

관리시설에 따른 천연기념물 노거수 생육상태 분석^{1a}

손지원^{2*} · 신진호² · 이재진²

An Analysis on Vitality Status of Big Old Trees Preserved as Natural Monuments Based on Artificial Management^{1a}

Ji-Won Son^{2*}, Jin-Ho Shin², Jae-Jin Lee²

요약

본 연구는 천연기념물로 지정된 소나무와 은행나무를 중심으로 수목활력도를 측정하고, 관리시설물에 따른 노거수의 수목활력도 차이를 규명하였다. 수목활력도 측정 결과 소나무의 전기저항 값은 평균 14.9 k Ω 이고, 8.5~37.5 k Ω 사이에 분포하며, 은행나무의 전기저항 값은 평균 13.5 k Ω 로, 6.4 k Ω ~40.5 k Ω 사이에 분포하는 것으로 나타났다. 관리시설물 현황 조사 결과 소나무, 은행나무 모두 과반수 복토 및 석축이 이루어졌고, 특히 복토 여부에 따라 수목의 활력에 유의한 차이가 있었다. 소나무와 은행나무 모두 복토 된 수목의 형성층 전기저항 값이 복토되지 않은 수목보다 유의하게 높게 나타나 상대적 생육상태가 불량한 것으로 나타났다. 따라서 복토를 제거하는 방향으로 관리가 필요하며 천연기념물로 지정된 노거수 외 지자체에서 관리하고 있는 보호수에 대한 관리방안 실태조사도 실시하여 전반적인 복토 제거 등 관리시설물 개선이 필요할 것으로 판단된다.

주요어: 형성층 전기저항 값, 복토, 소나무, 은행나무, 관리방안

ABSTRACT

This study measured the vitality of *Pinus densiflora* and *Ginkgo biloba* and analyzed the differences of vitality levels among trees based on artificial management. Research has shown that the mean value of cambial electrical resistance (CER) on *Pinus densiflora* was 14.9k Ω (between 8.5 ~ 37.5k Ω), and for *Ginkgo biloba* it was 13.5k Ω (between 6.4 and 40.5k Ω). For the purpose of artificial management, over 50% of trees were covered up with soil and about 40% of trees were not protected by fence to enable growth spaces. It was seen that the CER of trees covered up with soil was significantly higher than that of trees which were not covered up with soil. These results indicate that it is necessary to remove the soil covering for effective management of monumental trees.

KEY WORDS : CAMBIAL ELECTRICAL RESISTANCE, COVERING UP WITH SOIL, *Pinus densiflora*, *Ginkgo biloba*, MANAGEMENT GUIDELINE

1 접수 2016년 4월 4일, 수정 (1차: 2016년 5월 24일, 2차: 2016년 6월 8일), 게재확정 2016년 6월 9일

Received 4 April 2016; Revised (1st: 24 May 2016, 2nd: 8 June 2016); Accepted 9 June 2016

2 국립문화재연구소 자연문화재연구실 Dept. of Natural heritage, Daejeon 35204, Korea

a 이 논문은 국립문화재연구소에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-42-610-7621, Fax: +82-42-610-7610, E-mail: wine814@Korea.kr

서론

천연기념물이란 용어는 독일의 폰 훔볼트가 사용한 ‘나투어덴크말(Naturdenkmal, 자연의 기념물)’ 즉 ‘나투어(Natur, 자연)’와 ‘덴크말(Denkmal, 기념물, 기념비, 기념 등)’이 합쳐진 것으로 일본인 식물학자 미요시 마나부가 천연기념물(天然記念物)이라는 한자어로 번역한 것이 우리나라에 그대로 전해진 것을 기원으로 한다(Yee, 2009). 제도적으로는 문화재보호법상의 국가지정문화재 중 ‘국가적·민족적, 또는 세계적 유산으로서 역사적·학술적·예술적 등의 가치가 큰’ 기념물에 해당한다. 천연기념물은 다시 동물, 식물, 지질·광물, 천연보호구역으로 구분된다. 특히 천연기념물 식물은 261건(전체 455건, 문화재청 2015. 6. 기준)으로 그 비중이 매우 높으며, 그 중에서도 노거수가 169건으로 식물 지정건수의 약 65%에 해당한다.

노거수(老巨樹)는 일반적으로 크고 오래된 나무를 의미하나, Lee(2009)은 수령이 많고 오래된 나무로서 진귀성, 고유성, 역사성 등의 학술적 가치가 있는 것, Jung(2011)은 당산, 정자, 군신, 전통수종 중 특별히 그 가치가 높은 것, Jung(2008)은 수령이 오래된 거목인 마을나무로서 마을공동체의 문화적 유산인 것 등으로 정의한 바 있다. 이처럼 노거수는 자연적 가치와 더불어 문화적 가치가 복합된 우리민족의 자연유산이다.

그러나 노거수의 자연노화, 기상변화, 개발·오염에 의한 환경훼손, 일부 인위적 관리시설물에 인한 생육환경 악화로 인해 수목의 수세 쇠약 및 고사가 지속적으로 발생되어 왔으며, 이를 개선하기 위하여 노거수 실태 및 관리현황을 조사하고 관리시사점을 제안하는 연구가 이루어져왔다. 관련 연구로 노거수의 수형 및 수세, 고사지율, 엽량, 토양환경 및 근원부(나지화, 복토 깊이)등을 분석한 후 나지화와 수목의 공동크기 및 수피 이탈률의 상관관계를 분석한 연구(Kang and Lee, 2004)가 있으며, Kim *et al.*(2009)은 생육 입지별(마을, 산림, 경작지, 건물지)에 따른 수세 차이를 비교하고, 노거수에 대한 인위적 간섭의 최소화화 토양 개량의 필요성을 언급한 바 있다. 인위적 관리시설물 조사 연구로 Jung *et al.*(2009)은 소나무, 은행나무를 대상으로 시설물 현황 조사(보호시설, 석축 유무, 휴게시설), 주변토지이용현황, 제원 및 수고 등을 조사하고, 개선 방안으로 생육공간 확보, 석축 설치 지양 등을 제안하였고, Kang *et al.*(2002)은 노거수의 정성적 생육(활력)상태와 관리시설 및 실태(석축, 보호책, 포장상태 등)를 조사하였다. Lee *et al.*(2013)은 별서 명승지역 내 노거수를 대상으로 토양의 복토 두께 및 답압 정도를 등급별로 구분한 현황조사를 실시한 바 있다.

하지만, 대부분의 연구가 생육상태에 대한 정성적 평가 및 관리시설물에 대한 현황조사 중심으로 이루어져왔으며 노거수에 적용된 관리시설물에 따른 수목활력도의 차이를 규명한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 이에 따라 본 연구는 첫째, 국가지정문화재 중 지정 비중이 큰 은행나무와 소나무를 중심으로 노거수의 수목활력도를 측정하고, 둘째, 관리시설물에 따른 노거수 수목활력도 차이를 정량적으로 규명하며, 마지막으로 이를 바탕으로 노거수 보전관리의 시사점을 제안하고자 한다.

연구방법

1. 연구대상지

본 연구는 천연기념물 노거수 실태조사(National Research Institute of Cultural Heritage, 2008; 2009; 2010; 2011)의 소나무(24건), 은행나무(15건) 등 총 39건에 대한 측정 자료를 활용하였다. 소나무와 은행나무는 국가지정문화재로 지정된 노거수 중 비중이 큰 수종이다. 지역별로는 강원도, 경기도, 충청도, 전라도, 경상도에 분포하고 있으며, 지정연도별로는 1960년대 이전에 지정된 수목이 7건, 2000대 이후에 지정된 것은 4건이며, 대부분 1980년대에 해당하는 것으로 나타났다. 대상 노거수의 수령은 주로 400~600년 사이에 위치하고, 최고 1000년 이상으로 추정되는 수목은 8건이다(Table 1).

2. 연구내용 및 방법

현장조사는 2008년~2011년에 실시되었으며, 2~10월까지 조사되었다(Table 1). 연도별 수목활력도는 3~5월(봄), 7~9월(여름)에 측정하여 평균을 산출하였다. 조사항목은 토양환경, 생육현황(제원 및 수형형태, 수목활력도), 인위적 관리시설물 현황으로 구분된다.

토양환경은 노거수 수간을 기준으로 반경 3m 내외에 토심 20cm 깊이의 토양 시료를 4개 이상 채취하여 조사하였으며 토양 pH, 유기물함량, 유효인산, 치환성양이온(K, Ca, Na, Mg)을 분석하였다.

노거수의 제원 및 수형을 조사하기 위해 수고는 측고기(laser dendrometer 360 R)를 사용하여 측정하였고 근원둘레와 흉고둘레, 수관폭(동서, 남북)은 줄자를 이용해 실측하였다. 또한 수목활력도 즉, 수목의 활력을 객관적으로 판단하기 위하여 형성층의 전기저항 값을 측정하였다. 형성층에는 세포질이 가득 차 있으며, 형성층 내 세포의 활력이 왕성할수록(수세가 좋을수록) 더 많은 전해질이 흘러나오기 때문에 전기저항 값이 낮아지는 경향을 보인다. 상대적 비교

Table 1. Study area

Trees	Region	Natural Monument No.	Designated yr	age(yr)	Designated area(m ²)	Survey yr	
<i>Pinus densiflora</i> (24)	Gwangone	No. 349	1988	600	1,256	2010	
		No. 351	1988	500	1,381	2010	
	Chungbuk	No. 352	1988	600	535	2011	
		No. 383	1996	500	2,148	2011	
		No. 399	1998	400	7,850	2009	
	Gyeongbuk	No. 294	1982	600	314	2009	
		No. 409	1999	350	588	2009	
		No. 180	1966	650	241	2009	
		No. 295	1982	200	193	2009	
		No. 357	1988	400	484	2009	
		No. 292	1982	200	376	2009	
		No. 426	2000	400	664	2009	
	Jeonnam	No. 293	1982	500	314	2009	
		No. 356	1988	200	664	2008	
		No. 430	2001	400	900	2008	
		No. 424	2000	500	907	2008	
		No. 354	1988	600	495	2008	
		Jeonbuk	No. 291	1982	350	248	2008
			No. 397	1998	400	7,463	2008
		Gyeongnam	No. 359	1988	300	1,140	2010
			No. 410	1999	600	2,038	2010
			No. 491	2008	600	1,617	2010
	No. 358		1988	300	900	2010	
	No. 289		1982	500	2,152	2010	
<i>Ginkgo biloba</i> (15)	Gwangone	No. 76	1962	1000~1200	1,596	2010	
		No. 166	1964	800	4,381	2010	
		No. 167	1964	800~1000	1,045	2010	
	Gyeonggi	No. 30	1962	1100	3,578	2012	
		No. 165	1964	1000	616	2011	
	Chungbuk	No. 223	1970	1000	2,753	2011	
		No. 84	1962	1000	7,389	2011	
	Chungnam	No. 320	1982	1000	4,081	2011	
		No. 365	1990	1000	1,122	2011	
		No. 301	1982	400	340	2009	
	Gyeongbuk	No. 402	1985	800	1,629	2009	
		No. 225	1971	400	8,717	2009	
		No. 300	1982	440	400	2009	
		No. 302	1982	600	786	2010	
	Gyeongnam	No. 406	1999	800	2,504	2010	

는 동일 수종 내에서만 가능하다(Cha and La, 1993). 연구를 위해 휴대용 형성층 전기저항 측정기 OZ-93(Shigometer)을 사용하였고 바늘형 측정침(needle probe)을 이용하였다. 측정 오차를 줄이기 위해 지면으로부터 1.2m에 이르는 수간에 4곳을 2회(봄, 여름) 측정하여 그 값의 평균을 노거수의 대표값으로 사용하였다. Song *et al.*(2002)은 천안시 가로수를 대상으로 형성층 전기저항 값을 측정하고, 수치가 낮은 수목은 높은 질산환원효소 및 낮은 황산화효소 활성을 보임을 밝혀 형성층 전기저항 값이 수목의 활력 측정에 유의한 값을 제시한 바 있다. 인위적 관리시설로는 복토와 석축, 불투수 포장 유무를 조사하였으며, 보호책은 수관면적 이하와 이상으로 구분하여 조사하였다.

자료의 통계분석은 SPSS 21.0을 이용하였다. 생육현황 및 인위적 관리현황의 기초자료 분석을 위해 기술통계분석과 빈도분석을 실시하였고, 관리시설물에 따른 수목활력도 차이는 수종별로 비교하였다. 표본수가 30이하로 적기 때문에 독립표본 비모수 검정으로 Mann-Whitney U test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 토양환경

소나무와 은행나무의 토양 pH, 유기물함량, 유효인산, 치

환성양이온(K, Ca, Na, Mg)을 측정하였다. 소나무의 토양 pH는 4.4~7.4로 강산성에서 중성의 특성을 나타냈다. 분포 빈도를 살펴보면 강산성에 해당하는 pH 4.5 이하 3곳(장수리 의암송, 지리산 천년송, 문경 화산리 반송)을 제외한 나머지는 산성~중성으로 수목의 생장에 큰 지장이 없는 것으로 조사되었다. 은행나무는 영월 하송리 은행나무(pH 7.7)를 제외하고 pH 5.6~7.7 범위로 산성~중성에 해당한다.

유기물함량 및 유효인산은 각각 1.6~101%, 11.4~2,752.4mg/kg으로 나타났고, 우리나라 산림토양의 평균 유기물함량 3.2%, 유효인산 26.65mg/kg(Lee, 1980)과 비교해서는 매우 높은 수치이다. 이는 문화재에 대한 인위적 관리에 따른 과다시비에 의한 것으로 생각된다. Kang and Lee(2004), Lee(2006)도 천연기념물 노거수의 토양이 일반 산림토양보다 높은 수치를 나타낸다고 보고하였다. 다만, 문경 대하리 소나무, 울진 행곡리 처진소나무 등의 유기물 함량이 2% 이하로 매우 낮은 것으로 나타났다. 유효인산의 경우 3곳을 제외한 나머지가 30mg/kg 이상에 해당하고 특히 합천 화양리 소나무는 2,752.4mg/kg 으로 유효인산이 과잉 축적된 것으로 조사되었다. 그 외 K, Ca은 각각 27.2, 23.5me/100g 으로 매우 과다한 것으로 나타났다.

소나무의 치환성양이온 K는 0.08~27.20(평균 1.6)me/100g, Ca는 0.08~23.55(평균 7.8)me/100g, Na는 0.04~1.80(평균 0.76)me/100g, Mg는 0.37~2.50(평균 1.2)me/100g 으로 나타나 Ca를 제외하고 우리나라 평균 산림토양 값(K:0.23me/100g, Ca:2.44me/100g, Na: 0.22me/100g, Mg:1.01me/100g) 보다 높은 경향을 보였다. Ha *et al.* (2006)도 노거수 활엽수종의 쇠약 원인을 무기 영양소 N, K 함량의 불균형으로 지적한 바 있다. 은행나무도 유사한 경향성을 보였으며, 특히 영월 하송리 은행나무와 금릉 조룡리 은행나무, 양평 용문사 은행나무의 전반적인 치환성양이온 함량이 높았다.

2. 노거수의 일반적인 생육상태

1) 소나무

본 연구 대상지의 소나무 평균 수고는 14.2m로 문경 대

하리 소나무(제426호)의 수고가 6.2m로 가장 낮고 영월 청령포 관음송(제349호)의 수고가 27.4m로 가장 높은 것으로 나타났다. 수관폭은 동서방향이 평균 19.8m이고, 9.8~27.6m 범위이며, 남북방향은 평균 20.9m, 9.4~34.1m이다. 흉고둘레의 평균은 5.3m이고 2.0~11.2m 사이에 분포하며, 근원둘레는 평균 5.3m이고 2.8~10.9m로 나타났다(Table 2).

2) 은행나무

은행나무의 평균 수고는 25.9m로 14.0~39.0m에 분포하였으며, 양평 용문사 은행나무(제30호)의 수고가 가장 높게 나타났다. 수관폭은 동서방향, 남북방향이 평균 약 26m로 각각 19.0~34.0m, 18.5~38.8m 사이로 조사되었다. 흉고둘레와 근원둘레의 평균은 각각 11.8m, 13.1m로 구미 농소리 은행나무(제225호)의 흉고둘레가 18.7m로 가장 크고, 근원둘레는 용문사 은행나무가 19.2m로 가장 큰 것으로 조사되었다(Table 2).

3. 수목활력도 분석

1) 소나무

수목의 활력도를 알아보기 위해 형성층 전기저항 값을 측정하였다. 형성층 전기저항 값은 수목의 활력을 알아보기 위한 상대적인 값으로 그 수치가 낮을수록 수목의 생육상태가 상대적으로 양호하다고 판단할 수 있다. 소나무의 전기저항 값은 평균 14.9 $\kappa\Omega$ 이고, 8.5~37.5 $\kappa\Omega$ 사이에 분포하였다(Table 3). 이 중에서 영월 청령포 관음송(제349호)의 전기저항 값이 8.5 $\kappa\Omega$ 로 상대적 생육상태가 가장 양호한 것으로 나타났고, 다음으로 장흥 옥당리 효자송(제356호) 10.6 $\kappa\Omega$, 의령 성황리 소나무(제359호) 10.8 $\kappa\Omega$ 순으로 낮게 나타났다(Table 4). 반면, 보은 서원리 소나무(제352호)의 전기저항값은 37.5 $\kappa\Omega$ 로 가장 높아 생육상태가 상대적으로 가장 불량한 것으로 조사되었다. 상대적 생육상태가 가장 양호한 것으로 나타난 영월 청령포 관음송의 경우 외관상으로도 가지량과 엽량이 많고, 엽색과 새 가지의 생장(당년지 13.5cm, 1년지 15.2cm, 2년지 16.9cm)이 양호하여 비교적 건강한

Table 2. Overall growth status of Big Old trees

Items	<i>Pinus densiflora</i>				<i>Ginko biloba</i>			
	Mean	SD	Min.	Max.	Mean	SD	Min.	Max.
Height	14.2	5.0225	6.2	27.4	25.9	5.3133	14.0	39.0
Girth at breast height	5.3	2.1202	2.0	11.2	11.8	3.1182	8.0	18.7
Girth at root height	5.3	1.7445	2.8	10.9	13.1	2.6175	9.4	19.2
Crown width(EW)	19.7	5.3852	9.8	27.6	26.2	4.8708	19.0	34.0
Crown width(NS)	20.9	5.6313	9.4	34.1	26.8	5.5980	18.5	38.8

Table 3. The results of CER

Trees	Mean	SD	Min.	Max.
<i>Pinus densiflora</i>	14.9	5.6219	8.5	37.5
<i>Ginko biloba</i>	13.5	8.3661	6.4	40.5

상태로 조사되었다. 생육상태가 불량한 것으로 조사된 보은 서원리 소나무의 외관상 엽량과 가지의 생장량(당년지 4.5 cm, 1년지 7cm, 2년지 6cm)은 보통으로 나타났다.

2) 은행나무

은행나무의 형성층 전기저항 값은 평균 13.5 kΩ로, 6.4~40.5 kΩ 사이에 분포하였다(Table 3). 수종별로는 의령 세간리 은행나무(6.4 kΩ)와 양평 용문사 은행나무(7.7 kΩ) 순으로 전기저항 값이 낮아 생육상태가 양호한 것으로 판단되었다. 반면에 부여 주암리 은행나무의 전기저항 값이 40.5 kΩ로 가장 높고, 다음으로 괴산 읍내리 은행나무 19.8 kΩ 순으로 수치가 높게 나타났다(Table 5). 다만, Cha and La(1997)에 따르면 흉고직경이 증가할 때 전기저항 값이 감소하는 경향이 있다고 보고한 바 있고, 두 은행나무의 흉고둘레가 8m로 상대적으로 작으나 본 연구결과에서는 유

Table 4. The results of CER(*Pinus densiflora*) and growth of shoots

No.	CER(kΩ)	current growth of shoot (cm)	growth of shoot first yr(cm)	growth of shoot second yr(cm)
180	12.0	8.3	7.2	6.4
289	11.8	12.3	12.7	13.8
291	14.3	6.5	7.0	7.4
292	15.3	6.0	5.5	5.3
293	14.6	5.1	5.4	5.5
294	11.5	11.8	10.1	13.5
295	18.9	12.4	14.4	19.8
399	20.5	10.5	9.5	9.1
349	8.5	13.5	15.2	16.9
351	13.4	7.5	6.2	6.3
352	37.5	4.5	7.0	6.0
354	17.8	-	-	-
356	10.6	4.5	-	-
357	18.0	3.4	3.5	3.7
358	12.5	6.6	7.8	7.9
359	10.8	4.7	6.1	6.6
383	17.5	8.0	10.0	11.0
397	13.2	8.0	7.5	6.2
409	12.8	9.0	8.0	10.5
410	13.5	4.8	4.4	5.1
424	13.8	7.8	4.3	8.2
426	15.5	12.5	14.5	10.9
430	13.6	17.5	21.0	19.5
491	10.8	11.2	13.8	14.2

의한 상관관계가 나타나지는 않았다. 의령 세간리 은행나무와 양평 용문사 은행나무 모두 외관상 원래상태의 70~90% 수형을 유지하고 자연녹지 또는 공터로 인공시설물이 없었으며, 보호책이 수관면적 이상으로 넓게 설치되어 수관을 보호하고 있는 것으로 조사되었다.

Table 5. The results of CER(*Ginko biloba*) growth of shoots

No.	CER(kΩ)	current growth of shoot (cm)	growth of shoot first yr(cm)	growth of shoot second yr(cm)
30	7.7	-	-	-
76	8.2	16.1	14.8	14.5
84	14.5	13.0	10.2	15.8
165	19.8	6.0	12.0	13.3
166	15.4	7.2	11.4	12.7
167	9.0	24.0	15.0	13.5
223	10.3	21.5	20.8	22.5
225	11.6	11.4	17.5	17.9
300	10.5	16.5	20.2	22.4
301	8.7	19.8	16.5	18.1
302	6.4	19.1	21.2	23.1
320	40.5	10.0	10.0	12.0
365	16.0	14.3	16.3	17.5
402	15.4	21.3	19.4	20.1
406	9.2	17.2	19.3	19.7

4. 관리시설물 현황

천연기념물 노거수의 생육환경에 영향을 미칠 것으로 판단되는 관리시설물 현황을 살펴보기 위해 석축, 복토, 포장, 보호책(펜스)에 대한 현황을 분석하였다. 석축 및 복토의 유무, 노거수 주변 토양의 불투수 포장·비포장 여부를 살펴 보았으며, 보호책의 경우 수관면적 이하와 이상의 여부를 조사하였다(Figure 1).

소나무, 은행나무 모두 과반수 복토된 것으로 나타났고 소나무(54%)에 비해 은행나무(86%)의 복토 빈도가 높았으며, Lee(2006), Lee(2009)에서도 천연기념물 노거수가 각각 30%, 48% 복토된 것으로 나타났다. 노거수 주변의 석축 유무를 조사한 결과 소나무 54%, 은행나무 53%로 노거수 과반수가 석축에 둘러싸인 것으로 분석되었다. 노거수와 인접한 토양의 포장과 관련하여 약 80% 이상이 비포장된 것으로 조사되었다. 보호책의 경우 두 수종 모두 보호책이 수관 너머에 설치된 정도가 많았으나, 소나무의 41%, 은행나무의 33%가 수관면적 이하로 보호책이 설치되어 수관을 보호할 정도의 충분한 공간을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. Lee(2009)의 노거수 생육공간 비교에서도 69개소 중 약 74%가 수관면적 이하로 보호책이 설치되어 생육공간을

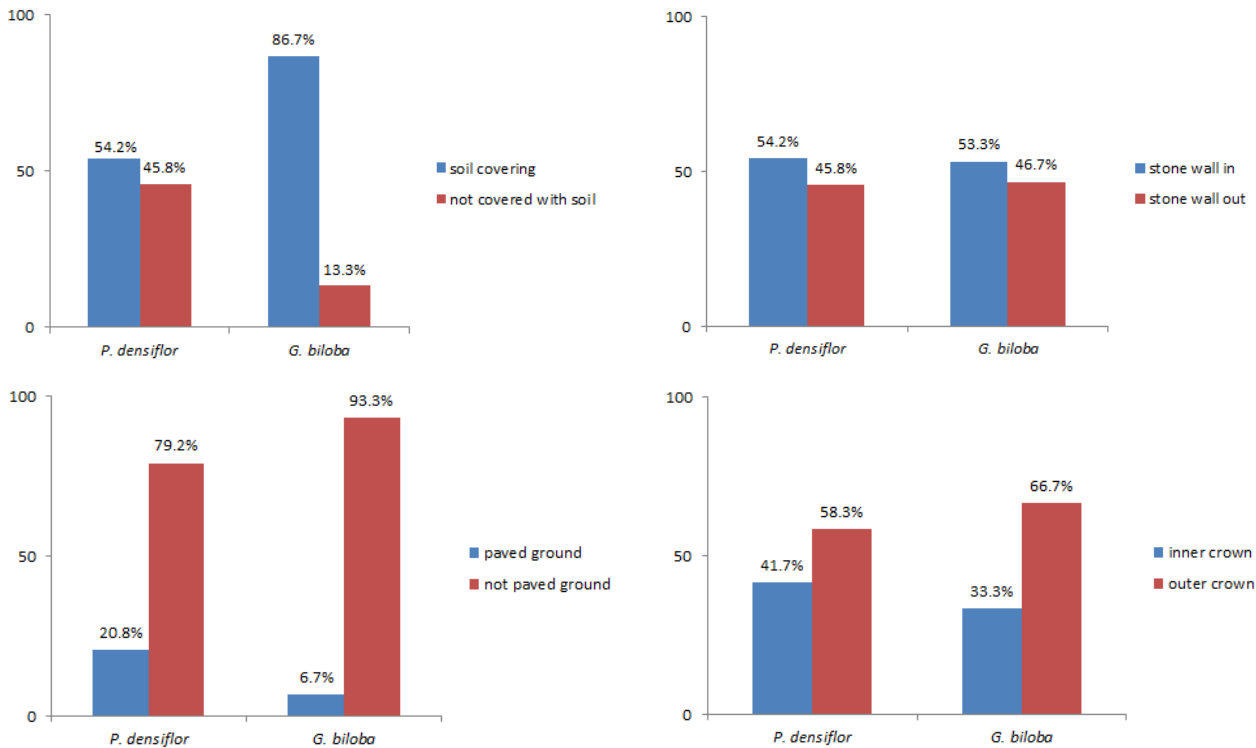


Figure 1. Status of artificial managements

확보하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 유사 연구로 Sim and Shin(1992)은 보호수를 대상으로 최소 필요한 보호수 수관면적을 제시하였고, Doo *et al.*(2012)은 생육을 위해 최소한의 수관면적을 확보한 보호수의 비율이 점차 감소하고, 수관면적 내 지장물(복토, 석축, 불투스 포장)의 면적비율이 높아지고 있다고 밝힌바 있다.

5. 관리시설물에 따른 수목활력도 차이 분석

노거수에 적용된 관리시설물에 따른 수목의 형성층 전기

저항 값을 비교한 결과 석축, 복토, 포장(비포장), 보호책(수관내부, 수관외부) 중에서 복토 유무에 따라 수목활력도에 유의한 차이($P < .05$)가 있는 것으로 나타났다(Table 6). 소나무와 은행나무 모두 복토된 수목의 형성층 전기저항 값이 복토가 되지 않은 수목보다 높게 나타나, 생육상태가 상대적으로 불량한 것으로 나타났다(복토된 소나무 평균 전기저항치 17.4kΩ > 미복토된 소나무 12.7kΩ, 복토된 은행나무 전기저항치 14.0kΩ > 미복토된 은행나무 7.1kΩ).

Lee(2006)는 수목의 세근이 주로 수분과 양분을 흡수하고 전체 세근의 약 90% 가량이 표토에 모여 있기 때문에

Table 6. The difference of CER based on artificial managements

Variables	Items	<i>Pinus densiflora</i> CER		<i>Ginko biloba</i> CER	
		Mean(SD)	p	Mean(SD)	p
Stone wall	in	15.0(3.2142)	0.339	14.1(10.9011)	0.772
	out	14.8(7.2077)		12.8(4.8661)	
Soil covering	soil covering	17.4(7.3094)	0.030*	14.5(8.5715)	0.027*
	not covering with soil	12.7(2.2617)		7.1(0.9192)	
Paving	paved ground	12.7(1.2152)	0.213	10.3(-)	0.817
	not paved ground	15.5(6.1899)		13.7(8.6318)	
Fence	inner crown	13.9(1.9043)	0.953	11.0(2.6677)	0.854
	outer crown	15.6(7.2148)		14.7(10.0321)	

* p<0.05

복토를 하게 되면 뿌리가 숨을 쉬지 못해 죽을 수 있다고 보았고, 뿌리를 보호하기 위해 실시한 복토가 오히려 수목에 부정적인 영향을 미치기 때문으로 판단하였다. 석축의 경우 소나무에서는 석축이 있는 노거수의 전기저항 값이 석축이 없는 노거수에 비해 높아 수목활력도가 더 높은 것으로 나타났지만 유의한 차이는 나타나지 않았다.

개체별 복토 현황을 살펴보면 소나무의 경우 11주가 복토되었으며 이중에서 보은 서원리 소나무(천연기념물 제352호), 영양 답곡리 만지송(천연기념물 제399호), 청도 동산리 처진소나무(천연기념물 제295호)의 전기저항치가 각각 37.5 kΩ, 20.5 kΩ, 18.9 kΩ으로 높았다(Table 7). NRICR(2009)에 의하면 보은 서원리 소나무의 복토 시기는 미상이나 지제부에 복토에 의하여 눌린 흔적이 뚜렷하고 2002년 노거수 실태조사(Cultural Heritage Administration)에서 전기저항치가 6~15 kΩ으로 측정되어 복토를 수세 저하의 원인으로 지적하고 있다. 청도 동산리 처진소나무는 1983년 보호책설치공사 시 복토된 것으로 추정되며, 이후 엽량 및 가지량이 쇠퇴된 것으로 조사됐다(NRICR, 2009). 은행나무는 13주 복토되었으며, 부여 주암리 은행나무(천연기념물 제320호), 괴산 읍내리 은행나무(천연기념물 제165호)의 전기저항치가 각각 40.5 kΩ, 19.8 kΩ로 측정되었다. Lee(2006)는 부여 주암리 은행나무는 30~100cm 높이로 석축을 쌓고

복토가 되어 있으며 수목의 쇠약 시기와 원인을 알 수는 없으나 복토 이외의 요소를 찾을 수 없다고 하였다. 다만, 괴산 읍내리 은행나무의 복토 깊이는 30cm로 그 영향은 미미할 것으로 보았는데 이 은행나무의 경우 흉고둘레가 8m(대상지 은행나무 평균 11.0m)로 상대적으로 작고, Cha and La(1997)는 흉고둘레가 전기저항치에 영향을 미친다고 보고하였으나 본 연구에서 유의한 상관관계는 나타나지 않았다.

6. 천연기념물 노거수 관리 시사점

본 연구는 천연기념물로 지정된 소나무와 은행나무를 중심으로 생육특성을 비교하고, 관리시설에 따른 수목활력도 차이를 분석하였다. 대상지의 일반적 토양환경은 나무와 은행나무 모두 우리나라 산림토양의 평균 값(유기물 함량, 유효인산, 치환성양이온)에 비해 높은 경향을 나타냈으며, 특히 유효인산의 경우 함량이 매우 높았다. 따라서 일정 기간 동안 유기질 비료 및 화학 비료의 투입을 지양할 필요가 있을 것으로 보이며, 일부 소나무 중 강산성 토양으로 조사된 대상지의 경우 토양개량에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

수목활력도 측정 결과 소나무의 전기저항 값은 평균 14.9 kΩ이고, 8.5~37.5 kΩ사이에 분포하며, 상대적으로 영월 청령도 관음송의 생육상태가 가장 양호하고, 보은 서원리 소나무의 생육상태가 불량한 것으로 나타났다. 은행나무의 전기저항 값은 평균 13.5 kΩ로, 6.4~40.5 kΩ사이에 분포하고 의령 세간리 은행나무가 상대적인 활력이 좋고 부여 주암리 은행나무의 활력이 불량한 것으로 나타났다. 관리시설물 현황 조사 결과 소나무, 은행나무 모두 과반수 복토 및 석축이 이루어졌고, 소나무와 은행나무의 약 40%가 수관폭 안쪽으로 보호책이 설치되어 수관보호를 위한 공간 확보가 이루어지지 못하는 것으로 나타났다.

특히, 관리시설에 따른 노거수의 수목활력도는 복토 여부에 따라 수목의 활력에 유의한 차이가 있었다. 소나무와 은행나무 모두 복토 된 수목의 형성층 전기저항 값이 복토되지 않은 수목보다 높고, 상대적인 생육상태가 불량한 것으로 나타났다. Lee(2006)는 천연기념물 노거수 141개소 중 30%, Lee(2009)는 노거수의 약 48%(69개소 중 32개소)가 복토되어 있음을 확인하고 복토로 인한 뿌리발달 저하, 수목의 쇠퇴 등 다양한 수목피해가 발생됨을 보고하였다. 문화재청에서는 노거수 관리실태 조사를 바탕으로 복토 제거 사업을 실시하고 있으나, 2006년에 비해 2009년의 복토 비중이 감소되지 않았기 때문에 지속적인 사업이 수행되어야 할 것으로 판단된다. 이외, 지자체에서 관리하고 있는 보호수에 대한 실태조사를 통해 복토 제거 등 보호수에 대한

Table 7. The differences of CER based on soil covering

<i>Pinus densiflora</i>			<i>Ginkgo biloba</i>		
No.	Soil covering	CER(kΩ)	No.	Soil covering	CER(kΩ)
180	×	12.0	30	×	7.7
289	○	11.8	76	○	8.2
291	×	14.3	84	○	14.5
292	○	15.3	165	○	19.8
293	×	14.6	166	○	15.4
294	×	11.5	167	○	9.0
295	○	18.9	223	○	10.3
399	○	20.5	225	○	11.6
349	×	8.5	300	○	10.5
351	×	13.4	301	○	8.7
352	○	37.5	302	×	6.4
354	×	17.8	320	○	40.5
356	○	10.6	365	○	16.0
357	○	18.0	402	○	15.4
358	×	12.5	406	○	9.2
359	×	10.8			
383	○	17.5			
397	○	13.2			
409	×	12.8			
410	×	13.5			
424	×	13.8			
426	○	15.5			
430	○	13.6			
491	×	10.8			

관리시설 개선도 이루어져야 할 것으로 보인다.

마지막으로 본 연구는 관리시설물 특히 복토에 따른 수목 활력도 차이를 정량적으로 규명하였으나 복토 유무 외 복토의 깊이별, 복토 후 경과 시간 등 기타 요인들에 따른 수목 활력도 차이를 고려하지 못했다. 따라서 후속 연구로 다양한 변수를 적용하여 복토가 노거수에 미치는 영향을 세부적으로 분석하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Cha, B.J. and Y.J. La. 1993. Comparison in electrical resistance of street trees in Seoul and Suwon with shigometer. *Journal of Agr. Sco. Chungbuk National Univ* 11(1): 49-56. (in Korean with English abstract)
- Cultural Heritage Administration. 2002. Survey of Natural Monuments of Big Old Trees. CHA, Dajeon, 299pp. (in Korean)
- Doo, C.E., J.B. Lee and J.K. Lee. 2012. A Study on growth condition and management of protected trees in Kimpo. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 30(1): 125-134. (in Korean with English abstract)
- Ha, H.J., J.K. Lee, C.M. Yoo and K.Y. Park. 2006. A study on vitality measurements of the natural monuments large old trees in Chungchengnamdo. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 24(3): 87-93. (in Korean with English abstract)
- Jung, D.Y. 2011. A Study of the Preservation of Traditional Culture on Natural Heritage. Hankyong National Univ, 119pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, K. 2008. A Study on the Improvement of Surrounding Environment through the Analysis of Growth Environment for Old Big Trees. Univ. of Sangmyung, Cheonan, 105pp. (in Korean with English abstract)
- Jung, K, J.Y. Seo, and J.K. Lee. 2009. Study on the analysis of growth of ginkgo and pine trees for environmental circumstance improvement for old big trees. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 27(1): 57-65. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.K. and S.J. Lee. 2004. Management guidelines of natural monuments old trees through an analysis of growing environments II. *Journal of Korean Environment Restoration Technology* 7(2): 36-45. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.C. and J.H. Lee. 2005. The study of management state & conservation counterplan of natural monuments. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 23(1): 68-83. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.C., J.H. Lee, K.S. Lee and Y.B. Sang. 2002. An evaluation of the vitality and environmental of old trees on the rural area in Jinju growth ring rates, *Zelkova serrata*, *celtis sinensis*, old trees(1). *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 20(4): 27-36. (in Korean with English abstract)
- Park, S.B., J.C. Nam and S.K. Kim. 2006. Effects of soil environments by location in the cambium electric resistance of *Pinus thunbergii* in Urban Park and Open Space. *Journal of Korean Environment Restoration Technology* 9(6): 13-22. (in Korean with English abstract)
- Kim, T.S., C.H. Lee, I.H. Park and H.Y. Lee. 2009. Analysis of growth environment on old tree, a natural monument in Jeon-lado. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 27(4): 136-147. (in Korean with English abstract)
- Lee, E.B. 2009. Management Manual of Natural Monuments for Big Old Trees and Forests. Cultural Heritage Administration, Dajeon, pp.40-80. (in Korean)
- Lee, J.B., C.H. Lee, B.J. Choi and J.K. Lee. 2013. Management improvement of big and old trees in the Byeol-seo scenic sites. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 30(1): 98-107. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.W. 1980. Studies on forest soils in Korea (I). *Journal of Korean Forestry Society* 47(1980): 52-61. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J. 2006. Natural Monuments of Big Old Trees in Korea. Seoul, Academy, 390pp. (in Korean)
- National Research Institute of Cultural Heritage(NRICH). 2008. Survey of Natural Monuments of Big Old Trees in Jeolla-do. NRICH, Dajeon, 303pp. (in Korean)
- NRICH. 2009. Survey of Natural Monuments of Big Old Trees in Gyongsangbuk-do. NRICH, Dajeon, 213pp. (in Korean)
- NRICH. 2010. Survey of Natural Monuments of Big Old Trees in Gangwong-do and Gyongsangnam-do. NRICH, Dajeon, 480pp. (in Korean)
- NRICH. 2011. A Study on Environmental Circumstance and strategic Management of Natural Monument plants in Chungcheongdo. NRICH, Dajeon, 280pp. (in Korean)
- Sim, W.K. and S.K. Shin. 1992. Status of maintenance and protection strategies of the law-protected trees in Korea. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 10(2): 61-90. (in Korean with English abstract)
- Song, K.J., S.H. Han and T.J. Ha. 2002. Studies on the physiological characteristics and cambial electrical resistance of Street Trees in Cheonan city. *Korean Journal of Environment Ecology* 16(1): 46-54. (in Korean with English abstract)
- Yee, S. 2009. Natural Heritage of Korea-The Story Behind Natural Monuments-. Seoul, Suryusanbang, 407pp. (in Korean)