

한국 온대중부지역 소나무림 군락식재모델 개발 연구

홍석환* · 한봉호** · 콧정인***

*(주)기술사사무소 L.E.T 에코플랜연구소 · **서울시립대학교 조경학과 · ***서울시립대학교 대학원 조경학과

Development of the *Pinus densiflora* Community Planting Model in the Central Cool Temperate Zone of Korea

Hong, Suk-Hwan* · Han, Bong-Ho** · Kwak, Jeong-In***

*L.E.T Eco-Plan Research Center

**Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

***Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, University of Seoul

ABSTRACT

This study was undertaken to suggest a *Pinus densiflora* community planting model in the central cool temperate zone of Korea and nearby areas. For the purpose of this study, we surveyed various DBH classes of the *P. densiflora* community in Dangjin-gun, Choongchungnam-do. We surveyed the size of entire individuals in the 92 plots as well as surveyed the location of individuals in each tree layer and sub-tree layer(1/100 scale) of 44 plots using a quadrant method from young to old communities. As a result of analysis, the tree layer was growing well but the basal areas of the subtree layer were less than 10% compared with the tree-layer. This indicates the subtree layer is not in general growing well in the *P. densiflora* community. There were no significant patterns in the shrub layer. A *P. densiflora* community planting would consist of a tree layer and a shrub layer and the finding of growth patterns of the tree layer is significant. In order to make a model of the shrub layer, an additionally survey of another shrub layer is needed in a nearby planting area. Both regression models, 1) between tree layer DBHs and individuals per unit area, and 2) between individuals per unit area and shortest distances of individuals, can yield much information through study.

Key Words: Growth Distance, Growth Individuals, Basal Area, Coverage, Canopy Layer

국문초록

본 연구는 한국 온대중부지역 소나무림 군락식재 모델을 제시하기 위해 충청남도 당진군 일대 소나무림을 대상으로 다양한 경급의 소나무림을 조사하였다. 유령림부터 장령림까지 총 10×10m(100m²)의 방형구 92개소를 설치하고, 출현개체별 규격을 모두 조사하였으며, 개체간 생육거리 분석을 위해 44개 조사구에 대해서는 1/100 scale로 교목층과 아교목층 수목의 위치를 조사하였다. 분석결과, 모든 조사구의 교목층은 양호하게 발달해 있었으나, 아교목층의 흉고단면적이 교목층의 10%에 미치지 못하고 있었으며, 관목층의 경우 일정한 피복율을 보이지 않고 조사구마다 매우 다양하였다. 이에 소나무

Corresponding author: Bong-Ho Han, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea. Tel.: +82-2-2210-5654, E-mail: hanho87@uos.ac.kr

군락식재는 교목층과 관목층의 구조로 조성하는 것이 바람직한 것으로 판단되었으며, 관목층의 경우에는 특정 경향이 없어 식재하려는 인접 지역의 소나무림을 별도로 조사하여 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 군락식재 모델을 위한 소나무 교목층 흉고직경급별 단위면적당 생육개체수 및 단위면적당 생육개체수와 생육수목간 최단거리와의 회귀식은 높은 설명력을 보였다.

주제어: 생육거리, 생육개체수, 흉고단면적, 피복율, 교목층

I. 서론

자연지역의 도시화로 인한 생태계 파괴는 이미 다양한 방면에서 그 결과가 입증되고 있다(Yli Pelkonen and Niemelä, 2006; Harris, 1984; Brown, 1981). 우리나라는 1970년대 이후 산업구조의 변화와 급속한 인구증가로 1970년 50%에 불과하던 도시화율이 급진적인 도시화 과정을 겪으면서 2005년에는 90%를 넘어섰고(Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008), 이에 따라 자연스럽게 급격한 생태계 파괴도 수반되었다. 특히 우리나라 전체 인구의 약 50%에 달하는 인구가 수도권 일대에 집중하면서 다양한 사회적 문제뿐만 아니라 심각한 환경적 문제에 봉착하고 있다. 이러한 문제에 대한 환경적 대응방안으로 도시차원에서 생물서식이 가능한 녹지공간의 복원을 통해 생물종다양성을 높이는 시도가 지속되고 있다(Cho, 1998). 그러나 현재까지도 대부분 외래종 위주의 단층 구조 식재와 잔디식재, 일률적 식재형태로 조성되고 있어 그 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있다(Kim, 2007).

생물종 및 유전적 다양성의 보전은 생태적 기능을 지닌 경관을 제공하고 있는 비오톱의 구조에서 유추할 수 있다(Cousins and Ihse, 1998; O'Neill et al., 1988). 이를 반영한다면 현재 도시지역에 조성된 대부분의 단순구조 녹지는 도시녹지의 중요한 기능 중 하나인 생물종 및 유전적 다양성의 증진 측면에서 그 역할을 제대로 수행하지 못하고 있다고 볼 수 있다. 최근에는 도시 내 단절된 녹지의 연결, 대규모 생태적 녹지공간의 조성, 소규모 비오톱의 복원 및 조성, 생태공원 조성, 신도시 내 대규모 완충녹지의 조성 등 생태적 기능을 강하게 요구하는 도시녹지의 조성 시도가 계획과정에서부터 다양하게 이루어지고 있다. 이에 생태적 배식에 대한 요구는 점차 높아지고 있는 상태이다.

생태적 배식을 위해서는 목표가 되는 식재모델을 선정하기 위해 기후대가 동일한 인접 자연식생군락의 분석이 선행되어야 하며(Jabu, 1987) 층위구조별 식재 종, 식재밀도 및 간격 등이 주로 제시되고 있다. 우리나라 도시녹지의 생태적 기능 부역을 위한 배식기법은 1980년대부터 소수 연구자들에 의해 연구가 진행되어 왔는데, 현재까지는 주로 참나무류 군락을 중심으로 이루어져 왔다(Kwon, 1997; Kang, 2001; Kim, 2007). 이

는 온대중부지방의 천이계열 연구에서 참나무류가 종다양성이 가장 높은 천이계열 중간단계로 연구되고 있는 데에서 기인한다. 그러나 우리나라의 문화적 특성 및 주민의 선호도를 고려하였을 때 도시지역에서 소나무림의 조성이 주거단지뿐만 아니라 공원녹지 지역까지 광범위하게 이루어지고 있는 상태에서 소나무림의 생태적 식재방법의 제시는 시급하다고 할 수 있겠다.

이에 본 연구는 한국 온대중부지역의 생태적 기능을 지닌 소나무 경관림의 조성을 위한 군락식재 모델을 제시하고자 하는데 그 목적이 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 조사대상지 선정

소나무림 군락식재 모델의 설정을 위해서는 인간의 간섭이 비교적 적은 상태에서 양호하게 수림이 형성된 지역의 구조조사를 통해 소나무림의 특성을 분석하는 것이 선행되어야 한다. 우리나라 소나무 생태형은 일본의 우에키 호미키(植木秀幹)의 1928년 논문, '조선산 소나무의 수상(樹相) 및 개량에 관한 조립학적 고찰'에 의해 금강형, 중남부평지형, 중남부고지형, 안강형, 위봉형, 동북형의 6개 지역형으로 분류되었는데(Lim, 1985), 서울을 중심으로 한 온대중부지역의 경우 중남부고지형과 중남부 평지형의 두 생태형이 분포하는 것으로 분류된다. 중남부 평지형의 경우, 줄기가 굵고 수관이 넓게 퍼지는 것과 지하고가 높은 것이 특징이며, 중남부 고지형은 금강형과 중남부 평지형의 중간 형태로서, 지고, 방위, 기후에 따라 때로는 금강형에, 때로는 중남부 평지형에 가까운 다양한 형태를 보이는 것이 특징이다(Lim, 1985). 수도권 일대 소나무림의 경우, 대부분 인위적 영향에 의해 그 구조가 심각히 훼손되어 사례대상지 선정이 극히 제한적이다. 서울시의 경우, 이미 2차에 걸친 정밀한 비오톱 조사를 통해 우점식생 분포를 상세하게 파악한 결과, 소나무림의 경우 서울시 전체 산림의 13.6%를 차지하는 것으로 나타나며, 소나무 순림은 약 2.9%, 422ha 정도의 면적에 분포한다(Seoul Metropolitan Government, 2000; 2005). 그러나 이들 남아있는 순림 내에서도 소나무 이외에 리기다소나

무, 아까시나무 등 인공식재림과 참나무류림이 다수 출현하고 있으며, 산림 능선부 토지극상지역을 제외하면 대부분 순림의 경우 답압에 의해 훼손된 상태이다(Lee, et al., 2009). 이에 수도권 일대의 소나무림 군락식재 모델을 위해서는 동일한 생태형이 분포하는 지역으로 확대할 수 있겠는데, 중남부 고지형을 포함하여 중남부 평지형까지 광범위하게 적용이 가능할 것으로 판단되었다. 이에 본 연구에서는 중부지방 일대 항공사진을 바탕으로 비교적 평탄한 지역에 소나무림이 광범위하게 분포하는 지역인 충청남도 당진군 일대로 조사지를 설정하여 집중적으로 조사하였다(그림 1 참조).

세부 조사대상지 선정을 위해 당진군 일대 항공사진을 통해 소나무림이 광범위하게 분포하는 지역을 1차적으로 선정하였으며, 현장답사를 통해 인위적 훼손관계가 상대적으로 적은 소나무 순림지역을 선정하고, 이들 중 다양한 규격의 소나무림이 분포하는 지역을 집중 조사지역으로 선정하였다. 교목층 수목의 규격은 조사지 전체적으로는 유령림부터 고령림까지 다양하게 분포되되, 일정 면적 이상에서 동일규격의 수목이 고르게 자라고 있는 대상지로 선정하였다. 조사위치는 송악면 송악산 일대(조사구 28개소)와 당진읍 원당리 일대(조사구 44개소), 석문면 통정리 일대(조사구 20개소)지역에 각각 집중하여 설정하였다. 조사는 2005년 3월 4~6일간 3일에 걸쳐 실시하였다.

조사대상지인 당진군은 연평균기온은 11.4℃ 내외, 연평균강수량 1,180mm로 우리나라 중부지방의 일반적 기후대를 형성하고 있다.

2. 소나무림 군집구조 조사

식물군집구조 조사구는 소나무림이 우점하는 군락을 대상으로 층위구조 발달 여부와 군락유형별 입지환경을 고려하여 설정하였다. 자연식생군락의 생태적 유지를 위한 최소면적은 100~

500m²으로(Ellenberg, 1956; Westhoff and Maarel, 1973) 본 연구에서는 조사구를 이 범위 안에서 10×20m(200m²), 20×20m(400m²) 크기의 방형구를 해당 조사구의 입지적 특성 및 군락의 크기를 고려하여 설정한 후 10×10m(100m²)를 기본 조사구로 설정하여 조사하였다. 식생구조 조사는 조사구내 출현하는 목본수종을 대상으로 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상 되는 수목의 흉고직경, 수고 및 지하고, 수관폭을 조사하였으며, 개체별 거리분석을 위해서 각 조사지점별로 10×10m(100m²) 크기의 방형구 1~4개소를 선정하여 방형구 내에 출현하는 모든 개체의 위치를 1/100 축적으로 표기하여 조사한 후 분석하였다. 수목 위치까지의 정밀조사는 총 44개 조사구에서 실시하였다. 관목층은 그 이하 규격의 수목을 대상으로 수관폭을 조사하였다.

각 조사구에 출현한 수목의 성장정도를 확인하고, 군락식재 모델 개발에 있어 개체별 규격 및 식재방안을 도출하기 위해 각 조사구별 출현수종의 흉고직경급별 생육주수를 분석하였으며, 교목층을 대상으로 각각의 모든 출현 개체에서 최단거리에서 생육하는 다음 개체까지의 거리를 정밀조사지역 전체 출현개체를 대상으로 산정하였다. 개체간 최단거리 산정을 위해서 ArcView 프로그램의 공간분석 기능을 이용하였으며, 이를 위해 AtuoCad 프로그램으로 조사자료를 디지털화 하였다.

수목은 시간에 따른 생장에 의해 인접 수목과의 경쟁이 강화되고 이에 의해 단위면적당 생육개체수가 줄어든다. 이러한 기본적인 관계를 파악하는 것이 생태적 배식을 위한 군락식재에서 가장 중요한 요소가 될 것이다. 따라서, 군락식재 모델을 위해서는 유령림에서 장령림까지 가급적 다양한 규격의 군락을 조사할 필요성이 있다. 본 연구에서는 소나무림 식물군집구조 조사구 총 92개소에 출현하는 교목층 수목 개체수와 평균흉고직경과의 회귀분석을 통하여 흉고직경에 따른 단위면적(100m²)당 교목층의 생육개체수를 산정하였다. 산정된 회귀식은 군락식재를 위한 수목 크기별 식재량을 산정하는 기준으로 사용하였다. 자료의 통계적 처리와 분석은 SPSS Windows 12.0 프로그램을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사구 일반적 개황

당진군 일대 소나무림의 식물군집구조 조사구별 일반적 개황을 살펴보면, 방위는 대체로 남향, 북향, 북서향이 많았으며, 경사도는 5~23°사이에 분포하면서 대부분이 완경사지역이었다. 군락식재에 의해 신규로 조성되는 녹지의 경우 대부분 평지 또는 완경사지에 조성될 것으로 판단되는 바, 자연지역에서의 조사구 또한 5°전후의 완경사지역에 주로 조사구를 설정하였다.

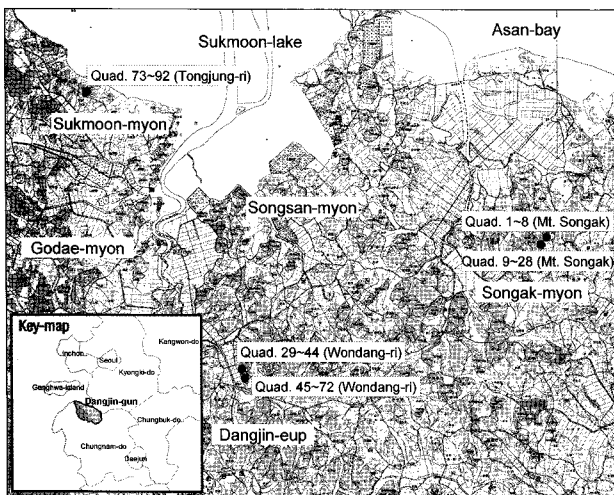


그림 1. 조사지 위치도

표 1. 각 조사구 층위별 종수 및 개체수

(조사구면적: 100m²)

조사구 번호	종수	개체수				조사구 번호	종수	개체수				조사구 번호	종수	개체수			
		교목층	아교목층	관목층	합계			교목층	아교목층	관목층	합계			교목층	아교목층	관목층	합계
1	5	15	2	120	137	32	7	5	7	48	60	63	7	8	6	52	66
2	6	11	0	44	55	33	8	16	5	32	53	64	5	11	4	48	63
3	4	22	2	24	48	34	11	7	4	56	67	65	7	7	0	36	43
4	6	18	2	32	52	35	7	8	4	24	36	66	5	7	1	48	56
5	8	11	3	64	78	36	8	12	5	48	65	67	9	11	5	44	60
6	11	12	7	80	99	37	8	20	5	32	57	68	4	10	0	32	42
7	6	15	7	48	70	38	9	9	8	60	77	69	11	14	10	88	112
8	6	12	3	80	95	39	11	19	8	28	55	70	9	11	13	36	60
9	4	19	11	28	58	40	9	21	0	36	57	71	10	5	16	44	65
10	6	15	0	36	51	41	8	20	4	36	60	72	10	14	12	40	66
11	5	14	3	20	37	42	8	16	3	80	99	73	1	20	3	0	23
12	5	12	2	32	46	43	9	14	4	56	74	74	1	33	0	0	33
13	4	12	2	56	70	44	10	16	6	48	70	75	2	34	0	4	38
14	2	6	4	12	22	45	6	17	7	32	56	76	2	27	2	4	33
15	2	27	5	0	32	46	7	9	2	76	87	77	3	17	0	96	113
16	4	29	1	24	54	47	5	15	2	48	65	78	2	16	0	148	164
17	3	21	1	32	54	48	7	13	4	32	49	79	7	7	2	172	181
18	5	10	5	40	55	49	9	6	22	36	64	80	3	5	0	252	257
19	4	12	5	32	49	50	12	8	11	112	131	81	4	18	1	104	123
20	4	29	0	24	53	51	7	13	16	64	93	82	5	12	6	116	134
21	5	10	2	36	48	52	9	9	12	112	133	83	5	10	5	124	139
22	6	12	8	48	68	53	1	31	0	0	31	84	3	18	0	220	238
23	5	14	5	20	39	54	1	27	0	0	27	85	3	13	1	88	102
24	4	17	5	36	58	55	5	19	0	56	75	86	3	8	0	16	24
25	4	19	0	56	75	56	5	19	0	20	39	87	6	15	2	88	105
26	3	16	1	32	49	57	6	15	0	24	39	88	6	13	5	72	90
27	4	24	2	16	42	58	4	7	0	32	39	89	1	23	0	0	23
28	5	14	0	48	62	59	5	13	0	36	49	90	2	16	6	4	26
29	7	16	2	28	46	60	2	15	0	24	39	91	2	23	7	4	34
30	10	10	8	68	86	61	7	15	2	32	49	92	1	25	7	4	36
31	7	6	7	28	41	62	7	20	3	20	43	-	-	-	-	-	-

교목층 수고는 9~15m이었으며, 11m 전후로 주로 분포하고 있었고, 평균 흉고직경은 13~25cm로 소경목 군락에서 중·대경목 군락까지 고루 설정하여 조사하였다. 교목층 식피율은 85~90%로 모든 조사구에서 교목층의 수관형성이 양호하였다. 표 1은 각 조사구별 교목층과 아교목층 전체 출현수목의 흉고단면적을 합산하고, 관목층은 수관면적을 통합한 것이다. 전체 92개 조사구 중 아교목층의 흉고단면적이 교목층 흉고단면적의 10%를 넘는 지역이 8개 조사구에 불과하였다. 이는 소나무림 하층을 형성하는 아교목층의 발달이 극히 미미함을 나타낸다. 관목층의 경우 수관피복율을 직접적으로 산정했으므로, 객관적인 비교가 용이하였는데, 관목층이 출현하지 않는 지역(5개 조사구)에서부터 조사구 전체를 피복하는 지역(5개 조사구)

까지 다양하게 분포하고 있었다. 이상을 살펴봤을 때 자연지역의 소나무림의 경우 아교목층은 발달이 미미하고 관목층은 일정한 경향을 보이지 않고 지역별로 큰 차이를 보이고 있었다.

2. 종수 및 개체수

당진군 일대 소나무림 식물군집구조 조사구 92개소에 출현하는 종수 및 개체수를 각 조사구별로 산정한 것이 표 1이다. 92개소의 출현종수 현황을 살펴보면 조사구내 목본식물이 소나무 1종만이 출현한 지역에서부터 최대 12종까지 출현하였으며, 평균 6종이 출현하고 있어 비교적 출현종이 적었다. 이 또한 대부분 관목층 종이며, 교목층과 아교목층의 경우 대부분

지역에서 소나무 1종만이 출현하였고, 아교목층에 참나무류 등이 극히 일부 출현하고 있었다. 아교목층 주요 출현종은 졸참나무, 산벚나무, 밤나무 등이었으며, 관목층 주요 출현종은 진달래, 청미래덩굴, 졸참나무, 생강나무 등이었다. 특히, 관목층에서 진달래는 37개 조사구에서 최우점종이었다. 조사구별 출현 개체수를 살펴보면 교목층의 경우 5~34개체가 출현하여 조사구별 출현개체수의 차가 컸으며, 평균 출현개체는 15주이었다. 관목층은 0~22개체가 출현하였고 평균 4개체가 출현하였으며, 아교목층은 대부분 발달되지 않은 상태이었다. 교목층 개체수가 조사구별로 차이가 크게 나타나고 있는 것은 소경목군락에서 대경목군락까지 다양한 규격으로 고르게 조사대상지를 선정했기 때문이었다.

3. 수목생육거리

각 조사구에 출현하는 교목층 수목의 최단거리를 산정한 후, 흉고직경급별로 구분하여 평균값을 산정한 것이 표 2이다. 교목층 평균, 흉고직경이 10cm이하인 2개 조사구에서는 교목층 평균 최단거리가 1.10±0.10m로 개체간 생육거리가 매우 좁았으며, 흉고직경 20~25cm의 대경목 군락의 경우는 평균최단거리가 2.31±0.58m로 10cm 이하 조사구와 비교하여 생육최단거리가 약 두 배 정도 넓은 상태이었다. 평균생육거리 분석결과, 흉고직경이 커질수록 생육거리가 늘어나는 자연스런 경향을 보였다. 수목간 생육거리에 관한 연구는 다양하게 진행되지 않았는데, 설악산국립공원 소나무림을 대상으로 한 Lee 등(1998)의 연구에서는 흉고직경 9~26.5cm의 소나무림이 2.41±0.97m로 조사되어 본 연구대상지의 평균 생육거리인 1.66±0.54m보다 수목의 생육간격이 넓은 것으로 조사되었다. 설악산국립공원의 경우 소나무 생육형이 이 지역과 다른 금강형이며 조사지 또한 자양천 계곡부에 한정하고 있고, 수목규격에 따른 비교가 되어 있지 않아 단순 수치의 직접적인 비교는 어려운 것으로 판단되었다.

표 3은 전체 92개 조사구의 교목층 개체수와 평균 흉고직경, 식물군집구조 조사구별 교목층 수목간 최단거리 평균을 산출한 것으로 수목간 최단거리는 교목 개체수가 감소할수록, 평균 흉고직경이 커질수록 증가하는 경향을 보였다.

당진군 일대 92개소의 소나무림 식물군집구조 조사구를 설정하여 조사한 결과, 조사구는 대부분 출현종이 10종을 넘지 않았으며, 특히 교목층에서는 소나무를 포함하여 1~3종으로 적게 나타나고 있는 소나무 순림지역으로 유령림에서 장령림까지 고르게 분포하고 있었다. 조사구내 출현 개체수, 생육거리, 규격 등을 분석해 본 결과, 수목규격이 커질수록 교목층 생육거리가 증가하면서 출현 개체수가 일정한 비율로 감소하는 경향을 보이고 있었고, 수관피복 상태 또한 유령림과 장령림을 가리

표 2. 교목층 흉고직경급별 개체간 평균 최단거리

흉고직경 (cm)	최단거리 (m)	조사구 번호	표준편차 최단거리
>10	1.10	2	0.10
10~15	1.41	24	0.28
15~20	1.74	8	0.48
20~25	2.31	9	0.58
25<	2.32	1	-
계	1.66	44	0.54

지 않고 모든 조사구가 80% 이상으로 양호한 상태이었다. 아교목층의 경우에는 발달이 극히 미미하였으며, 관목층은 조사구에 따라 수종과 피도가 매우 다양하여 일정한 경향을 보이지 않았다. 이에 수도권 일대 소나무림 군락식재 모델은 교목층 식재수목의 규격 및 수량을 중점적으로 밝혀야 할 필요성이 있었으며, 뚜렷한 경향이 없는 관목층의 경우에는 군락식재가 적용되는 인접 지역에 대한 조사를 통해 보완해야 할 것으로 판단되었다.

4. 모델식재 도출

1) 단위면적당 생육개체수

100m²을 단위면적으로 한 소나무림 교목층 흉고직경의 생장에 따른 생육개체수 예측모형의 설명력(R²)은 0.535로 단일 요인에 의한 설명력으로는 매우 높은 것으로 분석되었다(표 4 참조). 예측된 회귀모형은 신뢰도 99%수준에서 통계적으로 유의하였으며, 각 변수의 표준화된 회귀계수 값도 유의하였다(표 4, 5, 그림 2 참조). 예측 회귀모형은 식 1과 같다.

$$Y = 483.813 \times (X^{-1.302}) \quad (\text{식 1})$$

(X=흉고직경, Y=단위면적(100m²)당 교목층 소나무 개체수)

회귀식에 의해 소나무 군락식재를 위한 식재주수를 산정할 경우, 흉고직경 5cm 정도의 유령림을 식재한다고 가정하면 100m²당 약 60주를 식재해야 하였으며, 8cm 규격은 32주, 10cm 규격은 24주, 15cm 14주, 20cm 10주의 식재량이 산정되었다. 소나무림의 경우, 생육 초기 많은 개체가 밀생하다가 흉고직경 15cm 전후까지 경쟁에 의해 급격히 그 개체가 감소하는 것으로 예측되었고, 그 이후에는 감소비율이 완만하였다. 군락식재의 경우 식재이후 수목의 자연적인 고사를 고려해야 하는 바, 일반적인 조경식재보다 높은 밀도로 식재되었으나, 사후 생태적 기능의 회복을 중점으로 하고 있고, 부수적으로 자체 경쟁에 의한 자연적 관리가 이루어질 것이므로 관리비용의 절감 또한 기대할 수 있을 것이다.

표 3. 조사구별 각 수목간 평균 최단거리 및 평균 흉고직경

(조사구면적: 100m²)

조사구 번호	흉고직경(cm)		최단거리(m)		개체수	조사구 번호	평균 흉고직경(cm)		최단거리(m)		개체수
	평균	표준편차	평균	표준편차			평균	표준편차	평균	표준편차	
01	15.01	4.43	1.41	0.81	15	55	13.00	3.18	1.43	0.48	19
02	19.09	5.58	1.81	0.57	11	56	16.26	3.98	1.53	0.49	19
03	11.34	3.55	1.11	0.53	22	65	22.14	5.12	2.78	0.64	7
04	14.75	3.71	1.58	0.38	18	66	20.50	4.59	2.71	0.43	7
13	15.75	7.09	1.51	0.55	12	67	23.91	7.19	1.45	0.62	11
14	17.77	8.42	2.29	0.50	6	68	23.20	8.32	2.19	0.92	10
15	10.13	2.60	1.10	0.45	27	73	12.44	3.75	1.41	0.44	20
16	9.76	3.90	1.02	0.60	29	74	11.16	3.42	1.18	0.40	33
25	10.39	1.59	1.50	0.43	19	75	10.83	2.97	1.03	0.35	34
26	11.06	2.96	1.39	0.94	16	76	12.71	3.74	0.95	0.35	27
27	12.06	3.65	1.15	0.40	24	77	12.06	4.99	1.41	0.52	17
28	12.64	3.84	1.70	0.52	14	78	15.19	5.54	1.46	0.72	16
29	20.19	4.83	1.52	0.67	16	79	20.29	5.47	1.97	0.79	7
30	21.40	4.48	1.32	0.68	10	80	23.20	7.29	2.88	0.87	5
31	25.42	7.84	0.82	0.61	6	85	14.31	4.09	1.92	0.96	13
32	21.40	5.81	1.77	0.71	5	86	13.38	6.30	2.07	0.42	8
41	14.93	3.67	1.36	0.43	20	87	13.36	4.07	1.50	0.57	15
42	14.98	7.86	1.45	0.54	16	88	13.77	5.68	1.55	0.77	13
43	17.39	5.05	1.40	0.75	14	89	12.30	5.05	1.33	0.55	23
44	17.44	7.76	1.18	0.66	16	90	13.25	2.86	1.36	0.56	16
53	11.42	3.22	1.07	0.39	31	91	11.24	2.92	0.91	0.42	23
54	12.44	3.53	1.26	0.65	27	92	9.49	2.44	1.15	0.56	25

표 4. 교목층 흉고직경과 개체수간 예측 회귀모형

변수	B	Beta	T	Sig. T
개체수	-1.302	-0.732	-10.185	0.000
상수	483.813	-	2.845	0.005

$R^2=0.535$

$$Y=6.895 \times (X^{-0.542}) \quad (\text{식 2})$$

(X=단위면적(100m²)당 개체수,
Y=교목층 개체간 최소 생육거리)

본 회귀식에 의해 소나무 군락식재림 조성 시 개체간 최소

표 5. 교목층 흉고직경과 개체수간 회귀식에 대한 분산분석결과

감량	DF	SS	MS	F	Sig. F
회귀	1	9.749	9.749	103.734	0.000
잔차	90	8.458	0.094	-	-

2) 개체수별 생육거리

소나무림 교목층 생육개체수에 따른 최소 생육거리의 변화 예측을 한 회귀모형의 설명력(R^2)은 0.891로 자연생태계에서 단일 요인에 의한 변수 설명력으로 매우 높게 분석되었다(표 6 참조). 예측된 회귀모형은 신뢰도 99% 수준에서 통계적으로 유의하였으며, 각 변수의 표준화된 회귀계수 값도 유의하였다(표 6, 7, 그림 3 참조). 예측 회귀모형은 식 2와 같다.

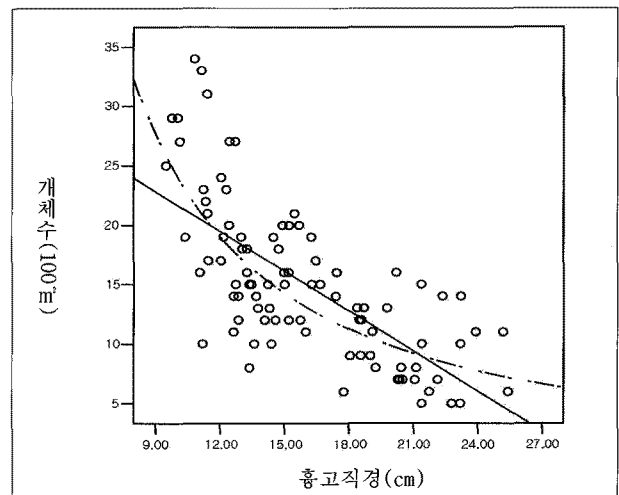


그림 2. 교목층 흉고직경과 개체수간 산점도 및 회귀곡선

표 6. 교목층 개체수와 생육거리간 예측 회귀모형

변수	B	Beta	T	Sig. T
개체수	-0.542	-0.944	-18.564	0.000
상수	6.895		12.434	0.000

$R^2=0.891$

표 7. 교목층 개체수와 생육거리간 회귀식에 대한 분산분석결과

감량	DF	SS	MS	F	Sig. F
회귀	1	3.391	3.391	344.622	0.000
잔차	42	0.413	0.010	-	-

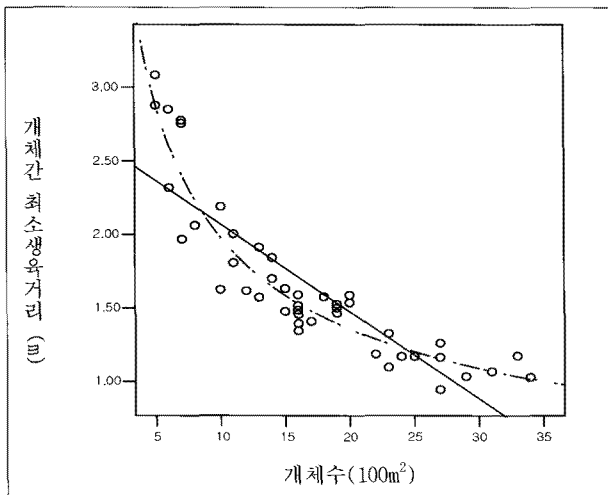


그림 3. 교목층 개체수와 생육거리간 산점도 및 회귀곡선

생육거리를 산정하였을 때, 100m²당 약 60주를 식재해야 할 경우 개체간 최소한 0.75m 이상을 이격해야 할 것이며, 32개체 식재시는 1.05m, 24개체 1.23m, 14개체 1.65m, 10개체 1.98m의 최소 이격거리를 확보한 후 식재해야 할 것이다. 군락식재시 최소 이격거리 확보는 개체간 경쟁을 최소화시켜 고사량 감소에 역할을 할 것으로 기대된다. 일반적으로 자연상태에서는 이들 최소 이격거리보다 좁은 상태에서도 수목들의 생육이 양호하게 생육하는 경우가 많아 이를 모델로 식재할 경우 일부 개체간 식재간격이 줄어들 수 있다. 따라서 자연적인 군락경관을 위한 랜덤식재나 모델식재라 하더라도 최소한의 수목간 적정 이격거리는 확보해야 할 것이다. 다만, 개체간 이격거리를 최대화하여 식재한다면 정형화된 열식의 형태가 되므로 이를 지양하면서 수목간 거리를 최대화하는 것이 필요하다.

N. 결론

급격하게 훼손되는 시가화 지역의 생태적 기능강화와 자연

경관의 향상을 위한 군락식재에 대한 제안은 우리나라에서도 이미 오랜 기간 주장되었으나 구체적인 방법에 대한 연구는 현재까지 미진한 상태이다. 특히 소나무림에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 소나무림의 경우 지역에 따라 다양한 생태형으로 생육하고 있어 본 연구에서는 한국 수도권지역이 포함된 온대중부지역 일대에 적용 가능한 소나무림 군락식재 모델을 위한 식재수량 및 식재간격을 제시하고자 하였다. 수도권 일대에서는 인위적 훼손이 거의 없고 저지대 환경사지에 분포하는 다양한 규모의 소나무 군락지는 찾기 어려워 본 연구에서는 충청남도 당진군 일대 소나무림을 조사·분석하였다. 당진군 일대 소나무림에 92개 조사구를 유령림부터 장령림까지 다양하게 설치한 후 분석한 결과, 소나무가 교목층에서 우점하는 군락은 대체로 아교목층의 흉고단면적이 교목층의 10%에 미치지 못하고 있었으며, 관목층 피도의 경우 일정한 피복율을 보이지 않고 조사구마다 매우 다양하였다. 이에 소나무 군락식재는 교목층과 관목층의 구조로 조성하는 것이 바람직한 것으로 판단되었으며, 관목층의 경우에는 특정 경향을 보이지 않아 식재하려는 인접 지역의 소나무림을 별도로 조사하여 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 군락식재 모델을 위한 소나무 교목층 흉고직경급별 단위면적당 생육개체수 및 단위면적당 생육개체수와 생육수목간 최단거리와의 회귀식은 높은 설명력을 보이고 있었다. 군락식재를 위한 100m²당 소나무 식재 개체수 산정을 위한 회귀식은 다음과 같다. $Y=483.813 \times (X^{-1.302})$, (X =흉고직경, Y =단위면적(100m²)당 교목층 소나무 개체수). 여기에서 산정된 개체 식재 시 경쟁에 의한 고사율을 줄이기 위한 최소 이격거리 산정을 위한 회귀식은 다음과 같이 도출되었다. $Y=6.895 \times (X^{-0.542})$, (X =단위면적(100m²)당 개체수, Y =교목층 개체간 최소 생육거리). 본 연구는 군락식재를 위한 제안으로 향후 사업시행 후 모니터링을 통한 보완이 필요할 것이다.

인용문헌

1. Brown, L.(1981) Building a Sustainable Society. New York: Norton & Company.
2. Cho, W.(1998) Planting design in green open space, urban area: Planting evaluation of buffer green space in housing complex. Kor. J. of Env. and Eco. 12(1): 78-90.
3. Cousins, S. A. O. and M. Ihse(1998) A methodological study for biotope and landscape mapping based on CIR aerial photographs. Landsc. Urban Planning 41: 183-192.
4. Ellenberg, H.(1956) Grundlagen der vegetationsgliederung, I. Aufgaben und Method der Vegetationskunde. Walter, H.(Hrsg) Einführung in die phytologie IV. Stuttgart: 136.
5. Harris, L. D.(1984) The Fragmented Forest: Island Biogeography Theory and the Preservation of Biotic Diversity. Chicago: University of Chicago Press. p. 211.
6. Jabu, S.(1987) Restoration of a kaolin clay strip mine for wildlife habitat using biotechnical and revegetation methods. MS thesis: Univ.

- of Georgia, Athens, 226.
7. Kang, H. K.(2001) Structural characteristics and vegetation model for naturalness restoration of urban plant community. Ph. D. tehsis, Sangmyung Univ. p. 171.
 8. Kim, J. Y.(2007) Development of the community planting models for the urban green space in the metropolitan area, the middle temperate zones, Korea. Ph. D. thesis, Uinv. of Seoul. p. 264.
 9. Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2008) 2008 statistics of land, transport and maritime affairs. p. 405.
 10. Kwon, J. O.(1997) Study on the ecological planting models by the analysis on the natural vegetation in middle district, Korea. p. 116.
 11. Lee, K. J., B. H. Han and O. H. Lee(1998) Vegetation structure analysis and ecological destance of *Pinus densiflora* community in Chayang-chon area, Soraksan National Park. Kor. J. Env. Eco. 11(4): 493-505.
 12. Lee, S. D., K. J. Lee and J. W. Choi(2009) Management plan to consider ecological characteristic of *Pinus densiflora* community in Seoul. Kor. J. Env. Eco. 23(3): 258-271.
 13. Lim, K. B.(1985) Fundamental of Silviculture. Hayngmoon Press. p. 327.
 14. O'Neill, R. V., B. T. Milne, M. C. Turner and R. H. Gardner(1988) Resource utilization scales and landscape pattern. Lands. Ecol. 2(1): 63-69.
 15. Seoul Metropolitan Government(2000) Guidelines on the biotope surbey and the eco-city construction for application the urban eco-system concept to urban planning. Seoul Metropolitan Government, Korea. p. 245.
 16. Seoul Metropolitan Government(2005) Biotpe map development. Seoul Metropolitan Government, Korea. p. 264.
 17. Westhoff, V., van der Maarel(1973) The Braun-Blanquet approach. Handbook of vegetation science, Whittaker, R. H.(ed.) Ordination and Classification of Vegetation. Dr. Junk, The Hague. pp. 617-726.
 18. Yli-Pelkonen and V. J. Niemelä(2006) Use of ecological information in urban planning: Experiences from the Helsinki metropolitan area, Finland. Urban Ecosystems 9(3): 211-226.

원 고 접 수 일: 2010년 4월 2일
 심 사 일: 2010년 7월 5일(1차)
 2010년 7월 21일(2차)
 2010년 8월 5일(3차)
 계 재 확 정 일: 2010년 8월 10일
 3 인 의 명 심 사 필