

비탈면에 파종된 붉나무(*Rhus javanica*) 개체군의 생육 및 공간분포 특성
- 용인 대지산 사례지역을 중심으로 -

임채영¹⁾ · 오충현²⁾

¹⁾ 한국산지보전협회 · ²⁾ 동국대학교 바이오환경과학과

Growth and Spatial Distribution Characteristics of *Rhus javanica*
Populations Sowed on Cut-Slopes

- Focusing on the Dae-Ji Mountain Case Study -

Lim, Chae-young¹⁾ and Oh, Choong-Hyeon²⁾

¹⁾ Korea Forest Conservation Association,

²⁾ Dept. of Biological & Environmental Science, Dongguk Univ.

ABSTRACT

This study was to evaluate the growth and spatial distribution characteristics of *Rhus javanica* population. The study was conducted between 2015 January and July at the cut-slope revegetation site in Dae-Ji Mountain. Seeds of native species were sowed on the disturbed cut-slope in 2002. There were 119 vascular plant species 55 families and 94 genera on the cut-slope. Compositae, Rosaceae, and Leguminosae plants were dominant species, which are pioneer species in dry and barren site. Canopy of trees covered 44.1% total area, which was 8.3% increase from 2008. *Rhus javanica*, main species, dominated all DBH classes except DBH >24cm. *Albizia julibrissin* showed high frequency in the 6~17cm DBH class and *Salix koreensis* was abundant at >12cm. *Elaeagnus umbellata*, *Corylus heterophylla* var. *heterophylla*, *Alnus sibirica*, and *Acer pictum* were not observed. *Rhus javanica* population was the most frequently observed on the south facing cut-slope. The average DBH of *Rhus javanica* was 7.3(±3.7)cm and the average height of them was 5.2(±1.7)m. Annual average DBH growth was 7.9mm/yr and the maximum growth(12.0mm/yr) was the 3rd year. It decreased after 6th

First author : Lim, Chae-young, Korea Forest Conservation Association,
Tel : +82-2-2058-3270, E-mail : chaply@hanmail.net

Corresponding author : Oh, Choong-Hyeon, Dept. of Biological & Environmental Science, Dongguk University,
Tel : +82-31-961-5164, E-mail : ecology@dongguk.edu

Received : 30 September, 2015. **Revised** : 18 December, 2015. **Accepted** : 22 December, 2015.

years. Although *Rhus javanica* population in the Dae-Ji Mountain was a seed originated plantation, the forest had reverse J shape diameter frequency distribution. It indicated that the forest is uneven-aged forest. The *Rhus javanica* population was expected to sustain.

Key Words : *Slope revegetation, Seed sowing, Similarity index, Diameter frequency distribution, Uneven-aged forest.*

I. 서 론

붉나무(*Rhus javanica*)는 윗나무과에 속하며 산야에서 자라는 낙엽소교목으로 키는 7m에 달하고 잎은 7~13장의 우상복엽으로 어긋나며 꽃은 2가화로 원추화서에 달려 8~9월에 무리지어 핀다. 핵과는 편구형(扁球形)이고 지름 4mm로 10월에 익으며 짠맛이 도는 흰색 겹질로 덮여 있다(Lee, 2006). 우리나라에서는 제주도과 울릉도를 포함한 해발 800~900m까지 전 지역에 분포하며 건조한 양지에서 잘 자라며 주로 군락을 이루며 비옥토에서는 맹아번식을 한다(Chung, 1995). 붉나무는 내한성이 강한 속성수로 뿌리는 깊지 않고 옆으로 길게 뻗어나가므로 암반 경사지에 생육이 가능하고 종자번식과 영양번식이 가능한 특성을 가지고 있어 비탈면 훼손지 녹화에 목본식물로 이용되고 있다.

비탈면 훼손지는 대부분 암(岩)절취 경사지로 토양경도가 30mm 이상으로 나타나 자연복원력만으로는 장기간이 소요되므로, 산림표토와 자생 목본수종의 종자를 배합하고 식생기반 재빨이붙이기를 적용하는 것이 일반적이다(Nam et al., 1999; Re-citation). 절·성토 비탈면 녹화에 주로 활용되는 교목류는 붉나무(*Rhus javanica*), 자귀나무(*Albizia julibrissin*), 가죽나무(*Ailanthus altissima*) 등으로, 종자 확보가 용이하고 발아율이 우수하며(Nam et al., 2004) 초본·관목식물과 경쟁하는 암반 경사지의 환경에서도 잘 견디는 가장자리 수종들이 선택되고 있다. 산림표층토에서 발아된 목본종은 지속적으로 관리를

하여야 종수가 줄어들지 않으므로 파종 후 상당 기간 동안 유지관리가 필요하다(Hosogi et al., 2002).

훼손된 비탈면의 생태적 녹화가 성공하기 위해서는 잠재자연식생을 고려한 자생 초·목본류의 식물들이 훼손지를 피복하고 비탈면을 안정화시켜, 주변 경관과 유사한 형태의 모습이 이루어지도록 복원되어야 한다(Shim et al., 2010).

비탈면 자생식물 녹화에 관한 국내연구로는 난지도 쓰레기매립지 비탈면 생태복원 특성에 관한 연구(Yeo, 2005), 산림 토양 내 잠재된 종자의 이용방안에 관한 연구(Kim and Woo, 1999), 비탈면 녹화 공사용 초본식물과 자생목본식생의 발아율과 파종적기에 관한 연구(Kim, 1997a; 1997b) 등으로 주로 식생기반재, 표층토 및 종자배합, 조성 후 5년 이내의 발아율 및 생장률 변화 등 녹화기술 관련 연구 중심으로 수행되어 왔다.

붉나무와 관련된 연구로는 Chung(1995)이 한국산 자생 붉나무의 지리적 천연분포와 종의 특징과 관련된 연구를 수행한 바 있으며, Nam et al. (2004)이 원주사례지역을 대상으로 산림표층토를 활용한 비탈면 생태복원 녹화 연구에서 붉나무가 향후 상층임관을 차지할 것으로 예측한 바 있다.

그 외 Lee et al.(2003) 등이 임도에서 붉나무 종자를 파종수종으로 선정한 연구가 있었지만, 시공 후 오랜 기간이 경과한 뒤 토양의 성질변화와 처음 도입된 식물이 주변 환경에 적응하며 지속적으로 생육하고 있는지에 대한 검증은 충

분히 이루어지고 있지 않은 실정이다(Yeo, 2005). 특히, 파종된 목본종자가 교목으로 성장한 이후의 생육에 관한 연구는 수행되지 않고 있다.

본 연구는 국내 비탈면 녹화지 중 생태복원 개념을 적극적으로 도입해 녹화성과를 높이 평가 받았던 용인시 대지산 비탈면 녹화 사례지역을 대상으로 실시하였다. 파종 13년 후 발아와 생육측면에서 초본 및 관목과 경쟁에서 뒤지지 않고 상층식생으로 성장한 붉나무의 생육상태와 공간분포 특성을 분석하고, 조성된 붉나무 개체군의 지속 가능성을 고찰하여 비탈면생태복원에 활용할 자료를 생산하는데 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 조사지 개황

연구대상지는 경기도 용인시 수지구 죽전동에 위치한 해발 127m, 면적 80,136m²의 야산으로 죽전동의 도시 연담화를 막아주는 중요한 녹지공간이다(Figure 1).

2001~2002년 택지개발사업에 의해 발생한 20,138m²의 대규모 노출 비탈면 훼손지를 다층 구조 산림으로 조성하기 위해 풍화암, 연암·보통암에 철망을 설치하고 식생기반재(풍화암3cm, 연암5cm)와 붉나무, 자귀나무, 가죽나무, 큰낭아초, 참싸리 등 21종의 목본류, 그리고 비수리, 안고초, 쑥, 산국, 패랭이 등 12종의 초본류 종자

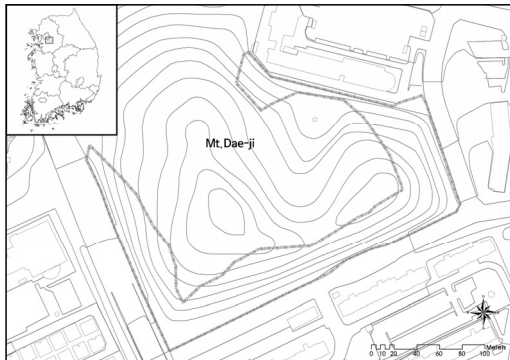


Figure 1. Map of the study area.

를 산림표층도와 섞어 뿔어붙이기 공법을 적용(Table 1)한 사례지이다(Korea Forest Conservation Association, 2005).

연구대상지 비탈면은 서사면, 남사면, 동사면, 북사면으로 구분되고 토양경도는 상층부 경질토사가 28mm~30mm, 하층부 풍화암·연암이 30mm~35mm 이상이며 경사도는 1:0.9~1.5이었다.

2. 조사 및 분석방법

식생조사는 2015년 1월~7월까지 녹화 비탈면과 주변산림지역을 구분하여 실시하였다. 비탈면녹화지 내에 출현하는 식생에 대해서는 조사구(10m×10m)를 설치하여 층위별 조사를 실시하였다.

비탈면에 분포하는 교목성 수종의 개체별 흉고직경, 수고, 고사목, 치수에 대하여 전수조사하고, GPS 위치정보를 수집하였으며, 사면별 표준목을 선정하고 생장편을 추출하여 연륜과 연간 직경 생장량을 측정하였다. 조성 초기 출현종의 녹화경향은 시공사에서 파종 후 3년간 실시한 모니터링자료를 참고하였다.

조사한 자료는 국가표준식물목록 DB기준에 따라 정리하고 Whittaker의 유사도지수(SI) 등을 구하였으며, ArcGIS와 CAD를 이용해 위성사진 면적을 산출하여 수관점유면적 비율을 비교하였다.

파종에 의해 성장한 붉나무 개체군이 동령림(중형)으로 구성된 조립지인지, 이령림(역J형) 군락인지를 분석하기 위해 수령분포를 통해 개체군의 특성과 구조를 설명하는 개체빈도분포 방법을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 현존식물상의 구성

대지산 비탈면 녹화지에서 출현한 유관속 식물은 총 55과 94속 119종으로 구성되어 있으며,

Table 1. Comparisons of sowed plants and existing plants on the cut-slope of Daeji Mountain.

	Species	2001 ~ 2002					2015
		No. of expected plants / 1m ²	Germination at constant temp.(%)	Purity	No. of seeds / 1g	Seeding rates / 1m ²	Occurrence species
Woody plant	<i>Albizia julibrissin</i>	5	0.40	0.97	25	4.0	○
	<i>Rhus javanica</i>	7	0.40	0.99	99	1.4	○
	<i>Ailanthus altissima</i>	10	0.70	0.95	350	0.3	○
	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	50	0.60	0.99	128	2.6	×
	<i>Indigofera amblyantha</i> *	250	0.70	0.99	175	8.2	○
	<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	100	0.80	0.97	5,900	0.2	○
	<i>Elaeagnus umbellata</i>	10	0.50	0.97	300	0.5	×
	<i>Rosa multiflora</i>	20	0.70	0.90	260	0.9	○
	<i>Alnus sibirica</i>	5	0.30	0.60	710	0.3	×
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	10	0.60	0.97	400	0.3	○
	<i>Rosa rugosa</i> var. <i>rugosa</i>	5	0.60	0.95	100	0.6	○
	<i>Acer palmatum</i>	5	0.30	0.90	100	1.4	×
	<i>Acanthopanax Senticosus</i>	0.2	0.60	0.95	10	0.3	○
	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>heterophylla</i>	0.3	0.60	0.95	2	2.0	×
	<i>Paeonia suffruticosa</i> *	0.1	0.60	0.95	3	0.5	○
	<i>Acer pictum</i>	0.5	0.60	0.95	3	2.7	×
	<i>Spiraea salicifolia</i>	200	0.60	0.95	15,000	0.2	○
	<i>Spiraea chinensis</i>	200	0.60	0.95	15,000	0.2	×
	<i>Malus baccata</i>	0.5	0.60	0.95	35	0.2	○
	<i>Viburnum opulus</i> var. <i>calvescen</i>	0.5	0.60	0.95	30	0.2	×
<i>Acer triflorum</i>	1.0	0.60	0.95	15	0.9	○	
	Total	880				27.9	13
Herbaceous plant	<i>Arundinella hirta</i> *	150	0.15	0.53	1,740	1.1	×
	<i>Lespedeza cuneata</i>	100	0.80	0.98	720	0.2	○
	<i>Artemisia princeps</i>	200	0.50	0.80	3,000	0.2	○
	<i>Dendranthema boreale</i>	1,200	0.80	0.99	7,260	0.2	○
	<i>Aster pilosus</i> *	1,000	0.70	0.98	6,000	0.2	○
	<i>Coreopsis tinctoria</i> *	1,000	0.60	0.99	5,820	0.3	×
	<i>Dianthus chinensis</i> var. <i>chinensis</i>	200	0.90	0.90	2,000	0.1	×
	<i>Silene armeria</i>	3,000	0.95	0.99	6,520	0.5	×
	<i>Coreopsis lanceolata</i> *	50	0.90	0.99	250	0.2	×
	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>jaonicus</i>	200	0.80	0.95	350	0.8	×
	<i>Chrysanthemum burbankii</i>	900	0.60	0.99	2,710	0.6	×
	<i>Poa pratensis</i>	500	0.95	0.98	500	1.1	×
		Total	8,500				5.5
	Total	9,380				33.4	17

* 현장 확인된 종명으로 수정 표기: 낭아초 → 큰낭아초, 검목단 → 모란, 안고초 → 새, 쑥부쟁이 → 미국쑥부쟁이, 춘차국 → 기생초, 금계국 → 큰금계국

교목성이 20.2%(24종), 관목 및 만목성이 31.1%(37종), 초본성이 48.7%(58종)로 나타났다.

분류군의 과별 종 구성은 국화과와 장미과가

각 각 11종으로 전체 종구성의 36.8%를 차지하고 콩과 7.6%(9종), 벼과 5.1%(6종), 백합과 4.2%(5종) 순으로 나타나, 주로 입지적으로 건조하고 척박

Table 2. Similarity index between cut-slope and surrounding.

	Tree	Shrub	Herbaceous	Total
SI(%)	25.9	26.7	18.7	25.2

하여 생태적으로 불안정한 교란 임지에 선구적으로 나타나는 국화과 및 벼과 식물종의 구성비가 높고(Cho, 2005), 비탈면 녹화를 위해 도입한 콩과, 장미과 식물 종들의 구성비가 비교적 높은 것으로 나타났다.

비탈면 주변 기존 산림은 상수리나무, 아까시나무가 우점하는 사방조림지로 총 66과 119속 175종의 유관속식물이 출현하였다.

Whittaker(1956)는 유사도지수(Similarity Index)가 20%이하인 집단은 서로 이질적이라 하였고, Buell et al.(1966)은 유사도지수가 20%이하인 집단은 서로 이질적이고 80%이상일 때 동질적인 집단이라 하였다. 대지산의 기존산림과 비탈면 녹화지의 유사도지수는 25.2%, 층위별 비교에서 하층식생은 18.7%로 나타나 두 그룹의 하

층식생은 이질적인 것으로 판단된다(Table 2).

대지산 비탈면 녹화지는 큰낭아초, 붉나무-큰낭아초, 붉나무-자귀나무, 붉나무-가죽나무, 붉나무-버드나무, 붉나무-아까시나무, 가죽나무-버드나무 7개 군락으로 구분되며, 그 중 큰낭아초 군락이 전체 면적의 55.9%로 가장 높은 면적비율을 보였다(Figure 2).

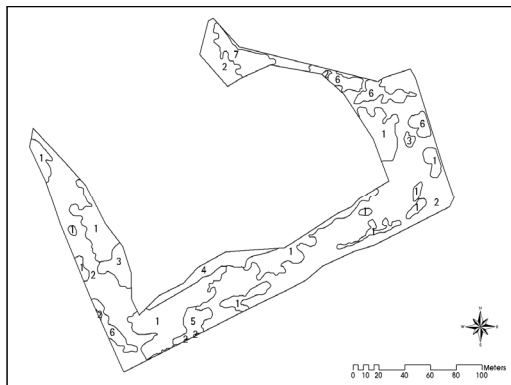
2. 주요 녹화수종의 생육현황

대상지 내에서 관목과 경쟁에서 우위를 점하고 있다고 판단되는 흉고직경(DBH) 3cm이상의 교목성 수종은 총 17종 1,131개체였다. 수종별 출현비율은 붉나무(79.8%), 자귀나무(10.1%), 버드나무(6.6%), 가죽나무(2.4%), 아까시나무(1.0%), 기타수종(1.0%) 순으로 나타났다(Table 3). 붉나무는 24cm이하 경급별 전 구간에서 우점하였으며, 자귀나무는 6~17cm, 버드나무는 12cm이상에서 출현비율이 상대적으로 높았다.

사면별 출현비율은 남사면(45.0%), 서사면(25.8%), 동사면(13.6%), 북사면(14.6%) 순으로 나타났으며, 붉나무, 자귀나무, 버드나무는 전체 사면에 출현하였고 가죽나무는 남사면(88.9%)에서 출현비율이 높았다. 은사시나무, 물박달나무, 설당단풍 등은 1~2개체씩 산재하여 북사면에 출현하였다.

조성 당시 파종된 보리수, 개암나무, 물오리나무, 고로쇠나무는 더 이상 출현하지 않았고, 자귀나무, 붉나무, 가죽나무는 조성 후 3년간('02~'04) 주요 수종으로 출현한 기록과 일치하였지만, 우점종은 자귀나무(51.0%)에서 붉나무(79.1%)로 변화되었음을 알 수 있었다.

대지산 비탈면 녹화지의 교목층의 수관점유면적은 8,881m²으로 전체 면적의 44.1%를 차



- 1. *Rhus javanica*-*Indigofera amblyantha*,
- 2. *Indigofera amblyantha*,
- 3. *Rhus javanica*-*Albizia julibrissin*,
- 4. *Rhus javanica*-*Robinia pseudoacacia*,
- 5. *Rhus javanica*-*Ailanthus altissima*,
- 6. *Rhus javanica*-*Salix koreensis*,
- 7. *Ailanthus altissima*-*Salix koreensis*

Figure 2. Vegetation map of the cut-slope of Daeji Mountain.

Table 3. Number of tree stems on the cut-slope of Daeji Mountain by DBH.

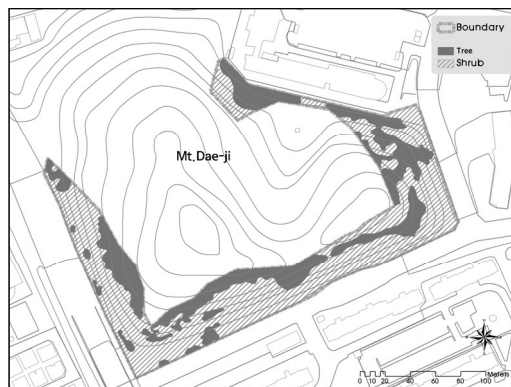
DBH	<i>Rhus javanica</i>			<i>Albizia julibrissin</i>			<i>Salix koreensis</i>			<i>Ailanthus altissima</i>			<i>Robinia pseudoacacia</i>			Other species*			Total			
	Live	Dead	Total	Live	Dead	Total	Live	Dead	Total	Live	Dead	Total	Live	Dead	Total	Live	Dead	Total	Live	Dead	Total	
3>	4,495	742	5,237					2	2										4,495	744	5,239	
3~5	360	22	382	18	4	22	3	5	8	1	1	1	1	2	2	385	67	452				
6~7	260	45	305	32	8	40	5	10	15	1	1		1	1	5	5	303	128	431			
8~9	91	22	113	20	3	23	8	2	10	3	3	1		1	3	3	126	67	193			
10~11	49	7	56	29	1	30	10	5	15	7	7	4		4	1	2	3	100	73	173		
12~13	64	13	77	8	1	9	16	1	17	8	8	2	1	3				98	32	130		
14~15	37	12	49	5		5	10		10	4	4	1		1				57	22	79		
16~17	20		20	2		2	8		8	1	1	1		1				32	4	36		
18~19	10	1	11				2	2	4			1	1	2				13	4	17		
20~21	8		8				4		4	1	1							13		13		
22~23	5		5				3		3	1	1							9		9		
24<							6		6									6		6		
Total	5,399	864	6,263	114	17	131	75	27	102	27	27	11	3	14	11	2	13	5,626	1,139	6,765		

* Other species: *Populus tomentiglandulosa*, *Betula davurica*, *Acer saccharum*, *Quercus aliena*, *Styrax japonicus*, *Castanea crenata*, *Prunus sargentii*, *Morus bombycis*, *Pinus strobus*, *Malus baccata*, *Sorbus alnifolia*, *Salix caprea*

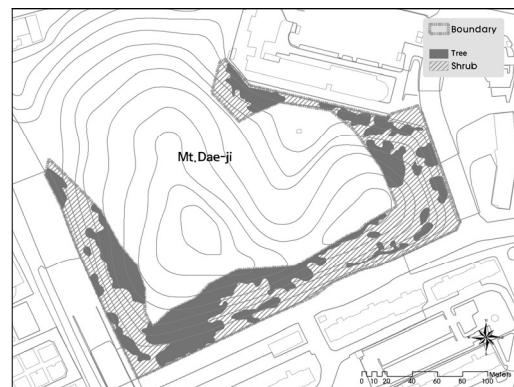
지하는데, 2008년과 2014년 위성사진 비교 결과 교목층의 수관점유면적이 1,680m²(8.3%) 증가하여 시간의 흐름에 따라 남서쪽으로 분포면적이 확대되고 있음을 확인할 수 있었다 (Figure 3).

관목성 수종은 큰낭아초, 짚레꽃, 까마귀밥나무, 산딸기 등의 순으로 나타났으며, 큰낭아초

에 의한 피압이 전체 사면에 광범위하게 발생하고 있고 짚레꽃과 칩에 의한 부분 피압도 확산되고 있는 상황이었다. 초본식물은 갈퀴덩굴, 환삼덩굴, 쑥, 산국, 실새풀, 쇠뜨기, 냉이류 등이 우점하고 있으며, 조성 당시 파종한 12종의 초본식물 중 쑥, 산국, 비수리, 미국쑥부쟁이 4종만이 생육이 확인 되었다(Table 1).



(2008)



(2014)

Figure 3. Tree and shrub canopy cover dynamics on cut-slope.

3. 붉나무 개체군의 공간분포

대지산 비탈면 녹화지에 출현한 붉나무 개체군은 치수를 포함하여 총 6,263개체이며 이 중 고사목은 864개체였다. 사면별로는 서사면에 1,355개체, 남사면에 3,888개체, 동사면에 767개체, 북사면에 253개체가 분포하였다. 인접한 기존 산림의 산정, 북사면 계곡부에도 DBH 7cm 이하의 어린 붉나무 63개체가 생육하고 있었다. DBH 3cm 이상 생육 개체목(903개체)에 대한 공간분포현황은 Figure 4와 같다.

붉나무 개체군의 생육기반별 공간분포 비율은 상층부의 경질토사(49.7%), 하층부의 연암·보통암(32.9%), 중층부 풍화암(17.5%) 순으로 나타났지만, 1개체 당 면적 비교에서는 풍화암(19.1m²/본), 토사(22.3m²/본), 연암·보통암(24.5m²/본) 순으로 차이를 보였다(Table 4).

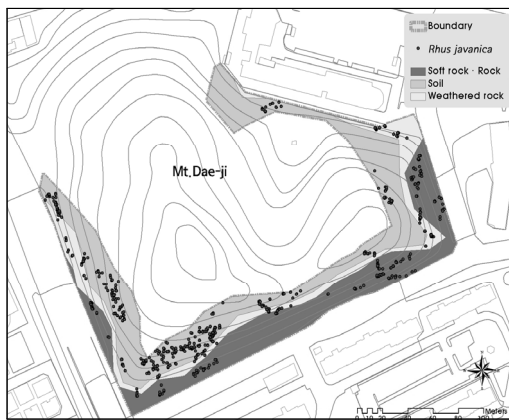


Figure 4. Spatial distribution of *Rhus javanica* populations.

4. 붉나무 개체군의 생육상태

비탈면 녹화지에 출현한 DBH 3cm 이상 붉나무 개체군의 평균 DBH은 7.3(±3.7)cm, 평균 수고는 5.2 (±1.7)m 였다.

대지산의 붉나무 개체군은 일시에 파종된 조림지임에도 불구하고, DBH 3cm 미만의 어린 개체가 5,237개체(83.3%) 출현하여, 역J자 형태의 개체빈도분포곡선을 보였다(Figure 5). 개체군의 크기에는 차이가 있지만 사면방위별 개체빈도분포곡선 역시 모두 역 J의 형태를 보였는데, 이는 극양수이면서 속성수인 붉나무에 의해 복원된 비탈면 산림의 상층이 경사, 바람 등에 의해 쓰러지거나 고사하여 최초 도입된 개체가 수명을 다하더라도 길게 뻗어나가는 뿌리에서 발생하는 근맹아(根萌芽) 또는 종자번식에 의해 후계목이 생성되기 때문이다(Figure 6).

또한, 4cm 이상(n=68) 개체목의 DBH와 연륜과의 상관관계 비교에서 경급 증가에 따라 수령도 상승하는 비례관계를 보여 붉나무 개체군은 이령림(異齡林)으로 후계목을 지속적으로 생산하고 있음을 알 수 있었다(Figure 7).

대지산 비탈면에 서식하는 붉나무 개체군의 생장상태를 파악하기 위하여 상위경급 20본에 대한 생장편을 분석한 결과, 대지산 비탈면의 붉나무는 연간 평균 7.9mm/yr(최대18.5mm/yr, 최소2.0mm/yr)가 생장한 것으로 나타났다. 3년 차에 연간 평균 12.0mm/yr로 최대 생장 폭을 보였으며, 6년차 이후부터 연간 평균 생장 폭 이하로 감소하는 경향을 보여(Figure 8), Cho(2005)가 조사한 영일 사방조림지의 속성수인 사방오

Table 4. Number of *Rhus javanica* stem on the cut-slope by growth base.

	Area(m ²)	%	No.of stem	No.of stem / unit area(m ²)
Soil	10,003	49.7	449	24.5
Soft rock · Rock	6,620	32.9	270	24.5
Weathered rock	3,515	17.5	184	19.1
Total	20,138	100	903	22.3

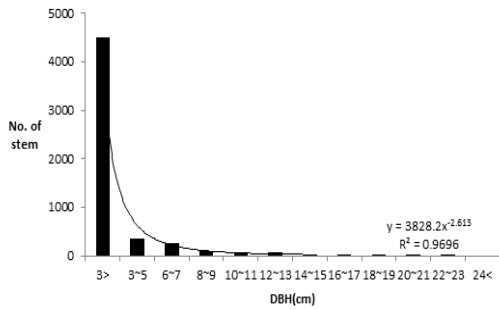


Figure 5. Reverse J shape *Rhus javanica* diameter frequency distribution.



Figure 6. *Rhus javanica* root sprouting on the cut-slope of Daeji Mountain.

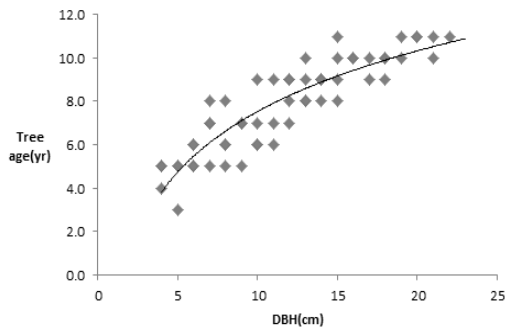


Figure 7. The correlation between DBH and tree age of *Rhus javanica* (>4cm).

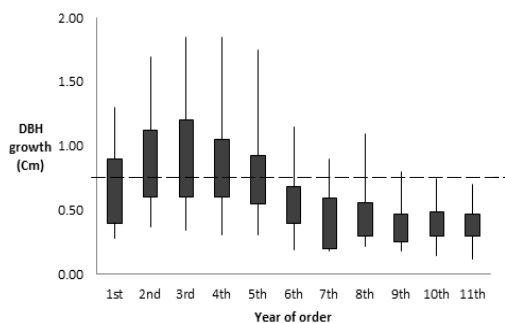


Figure 8. The dynamics of annual mean DBH growth of *Rhus javanica*.

리 28년생 개채목이 연간 평균 4.9mm/yr, 최대 7mm/yr 성장하고, 조림 21년 차부터 지속적으로 감소한 것보다 빠른 성장패턴을 보였다. 사면별 비교에서는 북사면이 7.3mm/yr로 가장 낮았고 서사면이 8.7mm/yr로 가장 높은 성장 폭을 보였다.

수고는 치수를 포함하여 4m이하가 4,762개체로 전체의 88.2%를 차지하고 7~12m 구간도 128개체(2.4%)가 분포하고 있어 암절취 비탈면의 생육조건을 감안하면 소교목성으로는 높은 수고 값을 보였으며, 수고가 커질수록 개체수가 감소하는 분포곡선을 보였다.

5. 복원성과 고찰

대지산은 2002년 조성 당시 ‘자연적 천이과정’에 의해 다층구조의 산림으로 복원’ 하는 것을 복원목표로, 현지조건과 유사한 토양층을 조성하기 위하여 산림표층토, 식물발생재 등을 재활용하였고, 인근 산림식생조사 자료를 토대로 식생기반을 안정시키고 천이 유도를 고려한 종자 선정으로 선구수종을 도입한 사례지이다(Korea Forest Conservation Association, 2005).

조성 후 13년이 경과한 시점에서 선구수종으로 도입한 붉나무, 자귀나무, 가죽나무 등 교목성 식물이 경사도 1 : 0.9~1.5의 암절취 비탈면이라는 제한적 조건에서도 전체면적의 44.1%를 점유하고 주변 환경에 적응하며 지속적으로 생육하고 있었다. 특히, 우점수종인 붉나무는 일시에 파종된 조림지임에도 불구하고 후계목을 생산하며 이령림의 식생구조를 보이고 있었다.

대지산 비탈면 조성지는 기반조성 및 녹화측면의 관점에서는 자생수종 도입을 통해 기존 산림과의 유사도지수가 25.2%로 나타나는 등 자연성을 회복하는데 성과를 거두었다고 판단된다. 하지만 생태복원측면의 관점에서는 선구수종인 붉나무, 큰낭아초 등 조림지에서 나타나는 도입 수종에 의한 우점현상과 피압에 의한 피해가 여전히 발생하고 있어, 당초 목표하였던 다

층구조의 산림에 도달하기 위한 주변 수림에서의 종의 이입 등 천이진행은 아직 제한적인 것으로 판단된다.

대지산 비탈면 상층식생의 78%를 차지하고 있는 수령 13년 미만의 붉나무의 고사율은 14.0%, 경급별 평균 고사율은 9.7%이며, DBH 10cm 이상 수목도 27개체가 자체 무게를 지탱하지 못하고 쓰러지거나 수분 또는 양분 부족 등으로 고사하여 산림 갭이 발생하고 있었다(Figure 9).

하지만 대지산 붉나무 개체군은 6cm이하에서 99.5% 출현비율을 보이는 등 왕성한 번식능력으로 갭을 다시 채우고 있어서, 앞으로도 상층식생을 유지할 것으로 판단된다. 또한, 직박구리 등 조류에 의한 종자섭식이 자주 목격되며 기존 산림에서도 붉나무 종자번식지가 확인됨에 따라 태풍 및 참나무시들음병 등으로 발생한 갭을 중심으로 세력을 확산할 것으로 예상된다.

조성당시 목표한 다층구조의 안정된 산림으로 복원되기 위해서는 조성된 수림을 보전하면서 장기간에 걸쳐 단계적으로 주변식생이 이입되어 주변식생과 동질한 수준의 높은 유사도를 보이도록 유도하는 관리가 필요하다.

관리방안으로는 큰낭아초, 짚레꽃 등에 의한 중하층식생 피압지역은 수관밀도를 낮추고, 칩, 환삼덩굴 등 덩굴성식물에 의한 피해지역은 가해식물을 제거하여 고사를 방지하는 등 생육 활성화를 도모하는 여건 개선작업이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 조성 당시 사용한 철망이 수

목의 생장과 함께 근원부를 관통하게 됨으로써 수목의 생육에 영향을 미치고 있으므로 비교적 지반이 안정화된 북사면, 남·동사면 상층부의 토사비탈면에 생육하고 있는 3cm이하 어린나무 주변의 철망을 부분적으로 제거하는 방안도 검토가 필요하다.

IV. 결 론

훼손된 산지 비탈면을 복원하는 방법 중에서 종자파종을 통해 상층수관이 형성되고 유지되는 사례를 연구하기 위하여, 2015년 1월부터 7월까지 용인 대지산 비탈면 녹화지를 대상으로 식물생육 현황, 주요 상층수종과 우점종인 붉나무 개체군의 생육특성 및 공간분포를 연구한 결론은 다음과 같다.

대지산 비탈면 녹화지에 출현한 유관속 식물은 총 55과 94속 119종으로, 건조하고 척박한 교란임지의 선구종인 국화과, 벼과식물과 녹화도입종인 장미과, 콩과식물의 구성비가 높게 나타났다.

교목성 수종의 출현비율은 붉나무, 자귀나무, 버드나무, 가죽나무 순으로 조성당시 파종한 보리수, 개암나무, 물오리나무, 고로쇠나무는 출현하지 않았고 사면별로는 남사면 분포비율이 45.0%로 가장 높게 나타났다.

교목층의 수관점유면적비율은 44.1%로 2008년에 비해 8.3% 증가하여 분포면적이 확산되고 있었다. 관목층은 큰낭아초, 칩, 짚레꽃에 의한 피압 현상이 발생하고 있으며, 초본식물은 갈퀴덩굴, 환삼덩굴, 쑥, 산국 등의 순으로, 조성당시 파종한 12종 중 4종만 생육이 확인되었다.

붉나무 개체군의 평균 DBH는 7.3(±3.7)cm, 평균 수고는 5.2(±1.7)m, 연간 평균 성장 폭은 7.9mm/yr로 3년차에 12.0mm/yr로 최대 성장하였고 6년차 이후부터 감소하는 경향을 보였다.

본 연구를 통해 비탈면 녹화시 선구식물로



Figure 9. *Rhus javanica* damage status(a: Root damage due to wire mesh construction, b: Tree fall of *Rhus javanica* due to root exposure).

과중 한 교목성 자생식물들이 13년이 지난 현 시점까지 상층식생의 주요 수종으로 생육하고 있고, 주변 산림과 25.2%의 유사성을 보이며, 우점종인 붉나무 개체군은 역J의 형태의 개체 빈도분포곡선을 보이는 이령림으로 후계목을 지속적으로 생산하고 있는 것이 확인되었다. 그러나 용인 대지산 사례지만을 연구대상으로 실시하여 지역별, 면적별, 년도별 유형특성이 충분히 반영되지 못하였으므로 보다 많은 연구를 통해 자료가 보완되어야 할 것으로 생각된다.

References

- Buell, M. F., A. N. Langford, D. W. Davidson and L. F. Ohman. 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. *Ecology* 47(3): 416-432.
- Cho HJ. 2005. Forest Vegetation Structures and Successional Trends in Young-il Soil Erosion Control District. *Jour. Korean For* 94(6): 453-461. (in Korean with English summary)
- Chung JM. 1995. Phytogeographical Distribution and Characteristics of Korean-native Anacardiaceae. *Korean journal of plant resources* 8(2): 165-173. (in Korean with English summary)
- Hosogi Daisuke · Yonemura Sotaro and Kameyama Akira. 2002. The study of woody plants' growth at the early stage of slope revegetated by using forest top-soil. *The Japanese Soc. Reveget. Tech.* 28(1): 73-78. (in Korean with English summary)
- Kim KH and Woo BM. 1999. The Optimal Collecting Time and Methods of Utilization of Forest Topsoil as Revegetation Materials of Slopes. *J. of Korean Env. Res. & Reveg. Tech* 2(3): 53-61. (in Korean with English summary)
- Kim NC. 1997a. A Study on the Timing of Native Woody Plants for the Slope Revegetation Works. *J. of the Korean Institute of Landscape Architecture* 25(1): 73-81. (in Korean with English summary)
- Kim NC. 1997b. A study on the seeding timing of several herbaceous plants for the slope revegetation works. *J. of the Korean Institute of Landscape Architecture* 25(2): 62-72. (in Korean with English summary)
- Korea Forest Conservation Association. 2005. *Korea Forest Ecological Restoration Contest Book.* (in Korean)
- Lee MJ · Lee JW · Jeon KS · Ji YU · Kim MJ · Kim JY and Song HK. 2003. Native Plants Selection for Ecological Replantation and Vascular Plants in Forest Road Slope. *Kor. J. Env. Eco* 17(3): 201-209. (in Korean with English summary)
- Lee CB. 2006. *Coloured Flora of Korea*, Hyang Moon Sa. (in Korean)
- Nam SJ · Yeo WJ · Suk WJ and Kim NC. 1999. Study on the Ecological Restoration of Rock-exposed-cut -slope by Natural Topsoil Restoration Methods: In Case of Won-Ju Experiment. *J. of Korean Env. Res. & Reveg. Tech* 2(4): 54-63. (in Korean with English summary)
- Nam SJ · Yeo WJ · Choi JH and Kim NC. 2004. Development of Revegetation Method Using Forest Topsoils for Ecological Restoration of the Slopes(I). *J. of Korean Env. Res. & Reveg. Tech* 7(4): 110-119. (in Korean with English summary)
- Shim SR · Kim JH · Jeong DY · Moon SK and Koh JH. 2010. A Study on the Growth Characteristics under Seedling Types of

- Native Woody Plants After Planting on the Disturbed Slope. J. of Korean Env. Res. & Reveg. Tech 13(2): 72-79. (in Korean with English summary)
- Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monographs 26: 1-80.
- Yeo HJ · Lee SP · Paek NY and Lee JK. 2005. A study on Ecological Restoration Characteristics of Nangido Landfill Slope. J. of Korean Env. Res. & Reveg. Tech 8(3): 1-12. (in Korean with English summary)