느티나무 보호수의 내부 단층 진단을 통한 건강 분석*

강방훈¹⁾ · 조승진²⁾ · 손진관³⁾ · 김남춘⁴⁾ · 김미희¹⁾

¹⁾ 농촌진흥청 · ²⁾ 한국농어촌공사 · ³⁾ 농촌진흥청 국립농업과학원 · ⁴⁾ 단국대학교 녹지조경학과

The Health Analysis of Protected Tree '*Zelkova serrata*' Using an Ultrasonic Tomograph*

Kang, Banghun¹⁾ · Cho, Seung-Jin²⁾ · Son, Jinkwan³⁾
Kim Nam-Choon⁴⁾ and Kim, Mi-heui¹⁾

¹⁾ Rural Development Administration, ²⁾ Korea Rural Community Corporation,
³⁾ National Academy of Agricultural Science, ⁴⁾ Dept. of Landscape Architecture, Dankook University.

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate defects in *Zelkova serrata* trees using an ultrasonic tomograph (PICUS) and suggest a management plan to maintain it as a natural and cultural resource. In previous study, health information of 16 protected trees were obtained by surveying the following categories; tree appearance, crown, bark, root exposure, water and nutrition, deterioration, pest, vitality, ground status, and pollutant. The average score of health was 16.5 in 16 trees, which means that general monitor is needed for management. In this study, the evaluation result of tree's inside defects using an ultrasonic tomograph showed that 43.8% of decay rate has been found in 16 trees. In fact, some trees look to be good even though they actually have a defects causing broken by natural disaster such as strong wind. Therefore, it is urgent to put some support to the trees and come up with a protective plan. The results of this study would be useful as basic data in developing a guideline for the efficient conservation and management of big and old trees.

Key Words : *Decay rate, Ecosystem Service, Management plan, Old tree, PICUS.*

* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ008562)의 지원에 의해 이루어진 것임.

First author : Kang, Banghun, Rural Development Administration,
Tel : +82-31-299-2904, E-mail : ipmkbh@korea.kr

Corresponding author : Kim Mi-Heui, Rural Development Administration,
Tel : +82-31-299-2370, E-mail : kimmih8312@korea.kr

Received : 20 January, 2014. **Revised** : 12 March, 2014. **Accepted** : 19 March, 2014.

I. 서 론

노거수는 마을 어귀나 중심 공간에 위치하고 있는 자연유산이자 선조들의 문화 활동이 얹혀져 있는 산물이며(Lee, 2006), 주요 경관자원으로 휴식과 대화의 장소, 레크리에이션 공간 창출, 어메니티 효과, 생물다양성의 증진, 탄소저감 및 홍수위험 완화 기능 등 다양한 생태계서비스(Ecosystem Service)를 제공하는 공간으로 평가받고 있다(Kim, 2005; Forestry Commission, 2003). 이러한 노거수는 생명을 가진 문화재로서의 가치를 인정받아 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 제47조 1항에 의거 보호가치가 인정되는 노거수는 시도지사가 보호수로 지정하여 보호하고 있다.

하지만, 농촌지역에서 진행되고 있는 도시화와 1970년대 본격적으로 진행된 대규모 개발 사업의 결과 1972년 13,783주이던 보호수는 1984년 9,516주로 약 31%가 줄어들었으며(Shim et al., 1999), 보호수를 다른 지역으로 이식을 하는 과정에서 많은 부분 고사되는 경우도 많아지고 있다(Bang and Sul, 1997). 바람, 폭설 등에 의한 보호수의 피해 사례도 늘어가고 있는 추세로, 천연기념물 103호 정이품송은 다섯 번째 가지가 부러졌고, 천연기념물 104호 어암리 백송은 무리한 복토 작업으로 인해 지난 2004년 고사했으며, 희귀목으로 주목받던 속리산 황금 소나무는 발견된 지 2년 만인 지난 2004년에 폭설에 가지가 부러지면서 고사한 바 있다. 2011년에는 태풍 ‘무이파’에 의해 서귀포시 성읍민속마을의 600년 된 팽나무가 밑동 꺾 부러지면서 조선시대 관아 건물인 일관헌 기와지붕 일부가 파손되는 사례가 발생하였다.

수목이 자라는 동안 고사된 가지나 줄기의 상처를 통해 목질부가 썩는 경우가 많으며, 일부는 나이가 들어 주간의 굵기가 굵어지면서 내부 조직이 썩어 들어가는 경우가 있다. 이런 경

우 아주 심각한 피해가 육안에 의해 식별이 되지 않으면 증상을 감지할 수 없어, 바람이나 폭설 등 외부의 충격에 의해 쉽게 큰 피해를 보게 되는 것이다(Gao and Cha, 2009).

이러한 자연재해 및 관리 부실로 인한 보호수의 피해를 줄이기 위해서는 효율적인 관리의 필요성이 제기되고 있으며, 우선적으로 추진되어야 할 분야가 부후가 많이 진행되기 전에 노거수의 부후 정도를 파악하는 건강 분석을 통하여 적절한 관리방안을 모색하는 것이다. 이를 분석하는 방법은 육안식별에 의해 수목의 생육 정보를 평가하는 방법(Jang and Kim, 2007)과 내부진단 방법이 이용되고 있다(Mach, 2006; Gao and Cha, 2009). 내부진단에 관한 방법으로 생장추를 이용하여 내부 조직을 깊이별로 꺼내어 확인하는 방법이 있지만 나무에 피해를 주는 단점이 있다. 상처를 남기지 않는 방법인 비파괴검사법의 일환으로 Shigo가 개발한 시고미터를 이용하여 체관부의 전기전도도를 측정하여 내부 활력 및 부후도 등을 분석하는 방법이다(Gao and Cha, 2009). 최근에는, 초음파의 반사와 굴절의 특성을 이용한 음파 측정기가 개발되어 이용되고 있다. 이들 방법들은 수목내부의 훼손을 외부에서 관찰하기 어려워 바람 등의 외부 충격에 의해 보호수가 훼손되는 것을 사전에 감지하고 외과수술 등의 대처를 하는데 유용하게 활용 할 수 있는 장점이 있다(Giuliana et al., 2007; Paul, 2012; PICUS Homepage).

본 연구는 최근 자연자원의 보전 가치를 높이는 동시에 이를 지역발전의 기회요인으로 활용하겠다는 현명한 이용의 중요성이 증가하는 추세(Park et al., 2011)에 맞춰 도시화 개발이 진행 중인 지역의 보호수를 대상으로 이들의 건강분석을 통한 효율적인 관리의 필요성을 제기하기 위하여 추진하였다. 이전 연구에서 보호수의 생육환경을 조사하여 육안식별에 의한 건강상태를 분석하였고, 이를 바탕으로 본 연구에서

는 새롭게 도입되고 있는 음파를 이용한 내부단층 촬영을 실시하여 두 가지 평가 방법의 결과를 가지고 보다 많은 정보에 입각한 관리 방안 마련을 제안하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

충청남도 예산군에 분포하고 있는 96개소의 보호수를 전수 조사한 결과를 가지고, 그 중 가장 분포가 많은 느티나무 보호수 81주를 1차로 선발하였다(Kang et al., 2011). 그 중 노거수 건강성 평가체계를 기준(Jang and Kim, 2007)으로 수고, 흉고, 수관 등이 우세하고 생육 상태가 양호한 16개 주를 선정하여 내부 진단을 실시하였다. 연구 대상지인 예산군은 현재 내포신도시 개발과 충남 도청의 이전으로 개발이 급속하게 진행 중에 있어 이로 말미암아 보호수의 훼손이 우려되고 있는 지역으로, 보호수의 실태조사와 건강 진단을 통하여 그에 상응하는 관리방안 마련이 필요한 실정이다.

2. 연구방법

1) 연구대상 보호수의 정보 분석

초음파를 이용한 보호수 내부 진단을 실시하기 위하여 Kang 등(2011)의 논문에서 육안에 의한 건강상태를 평가한 예산군의 느티나무 보호수 81개 중에서 건강상태가 양호한 상위 그룹을

선정하고, 그중에 외과수술을 하지 않은 16개 느티나무 보호수로 연구 대상으로 선정하였다. 선정된 16개 보호수는 10개 건강정보 항목을 분석하여 다섯 가지 등급을 적용하여 1~5점으로 평가가 되어 있으며, 이를 일반감시(General Monitor), 주요감시(Main Monitor), 절대감시(Examinations)로 구분하여 보존에 대한 관리전략이 제안되어 있다. 이때 평가 점수가 낮을수록 수목의 건강상태가 양호함을 의미한다(Jang and Kim, 2007).

2) 초음파를 이용한 보호수 내부 진단

육안식별에 의해 평가된 느티나무 보호수 16주를 대상으로 초음파 측정기를 이용하여 내부 진단을 실시하였다. 수목 내부 진단은 나무줄기 또는 목재의 한 지점에서 음파를 발생시켜 다른 지점의 수용기에 전달되기까지 걸리는 시간을 측정하여 부후나 불균일성 등 줄기 내부의 상태를 진단하는 방법이다(Gao and Cha, 2009). 이번 조사에서 사용한 PICUS는 크게 5가지 색깔로 충전율과 부후 정도를 나타내주는 장비로써 파란색과 분홍색은 부후 정도를 나타내며(이하 부후율), 녹색은 진행이 되고 있는 단계(이하 진행률), 갈색과 진한 갈색은 목재의 충전율을 의미한다(<http://www.argus-electronic.de>). 총 8개의 센서를 50~60cm 간격으로 배치한 후 내부 진단 측정을 하였다. 보호수 방향의 일관성을 유지하기 위해 북쪽을 1번 센서로 시작하여 시

Figure 1. The setting of ultrasonic tomograph, PICUS.

Table 1. The growth status of protected tree '*Zelkova serrata*'.

No	Site	Age	Growth status (m)				Pollutant	Surface status (vegetation rate, %)	Planting type
			Height	Crown	Chest tube	Root collar circumference			
1	Yesan-eup Daehoe-ri 273	200	15.0	26.5	4.1	4.5	None	gravel, soil, sand /vegetation(50%)	Single tree
2	Daesul-myeon Hawsan-ri 456	508	18.2	28.0	5.3	9.8	Rubbish	soil, sand /vegetation(20%)	Single tree
3	Daesul-myeon Hawsan-ri 227	168	17.6	19.2	4.0	5.8	None	soil, small branch /vegetation(100%)	Single tree
4	Daesul-myeon Hawcheon-ri 404	178	15.8	17.0	3.5	5.0	Compaction	gravel, soil /vegetation(30%)	Single tree
5	Daesul-myeon Majeon-ri 167	308	14.8	26.1	4.1	7.2	Concrete block	gravel, soil /vegetation(30%)	double row of trees
6	Daesul-myeon Majeon-ri 646	278	18.2	25.3	4.9	6.1	Stonework	soil, small branch /vegetation(70%)	Single tree
7	Daesul-myeon Sisan-ri 405	168	14.3	24.5	4.9	4.9	None	concret /vegetation(80%)	Single tree
8	Sinyang-myeon Sinyang-ri 334	168	12.8	19.3	2.8	4.8	None	soil, small branch /vegetation(90%)	Single tree
9	Sinyang-myeon Seogyeyang-ri 260	188	13.2	17.5	3.5	5.7	None	gravel, soil /vegetation(20%)	double row of trees
10	Sinyang-myeon Yeoraemi-ri 58	208	13.2	19.5	3.9	4.9	Cement packing	concret /vegetation(2%)	Single tree
11	Daeheong-myeon Dongser-ri 106	218	17.2	26.2	4.9	5.5	Soot	soil, small branch /vegetation(80%)	Single tree
12	Godeok-myeon Jigok-ri 132	200	14.2	21.3	4.1	4.1	None	gravel /vegetation(0%)	Single tree
13	Eungbong-myeon Ipchim-ri 513	258	16.4	24.5	4.8	5.0	Cement packing	concret /vegetation(0%)	Single tree
14	Eungbong-myeon Pyeongchon-ri 119	158	14.6	20.5	4.4	5.6	Cement packing	gravel, soil /vegetation(10%)	Single tree
15	Gwangsi-myeon Jangsin-ri 687	288	14.3	19.2	4.0	6.1	Concrete block	block, soil /vegetation(0%)	Single tree
16	Gwangsi-myeon Daeri 473	368	14.3	20.5	5.0	6.7	None	gravel, soil /vegetation(0%)	Single tree
Average		-	15.3	22.2	4.3	5.7	-	-	-

* Kang et al.(2011)의 발표 자료를 재가공한 자료임.

Table 2. The health analysis of protected tree '*Zelkova serrata*' by visual identification.

No	Site	Tree shape	Crown	Bark	Root Exposure	Water & nutrition	Deterioration	Pest	Vitality	Ground status	Pollutant	Evaluation	
												Score	Grade
1	Yesan-eup Daehoe-ri 273	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	13	general
2	Daesul-myeon Hawsan-ri 456	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	18	genera
3	Daesul-myeon Hawsan-ri 227	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	13	genera
4	Daesul-myeon Hawcheon-ri 404	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	19	genera
5	Daesul-myeon Majeon-ri 167	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	17	genera
6	Daesul-myeon Majeon-ri 646	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	14	genera
7	Daesul-myeon Sisan-ri 405	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	19	genera
8	Sinyang-myeon Sinyang-ri 334	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	13	genera
9	Sinyang-myeon Seogyeyang-ri 260	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	12	genera
10	Sinyang-myeon Yeoraemi-ri 58	1	1	2	1	3	2	2	2	3	2	19	genera
11	Daeheong-myeon Dongser-ri 106	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	genera
12	Godeok-myeon Jigok-ri 132	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	18	genera
13	Eungbong-myeon Ipchim-ri 513	1	2	2	1	3	2	2	2	3	2	21	major
14	Eungbong-myeon Pyeongchon-ri 119	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	17	genera
15	Gwangsi-myeon Jangsin-ri 687	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	19	genera
16	Gwangsi-myeon Daeri 473	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	14	genera
Average		1.33	1.60	1.93	1.20	1.87	1.47	1.93	1.53	1.80	1.93	16.67	-

* Kang et al.(2011)의 발표 자료를 재가공한 자료임.

계 반대 방향으로 센서를 장착하였다. 그 후 1번 센서를 시작으로 하여 마지막에 장착된 센서까지 3반복을 측정하였으며, PICUS software

Q72를 이용하여 측정된 값의 평균을 대입하여 자동으로 내부단층 도면화 및 부후율, 진행률, 충전률을 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 초음파를 이용한 보호수 내부 진단 결과

느티나무 보호수 16개를 대상으로 하여 초음파 측정기(PICUS)로 내부 부후율을 조사한 결과(Table 3), 대부분의 보호수 내부가 부패가 진행되고 있으며, 평균 43.8%의 내부 부후율을 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 이렇게 부후율이 높게 측정된 것은 심재 부분의 물관이 노후되어 활력이 매우 떨어져 있고 산소의 공급도 원활치 않아 미생물들이 침입 시 부후가 쉽게 일어나 전체적인 세포가 죽은 것으로 판단된다(Gao and Cha, 2009). 육안식별에 의한 건강평가 점수가 가장 높은 신양면 서계양리 보호수의 경우 내부의 목재 충전율 89%, 부후율 5%로 내부 부패가 가장 적게 나타났다. 반면 가장 심한 65%의 부후율을 나타낸 조사지점은 대흥면 동서리 보호수로 나타났다.

보호수 내부 부후로 인하여 받을 수 있는 자연 피해로는 Figure 2와 같이 태풍으로 인한 보호수의 주 가지가 훼손되는 경우로 2010년 태풍 곤파스로 인해 예산군에서만 보호수로 지정된 98개소 중 11개소가 피해를 입은 것을 연구 중에 확인 할 수 있었다. 이는 보호수의 심재는 물리적 기둥 역할을 하지만 수목의 내부가 부패로 인해 훼손되어 약해져 있다면 외부 충격에 의해 수간이 쉽게 부러지고 그에 따라 수피가

찢어지는 현상이 일어날 수 있다. 자연재해로 인한 보호수 훼손이 인명 피해 및 재산 피해를 일으키므로 이를 사전에 예방하기 위해서는 이러한 내부 부후율 측정 결과를 바탕으로 외과수술을 비롯한 지주대 및 보호책 시공이 필요하다고 사료된다.

2. 부후율과 생육상태와의 상관 분석

앞에서 도출한 16주 보호수의 부후율과 Table 2에 제시한 Kang et al.(2011)의 발표 자료에 수록된 생육 현황이 어떠한 연관이 있는지를 분석한 결과 수고가 높을수록($R^2=0.695$, 0.01 level), 수관이 넓을수록($R^2=0.571$, 0.05 level), 흉고가 넓을수록($R^2=0.553$, 0.05 level) 부후율이 높게 나타나 서로 상관이 있음을 보여주었다.

또한 육안식별에 의한 건강평가 결과와 부후율과의 상관관계도 분석하였으나 유의한 수준에서 상관이 나타나지 않았다. 즉, 육안에 의한 건강평가 점수와 내부 부후율 간의 관계는 일정한 패턴을 보이지는 않았다. 선행연구에 의해 제시한 관리전략의 경우 10개의 평가지표에 대한 합계의 결과로(Jang and Kim, 2007), 평가지표간의 가중치 부여가 없어 건강과 관련된 중요치가 다소 낮다고 판단되는 지면 상태나 뿌리노출 등의 한두 개의 지표에서 높게 평가되면 고사 직전의 보호수라도 주요감시의 정도밖에 평가되지 않는 한계를 가짐을 알 수 있었다.

Figure 2. The case by typhoon damage(L) and inside diagnosis(R) of protected tree.

Table 3. The health analysis of Protected tree '*Zelkova serrata*' by PICUS.

Site	Tree view	Internal diagnostic photo	Result(%)	
			Charge	Rot
Yesan-eup Daehoe-ri 273			52	37
Daesul-myeon Hawsan-ri 456			26	60
Daesul-myeon Hawsan-ri 227			43	42
Daesul-myeon Hawcheon-ri 404			19	63
Daesul-myeon Majeon-ri 167			34	52
Daesul-myeon Majeon-ri 646			33	60
Daesul-myeon Sisan-ri 405			27	64

Table 3. The health analysis of Protected tree '*Zelkova serrata*' by PICUS.

Site	Tree view	Internal diagnostic photo	Result(%)	
			Charge	Rot
Sinyang-myeon Sinyang-ri 334			57	16
Sinyang-myeon Seogyeyang-ri 260			89	5
Sinyang-myeon Yeoraemi-ri 58			68	15
Daeheong-myeon Dongser-ri 106			24	65
Godeok-myeon Jigok-ri 132			73	13
Eungbong-myeon Ipchim-ri 513			34	30
Eungbong-myeon Pyeongchon-ri 119			52	31

Table 3. The health analysis of Protected tree '*Zelkova serrata*' by PICUS.

Site	Tree view	Internal diagnostic photo	Result(%)	
			Charge	Rot
Gwangsi-myeon Jangsin-ri 687			78	12
Gwangsi-myeon Daeri 473			43	36

이는 평가지표별 중요도를 분석하여 가중치를 부여하는 것에 대한 심도 있는 검토가 이루어져야 된다는 것을 의미한다. 다른 한편으로는 3명의 조사자의 육안 평가와 합의를 통해 측정이 됨으로써 조사자의 전문성 정도에 따라서 또는 전문가마다 조사된 결과는 조금씩의 오차를 보일 수 있을 것이다. 이는 육안식별에 의한 건강평가 결과만을 가지고 수목의 관리전략을 마련하는 데 다소간의 한계가 있음을 시사해 준다고 생각된다.

본 결과를 통해 많은 경우 수목 외형상으로는 양호하게 보이지만 내부는 매우 쇠약한 상태인 것을 확인할 수 있었다. 16개소 느티나무 보호수가 예산군 느티나무 보호수 전체를 대표할 수 없다는 한계점을 가지고 있지만 보호수 내외부 건강상태에 맞는 새로운 관리 체계 정립의 필요성을 확인한 것은 가치가 있다고 사료된다.

IV. 결 론

본 연구는 예산군 보호수의 생육환경 조사를 통한 건강정보 분석과 초음파 측정기를 이용한 내부 부후도 조사 결과를 바탕으로 보호수의 지

속적인 기능을 유지시키기 위한 관리 방안을 제시코자 수행되었다. 결과를 통해 시사할 수 있는 한 가지는 육안에 의한 건강분석 평가 결과와 초음파를 이용한 내부진단 결과가 다소 상이하게 나타나 단순히 육안식별에 의한 건강정보 분석 결과를 가지고 관리전략을 제시하는 방법은 개선이 필요하다는 것이다. 다른 한 가지는 음파를 이용한 기존의 Shigometer 수목 활력도 측정 방법은 조사대상지 기후의 미세한 변화에도 반응하여 정확한 결과 값을 얻기 어렵고 수간의 굴기가 50~60cm 정도가 한계인 반면 (Gao and Cha, 2009), 본 연구에서 이용한 초음파 측정기인 PICUS는 조사대상지의 기후 및 외부 요인에 의한 영향을 받지 않으며, 수간 굽기가 1~2m인 경우에도 수목내부의 부후율을 보다 정밀하게 조사할 수 있다는 점이다.

본 연구를 통해 외관상 생육이 양호하고 건강한 노거수일지라도 내부 부패가 많은 부분 진행되고 있다는 점을 확인할 수 있었다. 하지만, 조사 대상 보호수의 수가 한정되어 대표성을 띠기에는 다소 한계가 있다는 점은 추후 보완해야 할 부분이라 사료된다. 본 연구 결과를 가지고 구체적인 관리방안을 제시하는 것이 타당성이

Table 4. The result of Pearson correlation analysis among growth status.

Classification		Charge	Rot
Growth status (N=16)	Age	-.282 .290	.250 .351
	Height	-.703** .002	.695** .003
	Crown1	-.550* .027	.571* .021
	Chest tube	-.597* .015	.553* .026
	Root collar	-.318 .230	.349 .185
	Tree shape	.218 .418	-.117 .666
Visual assessment (N=16)	Crown	-.649** .007	.614* .011
	Bark	-.170 .529	.213 .428
	Root exposure	-.149 .581	.205 .445
	Water & nutrition	-.192 .476	-.015 .957
	Deterioration	-.448 .082	.320 .227
	Pest	-.049 .856	.007 .979
	Vitality	-.086 .753	-.080 .768
	Ground status	-.170 .529	-.003 .990
	Pollutant	-.499* .049	.410 .115
	Total score	-.335 .205	.192 .477

* Correlation is significant at the 0.05 level, ** Correlation is significant at the 0.01 level.

부족해 보이기 때문에 향후 다른 지역의 보호수를 확대 조사하는 것이 필요하다.

또한, 초음파를 이용한 수목 내부 진단 결과와 함께 병원균 동정 결과가 추가되었을 경우 보다 정밀한 관리 방안을 제안할 수 있다(Paul, 2012)는 점도 금후 수행되어야 할 연구 주제라

고 사료된다. 더 나아가 바람에 의한 나무의 쓰러짐을 방지하기 위해서는 뿌리의 구조적인 정착 정도를 측정하는 방법도 추가해서 활용할 필요가 있다(Giuliana et al., 2007; Ken and Craig, 2013).

본 연구에서는 예산군의 느티나무 보호수 81

주 중 건강성이 쇠약하여 관리가 시급하다고 판단되는 건강성이 쇠약한 보호수는 이미 외과수술이 시행된 곳이 많아 생육상태가 양호한 16주를 객관적으로 선별하여 연구대상으로 하였다. 또한 본 연구 대상지와 같이 건강하다고 판단되는 노거수의 경우에도 내부부패가 진행되고 있다는 점을 언급하여 전국단위 조사의 필요성, 국가 보호수 관리정책 및 예산 확보의 타당성 마련에 기여하고자 하였다. 이러한 연구결과는 향후 보호수의 효율적인 보존과 관리방안의 가이드라인을 마련하는 데 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- Bang, K. J. and J. H. Sul. 1999. The Study for Development of Root Formation Methods on Transplanted Old Tree. The Industrial Science Researches 7, 49-55.
- Forestry Commission. 2003. Forests & water guidelines (4th ed). Forestry Commission. Edinburgh.
- Gao, Y. and Cha, B. J. 2009. The non-destructive test for the Vitality Measurements and Inside Diagnosis of Old Trees. Mun Wha Jae 42(1), 144-157. (in Korean)
- Jang, E. J. and Kim, J. W. 2007. Ecology and culture of old trees. World science. (in Korean)
- Kim, J. I. 2005. Research on the Growth Status and Protection Strategies of the Law-Protected Trees in Haenam Kun. Master's thesis of Kangwon graduate school. (in Korean with English summary)
- Lee, K. J. 2006. Natural monument of Korea: focused in protected tree. Academy books. (in Korean)
- Ministry of Forest. 2013. The law about creation and management of forest resource. (in Korean)
- Guiliana, D. · S. Fink and F. W. M. R. Schwarze. 2007. Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. Wood Sci Technol 42, 117-132.
- Kang, B. H. · S. J. Cho · J. K. Son · M. H. Kim and O. S. Ahn. 2011. A Study on the Management Plan by Actual Condition Survey of Protected Tree in Yesan-gun. Journal of Korean Society of Rural Planning 17(3), 67-80. (in Korean with English summary)
- Ken, R. James and Craig Hallam. 2013. Stability of urban trees in high wind. The International Journal of Urban Forestry 35(1), 28-35.
- Mach, K. 2006. Ultrasonic measurement of vitality physical and material engineering. International workshop. Slovak University of Technology in Bratislava. 103-105.
- Park, J. J. · K. R. Yoon and C. S. Park. 2011. The Developmental Directions and Classification of Regional Types Based on Natural Resources. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 39(2), 10-17. (in Korean with English summary)
- Paul Vezgoff. 2012. Picus sonic tomograph test report. Moore Trees. p.23.
- PICUS Homepage. <http://www.argus-electronic.de>
- Shim, G. J. · S. Y. Kang · S. B. Kim and Y. S. Kim. 1999. A Study on the Transitions of Old Trees and Its Conservation Ideas - The Case of Hab-Cheon Gun, Kyung-Nam Province. J. of Nakdonggang Environmental Research Institute 4(1), 79-95. (in Korean)