

인공식재에 의해 교란된 산림의 식생구조 및 생태적 복원기법

배병호 · 윤용한¹⁾ · 김정호^{1)*}

건국대학교 원예학과, ¹⁾건국대학교 산림과학과
(2011년 3월 1일 접수; 2011년 3월 30일 수정; 2011년 4월 20일 채택)

Vegetation Structure and Ecological Restoration of Disturbed Forest due to Artificial Plant

Byung-Ho Bae, Yong-Han Yoon¹⁾, Jeong-Ho Kim^{1)*}

Department of Horticulture, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

¹⁾Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

(Manuscript received 1 March, 2011; revised 30 March, 2011; accepted 20 April, 2011)

Abstract

The purpose of this study is to investigate the vegetation structure and ecological restoration of disturbed forest due to artificial plant. To this end, 12 plots were set up and surveyed. The result analyzed considering mean importance percentage(M.I.P) showed that the types were divided into three groups which are artificial planted forest type(three plots), natural forest-artificial planted forest type(four plots), natural forest type(five plots). Dominant proportion of artificial planted species were as follows: artificial planted forest type was over 60%, natural forest-artificial planted forest types were 14~49%. The range of Shannon's index of all associations was from 0.7131 to 0.7771(natural forest-artificial planted forest > natural forest > artificial planted forest). Also we suggested restoration method of vegetation for ecological value as follow: Control of density considering step and Remove of *Pinus koraiensis* seedlings of understory layer and shrub layer.

Key Words : Mean Importance Percentage, Diversity, Density, Ecological value

1. 서론

우리나라의 산림면적은 한반도 전체면적의 71%, 남한면적의 63.9%에 이르고 있다(산림청, 2009). 산림은 목재 생산 등의 경제적 기능뿐만 아니라 국토보전, 수자원함양, 야생동물 서식처, 산소공급 등의 환경적 기능과 문화예술적 기능을 형성하여 우리 생활에 큰 영향을 미치는 자연요소로 평가되고 있다. 그러나 이러한 산림은 일제강점기와 한국전쟁을 거치면서 많

이 훼손되었다. 1960년대 초반까지 연간 1천만 m³(총 임목축적의 17%) 내외의 목재가 가정용 연료재로 소비되어(배와 이, 2006) 황폐되었으며 이를 빠른 시일 내에 녹화하기 위해 속성수 위주의 경제림 조림정책이 추진되었다. 1960년부터 2004년까지 조림면적은 181만 ha이며, 조림수종별로는 잣나무가 약 34만 ha로 전체 조림면적의 19%를 차지하고 있었다. 이렇게 많이 식재된 잣나무는 기존 자생식생군락의 면적감소뿐만 아니라 다른 자생군락내에서 종자발아로 인해 자생군락내 치수형태로 다수 발생하여 양호한 숲 생태계를 훼손시키고 있다.

산림내 생물종다양성은 식물군집의 안정성과 성숙도의 측도이며, 생태적 천이가 진행할수록 증가하는

*Corresponding author : Jeong-Ho Kim, Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea
Phone: +82-43-840-3538
E-mail: hoyal209@chol.com

데(Odum, 1969; Lucks, 1970; Bazzaz, 1975), 수목마다 광합성을 위한 광선요구량이 다르므로 생태적 천이 중간단계에 이르면 자연식생에서는 수직적 층위구조가 발달하여 군락을 이루게 되는데(문, 2005; 이 등, 1995), 인공식재림은 자연경관의 이질감뿐만 아니라 단일종으로 구성된 단층식생구조의 침엽수림은 낮은 광투과율과 타감작용으로 생물종다양성이 낮아지는 등의 문제점이 지적되고 있으나(이 등, 2009), 잣나무 조림지가 증가함에 따라 잣나무 인공림의 환경적, 생태적 가치도 매우 높게 평가되고 있으며(임, 1989) 또한 잣나무 인공림에 대한 생태적 관리방안이 모색되고 있는 가운데 천연림에 대한 식생구조 및 생태적 특성에 대한 연구가 요구되고 있다.

산림지역을 대상으로 식생의 생태적 특성을 파악하여 훼손된 생태계 구조의 복원 및 개선방안을 제시한 연구로는 남산을 대상으로 연구한 이(1986)는 식생구조의 특성 및 복원방향을 제시하였고, 오와 이(1993)는 서울시 안산의 도시자연공원을 대상으로 인공림과 자연림의 식생구조 분석을 제시하여 도시녹지의 생태적 관리방향을 제시하였다. 이후 조와 이(1993), 양과 김(2002), 배와 이(1999)에 의해 식생구조의 생태적 특성분석에 대한 연구가 지속적으로 이루어졌다. 그러나 본 연구대상지와 같은 자연성이 양호한 지역내 잣나무 등에 의한 훼손된 식생구조의 특성 및 밀도조절 등에 의한 생태적 관리방안을 제시한 논문은 매우 부족하였다.

본 연구대상지가 속한 양평군 중미산 일원은 신갈나무, 굴참나무 등의 참나무류와 낙엽활엽수가 우점하는 지역이지만, 지속적 조림정책에 의해 잣나무, 일본잎갈나무 등의 인공림의 식재면적도 비교적 넓게 분포하고 있다. 잣나무식재림은 단층구조의 식생구조, 이질적 경관 등의 문제점뿐만 아니라 주변 자연림 내에서도 치수가 발생하여 관목층 및 아교목층을 형성하여 자생식물군락의 교란을 야기하고 있다.

이에 본 연구에서는 잣나무 등 인공식재수종이 우점하는 군락과 자연림 중 인공식재종이 유입되어 생태적 교란이 예상되는 군락을 대상으로 조사구를 설정하고 이를 유형화하여 유형별 식생구조 및 생태적 복원을 위한 관리기법을 제안하여 중부지방 산림식생의 생태적 관리의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시기 및 범위

경기도 양평군 중미산 일원의 식생군락의 생태적 구조 및 생태적 관리방안 마련을 위해 2010년 7월~11월에 예비조사 및 본조사를 실시하였다. 조사대상지는 현존식생 및 임상도를 참조로 자연식생 우점, 자연식생과 인공식생 혼효, 인공식생 우점 등을 고려하여 조사구를 배치하였으며, 전체 대상면적을 고려하여 총 설치된 조사구는 12개소이고(Fig. 1), 각 조사구의 크기는 10 m×10 m(100 m²) 크기로 설정하여 식생 조사를 실시하였다.

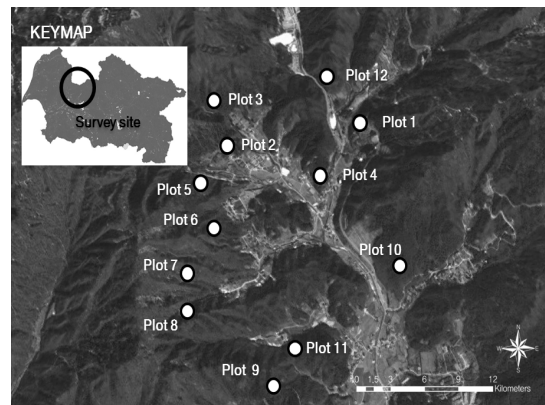


Fig. 1. Location map of survey plots in Mt. Jungmi.

2.2. 조사분석 방법

대상지의 식생특성을 밝히기 위하여 설정된 조사구의 식생조사는 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어 계층별로 조사를 실시하였으며, 상층수관을 이루는 수목을 교목층으로, 수고 2 m 이하의 수목을 관목층으로, 기타 수목을 아교목층으로 구분하여 식생구조 및 특징을 파악하기 위하여 각 Factor를 조사하고 식생의 유형을 구분하여 분석하였다. 각 조사지의 일반적 개황으로는 지형적 위치, 고도, 경사도, 율폐도, 수고 등을 조사하였다.

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis와 McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower와 Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage; I.P.)

는 (상대밀도+상대피도+상대빈도수)/3로 계산하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.× 3 + 아교목층 I.P. × 2 + 관목층 I.P. × 1)/6로 평균상대우점치(Mean Importansce Percentage; M.I.P)를 구하였다. 평균상대우점치를 고려하여 식생유형을 구분하였으며, Pielou(1975)의 수식을 이용하여 Shannon의 종다양도(H'), 개체수 및 출현종수를 구하였다. 아울러 조사구별 표본목을 선정하여 수령을 측정하였고, 토양특성으로는 pH(H₂O)와 EC를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 조사지 개황

연구대상지가 속한 양평군은 경기도 동부 내륙지방에 있어 겨울과 여름의 기온 차가 매우 심하며, 최근 30년간(1971년~2000년) 월별 기상현황을 살펴보면, 연평균기온 10.8℃, 최고기온은 30.2℃, 최저기온은 -10.6℃이었고, 평균기온 25.4℃(평년값 기준)보다 2010년 8월기준으로 1.6℃ 높은 27.1℃로 관측되었으며, 일교차는 6.7℃, 상대습도는 평년 80.0%에 비해 2.4% 높은 82.4%로 나타났으며, 연평균강수량은 1,300.7 mm로 우리나라 온대중부지방 평균강수량과 유사하였고, 7~8월 강수량이 전체의 50%에 해당하며, 평균풍속은 1.2 m/s으로 여름집중형의 강우패턴을 보이고 있다.

연구대상지내에 설정된 조사구를 중심으로 일반적 개황을 나타낸 것이 Table 1이다. 조사지는 해발 310~440 m에 설정하였으며, 사면향은 주로 동향과 남동향

이 주를 이루고 있었고, 경사도는 10°~25°사이에 분포하였다. 교목층의 수고는 11~15 m, 아교목층의 수고는 6~8 m이었다. 조사구별 교목층의 평균흉고직경은 20~30 cm 범위이었고, 아교목층의 평균흉고직경은 8~12 cm 범위이었다.

3.2. 군락유형 구분

군락유형분류는 조사구별로 출현하는 주요 우점종의 평균상대우점치를 고려하여 3개 유형으로 구분하였다(Fig. 2). 유형구분은 수종의 평균상대우점치(M.I.P) 비율 30% 기준(한 등 2004)과 잣나무 등 인공식재림의 평균상대우점치의 비율을 고려하여 유형화하였다. 즉, 군락유형 I은 인공식재종이 우점하는 유형으로서, 잣나무와 리기다소나무 등 인공식재종의 평균상대우점치가 35% 이상인 조사구를, 군락유형 II는 자생종이 우점하면서 인공식재종의 평균상대우점치가 10~30%인 조사구를, 마지막으로 군락유형 III은 평균상대우점치는 자생종의 우점치가 높고 잣나무 등의 인공식재종의 평균상대우점치가 10% 이하인 조사구를 설정하였다.

군락유형 I(인공식재종 우점유형)은 교목층에 잣나무가 우점하는 조사구 2(M.I.P 36.52%), 12(M.I.P 54.91%)와 리기다소나무가 우점하는 조사구 10(M.I.P 51.55%)이 포함되었다. 군락유형 II는 교목층에서 자생종과 인공식재종인 잣나무가 우점하는 유형으로서 조사구 1, 3, 4, 5로 총 4개 조사구가 구분되었다. 마지막으로 교목층에서 자생종인 굴참나무, 신갈나무 등이 출현하면서 아교목층과 관목층을 중심으로 잣나무 등 인공식재종이 다수 출현하는 유형 III은 자생종 우

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the study plots

Community	Plot number	I			II				III				
		2	10	12	1	3	4	5	6	7	8	9	11
Altitude(m)		440	310	340	440	310	340	440	310	340	440	310	340
Slope(°)		16	10	10	15	15	10	20	20	25	16	20	18
Canopy	Height(m)	12	11	14	12	12	11	12	15	14	14	15	15
	Mean DBH(cm)	25	20	20	30	25	22	20	25	25	25	25	25
	Cover(%)	80	70	80	70	70	70	70	70	70	80	70	70
Understory	Height(m)	6	7	8	6	7	6	8	6	7	7	8	7
	Mean DBH(cm)	10	12	10	10	8	12	8	12	12	10	12	12
	Cover(%)	10	20	10	30	30	30	30	20	20	30	20	5
Shrub	Height(m)	2.0	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0
	Cover(%)	15	10	10	20	10	10	20	10	10	20	10	5

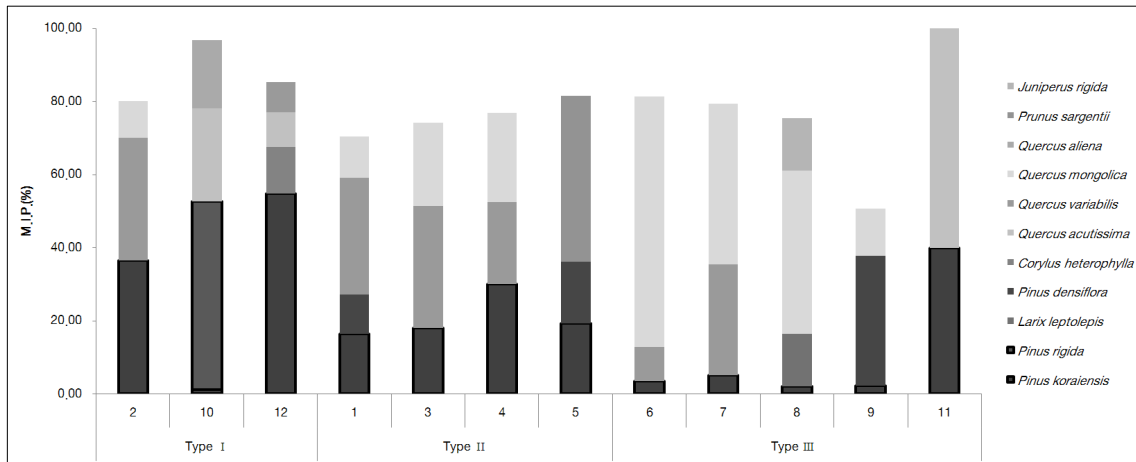


Fig. 2. Mean importance percentage of major woody species in twelve plots.

접 유형으로, 조사구 6, 7, 8, 9, 11 등 총 5개 조사구가 포함되었다.

3.3. 상대우점치

3.3.1. 군락유형 I (인공식재종 우점 유형)

군락유형 I 은 인공식재종 우점유형으로, 조사구 2, 10, 12 등 총 3개 조사구가 해당되었으며, 조사구별 상대우점치를 층위별로 살펴보면(Table 2), 조사구 2 는 교목층에서 잣나무(I.P 62.12%)가 우점하면서 굴참나무(I.P 24.13%)와 신갈나무(I.P 13.75%)가 동반 출현하였고, 아교목층에서는 굴참나무(I.P 29.17%)와 산벚나무(I.P 37.32%)가 우점하면서 잣나무(I.P 16.39%)와 신갈나무의 출현빈도가 높았다. 관목층에서는 굴참나무(I.P 71.16%)와 관목성상인 고추나무가 주요 출현 수종이었다. 조사구 10은 리기다소나무가 우점하는 인공식재종 우점 유형으로, 교목층과 아교목층에서 리기다소나무의 상대우점치가 각각 60.09%, 64.52%으로 우점도가 높았으며, 교목층에서는 갈참나무(I.P 19.61%), 아교목층에서는 상수리나무(I.P 35.49%)가 주요 동반 출현종이었다. 관목층에서는 상수리나무(I.P 49.78%)와 갈참나무의 출현빈도가 높은 상태이었다. 인공식재유형으로 구분된 3개 조사구 중 조사구 12는 교목층에서 잣나무만 출현하면서 아교목층과 관목층을 중심으로 상수리나무, 굴참나무 등 참나무류가 다수

출현하였고, 조사구 2와 조사구 10은 교목층에서 잣나무가 우점하면서 굴참나무, 갈참나무 등의 참나무류가 일부 출현하고 있어 전체적으로 천이가 진행될 수 있는 상황으로 교목층 수종의 밀도조절이 일부 이루어진다면 교목층과 아교목층에서 출현하는 자생 참나무류가 우점하는 군집으로 변할 것으로 예측되었다.

Table 2. Importance percentage of woody species by the layer in type I

Plots	Species	Layer			
		C ¹	U	S	M
2	<i>Pinus koraiensis</i>	62.12	16.39	0.00	36.52
	<i>Quercus variabilis</i>	24.13	29.17	71.16	33.65
	<i>Quercus mongolica</i>	13.75	9.46	0.00	10.03
	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	37.32	0.00	12.44
	<i>Staphylea bumalda</i>	0.00	7.68	28.85	7.37
10	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	0.00	7.19	1.20
	<i>Pinus rigida</i>	60.09	64.52	0.00	51.55
	<i>Pinus densiflora</i>	9.79	0.00	0.00	4.90
	<i>Juniperus rigida</i>	0.00	0.00	7.19	1.20
	<i>Quercus acutissima</i>	10.51	35.49	49.78	25.38
12	<i>Quercus aliena</i>	19.61	0.00	14.25	12.18
	<i>Pinus koraiensis</i>	100.00	14.72	0.00	54.91
	<i>Corylus heterophylla</i>	0.00	5.30	65.00	12.60
	<i>Quercus acutissima</i>	0.00	28.85	0.00	9.62
	<i>Quercus variabilis</i>	0.00	24.78	0.00	8.26
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	5.83	0.00	1.94
	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	9.70	0.00	3.23
	<i>Styrax obassia</i>	0.00	10.84	0.00	3.61

¹ C: Importance percentage in Canopy layer U: Importance percentage in Understory layer, S: Importance percentage in Shrub layer, M: Mean importance percentage

3.3.2. 군락유형 II(인공식재종-자생종 혼효 유형)

군락유형 II는 인공식재종-자생종 혼효 유형으로, 인공식재종과 자생종이 경쟁하는 구조의 군락유형으로서 조사구별 상대우점치를 층위별로 살펴보면 (Table 3), 향후 자생종으로 천이가 유도될 것이다. 본 유형에는 총 4개 조사구가 해당되었으며 이중 조사구 1은 교목층에서 굴참나무(I.P 39.39%)가 우점하면서 잣나무(I.P 24.95%)와 소나무(I.P 21.76%)가 출현하고 있었으며, 아교목층에서는 굴참나무(I.P 36.63%)와 신갈나무(I.P 24.67%)의 우점치가 높았다. 관목층에서는 잣나무 치수가 발생하여 상대우점치 23.30%로 우점하면서 생강나무의 출현빈도도 높은 상태이었다. 조사구 3은 교목층에서 굴참나무(I.P 52.46%)와 잣나무(I.P 35.99%)가 경쟁상태이었으며 아교목층에서는 잣나무의 출현은 없었으며, 관목층에서는 신갈나무, 생강나무, 개웃나무의 우점도가 높았다. 조사구 4는 잣나무(I.P 49.22%)의 우점도가 높은 가운데 굴참나무(I.P 34.01%)와 신갈나무(I.P 13.89%)의 출현빈도가 높았으며, 아교목층에서도 잣나무(I.P 44.15%)의 우점도가 높았고, 갈참나무(I.P 20.24%)와 신갈나

무(I.P 35.61%)가 다수 출현하고 있었다. 조사구 5는 교목층에서 소나무(I.P 33.76%)가 다소 우점하면서 산벚나무(I.P 24.17%), 상수리나무(I.P 16.92%), 잣나무(I.P 14.61%) 등이 동반 출현하여 경쟁상태이었다. 아교목층에서는 산벚나무(I.P 100.00%) 1종만 출현하고 있었고, 관목층에는 출현수종이 없었는데, 이는 인위적 관리 때문으로 판단되었다.

3.3.3. 군락유형 III(자생종 우점 유형)

자생종이 우점하는 군락유형 III은 총 5개 조사구가 해당되었으며, 아교목층을 중심으로 인위적으로 식재한 잣나무와 자연발생적으로 잣나무가 출현하고 있는 것이 특징이다. 일반적으로 잣나무는 우리나라에서는 설악산 등 일부 고산지대에서만 자생 분포하므로(이와 황, 2000) 본 연구대상지와 같은 중부지역내에서 출현하는 잣나무는 자생수종이라 할 수 없다. 즉 인간에 의해 식재되어 유입된 관리대상종으로서 양호한 자연식생구조를 훼손하는 대표적 종으로 이해해야 한다.

조사구별 자생종 우점 유형의 층위별 상대우점치

Table 3. Importance percentage of woody species by the layer in type II

Plots	Species	Layer			
		C ¹	U	S	M
1	<i>Pinus koraiensis</i>	24.95	0.00	23.30	16.36
	<i>Pinus densiflora</i>	21.76	0.00	0.00	10.88
	<i>Quercus variabilis</i>	39.39	36.63	0.00	31.91
	<i>Quercus mongolica</i>	6.10	24.67	0.00	11.27
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	21.59	3.60
3	<i>Pinus koraiensis</i>	35.99	0.00	0.00	18.00
	<i>Quercus variabilis</i>	52.46	21.56	0.00	33.42
	<i>Quercus mongolica</i>	11.55	39.05	25.00	22.73
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	25.00	5.79
	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	15.79	25.00	9.20
4	<i>Pinus koraiensis</i>	49.22	44.15	0.00	39.33
	<i>Juniperus rigida</i>	0.00	0.00	33.33	5.56
	<i>Quercus variabilis</i>	34.01	0.00	33.33	22.56
	<i>Quercus aliena</i>	2.87	20.24	0.00	8.18
	<i>Quercus mongolica</i>	13.89	35.61	33.33	24.37
5	<i>Pinus koraiensis</i>	14.61	0.00	0.00	7.31
	<i>Pinus densiflora</i>	33.76	0.00	0.00	16.88
	<i>Quercus acutissima</i>	16.92	0.00	0.00	8.46
	<i>Quercus variabilis</i>	10.56	0.00	0.00	5.28
	<i>Prunus sargentii</i>	24.17	100.00	0.00	45.42

¹ C: Importance percentage in Canopy layer U: Importance percentage in Understory layer, S: Importance percentage in Shurb layer, M: Mean importance percentage

Table 4. Importance percentage of woody species by the layer in type III

Plots	Species	Layer			
		C ¹	U	S	M
6	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	10.66	0.00	3.55
	<i>Quercus variabilis</i>	8.67	14.29	0.00	9.36
	<i>Quercus mongolica</i>	81.44	71.43	17.94	68.47
	<i>Prunus sargentii</i>	9.90	0.00	0.00	4.95
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.00	16.35	2.73
7	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	10.31	0.00	3.44
	<i>Quercus variabilis</i>	26.09	33.33	23.48	28.07
	<i>Quercus mongolica</i>	63.61	43.03	21.97	49.81
	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	13.33	0.00	9.59
	<i>Juniperus rigida</i>	0.00	0.00	17.42	2.90
8	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	0.00	12.41	2.07
	<i>Quercus mongolica</i>	84.34	0.00	15.04	44.68
	<i>Juniperus rigida</i>	0.00	57.00	17.67	21.95
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	12.41	2.07
	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.00	12.41	2.07
9	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	100.00	0.00	33.33
	<i>Pinus densiflora</i>	71.13	0.00	0.00	35.57
	<i>Quercus variabilis</i>	15.40	0.00	0.00	7.70
	<i>Quercus mongolica</i>	13.47	0.00	50.00	15.07
	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.00	50.00	8.33
11	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	100.00	0.00	40.00
	<i>Quercus acutissima</i>	100.00	0.00	0.00	60.00

¹ C: Importance percentage in Canopy layer U: Importance percentage in Understory layer, S: Importance percentage in Shurb layer, M: Mean importance percentage

를 살펴보면(Table 4), 조사구 6은 교목층에서 신갈나무(I.P 81.44%)가 우점하면서 굴참나무와 산벚나무가 출현하였고, 아교목층에서는 신갈나무(I.P 71.43%)의 출현빈도가 높으면서 굴참나무(I.P 14.29%)와 잣나무(I.P 10.66%)가 동반출현하고 있었다. 관목층에서는 신갈나무와 물푸레나무가 주요 출현수종이었다. 조사구 7은 교목층에서 신갈나무(I.P 63.61%)와 굴참나무(I.P 26.09%)가 출현하고 있었고, 아교목층에서는 신갈나무(I.P 43.03%)가 다소 우점하면서 굴참나무(I.P 33.33%)와 잣나무(I.P 10.31%) 등이 주요 출현수종이었다. 조사구 8은 교목층에서는 신갈나무(I.P 84.34%), 아교목층에서는 노간주나무(I.P 57.00%)의 우점도가 높았고, 관목층에서는 다양한 종들이 고르게 출현하고 있었는데, 이중 천이초기식물인 노간주나무와 주변 인공식재한 잣나무로부터 종자가 유입되어 자연발생한 잣나무(I.P 12.41%)의 출현빈도가 다소 높았다. 조사구 9는 교목층에서는 소나무(I.P 71.13%)가 우점하면서 굴참나무와 신갈나무의 출현빈도가 높았고, 아교목층에서는 잣나무(I.P 100.00%)가 우점하고 있었다.

이상 자생종 우점 유형의 조사구별 상대우점치 분석결과, 교목층에서는 자생종인 신갈나무, 굴참나무, 소나무 등이 우점하고 있었고, 아교목층과 관목층을 중심으로 잣나무가 다수 출현하고 있어 자연성이 다

소 낮아진 상태이었다. 향후 잣나무의 생태적 관리를 통해 자연성과 다양성이 높은 식생구조가 될 수 있도록 유도해야 할 것으로 판단된다.

3.4. 종다양도

식생의 종다양도는 구성수종의 수와 개체수를 기준으로 산출되므로 산림의 수종구성 상태가 얼마나 다양한가에 대한 객관적인 척도를 제공하며, 산림의 안정상태평가에 매우 효과적으로 활용가능하다(양과 김, 2002). 3개 유형으로 구분된 12개 군락의 종다양도 지수를 살펴보면(Fig. 3), 0.2966~1.0566으로 다양하게 분포하고 있었고, 유형별 평균 종다양도지수는 자생종-인공식재종 혼효 유형이 0.7771로 가장 높았고, 자생종 우점유형(최근 숲가꾸기 사업에 의한 조사구 11 제외) 0.7387, 인공식재종 우점유형 0.7131이었다. 조사구별로는 조사구 1이 1.0566으로 가장 높았고, 최근 숲가꾸기 사업에 의해 관목층이 모두 훼손된 조사구 11이 0.2966으로 가장 낮게 나타났다. 이는 축적산 자연휴양림내 산림을 대상으로 연구한 이(2006)의 연구결과인 경쟁종인 자연림, 자연림, 인공림 순으로 종다양도 지수가 나타난다는 경향과 유사하였다.

3.5. 개체수 및 출현종수

3개 유형 12개 조사구를 대상으로 단위면적(100 m²)당 평균출현개체수 및 출현종수 분석을 층위별로

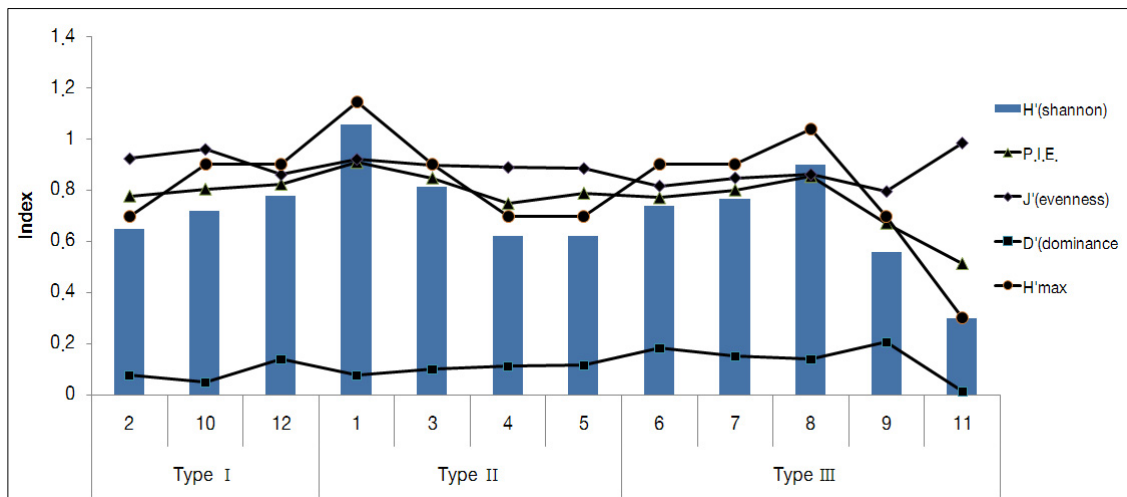


Fig. 3. Various diversity indices analysis in three types(12 plots).

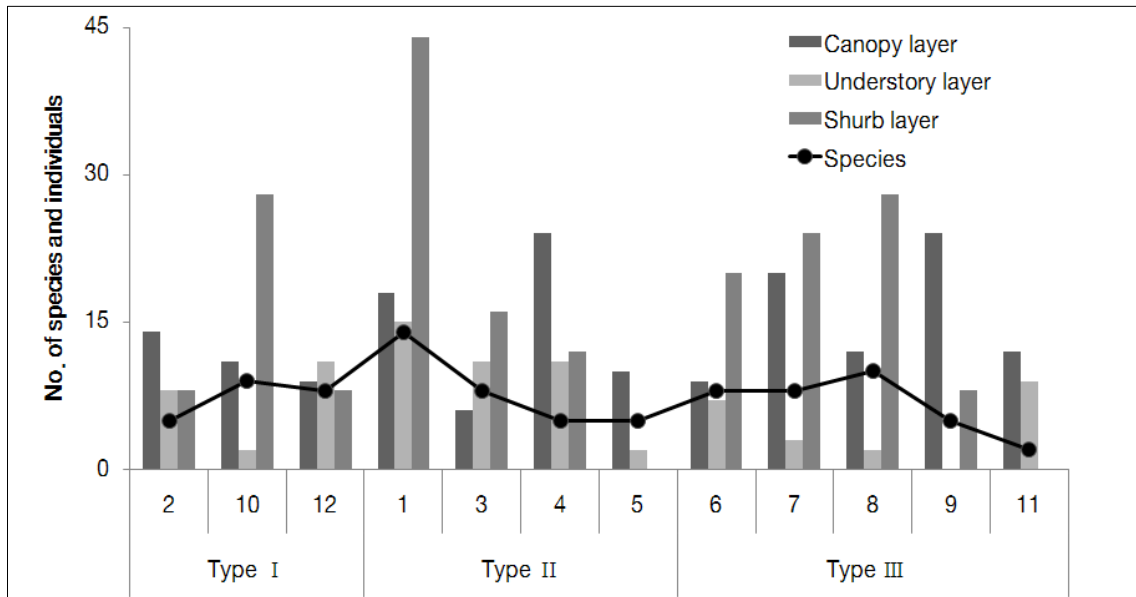


Fig. 4. Descriptive analysis of the number of species and population in three types(12 plots).

실시하였다(Fig. 4). 평균출현개체수의 경우 교목층 6~24개체, 아교목층 0~15개체, 관목층 0~44개체 이었고, 출현종수는 2~14종이었다. 유형별로 살펴보면, 인공식재종 우점 유형의 출현개체수는 교목층 9~14개체, 아교목층 2~11개체, 관목층 8~28개체이었고, 출현종수는 5~9종이었다. 자생종-인공식재종 우점 유형의 출현개체수는 교목층 6~24개체, 아교목층 2~15개체, 관목층 0~44개체이었고, 출현종수는 5~14종이었다. 자생종 우점 유형의 출현개체수는 교목층 9~24개체, 관목층 0~9개체, 관목층 0~28개체이었고, 출현종수는 2~10종이었다.

3.6. 수령

수령측정을 위하여 조사구별 교목층 우점수종중 평균 흉고직경급에 해당하는 표본목을 선정하였다. 12개 조사구의 수령은 평균 25.75년생이었고, 잣나무의 수령은 24~26년생(평균 25년생)이었고, 신갈나무의 수령은 20~26년생(최빈값 26년생)이었다. 수령분 석결과 인공식재종인 잣나무, 리기다소나무 등을 식재시 신갈나무, 굴참나무 등의 자생수종들이 유입된 것으로 판단되었다. 즉 인공식재후 관리가 이루어지지 않아 천이가 진행되고 있는 것으로 판단되었다. 일

부 교목층 수종의 밀도조절, 하층식생에서 출현하는 외래종 치수 등의 관리가 이루어진다면 건전한 천이 진행이 이루어질 것으로 판단되었다.

3.7. 토양특성

토양특성을 분석하기 위해 pH와 EC를 측정하였다. 그 결과를 보면(Table 5), 조사구별 pH는 3.54~4.87로 분포하고 있었고, EC는 0.35~1.13 dS/m으로 나타나 토양화학성 평가등급(한국조경학회, 2007) 기준으

Table 5. Soil properties of three types(twelve plots)

Type	Plots	pH	EC(dS/m)
I	2	3.78	0.89
	10	3.91	1.03
	12	3.81	0.54
II	1	3.54	1.40
	3	4.00	0.68
	4	3.89	1.13
	5	3.92	0.62
III	6	4.31	0.99
	7	4.15	0.98
	8	4.87	0.35
	9	3.89	0.76
	11	4.08	0.63

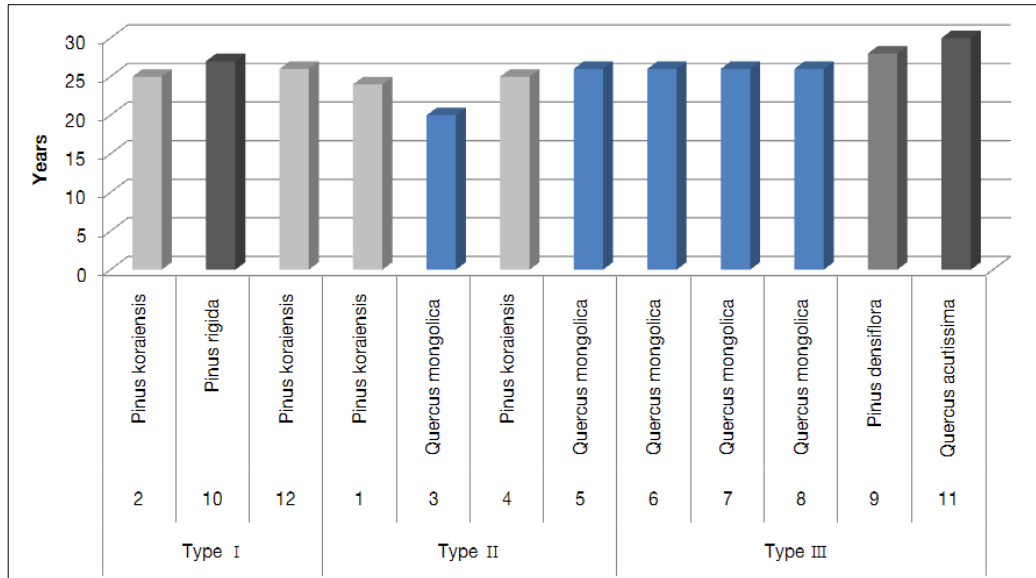


Fig. 5. Edimated age of major species in three types.

로 상급에 해당하였으며, pH는 약산성으로 나타났다. 유형별로 살펴보면 인공식재종 우점 유형은 pH 3.78 ~ 3.91, EC 0.54 ~ 1.03 dS/m, 자생종-인공식재종 혼효 유형은 pH 3.54 ~ 4.00, EC 0.62 ~ 1.40 dS/m, 자생종 우점 유형은 pH 3.89 ~ 4.87, EC 0.35 ~ 0.99 dS/m이었다.

3.8. 생태적 가치증진을 위한 식생관리기법

인공림의 생태적 천이가 진행되는 생육밀도는 63 ~ 70%(한과 이, 2001)이고, 외래종에 의한 자연림훼손

의 생태적 관리 및 복원을 위해 3단계 밀도 조절과 간벌밀도 30 ~ 60%를 제안한 이 등(2009)의 연구결과를 토대로 본 연구에서는 인공식재종 우점 유형은 이 등(2009)이 제안한 목표 제거밀도를 고려하여 1 ~ 2단계 밀도조절을 통한 천이유도를 제안하였다. 목표 제거 밀도는 교목층의 인공식재종을 대상으로 설정하였으며, 아교목층과 관목층에 출현하는 식물종은 제거를 원칙으로 하였다.

인공식재종이 우점하는 군락유형 I은 교목층 인공식재림의 밀도가 높아 하층의 광량 부족으로 낮은

Table 6. Vegetation Structure and Ecological management by types

Type	Vegetation Structure	Target density for remove(%)			Ecological management
		step 1	step 2	step 3	
I	<ul style="list-style-type: none"> • Dominance species in canopy : <i>Pinus koraiensis</i>, <i>Pinus rigida</i> • Dominance of artificial planted species : over 60% • Low diversity 	45~60	20	10	<ul style="list-style-type: none"> • Control the density of <i>Pinus koraiensis</i> in canopy • Induce of succession for density control(step 1, 2) • Induce of <i>Quercus</i> spp. restoration in understory and shrub
II	<ul style="list-style-type: none"> • Competition between <i>Quercus</i> and <i>Pinus koraiensis</i> • Dominance of artificial planted species : about 30% 	20	10	-	<ul style="list-style-type: none"> • Induce of <i>Quercus</i> spp. restoration in understory and shrub • Induce of succession for density control(step 1)
III	<ul style="list-style-type: none"> • Dominance species in canopy : <i>Pinus densiflora</i>, <i>Quercus mongolica</i> etc. • Planted of <i>Pinus koraiensis</i> in understory • Appearance of <i>Pinus koraiensis</i> in shrub 	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Remove <i>Pinus koraiensis</i> in understory and shrub

종다양도를 형성하고 있으므로 잣나무, 리기다소나무 등 인공식재수종의 50%수준으로 제거하여 숲내부 광량증대를 통해 자생수종의 세력확대 및 아교목층과 관목층의 자생식물 복원을 유도하고자 하였다.

자생종과 인공식재종이 혼효된 유형인 군락유형 II은 교목층에서 잣나무와 자생수종간의 경쟁이 활발히 진행되고 있으므로 자생수종의 세력확대를 위해 자생종과 경쟁중인 식재종을 우선적으로 제거하고, 생육밀도를 고려하여 천이가 더 촉진될 수 있도록 해야 복원이 가능할 것으로 판단된다. 밀도조절은 1단계의 수준 30%를 제안하였다.

자생종 우점유형(군락유형 III)은 교목층에서는 자생종이 우점하고 있으나, 아교목층과 관목층에 자연발생한 잣나무 치수가 다수 분포하므로 이에 대한 생태적 제거방법을 도입하여 향후 자연성이 건전한 참나무류가 우점하는 식생군락으로 유도될 수 있도록 해야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 인공식재수종에 의한 산림식생의 훼손 실태 및 생태적 복원방안을 제시하고자 하였다. 인공식재수종에 의한 산림식생 훼손유형은 크게 3개 군락유형으로 구분되었으며, 인공식재종 우점유형, 자생종-인공식재종 혼효 유형, 자생종 우점 유형 등이었다.

인공식재종 우점유형(군락유형 I)에는 총 3개의 조사구가 포함되었으며 교목층에서는 잣나무, 리기다소나무의 우점치가 60%이상으로 우점하고 있었고 일부 참나무류가 분포하고 있었다.

자생종-인공식재종 혼효 유형(군락유형 II)은 총 4개 조사구가 포함되었으며, 교목층 잣나무의 상대우점치가 14~49%로 나타나면서 자생종과 경쟁이 활발한 상태이었다.

자생종 우점 유형(군락유형 III)은 총 5개 조사구가 포함되었으며, 교목층에서는 인공식재한 수종의 출현이 없었으나, 아교목층과 관목층에 인위적 식재와 자연발생한 치수들이 출현하고 있었다. 종다양도지수는 군락유형 II(0.7771) > 군락유형 III(0.7387) > 군락유형 I(0.7131)의 순이었다.

생태적 가치증진을 위한 식생복원방안으로 교목층

수종의 밀도조절과 아교목층과 관목층의 잣나무 치수 제거를 제안하였다. 인공식재종 우점 유형은 인공식재종 제거 목표밀도를 1단계 혹은 2단계에 거쳐 시행해야 할 것이며 자생종-인공식재종 혼효 유형은 교목층 인공식재종의 우점치가 14~49%에 이르고 있으므로 자생종과 경쟁중인 인공식재종부터 우선 제거하고, 생육밀도를 고려하여 천이를 촉진할 수 있도록 밀도를 조절해야 할 것이다. 자생종 우점 유형은 아교목층과 관목층의 잣나무 치수를 제거하여 건전한 식생구조로 복원되도록 해야 할 것이다. 유형별 목표 제거 밀도를 단계별로 시행하되 밀도조절후 식생변화 및 잣나무 치수발달 등 모니터링을 병행하여 생태적 관리가 지속적으로 이루어질 수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구는 인공식재에 의한 자연림구조의 훼손실태 및 유형별 생태적 복원방안을 제안한 것이지만, 중부지방 중 특정지역을 대상으로 하여 연구결과의 보편타당성이 다소 미흡하므로 향후 다양한 식생과 다양한 지역을 대상으로 추가 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 건국대학교의 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고 문헌

문석기, 2005, 환경계획학, 1판, 보문당, 100-107.
 배병호, 이호준, 1999, 식생보전을 위한 소나무림의 식물 사회학적 연구, 한국생태학회지, 22(1), 21-29.
 배재수, 이기봉, 2006, 해방 이후 가정용 연료재의 대체가 산림녹화에 미친 영향, 한국임학회지, 95(1), 60-72.
 산림청, 2009, 산림과 임업 동향에 관한 연차보고서.
 양희문, 김지홍, 2002, 생태적인 산림관리를 위한 군집구조적 속성과 활용, 한국임학회지, 91(4), 545-553.
 오충현, 이정재, 1993, 도시녹지의 생태학적 조성 및 관리방안에 관한 연구, 한국조경학회지, 21(2), 125-137.
 이정재, 1986, 남산공원의 자연환경실태 및 보전대책.
 이정재, 한봉호, 김종엽, 노태환, 2009, 국립공원 인공림의 생육밀도 및 천이특성을 고려한 복원관리기법 연구, 정기학술대회논문집, 한국환경생태학회, 19(2), 120-124.
 이호준, 김종홍, 강재구, 전영문, 배병호, 1995, 모후산 삼

- 림식생과 토양환경, 한국생태학회지, 18(3), 367-383.
- 이도형, 황재우, 2000, 팔공산 잣나무 천연림의 입지 및 식생구조에 관한 연구, 자원문제연구논문집, 19(1), 68-76.
- 이태선, 2006, 축령산자연휴양림의 기능향상을 위한 식생관리방안 연구, 석사학위논문, 서울시립대학교.
- 임주훈, 1989, 잣나무 천연임분의 생태적 특성에 관한 연구, 박사학위논문, 고려대학교.
- 조우, 이경재, 1993, 도시림 관리를 통한 식물 종다양성 증진에 관한 연구, 한국조경학회지, 21(2), 107-119.
- 한국조경학회, 2007, 조경설계기준, 문운당.
- 한봉호, 이경재, 2001, 생태적 특성에 따른 산림녹지의 관리 방안-부천시 사례-, 한국조경학회지, 29(1), 51-66.
- 한봉호, 김정호, 배정희, 2004, 제주도 선홍곶 초지지역의 천이경향을 고려한 상록활엽수 복원 연구, 한국환경생태학회지, 18(4), 369-381.
- Bazzaz, F. A., 1975, Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecol.*, 56, 485-488.
- Brower, J. E., Zar, J. H., 1977, Field and laboratory methods for general ecology, Wm. C. Brown Company.
- Curtis, J. T., McIntosh, R. P., 1951, An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, *Ecology*, 32, 476-496.
- Lucks, O. L., 1970, Evolution of Diversity, Efficiency, and Community Stability, *Am. Zool.*, 10, 17-25.
- Odum, E. P., 1969, The Strategy of Ecosystem Development, *Science*, 164, 262-270.
- Pielou, E. C., 1975, Ecological diversity, John Wiley and Sons Inc, New York, 165.