

수도암 사찰림의 전나무 개체군 분포현황과 연령구조분석

최병기* · 이창우¹

동의대학교 분자생물학과, ¹국립습지센터

Distribution Status and Age Structure of *Abies holophylla* Population in Sudo-Am Temple Forest. Choi, Byoung-ki* and Chang-woo Lee¹ (Department of Molecular Biology, Donggeui Univeristy, Busan 614-714, Korea; ¹National Wetlands Center, Changnyeong 635-833, Korea)

Abstract This study was aimed at looking into the distribution status and age structure of *Abies holophylla* population in Sudo-Am temple forest. It was found that a total of 302 individuals of *Abies holophylla* existed which were more than 2 m in height within the study area. Furthermore the population size is one of the largest in the southern region of Korea. The CBH of *Abies holophylla* ranged from 1.5 cm to 500.8 cm. Age structure of *Abies holophylla* looks like a gourd-shaped bottle. This means that they have an unstable structure status and do not survive very long. This status results from a variety of factors including, vegetation succession, anthropogenic activities, and global warming. The environmental characteristics of *Abies holophylla* population was 931 ± 64.5 m in mean altitude, $19.2 \pm 8.7^\circ$ in mean slope in the northeastern and southeastern area of the slope direction, and $1,324,323 \pm 174,459$ wh m^{-2} in average of direct normal irradiation. Among the site environmental factors, the significant ones which influence the potential habitat for *Abies holophylla* distribution were chosen using the MaxEnt model. According to the results of this study, altitude and slope were found as the important factors. The average value of environmental conditions by ROC analysis were altitude 903.2 m, slope 20.04° , irradiation $1,352.248$ wh m^{-2} , and the southeastern aspect.

Key words: age analysis, natural mixed forest, MaxEnt model, GIS analysis

서 론

수도암(修道庵)은 수도산의 남동사면 계곡부에 위치하고 있으며, 859년 현안왕 창건 이래 많은 수도승을 교육시키는 장소로 이용되어 온 사찰이다. 수도암의 남동사면 계곡부에는 사찰에 의해 보호되고 있는 사찰림이 존재하며, 전나무를 주요 구성종으로 하는 높은 자연성의 침활혼효림이 발달하고 있다(Ministry of Environ-

ment and NIER, 2012).

전나무는 한국 사찰림의 대표적인 구성요소로 고려되고 있는 전통조경 수종이며, 중부이북의 마을숲에서는 강직하고 사철 푸른 변함없는 이미지 때문에 예로부터 아버지를 상징하는 나무로 인식되고 있다(Yim, 1991; Lee *et al.*, 2008; Lim, 2012). 동아시아지역에서 대륙성 기후에 지배적인 영향을 받는 한반도와 만주일대의 냉온대 중북부지역에 분포하는 종이다(Box and Fujiwara, 2012). 산기슭 및 산골짜기의 비옥한 토양에서 생육하며(Nam, 2001), 초기발아 성장률이 매우 느린 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2008). 입지에 따라 흉고직경의 차이가 심한 편이며, 조릿대의 분포가 유묘발달에 제한요인

Manuscript received 15 July 2014, revised 3 September 2014,
revision accepted 4 September 2014

* Corresponding author: Tel: +82-51-890-1531, Fax: +82-51-890-1521,
E-mail: eco@deu.ac.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Lim *et al.*, 1992). 그러나 국내에서 이들 전나무개체군에 대한 개체군 연구 및 생육지 특성, 생육기반 정보를 바탕으로 한 잠재분포역 등에 관한 연구는 미흡한 실정이다(Shin *et al.*, 1992; Youn, 2002; Lee *et al.*, 2008).

조사지역 식생에 대한 선행연구는 Lee (2009)에 의한 연구가 유일하며, 수도산 일대의 삼림식생에 대하여 건조지 식생형(DRt)과 산록 및 계곡 식생형(WVt)으로 구분하였다. 수도산 일대 사면 건조지역과 사면상부에 주로 분포하는 DRt 그룹은 5개 식물군락을 내포하고 있으며 산기슭 및 계곡지역에 주로 분포하는 WVt 그룹은 6개 식물군락으로 구분하였다. 후자의 식물군락에서 다소 높은 자연성과 함께 양호한 종다양성 특징을 보이는 것으로 보고하였다. 그 외 조사지와 인접한 지역에 대한 연구로 Kim *et al.* (1989), Jeong *et al.* (1997), Park *et al.* (2005)에 의해 식생 및 식물상에 관한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다. 이들 연구들에서 확인된 식물군락은 소나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-조릿대군락, 졸참나무군락, 서어나무-졸참나무군락, 흰참꽃군락, 층층나무군락, 들메나무군락 등이며, 다른 지역에 비해 소나무우점군락이 우세하고 산지대 능선부를 따라 고산성(高山性) 식물군락이 분포하고 있는 것이 특징적으로 기재되었다. 원식생에 가까운 식생형은 존재하지 않는 것으로 기술하였으며, 산화 및 벌채가 반복되어 식생 내에 인위적 간섭흔적이 상존하는 것으로 인식되고 있다(Kim *et al.*, 1989). 그러나 조사지역 내 전나무 개체군의 분포 및 생육특성에 대한 학술적 기재는 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 남부지역임에도 불구하고 비교적 대규모로 발달하고 있는 수도암 전나무림에 대해 현재의 생육특성과 생육을 결정하는 환경인자 발굴, 관리전략 등에 대한 방법적 고찰을 위해 이루어졌다. 연구에서 획득된 결과는 수도암뿐만 아니라 국내 사찰림의 전나무 현황과 남부지역 개체군의 관리에 대한 식생학적 관리 방안 및 전나무의 성장 특성을 규명하고 보전하는 데 기반 정보로 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

1. 연구 장소

조사지역은 지리적으로 동경 127° 56' ~ 128° 00'과 북위 35° 48' ~ 35° 54' 사이에 위치하고 있다. 행정구역상 경북 김천시 증산면 수도리 산 4번지 일대이다. 소백산

맥 주맥의 동측에 위치하고 있으며, 험준한 산세를 이루고 있다. 덕유산과 가야산을 연결하는 지맥의 중심에 위치한 산지 가운데 하나로 주변지역이 산지로 둘러싸여 있다. 권역 중앙부에는 859년에 창건된 고찰인 수도암이 위치하고 있으며, 조선시대 동학농민운동과 6.25전쟁을 겪으면서 축소되었던 사찰을 최근 증축, 보강 사업을 통해 규모가 증대되고 있는 추세에 있다. 중남부 내륙의 냉온대 남부저산지형 및 중부산지형의 낙엽활엽수림이 혼재하는 특징을 보인다. 이들 지역 산지대의 대표적인 식생형은 신갈나무-철쭉꽃군목의 신갈나무-생강나무아군단식생형이며, 해발고도에 따라 저해발지역으로 졸참나무-작살나무아군단의 파생식생형과 고해발지역으로 신갈나무-잣나무군단의 식생형이 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim, 1992). 연구재료인 전나무개체군은 계곡 입지를 따라 분포하는 신갈나무-잣나무군단에 귀속되는 침활혼효림에 분포하고 있으며, 이들 개체군에 대한 연구를 수행하였다. 연구범위는 침활혼효림이 분포하는 계곡의 집수역에 대해 이루어졌으며, 전체 면적은 4.1 km²이다.

2. 연구 방법

현지조사는 2013년 5월부터 2013년 8월까지 약 3개월에 걸쳐 실시하였다. 조사지역 내에 분포하고 있는 수고 2m 이상의 전나무 개체에 대하여 전수조사가 이루어졌다. 개체에 대해 획득된 정보는 경위도 좌표와 해발고도, 흉고둘레(CBH: circumference at breast height), 수고 및 생육지 환경조건 등이다. 흉고직경에 비해 부정형의 수간을 측정하기에 유리한 흉고둘레 정보를 활용하여 개체군별 생육특성 및 생육지 환경요인에 따른 종의 분포 경향을 분석하였다. GIS 프로그램을 활용하여 개체의 세부 방위, 조도, 경사도 등에 대한 정보가 획득되었으며, 전나무 개체군의 공간분포 분석에 활용되었다(Table 1). 개체의 방위, 조도, 경사도 등에 대한 환경변수를 추출하기 위하여 국립지리원에서 발간한 1/5,000 축척의 수치지형도(DEM: digital elevation model, 2012)를 활용하였으며, 하나의 그리드 크기는 25×25m로 변환하여, 전나무 현장좌표(point)와 중첩하여 정보를 추출하였다. 또한 연구지역 내에서 전나무 잠재서식처 환경 및 공간분석을 위하여 MaxEnt(Maximum entropy) 분석을 실시하였으며(Phillips *et al.*, 2006), 최적 생육환경 발굴 및 공간분포결정이 이루어졌다. MaxEnt 모형의 설명적 검증을 위해 표본 유의성에 따른 통계적 분석을 실시하였으며, 모든 변수는 0에서 1로 규격화하여 교차검증을 실시하

Table 1. Environmental variables and data processing.

Category	Variables	Data processing	Data type
Terrain attributes	Elevation	DEM	Continuous
	Slope	Surface analysis (slope)	Continuous
	Aspect	Surface analysis (aspect)	Categorical
	Average annual solar irradiation	Surface analysis (irradiation)	Continuous
Species information	Coordinate data	Field survey (Garmin Oregon450)	Continuous
	Circumference at breast height	Field survey	Continuous

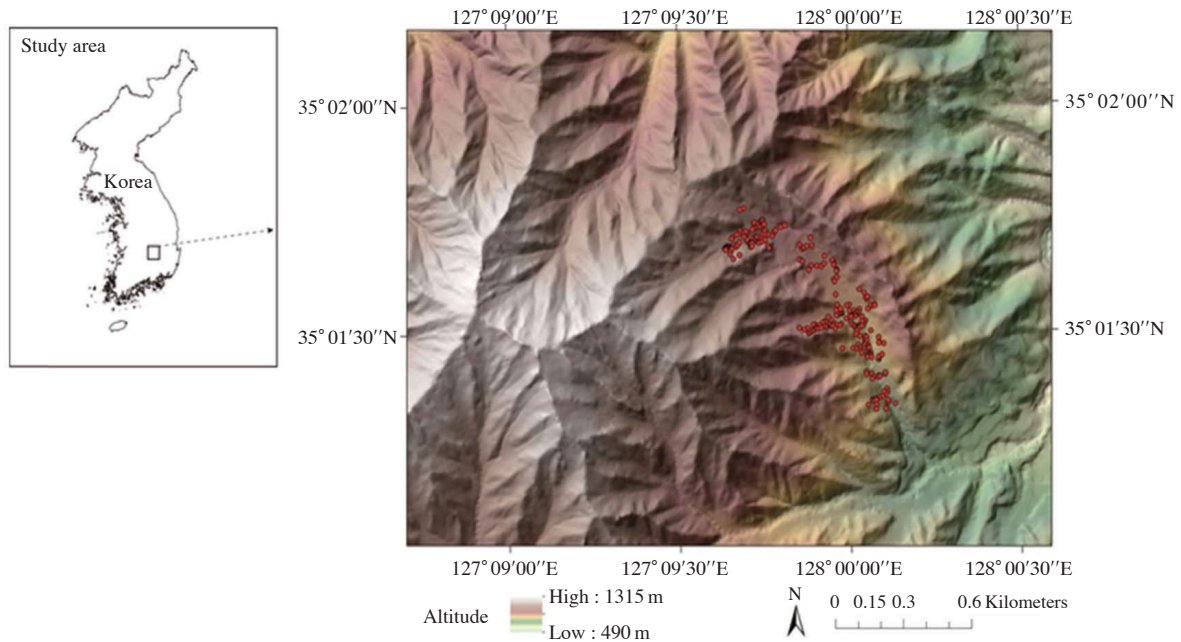


Fig. 1. Geography and *Abies holophylla* population distribution of study area (2013).

였다. 검증은 ROC (Receiver Operating Characteristic) 분석방법을 활용하였으며, 분석결과는 AUC (Area Under the Curve) 곡선 값으로 나타내었다.

$$ROC(v) = Fd(F^{-1}(v)), v \in (0,1)$$

결과 및 고찰

1. 전나무의 개체군 규모

수도암 일대에 분포하고 있는 수고 2m 이상 전나무 개체군의 크기는 302개체인 것으로 확인되었다(Fig. 1). 이러한 개체군의 분포는 남한에 자생 분포하는 전나무 군락지 분포를 고려할 때 남부지역의 최대 규모 전나무 군락지로 판단되며(Park, 2008; Lee, 2012; Koo, 2014), 개체군의 CBH 변화는 Fig. 2와 같다.

연구지역 내 전나무의 최저 CBH는 1.5 cm이며, 최대는 500.8 cm이다. 약 15 cm 이하의 CBH를 가진 어린 연령층의 전나무들이 높은 개체빈도를 보이며, 완만한 기울기를 보였다(Fig. 2). 15~80 cm에 이르는 개체군에서 출현빈도가 낮아 급격한 기울기 변화를 보인 반면 100 cm 이상의 연령대에서 보다 완만한 기울기를 보인다. 이러한 결과는 수도암 전나무 개체군이 중장령림의 숲을 형성하고 있음을 의미하며, 유령(幼齡)개체군에서 연속적인 연령분포를 가지고 있지 못함을 반증한다. 300 cm 이상의 장령목은 개체 빈도가 급격히 감소하여 가시적인 기울기 변화를 보였으며, 개체수는 단지 3개체에 불과하였다(Fig. 2). 이것은 연구지역 내에서 전나무 개체수명의 한계로부터 나타나는 현상으로 판단되며, 일부 안정적인 입지를 따라서 500 cm 이상의 성장도 가능하다는 것을 보여준다. 연구지역 내 최대목은 35° 51' 39'' N 127° 59' 55'' E, 936 m a.s.l.에 위치하고 있다.

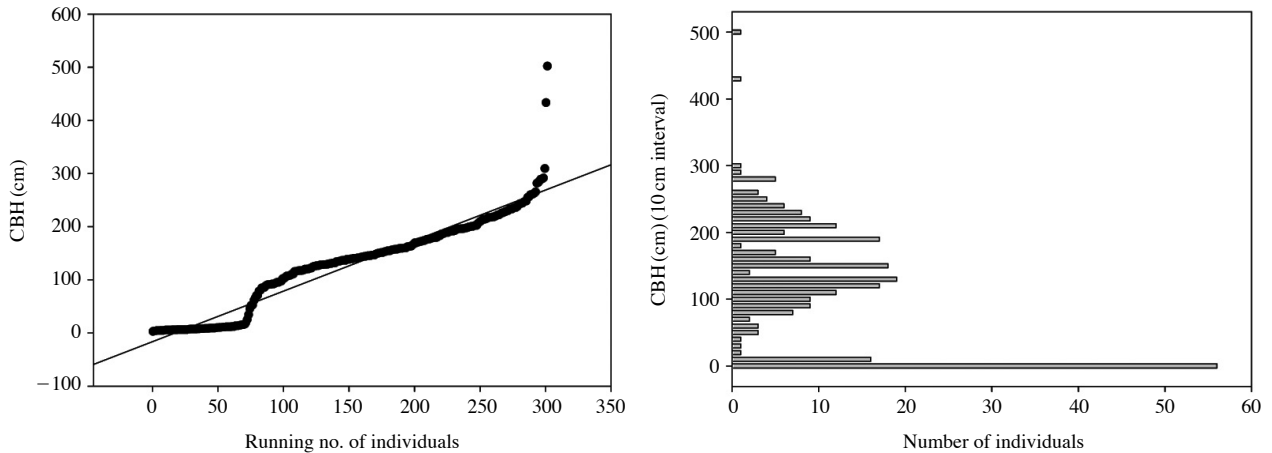


Fig. 2. CBH distribution and age structure of *Abies holophylla* population (2013).

2. 전나무의 연령구조

전나무개체군의 연령구조 분석 결과 Fig. 2와 같이 호리병구조를 나타내었다. 호리병구조는 특정 연령대에서 불안정한 연령구조를 가져 연속적이지 못하며, 하위구조가 상위구조로 지속되기 어려움을 의미한다. 흥고돌레만으로 개체군의 연령 및 개체군 분포의 연대를 추정하는 것은 입지환경의 다양성에 따른 개체성장의 변이가 높아 어려운 작업이다(Lee *et al.*, 2008). 그러나 Lee *et al.* (2008)에 의해 확인된 오대산 월정사 일대의 전나무 수령구조 분석의 평균값을 이용해 조사지역 내 전나무 연령을 추정한 결과 본 조사지역은 세 번에 걸쳐 전나무 개체군의 감소기가 존재했던 것으로 판단된다. 1차 감소기는 흥고돌레 170~190 cm 구간으로 약 70년 전후 기간, 2차 감소기는 140~150 cm 구간으로 약 50년 전후 기간, 3차 감소기는 20~60 cm 구간으로 약 30년 이내 기간이다. 이 가운데 가장 급격한 감소형태를 보여주는 기간은 3차 감소기이며, 그 빈도와 기간 지속성 면에서 개체군 영속가능성에 위협적인 요인으로 작용하고 있는 것으로 판단된다. 각 감소기의 요인을 발굴하는 것은 쉽지 않은 작업이다. 그러나 전나무 치수 재생에 관한 Hong *et al.* (2001)의 연구를 고려할 때 첫 번째 요인은 호광성의 전나무 치수 재생이 천이 진행으로 인해 연구지역 식생의 수관 및 수관하층 식생 발달로 광량이 감소되어 치수재생을 피압 시켰을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 실제로 연구지역의 식생은 식생의 구조와 종조성 측면에서 높은 자연성을 보이고 있는 것으로 확인되었다(Ministry of Environment and NIER, 2012). 두 번째 요인은 인위적 활동에 의한 감소이다. 사찰의 규모 확대

및 수리수문의 변화와 고로쇠 수액 채취를 위한 인공구조물 설치 등은 전나무 개체군의 생육지 유지에 부정적인 요인으로 작용하고 있는 것으로 판단된다. 세 번째 요인으로는 지구온난화에 의한 기후변화를 추정해 볼 수 있다. 입지의 정밀 기후데이터가 존재하지 않아 수치적 비교에는 한계를 가진다. 그러나 해발고도에 따른 연령구조 변화를 비교해 볼 때 고해발지역의 경우 연속적인 연령구조를 나타내는 반면 저해발지역에서는 유령목에서 불연속적인 연령구조를 나타내고 있다(Fig. 4). 이러한 결과는 전나무의 생육적지환경인 고해발지역 냉습한 기후환경에서는 여전히 안정적인 구조를 형성하지만 기후변화의 영향이 가시적인 저해발지역의 유령목 발달은 제한을 받고 있는 것으로 판단된다. 현재 조사지역의 유령목 분포는 고해발지역으로 점차 이동해가고 있는 것으로 추론된다.

한편 20 cm 이하 개체군의 크기는 그 외 개체군 빈도에 비해 높은 빈도를 나타내는 것으로 보여진다. 그러나 전술한 다양한 요인들 또는 그 외 복합적인 요인들에 의해 유령목에서 다음 단계로 연속적인 연령구조를 지속하지 못하는 것이 당연한 과제이다. 특히 이들의 분포는 개체 간 분포경향이 상대밀도가 높은 좁은 지역에 집중되는 특징을 보인다. 이것은 이들 입지에 분포하는 개체군이 충분한 독립된 세력권(territory)을 가지지 못함을 의미하며, 세대를 거듭할수록 중간경쟁에 의한 자가숙음이 발생할 것으로 예상된다. 이러한 분포특성은 수도암 전나무개체군의 후계목 연속성이 데이터의 단순 비교에서 드러난 것보다 더욱 심각한 단절현상이 발생하고 있음을 의미하며, 이들 유령개체군의 소실이 숲의 재생과 후계목 확보에 있어서 매우 중요한 요소임을 의

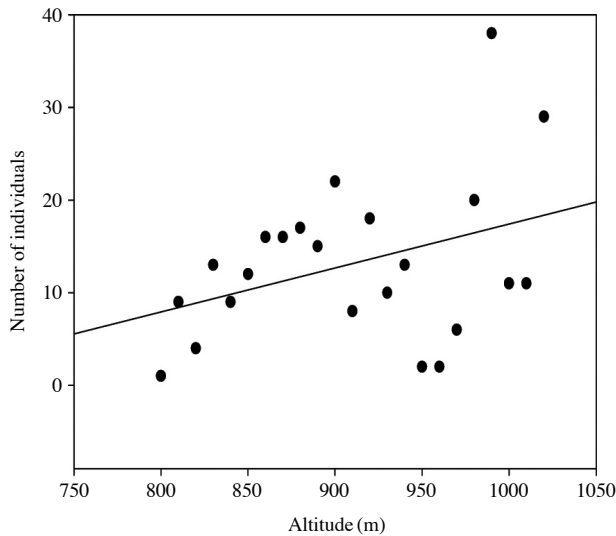


Fig. 3. Distribution of altitude of *Abies holophylla* individuals (2013).

미한다. 따라서 현재의 전나무 개체군 보존을 위해서는 전나무 유령개체군이 발달한 입지의 보존이 무엇보다 중요한 것으로 판단된다.

3. 개체군의 환경요인

해발고도에 따른 수도암 전나무의 분포는 809~1,026 m인 것으로 나타났다(Fig. 2). 평균 해발고도는 931 ± 64.5 m이다. 10 m 단위 해발고도 범위에서 가장 많은 개체수가 출현한 해발고도는 990~1,000 m이며, 가장 낮은 개체수가 출현한 해발고도는 800~810 m이다. 고해발 지역에서 보다 높은 출현빈도를 보이며, 저해발지역으로 갈수록 그 빈도가 감소한다(Fig. 3). 950~970 m에 해당하는 지역에서의 갑작스런 빈도 감소는 인위공간인 수도암이 위치하고 있기 때문이다. 고해발지역에서 상대적으로 높은 출현빈도를 보였으나, 1,030 m 이상의 보다 높은 해발고도에서 분포가 단절된 것은 계곡지형이 골짜기 형태로 변형되어 물리적 입지환경이 변화되었기 때문으로 판단된다.

해발고도에 따른 CBH 분포결과는 Fig. 3과 같다. 수도암 주변 지역 대부분의 해발고도에서 유령층의 전나무 개체군 분포가 확인되었다. 그러나 유령 개체의 분포 경향은 고해발고도에서 보다 높고 저해발고도에서 상대적으로 낮은 경향을 보인다. 또한 저해발고도의 경우에도 미소서식처는 지류 계곡상부에 치우쳐 분포하는 특징을 나타낸다. CBH의 연속적인 분포경향을 고려할 때 고해발지역에서 비교적 연속적인 연령구조를 보이는 반

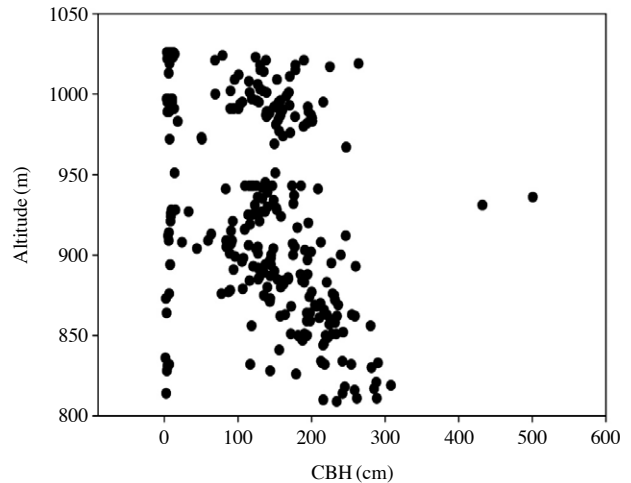


Fig. 4. Correlation between altitude and CBH of *Abies holophylla* population in Sudo-am temple forest (2013).

면 저해발지역에서는 비교적 불연속적인 구조를 보이고 있다. 따라서 저해발지역의 전나무 개체군은 차후 유령림에 의한 자생적 재생이 어려움을 겪을 것으로 판단된다(Fig. 4).

경사도 분석 결과 $2.8 \sim 39.5^\circ$ 의 범위에서 분포하는 것으로 확인되었다. 평균 경사도는 $19.2 \pm 8.7^\circ$ 으로 주변산지대에 비해 비교적 완만한 경사를 형성하고 있다. 40° 이상의 급경사 사면에서는 생육에 제한을 받으며, 완만한 경사지에서 보다 높은 개체밀도를 보였다.

사면방향은 북동사면(N, NE, NNE, NEE)과 남동사면(SE)에서 높은 빈도를 나타냈으며, 서사면 및 북서사면에서 낮은 빈도로 출현했다. 사면방향과 높은 연관관계를 가지는 평균일조량은 $1,324,323 \pm 174,459 \text{ wh m}^{-2}$ 이며, 북사면을 중심으로 $1,000,000 \text{ wh m}^{-2}$ 이하의 일조량을 보이는 입지에서도 소수의 개체(32개체, 10.6%)가 분포하는 것으로 확인되었다. 일부 유령목의 경우 북동사면의 비교적 낮은 일조량 지역을 따라 분포하는 경향을 보였지만, 계곡지형의 형성과 미세지형의 발달이 보다 주요한 결정요인으로 작용하고 있는 것으로 판단된다.

4. 잠재생육공간 분석 및 최적서식처 환경요인

MaxEnt 모델을 통해 연구지역 내 전나무 잠재생육공간이 도출되었다(Fig. 5). 기입한 4가지 환경요소(사면, 경사, 해발, 조광)의 회귀함수분석을 통한 검증적합도(ROC) 값으로 잠재생육지의 분포 확률값을 범위 0~1 사이의 값으로 함수화 하였으며, 14단계의 색상으로 구

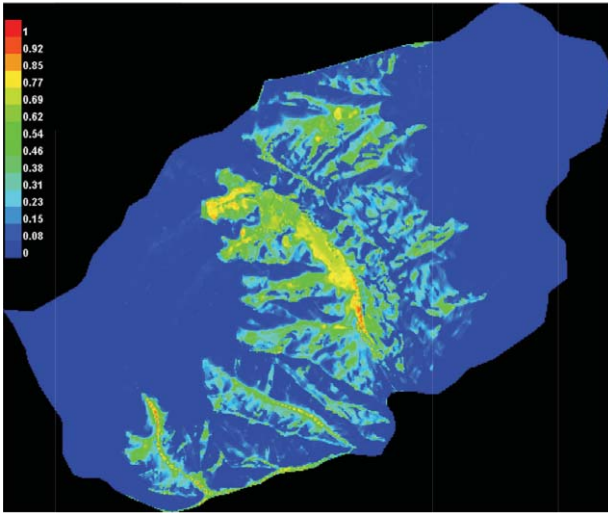


Fig. 5. Distribution of the potential habitat by MaxEnt model in study area.

Table 2. Goodness of fit and average value of environmental conditions by ROC analysis.

Variable	Percent contribution	Permutation importance	Sample average
Altitude (m)	46.1	42.8	903.2269
Slope (°)	40.2	31.9	20.04892
Irradiation (wh m ⁻²)	11	19.5	1,352.248
Aspect (°)	2.6	5.8	114.6801

분하였다. Fig. 5에서 붉은색(1)에 가까운 지역일수록 전나무생육가능성이 높은 입지이며, 푸른색(0)은 분포가능성이 낮은 입지를 의미한다. 연구지역 내 현존분포는 주변지역과 구별되는 독립적인 환경요인을 나타내며, 높은 적합도의 잠재력을 보이는 것으로 확인되었다. 현재 자생 개체 분포가 확인되지 않는 지역임에도 불구하고 잠재적 생육공간으로 고려되는 지역은 남서측 계곡부와 북측 사면상부 일대인 것으로 나타났다. 그 외 지역들에서는 전나무 생육환경에 대해 낮은 적합도를 보이며 잠재생육입지로 고려되기 어려운 것으로 확인되었다.

생육지 잠재력에 영향을 미치는 기여변수(variable contribution)를 발굴하기 위해 주어진 표본에 대해 Jackknife에 의한 기여변수 분석을 실시하였다(Quenouille, 1949). 그 결과 해발고도 46.1%, 경사도 40.2%, 조광 11%, 사면 2.6%의 기여도를 가지는 것으로 분석되었다(Table 2). PI(Permutation importance) 수치 또한 유사한 경향을 보였으며, 해발고도와 경사에서 42.8%, 31.9%의 높은 값을 나타내었다. 개체군과 기여도를 고려한 환경요인 분석결과로부터 도출된 최적 잠재서식처조건은 해발

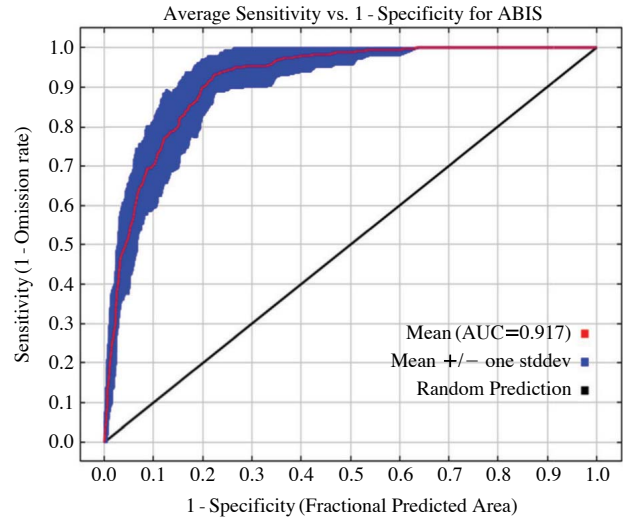


Fig. 6. Performance result of the area under ROC curve (AUC).

고도 903.2 m, 경사도 20.04°, 연평균일조량 1,352.248 wh m⁻², 사면방향 남동사면(114.68°)인 것으로 확인되었으며, 실측평균값과는 다소 차이를 보였다.

모형의 검증에 대해 ROC곡선의 AUC에 의한 분석이 이루어졌다. 신뢰성 검증 결과 표준오차 값은 0.024로 고르게 분포하며, AUC 값은 0.917로 모형의 잠재력이 높은 예측력을 가지는 것으로 나타났다(Fig. 6).

적 요

수도암 사찰림의 주요 구성종인 전나무개체군에 대한 분포현황 및 연령구조분석이 이루어졌다. 총 302개체로 이루어진 남부지역 최대 규모의 개체군 분포로 확인되었으며, 흉고둘레 1.5~500.8 cm에 이르는 다양한 연령의 개체군 분포가 확인되었다. 수도암 전나무 개체군의 연령구조 분석결과 불안정한 호리병구조를 나타내며, 15~80 cm에 해당하는 비교적 어린 연령의 개체군에서 상대적으로 낮은 빈도의 출현을 보였다. 이들의 분포를 제한하는 요인으로 천이진행, 인위적 요인, 기후변화 등이 논의되었다. 또한 상대적으로 높은 빈도를 보이는 유령림(15 cm 이하)이 계곡 상부의 좁은 면적에 제한적으로 분포하고 있는 것으로 확인되었으며, 전나무개체군의 보전을 위해 이들 지역에 대한 적극적 보호가 필요한 것으로 판단된다.

수도암 전나무의 현존분포 환경요소 분석결과 평균해발고도 931±64.5 m, 평균경사도 19.2±8.7°, 사면방향 북동사면과 남동사면, 평균일조량 1,324,323±174,459

wh m⁻² 등의 환경조건에서 높은 빈도로 출현하는 것으로 확인되었다. MaxEnt 모델을 이용하여 전나무 잠재생육공간이 도출되었다. 현존분포 결과는 연구지역이 독립적인 생육환경을 형성하고 있는 것으로 확인되었으며, 해발고도와 경사도에서 높은 기여도를 보였다. 개체군과 기여도를 고려한 환경요인 분석결과 최적 잠재서식처 조건은 해발고도 903.2 m, 경사도 20.04°, 연평균일조량 1,352.248 wh m⁻², 남동사면(114.68°)인 것으로 확인되었다.

차후 개체군에 대한 발아제한요인 발굴, 종내 및 종간 경쟁 변화, 지화학적 요인과의 상관관계, 기후변화 및 사찰활동의 영향 등에 대한 후속연구가 연속되어야 할 것으로 판단된다. 이러한 결과는 한국 대표경관 가운데 하나인 사찰림의 주요 구성종인 전나무의 생태와 생육지 환경, 보전 및 복원, 보호를 위한 보다 높은 이해와 의사 결정에 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Box, E.O. and K. Fujiwara. 2012. A comparative look at bioclimatic zonation, vegetation types, tree taxa and species richness in Northeast Asia. *Botanica Pacifica* **1**: 5-20.
- Hong, K.N., Y.C. Choi, B.Y. Kang and Y.P. Hong. 2001. Spatial genetic structure of needle fir (*Abies holophylla*) seedlings on the forest gap within a needle fir forest at Mt. Odae in Korea. *Journal of Korean Forestry Society* **90**: 565-572.
- Jeong, M.H., C.H. Kim, B.S. Kil, H.G. Yoo and S.E. Shin. 1997. The forest vegetation of Mt. Kaya national park, Korea. *Korean Journal of Ecology* **20**: 145-151.
- Kim, J.S., G.T. Kim and K.B. Yim. 1989. The actual vegetation and degree of green naturalness in Gaya mountain national park. *Korean Journal of Environment and Ecology* **3**: 1-15.
- Kim, J.W. 1992. Vegetation of Northeast Asia, on the syntaxonomy and syngelography of the oak and beech forests. Ph.D. Diss. University of Vienna.
- Koo, J.W. 2014. A study on characteristics of vegetation structure and management planning of the *Pinus densiflora* forest in Gayasan National Park. Ph. Master. Thesis. University of Seoul, Seoul.
- Lee, D.H. 2009. The Analysis of Forest Vegetation in Mt. Sudo Recreational Forest Area. Ph. Master. Thesis. Kyungpook National University, Sangju.
- Lee, D.Y. 2012. A study on characteristics of vegetation structures and restoration measures for the vegetation landscape in the cultural landscape forest of Unmun temple, Cheongdo-gun, Korea. Ph. Master. Thesis. University of Seoul, Seoul.
- Lee, K.J., J.S. Kim, J.W. Choi and B.H. Han. 2008. Vegetation structure of *Abies holophylla* forest near Woljeong temple in Odaesan national part. *Korean Journal of Environment and Ecology* **22**: 173-183.
- Lim, J.C. 2012. A Phytosociological Study of the Maeul-soop in Korea. Ph. D. Thesis. Keimyung University, Daegu.
- Lim, J.H., M.Y. Shin, C.Y. Lee, Y.Z. Ko and Y.W. Chun. 1992. Regeneration methods and tending practices for *Quercus mongolica-Abies holophylla* natural mixed stands-population structure of *Abies holophylla* in disturbed mixed stand. *Journal of Forest Science* **4**: 29-44.
- Ministry of Environment and NIER. 2012. The Research of Ecological Landscape Excellent Area. NIER. Incheon.
- Nam, S.Y. 2001. Study on the Vegetation Structure and Environment of *Abies holophylla* Forest at Woljongsan Area in Mt. Odae National Park. Ph. Master. Thesis. Kangwon University, Chuncheon.
- Park, K.W., Y.H. Kwon, K. Choi and S.H. Oh. 2005. Forest vegetation and floristic studies of Mt. Gaya national park - especially on the Danji-bong area -. *Korean Journal of Environmental Biology* **23**: 1-20.
- Park, S.W. 2008. Vegetation composition and structure of *Abies holophylla*-nated forests around Yeongnam region. Ph. Master. Thesis. University of Sangju, Sangju.
- Phillips, S., R. Anderson and R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distribution. *Ecological Modelling* **190**: 231-259.
- Quenouille, M.H. 1949. Approximate tests of correlation in time-series. *Journal of the Royal Statistical Society* **11**: 68-84.
- Shin, M.Y., J.H. Lim, Y.W. Chun and Y.Z. Ko. 1992. Regeneration and tending practices for natural mixed stands of *Quercus mongolica-Abies holophylla*. II. prediction of future stand structure using rate of increment. *Journal of Korean Forestry Society* **81**: 146-155.
- Yim, K.B. 1991. Forestry -main point-. Hyangmunsa. Seoul.
- Youn, Y.I. 2002. Preliminary study on naturalness of Korean fir (*Abies holophylla*) stand in Mt. Sorak. *Korean Journal of Environmental Biology* **20**: 287-293.