soil properties

서론

편백(*Chamaecyparis obtusa*)은 상록교목으로 우리나라 전북, 전남, 경남, 제주 등 남부지역에 분포하는 주요 수종이다(Lee, 1986). 편백은 상대적으로 음수이고 생장이 느리며 토양이 건조하고 척박한 곳에서도 잘 견디고, 내한

성과 내염성이 약하나 대기오염에는 다소 저항력을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(KFS, 1992; Lee et al., 2009; Niinemets and Valladares, 2006; Sumida et al., 2013). 최근 편백은 목재 생산을 위한 용재수로서 기후변화 대비 수종으로 선정되었으며, 이에 따른 조림 확대와 기후변화 대응 연구가 활발히 이루어질 것으로 예상되고 있다(KFS, 2014). 또한, 편백은 휴양적 측면에서도 높은 가치가 있어 수요가 확대되고 있기 때문에 편백 임분을

*Corresponding author
E-mail: jhwang@forest.go.kr

Table 1. General characteristics of study sites.

Site	Altitude (m)	Slope (°)	Aspect	Mean air temperature of January (°C)			Mean air temperature of August (°C)			Mean annual precipitation (mm)			Precipitation from June to August (mm)			Effective soil depth (cm)
				2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	
Haenam	256-309	15-20	W	-1.9	1.2	1.0	25.6	28.1	27.4	1158	1419	946	619	593	442	34±7
Jangseong	300-318	23-25	E	-5.0	-0.8	-1.5	24.5	26.0	27.6	1317	1621	1434	799	915	794	68±6

통한 숲 치유와 건강증진을 위한 산림 복지 실현의 활용 가치도 높아질 것으로 보인다(Jo et al., 2006; Kim et al., 2009).

지금까지 편백을 대상으로 수행된 국외 연구는 편백 조림목과 토양 수분의 관계(Nagakura et al., 2004; Nagakura et al., 2005), 편백림 토양 내 뿌리를 통한 양분 흡수와 토양 pH와의 관계(Matsui, 1995), 벌채 후 23년 동안 편백림의 임분 동태에 관한 연구(Matsushita et al., 2014) 등이 수행되었다. 국내 연구는 편백 노지묘와 용기묘의 생장특성 비교(Song et al., 2012), 영급 이상 편백림 내 토양 특성 및 환경인자와 생장과의 관계(Chung, 1980) 등이 수행된 바 있으나 토양 및 입지 특성이 편백 조림목의 초기 생장에 어떠한 영향을 주는지에 관한 연구는 부족한 실정이다. 또한, 일반적으로 편백의 생장에 이상적인 기후 조건은 연 평균 기온 10-15°C, 연 강수량 1,200 mm 이상, 토심이 깊고 배수가 양호한 곳에서 잘 자라는 것으로 알려져 있다(KFRI, 2012; KFS, 1992). 한편, 이전 편백 조림지의 토양 특성과 현재 토양 특성은 차이가 있을 것으로 예상되어 조림지의 토양 및 입지 특성별 편백 조림목의 초기 생장 변화를 조사하는 것은 의미가 있을 것으로 판단된다.

결과적으로 편백의 생장과 조림지 토양 및 입지 특성 간 상호 연관성에 대한 연구는 토양 특성을 고려한 조림으로 가치 있는 임분을 조성하는 데에 있어 매우 중요한 부분을 차지한다. 본 연구는 입지 특성이 서로 다른 곳에 식재된 편백 조림목의 초기 생장과 부위별 질소와 인 농도 분석을 통하여 편백 조림목이 우수한 생장을 하기에 적합한 조림지의 입지 특성을 구명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 연구 조사지 및 조림목 식재

연구 조사지는 전라남도 해남군 송지면(34° 20' 43" N, 126° 33' 33" E)과 전라남도 장성군 금곡면(35° 23' 20" N, 126° 44' 23" E)에 위치한 국유림으로 벌채 전 각각 리기다소나무와 낙엽송 영급 임분이었다. 해남 조사지의 벌채 전 리기다소나무 임분 평균 흉고직경은 14 cm, 수고는 14 m였으며, 장성 조사지의 벌채 전 낙엽송 임분 평균 흉

고직경은 18 cm, 수고는 18 m이었다. 또한, 해남과 장성 조사지의 자세한 입지 환경을 Table 1에 제시하였다.

두 조사지 모두 2011년 3월 말 편백 노지묘(1-1)를 3,900본·ha⁻¹ 밀도로 해남 조사지는 14 ha, 장성 조사지는 7 ha에 식재하였다. 편백 조림목의 초기 생장 및 조림지 토양 특성 조사를 위해 조사지별로 하나의 조사구 면적을 400 m²으로 하여 3개의 조사구를 설치하였다.

2. 토양 분석

토양은 2011년 4월 각 조사구 내 임의의 5곳에서 낙엽층을 제거한 후 직경 5.5 cm 토양 채취기를 이용하여 토심 20 cm까지 채취하였다. 채취한 토양 시료는 충분히 음건 후 2 mm체로 걸러 분석에 이용하였다. 토성은 비중계법, pH는 pH meter (Orion 501, Orion, USA)를 이용한 1:5 증류수법, 전질소는 micro Kjeldahl법, 유효인산은 Bray No.1법, 유기물 농도는 Walkley-Black법, 양이온치환 용량은 ammonium acetate법, 치환성양이온(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) 농도는 Optical Emission Spectrometer (ICP-7300ES, Varian Australia)를 이용하여 측정하였다.

3. 조림목 생장 및 부위별 질소와 인 농도 분석

2011년 4월 각 조사구 내에서 편백 조림목 30본을 임의로 선정 후 고유번호를 적은 알루미늄 라벨을 부착하였다. 2011년 4월 말, 2011년부터 2013년까지 매년 10월 말 근원경(Root collar diameter, mm)과 수고(Height, cm)를 디지털캘리퍼스 및 절척으로 측정하였고, 근원경과 수고의 상대생장량은 식 1과 2를 이용하여 계산하였다.

$$\text{근원경 상대생장량(\%)} = (\text{RCD}_b - \text{RCD}_a) / \text{RCD}_a \times 100 \quad (1)$$

$$\text{수고 상대생장량(\%)} = (\text{H}_b - \text{H}_a) / \text{H}_a \times 100 \quad (2)$$

(RCD: 근원경, H: 수고, a: 전년도 값, b: 당해 연도 값)

2012년 각 조사구 내에서 근원경과 수고가 유사한 3본을 골취하여 잎, 줄기, 당년생 가지, 2 mm 이상 뿌리와 이 하 뿌리(세균) 등 5가지로 분리한 후 부위별 질소(Kjeldahl법)와 인(Vanadate 법) 농도를 측정하였다. 당년생 가지는 줄기의 경화된 색깔로 구분하여 분리하였고, 잎은 가지로부터 분리한 전체 시료를 균일하게 혼합한 후 분석에 이용하였다.

4. 통계 분석

조림지 토양의 물리·화학적 특성, 편백 조림목의 근원경과 수고 성장, 상대성장량 및 H/D율, 부위별 질소와 인 농도 등의 차이를 검정하기 위하여 t-test 검정법으로 두 지역 간의 평균을 비교하였으며, 모든 통계 분석에 SAS (ver. 9.2) 프로그램을 사용하였다(SAS Institute Inc., 2009).

결과 및 고찰

1. 토양 특성

해남 조사지 토성은 모래 27.3%, 미사 64.0%, 점토 8.7%의 미사질양토, 장성 조사지는 모래 42.8%, 미사 41.2%, 점토 16.0%의 양토로 조사되었다(Table 2).

평균 토양 pH는 해남 조사지 4.56, 장성 조사지 4.43으로 지역 간 차이는 없었다(Table 2). 동일한 전라남도 권역 내 토양 pH는 담양군 침엽수림 토양 A층에서 4.42(KFCM, 2006), 진도군 침엽수림 토양 A층이 4.80(KFCM, 2006), 순천시 8년생 소나무림 토양 (토심 10 cm)에서 5.16(Park et al., 2001)으로 보고되어 장성과 인접한 담양을 제외하고는 본 연구 조사지의 토양 pH값이 더 낮은 것으로 조사되었다.

토양 내 평균 전질소 농도(%)는 해남 조사지 0.45, 장성 조사지 0.26으로 해남 조사지에서 유의하게 높았다(Table 2). 기존에 보고된 전라남도 권역 내 산림 토양의 전질소 농도(%)는 순천시 6년생 편백림 토양 (토심 50 cm)에서 0.16(Park et al., 2000), 곡성군 25년생 리기다소나무림 토양 (토심 10 cm)이 0.14(Park et al., 2004)였다. 본 연구 조사지에서의 높은 전질소 농도는 토양시료 채취 깊이의 차이도 그 원인이지만 본 연구 조사지는 모두 영급 임분 벌채지로서 안정화된 임분이었던 것이 주요한 원인으로 판단된다(Noh et al., 2010). 또한, 조림지 경사가 더 급한 장성 조사지 토양 내 전질소 농도가 해남 조사지보다 낮

은 본 연구의 결과는 편백림에서 경사가 급할수록 토양 내 전질소 농도가 낮다는 Nakanishi et al.(2009)의 연구 결과와 일치한다.

토양 내 유효인산 농도($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)는 해남 조사지 12.6, 장성 조사지 14.5로 지역 간 차이는 없었다. 기존에 보고된 전라남도 권역 내 유효인산 농도($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)는 순천시 8년생 소나무림 토양(토심 10 cm)에서 9.0(Park et al., 2001), 순천시 6년생 편백림 토양(토심 50 cm)에서 22.4(Park et al., 2000)였다. 동일 지역에서도 유효인산 농도는 일반적으로 변이가 크다고 알려져 있는데(Jin et al., 1994), 토심이 깊어질수록 유효인산의 농도가 감소한다는 기존 연구 결과(Hwang and Son, 2006)와 조사된 토심의 차이를 감안하여 비교하면 본 연구 조사지는 순천시 소나무림보다는 높고 편백림보다는 낮은 것으로 나타났다.

토양 내 유기물 농도(%)는 통계적 차이는 없지만 해남 조사지 11.72, 장성 조사지 6.78로 조사되어 장성 조사지 토양 내 유기물 농도가 해남 조사지보다 낮았다. 기존 전라남도 권역 내 유기물 농도(%)는 순천시 6년생 편백림 토양 (토심 50 cm)에서 2.7(Park et al., 2000), 곡성군 25년생 리기다소나무림 토양 (토심 10 cm)에서 2.0(Park et al., 2004)으로 보고된 바 있어 조사된 토심의 차이를 고려 하더라도 상대적으로 본 연구 조사지의 유기물 농도가 더 높은 것으로 보인다. 이러한 유기물 농도의 차이는 기온과 강수량에 영향을 받는 유기물 분해 속도가 지역에 따라 상이하기 때문으로 판단된다(Heath and Smith, 2000; Vance, 2003).

토양 내 치환성 Mg^{2+} 농도($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$)는 해남 조사지 0.28, 장성 조사지 0.19로 해남 조사지에서 유의하게 높았다(Table 2). 한편, 해남과 장성 조사지 토양의 평균 유효토심(cm)은 각각 34 ± 7 과 68 ± 6 으로 조사되었으며, 해남 조사지의 경우 토양 내 석력이 많이 분포하고 있었다(Table 1).

2. 조림목 성장

해남과 장성 조사지 내 편백 조림목의 평균 근원경(RCD, mm)은 각각 2011년 4월 5.5와 5.9, 2011년 10월 9.1과 9.9, 2012년 10월 13.0과 18.3, 2013년 10월 17.1과 31.9로 조사되었다[Figure 1(a)]. 통계적 유의성은 2012년과 2013년에만 나타났으나 매년 장성 조사지의 근원경 성장량이 해남 조사지보다 높았다. 해남과 장성 조사지 내 편백 조림목의 평균 수고는 Figure 1(b)에 제시하였다. 통계적 유의성은 2013년에만 나타났으나 근원경 성장과 같이 매년 장성 조사지의 수고 성장량이 해남 조사지보다 높았다. 본 연구 조사지 내 편백 조림목의 2011년 4월 식재 직후 근원경과 수고 값은 Song et al.(2012)이 포지 내 2년생 편백 노지묘를 대상으로 조사한 근원경(4.3 mm)과 묘고(33.4 cm)보다 큰 값이었다. 또한, Ogawa et al.(2000)이

Table 2. Soil physical and chemical properties.

	Haenam	Jangseong	P-value	
Texture	Silty loam	Loam		
pH	4.56(0.05) ^z	4.43(0.03)	0.2105	
Total nitrogen (%)	0.45(0.02)	0.26(0.01)	0.0255	
Available phosphorus ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	12.60(1.00)	14.50(1.59)	0.1276	
Organic matter (%)	11.72(0.44)	6.78(0.27)	0.0580	
C.E.C. ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$)	33.83(1.19)	24.71(0.87)	0.3192	
Exchangeable cations ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$)	Ca^{2+}	0.97(0.17)	0.82(0.11)	0.7515
	Mg^{2+}	0.28(0.04)	0.19(0.02)	0.0411
	K^{+}	0.26(0.01)	0.20(0.01)	0.7515
	Na^{+}	0.09(0.01)	0.09(0.01)	0.3789

^zThe values in parentheses are standard errors of mean.

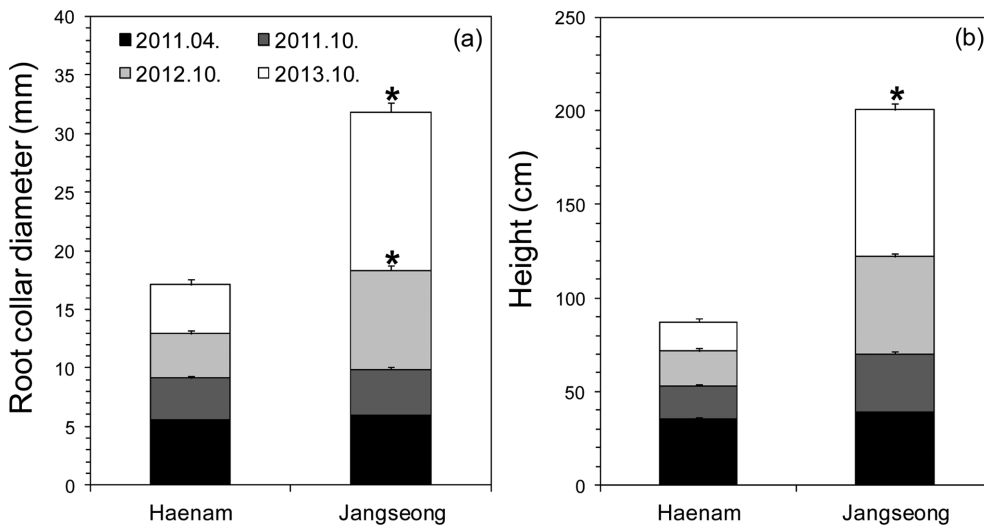


Figure 1. The growth of root collar diameter (a) and height (b) of planted *Chamaecyparis obtusa* seedlings. Vertical bars show standard errors of the mean. Asterisks show significantly differences between Haenam and Jangseong sites ($P < 0.05$).

보고한 5년생 편백 묘목의 묘고 70 cm와 Park et al. (2000)이 보고한 6년생 편백 조림목의 흉고직경과 수고 값이 각각 13 mm와 150 cm임을 고려할 때 장성 조사지의 5년생(2013년 10월)의 근원경과 수고 값이 더 높아 장성 조사지 내 편백 조림목의 생장이 상당히 우수하다는 것을 알 수 있다.

식재 당년도 두 조사지 내 편백 조림목의 근원경과 수고는 통계적으로 차이가 없었으나 2013년 장성 조사지의 근원경과 수고는 해남 조사지보다 유의하게 커졌다. 해남 조사지가 상대적으로 낮은 고도와 완만한 경사를 보임과 동시에 토양 내 전질소, 유기물 농도 및 양이온치환능력이 장성 조사지보다 상대적으로 양호하였음에도 불구하고 편백 조림목 생장은 저조하였다. 편백 생존율에 미치는 입지 변수는 연간 생육일수, 위도, 해안까지 직선거리, 해발고 순으로 생존율에 관여하는 영향력은 토양 특성보다 입지 특성에 의해 영향을 더 많이 받는 것으로 알려져 있다(KFRI, 2012). 본 연구 결과에서도 유효토심이 깊은 곳에서 편백의 생장이 우수하다는 기존 연구 결과(KFRI, 2012; Kim et al., 1983)를 고려할 때 유효토심이 낮은 해남 조사지 내 편백 조림목의 뿌리가 상대적으로 깊게 뻗지 못하는 가운데 불어오는 해풍이 편백 조림목 생장에 부정적인 영향을 준 것으로 판단된다(Kang et al., 2007). 즉 해남 조사지는 사면이 바다를 향하면서 해안가로부터 약 3 km 떨어진 곳에 위치하고 있어 내륙에 위치한 장성 조사지(24 km)보다는 해풍의 영향을 많이 받았을 것으로 예측된다. 한편, 해남 조사지와 장성 조사지의 활착률(%)은 해남 조사지보다 높았으며(Figure 2), 이러한 결과는 근원경 생장이 우수한 장성 조사지 내 편백 조림목이 식재 이후 수분 스트레스에 대한 저항능력이 높아 조림지에서

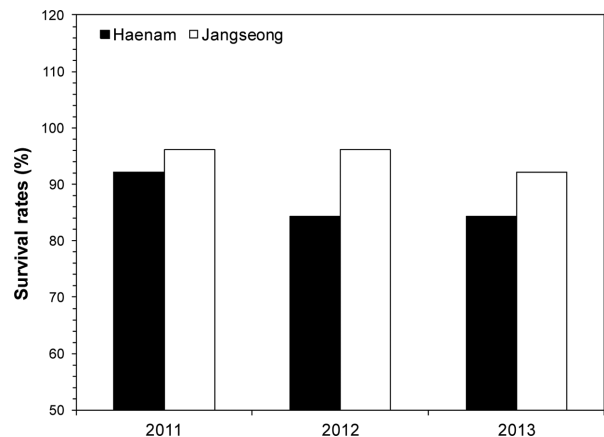


Figure 2. The survival rates of planted *Chamaecyparis obtusa* seedlings.

양호한 활착률을 보인 것으로 판단된다(Aranda et al., 2002; Leiva and Fernandez-Ales, 1998). 본 연구 조사지 내 편백 조림목의 활착률은 6년생 편백 조림목의 활착률이 75%로 조사된 Park et al.(2000)의 연구와 비교하였을 때 상대적으로 양호한 것으로 나타났다.

해남과 장성 조사지 내 편백 조림목의 근원경 상대성장량(%)은 각각 2011년 68과 69, 2012년 43과 87, 2013년 32와 75로 나타났다[Figure 3(a)]. 식재 후 초기에는 차이가 없었으나 2012년과 2013년에는 약 2배 정도 장성 조사지 내 근원경 상대성장량이 해남 조사지보다 유의하게 높은 결과를 보였다. 해남과 장성 조사지 내 편백 조림목의 수고 상대성장량(%)은 Figure 3(b)에 제시되어 있다. 수고 상대성장량 또한 근원경 상대성장량과 같이 2012년부터 약 2배 정도의 차이를 보였으며 2013년에는 장성 조사지

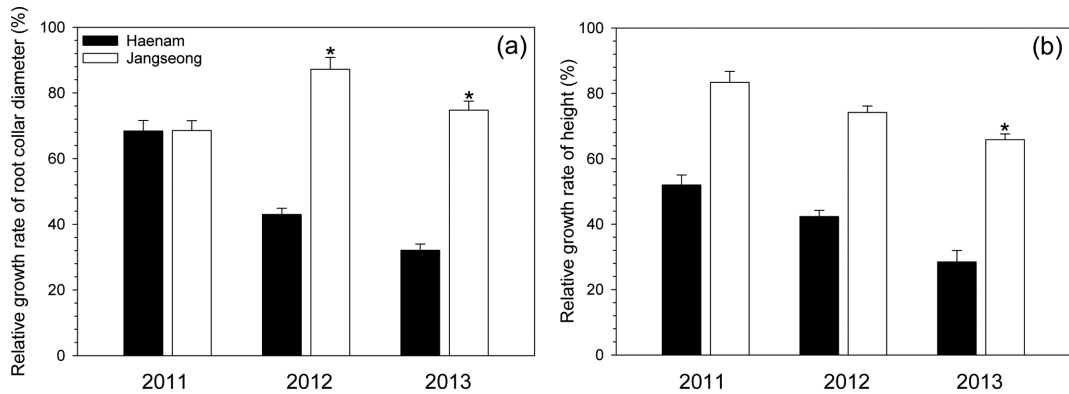


Figure 3. The relative growth rate of root collar diameter (a) and height (b) of planted *Chamaecyparis obtusa* seedlings. Vertical bars show standard errors of the mean. Asterisks show significantly differences between Haenam and Jangseong sites ($P < 0.05$).

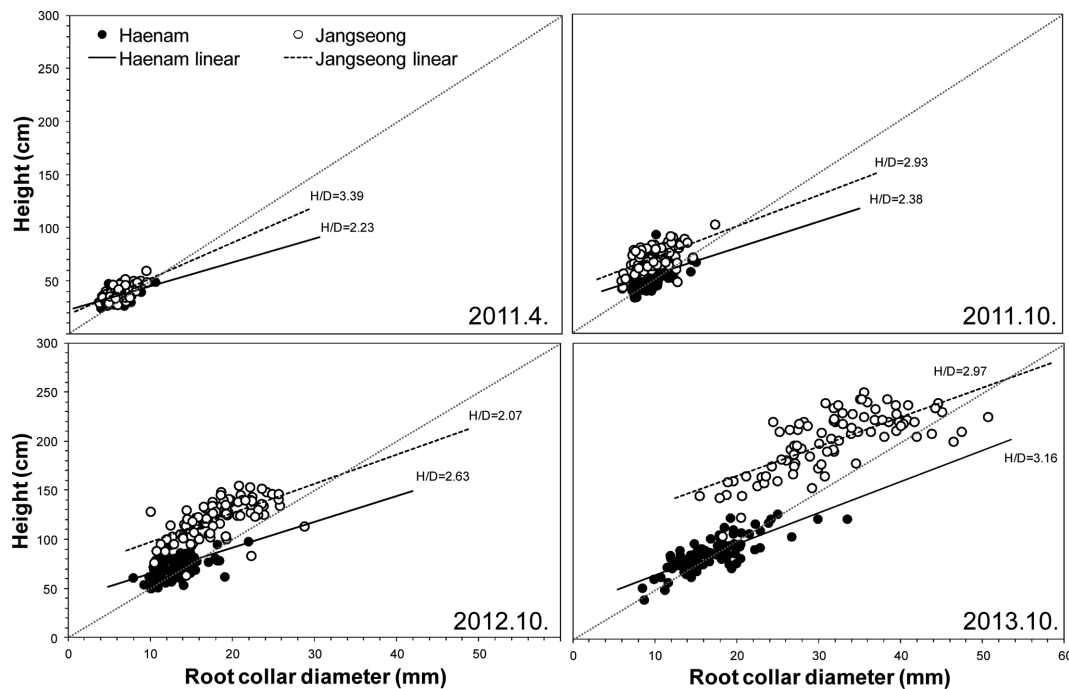


Figure 4. H/D of planted *Chamaecyparis obtusa* seedlings.

에서 유의하게 높았다. 두 조사지의 근원경과 수고 상대 성장량은 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였지만 장성 조사지에서 2012년 근원경 상대성장량이 증가한 이유는 2012년의 여름 기간 동안 강수량이 2011년에 비하여 110 mm 정도 증가하여 근원경 성장에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

해남과 장성 조사지 내 편백 조림목의 H/D율은 Figure 4에 제시하였다. 해남 조사지의 H/D율은 매년 증가하고 있는데 이는 수고의 성장 속도에 비하여 근원경의 생장이 저조하다는 것을 의미한다. 또한, 장성 조사지의 H/D율은 매년 감소하다가 2013년에 증가하면서 불규칙적인 변화를 보였는데 이것은 근원경 생장이 수고 성장보다 우수하다가 2013년에는 수고 생장이 더 활발해졌기 때문으로 판단된다. 한편, 해남 조사지의 H/D율은 장성 조사지보다 낮

았으나 2012년부터는 장성 조사지의 H/D율이 해남 조사지보다 낮아져 장성 조사지 내 편백 조림목이 점차 상대적으로 더 균형 있게 성장할 것으로 예측된다.

3. 부위별 질소와 인 농도

편백은 지형 및 토양 조건에 따라 생장이나 부위별 질소와 인 농도에 차이가 있다고 보고(Park et al., 2000) 되었지만, 식재 후 약 2년이 경과한 편백 조림목의 잎, 줄기, 당년생 가지, 2 mm 이상 뿌리 및 세근의 질소와 인 농도를 분석한 결과 지역 간 유의한 차이는 나타나지 않았다. 다만, 해남 조사지의 줄기 내 인 농도(411.9 ppm)만 장성 조사지(365.2 ppm)보다 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 3). 각 조사지 내 부위별 질소 농도에 차이가 없는 이유는 토양 내 전질소가 생장에 영향을 주는 제한 요

Table 3. Compartmental nitrogen and phosphorus concentrations of planted *Chamaecyparis obtusa* seedlings.

		Haenam	Jangseong	P-value
Nitrogen (%)	Needles	1.40(0.05) ^z	1.41(0.05)	0.8563
	Stem and branches	0.38(0.03)	0.24(0.01)	0.1464
	Current twigs	1.08(0.04)	0.97(0.06)	0.7695
	Root above 2 mm in diameter	0.22(0.01)	0.24(0.01)	0.1540
	Fine root ^y	0.64(0.04)	0.60(0.04)	0.7669
Phosphorus (ppm)	Needles	998.4(44.37)	1165.2(41.54)	0.8882
	Stem and branches	411.9(22.13)	365.2(12.87)	0.0013
	Current twigs	857.9(30.66)	900.6(34.13)	0.3940
	Root above 2 mm in diameter	143.8(23.75)	290.5(40.41)	0.6087
	Fine root	543.5(28.55)	581.3(31.81)	0.9074

^zThe values in parentheses are standard errors of mean.

^yFine root : Root below 2 mm in diameter

인이 되지 않는 가운데 편백 조림목이 최대 흡수할 수 있는 질소의 양이 유사하였기 때문에 판단된다. 또한, Park et al.(2000)은 흉고직경 1.3 cm, 수고 150 cm인 6년생 편백 조림목을 대상으로 실시한 연구에서 부위별 질소 농도(%)는 잎 1.32, 뿌리 0.63, 가지 0.45, 인 농도(ppm)는 잎 1,200, 가지 600, 뿌리 400라고 보고하였는데 이는 본 연구 조사지 내 편백 조림목의 부위별 질소 농도와는 유사하고 인 농도보다는 높은 결과이다. 조사지간 편백 조림목의 부위별 질소와 인 농도에 차이가 나타나지 않은 것은 해남과 장성 조사지 토양 내 질소 농도는 전라남도 평균 질소 농도(0.12%)보다 높고 인산 농도 역시 전라남도 평균 인산 농도(11.8 mg · kg⁻¹)보다 높아 조림목이 이용 가능한 토양 내 질소와 인산 농도가 부족하지 않은 수준이었기 때문에 판단된다(Jeong et al., 2002).

해남과 장성 조사지 내 편백 조림목의 부위별 질소와 인 농도 모두 잎 > 당년생 가지 > 세근 > 줄기 2 mm 이상 뿌리 순으로 나타났다. Park et al.(2000)은 6년생 편백 조림목의 부위별 질소 농도는 잎 > 뿌리 > 가지, 인 농도는 잎 > 가지 > 뿌리 순서임을 보고하였고, 4-5년생 편백을 대상으로 부위별 질소와 인 농도를 분석한 Aiba et al.(1985)의 연구에서도 같은 경향을 보였다. 임목의 부위별 질소와 인 농도를 측정된 기존 연구에서는 가지, 소지 및 당년생 가지 등 가지를 세분화하여 조사한 사례(Lee and Son, 2004; Son et al., 2001)는 많으나 2 mm 이상 뿌리와 세근을 분리하여 측정된 연구는 부족하므로 본 연구 결과는 편백 조림목의 지상부와 지하부의 양분 분배를 구명하기 위한 기초 자료로 이용 가능하리라 판단된다.

결론

본 연구에서는 리기다소나무와 낙엽송 벌채지 내 식재된 편백의 초기 생장 및 부위별 질소와 인 농도, 조림지

토양 특성을 비교 분석하였다. 해남 조사지의 토양 내 전 질소, 유기물 농도 및 양이온치환능력이 장성 조사지보다 양호하였음에도 불구하고 장성 조사지의 편백 조림목 생장이 우수하였다. 이것은 해남 조사지보다 깊은 유효 토심과 풍부한 연 강수량 등 입지 및 환경 특성의 영향으로 판단된다. 즉, 편백 조림목은 토양 특성보다는 식재지 입지 특성의 영향을 많이 받는 것으로 생각된다. 해남 조사지와 같은 해풍의 직접적인 영향을 받는 곳은 편백 조림지로서 제한해야 하며, 이러한 본 연구 결과는 편백 조림을 위한 최적 식재지 마련에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 국립산림과학원 리서치 펠로우십의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Aiba, Y., Haibara, K., and Kondo, A. 1985. The effects of intensive tending works on soil productivity (IV) nutrient movement for a small watershed of young sugi and hinoki stands. *Journal of the Japanese Forestry Society* 67(8): 297-304.
- Aranda, I., Gil, L., and Pardos, J.A. 2002. Physiological responses of *Fagus sylvatica* L. seedlings under *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pyrenaica* Willd. overstories. *Forest Ecology and Management* 162: 153-164.
- Chung, Y.G. 1980. Effects of soil properties and environmental factors on the growth of *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. *The Journal of the Institute for Agricultural Resource Utilization* 14: 1-29.
- Heath, L.S. and Smith, J.E. 2000. Soil carbon accounting and assumptions for forestry and forest-related land use change.

- In: Joyce, L.A. and Birdsey, R. (eds) The impact of climate change on America's forests. A technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA Assessment. general technical report RMRS-GTR-59. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colo., pp. 89-101.
- Hwang, J. and Son, Y. 2006. Short-term effects of thinning and liming on forest soils of pitch pine and Japanese larch plantations in central Korea. *Ecological Research* 21: 671-680.
- Jeong, J.H., Koo, K.S., Lee, C.H., and Kim, C.S. 2002. Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. *Journal of Korean Forest Society* 91(6): 694-700 (in Korean with English abstract).
- Jin, H.O., Yi, M.J., Shin, Y.O., Kim, J.J., and Jeon, S.K. 1994. *Forest Soil*. Hyangmunsa, Seoul, Korea. pp. 324.
- Jo, J.S., Kim, S.I., Yoon, S.L., Noh, J.K., Kim, D.K., and Choi, K.D. 2006. Analysis of antimicrobial components from essential oil in the leaves of *Chamaecyparis obtusa*. *Journal of Industrial Technology Research Institute* 14: 243-249.
- Kang, S.S., Cho, K.S., Son, D.S., Kim, M.S., Kim, J.B., Song, J.H., Kim, Y.K., and Park, U.G. 2007. Survey on the damage of pear orchards caused by typhoon "Maemi" in Ulsan district. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 25(4): 394-399.
- KFCM. 2006. 2006 Korea Forest Health Monitoring Report. Korea Forest Conservation Movement, pp. 239.
- KFRI. 2012. Economical Tree Species No.5 *Chamaecyparis obtusa*. Korea Forest Research Institute, pp. 157.
- KFS. 1992. *Illustrated Woody Plants of Korea*. Forestry Research Institute Forestry Administration Republic of Korea, pp. 31.
- KFS. 2014. *Annual Action Plan of Forest Resources*. Korea Forest Service, pp. 211.
- Kim, C., Son, Y., Lee, W.K., Jeong, J. and Noh, N.J. 2009. Influences of forest tending works on carbon distribution and cycling in a *Pinus densiflora* S. et Z. stand in Korea. *Forest Ecology and Management* 257(5): 1420-1426.
- Kim, J.W., Kim, Y.K., Kim, D.K., Kim, K.S., Oh, M.Y., Park, S.K., Kim, T.O., Lee, W.Y., Suh, J.B. and Park, N.C. 1983. Studies on the distribution, suitable site in Korea and planting method of *Cryptomeria japonica* D. Don, *Chamaecyparis obtusa* Endl. *Journal of Forest Science, Korea Forest Research Institute* 30: 41-88.
- KMA. 2014. http://203.247.66.10/weather/observation/aws_table_popup.jsp. Korea Meteorological Administration.
- Lee, C.B. 1986. *Dendrology*. Hyangmunsa, Seoul, Korea, pp. 161.
- Lee, I.K. and Son, Y. 2004. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on seasonal changes and retranslocation of nutrition in foliage and twig of *Pinus rigida* and *Larix kaempferi*. *Korean Journal of Ecology* 27(4): 199-210.
- Lee, S.W., Kim, J.W., Kim, W.K. and Cho, M.S. 2009. Nursery Technology of Major Silvicultural Species. Korea Forest Research Institute, pp. 89.
- Leiva, M.J. and Fernandez-Ales, R. 1998. Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *Forest Ecology and Management* 111(2-3): 147-156.
- Matsui, H. 1995. Effects of acidity of the water culture solution on uptake of nutrients by the root of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*). *Water, Air and Soil Pollution* 85(3): 1131-1136.
- Matsushita, M., Hoshino, D., Yamamoto, S.I., and Nishimura, N. 2014. Twenty-three years of stand dynamics in an old-growth *Chamaecyparis* forest in central Japan. *Journal of Forest Research* 19(1): 134-142.
- Nagakura, J., Shigenaga, H., Akama, A., and Takahashi, M. 2004. Growth and transpiration of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings in response to soil water content. *Tree Physiology* 24: 1203-1208.
- Nagakura, J., Shigenaga, H., Akama, A., and Takahashi, M. 2005. Effects of soil moisture and nitrogen on growth responses of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* seedlings. *Phyton (Horn, Austria)* 45(4): 423-428.
- Nakanishi, A., Inagaki, Y., Osawa, N., Shibata, S., and Hirata, K. 2009. Effects of patch cutting on leaf nitrogen nutrition in hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endlicher) at different elevations along a slope in Japan. *Journal of Forest Research* 14: 388-393.
- Niinemets, Ü. and Valladares, F. 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate northern hemisphere trees and shrubs. *Ecological Monographs* 76(4): 521-547.
- Noh, N.J., Son, Y., Lee, S.K., Seo, K.W., Heo, S.J., Yi, M.J., Park, P.S., Kim, R.H., Son, Y.M., and Lee, K.H. 2010. Carbon and nitrogen storage in an age-sequence of *Pinus densiflora* stands in Korea. *Science China Life Science* 53(7): 822-830.
- Ogawa, T., Matsumoto, C., Takenaka, C., and Tezuka, T. 2000. Effect of Ca on Al-induced activation of antioxidant enzymes in the needles of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*). *Journal of Forest Research* 5: 81-85.
- Park, I.H., Lim, D.H., and Ryu, S.B. 2000. Biomass, net production and nutrient distribution related to age of young *Chamaecyparis obtusa* plantations. *Journal of Korean Forest Society* 89(1): 85-92.
- Park, I.H., Seo, Y.K., Lim, J.T., and Lee, C.I. 2001. Effects of basic oxygen furnace slag application on soils and plant growth at a nursery and pine forests. *Journal of Korean Forest Society* 90(6): 699-706.
- Park, J.H., Oh, K.I., An, K.W., and Kim, C. 2004. Growth characteristics of *Quercus acutissima* seedlings planted in various levels of trip clear-cutting of *Pinus rigida* planta-

- tions. Journal of Korean Forest Society 93(5): 360-371.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary.
- Son, Y., Hwang, J.W., Lee, D.H., Kim, J.S., and Yang, S.Y. 2001. Effects of nitrogen fertilization and thinning on growth and nutrition current needle and twigs in *Pinus koraiensis*. Journal of Korean Forest Society 90(1): 28-35.
- Song, K.S., Cha, Y.G., Choi, J.Y., and Kim, J.J. 2012. Comparison of growth characteristics of 1- and 2-year-old bare root and container seedling of *Chamaecyparis obtusa*. Journal of Korean Forest Society 101(2): 317-323.
- Sumida, A., Miyaura, T., and Torii, H. 2013. Relationships of tree height and diameter at breast height revisited: analyses of stem growth using 20-year data of an even-aged *Chamaecyparis obtusa* stand. Tree Physiology 33: 106-118.
- Vance, E.D. 2003. Approaches and technologies for detecting changes in forest soil carbon pools. Soil Science Society of America Journal 67: 1582.
-
- (2014년 5월 20일 접수; 2014년 8월 14일 채택)