

지리산국립공원 심원계곡 생태경관 복원공사지역 식생 변화^{1a}

정태준² · 김연경³ · 김영진⁴ · 정명희⁵ · 박경희⁶ · 신창근⁷ · 박선홍⁸ · 김영선^{9*}

A Change of Vegetation at the Ecological Restoration Area of Simwon Valley in Jirisan National Park^{1a}

Tae-Jun Jung², Yeon-Gyeong Kim³, Young-Jin Kim⁴, Myung-Hee Jung⁵,
Kyoung-Hee Park⁶, Chang-Keun Shin⁷, Seung-hong Park⁷, Young-Sun Kim^{9*}

요약

본 연구는 지리산국립공원 심원계곡 생태경관 복원공사지역의 모니터링 결과를 분석하여 체계적인 복원관리를 도모할 수 있는 기초자료를 확보하는데 그 목적이 있다. 복원사업이 완료된 2017년도에 식생 모니터링을 위한 조사구 12개소와 대조구 4개소를 설치하였고, 2017년과 2020년의 상대우점치, 종다양도지수, 유사도 등의 변화를 분석하였다. 복원사업 시 수목이 식재되었던 조사구는 종다양도지수가 0~1.4552로 나타났고, 대조구와의 유사도지수에서는 1개 조사구가 1.32%로 분석된 것을 제외하고 모두 0%로 나타났다. 조사구의 종다양도지수 및 유사도지수가 매우 낮은 것은 복원사업 시 식재된 수목이 고사하거나 멧돼지 피해, 유수에 의한 침식으로 유실되는 등의 영향으로 판단되었다. 반면 복원사업 시 수목이 식재되지 않은 미식재 조사구는 종다양도지수가 0.9538~2.3222로 나타났고, 유사도지수는 최대 8.33%까지 분석되었다. 국립공원 생태경관 복원공사지역의 복원 공법 개발을 위한 장기 모니터링과, 미식재 조사구의 천이과정을 분석하는 지속적인 연구가 필요하다.

주요어: 상대우점치, 종다양도지수, 유사도지수, 훼손지복원

ABSTRACT

This study aims to obtain basic data for systematic restoration by analyzing the monitoring results of the Shimwon Valley Ecological Landscape Restoration Project area in Jirisan National Park. In 2017, when the restoration project was completed, 12 monitoring plots and 4 control plots were installed for vegetation monitoring, and changes in the relative dominance, species diversity index and similarity between 2017 and

1 접수 2020년 12월 24일, 수정 (1차: 2021년 4월 19일), 게재확정 2021년 4월 28일

Received 24 December 2020; Revised (1st: 19 April 2021); Accepted 28 April 2021

2 상지대학교 대학원 응용식물과학과 박사과정 Dept. of Applied Plant Science, Sangji Univ., Wonju, Korea (sinana7@naver.com)

3 한그루 27 대표 Hanam-daero 261beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju, Republic of Korea (soda3515@hanmail.net)

4 목포대학교 대학원 조경학과 석사과정 Dept. of Landscape Architecture, Mokpo Univ., Mokpo, Korea (kyj773535@naver.com)

5 경상대학교 대학원 산림자원학과 석사과정 Dept. of Forest Resources, Gyeongsang Univ., Jinju, Korea (yipsak@hanmail.net)

6 목포대학교 대학원 조경학과 석사과정 Dept. of Landscape Architecture, Mokpo Univ., Mokpo, Korea (21youngth@naver.com)

7 지리산국립공원 전남사무소 계장 Jirisan National Park Jeonnam Office, Korea National Park Service, Gurye 57616, Korea (clamp00@knps.or.kr)

8 지리산국립공원 전남사무소 과장 Jirisan National Park Jeonnam Office, Korea National Park Service, Gurye 57616, Korea (plant0000@knps.or.kr)

9 (사)한백생태연구소 부소장 9-5, Bongseong-ro, Gurye-eup, Gurye-gun, Jeollanam-do, Korea (0sunsky@hanmail.net)

a 이 논문은 2020년도 지리산국립공원전남사무소의 지원을 받아 연구되었음

* 교신저자 Corresponding author: 0sunsky@hanmail.net

2020 were analyzed. The species diversity index of the surveyed areas where trees were planted during the restoration project was 0-1.4552, and the similarity index with the control group was 0% except for one survey area at 1.32%. The very low species diversity index and similarity index in the survey areas were attributed to the loss of trees planted during the restoration project due to death, damage by wild boars, or erosion by running water. On the other hand, the species diversity index was 0.9538-2.3222 in the monitoring plot where no tree was planted, and the similarity index was analyzed to be as high as 8.33%. It is necessary to continue the long-term monitoring for the development of ecological landscape restoration methods in the national park and analysis of the succession in monitoring plots where no trees were planted.

KEY WORDS: RELATIVE IMPORTANCE PERCENTAGE, SPECIES DIVERSITY INDEX, SIMILARITY INDEX, RESTORATION OF DAMAGED AREA

서론

국립공원이란 국가가 지정한 공원지역으로서, 자연경관이 수려하고 생태계의 다양성이 뛰어나 보호할 만한 가치가 있는 지역을 의미한다(Cho, 2007; Park *et al.*, 2002). 또한, 국립공원은 생물다양성의 보고로서 다른 토지이용지역에 비해 제공되는 생태계서비스 혜택이 높은 지역이다. 국립공원은 성립 초기부터 생물종 서식지 등 생물다양성 보전을 위한 목적에서 지정된 보호지역으로서 생물다양성의 유지 및 보전을 우선시하는 지역이다(Korea National Park Research Institute, 2019).

그러나 1980년대부터 시작된 급격한 산업화와 도시화로 사람들이 살아가는 생활환경의 오염과 함께 많은 환경 훼손지들이 전국 곳곳에 발생하여 방치되었다. 이러한 배경하에 현재 국립공원으로 지정된 지역 내에도 과거 도로 건설, 벌목, 건축물 건설 등의 개발행위가 있었고, 이로 인하여 인위적 간섭, 과도한 산림자원 채취 등의 교란이 지속적으로 이루어졌지만, 최근에는 훼손된 생태계를 복원하여 생물다양성을 높이고 생물 서식지의 질을 높이려는 노력이 활발하다.

생태복원은 훼손되고, 파괴된 생태계의 회복을 돕는 과정(SER, 2002; Hobbs and Cramer, 2008)으로 복원과 관련된 개념들로서 복원, 개척, 복구, 녹화 등 다양한 개념들이 있다. 여기서 복원의 개념은 학자들마다 다소 차이를 보이지만, 포괄적인 의미로 해석될 수 있다. 따라서 복원은 원래의 상태로 회복하는 과정을 총칭하는 것으로 복구, 개척, 회복, 개선, 녹화, 대체, 재활 등을 포괄한다(Korea National Park Research Institute, 2019).

생태복원 및 복원지역 모니터링에 관한 연구를 살펴보면, Jeong *et al.*(2001)은 지리산국립공원 능선부 훼손지에서 식생복원 효과를 구명하기 위하여 야생풀포기심기, 개량토포설, 환경피해도 요인을 고려하여 실험구를 설치하고 4년

동안 식생피복도와 종다양성 변화를 분석한 결과, 야생풀포기식 처리수준간의 차이가 있음을 확인하였다. 또한, Shin *et al.*(2013)은 지리산국립공원 노고단을 대상으로 인위적 복원조치에 의한 식생복원효과와 산림훼손지역의 자연적 식생회복 상태를 구명하고 그 결과, 종간 경쟁에 의해 시간이 경과하면서 입지환경에 적응된 수종들에 의해 안정된 군락으로 전환되어 20년이 지난 시점에서 훼손지가 복원되고 있는 것으로 유추하였다. Park(2009)은 우리나라 5개 국립공원의 능선부 훼손복원지의 복원과정 모니터링과 식생변화 과정을 비교 분석하여 훼손복원의 효과를 밝히고, 향후 대상지역을 보전하는 관리방안에 사용될 기초자료를 제공하고자 국립공원 고산대의 식생회복정도를 평가하였다. Choi(2016)는 지리산국립공원 노고단 일원 훼손지 복원 공사지역의 식물상, 상대우점치, 종다양도, 유사도 등을 비교 분석하여 종간경쟁에 의해 안정화되어가는 천이과정상에 있다고 평가하였다.

생태복원 과정에서 국내의 경우 대부분 식물을 식재하는 방법을 적용하고 있다. 그러나 국외의 연구 사례를 살펴보면 능동복원(Active Restoration)과 수동복원(Passive Restoration) 방식에 대한 비교 연구가 진행되고 있다(Brancaion *et al.*, Zahawi *et al.*, Prach & del Moral, Morrison & Lindell, McIver & Starr). Hagen & Evju(2013)는 노르웨이의 Dovrefjell mountain 보호지역 내부에 위치한 과거 군사 훈련지역을 복원하는 사업에서 세 가지 형태(①대조구: 표토교반, ②표토교반+비료투입, ③표토교반+비료투입+종자파종)로 식생을 처리하는 연구를 진행한 결과, 비료투입, 종자파종 등의 처리를 하지 않는 대조구에서 식생 피복과 종수가 크게 증가하는 것으로 나타났고, 이에 모니터링 사이트와 같은 조건 하에서는 비료 투입 및 종자 살포가 불필요하다고 제안하였다. Rachel Pain(2012)은 St. Olaf's Natural Lands에서 미식재 천이과정의 숲 8개소, 식재림 8개소, Ytterboe 숲 8개소의 조사구를 설정하고 분석한 결과

수동복원지역은 능동복원지역보다 성목의 다양성이 높았지만, 능동복원은 조사구에 다양한 음영을 제공하여 더 다양한 수종이 이입될 수 있도록 하여 더 높은 수준의 다양성이 나타날 것으로 예측하였다. Trujillo-Miranda *et al.*(2018)은 능동복원지역과 수동복원지역의 회복 속도를 비교한 결과, 능동복원지역이 수동복원지역보다 더 효과적인 것으로 확인하였다. 특히, 산림에 인접하지 않은 수동복원 지역은 가장 낮은 회복을 보여 종자 공급원에 대한 근접성이 중요함을 나타냈다.

생태경관 복원공사지역의 식생 변화를 관찰하고, 이에 따른 적절한 관리방안을 도출하기 위해서는 장기간의 모니터링이 필수적이다. 복원사업에 있어서 실질적인 복원을 주도하는 것은 복원사업 이후의 관찰(Monitoring)과 관찰과정 중에서 확인된 이상 현상을 바로잡아 주는 사후관리과정이다(Korea National Park Research Institute, 2019). 따라서 본 연구는 지리산국립공원 심원계곡 생태경관 복원공사지역을 대상으로 복원사업 후 4년간의 모니터링 결과를 분석하여 생태계 건강성 평가지표를 고려한 체계적인 복원관리를 도모할 수 있는 기초자료를 확보하는데 있다.

연구방법

1. 조사지 개황

지리산은 1967년 국립공원 제1호로 지정되었다. 전체면적이 483.022km²로 국내 국립공원 중 가장 넓은 면적을 지니고 있으며, 경남의 하동, 함양, 산청, 전남의 구례, 전북의 남원 등 3개 도, 5개 시군에 걸쳐있다.

연구 대상지인 심원계곡 생태경관 복원공사지역은 과거 심원마을이 위치했던 지역으로 마을이 형성된 기원은 정확히 알 수 없으나 약 300년 정도로 예상된다. 행정구역상 위치는 전라남도 구례군 산동면 좌사리 1번지 일원이며, 지역적 위치는 지리산국립공원의 심원계곡(해발 750~800m)이다. 심원계곡은 달궁계곡, 뱀사골로 이어지며, 주변에 성삼재 휴게소, 정령치 휴게소, 덕동공원마을지구, 달궁마을 등이 있고, 반야봉, 노고단, 만복대 등과는 3km 정도 이격되어 있다. 1988년 마을 앞을 지나는 861번 지방도가 놓인 이후로, 청정 오지를 찾아온 외지인들이 묵고 갈 민박촌을 형성하면서 관광지로 변화하였다. 전체 면적은 총 73,941m²이며, 복원사업 전 건축물은 오수처리시설을 제외한 총 20가구에 54동이 입지하였고, 37명이 거주중이었으며, 이 중 1가구는 서울대 남부학술림 관리소였다. 국립공원 내부에 거주지가 형성되고 관광지로 이용되면서 수질 오염이 일어나고 생태계 건강성을 저해하는 요인으로 판단되어 2017년까지

마을을 이주하고 생태경관 복원공사사업을 완료하였다. 생태경관 복원공사사업의 내용은, 복원공사지역 내 건축물과 도로를 모두 철거하였고, 기존의 지형으로 지형복원을 실시하였으며, 식생복원으로는 자생 수종인 사스레나무, 국수나무, 매죽나무, 병꽃나무 등 9종, 4만 8,065그루를 식재하였다(Korea National Park Service, 2017; Korea National Park Service, 2018; Korea National Park Service, 2019; Korea National Park Service, 2020).

2. 조사방법

심원계곡 생태경관 복원공사지역의 식생 회복 상태를 파악하고 변화를 모니터링하기 위하여 조사구를 설치하고, 인근 자연림에 대조구를 설치하였다(Figure 1). 복원지역 모니터링 조사구와 대조구의 규격과 개소 수는 Table 1과 같다.

조사구는 총 12개소로, 복원 당시 식재 계획에 따라 국수나무, 병꽃나무, 사스레나무 등이 식재된 조사구가 9개소가 있고, 수목을 식재하지 않은 미식재 조사구가 3개소가 있다. 미식재 조사구는 복원사업 시 수목을 식재하는 방식과 완전히 자연의 천이에 맡기는 방식이 어떤 다른 양상을 보일지 비교하기 위하여 설치하였다. 조사구 9개소는 초본층과 관목층이 우점하여 5m×5m의 고정 방형구를 설치하였고, 미식재 조사구 3개소는 20m×20m의 고정 방형구를 설치하였다. 대조구는 복원공사지역 인근의 자연식생이 유지되고 있는 지역으로 4개소를 선정하였고, 10m×10m의 고정 방형구를 설치하였다.

조사구 및 대조구 내에 출현하는 목본종 상층수관을 이루

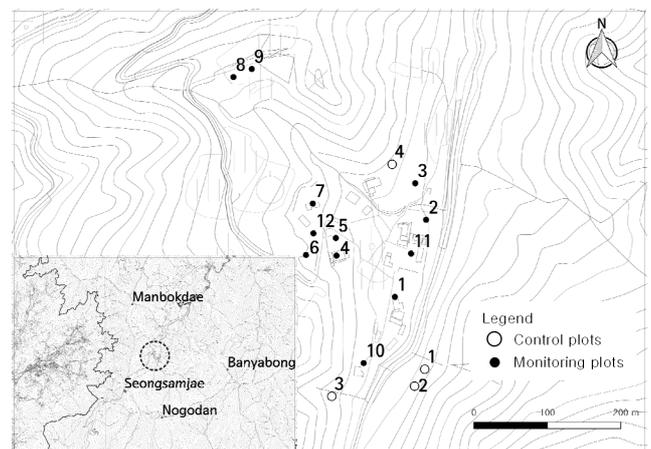


Figure 1. Location map of monitoring and control plots at ecological restoration area of Simwon valley in Jirisan National Park.

는 수목을 교목층, 교목층 이하 수목 중 수고 2m 이상의 수목을 아교목층, 0.3-2.0m 사이의 수목을 관목층, 수고 0.3m 미만의 수목을 지피층으로 수관층위를 구분하여 조사하였다. 교목층과 아교목층 수목은 흉고직경(cm)과 수고(m)를, 관목층과 지피층은 수목의 수관폭(장·단변의 길이: cm)과 수고(m)를 측정하여 수종명과 함께 기록하였다. 단, 다간성 줄기를 갖는 수종의 경우, 원줄기를 중심으로 지름 60cm 안에 있는 줄기를 동일한 개체로 포함하여 흉고직경이나 수관폭을 측정하였다. 조사한 결과 중 목본층을 대상으로 상대우점치, 종다양도지수 및 유사도지수를 분석하여 각 조사구별로 비교하였다(Shannon and Weaver, 1963; Walter, *et al.*, 1975).

조사구 및 대조구의 식물상 변화를 파악하기 위하여 생태경관 복원공사사업이 완료된 2017년과 2020년 각각 춘계, 하계, 추계 3계절에 걸쳐 조사구 내 출현식물을 조사하였다. 식물상은 한국의 나무(Kim and Kim, 2013)와 대한식물도감(Lee, 2003a; Lee, 2003b), 벼과·사초과 생태도감(Jo *et al.*, 2016)을 참고하여 동정하고 종은 Enger의 분류체계에

따라 정리하였다.

결과 및 고찰

1. 조사구 개황

심원계곡 생태경관 복원공사지역의 조사구 12개소와 대조구 4개소에 대한 조사구 개황을 조사하였다(Table 2).

대조구와 조사구는 해발고 약 880m에 입지하고 있고, 전체적으로 계곡부에 입지하는 것으로 나타났다. 대조구는 교목층 수고 10~19m, 식피율 70~75%, 아교목층 수고 2.5~8m, 식피율 20~50%, 관목층 수고 0.6~1.7m, 식피율 10~40%, 지피층 식피율 0~20%로 분석되었다. 조사구 1~9는 교목층, 아교목층은 분포하지 않았고, 관목층에서 수고 0.5~0.6m, 식피율 2~20%, 지피층 식피율 5~70%로

Table 1. Size and number of monitoring and Control plots at Ecological Restoration area of Simwon Valley in Jirisan National Park

Monitoring plots				Control plots	
Planting		Unplanted			
Size	No. of plot	Size	No. of plot	Size	No. of plot
5m X 5m (25m ²)	9	20m X 20m (400m ²)	3	10m X 10m (100m ²)	4

Table 2. General description of monitoring plots at ecological restoration area of Simwon valley in Jirisan National Park

		plots							
		C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4
Altitude(m)		895	875	870	890	895	875	870	890
Slope Aspect		N350W	N350W	N111E	N87E	E155S	N5W	N350W	N60E
Slope(°)		10	10	35	10	5	5	5	10
Canopy	height(m)	10	12.5	15	19				
	coverage(%)	70	70	75	70				
Sub-canopy	height(m)	8	8	2.5	5				
	coverage(%)	30	20	40	50				
Shrub	height(m)	1.1	1.2	1.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6
	coverage(%)	20	40	10	15	20	15	4	3
Ground cover	coverage(%)	20	20	0	0	40	30	17	70

M: Monitoring plot, C: Control plot

Table 2. (Continued)

		plots							
		M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Altitude(m)		875	876	882	910	922	887	884	886
Slope Aspect		N75E	S268W	E105S	E134S	E150S	S256W	E105S	N80E
Topography		valley							
Slope(°)		10	15	15	5	5	15	0	10
Canopy	height(m)								
	coverage(%)								
Sub-canopy	height(m)						2.5	2.5	2.5
	coverage(%)						6	4	1.5
Shrub	height(m)	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	1.3	1.0	0.6
	coverage(%)	7	20	3	2	15	20	4	2
Ground cover	coverage(%)	65	18	5	9	20	20	70	35

M: Monitoring plot, C: Control plot

Table 3. The flora of monitoring and control plots at ecological restoration area of Simwon valley in Jirisan National Park

	Total	C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Families	46	12	11	12	15	7	7	8	5	6	9	5	7	7	17	7	7
Genera	68	12	12	12	17	9	9	8	6	7	11	6	8	8	20	11	9
Species	80	12	11	10	16	8	9	10	5	7	11	6	8	8	24	12	9
subspecies	2	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Varieties	7	-	1	1	2	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1
Forma	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taxa	90	14	12	13	18	9	10	11	7	8	11	6	8	8	25	13	10

M: Monitoring plot, C: Control plot

나타났다. 조사구 1~9는 2017년도 조사 시 관목층 수고 0.4~0.8m, 식피율 20%로, 4년이 경과한 2020년에 식피율이 낮아진 조사구가 많았고, 이는 복원사업 시 식재한 종이 고사하거나 멧돼지 피해, 우수에 의한 침식의 영향으로 판단되었다. 반면, 성장속도가 빠른 초본이 우점하는 지피층의 식피율은 2017년 10%에서 2020년 5~70%로 나타나 대체적으로 식피율이 높아진 것이 확인되었다. 미식재 조사구 10~12는 2017년 교목층, 아교목층, 관목층, 지피층 모두 식피율 0%였으나, 2020년에는 아교목층, 관목층, 지피층까지 분포하였다. 2020년 미식재 조사구 10~12는 아교목층 수고 2.5m, 식피율 1.5~6%, 관목층 수고 0.6~1.

3m, 식피율 2~20%, 지피층 식피율 20~70%로 복원사업 시 수목을 식재하지 않았음에도 비교적 빠른 회복과정이 확인되었다.

2. 식물 종 수

심원계곡 생태경관 복원공사지역 조사구 및 대조구의 식물 종 수 현황을 분석하였다. 조사구 및 대조구를 통합하여 46과 68속 80종 7변종 1품종 2아종으로 총 90분류군이 확인되었다. 대조구에서는 12~18분류군이 출현하였고, 교목층, 아교목층, 관목층에서 졸참나무, 잣나무, 생강나무, 쇠물

Table 4. Relative Importance Percentage of monitoring and control plots at ecological restoration area of Simwon valley in Jirisan National Park

Plot	Species	R.I.P.			M.R.I.P.
		C	Sub-C	S	
C1	<i>Quercus mongolica</i>	14.24	-	-	7.12
	<i>Morus bombycis</i>	15.06	-	-	7.53
	<i>Magnolia sieboldii</i>	-	51.78	-	17.26
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	11.39	1.9
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	23.47	-	-	11.74
	<i>Tilia amurensis</i>	11.51	-	-	5.76
	<i>Actinidia kolomikta</i>	-	-	41.2	6.87
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	-	2.42	0.4
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	13.48	-	-	6.74
	<i>Callicarpa japonica</i>	-	11.49	-	3.83
	<i>Lonicera vidalii</i>	-	36.73	-	12.24
	<i>Sasa borealis</i>	-	-	44.99	7.5
	<i>Fraxinus chiisanensis</i>	27.8	-	-	11.12
	<i>Zelkova serrata</i>	20.15	-	-	10.08
C2	<i>Magnolia sieboldii</i>	17.98	-	7.17	10.19
	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	21.56	-	7.19
	<i>Deutzia uniflora</i>	-	-	20.57	3.43
	<i>Euonymus pauciflorus</i>	-	31.71	13.13	12.76
	<i>Actinidia kolomikta</i>	-	-	29.16	4.86
	<i>Cornus kousa</i>	6.72	-	-	3.36
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	7.86	1.31
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	27.15	-	-	13.58
	<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i>	28	-	7.11	15.19
	<i>Callicarpa japonica</i>	-	13.45	-	4.48
C3	<i>Lonicera vidalii</i>	-	33.29	15.02	13.6
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	12.89	-	-	6.45
	<i>Corylus sieboldiana</i>	-	10.06	-	3.35
	<i>Quercus serrata</i>	41.55	-	-	20.78
	<i>Magnolia sieboldii</i>	-	7.76	-	2.59
	<i>Lindera obtusiloba</i>	5.12	8.76	-	5.48
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	5.12	-	-	2.56
	<i>Prunus sargentii</i>	24.95	-	-	12.48
	<i>Sapium japonicum</i>	5.19	5.5	-	4.43
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	-	5.81	-	1.94
C4	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	5.19	-	-	2.6
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	56.01	45.16	26.2
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	-	6.1	-	2.03
	<i>Sasa borealis</i>	-	-	54.84	9.14
	<i>Pinus koraiensis</i>	4.54	44.37	-	17.06
	<i>Castanea crenata</i>	38.34	-	-	19.17
	<i>Quercus serrata</i>	30.07	22.46	4.4	23.26
	<i>Morus bombycis</i>	4.29	-	-	2.15
	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	21.81	31.55	12.53
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	14.53	2.42
M1	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	4.4	0.73
	<i>Prunus sargentii</i>	22.76	7.6	-	13.91
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	10.77	1.8
	<i>Staphylea bumalda</i>	-	-	4.4	0.73
	<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	4.4	0.73
	<i>Cornus controversa</i>	-	3.76	-	1.25
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	10.77	1.8
	<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	8.8	1.47
	<i>Sasa borealis</i>	-	-	5.99	1
	<i>Salix koreensis</i>	-	-	6.97	1.16
M2	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	42.02	7
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	-	11.43	1.91
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	39.59	6.6
	<i>Pinus densiflora</i>	-	-	27.96	4.66
	<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i>	-	100	-	33.33
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	25.03	4.17
	<i>Cornus kousa</i>	-	-	7.92	1.32
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	39.09	6.52
	<i>Salix hallaisanensis</i>	-	-	5.72	0.95
	<i>Salix subfragilis</i>	-	-	75	12.5
M3	<i>Salix gracilistyla</i>	-	-	11.43	1.91
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	7.86	1.31
	<i>Alnus sibirica</i>	-	100	-	33.33
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	75.73	12.62
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	24.28	4.05
	<i>Salix subfragilis</i>	-	-	24.27	4.05
	<i>Salix gracilistyla</i>	-	-	24.27	4.05
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	-	51.47	8.58
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	74.51	12.42
	<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	7.06	1.18
M4	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	-	-	6.79	1.13
	<i>Styrax japonicus</i>	-	-	11.64	1.94
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	100	16.67
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	100	16.67
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	58.16	9.69
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	-	10.82	1.8
	<i>Styrax japonicus</i>	-	-	31.02	5.17

Table 4. (continued)

Plot	Species	R.I.P.			M.R.I.P.	
		C	Sub-C	S		
M10	<i>Salix chaenomeloides</i>	-	-	0.73	0.12	
	<i>Salix koreensis</i>	-	-	0.9	0.15	
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	-	1.53	0.26	
	<i>Salix hallaisanensis</i>	-	-	11.78	1.96	
	<i>Salix subfragilis</i>	-	-	2.24	0.37	
	<i>Betula ermanii</i>	-	-	2.15	0.36	
	<i>Boehmeria spicata</i>	-	-	7.36	1.23	
	<i>Deutzia glabrata</i>	-	-	1.35	0.23	
	<i>Philadelphus schrenkii</i>	-	-	0.7	0.12	
	<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	15.5	2.58	
	<i>Rubus parvifolius</i>	-	-	6.56	1.09	
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	25.75	4.29	
	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	9.77	-	3.26	
	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	0.68	0.11	
	<i>Rhus javanica</i>	-	90.23	9.27	31.62	
	<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.97	0.16	
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	12.54	2.09	
	M11	<i>Salix hallaisanensis</i>	-	-	7.77	1.3
		<i>Salix subfragilis</i>	-	-	40.07	6.68
<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i>		-	100	50.46	41.74	
M12	<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	1.7	0.28	
	<i>Salix koreensis</i>	-	-	50	8.33	
	<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>sibirica</i>	-	100	-	33.33	
	<i>Quercus serrata</i>	-	-	50	8.33	

R.I.P.: Relative Importance Percentage, M.R.I.P.: Mean Relative Importance Percentage, C: Canopy, Sub-C: Sub-Canopy, S: Shrub, M: Monitoring plot, C: Control plot

푸레나무, 보리수나무, 고추나무 등이 출현한 대조구 4가 18분류군으로 가장 많은 종이 나타났다. 조사구 1~9에서는 6~11분류군이 출현하였고, 멧돼지 피해, 유수의 침식에 의한 피해를 입은 조사구 7이 6분류군으로 가장 낮게 나타났다. 미식재 조사구 10~12에서는 10~25분류군이 출현하였고, 산림과 가장 가깝게 위치하고 있는 미식재 조사구 10이 25분류군으로 가장 다양한 종이 확인되었다. 전반적으로

조사구 1~9의 종수가 낮은 경향을 보였고, 대조구는 상대적으로 종수가 높게 나타났다. 또한, 미식재 조사구 10이 조사구와 대조구 모두에서 가장 다양한 종이 분포하고 있음을 확인하였다.

3. 상대우점치

심원계곡 생태경관 복원공사지역 조사구 및 대조구의 상대우점치와 평균상대우점치를 분석하였다. 대조구 1은 함박꽃나무와 왕괴불나무, 고로쇠나무, 물들메나무의 상대우점치가 높게 나타났고, 대조구 2는 개회나무, 왕괴불나무, 물푸레나무, 회목나무가 높게 평가되었다. 대조구 3은 철쭉의 상대우점치가 높게 나타났고, 그 외 졸참나무, 산벚나무 등이 높게 나타났다. 대조구 4는 졸참나무의 상대우점치가 높았고, 밤나무, 잣나무 등이 함께 높게 평가되었다.

조사구 1~9에서는 물감나무, 버드나무와 함께 식재된 병꽃나무, 국수나무가 비교적 상대우점치가 높게 나타났다. 2017년 복원사업 시에는 식재된 국수나무, 당단풍, 때죽나무, 병꽃나무가 상대우점치 2.21~63.28%까지 높게 분석되었지만, 2020년 조사 결과 식재된 종의 많은 개체가 고사되었고, 멧돼지 피해 등으로 사라진 결과 자연 이입된 종들과 혼생하고 있는 상태였다. 또한, 2017년에 출현하지 않았던 물감나무가 상대우점치 33.33%으로 조사구 2, 4에서 확인되어, 그 확산 속도가 빠른 것으로 확인되었다.

미식재 조사구 10, 11, 12는 2017년 복원사업 시 수목을 식재하지 않아 모두 상대우점치가 분석되지 않았다. 2020년 조사 결과 미식재 조사구 10은 붉나무가 우점(31.62%)하고 조록싸리(4.29%)와 참싸리(3.26%)가 혼생하는 형태로 분석되었다. 미식재 조사구 11, 12는 물감나무(33.33~41.74%)가 우점하고, 버드나무류와 졸참나무가 혼생하고 있는 것으로 확인되어, 미식재 조사구에서도 물감나무의 빠른 확산 속도가 확인되었다.

4. 종다양도지수

심원계곡 생태경관 복원공사지역 내 조사구 및 대조구의 종다양도지수, 균제도, 우점도, 최대종다양도를 분석하였다. 대조구 1~4의 종다양도지수는 0.1428~2.3974로 분포하였다. 대조구 2, 4는 종다양도가 높은 것으로 나타났으나, 대조구 1, 3은 조사구 수준 이하로 낮게 분석되었다. 이러한 원인으로는 관목층에 조릿대의 개체수가 매우 높게 조사되어 전체적인 종 분포의 균질성이 떨어진 것으로 해석되었다.

Table 5. Species diversity index of monitoring and control plots at ecological restoration area of Simwon valley in Jirisan National Park

	H'	J'	D	H' max
M1	1.2149	0.8764	0.1236	1.3863
M2	1.4552	0.9041	0.0959	1.6094
M3	0.9404	0.6784	0.3216	1.3863
M4	0.8324	0.7577	0.2423	1.0986
M5	1.0397	0.9464	0.0536	1.0986
M6	1.0735	0.7744	0.2256	1.3863
M7	0	0	0	0
M8	0	0	0	0
M9	0.9557	0.8699	0.1301	1.0986
M10	2.3222	0.8196	0.1804	2.8332
M11	0.9538	0.688	0.312	1.3863
M12	1.0901	0.9922	0.0078	1.0986
C1	0.712	0.2776	0.7224	2.5649
C2	2.2345	0.8992	0.1008	2.4849
C3	0.1428	0.0557	0.9443	2.5649
C4	2.3974	0.8853	0.1147	2.7081

H': Species Diversity, H' max : Max Species Diversity
J': Evenness, D: Dominance, M : Monitoring plot, C : Control plot

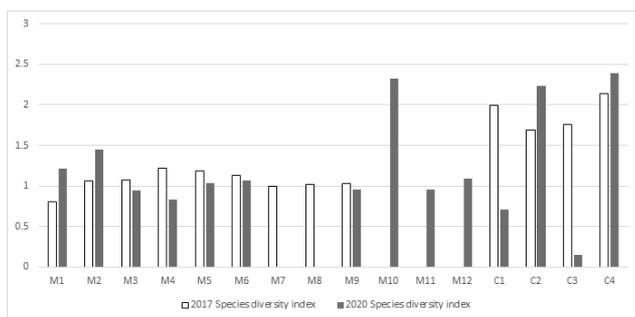


Figure 2. Comparison of changes in species diversity index of monitoring and control plots(2017-2020).

조사구 1~9의 종다양도지수는 0~1.4552로 분포하였다. 조사구 1, 2, 5, 6에서 비교적 높은 종다양도가 나타났고, 조사구 7, 8은 멧돼지 피해, 유수의 침식으로 인한 피해 등으로 1종 1개체만이 조사되어 종다양도지수가 0으로 평가되었다. 미식재 조사구 10~12는 0.9538~2.3222까지 분포하였다. 특히 미식재 조사구 10은 초기 복원사업 시 식재

하지 않고 지형복원 후의 나지 상태로 유지했음에도 4년만에 대조구 수준으로 종다양도지수가 높게 나타났다. 균재도는 0~0.9922까지 나타났고, 조사구 7, 8이 가장 낮았으며 미식재 조사구 12에서 가장 높게 나타났다. 우점도는 0~0.3216으로 분포하였고, 조사구 7, 8이 가장 낮았으며 조사구 3이 0.3216으로 가장 높게 나타났다. 최대종다양도는 0~2.8332로 조사구 7, 8이 가장 낮았으며, 조사구 10이 가장 높게 평가되었다.

심원계곡 생태경관 복원공사지역 모니터링 조사구의 종다양도지수를 2017년도 분석 자료와 비교하였다. 조사구 1, 2와 미식재 조사구 10, 11, 12는 종다양도가 높아졌고, 그 외 조사구는 낮아지는 경향을 보였다. 특히 미식재 조사구 10, 11, 12는 2017년도 복원사업 시행 후 식재를 하지 않아 종다양도지수가 0이었는데 2020년 조사 결과 수치가 크게 높아졌다. 반면 조사구 7, 8은 2017년에 종다양도 0.9949, 1.0190으로 나타났지만, 2020년에는 0으로 떨어졌다. 대조구의 경우 대조구 1, 3의 종다양도가 2017년도 결과에 비교하여 매우 낮아졌는데, 이는 2017년 조사 당시 조릿대가 초본층으로 분류되어 종다양도 분석에서 제외되었지만, 2020년도 조사에서는 조릿대의 수고 성장 결과 관목층으로 분류되었고, 이에 따라 분석에 포함된 결과로 해석되었다.

5. 유사도지수

심원계곡 생태경관 복원공사지역 모니터링 조사구의 목본 식생 중구성의 유사성을 나타내는 유사도지수를 분석하였다. 유사도지수는 군락간 유사도지수가 20%미만일 때 서로 이질적인 집단이고, 80%이상일 때 서로 동질적인 집단으로서, 생태적으로 유사한 집단간의 유사도지수는 높게 나타난다. 현재까지 조사구와 대조구간의 유사도지수가 20% 이상인 조사구는 확인되지 않았다. 하지만 조사구 2가 대조구 2와 1.32%의 유사도를 보여주었고, 미식재 조사구 10은 대조구와 0.16~1.96%의 유사도를 나타냈다. 미식재 조사구 12는 대조구 3, 4와 8.33%의 유사도를 갖는 것으로 평가되어, 대조구와 가장 유사도지수가 높은 조사구로 평가되었다.

대조구와 조사구의 유사도지수 변화를 알아보기 위하여 2017년도에 분석된 유사도지수와 2020년에 분석된 유사도지수를 비교하였다. 조사구 5는 대조구 1, 3과 0.92%의 유사도를 나타냈으나 2020년에는 0으로 평가되었다. 조사구 2는 0.0 → 1.32%로 유사도지수가 높아졌고, 미식재 조사구 10, 12번은 2017년도 목본이 없었기에 유사도지수 0이었지만 2020년에는 이입된 수종들로 인해 0.16~8.33%까지 유사도지수가 높아진 상태였다. 미식재 조사구 10은 1차년도

Table 6. Similarity index of monitoring and control plots at ecological restoration area of Simwon valley in Jirisan National Park

	C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
C1																
C2	37.86															
C3	14.33	9.38														
C4	6.52	8.66	42.16													
M1	0	0	0	0												
M2	0	1.32	0	0	10.69											
M3	0	0	0	0	1.31	1.31										
M4	0	0	0	0	11.05	8.22	1.31									
M5	0	0	0	0	1.91	0	5.96	0								
M6	0	0	0	0	7	4.17	0	12.42	0							
M7	0	0	0	0	6.6	6.52	1.31	4.05	0	0						
M8	0	0	0	0	7	4.17	0	12.62	0	12.42	0					
M9	0	0	0	0	8.8	4.17	0	9.69	1.8	11.63	0	9.69				
M10	0.16	0.16	0.26	1.96	2.24	2.09	2.63	2.09	0.37	1.18	2.09	0	0			
M11	0	0	0	0	0	33.33	7.63	0	4.05	0.28	0	0	0	1.95		
M12	0	0	8.33	8.33	1.16	33.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	33.33

M and C are referred to table 2 and 3.

Table 7. Comparison of changes in similarity index of monitoring and control plots(2017-2020)

	M1		M2		M3		M4	
	2017 year	2020 year	2017 year	2020 year	2017 year	2020 year	2017 year	2020 year
C1								
C2		37.86						
C3		14.33		9.38				
C4		6.52		8.66		42.16		
M1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M2	0.00	0	0.00	1.32	0.00	0	0.00	0
M3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M4	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M5	0.92	0	0.00	0	0.92	0	0.00	0
M6	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M7	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M8	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M9	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
M10	-	0.16	-	0.16	-	0.26	-	1.96
M11	-	0	-	0	-	0	-	0
M12	-	0	-	0	-	8.33	-	8.33

부터 붉나무 치수가 자라고, 현재는 붉나무, 참싸리 등 관목 층의 수고가 2.5m가 넘게 자라 있으며 종다양도지수도 높아 대조구와의 유사도지수가 높을 것이라 예상했지만, 미식재 조사구 12의 유사도지수가 더 높게 평가되었다. 이는 미식재 조사구 12의 졸참나무가 대조구와 동일하게 나타났고 그 상대우점치가 8.33으로 비교적 높았던 점이 반영된 것으로 확인되었다. 또한, 미식재 조사구 10은 종조성에 있어 천이계열상 선구수종이 주로 분포하고 있는 상태로, 종조성이 안정된 상태의 대조구에서 분포하는 종과 겹치는 종이 적은 것이 원인으로 판단된다.

6. 고찰

지리산국립공원 심원계곡 생태경관 복원공사지역의 4년간 식생 변화 관찰 결과, 조사구 1~9의 경우 복원사업 시 식재한 종이 고사하거나 멧돼지 피해, 유수에 의한 침식 등으로 훼손된 개체가 많이 발생하였다. 따라서 종다양도지수도 전체적으로 낮았고, 유사도지수에서도 대조구와의 유사도가 높아지는 경향을 확인 할 수 없었다. 반면 미식재 조사구 10~12의 경우 복원사업 시 식재하지 않고 지형복원 후의 나지 상태로 유지했음에도 조사구 10의 경우 종다양도지수가 대조구 수준으로 높아지는 등 종다양도지수 상승폭이 매우 컸다. 대조구와의 유사도지수 분석 결과에서도 조사구 1~9 중에는 조사구 2가 대조구 2와 유일하게 1.32%로 분석

되고, 그 외는 모두 0%로 분석되었다. 아직 복원사업 후 4년이라는 짧은 시간동안의 변화로 유사도지수가 전체적으로 매우 낮은 상태이지만, 미식재 조사구 10은 0.16~1.96%까지 유사도지수가 분석되었고, 조사구 12는 8.33%까지 분석되어 조사구 중 대조구와 가장 높은 유사도를 보였다. 특히, 조사구 10의 경우 유사도지수는 그리 높게 분석되지 않았지만, 복원사업 후 1년 이후부터 붉나무 및 싸리류의 치수가 다수 올라오는 등 미식재 조사구의 천이 과정이 식재된 조사구보다 다소 빠르게 진행되는 것이 확인되었다.

다수의 조사구가 2017년과 비교하여 종다양도지수, 식피율, 유사도지수가 더 낮아지는 경향이 나타났고, 이는 복원사업 시 식재한 종이 고사하거나 멧돼지 피해, 유수에 의한 침식 등의 영향을 받은 것으로 판단된다. 따라서 훼손지 복원 시 복원에 소요되는 시간을 줄이기 위해서는 이러한 피해에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다.

또한, 다수의 조사구에서 물갸나무가 이입되어 세력을 확장하는 모습이 확인되었다. 물갸나무는 그 확산 속도가 빨라 쉽게 상층을 점유하고 이에 따라 다른 수목의 생장을 저해하는 것으로 알려져 있다. 하지만 물갸나무와 유전적으로 유사한 물오리나무는 속성수(速成樹)이며 선구성 교목으로, 수명이 매우 짧은 편에 속하기도 한다(Kim, 2013). 그러나 현재 심원계곡 생태경관 복원공사지역에서는 물갸나무의 분포와 확산성에 대해 명확히 조사된 바 없으므로, 향후 식물군집구조 분석 결과를 바탕으로 물갸나무에 대한 관리 방안을 도출하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

식생 복원은 장기간의 시간이 필요한 과정이다. 이와 같은 심원계곡 생태경관 복원공사지역의 4년간 변화를 분석한 결과로 장기간의 변화를 예측하거나 복원지역의 관리방안을 명확히 제시하기는 쉽지 않다. 그래서 심원계곡 생태경관 복원공사지역에 대한 장기간의 지속적인 체계적인 모니터링 수행이 필요하고, 모니터링 결과에 따른 사후 관리를 시행하여 성공적인 복원이 이루어질 수 있도록 해야 한다. 또한, 복원공사지역에 시범적으로 설치한 미식재 조사구는 국외에서 주로 논의되고 있는 능동복원과 수동복원을 비교하는 연구가 가능한 대상지이다. 현재 미식재 조사구는 식생 천이과정이 빠르게 일어나고 있고, 이를 장기 모니터링 한다면 훼손지 복원 시 수목 식재 방법에 대한 대안을 제시할 수 있을 것이다.

REFERENCES

Brancalion, P.H., D. Schweizer, U. Gaudare, J.R. Manguera, F. Lamonato, F.T. Farah and R.R. Rodrigues(2016) Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active

restoration in agricultural landscapes: The case of Brazil. *Biotropica* 48(6): 856-867.

Cho, J.J.(2007) A Study on the remodeling models for the collective facilities area of National Park, Korea. Master's thesis, Hanyang Univ., 97pp. (in Korean with English abstract)

Cole, D.N.(1991) Changes on trails in the selway-bitterroot wilderness, Montana, 1978-89. US Department of Agriculture, Forest Service Intermountain Research Station, 450pp.

Hagen, D. and M. Evju(2013) Using short-term monitoring data to achieve goals in a large-scale restoration. *Ecology and Society* 18(3): 29.

Hobbs, R.J. and V.A. Cramer(2008) Restoration ecology: Interventionist approaches for restoring and maintaining ecosystem function in the face of rapid environmental change. *Annual Review of Environment And Resources* 33: 39-61.

Jeong, S.J., K.K. Oh and J.G. Oh(2001) A Study on Restoration Measures of Vegetation for Devastated Ridge Line Area in National Park, Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 15(1): 69-78. (in Korean with English abstract)

Jo, D.G.(2011) Theory of Ecological Restoration Plan and Design. NEXUS Institute of Environment Design, 724pp. (in Korean)

Jo, Y.H., J.H. Kim and S.H. Park(2016) Grasses and Sedges in South Korea. *Geobook*, 528pp. (in Korean)

Kim, J.S. and T.Y. Kim(2013) Woody Plants of Korean Peninsula. *Dolbegae, Pahu*, 689pp. (in Korean)

Kim, J.W.(2013) Korea Plant Ecology Guide. *Nature and Ecology*, 1200pp. (in Korean)

Korea National Park Research Institute(2019a) 2019 National Park Ecosystem Service Valuation Study. Korea National Park Research Institute, Wonju, 352pp. (in Korean)

Korea National Park Research Institute(2019b) Development of Restoration Evaluation System of National Park Damaged Area. Korea National Park Research Institute, Wonju, 184pp. (in Korean)

Korea National Park Service(2017) Research for preliminary monitoring of damaged areas in Simwon Village, Jirisan National Park. Korea National Park Service, 80pp. (in Korean)

Korea National Park Service(2018) Monitoring of Simwon Valley Ecological Restoration Project, Jirisan National Park. Korea National Park Service, 80pp. (in Korean)

Korea National Park Service(2019) Monitoring of Simwon Valley Ecological Restoration Project, Jirisan National Park. Korea National Park Service, 84pp. (in Korean)

Korea National Park Service(2020) Monitoring of Simwon Valley Ecological Restoration Project, Jirisan National Park. Korea National Park Service, 75pp. (in Korean)

Lee, C.B.(2003a) The Korean Plant Showcase I. Kang Moon-sa, 914pp. (in Korean)

- Lee, C.B.(2003b) The Korean Plant Showcase II. Kang Moon-sa, 910pp. (in Korean)
- McIver, J. and L. Starr(2001) Restoration of degraded lands in the interior Columbia River basin: Passive vs. active approaches. *Forest Ecology and Management* 153(1-3): 15-28.
- Pain, R.(2012) The effect of active and passive restoration strategies on the species composition of a hardwood forest. *Biology*, St. Olaf College.
- Park, J.G., R.H. Lim and B.H. Koo(2002) Systematic Management Plan for Professional National Park Improvement of Present Conditions. *Journal of Leisure and Recreation Studies* 22: 141-152. (in Korean with English abstract)
- Prach, K. and R. Del Moral(2015) Passive restoration is often quite effective: Response to Zahawi *et al.*(2014). *Restoration Ecology* 23(4): 344-346.
- SER(2002) *Restoration & Management Notes*. 20(2): 81-158.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1963) *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana, 117pp.
- Shin, H.T., K.K. Oh, S.G. Park, M.H. Yi, J.W. Yoon and J.W. Sung(2013) Change Vegetation After Restoration of Campsite Nogodan in Chirisan National Park. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation* 17(2): 1-14. (in Korean with English abstract)
- Trujillo-Miranda, A.L., T. Toledo-Aceves, F. López-Barrera and P. Gerez-Fernández(2018) Active versus passive restoration: Recovery of cloud forest structure, diversity and soil condition in abandoned pastures. *Ecological Engineering* 117: 50-61.
- Walter, H., E. Harnickell and D. Mueller-Dombois(1975) *Climate Diagram Maps*. Springer, New York, 36pp.
- Zahawi, R.A., J.L. Reid and K.D. Holl(2014) Hidden costs of passive restoration. *Restoration Ecology* 22(3): 284-287.