

우리나라 서어나무 임분의 군집구조와 식생천이^{1a}

변성엽² · 윤충원^{2*}

Community Structure and Vegetation Succession of *Carpinus laxiflora* Forest Stands in South Korea^{1a}

Seong-Yeob Byeon², Chung-Weon Yun^{2*}

요 약

산림천이는 몇 단계의 산림생태계 변화과정을 거쳐 최종단계인 극상림에 도달하는 것으로 우리나라 온대림의 극상림을 이루는 대표 수종이 서어나무라고 하는 많은 연구결과가 제시되어 왔다. 특정지역 또는 국지적으로 나타나는 서어나무의 상관 군락을 대상으로 식생구조와 천이과정의 연구가 주를 이루고 있고 우리나라 온대림의 극상림으로서 서어나무를 제시한다는 것은 논란이 있을 수 있다. 따라서 본 연구는 2014년부터 2017년까지 17개산 75개소의 서어나무림을 대상으로 식생유형과 층위구조를 파악하고 이에 따른 생태적 천이경향을 구명하고자 수행되었다. 유형분류는 식물사회학적 방법에 따라 수행하였으며 층위구조는 중요치를 분석하여 파악하였다. 종조성에 따른 유형분류결과, 총 6개의 식생단위와 9개의 중군 유형으로 분류되었다. 서어나무군락군은 난티나무군락, 개암나무군락(갈참나무군, 개암나무전형군), 철쭉군락(물들메나무군, 개서어나무군, 철쭉전형군)으로 분류되었다. 각 층위별로 중요치를 분석하여 서어나무림의 천이경향을 예측해 본 결과, 서어나무림은 ① 당분간 서어나무림으로 유지되는 유형(식생단위 2, 3, 6), ② 까치박달림으로 천이가 진행되는 유형(식생단위 1, 4), ③ 붉가시나무림으로 천이가 진행되는 유형(식생단위 5)의 총 3가지 천이유형으로 나타났다.

주요어: 식물사회학, 극상림, 군락유형, TWINSPAN, 지표종분석, 중요치

ABSTRACT

Many ecological studies regarding forest succession, which is the process of arriving at climax forest through ecological changes, have suggested that *Carpinus laxiflora* is the leading tree type of the climax forest of temperate zone in South Korea. However, most of these studies on *C. laxiflora* forest have focused on vegetation structure and succession process in specific areas or regional physiognomical forest communities, and thus some may question whether it is rational to consider *C. laxiflora* forest as the climax forest in South Korea's temperate forest zone. The purpose of this study was to analyze the vegetation classification, species composition, and stratum structure and to investigate the succession tendency with the vegetation data collected from *C. laxiflora* forests in 75 quadrates in 17 mountains between 2014 and 2017. We used the phytosociological method to analyze the vegetation structure and the importance value to analyze the stratum

1 접수 2017년 10월 11일, 수정 (1차: 2018년 2월 9일, 2차: 2018년 3월 2일), 게재확정 2018년 3월 16일

Received 11 October 2017; Revised (1st: 9 February 2018, 2nd: 2 March 2014); Accepted 16 March 2014

2 공주대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

a 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2013069D10-1719-AA03)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

* 교신저자 corresponding author Tel: +82-41-330-1305, E-mail: cwyun@kongju.ac.kr

structure. The results showed the floristic composition of 6 vegetation units and 9 species groups. The hierarchy of the *C. laxiflora* community group was represented by the *Ulmus laciniata* community, *Corylus heterophylla* community (subdivided *Quercus aliena* group and *Corylus heterophylla* typical group), and *Rhododendron schlippenbachii* community (subdivided *Fraxinus chiisanensis* group, *Carpinus tschonoskii* group, and *Rhododendron schlippenbachii* typical group). Successional tendency of *C. laxiflora* forest based on the importance of each layer is predicted to be the total of three types such as to maintain the stand (vegetation units 2, 3, and 6), to success the *Carpinus cordata* forest (vegetation units 1 and 4), and to success *Quercus acuta* forest (vegetation unit 5).

KEY WORDS : PHYTOSOCIOLOGY, CLIMAX FOREST, COMMUNITY TYPE, TWINSpan, INDICATOR SPECIES ANALYSIS, IMPORTANCE VALUE

서론

식물천이(Plant succession)는 현장 연구의 한 분야로서 생태학의 가장 오래된 연구 중 하나이다(Buma *et al.*, 2017). 천이(Succession)란 생물상이 시간이 지남에 따라 점차 변화하여 주위환경과 조화를 이룸으로써 생물상의 변화가 거의 없는 안정 상태로 유도되는 과정을 의미한다(Lee *et al.*, 1996a). 또한 천이는 미세환경부터 대륙 또는 분 단위에서 수천 년까지 광범위한 범위에서 진행된다(McCook, 1994). 즉, 생태계 발달과정인 생태학적 천이(Ecological succession)는 지구상에서 발견되는 대부분 유형의 환경에서 발생하며 세부적인 발달과정은 각 생태계의 유형에 따라 다르다(Kimmins, 2004). 또한 온화한 환경에서 천이의 전형적인 경향은 상층이 울폐되어 숲이 성립하는 경향으로 인식되었으며 이러한 경향은 초기 생태학자들에 의해 극상(Climax)이라는 용어로 제시되었다(van der Maarel, 2005). 극상이라는 용어는 천이 경과와 최종 군집 또는 안정 군집으로 정의되며(Krebs, 2008) 극상림(Climax forest)이란 궁극적으로 수종의 변화가 거의 없어지고, 임목들이 충분히 발달하여 생육 입지와 균형을 이루는 산림을 말한다(Lee *et al.*, 1996a, Son *et al.*, 2016).

Carpinus 속은 아시아, 유럽, 북아메리카에 분포하며, 남동아시아에는 다양한 *Carpinus* 속의 식물이 분포하고 있다(Braun *et al.*, 2006). 이중 한국, 중국 중부, 일본에 분포하는 서어나무(*Carpinus laxiflora*)는 온대 지역의 온대림과 이차림의 주요한 종으로 알려져 있으며(Hori and Tsuge, 1993) 여러 학자들에 의해 우리나라 온대림의 천이 극상을 이루는 대표수종으로서 연구되어왔다. 이러한 연구는 우리나라 온대중부지방 산림의 2차 천이계열은 소나무림에서 참나무림을 거쳐 서어나무 또는 까치박달에 의한 극상림으로 접어든다는 기후극상설을 제시하고 현재 참나무류에 의

한 산림이 많은 비율을 차지하고 있는 우리나라 산림을 천이의 중간단계라고 제시하고 있다(Park *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1991; Park *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1996b; Park *et al.*, 2009; Kwak, 2011; Hong *et al.*, 2012). 하지만, 서어나무림을 대상으로 한 연구는 대부분 특정 지역(광릉의 죽엽산) 또는 국지적으로 나타나는 서어나무 대경목 군락을 대상으로 연구가 이루어져 왔으며 이러한 연구만으로 우리나라 온대림의 극상림으로서 서어나무림을 제시한다는 것은 논란이 있을 수 있다(Park *et al.*, 2009). 그러므로 우리나라의 극상림으로 서어나무림을 제시하기 위해서는 다양한 지역에서 보다 많은 연구를 진행하여 자료를 축적해야 할 필요가 있으며(Hong *et al.*, 2012) 축적된 자료를 이용해 임분의 수직적 구조(층위에 따른 임분구조)를 고려한 천이 과정을 판단할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 전국 17개의 산을 대상으로 조사한 서어나무림의 식생유형을 파악하고 식생단위별 생태적 천이특성을 구명하고자 수행하였다.

연구방법

1. 연구대상지

2014년부터 2017년까지 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)과 식생조사법(Kim *et al.*, 1987)에 따라 서어나무가 상관에 우점하고 있는 군락을 대상으로 식생조사를 실시하였다. 그 결과, 광덕산 4개소, 점봉산 7개소, 면산 1개소, 김단산 1개소, 계방산 1개소, 죽엽산 23개소, 대둔산 1개소, 덕대산 1개소, 내연산 6개소, 오서산 1개소, 가야산 1개소, 통고산 2개소, 지리산 6개소, 내장산 2개소, 운장산 2개소, 덕유산 10개소, 두류산 6개소로 총 75개소를 조사하였다(Table 1).

Table 1. Main study mountain, coordinates of latitude and longitude, elevation and number of sampling plot in the investigated area

Study area	Latitude	Longitude	Elevation	Relevé
Mt. Kwangduk	N38 06 45.1	E127 25 58.4	1,049m	4
Mt. Jeombong	N38 02 45.6	E128 25 39.8	1,424m	7
Mt. Myeon	N37 05 51.1	E129 05 53.1	1,246m	1
Mt. Geomdan	N37 30 53.7	E127 15 05.5	658m	1
Mt. Gyeongbang	N37 43 32.0	E128 28 03.4	1,579m	1
Mt. Jukyup	N37 46 55.7	E127 11 03.9	615m	23
Mt. Deadun	N36 07 18.3	E127 19 20.7	878m	1
Mt. Deokdae	N36 05 03.8	E128 02 26.7	811m	1
Mt. Naeyeon	N36 16 32.5	E129 17 31.5	710m	6
Mt. Ohseo	N36 27 20.1	E126 39 41.3	790m	1
Mt. Gaya	N36 42 06.4	E126 36 40.1	678m	1
Mt. Tonggo	N36 53 47.0	E129 11 37.4	1,066m	2
Mt. Jiri	N35 20 01.9	E127 43 58.1	1,915m	6
Mt. Naejang	N35 28 31.0	E126 53 27.9	763m	2
Mt. Unjang	N35 54 29.7	E127 21 34.9	1,125m	2
Mt. Deogyu	N35 51 25.5	E127 44 51.9	1,614m	10
Mt. Duryun	N34 28 07.2	E126 38 22.7	700m	6
Total				75

*The locations of coordinates and elevations indicate the representative mountain peaks in study area.

2. 조사 및 분석방법

총 75개소의 조사구 선정은 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 선정하여 조사하였다. 또한 식생조사법(Kim *et al.*, 1987)에 따라 인접군락을 침범함으로써 이질적인 군락의 요소가 혼잡 되지 않도록 여러 조건들을 반영하고 조사지의 종의 수가 누락되지 않도록 조사구를 설치하였다. 조사지의 크기는 종-면적곡선의 최소 면적과 야외 식생환경의 조건에 따라 조사구의 크기를 결정하였으며 75개소 모두 400㎡의 크기였다. 또한 수직적인 공간분배를 고려하여 4개의 층위(교목층, 아교목층, 관목층, 초본층)로 구분하여 각 층위에 출현하고 있는 구성종들의 종명과 우점도, 군도를 측정하여 기입하였으며, 각 조사지의 해발고도, 경사, 노암율 등의 입지환경을 조사하였다(Kim *et al.*, 1987). 또한, 식물분류와 동정은 원색식물도감(Lee, 2003), 원색한국수목도감(Hong *et al.*, 1987), 나무생태도감(Yun, 2016)을 기준으로 실시하였으며 학명과 국명의 작성은 국가표준식물목록(Korea Forest Service, 2010a)과 국가생물종지식정보시스템(Korea Forest Service, 2010b)을 기준으로 작성하였다.

총 75개소의 식생자료를 토대로 식물사회학적(중조성적) 식생유형분류를 실시하였다. 대별종군과 식별종군의 파악은 Hill(1979)의 TWINSpan(Two-Way Indicator Species

Analysis) 분석을 실시하여 파악하였으며 각 종군단위의 표징종(Character species)·식별종(Differential species)은 Dufrene와 Legendre(1997)의 지표종 분석(Indicator species analysis, ISA)을 실시하여 판단하였다. 이들 분석은 Pc-ord v7.02를 이용하였다. 산림식생을 분류하는 방법 중 하나인 TWINSpan 분석은 현장 유형의 비대칭 접근법에 따라서 지표종과 자생지의 특성문제를 다루려고 시도하며 이는 전통적인 식물사회학적 유형분류에 의한 표와 유사한 결과를 나타낸다(Dufrene and Legendre, 1997). 지표종은 공동체 유형, 서식지 조건 또는 환경변화에 대하여 생태적 지표로 사용될 수 있는 종으로(McGeoch, 1998; Carignan and Villard, 2002; Niemi and McDonald, 2004; De Cáceres *et al.*, 2010), 지표종 분석은 연구의 목적에 따라 집단의 서식지환경 또는 승계상태와 같은 생태계의 정성적 특성을 나타낼 수 있다(De Cáceres *et al.*, 2010). 또한 지표종 분석의 통계적 유의성 평가는 Monte Carlo method를 사용하였다(McCune and Grace, 2002).

TWINSpan과 지표종분석을 통해 얻은 분석자료를 이용하여 Ellenberg(1956)의 표조작법(Tabulation method)의 각 단계를 거쳐 상재도로 나타낸 식별표(Differential table)를 작성한 후 식생단위를 결정하였으며(Müller-Dombois and Ellenberg, 1974; Toyohara, 1977), Curtis와 McIntosh(1951)의 중요치(Importance value, IV)와 평균상대우점치

(Mean Importance Value, MIV)를 이용하여 각 식생단위 구성종의 상대적인 중요도 및 식생유형의 생태적 정보를 획득하고자 하였다. 중요치는 산림 군집내 각 종의 영향력 및 우세력을 평가하기 위해 고안된 방법으로서, 상대밀도(Relative Density, RD), 상대피도(Relative Coverage, RC), 상대빈도(Relative Frequency, RF)를 합산한 값이다(Brower and Zar, 1977). 평균상대우점치는 교목층 3, 아교목층 2, 관목층 1의 가중치를 부여하는 기존의 방법에(Yim *et al.*, 1980; Lee *et al.*, 2010) 추가적으로 초본층에 0.5의 가중치를 부여하여 산출하였다. 또한 각 식생단위의 천이계열을 추정하기 위하여 교목성 수종 중 평균상대우점치가 높게 나타난 5종을 대상으로 교목층, 아교목층, 관목층의 중요치를 계산하였다.

결과 및 고찰

1. TWINSpan에 의한 종군유형

서어나무림의 종군유형을 파악하기 위하여 TWINSpan 분석을 실시한 결과, 군락단위 및 군단위를 대표하는 종은 난티나무, 개암나무, 철쭉, 갈참나무, 물들메나무, 개서어나무로서 서어나무림의 산림식생은 난티나무군락, 개암나무군락, 철쭉군락의 3개 군락, 개암나무군락은 갈참나무군과 개암나무전형군으로, 철쭉군락은 물들메나무군, 개서어나무군, 철쭉전형군으로 분류되었다. 즉, 서어나무림의 산림식생은 1개 군락군, 3개 군락, 5개 군으로의 분류체계를 나

타내었으며 총 6개의 식생단위로 분류되었다(Figure 1).

2. 지표종분석을 통한 표징종 및 식별종

TWINSpan을 이용하여 파악한 각 종군단위의 표징종 및 식별종을 파악하기 위해 지표종분석을 실시한 결과는 Figure 2과 Table 2와 같다. 지표종 분석결과, 서어나무군락군은 서어나무(100.0), 당단풍나무(86.7), 생강나무(82.7), 쪽동백나무(80.0), 졸참나무(69.3), 고로쇠나무(52.0) 순으로 나타났다. 이들의 지표값은 군락군단위에서 50.0 이상으로 나타났으며 서어나무림의 주요 구성종인 것으로 사료되었다. 군락단위에서 난티나무군락은 난티나무(60.0), 복장나무(60.0), 전나무(60.0), 시닥나무(40.0)순으로 나타났으며, 난티나무, 복장나무, 전나무는 동일한 지표값을 보여 이들 종은 난티나무군락내에서 동일한 중요도를 갖는 것으로 판단되었다. 개암나무군락은 울피불나무(89.3), 잔털빛나무(75.0), 노랑제비꽃(67.8), 청가시덩굴(64.3) 개암나무(57.1), 우산나물(53.6), 각시붓꽃(46.4), 음나무(39.3), 개벚지나무(35.7) 순으로, 철쭉군락은 조릿대(59.0), 철쭉(45.4), 쇠물푸레나무(35.7), 미역줄나무(23.8) 순으로 나타났다. 군단위에서 갈참나무군의 식별종은 삼주(81.9), 갈참나무(76.5), 물들메나무군은 물들메나무(100.0), 촛대송마(66.7), 물박달나무(46.9), 개회나무(41.7), 까마귀밥나무(33.3) 총 5종, 개서어나무군의 식별종은 개서어나무(72.7), 붉가시나무(54.5), 동백나무(45.5), 새비나무(45.5), 대뺨집나무(45.5), 사릅나무(40.3), 합다리나무(27.3), 윤노리나무(27.3), 자금우(27.3), 나도밤나무(23.9) 총 10종으로 각각 나타났다.

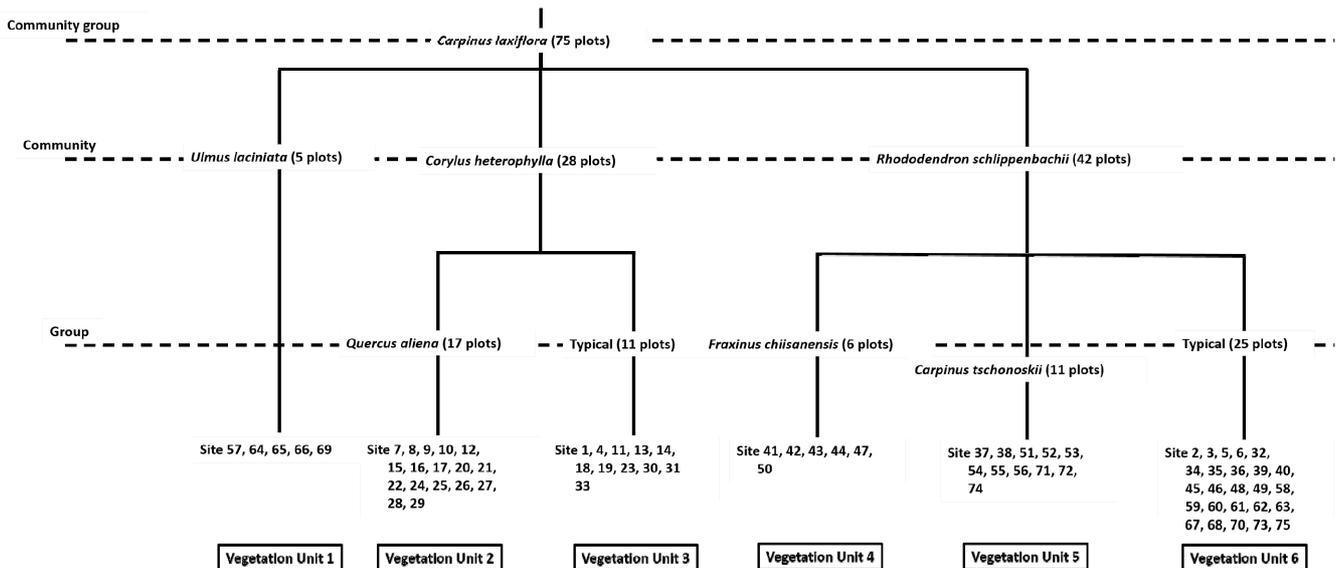


Fig 1. The dendrogram of classification by TWINSpan using 75 sites of *Carpinus laxiflora* communities

Table 2. Indicator table showing the species indicator value for the site hierarchy

Species Scientific name(Korean name)	Indicator value	Mean	Standard deviation	P
1. <i>Carpinus laxiflora</i> community group (All vegetation units)				
<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	100.0			
<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	80.0			
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	82.7			
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	86.7			
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	69.3			
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	52.0			
2. <i>Ulmus laciniata</i> community (Vegetation unit 1)				
<i>Ulmus laciniata</i> (난티나무)	60.0	7.8	5.8	0.0001
<i>Acer mandshuricum</i> (복장나무)	60.0	6.8	5.3	0.0003
<i>Acer komarovii</i> (시닥나무)	40.0	5.2	4.6	0.0037
<i>Abies holophylla</i> (전나무)	60.0	6.5	4.8	0.0003
3. <i>Corylus heterophylla</i> community (Vegetation unit 2 and 3)				
<i>Corylus heterophylla</i> (개암나무)	57.1	18.5	7.8	0.0023
<i>Lonicera praeflorens</i> (올괴불나무)	89.3	24.9	9.0	0.0001
<i>Prunus maackii</i> (개벚나무)	35.7	13.2	6.7	0.0112
<i>Syneilesis palmata</i> (우산나물)	53.6	17.9	8.2	0.0068
<i>Iris rossii</i> (각시붓꽃)	46.4	16.2	7.7	0.0086
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (잔털벚나무)	75.0	21.8	8.4	0.0006
<i>Viola orientalis</i> (노랑제비꽃)	67.8	19.4	8.1	0.0006
<i>Kalopanax septemlobus</i> (음나무)	39.3	13.8	7.1	0.0126
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	64.3	23.5	7.7	0.0024
4. <i>Quercus aliena</i> group (Vegetation unit 2)				
<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	76.5	14.7	7.6	0.0001
<i>Atractylodes ovata</i> (삼주)	81.9	14.4	6.8	0.0001
5. <i>Rhododendron schlippenbachii</i> community (Vegetation unit 4, 5 and 6)				
<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	45.4	20.8	8.3	0.0186
<i>Tripterygium regelii</i> (미역줄나무)	23.8	13.7	7.3	0.0841
<i>Sasa borealis</i> (조릿대)	59.0	22.7	8.1	0.0029
<i>Fraxinus sieboldiana</i> (쇠물푸레나무)	35.7	16.6	7.8	0.0346
6. <i>Fraxinus chiisanensis</i> group (Vegetation unit 4)				
<i>Fraxinus chiisanensis</i> (물들메나무)	100.0	11.6	6.7	0.0001
<i>Betula davurica</i> (물박달나무)	46.9	9.9	6.0	0.0005
<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i> (개회나무)	41.7	10.1	6.1	0.0014
<i>Cimicifuga simplex</i> (춧대승마)	66.7	10.5	6.0	0.0001
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i> (까마귀밥나무)	33.3	8.8	5.0	0.0086
7. <i>Carpinus tschonoskii</i> group (Vegetation unit 5)				
<i>Carpinus tschonoskii</i> (개서어나무)	72.7	11.6	6.9	0.0001
<i>Ilex macropoda</i> (대팻집나무)	45.5	10.9	6.5	0.0023
<i>Meliosma oldhamii</i> (합다리나무)	27.3	10.4	6.1	0.0229
<i>Camellia japonica</i> (동백나무)	45.5	9.8	6.0	0.0014
<i>Quercus acuta</i> (붉가시나무)	54.5	12.2	7.3	0.0020
<i>Callicarpa mollis</i> (새비나무)	45.5	12.8	7.3	0.0029
<i>Sapium japonicum</i> (사람주나무)	40.3	12.6	7.1	0.0071
<i>Pourthiaea villosa</i> (윤노리나무)	27.3	9.5	5.7	0.0253
<i>Ardisia japonica</i> (자금우)	27.3	9.4	5.7	0.0242
<i>Meliosma myriantha</i> (나도밤나무)	23.9	11.8	6.8	0.0676

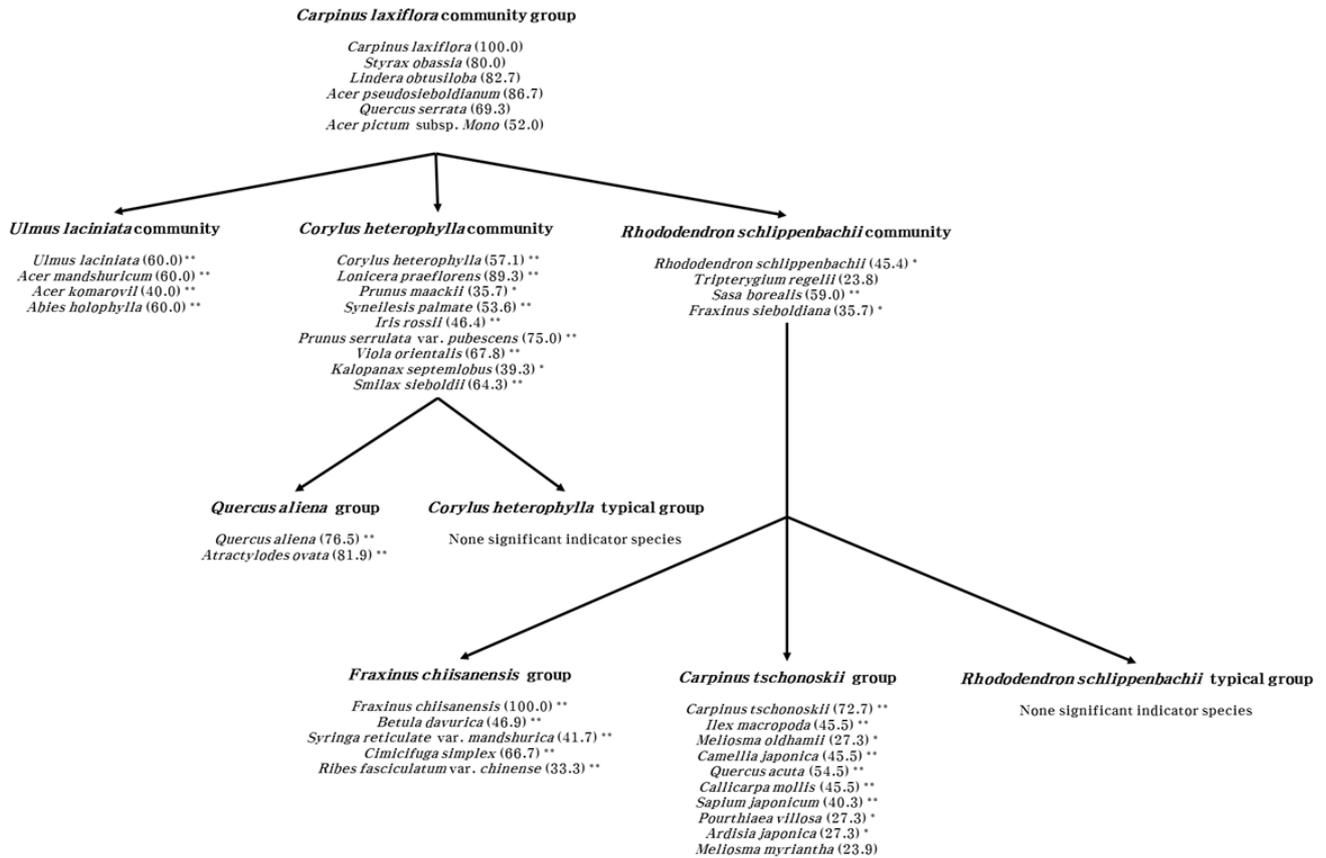


Fig 2. Indicator species hierarchy of *Carpinus laxiflora* communities. All species with an indicator value > 20% are mentioned for each site hierarchy where they are found

특히 개서어나무군의 경우 붉가시나무, 동백나무, 새비나무 등과 같은 해안·도서권역에 주로 분포하는 종들이 높은 지표값을 나타내었다.

3. 식생유형

TWINSpan과 지표종분석을 통해 얻은 결과를 토대로 작성한 식별표는 Table 3과 같다.

서어나무군락군의 표징종 및 식별종으로는 서어나무, 쪽동백나무, 생강나무, 당단풍나무, 졸참나무, 고로쇠나무가 나타났다. 군락단위의 경우, 서어나무군락군은 난티나무, 복장나무, 시닥나무, 전나무가 표징종 및 식별종으로 나타난 난티나무군락, 개암나무, 울피불나무, 개벚나무, 우산나물, 각시붓꽃, 잔털벚나무, 노랑제비꽃, 음나무, 청가시덩굴이 표징종 및 식별종으로 나타난 개암나무군락, 철쭉, 미역줄나무, 조릿대, 쇠물푸레나무가 표징종 및 식별종으로 나타난 철쭉군락으로 분류되었다. 군단위의 경우, 개암나무

군락은 갈참나무와 삼주가 식별종으로 나타나 분류되어진 갈참나무군과 식별종이 나타나지 않은 개암나무전형군으로 세분되었으며 철쭉군락은 물들메나무, 물박달나무, 개회나무, 촛대송마, 까마귀밥나무가 식별종으로 나타난 물들메나무군과 개서어나무, 대팻집나무, 합다리나무, 동백나무, 붉가시나무, 새비나무, 사람주나무, 윤노리나무, 자금우, 나도밤나무가 식별종으로 나타난 개서어나무군, 식별종이 나타나지 않은 철쭉전형군으로 세분되었다.

1) 식생단위 1(서어나무군락군-난티나무군락; 조사구수 5)

본 식생단위는 다른 식생단위에 비하여 경사, 암석노출도는 가장 높게 나타난 반면, 아교목층 식피율, 초본층 식피율, 평균출현종수는 가장 낮게 나타났다. 상재도가 III 이상으로 나타난 종은 서어나무, 당단풍나무, 난티나무, 복장나무, 전나무, 층층나무, 십자고사리, 까치박달, 관중, 박쥐나무가 나타났으며, 우점도가 3 이상으로 나타난 종은 서어나무, 십자고사리, 함박꽃나무, 물참대가 나타났다.

Table 3. Differentiated constancy table of forest vegetation

Community Group Vegetation units	A		B		C		
			a	b	a	b	c
	1	2	3	4	5	6	
Altitude(m)	661.4(±61.6)	355.9(±19.7)	388.9(±41.4)	833.3(±20.1)	425.1(±60.3)	599.3(±40.9)	
Slope degree(°)	26.0(±4.8)	25.2(±1.8)	26.1(±3.0)	11.7(±2.8)	18.8(±2.3)	24.7(±2.3)	
Bare rock(%)	52.5(±16.9)	6.8(±2.5)	20.0(±8.4)	26.7(±13.8)	35.9(±10.9)	32.8(±5.6)	
Bare soil(%)	0.0(±0.0)	0.0(±0.0)	1.5(±1.4)	0.0(±0.0)	0.5(±0.5)	1.6(±0.9)	
Litter layer(cm)	0.6(±0.6)	0.0(±0.0)	0.7(±0.5)	0.0(±0.0)	0.6(±0.3)	2.0(±0.9)	
Coverage (%) tree layer	43.0(±8.0)	72.4(±3.4)	61.8(±5.4)	36.7(±4.2)	56.8(±7.3)	60.2(±3.6)	
subtree layer	19.0(±4.6)	37.5(±4.6)	32.0(±4.5)	23.3(±8.4)	34.5(±6.6)	30.0(±3.8)	
shrub layer	16.0(±6.0)	51.3(±4.9)	43.2(±7.6)	10.0(±0.0)	50.0(±8.2)	29.6(±3.9)	
herb layer	18.0(±3.7)	35.3(±3.7)	27.0(±6.0)	40.0(±9.7)	35.6(±8.5)	26.6(±3.7)	
The number of present species	19.2(±2.6)	46.8(±2.3)	37.9(±5.5)	37.8(±2.1)	28.1(±2.2)	26.4(±2.3)	
Relevé	5	17	11	6	11	25	

1. Character species and differential species of *Carpinus laxiflora* community group ;

<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	V34	V35	V34	V34	V35	V35
<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	I22	V+3	V+3	IVr1	Vr1	IVr3
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	II12	Vr2	Vr2	V+1	Vr2	IVr5
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	III+2	Vr2	V+3	V+4	Vr3	V+3
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	I++	Vr3	IV13	IVr1	V+3	IIIr3
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	II++	IVr+	IV+2	V+1	IIr1	IIr2

2. Character species and differential species of *Ulmus laciniata* community ;

<i>Ulmus laciniata</i> (난티나무)	III+1					Rrr
<i>Acer mandshuricum</i> (복장나무)	IIIr2					
<i>Acer komarovii</i> (시닥나무)	II+1					
<i>Abies holophylla</i> (전나무)	IIIr1					

3. Character species and differential species of *Corylus heterophylla* community ;

<i>Corylus heterophylla</i> (개암나무)		IVr2	III++			
<i>Lonicera praeflorens</i> (올괴불나무)		Vr2	IVr1			Rrr
<i>Prunus maackii</i> (개벚나무)		II+1	IIr2			
<i>Syneilesis palmata</i> (우산나물)		IVr1	II+1			
<i>Iris rossii</i> (각시붓꽃)		IIIr1	II+1			
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (잔털벚나무)		Vr1	IIIr1			
<i>Viola orientalis</i> (노랑제비꽃)		V+1	III+1			R++
<i>Kalopanax septemlobus</i> (음나무)		IIIr+	IIr+			
<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)		IVr+	IIIr1			

4. Differential species of *Quercus aliena* group ;

<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)		IVr3				
<i>Atractylodes ovata</i> (삼주)		Vr1	I++			I++

5. Character species and differential species of *Rhododendron schlippenbachii* community ;

<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	II1			II11	IIIr3	III+3
<i>Tripterygium regelii</i> (미역줄나무)				IIrr	I++	II+1
<i>Sasa borealis</i> (조릿대)	II1			IV34	Vr5	III+4
<i>Fraxinus sieboldiana</i> (쇠물푸레나무)				IIrr	III+2	II+2

Community	A		B		C		
			a	b	a	b	c
	1	2	3	4	5	6	
6. Differential species of <i>Fraxinus chiisanensis</i> group ;							
<i>Fraxinus chiisanensis</i> (물들메나무)				V+3			
<i>Betula davurica</i> (물박달나무)	I++			IV++		I++	
<i>Syringa reticulata</i> var. <i>mandshurica</i> (개회나무)				IIIr+		R++	
<i>Cimicifuga simplex</i> (쫄대승마)				IV+1			
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i> (까마귀밭나무)				IIrr			
7. Differential species of <i>Carpinus tschonoskii</i> group ;							
<i>Carpinus tschonoskii</i> (개서어나무)					IV13		
<i>Ilex macropoda</i> (대팻집나무)					IIIr2		
<i>Meliosma oldhamii</i> (합다리나무)					IIr2		
<i>Camellia japonica</i> (동백나무)					III12		
<i>Quercus acuta</i> (붉가시나무)					IIIr4		
<i>Callicarpa mollis</i> (새비나무)					IIIr1		
<i>Sapium japonicum</i> (사람주나무)					III+2	I+2	
<i>Pourthiaea villosa</i> (윤노리나무)					IIr+		
<i>Ardisia japonica</i> (자금우)					IIr+		
<i>Meliosma myriantha</i> (나도밤나무)					IIIr1	II2	
8. Companion species group ;							
<i>Viola rossii</i> (고깔제비꽃)	Irr	Ir1	I++	Vr1	IIr1	IIr+	
<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)		Vr3	IV+1	Irr	II+1	Ir+	
<i>Cornus kousa</i> (산딸나무)		V+2	III+2	II++	IIrr	I23	
<i>Arisaema amurense</i> f. <i>serratum</i> (천남성)		IIIr+	II++	Vrr	IIr1	I++	
<i>Callicarpa japonica</i> (작살나무)		Vr2	III+1	IIIrr	IIr+	IIr2	
<i>Stephanandra incisa</i> (국수나무)		Vr2	IV+2	IVrr	IIrr	II+1	
<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)		Vr3	III13	IVr1	I11	IIIr2	
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)		IVr1	IIr1	IIrr	I++	II+2	
<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i> (노린재나무)		Vr1	IVr+	Vr+	IIr+	I+1	
<i>Carex lanceolata</i> (그늘사초)		II+3	I++	IIrr	II+1	R++	
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)		II+4	II2	III11	IIr1	IIIr1	
<i>Weigela subsessilis</i> (병꽃나무)		IVr1	III+2	Vr1	Ir+	I++	
<i>Cornus controversa</i> (충충나무)	IV+2	IIr+	IV+2	II++		IIr3	
<i>Staphylea bumalda</i> (고추나무)	II1	I++	II+1	II22		IIr1	
<i>Philadelphus schrenkii</i> (고광나무)	I++	Ir+	IIr1	IVr+		Ir2	
<i>Polystichum tripterum</i> (십자고사리)	III13	I++	I++	IV++		II+1	
<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	IVr2	Vr3	III+4	V+2		III13	
<i>Astilbe rubra</i> (노루오줌)	II++	IIr1	III+1	Irr		II+2	
<i>Betula schmidtii</i> (박달나무)	I++			II++		Ir1	
<i>Cinnamomum yabunikei</i> (생달나무)					Ir+		
<i>Lindera glauca</i> (감태나무)					Irr	R++	
<i>Ligustrum japonicum</i> (광나무)					Irr		
<i>Eurya japonica</i> (사스레피나무)					Irr		

*The other 258 companion species among total of 321 species omitted.

2) 식생단위 2(서어나무군락군-개암나무군락-갈참나무군; 조사구수 17)

본 식생단위는 다른 식생단위에 비하여 교목층 식피율, 아교목층 식피율, 관목층 식피율, 초본층 식피율, 평균출현종수는 가장 높게 나타난 반면, 해발고도와 암석노출도는 가장 낮게 나타났다. 상재도가 Ⅲ 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 생강나무, 당단풍나무, 졸참나무, 고로쇠나무, 개암나무, 울피불나무, 음나무, 갈참나무 등 47종이 나타났으며, 우점도가 3 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 졸참나무, 갈참나무, 개웃나무, 신갈나무, 그늘사초, 진달래, 까치박달, 참회나무 등 13종이 나타났다.

3) 식생단위 3(서어나무군락군-개암나무군락-개암나무전형군; 조사구수 11)

본 식생단위에서 상재도가 Ⅲ 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 당단풍나무, 졸참나무, 개암나무, 울피불나무, 산딸나무, 신갈나무, 병꽃나무, 층층나무, 까치박달, 회잎나무, 다릅나무, 참회나무 등 29종이 나타났으며, 우점도가 3 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 당단풍나무, 졸참나무, 신갈나무, 까치박달, 참회나무, 때죽나무, 단풍취, 실새풀, 히어리가 나타났다.

4) 식생단위 4(서어나무군락군-철쭉군락-물들메나무군; 조사구수 6)

본 식생단위는 다른 식생단위에 비하여 가장 높은 해발고도를 보였으며 사면 경사, 교목층 식피율, 관목층 식피율은 가장 낮게 나타났다. 상재도가 Ⅲ 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 졸참나무, 고로쇠나무, 물들메나무, 물박달나무, 개회나무, 쫄대송마, 신갈나무, 까치박달, 회잎나무, 물푸레나무, 다릅나무, 개비자나무, 느릅나무, 매화말발도리 등 29종이 나타났으며, 우점도가 3 이상으로 나타난 종은 서어나무, 당단풍나무, 조릿대, 물들메나무가 나타났다.

5) 식생단위 5(서어나무군락군-철쭉군락-개서어나무군; 조사구수 11)

본 식생단위에서 상재도가 Ⅲ 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 생강나무, 당단풍나무, 졸참나무, 철쭉, 조릿대, 쇠물푸레나무, 개서어나무, 대팻집나무, 동백나무, 붉가시나무, 새비나무, 사람주나무, 나도밤나무, 털팽나무, 때죽나무, 청미래덩굴, 비목나무가 나타났으며, 우점도가 3 이상으로 나타난 종은 서어나무, 당단풍나무, 졸참나무, 철쭉, 조릿대, 개서어나무, 붉가시나무, 고사리, 산철쭉이 나타났다.

6) 식생단위 6(서어나무군락군-철쭉군락-철쭉전형군; 조사구수 25)

본 식생단위는 다른 식생단위에 비하여 가장 높은 토양노출도와 낙엽층깊이를 보였다. 상재도가 Ⅲ 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 생강나무, 당단풍나무, 졸참나무, 철쭉, 조릿대, 신갈나무, 진달래가 나타났으며, 우점도가 3 이상으로 나타난 종은 서어나무, 쪽동백나무, 생강나무, 당단풍나무, 졸참나무, 철쭉, 조릿대, 산딸나무, 층층나무, 까치박달, 때죽나무, 다래, 히어리, 노각나무, 비목나무가 나타났다.

4. 식생유형별 층위구조

총 75개소의 서어나무림을 대상으로 식물사회학적 식생유형분류를 통해 구분된 6개의 식생단위를 대상으로 Curtis and McIntosh의 방법을 이용하여 중요치(Importance value)를 산출한 결과는 Table 4와 같다.

서어나무의 경우 평균상대우점치(Mean Importance Value, MIV)는 식생단위 6(30.1), 식생단위 1(30.0), 식생단위 5(29.9), 식생단위 2(29.1), 식생단위 4(27.7), 식생단위 3(24.8)의 순으로 나타났으며 식생단위 1의 경우, 교목층은 서어나무 47.2, 층층나무 12.1, 난티나무 5.4 등으로, 아교목층에서는 서어나무 24.0, 까치박달 16.3, 당단풍나무 14.7, 함박꽃나무 12.2, 관목층에서는 서어나무 3.5, 까치박달, 당단풍나무, 함박꽃나무, 전나무는 각각 5.3으로 나타나 아교목층과 관목층에서 이들 수종에 의한 지위경쟁이 진행될 것으로 판단되었다.

식생단위 2의 경우, 교목층은 서어나무 42.8, 졸참나무 16.2, 신갈나무 12.9, 갈참나무 7.7, 굴참나무 3.6, 소나무 10.9 등으로, 아교목층은 서어나무 25.5, 신갈나무 7.4, 졸참나무 3.9, 갈참나무 3.2, 굴참나무 2.2, 소나무 0.7 등으로 나타났다. 관목층에서는 서어나무 8.0, 졸참나무 1.6, 신갈나무 3.0, 갈참나무 0.6, 굴참나무 0.5, 소나무 0.2 등으로, 초본층에서는 서어나무 3.5, 졸참나무 2.1, 신갈나무 2.0, 갈참나무 0.9, 굴참나무 0.3 등으로 나타났다. 본 식생단위의 서어나무는 다른 식생단위의 서어나무에 비해 관목층과 초본층에서 높은 중요치를 보였다. 이는 본 식생단위의 경우 다른 식생단위에 비하여 각 층위별 식피율이 높게 나타나, 하층에 대한 차광효과가 비교적 높아 내음성이 강한 서어나무가 갱신하기에 유리한 조건을 형성하고 있기 때문인 것으로 판단되었으며, 다른 식생단위에 비해 서어나무의 갱신이 비교적 원활한 것으로 사료되었다. 또한, 양수 수종인 소나무는 교목층에 10.9로 비교적 높은 중요치를 보였지만 아교목층, 관목층, 초본층에서 각각 0.7, 0.2, 0.0으로 나타

났다. 이는 아교목층과 관목층을 구성하고 있는 서어나무, 참나무류 등의 내음성이 강한 활엽수종과의 경쟁에 의하여, 상층으로 성장하기 어려운 것으로 판단되었다. 이는 Hwang *et al.*(2016)이 덕유산의 소나무림은 신갈나무, 졸참나무, 서어나무 등의 활엽수종이 상층을 우점하는 군락으로 천이가 진행될 것이라고 한 연구결과와 일치하며, 이러한 과정은 소나무림의 일반적인 천이경향인 것으로 연구되어왔다 (Hwang *et al.*, 2016).

식생단위 3의 경우, 교목층은 서어나무 38.2, 졸참나무 12.0, 신갈나무 8.4, 고로쇠나무 7.7, 층층나무 7.2 등으로, 아교목층은 서어나무 20.6, 쪽동백나무 14.3, 까치박달 13.7, 당단풍나무 9.7, 패죽나무 6.4 등으로 나타났다. 관목층에서는 참회나무 20.5, 당단풍나무 5.9, 히어리 5.5, 서어나무 4.7, 쪽동백 4.4 등으로, 초본층에서는 단풍취 13.7, 애기나리 7.4, 졸참나무 3.4, 실새풀 3.4, 서어나무 1.0, 신갈나무 1.0 등으로 나타났다. 본 식생단위는 아교목층과 관목층에서 쪽동백나무, 까치박달, 당단풍나무, 참회나무에 의해 이들 수종에 의한 지위경쟁이 진행될 것으로 판단되었다.

식생단위 4의 경우, 교목층은 서어나무 50.2, 다릅나무 6.1, 신갈나무와 졸참나무 각각 5.8, 고로쇠나무, 까치박달, 물박달나무 각각 4.1 등으로 나타났으며, 아교목층은 당단풍나무 34.0, 서어나무와 까치박달 각각 14.3, 쪽동백나무 9.1, 고로쇠나무 5.7 등으로 나타났다. 관목층은 고추나무 14.2, 병꽃나무 11.1, 당단풍나무 10.2, 생강나무 7.1, 철쭉 5.1 등으로 나타났으며, 초본층은 조릿대 33.0, 물들메나무 16.4, 고깔제비꽃 4.3, 촛대송마 3.8, 천남성 3.1 등으로 나타났다. 본 식생단위의 교목층에서는 서어나무가 가장 높은 중요치를 보였으나 당단풍나무가 아교목층과 관목층, 초본층에서는 서어나무에 비해 상대적으로 높은 중요치를 보였으며 물들메나무는 관목층과 초본층에서 서어나무에 비해 높은 중요치를 나타내었다. 따라서, 본 식생단위의 아교목층 이하의 층위에서는 당단풍나무, 물들메나무에 의한 지위

경쟁이 이루어지고 있는 것으로 판단되어진다.

식생단위 5의 경우, 교목층은 서어나무 51.0, 졸참나무 14.8, 개서어나무 4.7, 붉가시나무 3.9, 쪽동백나무 3.7 등으로 나타났으며 아교목층은 서어나무 19.9, 당단풍나무 11.6, 개서어나무와 붉가시나무 각각 8.4, 사람주나무 5.2 등으로 나타났다. 관목층은 조릿대 27.1, 철쭉 7.8, 생강나무 5.8, 동백나무 5.7, 매화말발도리 3.0 등으로 나타났으며 초본층은 조릿대 15.9, 고사리 6.5, 비목나무 5.5, 산철쭉 5.4, 생강나무 3.9 등으로 나타났다. 본 식생단위에서 당단풍나무는 아교목층에서 서어나무 다음으로 높은 중요치를 나타내고 관목층에서는 서어나무보다 높은 중요치를 나타내었다. 또한 해안·도서지역에 분포하는 수종(붉가시나무, 동백나무 등)이 전 층위에서 나타났다. 따라서, 본 식생단위는 당단풍나무와 해안·도서지역에 분포하는 수종(붉가시나무, 동백나무 등)에 의한 지위경쟁이 예상되었다.

식생단위 6의 경우, 교목층은 서어나무 51.3, 졸참나무 9.2, 신갈나무 7.2, 층층나무 5.3, 느티나무 2.9 등으로 나타났으며 아교목층은 서어나무 19.2, 쪽동백나무 15.1, 당단풍나무 14.6, 까치박달 7.0, 고로쇠나무 4.8 등으로 나타났다. 관목층은 철쭉 10.5, 생강나무 9.4, 당단풍나무 7.8, 진달래 4.6, 쇠물푸레나무 4.3 등으로 나타났으며 초본층은 조릿대 15.3, 산수국 4.5, 단풍취 2.7, 애기나리와 히어리가 각각 2.4 등으로 나타났다. 본 식생단위의 경우 서어나무는 교목층과 아교목층에서 높은 중요치를 나타냈으나 아교목층 이하에서 당단풍나무, 쪽동백나무가 높은 중요치를 나타내었다. 따라서, 본 식생단위의 아교목층 이하에서는 당단풍나무, 쪽동백나무에 의한 지위경쟁이 진행될 것으로 판단되었다.

즉, 서어나무림의 교목층을 제외한 나머지 층위의 경우, 주로 당단풍나무, 참회나무, 쪽동백나무에 의한 지위경쟁이 예상되어지며 특히 해안·도서지역은 붉가시나무, 동백나무, 비목나무에 의한 지위경쟁이 진행될 것으로 판단된다.

Table 4. Importance value of major species in each vegetation unit

Unit	Species Scientific name(Korean name)	Layer				MIV
		T	ST	S	H	
1	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	47.2	24.0	3.5	3.2	30.0
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	4.9	16.3	5.3	-	8.1
	<i>Cornus controversa</i> (층층나무)	12.1	4.5	-	-	7.0
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	-	14.7	5.3	-	5.3
	<i>Acer mandshuricum</i> (복장나무)	2.3	8.9	7.2	-	4.9
	<i>Magnolia sieboldii</i> (합박꽃나무)	-	12.2	5.3	-	4.6
	<i>Actinidia arguta</i> (다래)	4.9	4.5	5.3	-	4.5
	<i>Ulmus laciniata</i> (난티나무)	5.4	-	3.5	-	3.0
	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	-	7.4	-	3.2	2.5
	<i>Deutzia glabrata</i> (물참대)	-	-	15.1	-	2.3

Unit	Species Scientific name(Korean name)	Layer				MIV
		T	ST	S	H	
	<i>Vitis amurensis</i> (왕머루)	4.9	-	-	-	2.3
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	4.6	-	-	-	2.1
	<i>Abies holophylla</i> (전나무)	2.3	-	5.3	-	1.9
	<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	-	-	10.7	-	1.6
	<i>Polystichum tripterum</i> (십자고사리)	-	-	-	20.1	1.5
	<i>Acer komarovii</i> (시닥나무)	-	3.1	3.5	-	1.5
	<i>Morus bombycis</i> (산뽕나무)	-	4.5	-	-	1.4
	<i>Euonymus sachalinensis</i> (회나무)	-	-	7.2	-	1.1
	<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> (박쥐나무)	-	-	7.1	-	1.1
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	2.3	-	-	-	1.1
	Others(38 species)	9.1	-	15.9	73.6	12.3
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	42.8	25.5	8.0	3.5	29.1
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	16.2	3.9	1.6	2.1	9.1
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	12.9	7.4	3.0	2.0	8.8
	<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	10.9	0.7	0.2	-	5.3
	<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	7.7	3.2	0.6	0.9	4.7
	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	1.4	9.6	3.5	2.5	4.3
	<i>Euonymus oxyphyllus</i> (참회나무)	-	4.5	16.8	2.0	4.1
	<i>Cornus kousa</i> (산딸나무)	-	9.6	3.3	0.7	3.5
	<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)	-	6.0	5.5	0.8	2.8
	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	3.6	2.2	0.5	0.3	2.4
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	-	4.7	5.6	0.9	2.4
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	-	5.6	2.6	1.0	2.2
	<i>Sorbus alnifolia</i> (팔배나무)	0.9	2.6	5.2	2.3	2.2
	<i>Styrax japonicus</i> (때죽나무)	1.0	1.8	1.2	0.2	1.2
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	-	1.3	4.9	0.5	1.2
	<i>Pinus koraiensis</i> (잣나무)	0.9	1.2	1.1	1.1	1.0
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (잔털벚나무)	-	1.8	2.3	1.1	1.0
	<i>Disporum smilacinum</i> (애기나리)	-	-	-	12.7	1.0
	<i>Viburnum erosum</i> (덜꿩나무)	-	-	4.9	1.7	0.9
	<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	-	0.3	3.9	2.3	0.9
	Others(112 species)	1.8	8.0	25.3	61.5	11.9
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	38.2	20.6	4.7	1.0	24.8
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	12.0	3.1	0.3	3.4	6.8
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	3.7	13.7	2.3	0.7	6.3
	<i>Euonymus oxyphyllus</i> (참회나무)	-	6.4	20.5	2.6	5.3
	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	-	14.3	4.4	2.2	5.2
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	8.4	2.6	0.3	1.0	4.8
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	7.7	2.2	1.6	2.1	4.7
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	-	9.7	5.9	0.9	4.0
	<i>Cornus controversa</i> (층층나무)	7.2	-	2.3	1.3	3.8
	<i>Sorbus alnifolia</i> (팔배나무)	4.1	2.2	1.7	1.4	2.9
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	2.3	3.5	0.3	2.7	2.4
	<i>Cornus kousa</i> (산딸나무)	-	6.2	2.6	0.4	2.3
	<i>Styrax japonicus</i> (때죽나무)	-	6.4	1.6	0.2	2.2
	<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	3.6	-	-	-	1.7

Unit	Species Scientific name(Korean name)	Layer				MIV
		T	ST	S	H	
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> (잔털벚나무)	2.6	0.9	0.7	0.2	1.6
	<i>Pinus koraiensis</i> (잣나무)	1.3	2.2	-	0.4	1.3
	<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)	-	1.8	3.0	1.0	1.1
	<i>Ainsliaea acerifolia</i> (단풍취)	-	-	-	13.7	1.1
	<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	-	2.2	1.4	-	0.9
	<i>Corylopsis gotoana</i> var. <i>coreana</i> (히어리)	-	-	5.5	0.2	0.9
	Others(125 species)	8.7	2.2	40.8	64.9	16.0
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	50.2	14.3	-	2.1	27.7
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	-	34.0	10.2	2.1	12.2
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	4.1	14.3	2.0	1.0	6.7
	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	2.0	9.1	2.0	1.1	4.1
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	5.8	3.4	1.0	2.1	4.0
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	4.1	5.7	-	2.1	3.8
	<i>Maackia amurensis</i> (다릅나무)	6.1	-	-	1.1	2.9
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	5.8	-	-	-	2.7
	<i>Fraxinus chiisanensis</i> (물들메나무)	2.0	-	2.5	16.4	2.6
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	-	5.7	5.1	-	2.5
	<i>Sasa borealis</i> (조릿대)	-	-	-	33.0	2.5
	<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	-	3.3	7.1	1.1	2.2
	<i>Staphylea bumalda</i> (고추나무)	-	-	14.2	-	2.2
	<i>Betula davurica</i> (물박달나무)	4.1	-	-	-	1.9
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (느릅나무)	4.0	-	-	-	1.9
	<i>Fraxinus mandshurica</i> (들메나무)	3.8	-	-	-	1.7
	<i>Weigela subsessilis</i> (병꽃나무)	-	-	11.1	-	1.7
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i> (노린재나무)	-	3.3	2.5	-	1.4
	<i>Magnolia sieboldii</i> (함박꽃나무)	-	3.4	1.0	-	1.2
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	2.0	-	0.9	1.0	1.2
	Others(57 species)	6.1	3.4	40.5	37.2	12.9
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	51.0	19.9	0.3	2.7	29.9
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	14.8	1.8	0.7	1.6	7.6
	<i>Sasa borealis</i> (조릿대)	-	-	27.1	15.9	5.4
	<i>Carpinus tschonoskii</i> (개서어나무)	4.7	8.4	0.3	1.9	4.9
	<i>Quercus acuta</i> (붉가시나무)	3.8	8.4	2.8	1.2	4.9
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	-	11.6	3.0	1.6	4.1
	<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	1.6	5.0	2.4	5.4	3.0
	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	3.7	3.0	1.7	1.2	3.0
	<i>Styrax japonicus</i> (때죽나무)	1.2	3.8	1.7	-	2.0
	<i>Ilex macropoda</i> (대뺨집나무)	2.3	2.4	0.7	0.4	1.9
	<i>Sapium japonicum</i> (사람주나무)	-	5.2	1.4	0.8	1.9
	<i>Meliosma oldhamii</i> (함다리나무)	3.5	-	0.7	0.4	1.8
	<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	2.8	1.1	-	0.8	1.7
	<i>Camellia japonica</i> (동백나무)	-	2.2	5.7	1.2	1.7
	<i>Fraxinus sieboldiana</i> (쇠물푸레나무)	-	4.4	1.7	0.4	1.7
	<i>Stewartia pseudocamellia</i> (노각나무)	1.6	2.2	0.7	0.4	1.5
	<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	-	0.6	5.8	3.9	1.4
	<i>Meliosma myriantha</i> (나도밤나무)	-	4.2	0.3	-	1.3

Unit	Species Scientific name(Korean name)	Layer				MIV
		T	ST	S	H	
	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	2.8	-	-	0.4	1.3
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	-	-	7.8	0.8	1.3
	Others(95 species)	6.3	15.7	35.0	58.9	17.7
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
6	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	51.3	19.2	2.9	1.5	30.1
	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	-	14.6	7.8	0.6	5.7
	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	0.7	15.1	3.1	0.7	5.5
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	9.2	1.2	-	0.3	4.6
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	7.2	1.9	0.9	0.3	4.1
	<i>Cornus controversa</i> (층층나무)	5.3	3.3	0.9	0.1	3.6
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	1.3	7.0	2.0	-	3.1
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	2.0	4.8	1.5	0.6	2.7
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	-	1.4	10.5	0.7	2.1
	<i>Cornus kousa</i> (산딸나무)	2.4	2.4	1.3	-	2.0
	<i>Magnolia sieboldii</i> (함박꽃나무)	-	4.5	2.4	0.1	1.8
	<i>Stewartia pseudocamellia</i> (노각나무)	2.1	2.4	0.2	-	1.7
	<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	-	3.3	3.2	1.8	1.7
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	2.0	1.4	1.8	0.1	1.6
	<i>Actinidia arguta</i> (다래)	-	3.4	3.5	0.3	1.6
	<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	-	-	9.4	0.7	1.5
	<i>Sasa borealis</i> (조릿대)	-	-	1.6	15.3	1.4
	<i>Zelkova serrata</i> (느티나무)	2.9	-	0.2	-	1.4
	<i>Sorbus alnifolia</i> (팔배나무)	0.7	1.7	2.6	0.1	1.2
	<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	1.7	1.2	-	-	1.2
	Others(160 species)	11.2	11.5	44.3	76.5	21.4
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* T : Tree layer, ST : Subtree layer, S : Shrub layer, H : Herb layer, MIV : Mean importance value.

5. 천이경향

천이계열을 추정하기 위하여, 교목성 수종 중 평균상대우점치(Mean importance value, MIV)가 높게 나타난 5종을 대상으로 중요치를 계산한 결과는 Table 5와 Figure 3과 같다.

서어나무리림이 극상림으로서 유지되기 위해서는 서어나무의 후계목이 각 층위에 고르게 분포함으로써 지속적으로 상층을 우점하여야 한다. 식생단위 1, 4, 5의 경우, 서어나무는 상층으로 올라갈수록 중요치가 급격히 증가하였다. 즉, 이들 식생단위는 교목층에 비하여 아교목층과 관목층의 중요치가 낮으며 특히 관목층은 교목층과 아교목층에 비해 중요치가 매우 낮게 나타나 서어나무리림으로의 유지가 어려울 것으로 판단되었다. 식생단위 1과 4의 경우 까치박달이 관목층에서는 서어나무에 비해 높은 중요치를 보였으며 아교목층에서 서어나무 다음으로 높은 중요치를 나타내었다.

식생단위 5의 경우, 붉가시나무가 관목층에서 가장 높은 중요치를 보이고 아교목층에서 서어나무 다음으로 높은 중요치를 나타내었다. 따라서, 식생단위 1과 4는 까치박달이 우점하는 군락으로 식생단위 5는 붉가시나무가 우점하는 군락으로 천이가 진행될 것으로 사료되었다.

반면, 식생단위 2, 3, 6의 경우, 교목층과 아교목층, 관목층에 서어나무가 가장 높은 중요치를 나타내고, 각 층위에 중요치 값이 고르게 나타나 이들 식생단위는 외부로부터 특별한 교란이 발생하지 않는다면 서어나무가 우점하고 있는 군락으로 당분간 유지될 것으로 판단되었다. 하지만, 식생단위 2와 6의 경우 까치박달이 관목층과 아교목층에서 서어나무 다음으로 가장 높은 중요치를 나타내었으므로 식생단위 1과 4와 마찬가지로 까치박달에 의한 천이가 진행될 수 있을 것으로 사료되었다. 따라서 이들 식생단위에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

Table 5. Importance value of major 5 tree species by each classified vegetation unit

Unit	Species	T	Layer	
	Scientific name (Korean name)		ST	S
1	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	65.7	53.7	19.9
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	6.8	36.4	30.1
	<i>Cornus controversa</i> (층층나무)	16.9	10.0	-
	<i>Ulmus laciniata</i> (난티나무)	7.5	-	19.9
	<i>Abies holophylla</i> (전나무)	3.2	-	30.2
	Total	100.0	100.0	100.0
2	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	51.5	60.4	58.3
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	19.4	9.3	12.0
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	15.5	17.6	21.7
	<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	9.3	7.5	4.6
	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	4.3	5.2	3.3
	Total	100.0	100.0	100.0
3	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	54.5	48.8	50.6
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	17.1	7.4	3.5
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	5.3	32.4	24.7
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	12.0	6.2	3.6
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	11.0	5.2	17.7
	Total	100.0	100.0	100.0
4	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	75.9	38.0	-
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	6.1	37.9	36.8
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	8.7	8.9	18.4
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (고로쇠나무)	6.1	15.2	-
	<i>Fraxinus chiisanensis</i> (물들메나무)	3.1	-	44.8
	Total	100.0	100.0	100.0
5	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	67.2	45.8	5.2
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	19.5	4.0	10.2
	<i>Carpinus tschonoskii</i> (개서어나무)	6.2	19.4	5.2
	<i>Quercus acuta</i> (붉가시나무)	5.1	19.3	42.6
	<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	2.1	11.5	36.7
	Total	100.0	100.0	100.0
6	<i>Carpinus laxiflora</i> (서어나무)	69.0	58.9	43.7
	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	12.4	3.7	-
	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	9.7	5.8	13.3
	<i>Cornus controversa</i> (층층나무)	7.2	10.2	13.3
	<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	1.8	21.4	29.7
	Total	100.0	100.0	100.0

*T : Tree layer, ST : Subtree layer, S : Shrub layer.

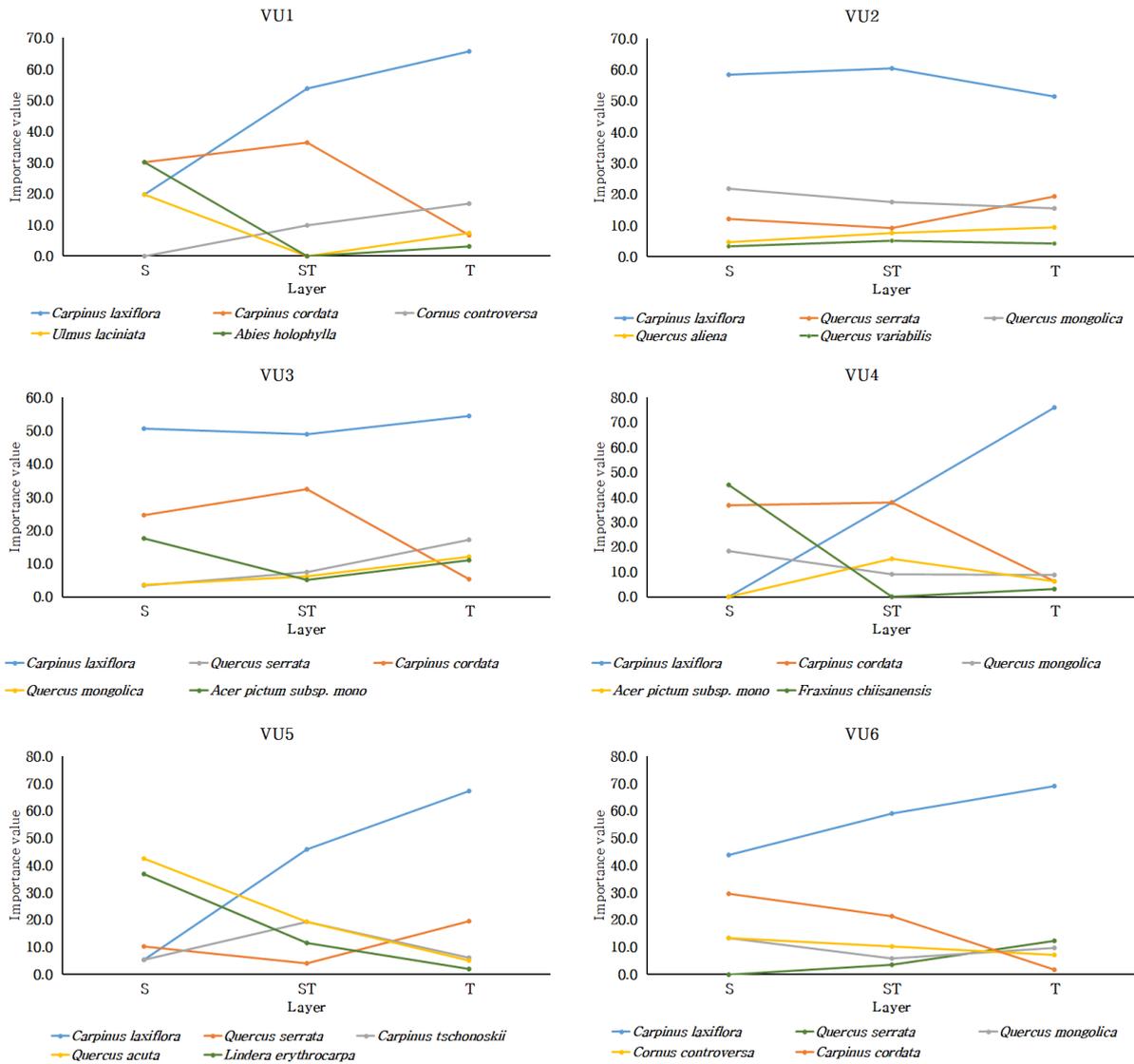


Figure 3. Importance value of major 5 tree species in each vegetation unit
 *T : Tree layer, ST : Subtree layer, S : Shrub layer, VU : Vegetation unit.

종합 고찰

본 연구는 전국 17개의 산에서 조사된 서어나무림의 식생유형을 파악하고, 이에 따른 생태적 천이특성을 구명하고자 수행하였다. 총 75개소의 조사구를 대상으로 TWINSpan과 지표종분석을 실시하여 유형분류를 실시한 결과, 서어나무림의 산림식생은 1개 군락군, 3개군락, 5개 군으로의 분류체계를 나타냈으며 총 6개의 식생단위로 분류되었다. 군락군 단위에서 지표값은 서어나무 외에 당단풍나무(86.7), 생강나무(82.7), 쪽동백나무(80.0), 졸참나무(69.3), 고로쇠

나무(52.0)가 50.0 이상으로 나타나 이들 종은 서어나무림의 주요 구성종인 것으로 사료되었다.

본 연구결과, 서어나무림은 ①당분간 유지되는 유형, ②까치박달림으로 천이가 이루어지는 유형, ③불가시나무림으로 천이가 이루어지는 유형 총 3가지 유형의 천이경향을 나타내었다(Figure 4). 식생단위 2, 3, 6의 경우, 교목성 식물층 서어나무가 모든 층위에서 가장 높은 중요치를 보여 당분간 서어나무가 우점하고 있는 군락으로 유지될 것으로 판단되었다. 이는 전체 75개 조사구 중 53개 조사구(약 70.7%)에 해당되었다. 식생단위 1, 4의 경우, 서어나무는

상층으로 올라갈수록 중요치가 급격히 증가하였으며 까치박달이 관목층에서는 서어나무에 비해 높은 중요치를, 아교목층에서는 서어나무 다음으로 가장 높은 중요치를 나타냈다. 따라서, 이들 식생단위는 까치박달이 우점하는 군락으로 천이가 진행될 것으로 사료되었으며 전체 75개 조사구 중 11개 조사구(약 14.7%)에 해당되었다. 또한, 이들 식생단위는 다른 식생단위에 비하여 교목층과 아교목층의 평균 식피율은 낮게 나타났다. 이러한 환경은 까치박달, 당단풍나무, 쪽동백나무 등 하층을 구성하고 있는 종들의 생육에 유리한 조건을 조성하고 있는 것으로 판단되었다. 식생단위 5의 경우 또한 서어나무는 상층으로 올라갈수록 중요치가 급격히 증가하였으며 붉가시나무는 관목층에서 가장 높은 중요치를 보이고 아교목층에서 서어나무 다음으로 높은 중요치를 나타내었다. 따라서 본 식생단위는 붉가시나무가 우점하는 군락으로 천이가 진행될 것으로 사료되었으며 전체 75개 조사구 중 11개 조사구(약 14.7%)에 차지하였다.

본 연구결과, 대부분의 서어나무림은 당분간 서어나무가 상층에 우점하고 있는 군락으로 유지될 것으로 판단되었다(전체 75개 조사구 중 53개 조사구). 하지만 이들 중 42개 조사구(전체 75개 조사구의 약 56%)는 까치박달이 관목층과 아교목층에서 서어나무 다음으로 가장 높은 중요치를 나타내어 식생단위 1, 4와 마찬가지로 까치박달에 의한 천이가 진행될 수 있을 것으로 사료되므로 이들 식생단위에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

서어나무림은 ①당분간 유지되는 유형, ②까치박달림으로 천이가 이루어지는 유형, ③붉가시나무림으로 천이가 이루어지는 유형 총 3가지 유형이 나타나 극상림의 주요수종으로 서어나무를 제시하는 기존의 연구와는 차이가 있었다. Kim *et al.*(2009)은 덕유산국립공원의 식생연구에서 국지적으로 나타나는 서어나무 군락은 지속적으로 유지할 것이며 Kim *et al.*(2011)은 동일 지역(덕유산국립공원)에서 서어나무의 경우 유령목 개체가 많이 나타나 일부 지역에서의 서어나무 세력 확대를 예측한 바 있다. Hong *et al.*(2012)은 경주국립공원의 서어나무군락 일부는 서어나무 우점군락이 지속될 것으로 예측되나 이들 군락의 면적 확대 가능성은 낮으며 서어나무의 지속 또는 우점도가 높아지긴 어려울 것으로 예상되는 군락이 존재한다고 보고한 바 있는데 이는 본 연구결과와 어느 정도 일치하였다. 따라서 서어나무림의 발달, 확장, 쇠퇴에 대해 보다 구체적인 검증은 위해서는 시간적으로 개체군구조의 변화에 대한 연구가 필요하고 공간적으로는 국내 서어나무가 나타나고 있는 보다 다양한 유형의 군락 샘플 확보와 국외 동북아와 연계한 개체군 및 군집 생태학적 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

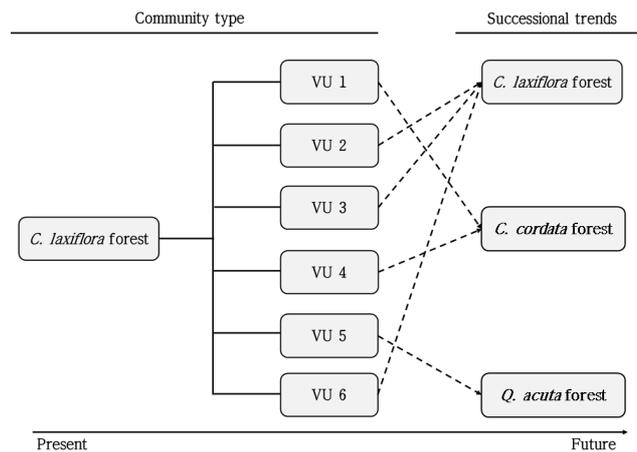


Fig 4. Estimation of successional trends in each vegetation units
* VU : Vegetation unit.

감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2013069D10-1719-AA03)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

REFERENCES

- Braun, U., S. Takamatsu, V. Heluta, S. Limkaisang, R. Divarangkoon, R. Cook and H. Boyle(2006) Phylogeny and taxonomy of powdery mildew fungi of *Erysiphe* sect. *Uncinula* on *Carpinus* species. *Mycological Progress* 5(3): 139-153.
- Braun-Blanquet, J.(1964) *Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetation der Vegetation*. 3rd Ed. Springer-Verlag, Wien, New York, pp.865. (in German)
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa, USA, 596pp.
- Buma, B., S. Bisbing, J. Krapek and G. Wright(2017) A foundation of ecology rediscovered: 100 years of succession on the William S. Cooper plots in Glacier Bay, Alaska. *Ecology* 98(6): 1513-1523.
- Carignan, V. and M. Villard(2002) Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78(1): 45-61.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- De Cáceres, M., P. Legendre and M. Moretti(2010) Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119: 1674-1684.

- Dufrêne, M. and P. Legendre(1997) Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Society of America* 67(3): 345-366.
- Ellenberg, H.(1956) *Aufgaben and Methoden der Vegetationskunde*. Ulmer, Stuttgart, Germany, 136pp. (in German)
- Hill, M.O.(1979) *TWINSPAN- A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes*. Ithaca, N.Y. Cornell University, Press, 50pp.
- Hong, S.C., S.H. Byen and S.S. Kim(1987) *Colored Illustrations of Trees and Shrubs in Korea*. Gyemyengsa, Korea, 310pp. (in Korean)
- Hong, S.H., J.W. Cho, J.S. Kim, S.D. Lee and S.H. Choi(2012) Characteristics of the *Carpinus laxiflora* community in the Gyeongju National Park. *Korean Society of Environment and Ecology* 26(6): 934-940. (in Korean with English abstract)
- Hori, Y. and H. Tsuge(1993) Photosynthesis of bract and its contribution to seed maturity in *Carpinus laxiflora*. *Ecological research* 8(1): 81-83.
- Hwang, K.M., S.H. Chung and J.H. Kim(2016) Forest type classification and successional trends in the natural forest of Mt. Deogyu. *Journal of Korean Forest Society* 105(2): 157-166. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.M., C.S. Kim and B.G. Park(1987) *Methods of Vegetation Survey*. Ilsinsa. Seoul, Korea, 170pp. (in Korean)
- Kim, H.S., S.M. Lee, H.L. Chung and H.K. Song(2009) A study of the vegetation in the Deogyusan National Park - focused on the deciduous forest at Namdeogyu area -. *Korean Journal of Environment and Ecology* 23(5): 471-484. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., S.M. Lee, and H.K. Song(2011) Actual vegetation distribution status and ecological succession in the Deogyusan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 25(1): 37-46. (in Korean with English abstract)
- Kimmins, J.P.(2004) *Forest Ecology : A Foundation for Sustainable Forest Management and Environmental Ethics in Forestry*. Prentice Hall, New Jersey, USA, 611pp.
- Korea Forest Service(2010a) Korea biodiversity information system. <http://www.nature.go.kr/>.
- Korea Forest Service(2010b) Korea plant names index committee. <http://www.nature.go.kr/kpni/>.
- Krebs, C.J.(2008) *Ecology : The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Addison-Wesley, Boston, USA, 704pp.
- Kwak, J.I.(2011) *A Study on Vegetation Structure Characteristics and Ecological Succession Trends of Seoul Urban Forest, Korea*. Doctor thesis in Seoulsirip University, 316pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., G.H. Goo, J.S. Choi and H.S. Cho(1991) Analysis on the forest community of Daewon valley in Mt. Chiri by the classification and ordination techniques. *Korean Society of Environment and Ecology* 5(1): 54-67. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., S.S. Han, J.H. Kim and E.S. Kim(1996a) *Forest Ecology*. Hyangmunsa, Seoul, Korea, 335pp. (in Korean)
- Lee, K.J., W. Cho and B.H. Han(1996b) Restoration and status of urban ecosystem in Seoul – Plant community structure in forest area -. *Korean Journal of Environment and Ecology* 10(1): 113-127. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B.(2003) *Coloured Flora of Korea*. Hyangmunsa, Seoul, Korea, 999pp. (in Korean)
- Lee, T.S., K.J. Lee, B.U. Choi and S.C. Park(2010) Planting managements for improvement of species diversity in Recreational Forest - a case study of Chukryongsan Recreational Forest, Gyeonggi-do -. *Korean Society of Environment and Ecology* 24(4): 351-362. (in Korean with English abstract)
- McCook, L.J.(1994) Understanding ecological community succession : Causal models and theories, a review. *Vegetatio* 110: 115-147.
- McCune, B. and J.B. Grace(2002) *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, 300pp.
- McGeogh, M.A.(1998) The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews* 73(2): 181-201.
- Müller-Dombois, D. and H. Ellenberg(1974) *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York, U.S.A, 547pp.
- Niemi, G.J. and M.E. McDonald(2004) Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 89-111.
- Park, B.C., C.H. Oh and C.W. Cho(2009) Community structure analysis of *Carpinus laxiflora* communities in Seoul. *Korean Journal of Environment and Ecology* 23(4): 333-345. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., J.C. Jo and C.H. Oh(1989) Forest structure in relation to altitude and part of slope in a valley and a ridge forest at Mt. Gaya area. *Journal of Basic Science* 3(1): 52-50. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., Y.C. Choi and W. Cho(1991) Forest structure of the Hwaomsa valley and the Piagol valley in the Chirisan National Park - Forest community analysis by the classification and ordination techniques -. *Korean Journal of Environment and Ecology* 5(1): 42-53. (in Korean with English abstract)
- Son, Y.H., C.D. Koo, C.S. Kim, P.S. Park, C.W. Yun and K.H. Lee(2016) *Forest Ecology*. Hyangmunsa, Seoul, Korea, 346pp. (in Korean)
- Toyohara, G.(1977) The vegetation and its mapping of the Hiba mountains, Southwestern Honshu, Japan. *Hikobia* 8(1-2): 151-164.

van der Marrel, E.(2005) Vegetation Ecology. Blackwell Publishing company. New Jersey, USA, 395pp.

Yim, K.B., I.H. Park and K.J. Lee(1980) Phytosociological changes of *Pinus densiflora* forest induced by insect damage in

Kyonggi-do area. Journal of Korean Forest Society 50: 56-71. (in Korean with English abstract)

Yun, C.W.(2016) Field Guide to Trees and Shrubs. Geobook, Korea, 703pp. (in Korean)