

월악산에 분포하는 소나무(*Pinus densiflora*)림에서의 교란체제와 천이 과정¹

김홍은², 권기철³, 정택상⁴

Disturbance and Regeneration Process of the *Pinus densiflora* Forest in Mt. Worak¹

Hong-Eun Kim², Ki-Cheol Kwon³ and Taek-Sang Jeong⁴

요 약

월악산에 소재하여 있는 소나무림을 대상으로 조사 분석함으로써 소나무림의 숲틈형성과 재생 및 천이에 관하여 다음과 같은 결과를 얻었다. (1) 월악산 소나무림을 이루고 있는 수종들로는 교목층으로 소나무와 굴참나무가 우점하고 있으며, 중층으로는 신갈나무, 졸참나무, 쇠물푸레 등의 수종이 우점하고 있다. (2) 소나무림의 숲틈형성요인으로서 고사목의 고사유형은 입목고사형이 가장 많았다. (3) 흉고직경급별 분포를 분석한 결과 소나무림은 먼저 굴참나무림으로 바뀌다가 다시 신갈나무와 졸참나무로 천이가 진행될 것으로 판단되었다. (4) 소나무 치수는 건조한 지역에서 생성된 숲틈에서만 발견되고 있어 이러한 지역에서만 환경적 극상으로서 소나무림이 유지될 가능성을 보여주고 있었다.

ABSTRACT

Mortality patterns and changes of vegetation in newly formed gaps were investigated to examine the succession process of *Pinus densiflora* forest located at Mt. Worak. The main findings from this study were as follows: (1) The forest was dominated by *P. densiflora* and *Quercus variabilis* in the overstory, while *Q. mongolica*, *Q. serrata* and *Fraxinus sieboldiana* in the mid-story. (2) In all study areas, the standing dead type was the most common factor influencing gap-forming mortality. (3) DBH analysis showed that *Pinus densiflora* community was replaced by *Quercus variabilis* community first, and then by *Quercus mongolica* and *Quercus serrata* community. (4) Seedlings of *P. densiflora* were discovered only at dry sites of the gap.

Key words : *Pinus densiflora*, *Quercus*, regeneration, Mt. Worak, gap

¹ 접수 2000년 8월 27일 Received on August 27, 2000.

² 충북대학교 산림과학부 School of Forest Resources, College of Agriculture, Chungbuk Natl. Univ., Cheongju 360-763, Korea.

³ 서울대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Natl. Univ., Suwon 441-744, Korea.

⁴ 한국교원대학교 종합교육연수원 Training Center for Inservice Education, Korea Natl. Univ. of Education, Cheongju 363-791, Korea.

서 론

산림은 임목을 비롯한 각종 식물과 동물이 상호 유기적으로 관련성을 가지고 생활하고 있는 하나의 모임(complex)이며 생물사회이다. 그 안에는 생물 개체간에 주고 받는 작용과 시간의 경과에 따른 생활장소와의 관계, 그리고 그 변화 등이 있으며, 이에 따라 하나의 생물상이 다른 생물상으로 대체되는 천이(succession)가 일어난다(Kimmins, 1987). 1970년대 이후 진행된 많은 연구들로부터 산림생태계의 천이에는 자연교란이 매우 중요한 역할을 하고 있음이 밝혀지게 되었다. 자연교란은 군집의 조성이나 구조를 좌우하는 척도의 하나로서 천이의 산림생태계의 급격한 변화를 유발한다.

Runkle(1985)은 교란을 산림생태계에서 임관층을 이루고 있는 성숙한 나무를 하나 또는 그 이상 죽게하는 힘이라고 정의하고, 이러한 교란이 일어났을 때 성숙한 나무들이 죽는 양상(pattern)을 교란체제(disturbance regime)라고 하였다. 산림생태계에서는 이러한 교란의 결과로 숲에 틈(gap)이 생기게 되는데, 임관을 이루고 있는 나무가 고사되면 그 틈은 수평적으로 뿐만 아니라 수직적으로도 빈 공간을 형성하여 그 공간을 숲틈(canopy gap 또는 forest gap)이라고 한다. 또한 이러한 공간은 나무가 넘어져 생기는 도목틈(treefall gap)으로 형성되지만, 나무가 서서 죽거나 나무의 커다란 가지가 부러져 틈이 형성되는 경우도 많다.

교란은 종류, 규모, 강도 및 빈도는 다르지만 생태계에서 항상 발생하고 있다. 따라서 산림을 구성하는 임목들은 대부분 교란의 영향을 받고 있으며, 임관층을 이루는 성숙한 개체로 자라기 위해서는 다양한 형태의 교란을 필요로 한다(Tilman, 1986). 이와 같이 다양한 형태로 발생하는 교란은 광량, 광질, 토양수분, 임내 온도 및 습도, 양료순환 등과 같은 환경요인에 영향을 미치며 결과적으로는 그 군락의 구조와 기능에까지 영향을 준다. 따라서 산림생태계의 관리를 위해서는 우선 교란의 종류, 규모, 강도와 그로 인한 식물 군락 구조 및 기능 변화에 관한 체제와 과정을 구명하는 것이 중요하다.

소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)는 우리나라 전역의 산야에 생육하고 있으며, 한국 전체 임야면적의 약 50%를 차지하고 있는 주요 수종이다. 소나무림은 우리나라 많은 산림에서 나타나는 척박한 임상과 기후 조건에 적합하고 그 경제적 가치도 매우 큰 한국의 대표적인 임목이다. 따라서 한반도 전체 면적의 65%를 차지하는 산림의 형성, 유지기작 및 변천과정을 밝히기 위해서는 소나무림의 생활사에 대한 연구가 필요하다. 특히, 소나무는 우리나라의 국립공원인 월악산에서도 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 수종이다(충북대학교, 1992). 따라서 임목 자원 이용이라는 측면에서 월악산 산림을 관리하기 위해서는 우선적으로 소나무림의 교란 및 천이과정의 연구가 선행되어야 하며, 본 연구의 목적은 숲틈에 의한 소나무 천이림의 교란 체제 및 천이 과정을 구명하는데 있다.

재료 및 방법

2.1 조사지 설정

본 연구는 월악산에 소재하여 있는 충북대학교 농과대학 부속 연습림을 대상으로 수행하였으며, 표본지 선정은 소나무림내 숲틈형성지역을 초기, 중기, 후기별로 선정하여 20m×20m의 방형구법으로 12개소를 설정하였다.

Fig. 1은 조사한 표본지를 지도상에 표시한 것이다.

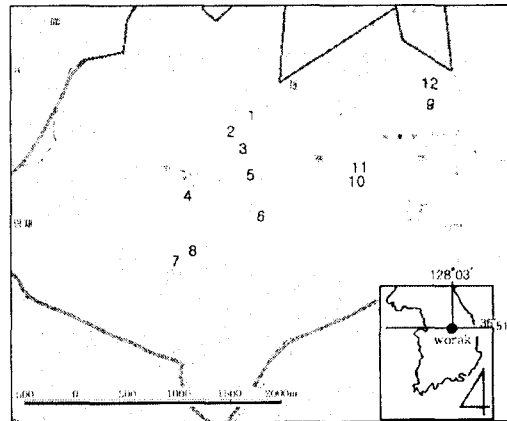


Fig. 1. Locations of sampling plots in Mt. Worak (Experimental Forest of College of Agriculture, Chungbuk National University)

2.2 연구 방법

2.2.1 식생조사

각 방형구내에서는 흉고직경 1cm 이상의 목본식물을 대상으로 임목위치를 모눈종이에 작성하였으며, 이중 아교목층 이상의 임목은 수관투영도를 그렸다. 수관투영도는 가장 길게 뻗은 가지의 끝부분을 연결하여 표시하였다. 또한 각 표준지내에 출현한 모든 목본식물들을 상층, 중층, 하층별로 배목조사를 실시하였다.

2.2.2 환경조사

환경요인으로는 지형조건, 해발고, 경사도, 방위 등을 측정하였다. 각 표본지의 경사도와 방위를 경사계와 나침반을 이용하여 측정하였으며, 토양수분은 현장에서 적습에서 건조까지 5등급으로 구분하였고, 각 조사구마다 5군데에서 낙엽층을 제거한 후 토양을 20cm 깊이까지 균등 채취하였다. 이렇게 채취된 토양은 토양 채취비닐에 밀봉한 후 실험실로 운반하여 토양 분석을 하였다.

1997년 7월부터 8월에 걸쳐 조사지에서 채집된 토양은 실험실로 운반한 후 7일간 음건한 후 입자의 직경이 2mm 이하인 토양에 대해 Lamotte soil analysis outfit를 사용해서 토성과 pH를 측정하였다. 토성의 결정은 미국농무성(USDA)법에 의거하였다.

2.2.3 임분구조 분석

각 조사구에 출현하는 흉고직경 1cm 이상의

모든 수종에 대하여 상대밀도, 상대빈도, 상대피도, 그리고 중요치를 Curtis와 McIntosh (1951)의 방법에 따라 계산하였다. 여기서 상대피도는 흉고단면적을 기준하였다.

2.2.4 교란체제

교란체제는 나무가 고사하는 양식을 크게 3가지, 즉 뿌리가 뽑혀 넘어지는 도목형 (uprooted type), 줄기가 부러지는 간절단형 (snap-off type), 서있는 상태로 고사된 임목고사형(standing dead type)으로 구분하여 각각의 개수를 파악하였다.

결과 및 고찰

3.1 조사지 환경

월악산 지역의 온도·습도·강수량 등 기상 조건은 지난 10년간 평균기온 10~11℃, 연중 최저기온 -10℃~-20℃, 연간 강수량 1,100~1,800mm, 연중 평균습도 75%으로써 전반적으로 온난습윤한 온대중부의 전형적인 기후를 보이고 있다(제천시, 1999).

조사지 환경인자를 Table 1에 나타내었으며, 이에 의하면 월악산에서 소나무 군락은 해발 600m 이하의 저지대에 주로 분포하고 있다. 토양습도는 대부분의 지역에서 중간정도의 습도를 나타내고 있으나, 소나무 숲틈 발생지역인 표준지 5, 10, 11은 상당히 건조한 토양환경을 나타내고 있었다. 토성은 사질양토 내지는

Table 1. Characteristics of sample sites

Plot no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altitude (m)	540	490	440	400	450	340	420	420	330	450	470	330
Topography	R	US	US	MS	US	R	V	MS	LS	MS	US	LS
Slope (°)	0	35	40	35	32	35	39,15	30	33	34	31	34
Aspect (°)	-	210	268	15	215	173	337	333	338	196	177	110
Bared rock (%)	15	15	10	5	35	70	65	10	35	5	0	35
Soil humidity	3	4	3	2	2	2	4	4	3	2	1	2
Soil colour	DBr	(D)Br	BrY	BrY	Y	Y	DBr	DBr	Y	Y	YR	BrY
Soil texture	SL	L	L	SL	L	SL	L	SL	SL	SL	SL	L
Soil pH	5.5	5.5	5.3	5.0	5.3	5.3	5.5	5.5	5.3	5.0	5.3	5.3

Topography : R: ridge, US: upper slope, MS: middle slope, LS: lower slope, V: valley, UV: upper valley

Soil moisture : 1: dry, 2: little dry, 3: little moisture, 4: moisture, 5: wet

Soil Color : B: black, DBr: dark brown, Br: brown, Y: yellow, BrY: brown-yellow, YR: yellow-red

Soil texture : L: loam, SL: sandy loam

Table 2. Importance value(IV) of *Pinus densiflora* forest

Species	Trees/ha	Basal area (cm ² /ha)	RD	RF	RC	IV
<i>Pinus densiflora</i>	335	233,888.19	14.47	6.86	65.42	86.75
<i>Quercus variabilis</i>	304	62,133.36	13.12	5.14	17.38	35.64
<i>Quercus mongolica</i>	325	23,061.16	14.02	5.71	6.45	26.18
<i>Quercus serrata</i>	208	8,495.52	8.98	4.57	2.38	15.93
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	173	1,779.99	7.46	5.14	0.50	13.10
<i>Prunus sargentii</i>	71	3,685.21	3.05	5.14	1.03	9.23
<i>Platycarya strobilacea</i>	88	5,651.77	3.77	2.86	1.58	8.21
<i>Styrax obassia</i>	71	1,558.06	3.05	4.57	0.44	8.06
<i>Weigela subsessilis</i>	79	758.79	3.41	3.43	0.21	7.06
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	58	733.83	2.52	4.00	0.21	6.72
<i>Lindera obtusiloba</i>	33	322.11	1.44	4.57	0.09	6.10
<i>Rhus trichocarpa</i>	50	768.24	2.16	2.86	0.21	5.23
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	50	156.97	2.16	2.29	0.04	4.49
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	40	492.36	1.71	2.29	0.14	4.13
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	23	477.13	0.99	2.86	0.13	3.98
<i>Quercus aliena Bl.</i>	35	4,305.53	1.53	1.14	1.20	3.87
<i>Symplocos chinensis for. Pilosa</i>	33	370.21	1.44	2.29	0.10	3.83
<i>Rhododendron micranthum</i>	50	416.90	2.16	1.14	0.12	3.42
<i>Lespedeza bicolor</i>	23	83.63	0.99	2.29	0.02	3.30
<i>Aralia elata</i>	50	210.12	2.16	0.57	0.06	2.79
<i>Ulmus davidiana var. japonica</i>	10	618.92	0.45	1.71	0.17	2.34
<i>Staphylea bumalda</i>	33	618.89	1.44	0.57	0.17	2.18
<i>Corylus heterophylla</i>	10	69.42	0.45	1.71	0.02	2.18
<i>Stephanandra incisa</i>	8	97.68	0.36	1.71	0.03	2.10
<i>Rhus verniciflua</i>	8	92.26	0.36	1.71	0.03	2.10
<i>Euonymus alatus for. ciliato-dentatus</i>	19	90.18	0.81	1.14	0.03	1.98
<i>Sorbus alnifolia</i>	13	660.27	0.54	1.14	0.18	1.87
<i>Cornus walteri</i>	6	1,409.56	0.27	1.14	0.39	1.81
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	10	286.90	0.45	1.14	0.08	1.67
<i>Lindera erythrocarpa</i>	6	644.89	0.27	1.14	0.18	1.59
<i>Castanea crenata</i>	6	405.60	0.27	1.14	0.11	1.53
<i>Corylus heterophylla var. thunbergii</i>	8	67.20	0.36	1.14	0.02	1.52
<i>Diospyros lotus</i>	6	180.09	0.27	1.14	0.05	1.46
<i>Euonymus sachalinensis</i>	6	60.84	0.27	1.14	0.02	1.43
<i>Securinega suffruticosa</i>	6	35.95	0.27	1.14	0.01	1.42
<i>Acer truncatum</i>	4	89.44	0.18	1.14	0.03	1.35
<i>Cornus controversa</i>	4	1,092.77	0.18	0.57	0.31	1.06
<i>Morus bombycis</i>	6	628.25	0.27	0.57	0.18	1.02
<i>Pueraria thunbergiana</i>	6	116.52	0.27	0.57	0.03	0.87
<i>Deutzia parviflora</i>	6	19.64	0.27	0.57	0.01	0.85
<i>Philadelphus schrenckii</i>	4	73.99	0.18	0.57	0.02	0.77
<i>Ailanthus altissima</i>	2	320.54	0.09	0.57	0.09	0.75
<i>Euonymus alatus</i>	4	4.84	0.18	0.57	0.00	0.75
<i>Quercus acutissima</i>	2	298.05	0.09	0.57	0.08	0.74
<i>Carpinus cordata</i>	2	53.05	0.09	0.57	0.01	0.68
<i>Juniperus rigida</i>	2	30.24	0.09	0.57	0.01	0.67
<i>Rhus chinensis</i>	2	16.75	0.09	0.57	0.00	0.67
<i>Callicarpa japonica</i>	2	27.82	0.09	0.57	0.01	0.67
<i>Prunus Leveilleana</i>	2	1.64	0.09	0.57	0.00	0.66
<i>Betula costata</i>	2	12.82	0.09	0.57	0.00	0.66
<i>Acer mono</i>	2	6.54	0.09	0.57	0.00	0.66
<i>Crataegus pinnatifida</i>	2	4.73	0.09	0.57	0.00	0.66
<i>Lonicera praeflorens</i>	2	5.30	0.09	0.57	0.00	0.66
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	2	1.64	0.09	0.57	0.00	0.66
SUM	2,319	357,492.28	100.00	100.00	100.00	300.00

양토이고, 토양 pH는 5.0-5.5로써 산성화가 약간 진행된 경향을 보이고 있었다.

3.2 월악산 소나무림의 수종구성

월악산 충북대학교 연습림내에 있는 소나무림내에 출현한 흉고직경 1cm 이상의 목본식물에 대하여 조사·분석한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2를 보면, 소나무를 제외하고 가장 높은 중요치를 보이고 있는 수종은 굴참나무이며, 그 다음으로 신갈나무, 졸참나무, 쇠물푸레, 산벚나무, 굴피나무, 쪽동백, 병꽃나무 순으로 나타났다. 오대산 소나무림에 대한 이 등(1996)의 연구에 의하면 쪽동백이 소나무림의 중층으로 많이 나타나며, 굴참나무 등이 다수 침입한다고 하였는데, 월악산에서는 쪽동백보다는 쇠물푸레가 중층의 주요수종으로 나타나고 있었다. 한편, 굴참나무는 상대피도와 상대빈도가 소나무 다음으로 높아 소나무림에서 가장 흔히 발견되는 수종이며, 소나무와 함께 소나무림의 상층입관을 구성하고 있다. 반면 신갈나무와 졸참나무는 굴참나무에 비해 상대밀도가 높지만 상대피도는 낮아 중층 이하의 계층을 주로 이루고 있는 수종이라 할 수 있다.

송과 장(1997)은 한국의 소나무림이 점차 신갈나무와 굴참나무림으로 변화해 나갈 것이라고 발표하였는데, 이에 따른다면 월악산의 소나무림은 일차적으로 상대피도가 높은 굴참나무림으로 천이가 진행되고, 임내 환경이 개선되면 점차적으로 신갈나무와 졸참나무림으로 진행될 것이라 예상된다. 쇠물푸레, 산벚나무, 쪽동백과 같은 수종들 역시 소나무림에서 높은 중요치를 차지하고 있다. 이들 수종들은 소나무림에서 중층을 이루고 있는 수종들이며, 무육작업에 따라 단순한 식생의 소나무림을 생태적으로 건전하고 다양하게 조성할 수 있는 수종이라 생각된다.

3.3 교란체제

본 월악산에 소재하여 있는 충북대학교 농과대학 연습림내 소나무림의 숲틈이 형성되는 원인을 추정하고자 각 표준지내에서 나타난 고사된 소나무의 유형을 보면 Table 3과 같다.

Table 3. Mortality patterns of *Pinus densiflora*

Mortality patterns	Numbers/ha
Standing dead	81
Stem broken	21
Uprooted	44

즉, 본 연구를 수행한 월악산 연습림의 소나무림에서 숲틈을 형성하게 되는 소나무의 고사 유형은 입목고사형이 가장 많았으며 도목형과 간절단형이 각각 44본/ha와 21본/ha씩 있었다. 이는 소나무림에서 소나무의 고사유형이 입목고사형이 50%이상이고 도목형, 간절단형의 순이라고 발표한 이(1995)의 결과와 일치한다.

숲틈형성목의 고사에는 식물체의 노화와 관계된 내부요인과 태풍, 선풍, 눈, 강우 등의 외부요인이 영향을 미치는데, 일반적으로 외부교란요인이 강하게 작용하면 도목형이나 간절단형의 출현빈도가 높은 것으로 알려져 있다(Nakashizuka, 1984). 따라서 본 연구를 수행한 월악산에서 입목고사형의 비율이 높은 것은 폭우나 바람과 같은 외부 교란원인보다는 입목의 노령화라는 내부 교란원인이 소나무의 고사 및 숲틈형성에 중요한 역할을 하고 있음을 추정할 수 있다. 또한, 월악산 소나무림에서 나타난 간절단형의 경우에는 이 지역의 소나무가 노령화되면서 재질이 약해지거나 재부가 부후되면서 바람과 같은 외부원인에 의해 만들어진 것으로 판단된다.

본 연구지에서 도목형의 고사목이 나타난 조사지의 환경을 살펴보면, 남사면의 급경사지이고 토양은 마사토로서 식물의 생육에 유리하지 못한 환경이다(Table 1 참조). 토양이 척박하고 건조하여 하층식생으로 쪽동백, 산초나무, 굴참나무, 쇠물푸레, 싸리 등이 약간 자라고 있을 뿐이며, 종다양성도 다른 지역에 비해 현저히 뒤떨어진다. 도목된 고사목을 관찰했을 때, 여름철 장마기간이나 가을철 태풍때 지면이 침식되면서 넘어간 것으로 판단된다.

3.4 재생 및 천이과정

교목성 또는 아교목성 수종중 중요치가 가장 높은 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 쇠물푸레 등 5개의 수종을 대상으로 흉고직경급

별 분포도를 작성한 결과는 Fig. 2와 같다.

월악산 소나무림을 대상으로 한 흉고직경급별 분포를 보면 소나무를 제외한 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 쇠물푸레 등 모두가 역 J자 곡선을 그리고 있어 앞으로 이들 수종들이 소나무림을 대체해 나갈 것이며, 이 중 쇠물푸레는 생리적 특성상 소나무림에서 중층을 이루는 주요수종이 될 것으로 생각된다.

본 연구표준지에서 소나무의 치수가 다수 발견된 표준지 10과 11 일대는 남사면의 건조지로서 소나무 숲틈 지역내에서 약간의 치수가 생육하고 있었다. 특히 소나무 숲 틈이 현재 형성되어 있는 표준지 11의 하층식생으로는 쇠물푸레, 굴참나무, 신갈나무, 싸리 등 소수의 수종만이 약간 생육하고 있을 뿐이어서, 앞으로도 소나무림이 계속 재생되어 유지될 것으로 생각된다.

Fig. 3으로부터 소나무림내에서 소나무의 치수는 고사목에 의해 생성되어진 숲 틈의 한가운데에서 발아되어 자라나고 있음을 볼 수 있다. 숲틈내 지역이 특히 인근의 임관이 울폐된 지역에 비해 훨씬 건조한 환경임을 고려하면, 소나무림은 이와 같이 척박한 지역에서만 지역적 극상으로써 계속 유지된다고 추정할 수 있다.

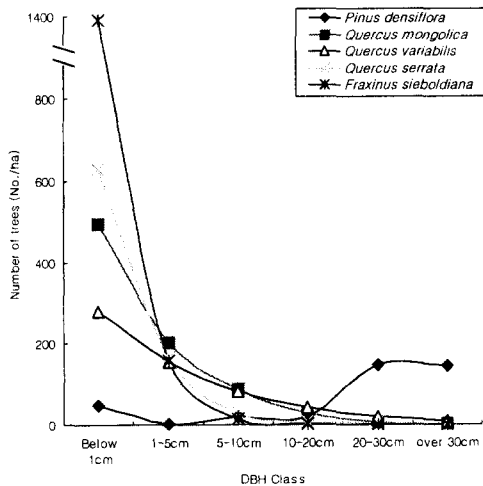


Fig 2. Distribution of dominant species in *Pinus densiflora* forest by DBH class

결론

월악산에 소재하여 있는 충북대학교 연습림내 소나무림을 대상으로 조사 분석함으로써 소나무림의 숲틈형성과 재생 및 천이에 관하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 월악산 소나무림을 이루고 있는 수종들은 교목층으로 소나무와 굴참나무가 주종을 이루고 있으며, 중층으로는 신갈나무, 졸참나무, 쇠물푸레 등의 수종이 주종을 이루고 있다.

2. 월악산 소나무림의 숲틈형성요인으로서 고사목의 고사유형은 입목고사형이 가장 많았으며, 간절단형과 도목형도 발견되었다. 이 결과는 이 지역의 소나무림이 바람과 같은 외부 교란요인보다는 수목의 생리적 작용에 기인하는 내부교란요인에 의하여 고사목이 생겨나고 숲틈이 생성된다는 사실을 알려준다.

3. 흉고직경급별 분포를 분석한 결과 대부분의 지역에서 소나무림은 점차 환경적응력이 강한 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무와 같은 참나무류로 대체될 것으로 판단되었다.

4. 매우 건조한 척박한 지역에서 생성된 숲틈의 경우 소나무의 치수가 다수 자라고 있어

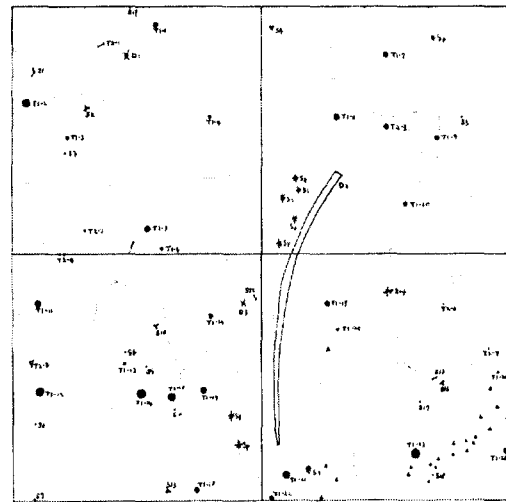


Fig 3. Spatial distribution of individual trees and diagram of crown projection in the upper tree layer of plot 11

T1; Upper tall tree layer, T2; Lower tall tree layer, S; Shrub layer, H; Herb layer, D; Dead tree, *; Saplings of *P. densiflora*

환경적 극상으로서 소나무림이 유지될 가능성을 보여주고 있었다.

인용문헌

1. Curtis J. T. and R. P. McIntosh. 1951. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology 31 : 434-455.
2. Kimmins, J. P. 1987. Forest Ecology. Macmillan. N.Y. 531pp.
3. Runkle, J.R. 1985. Disturbance regimes in temperate forests. Pages 17-34 in S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.). Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press. New York.
4. Tilman, D. 1986. Resource, Competition and the Dynamics of Plant Communities. Pages 51-76 in Michael J. Crawley (ed). Plant Ecology. AP. N.Y.
5. 강상준. 1984. 지리산 아고산대 침엽수림의 갱신. 한국생태학회지 7(4) : 185-193.
6. 김원. 1989. 소나무 수림의 산화적지의 2차 천이와 종다양성. 한국생태학회지 12 : 285-295.
7. 남미란, 김성덕. 1990. 신갈나무림의 갱신과정에 관한 연구 I, 임분구조에 관하여. 한국생태학회 발표초록 p. 161.
8. 송호경, 장규관. 1997. 소나무림과 신갈나무림의 흉고직경급 분석과 천이에 관한 연구. 한국임학회지 86(2) : 223-232.
9. 신재하. 1991. 신갈나무(*Quercus mongolica*)림의 구조와 재생과정에 관한 생태학적 연구. 충북대학교 교육대학원 석사학위논문.
10. 이경재, 조우, 한봉호. 1996. 오대산 국립공원 소나무림의 식물군집구조. 환경생태학회지 9(2) : 115-125.
11. 이창석. 1995. 한국 소나무림에서의 교란체계. 한국생태학회지 18(1) : 179-188.
12. 이창석. 1995. 한국 소나무림에서의 교란후 재생과정. 한국생태학회지 18(1) : 189-201.
13. 충북대학교 농과대학. 1992. 국립공원 월악산지역 교육부소관 충북대학교 제천국유림영림구 제2차기 산림관리계획서.