

서울지역 서어나무림의 군집구조 분석^{1a}

박병창² · 오충현³ · 조치웅^{2*}

Community Structure Analysis of *Carpinus laxiflora* Communities in Seoul^{1a}

Byung-Chang Park², Choong-Hyeon Oh³, Chi-Woung Cho^{2*}

요약

우리나라 온대지방 산림의 극상수종으로 알려진 서어나무는 도시화가 심각한 서울의 경우 3개의 군집이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구는 희귀하게 분포하는 서울지역 서어나무군집의 특성을 도출하고, 이를 바탕으로 서어나무군집의 관리대책을 마련하기 위한 기초자료 제공을 목적으로 수행되었다. 연구 대상지는 삼육대 지역, 도봉산 지역, 진관동 지역의 3개소이다. 서울 지역 서어나무군집에 대한 군집구조 분석 및 토양특성, 수목 생장량 등을 조사·분석한 결과, 현재 남아있는 서어나무군집의 경우 토양 산성화 등으로 인해 생장 속도가 둔화되고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 산림내 외래종의 이입에 따른 식생교란도 진행되고 있는 것으로 나타났다. 서울 지역에서 가장 넓은 서어나무 군집이 분포하는 삼육대 지역의 경우 주변 참나무림에 참나무시들음병 피해가 발생하여 산림내부에 나지가 발생하고 있고 외래종의 이입속도가 더욱 빨라질 것으로 예상되고 있다. 또한 서어나무 자체도 참나무시들음병 매개곤충인 광릉긴나무좀의 피해를 받고 있어, 특별한 대책이 수립되지 않는 한, 향후 서어나무군집의 존립 자체가 불투명한 실정이다. 따라서 현재 남아있는 서어나무군집에 대한 정밀조사와 연차적인 모니터링 등과 같은 대책을 마련하여 서어나무군집 보전을 통한 서울지역 생물다양성 확보 방안의 추진이 필요하다.

주요어: 극상림, 식생교란, 생물다양성

ABSTRACT

Carpinus laxiflora communities are known as the climax forest community of the temperate zone of Korea. There are three *Carpinus laxiflora* communities in Seoul. The purpose of this research is to analyze the characteristics of *Carpinus laxiflora* communities of Seoul and supply basic data for establishing of a management plan. The research sites are Sahmyook University, Mountain Dobong and Jinkwandong. This study considers investigation and the analysis of communities structure, soil characteristics and the growth increment of trees. As the result of study, we could know that the growth increment of the *Carpinus laxiflora* trees of Seoul is decreasing recently because of soil acidification and so on. Also the vegetation disturbance is increasing because of naturalized plant. Oak wilt disease has appeared in the oak forest around Sahmyook University that is the largest *Carpinus laxiflora* communities area in Seoul. For that

1. 접수 2009년 4월 30일, 수정(1차 : 2009년 8월 21일, 2차 : 2009년 8월 27일), 게재확정 2009년 8월 28일
Received 30 April 2009; Revised(1st : 21 August 2009, 2nd 27 August 2009); Accepted 28 August 2009
 2. 삼육대학교 환경원예학과 Department of Environment Horticulture, Sahmyook University, Seoul(139-742), Korea
 3. 동국대학교 환경생태공학과 Department of Environmental Science & Ecological Engineering, Dongguk University, Seoul (100-715), Korea
- a 이 논문은 2009년도 삼육대학교 학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음
* 교신저자 Corresponding author(chocw@syu.ac.kr)

reason the open gap was appeared in forest, and the spread of naturalized plants has been increasing in the gap. Furthermore, the *Carpinus laxiflora* trees are affected by the *Platypus koryoensis* which is a kind of oak wilt disease. And so, Unless there is a specific management plan, the survival of *Carpinus laxiflora* communities are uncertain in Seoul. Therefore the management plan of *Carpinus laxiflora* communities is necessary such as precise investigation, annual monitoring, etc. For the conservation of the *Carpinus laxiflora* communities, it is necessary to establish the management plan of the biodiversity for Seoul area.

KEY WORDS: CLIMAX FOREST, VEGETATION DISTURBANCE, BIODIVERSITY

서론

서어나무는 우리나라 온대산림대에서 안정된 극상림을 이루는 나무로 알려져 있어 산림 생태계에서 중요한 자리를 차지한다(Yim, 2001). 우리나라 중부온대 지방의 산림 천이계열은 소나무림에서 참나무림을 거쳐 서어나무림이나 까치박달나무림의 극상림으로 접어든다는 기후극상설이 현재 가장 유력하다(Choi et al., 1997). 국내에서는 그동안 서어나무림에 대해 경기도 광릉 주엽산 일대 서어나무림의 토양연구(Cho et al., 1985), 광릉 소리봉 지역 서어나무극상림의 Classification 및 Ordination 방법에 의한 군집구조 연구(Lee et al., 1990) 및 동일 대상지에 대한 서어나무 군집의 군집분류 연구(Lee et al., 1992), 서울 도시림의 서어나무 천이 방향성 연구(Lee et al., 1996), GAP 모델을 이용한 광릉 서어나무림의 천이 모의실험(Ryou et al., 1996) 등 다양한 연구가 진행되어오고 있다.

그러나 우리나라의 경우 6.25와 같은 혼란기를 거치면서 산림 훼손이 심각해져 극상림에 해당하는 서어나무군집이 대규모로 보전된 산림은 매우 드문 실정이다. 특히 도시화가 심각하게 진행된 서울의 경우에는 더욱 그렇다. 서울의 경우 현존식생 현황을 살펴보면 산림지역 61%, 경작지 12%, 초지 및 수역 21%, 조경수목식재지 6% 순으로 구성되어 있다. 서울의 산림은 서울시 전체 면적의 26%인 15,779ha로 주로 서울의 외곽을 둘러싸고 있는 북한산, 수락산, 용마산, 관악산 등의 대형 산림으로 이루어져 있다. 산림을 구성하는 주요 수종은 아까시나무, 현사시나무 등 과거 사방목적을 위해 식재한 속성 조림수들이 산림 면적의 42%를 차지하고 있고, 자생종으로는 참나무류 34.5%, 소나무 13% 등이 분포하고 있다. 반면 산림보전이 잘 이루어진 곳에서 나타나는 서어나무·물박달나무 등의 자생수종은 1.96%로 매우 희귀하여 서울 산림의 자연성은 매우 낮은 편이다. 특히 극상림에 해당하는 서어나무 순림은 3개소에 불과하며 그 면적도 1ha미만의 매우 좁은 면적을 차지하고

있다(Seoul Metropolitan Government, 2008).

본 연구는 서울 지역에서 매우 희귀하게 나타나지만 서울 도시숲의 생물다양성 보전 측면에서는 매우 중요한 서어나무군집을 대상으로 군집의 특성을 도출하고, 이를 바탕으로 서울 지역 서어나무군집의 관리대책을 마련하기 위한 기초 자료 제공을 목적으로 수행되었다.

연구대상지 및 방법

1. 대상지

본 연구는 2005년 서울시에서 발표한 서울시 도시생태현황도의 현존식생도를 기준으로 서어나무군집을 선정하였다. 서울시에서 서어나무군집이 순림으로 분포하는 곳은 삼육대 지역, 도봉산 지역, 진관동 지역의 3곳으로 나타났다. 연구 대상지의 위치는 figure 1과 같다.

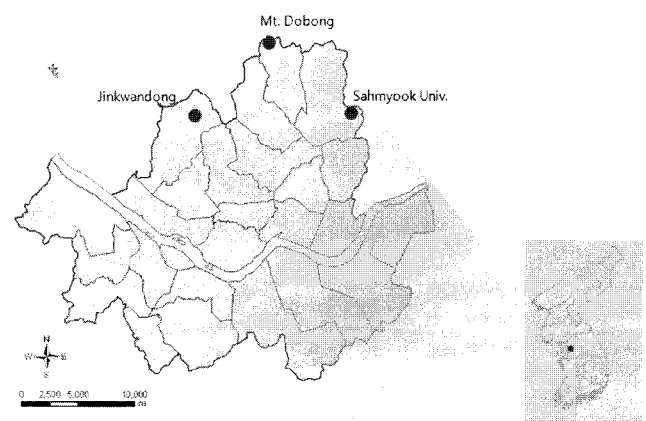


Figure 1. Map of research sites

2. 식물상

연구 대상지역에 생육하고 있는 식물상을 조사하기 위해

주요 식물종에 대해서는 사진 촬영을 병행하였으며, 현장에서 동정이 어려운 식물은 채집하여 실내에서 동정을 하였다. 조사된 식물은 대한식물도감(Lee, 2003)을 기준으로 분류하였다.

3. 식물군집구조 분석

식물군집구조 조사는 방형구법을 이용하였다. 각 방형구의 크기는 10m×10m(100m²)로 하였다. 각 조사지에서는 서어나무가 우점하고 있는 산림을 대상으로 각 5개소의 방형구를 설치하여 조사하였다. 식생조사는 수목 층위를 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 수종명, 흉고직경(DBH), 수고, 수관폭을 조사하였다. 초본류는 Braun-Blanquet 방법(Kim *et al.*, 1987)으로 균도와 우점도를 구하였다. 조사된 자료는 다음 산식과 같이 Curtis and McIntosh(1951)의 상대우점도(Importance Percentage; I.P) 및 평균상대우점도(Mean Importance Percentage; M.I.P), Shannon의 종다양도(Species Diversity; H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(Evenness; J'), 우점도(Dominance; 1-J'), Whittaker(1956)의 유사도지수(Similarity Index; S.I)를 산출하였다.

$$\text{상대밀도(R.D., \%)} = \frac{\text{어느 한 수종의 밀도}}{\text{전체 수종의 밀도}} \times 100$$

$$\text{상대피도(R.C., \%)} = \frac{\text{어느 한 수종의 피도}}{\text{전체 수종의 피도}} \times 100$$

$$\text{상대우점도(I.P., \%)} = \frac{(\text{상대밀도} + \text{상대피도})}{2}$$

$$\text{평균상대우점도(M.I.V., \%)} = \frac{(\text{상층IV} \times 3 + \text{중층IV} \times 2 + \text{하층IV} \times 1)}{6}$$

$$\text{종다양도(H')} = -\sum \left\{ \left(\frac{n}{N} \right) \times \log \left(\frac{n}{N} \right) \right\}$$

$$\text{최대종다양도(H'max)} = \log_{10} S$$

$$\text{균재도(J')} = \frac{H'}{H'max}$$

$$\text{우점도(D)} = 1 - J'$$

$$\text{유사도지수(S.I., \%)} = \frac{2C}{S1 + S2} \times 100$$

$$\text{상이도지수(DSI, \%)} = 100 - S1$$

단, n = 어느 한 종의 개체수, N = 전체종의 개체수, S = 종수

S1 = 조사구 A에서 출현한 수종의 총 개체 수

S2 = 조사구 B에서 출현한 수종의 총 개체 수

C = 조사구 A와 조사구 B의 공통 수종에 있어서의 양 조사구 중 그 양이 적은 것의 합계

4. 토양조사

토양조사는 조사구별로 토양시료를 채취하여 pH, 유기물, 유기인산, 양이온치환용량(Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺), 전기전도도를 농업기술연구소의 토양화학분석법에 따라 분석하였다(Agricultural Technology Institute, 1988). 토양 분석 결과를 이용하여 토양의 화학적 특성과 식물군집 간의 상관관계를 분석하였다.

5. 수목 연륜 및 성장량

수목의 연륜 및 성장량 분석을 위해 각 조사지역별로 평균 흉고직경을 가지는 수목을 대상으로 표본목을 한 그루 선정하여 높이 1.2m에서 목편을 채취한 후 연륜 및 성장량을 측정하였다. 수령은 서어나무가 1.2m까지 자라는데 걸리는 시간 4년을 더하여 산정하였다.

결과 및 고찰

1. 대상지 현황

1) 삼육대 서어나무군집

삼육대 서어나무군집은 삼육대학교 서쪽 불암산 산록 하부에 위치하고 있으며, 삼육대학교 캠퍼스까지 450m, 불암산의 주등산로인 제명호 옆 등산로로부터 80m 떨어져있는 지역에 위치하고 있다. 해발고도는 114~134m이다. 이곳은 2004년 서울시 생태경관보전지역으로 지정된 곳이다. 그러나 2004년도에 발생한 참나무시들음병으로 감염된 신갈나무를 벌채하고 혼중처리를 한 지역에 매우 근접해 있어 이로 인해 주변에 나지가 많이 형성되어 다른 식물들의 이입이 활발할 것으로 예상되는 지역이다. 또한 대상지 가까이 불암산 주등산로가 형성되어 있고 조사구지역에는 보조등산로가 있어 사람들의 접근이 많아 식생의 교란도 예상되는 등 숲 관리에 주의가 필요한 지역이다.



Figure 2. Photo of *Carpinus Laxiflora* Communities in Sahmyook Univ. site

2) 도봉산 서어나무군집

도봉산 서어나무군집은 대상지에서 도봉산역까지 500m, 남서쪽 도봉산 만남의 광장까지 230m 이격되어 있는 도봉산 등산로 초입의 낮은 구릉에 위치하고 있다. 남쪽으로는 등산객을 위한 주차장이 인접되어 있고, 북쪽으로는 주말농



Figure 3. Photo of *Carpinus Laxiflora* Communities in Mt. Dobong site

장과 작은 농로 하나를 사이에 두고 이격되어 있다. 해발고도는 62~81m이며 대상지 내부로는 등산로가 따로 없어서 사람들의 왕래는 많지 않다. 하지만 도시지역과 인접해 있어 과거 현사시나무, 밤나무 등 다양한 수종을 조림하였고, 현재도 일본목련 등의 이입종이 쉽게 관찰되는 등 식생교란이 활발한 지역이다.

3) 진관동 서어나무군집

진관동 서어나무군집은 서울시 은평구 은평뉴타운 내부에 있는 진관근린공원에 위치하고 있다. 은평뉴타운이 조성되기 전에는 서울과 경기도 경계의 63번 국도변에 위치한 작은 구릉지성 산림지로서 사람들의 출입이 거의 없는 지역이었다. 해발고도는 58~71m이다. 이 지역은 은평뉴타운 내부에 위치하고 있지만 대상지의 대부분이 군사시설보호지역으로 지정되어 있어 사람들의 접근은 많지 않다.



Figure 4. Photo of *Carpinus Laxiflora* Communities in Jinkwandong site

2. 식물상

연구대상지별 식물상 현황은 Table 1과 같다. 삼육대 서어나무군집에서는 22과 31종의 식물이 관찰되었고, 이중 목본 귀화식물은 3과 3종이 조사되었다. 초본 귀화식물은 관찰되지 않았다(Appendix 1). 도봉산 서어나무군집에서

Table 1. The flora of study sites

	Sahmyook Univ.	Mt. Dobong	Jinkwandong
No. of family	22	20	21
No. of species	31	31	30
No. of natural plant family	3	3	-
No. of natural plant species	3	3	-

조사된 식물은 20과 31종이고, 목본 귀화식물은 3과 3종이며, 초본 귀화식물이 관찰되지 않았다(Appendix 2). 진관동 서어나무군집에서 조사된 식물은 21과 31종이었으며, 귀화식물은 관찰되지 않았다(Appendix 3). 진관동 지역은 군사시설보호지역에 위치하고 있어 사람들의 접근이 쉽지 않아, 귀화식물의 이입이 적은 것으로 판단된다. 삼육대와 도봉산 지역에서는 공통적으로 목본성 귀화식물인 리기다소나무, 일본목련, 아까시나무가 출현하였다.

3. 식물군집구조 분석

1) 상대우점도 분석

(1) 삼육대 지역

삼육대 지역 서어나무군집에서는 교목층에서 서어나무가 상대우점도(I.P.) 75.57%로서 우점하였고, 리기다소나무(8.23%), 굴참나무(8.06%), 신갈나무(4.11%), 산벚나무(4.03%) 순서로 나타났다. 아교목층에서는 서어나무의 상대우점도가 78.45%로 가장 높았고, 팔배나무(12.54%), 쪽

동백나무(5.68%), 산벚나무(3.32%) 순으로 나타났다. 관목층에서는 철쭉이 상대우점도 32.65%로 우점하였고 상대우점도 20.37%인 서어나무와 경쟁하고 있다. 기타 팔배나무(7.56%), 쪽동백나무(6.10%), 굴참나무(4.59%) 등이 동반하여 출현하고 있다(Table 2).

삼육대 지역은 서어나무가 교목층, 아교목층에서 높은 우점도를 보이고 관목층에서도 고르게 분포하고 있어 군집구조 분석결과로는 계속해서 서어나무가 우점하는 숲으로 유지될 것으로 예상된다. 그러나 산성토양과 무기영양소유기물 함량이 낮고 건조한 곳에서 잘 자라는 팔배나무와 쪽동백나무(Lee J.B., 1996)가 출현하고 있고, 관목층에서는 일본목련, 은행나무 등과 같은 이입 수종들이 나타나고 있어 식생교란이 예상된다.

(2) 도봉산 지역

도봉산 지역 서어나무군집에서는 교목층에서 현사시나무와 서어나무가 각각 상대우점도 33.81%, 29.73%로 우점하고 있고, 아까시나무(18.87%), 밤나무(10.15%), 신갈나무(5.68%), 리기다소나무(1.76%) 순서로 나타났다. 아교목

Table 2. Importance Percentage of species in Sahmyook Univ.

(unit : %)

Common name	Scientific name	C*	U*	S*	M*
굴참나무	<i>Quercus variabilis</i> BL	8.06	-	4.59	4.79
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i> MILL.	8.23	-	-	4.11
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> REHDER	4.03	3.32	1.22	3.32
서어나무	<i>Carpinus laxiflora</i> BL.	75.57	78.45	20.37	67.33
신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> FISCH.	4.11	-	3.44	2.63
쪽동백나무	<i>Styrax obassia</i> S. et Z.	-	5.68	6.10	2.91
팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i> K. KOCH	-	12.54	7.56	5.44
개울나무	<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.	-	-	5.24	0.87
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL	-	-	2.11	0.35
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i> S. et Z.	-	-	0.30	0.05
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> OHWI	-	-	0.94	0.16
다릅나무	<i>Maackia amurensis</i> RUPR. et MAXIM.	-	-	0.43	0.07
털팽나무	<i>Viburnum erosum</i> THUNB.	-	-	3.03	0.50
매죽나무	<i>Styrax japonica</i> S. et Z.	-	-	0.65	0.11
물푸레나무	<i>Fraxinus rhyrachophylla</i> HANCE	-	-	0.58	0.10
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. et Z.	-	-	0.19	0.03
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i> CARRUTH.	-	-	1.48	0.25
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i> BL.	-	-	1.86	0.31
아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	-	-	1.06	0.18
은행나무	<i>Ginkgo biloba</i> L.	-	-	0.38	0.06
일본목련	<i>Magnolia obovata</i> THUNB.	-	-	0.75	0.13
작살나무	<i>Callicarpa japonica</i> THUNB.	-	-	0.20	0.03
줄참나무	<i>Quercus serrata</i> THUNB.	-	-	0.19	0.03
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.	-	-	4.24	0.71
참빗살나무	<i>Euonymus sieboldiana</i> BL.	-	-	0.45	0.08
철쭉꽃	<i>Rhododendrons chippenbachii</i> MAXIM	-	-	32.65	5.44

*C: canopy importance value U: understory importance value S: shrub importance value M: mean importance value

층에서는 서어나무의 상대우점도가 65.81%로 우점하였고, 팔배나무(9.22%), 밤나무(8.81%), 단풍나무(6.15%) 등이 동반해서 출현하였다. 관목층에서는 서어나무(23.74%), 현사시나무(17.90%), 팔배나무(17.04%), 단풍나무(8.18%), 밤나무(6.64%), 신갈나무(4.73%) 등의 순서로 분석되었다 (Table 3).

이 지역은 자연림에 현사시나무, 아까시나무, 밤나무를 인공식재한 지역이지만 서어나무림으로 천이가 일어나고 있는 곳이다. 또한 관목층에서는 사철나무, 일본목련, 쥐똥나무 등과 같이 주변 도시지역에 유입된 것으로 보이는 이엽종들이 나타나고 있어 식생교란이 진행 중이다.

(3) 진관동 지역

진관동 지역 서어나무군집에서는 교목층에서 서어나무의 상대우점도가 54.21%로 우점하고 있고, 상수리나무(11.60%), 신갈나무(9.83%), 굴참나무(9.69%), 산벚나무(8.10%), 팔배나무(2.97%), 밤나무(2.65%), 소나무(0.95%)가 동반해서 출현하였다. 아교목층에서도 서어나무의 상대우점도가 86.22%로 우점하고 있고, 산벚나무(5.21%), 팔배나무(4.65%) 등이 출현하였다. 관목층에서도 서어나무의 상대우점도가 43.26%로 우점하고 있고, 단풍나무(15.33%), 상수리나무(7.70%) 등이 동반해서 출현하고 있다(Table 4).

따라서 진관동 지역은 교목층, 아교목층, 관목층에서 고르게 서어나무가 우점하고 있고, 특별한 교란종이 나타나지 않아 앞으로 계속해서 서어나무림으로 유지될 것으로 예상된다.

2) 종다양도 분석

종다양도 분석은 3개 조사대상지에서 조사한 각각 5개 조사구(100m² 기준)를 대상으로 산정하였다. 종다양도 분석 결과 삼육대 3조사구의 종다양도가 1.0947로 가장 높았고, 진관동 4조사구가 0.6010으로 가장 낮았다. 이는 삼육대 3조사구가 18종으로 조사구 중 가장 다양한 식물종이 관찰되었고, 진관동 4조사구는 가장 적은 10종이 나타났기 때문이다. 균재도는 도봉산 1조사구가 0.9498로 가장 높았고, 진관동 4조사구가 0.6010으로 가장 낮았다. 이것은 도봉산 1조사구의 평균상대우점도가 서어나무(36.25%), 밤나무(17.78%), 현사시나무(16.50%), 아까시나무(13.25%)와 같이 여러 종과 개체수가 고르게 분포하기 때문이며, 진관동 4조사구의 경우 서어나무의 평균상대우점도가 67.79%로 한 종에 편중되어 있기 때문이다(Table 5).

Table 5의 평균값에서 각 지역의 최대종다양도와 종다양도의 차이는 삼육대 0.1843, 도봉산 0.2171, 진관동 0.2566

Table 3. Importance Percentage of species in Mt. Dobong

(unit:%)

Common name	Scientific name	IC*	U*	S*	M*
리기다소나무	<i>Pinus rigida</i> MILL.	1.76	-	-	0.88
밤나무	<i>Castanea crenata</i> S. et Z.	10.15	8.81	6.64	9.12
서어나무	<i>Carpinus laxiflora</i> BL.	29.73	65.81	23.74	40.76
신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> FISCH.	5.68	3.94	4.73	4.94
아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	18.87	2.88	2.47	10.81
현사시나무	<i>Populus × albaglandulosa</i>	33.81	-	17.90	19.89
단풍나무	<i>Acer palmatum</i> THUNB.	-	6.15	8.18	3.41
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> REHDER	-	1.17	0.92	0.54
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i> CARRUTH.	-	2.01	0.44	0.74
팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i> K. KOCH	-	9.22	17.04	5.91
갈참나무	<i>Quercus aliena</i> BL.	-	-	1.23	0.21
개웃나무	<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.	-	-	0.11	0.02
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL	-	-	3.54	0.59
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> OHWI	-	-	2.11	0.35
덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i> THUNB.	-	-	0.72	0.12
사철나무	<i>Euonymus japonica</i> THUNB.	-	-	0.79	0.13
일본목련	<i>Magnolia obovata</i> THUNB.	-	-	0.15	0.02
졸참나무	<i>Quercus serrata</i> THUNB.	-	-	1.05	0.18
쥐똥나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i> S. et Z.	-	-	0.11	0.02
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.	-	-	1.71	0.28
철쭉	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> MAXIM.	-	-	4.64	0.77
회나무	<i>Euonymus sachalinensis</i> MAXIM	-	-	1.77	0.30

*C: canopy importance value U: understory importance value S: shrub importance value M: mean importance value

Table 4. Importance Percentage of species in Jinkwan

(unit:%)

Common name	Scientific name	C*	U*	S*	M*
굴참나무	<i>Quercus variabilis</i> BL.	9.69	-	4.38	5.58
밤나무	<i>Castanea crenata</i> S. et Z.	2.65	-	-	1.32
산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> REHDER	8.10	5.21	-	5.78
상수리나무	<i>Quercus acutissima</i> CARRUTH.	11.60	-	7.70	7.08
서어나무	<i>Carpinus laxiflora</i> BL.	54.21	86.22	43.26	63.05
소나무	<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	0.95	-	-	0.48
신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> FISCH.	9.83	2.05	2.49	6.01
팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i> K. KOCH	2.97	4.65	4.27	3.75
단풍나무	<i>Acer palmatum</i> THUNB.	-	1.87	15.33	3.18
개웃나무	<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.	-	-	5.21	0.87
국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL	-	-	2.86	0.48
노간주나무	<i>Juniperus rigida</i> S. et Z.	-	-	1.90	0.32
노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> OHWI	-	-	0.56	0.09
털찔나무	<i>Viburnum erosum</i> THUNB.	-	-	0.52	0.09
사철나무	<i>Euonymus japonica</i> THUNB.	-	-	0.41	0.07
산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. et Z.	-	-	2.61	0.43
생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i> BL.	-	-	0.81	0.14
진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.	-	-	7.69	1.28

*C: canopy importance value U: understory importance value S: shrub importance value M: mean importance value

Table 5. Species diversity index of each survey sites

site	Sahmyook Univ.				Mt. Dobong				Jinkwan			
	(H*)	(H*max*)	(J*)	(D*)	(H*)	(H*max*)	(J*)	(D*)	(H*)	(H*max*)	(J*)	(D*)
1	0.9301	1.0792	0.8619	0.1381	1.0886	1.1461	0.9498	0.0502	0.7935	1.0792	0.7353	0.2647
2	1.0372	1.2304	0.8429	0.1571	0.6792	1.0000	0.6792	0.3208	0.7592	1.0000	0.7592	0.2408
3	1.0947	1.2553	0.8721	0.1279	0.7501	1.0000	0.7501	0.2499	0.7974	0.9031	0.8830	0.1170
4	0.8409	1.0792	0.7792	0.2208	0.9109	1.1139	0.8177	0.1823	0.6010	1.0000	0.6010	0.3990
5	0.9338	1.1139	0.8383	0.1617	0.8598	1.1139	0.7719	0.2281	0.7483	1.0000	0.7483	0.2517
Avg.	0.9673	1.1516	0.8389	0.1611	0.8577	1.0748	0.7937	0.2063	0.7399	0.9965	0.7454	0.2546

*H: species diversity Hmax: max species diversity J: evenness D: dominance

으로 나타났다. 한 군집 내에서 최대종다양도에 대하여 종다양도의 값이 근접할수록 안정 상태를 이루고, 값이 멀어질수록 식생구조는 불안정하다(Pielou, 1975). 그러므로 종다양도 분석결과 삼육대 지역이 3개 연구대상지역 중 가장 안정 상태를 이루고 있다고 볼 수 있다. 종다양도, 최대종다양도, 균재도는 진관동, 도봉산, 삼육대로 갈수록 높아지고, 우점도는 진관동, 도봉산, 삼육대 지역으로 갈수록 낮아진다. 그러므로 산림이 극상림으로 안정화가 진행될 경우 우점도는 높아지고 종다양도는 낮아진다(Choi et al., 1997)는 기존의 연구 성과와 비교해 볼 때 삼육대지역이 가장 먼저 안정화되었고, 다음으로 도봉산지역, 진관동 지역의 순서로 안정화되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 최근 삼육대 지역은 귀화식물의 출현 정도가 높고, 참나무시들음병이 발생하여 참나무를 벌채한 곳을 중심으로 나지화된 지역이 많아지고

있어, 이입식물이 증가할 것으로 예상되므로 다양한 간섭에 의한 산림생태계의 교란이 예상된다. 또한 2008년에는 서어나무에서도 참나무시들음병의 매개곤충인 광릉긴나무좀이 발견되어 특별한 대책이 수립되지 않을 경우 서어나무군집의 지속적인 유지가 어려울 것으로 예상되고 있다(Seoul Metropolitan Government, 2008).

3) 유사도 분석

지역별 서어나무군집의 유사도를 분석한 결과 삼육대-도봉산 지역 30.80%, 진관동-삼육대 지역 40.02%, 도봉산-진관동 지역이 29.40%로 나타났다. 군집간의 유사도지수가 0.8(80%)이상일 때는 동질적인 집단이고, 0.2(20%)미만일 때는 서로 이질적인 집단으로 분류하고(Whittaker, 1956), 종 분포가 비슷할수록 유사도지수는 높게 나타난다(Cox,

Table 6. The similarity and dissimilarity index of study sites

Sites	Sahmyook Univ.	Mt. Dobong	Jinkwandong
Sahmyook Univ.		69.20*	57.98*
Mt. Dobong	30.80		70.60*
Jinkwandong	42.02	29.40	

* : Dissimilarity index

1976). 도봉산-진관동 지역의 유사도지수가 낮은 이유는 도봉산의 경우 교목층에서 서어나무 이외에도 리기다소나무, 밤나무, 아까시나무, 현사시나무와 같은 조림수종들이 다수 출현하고, 진관동은 굴참나무, 산벚나무, 팔배나무 등과 같은 자연수종들이 다수 분포하고 있어 종분포가 이질적이기 때문이다. 진관동-삼육대 지역의 유사도지수가 높은 이유는 진관동과 삼육대 지역 모두 서어나무 외에도 유사한 자연수종이 동반해서 출현하여 종분포가 동질적이기 때문이다.

4) 토양분석

연구대상지에 대한 토양분석 결과는 Table 7과 같다. 조사지역 모두 산성토양으로 분석되었으며, 삼육대 pH4.25, 도봉산 pH4.47, 진관동지역 pH4.55로서 삼육대 지역의 산성도가 가장 높고, 진관동 지역이 가장 낮게 나타났다.

각 조사지점별 토양특성과 종다양성의 상관관계를 분석한 결과는 Table 8과 같다. 분석결과 토양산도(pH), 유기인산(Avail.-P), 전기전도도(EC)는 다소 상관관계가 있었으며 나머지 요소들은 뚜렷한 상관관계가 없었다. pH와 종다양성은 상관계수 -0.53974로 중간 정도 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 이는 토양 pH가 유기물의 분해에 관여하는 미생물의 활성이나 양분 유효도에 영향을 미치기 때문인 것으로 생각된다. 종다양성과 유기인산(Avail.-P), 전기전도도(EC)와의 상관계수는 각각 0.426304, 0.425719로 낮은 양의 상관관계를 보였다. 전체적으로 토양특성과 서울지역 서어나무군집의 종다양성 간에는 특별한 유의적 상관관계는 없는 것으로 분석되었다.

5) 수목 연륜 및 성장량 분석

Table 7. The characteristics of soil in study sites

Sites	pH (1:5)	Humus (g/kg)	Avail.-P (mg/kg)	Ca (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	EC* (dS/m)	
Sahmyook Univ.	1	4.16	43	30	0.11	0.4	0.1	1.1
	2	4.24	33	19	0.12	0.4	0.2	1.0
	3	4.27	22	29	0.1	0.3	0.1	0.6
	4	4.23	43	19	0.15	0.5	0.2	1.0
	5	4.35	40	27	0.16	0.3	0.2	0.7
Mt. Dobong	1	4.54	42	30	0.07	0.4	0.1	0.4
	2	4.56	28	17	0.09	0.5	0.2	0.4
	3	4.47	45	18	0.17	0.3	0.2	0.5
	4	4.43	39	18	0.21	0.6	0.2	0.5
	5	4.36	43	23	0.21	0.9	0.4	0.5
Jinkwan	1	4.59	29	18	0.15	1.1	0.2	0.3
	2	4.54	56	20	0.16	1.7	0.3	0.5
	3	4.58	45	38	0.12	0.7	0.2	0.4
	4	4.51	34	16	0.04	0.1	0.1	0.3
	5	4.53	52	27	0.11	1.0	0.3	0.6

* EC : Electronic Conductivity

Table 8. Correlation between species diversity and soil of study sites

	pH	Humus	Avail.-P	Ca	K	Mg	EC*
correlation coefficient	-0.53974	-0.23313	0.426304	0.068927	-0.2383	-0.28395	0.425719

* EC : Electronic Conductivity

서어나무군집 표본목에 대한 수목 성장량 및 연륜 분석 결과 삼육대 지역은 흉고직경 19cm, 수고 13m, 수령은 46년이었으며, 성장상태는 초기, 중기의 성장량은 비교적 양호하였지만 최근에는 다소 성장량이 둔화되었다(Figure 5). 도봉산지역 표본목은 흉고직경 20cm, 수고 13m, 수령은 35년이었으며, 성장상태는 초기, 중기의 성장량은 비교적 양호하였으나 최근의 성장이 다소 좋지 않았다(Figure 6). 진관동 지역의 표본목은 흉고직경 20cm, 수고 13m, 수령은 35년이었으며, 성장상태는 초기, 중기의 성장량은 비교적 양호하였으나 다른 지역과 마찬가지로 최근의 성장량은 다소 불량하였다(Figure 7). 전체적으로 서울지역 서어나무군집의 서어나무 수령은 35년생 이상의 녹지자연도 8등급에

해당하는 것으로 분석되었으며, 최근 성장이 둔화되고 있는 것으로 나타났다.

결론

서어나무군집은 일반적으로 우리나라 온대 산림지역의 대표적인 극상림으로 알려져 있다. 이와 같은 이유로 인해 도시화가 심각하여 숲에 대한 인간간섭 정도가 다른 지역에 비해 심각한 서울 지역의 경우 서어나무군집이 산림내부에 남아있는 경우가 매우 드문 실정이다. 그동안의 연구에서 서울지역에는 총 3개소의 서어나무군집지역이 분포하는 것

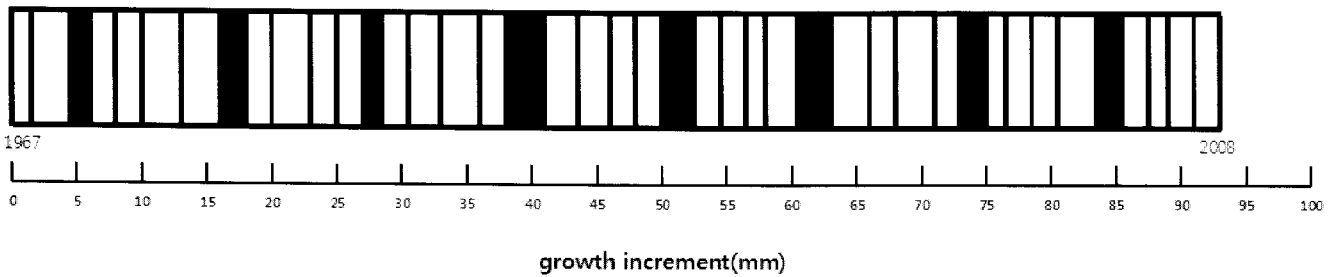


Figure 5. The growth increment of tree specimen in Sahmyook Univ.

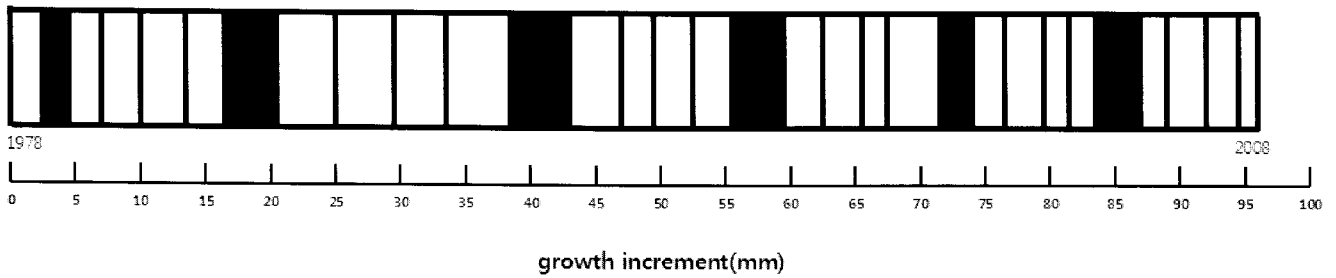


Figure 6. The growth increment of tree specimen in Mt. Dobong

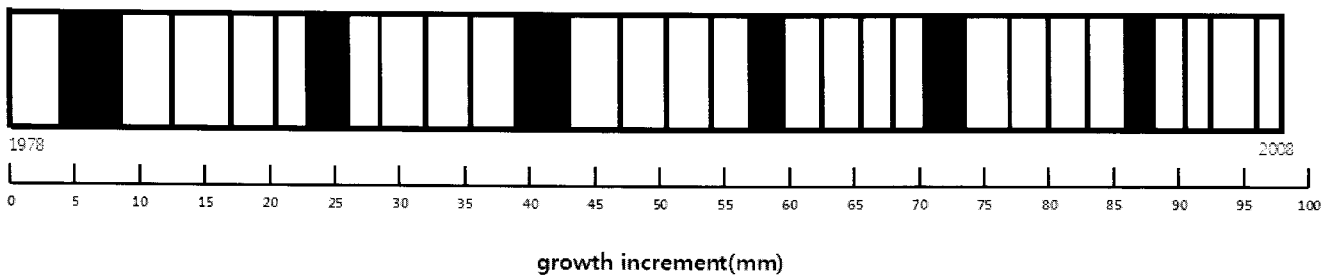


Figure 7. The growth increment of tree specimen in Jinkwan

으로 조사되었으며, 그 면적 또한 전체 면적이 1ha 미만으로 매우 작은 것으로 알려져 있다.

본 연구를 통해 서울 지역 서어나무군집에 대한 군집구조 및 토양특성, 수목 성장량 등을 조사·분석한 결과 현재 남아있는 서어나무군집의 경우 최근 성장 속도가 둔화되고 있는 것으로 분석되었으며 토양의 산성도는 심각한 것으로 나타났다. 또한, 산림 내 외래종의 이입에 따른 식생교란도 진행되고 있었다. 서울 지역에서 가장 넓은 서어나무군집이 분포하는 삼육대 지역의 경우 주변 참나무림에 참나무시들음병 피해가 발생하여 산림 내부에 나지가 발생하고 있어 외래종의 이입속도는 더욱 빨라질 것으로 예상된다. 더욱이 이 지역의 서어나무 자체도 참나무시들음병 매개곤충인 광릉긴나무좀의 피해를 받고 있어, 특별한 대책이 마련되지 않는 한 향후 서어나무군집의 존립자체가 불투명한 실정이다. 군집구조 분석의 경우에도 산성토양과 건조한 토양에서 잘 자라는 팔배나무, 쪽동백나무 등의 세력이 커지고 있어, 서어나무군집 유지에 불리한 조건이 되고 있다.

서울시에서는 서울 지역 내에서 서어나무군집의 희귀성을 감안하여 삼육대 지역 서어나무군집지역을 생태경관보전지역으로 지정하여 관리하고 있으나, 현재와 같은 병충해 피해 및 외래종에 의한 산림교란이 계속 진행될 경우 생태경관보전지역의 해제 등과 같은 극단적인 사태도 발생할 수 있을 것으로 우려된다. 따라서 이와 같은 문제점을 예방하기 위해서는 현재 남아있는 서어나무군집에 대한 정밀조사와 연차적인 모니터링, 산림토양 개량, 서어나무군집을 훼손하지 않도록 하는 병충해 방제, 서어나무군집을 훼손할 우려가 있는 등산로의 이설 등과 같은 대책을 마련하여 서어나무군집 보전을 통한 서울지역 생물다양성 확보 방안 추진이 필요하다.

인용문헌

- Agricultural Technology Institute (1988) Soil Chemical Analysis Method. Korea Rural Development Administration
- Cho, H.B., Lee, K.S., Choi, Y.K.(1985) The analysis of climax forest soil and soil microbe, Bulletin of Environmental Science, Vol6, Hanyang Univ., Seoul
- Choi, S.H., K.J. Song and K.J. Lee(1997) The Vegetation Structure of *Fraxinus mandshurica* Community in Mt. Minjuji, Youngdong-gun, Chungcheongbuk-do. Korean Journal of Environment and Ecology 11(2):166-176.
- Cox, G. W.(1976) Laboratory manual of general ecology. Wn. C. Brown Co. 232pp.
- Curtis, J.T., McIntosh, R.P., An upland forest continuum in the prairieforest border region of Wisconsin. Ecology 32(3):476-496
- Kim, M.J., Kim, C.S., Park B.K.(1985) The Survey Method for Vegetation. Ilsinsa, Seoul, 24-27pp.
- Lee, C.B.(2003) Coloured flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul.56.
- Lee, J.B.(1996) Ecological characteristics and new cultivars of Korean mountain Ash(*Sorbus alnifolia* K.) for landscape uses. Ph. D. thesis, Sungkyunkwan Univ., 36-38pp.
- Lee, K.J., Cho, J.C., Lee, B.S., Lee, D.S.(1990) The plants community of Kwangnung forest(I)- Analysis of vegetation in Soribong area, Journal of Korean Forest Society 79(2):173-186
- Lee, K.J., Cho, W., Han, B.H.(1996) Restoration and status of urban ecosystem in Seoul - Plant community structure in forest area, Korean Journal of Environment and Ecology 10(1):113-127.
- Lee, K.J., Choi, S.H., Cho, J.C.(1992) The plants community of Kwangnung forest(II)- Analysis of vegetation in Soribong area, Journal of Korean Forest Society 81(3):214-223
- Pielou, E.C.(1975) Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 165pp.
- Ryou, Y.H., Park, S.T., Lee, C.S., Kim, J.H.(1996) The modeling of succession for Kwangnung forest by GAP model, Journal of Korean Ecology Society 19(6):499-506
- Seoul Metropolitan Government(2008) Establishment of Management Plan in Mt. Bulam Ecosystem and Landscape Conversion Area, 20-22pp.
- Yim, K.B.(2001) Stand up, trees!. Darunsang, Seoul, 52pp.
- Whittaker, R. H(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogra. 26: 1-80.

Appendix 1. Plants of Sahmyook Univ. study site

	Family name	Common name	Scientific name
면마과	Aspidiaceae	뱀고사리	<i>Athyrium yokoscense</i> H. CHRIST.
은행나무과	Ginkgoaceae	은행나무	<i>Ginkgo biloba</i> L.
소나무과	Pinaceae	리기다소나무	<i>Pinus rigida</i> MILL.*
측백나무과	Cupressaceae	노간주나무	<i>Juniperus rigida</i> S. et Z.
벼과	Gramineae	큰기름새	<i>Spodiopogon sibiricus</i> TRINIUS
		주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i> ROEM. et SCHULT.
사초과	Cyperaceae	산거울	<i>Carex humilis</i> LEYSS.
자작나무과	Betulaceae	서어나무	<i>Carpinus laxiflora</i> BL.
참나무과	Fagaceae	굴참나무	<i>Quercus variabilis</i> BL.
		신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> FISCH.
		상수리나무	<i>Quercus acutissima</i> CARRUTH.
		졸참나무	<i>Quercus serrata</i> THUNB.
목련과	Magnoliaceae	일본목련	<i>Magnolia obovata</i> THUNB.*
녹나무과	Lauraceae	생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i> BL.
장미과	Rosaceae	산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> REHDER
		팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i> (S. et Z.) K. KOCH
		국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL
콩과	Leguminosae	다릅나무	<i>Maackia amurensis</i> RUPR. et MAXIM.
		아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.*
운향과	Rutaceae	산초나무	<i>Zanthoxylum chinifolium</i> S. et Z.
개웃나무과	Anacardiaceae	개웃나무	<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.
노박덩굴과	Celastraceae	참빛살나무	<i>Euonymus sieboldiana</i> BL.
진달래과	Ericaceae	진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.
		철쭉	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> MAXIM.
노린재나무과	Symplocaceae	노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> OHWI
매죽나무과	Styracaceae	쪽동백나무	<i>Styrax obassia</i> S. et Z.
		매죽나무	<i>Styrax japonica</i> S. et Z.
물푸레나무과	Oleaceae	물푸레나무	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> HANCE
마편초과	Verbenaceae	작살나무	<i>Callicarpa japonica</i> THUNB.
인동과	Caprifoliaceae	덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i> THUNB.
백합과	Liliaceae	청가시덩굴	<i>Smilax sieboldii</i> MIQUEL

Appendix 2. Plants of Mt. Dobong study site

	Family name	Common name	Scientific name
면마과	Aspidiaceae	뱀고사리	<i>Athyrium yokoscense</i> H. CHRIST.
소나무과	Pinaceae	리기다소나무	<i>Pinus rigida</i> MILL.*
벼과	Gramineae	주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i> ROEM. et SCHULT.
사초과	Cyperaceae	산거울	<i>Carex humilis</i> LEYSS.
버드나무과	Salicaceae	현사시나무	<i>Populus × albaglandulosa</i> LEE
자작나무과	Betulaceae	서어나무	<i>Carpinus laxiflora</i> BL.
참나무과	Fagaceae	밤나무	<i>Castanea crenata</i> S. et Z.
		신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> FISCH.
		상수리나무	<i>Quercus acutissima</i> CARRUTH.
		갈참나무	<i>Quercus aliena</i> BL.
		졸참나무	<i>Quercus serrata</i> THUNB.
목련과	Magnoliaceae	일본목련	<i>Magnolia obovata</i> THUNB.*
장미과	Rosaceae	산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> REHDER
		팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i> (S. et Z.) K. KOCH

Appendix 2. (Continued)

Family name		Common name	Scientific name
		국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL
콩과	Leguminosae	아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.*
웃나무과	Anacardiaceae	개웃나무	<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.
노박덩굴과	Celastraceae	사철나무	<i>Euonymus japonica</i> THUNB.
		회나무	<i>Euonymus sachalinensis</i> (FR. SCHM.) MAXIM.
단풍나무과	Aceraceae	단풍나무	<i>Acer palmatum</i> THUNB.
포도과	Vitaceae	담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> PLANCH.
제비꽃과	Violaceae	고깔제비꽃	<i>Viola rossii</i> HEMSL.
진달래과	Ericaceae	진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.
		철쭉	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> MAXIM.
노린재나무과	Symplocaceae	노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> OHWI
물푸레나무과	Oleaceae	취퐁나무	<i>Ligustrum obtusifolium</i> S. et Z.
인동과	Caprifoliaceae	덜꿩나무	<i>Viburnum erosum</i> THUNB.
백합과	Liliaceae	청가시덩굴	<i>Smilax sieboldii</i> MIQUEL
		청미래덩굴	<i>Smilax china</i> L.
		밀나물	<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i> HARA et. KOYAMA
		애기나리	<i>Disporum smilacinum</i> A. GRAY

Appendix 3. Plants of Jinkwan study site

Family name		Common name	Scientific name
면마과	Aspidiaceae	뱀고사리	<i>Athyrium yokoscense</i> H. CHRIST.
소나무과	Pinaceae	소나무	<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.
측백나무과	Cupressaceae	노간주나무	<i>Juniperus rigida</i> S. et Z.
벼과	Gramineae	큰기름새	<i>Spodiopogon sibiricus</i> TRINIUS
사초과	Cyperaceae	산거울	<i>Carex humilis</i> LEYSS.
자작나무과	Betulaceae	서어나무	<i>Carpinus laxiflora</i> BL.
참나무과	Fagaceae	굴참나무	<i>Quercus variabilis</i> BL.
		밤나무	<i>Castaneacrenata</i> S. et Z.
		상수리나무	<i>Quercus cutissima</i> CARRUTH.
		신갈나무	<i>Quercus mongolica</i> FISCH.
녹나무과	Lauraceae	생강나무	<i>Lindera obtusiloba</i> BL.
장미과	Rosaceae	산벚나무	<i>Prunus sargentii</i> REHDER
		팔배나무	<i>Sorbus alnifolia</i> (S. et Z.) K. KOCH
		국수나무	<i>Stephanandra incisa</i> ZABEL
운향과	Rutaceae	산초나무	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. et Z.
웃나무과	Anacardiaceae	개웃나무	<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.
노박덩굴과	Celastraceae	사철나무	<i>Euonymus japonica</i> THUNB.

Appendix 3. (Continued)

	Family name	Common name	Scientific name
단풍나무과	Aceraceae	단풍나무	<i>Acer palmatum</i> THUNB.
포도과	Vitaceae	개머루	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i> HARA
		담쟁이덩굴	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> PLANCH.
제비꽃과	Violaceae	고깔제비꽃	<i>Viola rossii</i> HEMSL.
노루발과	Pyrolaceae	노루발	<i>Pyrola japonica</i> KLENZE
진달래과	Ericaceae	진달래	<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ.
노린재나무과	Symplocaceae	노린재나무	<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>leucocarpa</i> for. <i>pilosa</i> OHWI
인동과	Caprifoliaceae	털꿩나무	<i>Viburnum erosum</i> THUNB.
국화과	Compositae	맑은대쭉	<i>Artemisia keiskeana</i> MIQUEL
		이고들빼기	<i>Youngia denticulata</i> KITAMURA
		씀바귀	<i>Ixeris dentata</i> NAKAI
백합과	Liliaceae	청가시덩굴	<i>Smilax sieboldii</i> MIQUEL
백합과	Liliaceae	청미래덩굴	<i>Smilax china</i> L.