

천축산 일대 금강소나무림의 군집구조 및 종조성

변준기¹, 박병주¹, 주성현², 천광일^{3*}

¹국립백두대간수목원 백두대간중보존실, 연구원, ²경북대학교 임학과, 교수, ³국립생태원, 연구원

Community Structure and Species Composition of *Pinus densiflora* for. *erecta* Forest in Mt. Cheonchuk

Jun Gi Byeon¹, Byeong Joo Park¹, Sung Hyun Joo² and KwangIl Cheon^{3*}

¹Researcher, Baekdudaegan Biodiversity Conservation Division, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

²Professor, Department of Forestry, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Researcher, National Institute of Ecology, Seochoen 33657, Korea

Abstract - This study was conducted to analyze community structure and species composition of *Pinus densiflora* for. *erecta* Stand in Mt. Cheonchuk (653 m). Field survey was carried out from June to September in 2013. 74 plots (20×20 m) were set up, 5 herb layer plots (3×3 m) were constructed for each plot, and there, Diameter at Breast Height (DBH), height, environmental factor, annual growth were measured. Vascular plants were surveyed as following: 66 family, 165 genus, 211 species, 2 sub species, 29 variety, 6 form 248 taxa. Results of cluster analysis for *P. densiflora* for. *erecta* forest, 3 communities were divided into; *Quercus mongolica* (P-1), *Quercus variabilis* (P-2) and *Quercus aliena-Stephanandra incisa* (P-3). There were significant environmental factors that organic layer, annual growth, CEC, total total nitrogen, organic matter and pH for each community. As a result of DCA, P-1 and P-2 were distributed large range of environmental factors but relatively limited in P-3. Distributions of herb layer were affected by sand, cation exchange capacity, silt and total nitrogen. Results of MRPP test for herb layer communities, it was significantly analyzed (A=0.003, P<0.008). Species diversity index was highly recorded in P-3 and influenced by cation exchange capacity, total nitrogen, annual growth in consequence of NMS analysis.

Key words – *Pinus densiflora* for. *erecta*, Population conservation, Species composition

서 언

최근 우리나라는 인구밀도가 증가하고 산업이 점차 발달함에 따라 생활영역의 확장 등을 이유로 자연환경을 훼손해가고 있다. 이로 인해 산림생태계를 둘러싼 여러 교란(벌채, 산불 등)과 같은 요소들이 생물다양성과 생태계를 파괴하는 결과를 초래하고 있다(Myers, 1987).

보전생물학(conservation biology)은 생태계 내 생물종과 이를 둘러싼 서식처를 중심으로 보존하기 위한 통합적 과학이다. 보전생물학의 중요한 세 가지 목표는 첫째, 지구상에 있는 생물

다양성 관련 기록형성이며, 두 번째로 생태계와 인간과의 영향 및 상관관계 조사·연구, 세번째, 생물종의 절멸(extinct)을 방지하고 유전적 다양성을 유지하며 건전한 생태계로의 기능을 보전하는 것이다(Wilson, 1992).

경상북도 울진군에 위치한 천축산 일대는 우리나라의 온대 중부에 속하며 금강소나무림이 군집을 이루고 있다. 또한 인간 간섭이 거의 없어 큰 훼손이 없이 잘 보전되어 있어서 식생이 다양하고, 식물구계 상, 중부아구(中部亞區)에 속하지만 지리적, 지형적 특이성으로 인해 북방계식물과 남방계식물이 혼생하는 독특한 식물상을 이루고 있다 또한 동물들의 보금자리(Shelter)를 마련하여 생태계가 유지된 지역으로 보전가치가 높은 지역이다(Ministry of Environment, 2007).

*교신저자: E-mail ndz1000@nie.re.kr

Tel. +82-41-950-5927

© 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.

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, provided the original work is properly cited.

금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta*)림은 주로 백두대간 태백산맥 지역과 강릉, 동해를 이어 경상북도 울진, 봉화 지역 산지에서 생육하며 수간이 통직하고 목재가 황적색·황갈색을 띠는 소나무이다(Uyeki, 1928). 울진의 금강소나무림은 경관적, 풍치적 가치가 높으며, 구조재 및 가구재 등으로도 우수한 성질을 지니고 있어 높은 목재 가치를 창출해 낼 수 있는 임분이다(Jeon, 2006). 또한 기타 휴양과 문화 서비스로도 영역이 확장되어 사회적 수요가 증가하고 있어 보전의 당위성을 가지고 있는 지역이다. 금강소나무림은 병해충피해 및 타 수종과의 식생경쟁과 주변일대의 개발압력으로 인하여 동식물의 서식지 파편화(Habitat fragmentation) 등으로 점점 쇠퇴하고 있다. 이를 보전하기 위한 금강소나무림 개체군의 체계적인 보전 방안을 구축해야 한다(Choi and Kim, 2003; Korea Forest Service, 2014).

본 연구대상지 일대의 금강소나무 연구로는 왕피천 주변지역의 산림생태계 내 식생과 관련한 현존식생도 제작 및 임분구조와 종조성에 대한 여러 연구가 진행되어 왔으며, 그리고 금강소나무의 지상부와 지하부 생장과 환경인자와의 상관관계 등의 연구가 진행되어 왔다(Choi and Kim, 2003; Kang and Choi, 2008; Lee *et al.*, 2002; Na *et al.*, 2011). 또한 금강소나무 내 토양과 수목생리적 특성에 관한 연구 및 유전집단, 증식에 관한 연구가 이루어져 개체군 보전과 건전성을 파악을 위한 선행연구가 이루어져 왔다(Kim and Lee, 1992; Lee and Kim, 1989). 이러한 모든 연구들은 금강소나무 개체군에 대한 현지 외 보전(in situ conservation)과 현지 내 보전(ex situ conservation)을 위한 선행연구의 일환이며, 이들 두 보전방안은 생물종 보전을 대상으로 하여금 상호 보완이 되는 보전방법이다(Miller *et al.*, 2004; Robinson, 1992). 효과적인 보전방안 마련을 위하여 생물종을 둘러싼 다양한 환경인자를 파악하여 두 상호작용간의 종합적인 현상을 이해하고 분석하는 과정이 필요하다.

한편, 산림에서 상층임분과 하층식생은 서로 상호적인 관계를 가진다. 임분의 층위구조에 따라 광량(light intensity), 수관 통과우(throughfall precipitation)과 토양성질이 달라지며 이러한 환경조건을 바탕으로 하층식생의 종조성에 영향을 미친다(Leith and Aston, 1961). 이러한 하층식생의 조성에 따라 이를 서식처(shelter)로 살아가는 동물의 종조성 또한 변화하며 이러한 생태계 구성원간의 순환으로 인하여 생태계가 형성된다(Royo and Carson, 2008). 현재까지의 금강소나무림 연구는 목본개체의 임분구조와 수목생리적 특성등을 연구하여 왔다. 또한 금강소나무림의 산림사업에 따른 개체군 구조 및 하층식생

의 변화에 대한 연구는 이루어 졌으나(Na *et al.*, 2011; Jeong, 2013), 금강소나무림 내 인위적 사업이 이루어지지 않은 잘 보전된 임분에 대한 하층식생의 종조성과 토양 및 환경인자와 상호관계의 통합적 분석에 대한 연구는 미비한 실정이다.

대부분의 온대림에서의 종다양성은 교목층을 구성하는 식물보다 하층식생에 의하여 많은 영향을 받는다(Magurran, 2004). 이러한 이론을 바탕으로 하여 교목층을 비롯한 하층식생과 주변환경과의 상관관계를 밝히는 것은 임분구조를 이해하는 초석이 되며(Cho *et al.*, 2011), 금강소나무 개체군보전과 관리방안에 대한 기초자료를 확보 하는데 도움이 된다. 따라서 본 연구는 천축산 일대의 금강소나무림 군집구조와 종조성의 특성을 구명하여 연구대상지의 현황파악과 보전과 관리를 위한 기초자료를 마련하는데 의의가 있다.

재료 및 방법

연구대상지

조사지는 동경 129° 12' ~ 129° 18', 북위 36° 51' ~ 36° 55'에 위치하고 있으며, 왕피천 유역을 중심으로 서쪽의 통고산(1,066.5 m), 동쪽의 대령산(652.1 m)과 남수산(437.7 m), 북쪽의 천축산(653 m)이 능선을 이루고, 남쪽으로 울연산(938.6 m), 금장산(848.7 m)까지 포함하고 있다. 연구대상지의 행정구역상 위치는 경상북도 울진군 금강송면 일대에 위치하고 있으며 식생구계지리학적으로 중부아구에 속하며 주로 소나무림과 소나무-신갈나무 혼효림으로 이루어져 있다(Ministry of Environment, 2007). 본 연구대상지 주변에 위치한 왕피천유역은 생태·경관보전지역(102.84 km²)으로 지정되어 산림유전자원보호구역, 생태·경관보전지역, 수자원보호구역, 야생동식물보호구역 등 환경 관련지구로 지정되어 있다(Fig. 1). 연구대상지 일대의 10년간 평균 기온(Korea Meteorological Administration, 2013)은 12.9°C이고 평균 최고기온은 24.7°C, 평균최저기온은 3.2°C이며, 평균 강수량은 1149.0 mm, 상대습도는 67.4%, 풍속은 3.7 m/sec로 조사되었다(Fig. 2).

조사구설치 및 조사방법

천축산 금강소나무림 일대의 식생조사는 본 연구대상지인 천축산 일대에 74개(20×20 m)의 조사구(Fig. 1)와 다양한 패턴의 하층식생 분포를 조사하기 위해 조사구 내 5개(3×3 m)의 초본층 조사구를 설치하였다. 이는 산림식생형에서 삼층 이상의 층 구조를 가지는 식물군락에서 최소 조사구면적인 200~500

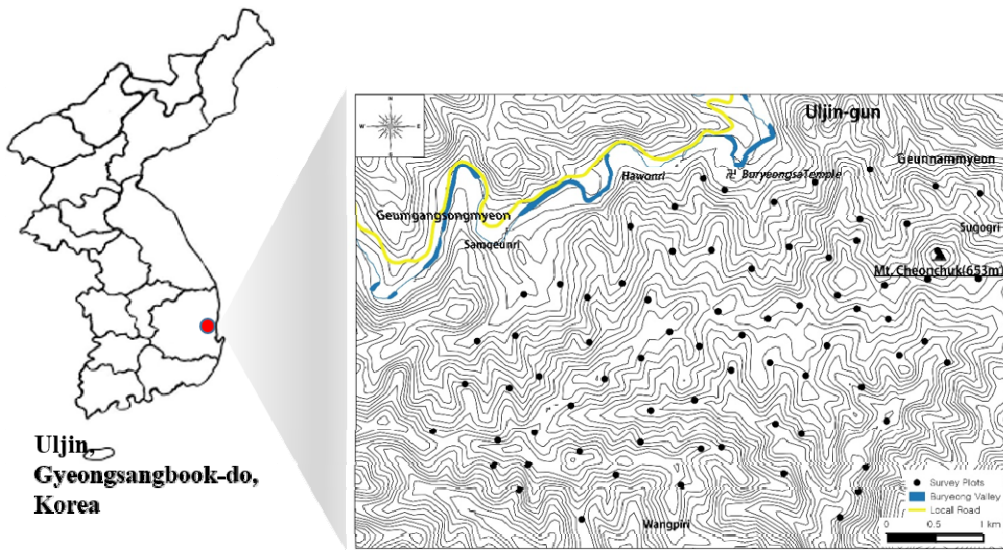


Fig. 1. The location map of the survey plots.

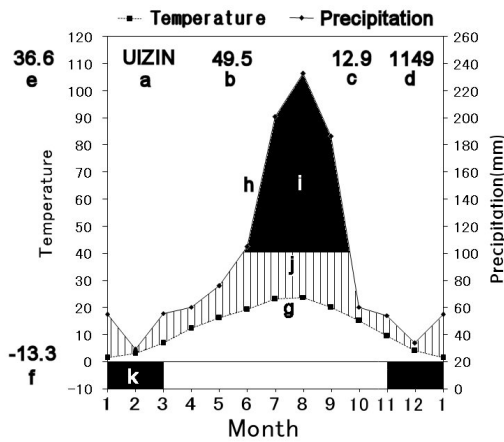


Fig. 2. The climatic map (2004-2013) in study sites (a: administrative district of study site, b: mean altitude, c: mean annual temperature, d: mean annual precipitation, e: mean annual maximum temperature, f: mean annual minimum temperature, g: Curve of mean monthly temperature, h: Curve of mean monthly precipitation, i: Mean monthly rainfall > 100 mm (black scale), j: Relative humid season, k: frost period (black bar) of study site).

m²의 기준(Kim and Lee, 2006)을 고려하여 설치하였으며 조사 기간은 2013년 6월부터 9월까지 조사하였다.

식생조사는 수직적 위치를 고려하여 층위별로 목본층(교목·아교목·관목층)과 하층(초본층)으로 구분하여 목본층의 경우 2 cm 이상 개체목의 흉고직경(DBH)을 측정하였고, 초본층의 피도는 Braun-Blanquet (1964)의 통합우점도를 이용하였다. 또한, 조

사구에서 최고 흉고직경, 최저 흉고직경, 평균 흉고직경[(최고 흉고직경값+최저흉고직경)/2]에 해당하는 소나무를 조사구별 3본씩 선정하여 지상으로부터 1.2 m 높이에서 생장추를 사용하여 목편을 추출하였다. 그리고 정확한 수령을 파악하기 위해 추출한 목편으로 수령과 연간생장량을 코어측정기(Increment Core Measuring Instrument)를 사용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였다.

식물의 동정은 원색식물도감(Lee, 2003a; Lee, 2003b)에 의거하여 분류를 하였으며, 일부 양치식물의 동정은 한국양치식물도감(Korean Fern Society, 2005)을 이용하였다. 학명과 국명은 국립수목원과 한국식물분류학회가 제시한 국가표준식물목록(Korea National Arboretum and The Korean Society of Plant Taxonomists, 2007)에 준하였다.

통계분석방법

종수-면적곡선에서 누적조사구의 순서는 74개 조사구에 일련번호를 정한 후 난수표에 의하여 무작위로 선정하였으며, 목본층과 초본층으로 나누어 분석하였다. 군집분석은 목본층(교목·아교목·관목층)의 피도값을 바탕으로 군집분석을 하였다. 각 조사구의 거리 척도는 Euclidean (Pythagorean)의 방법을 이용하였으며, 군집분류는 Ward's 방법을 이용하였다. 또한 군집의 특성을 파악하기 위해 목본층에 위치한 수종에 대해서는 NMS (Non-metric Multidimensional Scaling)분석을, 초본층의 경우 DCA (Detrended Correspondance Analysis)분석을 이용하여 2차원 상에 환경요인과 배열하였다. 두 층위(목본층, 초본

층)의 분석을 달리한 이유는 ①초본층의 경우 여러 방형구에서 조사된 종의 종조성 데이터는 Braun-blanquet의 식물사회학 적방법을 통한 조사로 피도정도를 단계화하여 조사하기 때문에 방형구내 조사된 식물종의 존재여부(존재, 부재)를 통한 데이터 로 분석하는 것이 더욱 객관적이며, 이것이 각 변량간의 특성을 비교하는데 DCA분석이 유리하기 때문이다(Lee, 2002). ②목본 층을 NMS분석을 한 이유는 초본층보다 목본층에서 발견되는 종수가 적고 초본층보다 계층적환경이 광범위하여 이에 비선형 서열분석법인 NMS분석 용이하기 때문이다(Barbour *et al.*, 1987; Lee, 2002). 각 군집이 적절하게 분류되었는지에 대한 검 증을 위하여 MRPP (Multi-Response Permutation Procedures, 다수응답순열절차)test를 실시하였다. 이는 각 군집 내 종조성 에 따른 유사도지수로 분석되며, 거리척도는 Sørensen척도를 이용하였다(McCune and Grace, 2002; McCune and Mefford, 2006). 그리고 환경요인 조사 자료는 서식지 환경특성으로 해발 고, 경사, 낙엽층 깊이, 유기물층 깊이, 연년생장량, 토양이화학 적 특성 등 18개 항목을 사용하였으며, 분류된 군집별 환경특성 을 분산분석을 실시하였고 사후분석(Post hoc)은 Turkey-test 로 평균 간의 차이를 비교하였다.

공간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh (1951)의 우점도값(I.V.: Importance Value)를 백분율로 나타 낸 상대우점치(Importance percentage, Brower and Zar, 1977) 를 교목·아교목·관목층으로 구분하여 분석하였다. 상대우점치 는 (상대피도+상대빈도)/2로 계산하였으며, 평균상대우점 치는 ((교목층 I.P.)+(아교목층 I.P.)+(관목층 I.P.))/3으로 계 산하였다. 종다양성은 목본층과 초본층으로 구별하여 Shannon-Weaver의 종다양도, 균재도, 우점도를 분석하였다(Kent and Coker, 1992).

지표종 분석(indicator species analysis)은 군집과 층위별로 나누어 계산하였다. 지표종은 확률화 검정(randomization test)

을 통한 현재 지역에서 현존하는 종으로(Dufrene and Legendre, 1997) 향후 금강소나무림의 보전과 관리에 핵심이 되는 종이다. 군집분류, NMS, MRPP, 지표종 분석은 PC-ORD (ver. 5.17)를 이용하였다(McCune and Mefford, 2006).

식생조사가 이루어진 74개의 조사구에서 유기물층을 제거한 후 0~20 cm의 깊이에서 시료를 채취하였다. 채취한 토양은 밀 봉한 상태로 실험실로 운반하여 실내에서 약 2주간 풍건 후 2 mm 와 0.02 mm의 체에 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다. 토성은 비중계법으로 측정하였으며, 토양pH는 풍건세토 10g과 증류수 50 ml를 1:5로 만든 후 pH-meter를 사용하여 측정하였다. 유효 인산(Available phosphate : Avail. P205)은 Lancaster법을 사 용하여 분광분석기(Shimadzu UV-120-02)를 이용하여 측정 하였다. 탄소와 전질소는 자동성분분석기(NCS 2500, Fisons Instruments S.P.A, Italy)로 분석하였으며, 양이온치환용량 (CEC)은 Brown's Method법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

종-면적 곡선

본 연구대상지 내 나타난 천축산 일대 금강소나무림 식물종 수는 66과 165속 211종 2아종 29변종 6품종으로 총 248분류군 이 분포하는 것으로 조사되었다. 양치식물이 4과 10속 14종 1변 종으로 15분류군으로 조사되었으며, 나자식물이 2과 2속 2종 1 품종으로 3분류군, 피자식물은 60과 153속 195종 2아종 28변종 5품종으로 총 230분류군으로 조사되었다(Table 1).

종-면적곡선은 적정조사구 수 및 종수를 추정하는 방법으로 야외조사 결과에 대한 평가의 척도가 되는 분석방법이다(Park and Seo, 2002). 조사구의 목본층과 초본층 종-면적곡선 분석 결과 기울기가 점차 안정화되어 0에 수렴하는 것으로 나타나 적 정한 방형구가 설치되었다고 판단된다(Figs. 3, 4).

Table 1. The vascular plants in study sites

Taxa	System	Family	Genus	Species	Subsp.	var.	f.	Total taxa	Ratio (%)
Pteridophyte		4	10	14	0	1	0	15	6.0
Gymnospermae		2	2	2	0	0	1	3	1.2
Angiospermae		60	153	195	2	28	5	230	92.8
Dicotyledoneae		53	122	154	2	20	5	181	73.0
Monocotyledoneae		7	31	41	0	8	0	49	19.8
Total		66	165	211	2	29	6	248	100

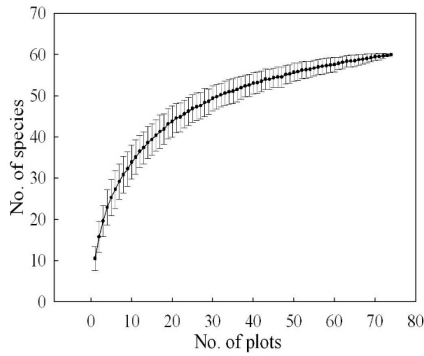


Fig. 3. Species area curve of study plots (Plot sized by 400 m², Woody layer).

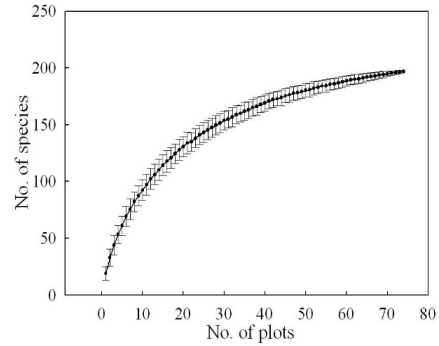


Fig. 4. Species area curve of study plots (Plot sized by 45 m², low layer).

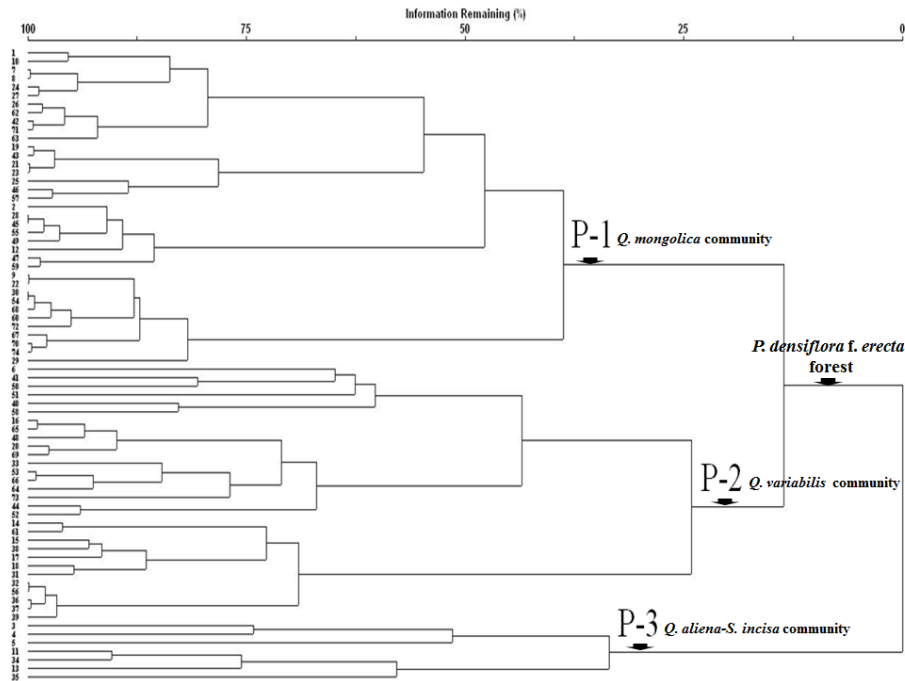


Fig. 5. Cluster dendrogram of study site.

군집구조 및 환경요인

본 연구대상지의 군집분석 결과, 금강소나무림(*P. densiflora f. erecta* forest) 아래 신갈나무 군집(*Q. mongolica* community, P-1), 굴참나무 군집(*Q. variabilis* community, P-2), 갈참나무-국수나무 군집(*Q. aliena-Stephanadra incisa* community, P-3)으로 분석되었다(Fig. 5). 강원도 일대의 대관령 및 오대산과 경상북도 울진군 일대의 금강소나무림의 twinspace에 의한 군집분류 결과 굴참나무와 신갈나무군집으로 구성된 군집으로 연구되었고, 경상북도 춘양지방의 금강소나무림 군집연구에서 아교목층에서의 신갈나무가 주로 우점하고 있다고 보고되어 본

연구에서도 금강소나무림을 중심으로 참나무류와 함께 상층군집을 이루고 있어 유사한 결과로 나타났다(Lee *et al.*, 2002; Song *et al.*, 1995). 소나무와 참나무류가 혼효되어 생육하는 형태는 우리나라 소나무림에서 2차림(secondary forest)에서 주로 나타나는 것이며, 양수인 소나무가 우선적으로 우점한다(Lee *et al.*, 2010). 본 연구대상지도 이러한 천이과정을 거치면서 수관안정화가 진행되고 있으며, 신갈나무 등과 같은 참나무류의 근주맹아로 갱신되고 있는 임분형태로 판단된다.

조사지의 환경요인(Table 2)은 총 18개의 인자로 조사·분석되었으며, 유기물층, 연간생장량, 양이온치환용량, 전질소, 유

Table 2. Soil physico-chemical properties and environmental factor of each community (\pm SD, ns indicates that the item did not show significant different differences among treatments at the 5% level)

Environmental factor	Communities			
	P-1	P-2	P-3	
^{ns} Slope degree (°)	23.51 \pm 6.86	21.67 \pm 7.23	21.43 \pm 10.69	
^{ns} Litter layer depth (cm)	0.96 \pm 0.40	1.17 \pm 0.56	1.29 \pm 0.57	
Organic layer depth (cm)	1.22 \pm 0.72 ^a	1.18 \pm 0.56 ^a	2.07 \pm 1.27 ^b	
Annual growth (mm)	2.56 \pm 0.74 ^a	3.03 \pm 0.83 ^b	3.83 \pm 0.78 ^b	
Altitude (m)	490.89 \pm 101.34 ^b	412.63 \pm 105.76 ^b	295.00 \pm 90.20 ^a	
^{ns} C (%)	2.93 \pm 1.28	3.16 \pm 1.32	3.39 \pm 1.23	
N (%)	0.14 \pm 0.06 ^a	0.15 \pm 0.07 ^a	0.22 \pm 0.08 ^b	
CEC(cmol+)/kg	0.20 \pm 0.07 ^a	0.20 \pm 0.07 ^a	0.29 \pm 0.08 ^b	
Exchangeable cation (cmol+)/kg	^{ns} K ⁺	0.50 \pm 0.22	0.48 \pm 0.22	0.51 \pm 0.26
	^{ns} Mg ²⁺	1.53 \pm 1.39	1.54 \pm 2.10	1.71 \pm 0.77
	^{ns} Na ⁺	0.52 \pm 0.11	0.52 \pm 0.09	0.56 \pm 0.08
	^{ns} Ca ²⁺	1.84 \pm 2.20	1.85 \pm 1.30	2.44 \pm 1.45
O.M	6.94 \pm 0.44 ^a	7.03 \pm 0.45 ^a	7.33 \pm 0.39 ^b	
pH	5.05 \pm 0.32 ^a	5.12 \pm 0.33 ^a	5.34 \pm 0.28 ^b	
^{ns} Sand (%)	76.54 \pm 7.97	74.48 \pm 10.75	78.60 \pm 8.26	
^{ns} Silt (%)	11.51 \pm 6.62	14.17 \pm 7.85	11.74 \pm 6.67	
^{ns} Clay (%)	11.95 \pm 2.52	11.35 \pm 3.92	9.66 \pm 1.85	

기물함량, pH에서 군집 간 유의성이 인정되었다. 특히 P-3군집과 나머지 군집과의 차이가 나타났는데, 유기물층의 깊이(Organic layer depth)가 타군집에 비해 높은 수치인 2.07 \pm 1.27 cm를 기록하였다. 이는 각 군집별 유기물의 함량(Organic Matter, O.M)과 비슷한 양상으로 분석되었으며, P-3 군집은 비교적 해발고도가 낮아 산정부 및 능선부 그리고 사면상부의 토양 및 유기물 등이 강우와 중력 등에 의하여 유입된 것으로 사료된다. 따라서 토양속의 화학적 성분이 해발고도가 낮아질수록 축적된 것으로 판단된다. Song *et al.* (1995)에 의하면 금강 소나무림 내 신갈나무 군집이 굴참나무 군집보다 높은 해발고를 가지며 유기물 함량과 CEC가 더 높은 수치로 나타난다고 하였으나, 본 연구에서는 해발고는 신갈나무 군집에서 높게 나타났으나 토양의 화학적 성질에서는 다소 낮은 수치로 분석되었다. pH는 5.05~5.34 사이의 수치로 분석되었는데 소광리 금강 소나무림의 pH는 약 4.6으로 분석되어(Joo and Jung, 2001) 본 연구대상지는 타 지역에 비하여 다소 높은 수치로 분석되었다. 전질소함량의 경우 P-3 군집이 타 군집에 비하여 0.22 \pm 0.08으로 높게 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 낙엽층 및

유기물층 깊이도 높은 수치로 나타났다. 질소(N)는 식물체 내에서 단백질과 엽록소의 구성성분이며, 생육과 연관된 영양분으로써 이는 주로 유기물의 분해로 토양에 공급되어(Lee, 2011) 타 군집에 비하여 풍부한 토양양분을 보유한 군집으로 판단된다.

층위별 군집특성 및 분포양상

목본층 군집분석 결과 3개로 나누어졌으며, 이에 대한 층위별 종조성을 살펴보고(Appendix 1, 2) 이를 환경요인과 다차원 분석법으로 배열하였다(Fig. 6). 다차원분석결과 각 군집은 양이온치환용량(CEC)과 연간생장량이 정의 상관관계가 큰 것으로 나타났는데 고도와 연평균생장량, 유기물함량, 전질소는 부의 상관관계로 고도가 높아질수록 생장량이 감소하고 양이온치환용량과 전질소의 함량이 줄어드는 것으로 나타났다. 해발고도는 목본류의 생장량과 관련이 깊으며 이는 해발고도에 따른 기온변화로 호흡량과 광합성량의 차이로 나타난 결과로 판단된다(David and Robert, 2007).

각 군집 간 유의성을 검증하기 위해 MRPP 분석결과(A=0.210, P<0.00001) 유의한 수준으로 군집이 분류되어 본 연구대상지의

금강소나무림은 3가지 목본층 종조성을 가지는 군집으로 구분되었다.

하층식생을 바탕으로 DCA 배열 결과 1축의 설명력은 17.8%, 2축의 설명력은 27.9%로 종합설명력은 45.7%로 나타났으며, 모래, 미사, 질소의 함량, 양이온치환용량이 주요 환경요인으

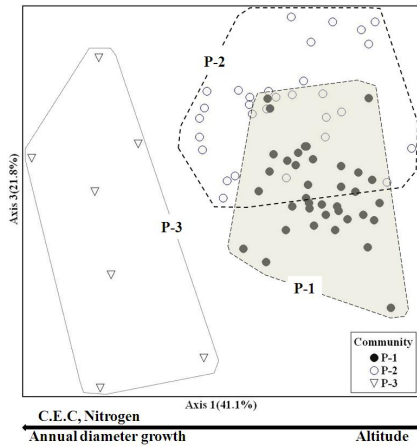


Fig. 6. NMS distribution of study site (Woody layer, Cut off $R^2=0.20$).

로 작용하는 것으로 분석되었다(Fig. 7- left, cut off $R^2=0.20$). Y축 기준으로 모래의 함량과 미사, 전질소의 함량 및 양이온치환용량이 상반되는 되는 것으로 나타나 Y축을 기준으로 5개의 영역으로 나누어 각 식물종에 따른 연관되는 환경인자를 나타내었다(Fig. 7- right). 하층식생의 각 영역이 적절하게 분류되었는지에 대한 검증을 위하여 MRPP-test 분석 결과, 유의성이 나타나는 것으로 분석되어 적절한 영역으로 분류되었다고 판단되었다($A=0.003$, $P<0.008$).

H1에 가까울수록 모래의 함량이 상대적으로 높고 양이온치환용량, 미사와 질소의 함량이 낮은 곳에 서식하는 종이며 H5에 가까워질수록 미사와 질소의 함량이 상대적으로 높고 모래의 함량이 낮은 곳에 서식하는 종이다. H1에 속하는 종은 제비꽃, 이고들빼기, 은꿩의다리, 등골나물 등이며 H2에 속하는 종은 황고사리, 나비나물, 산구절초, 소나무, 산수국 등이 출현하였다. H3는 2차원 배열 상에 환경요인의 중앙치에 해당하는 영역으로 개머루, 신갈나무, 오리새, 작살나무, 쪽동백나무 등이 출현하였고 H4에 속하는 종은 큰까치수염, 팽이밥, 고비, 땅비싸리 등이 출현하였다. H5에 속하는 종은 다른 영역에 비해 적은 것으로 분석되었으며 털대사초, 은대난초, 애기나리, 졸참나

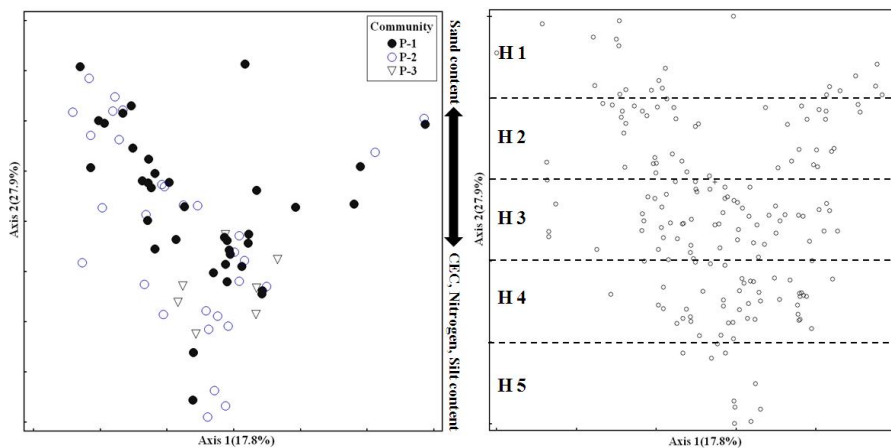


Fig. 7. DCA ordination of low layer species and study site (left) and species. (H1- *Thelypter ispalustris*, *Pulsatilla koreana*, *Thalictrum actaeofolium* var. *brevistylum*, *Viola mandshurica*, *Leonurus japonicus*, *Patrinia scabiosaefolia*, *Cirsium setidens*, *Crepidiastrum denticulatum*, *Eupatorium japonicum*, *Dioscorea nipponica*, H2- *Dennstaedtia wilfordii*, *Pinus densiflora*, *Pseudo stellaria heterophylla*, *Stellaria aquatica*, *Actinidiaarguta*, *Hydrangea serrata* var. *acuminata*, *Duchesnea indica*, *Vicia unijuga*, *Melampyrum roseum*, *Dendranthema zawadskii*, *Agropyron tsukushiense* var. *transiens*, *Spodiopogon cotulifer*, H3- *Quercus mongolica*, *Cimicifuga dahurica*, *Desmodium podocarpum* var. *mandshuricum*, *Ampelopsis brevipedunculata*, *Styrax obassia*, *Callicarpa japonica*, *Pedicularis resupinata*, *Comyza canadensis*, *Asparagus schoberioides*, *Dioscorea tokoro*, *Dactylis glomerata*, *Carex dickinsii*, *Carex humilis* var. *nana*, H4- *Osmunda japonica*, *Onocleaorientalis*, *Indigofera kirilowii*, *Oxalis corniculata*, *Viola selkirkii*, *Pyrola japonica*, *Lysimachia clethroides*, *Veratrum maackii* var. *japonicum*, *Stipa sibirica*, *Carex bostrychostigma*, H5- *Quercus serrata*, *Astilbe rubra*, *Viola albida* var. *chaerophylloides*, *Aster ageratoides*, *Disporum smilacinum*, *Heloniopsis koreana*, *Carex ciliato-marginata*, *Cephalanthera longibracteata*, *Amitostigma gracilis*).

무, 병아리난초 등이 출현하였다. 하층식생의 경우 환경조건에 따른 종조성이 매우 이질적이므로(Park *et al.*, 2019) 향후 지속적인 모니터링이 요구된다.

종다양도 및 지표종 분석

종풍부도와 종다양도는 상층과 하층으로 나누어 분석하였으며(Fig. 8), 종풍부도와 종다양성은 P-3 군집에서 상대적으로 높게 나타났는데 NMS 배열법과 종합적으로 분석해보면 연년생

장량이 크고 양이온치환용량과 질소의 함량이 높을수록 종풍부도와 종다양성은 커지는 경향이 나타났다. 양이온치환용량은 식물이 질소, 마그네슘, 칼슘 등과 같은 양분의 가용성을 나타내는 지표이며, 질소는 식물이 성장하는데 필수적인 요소이다(Lee, 2011). P-3군집은 숲틈 발생 등에 따른 2차림 천이 초기단계에 주로 정착하는 콩과식물(싸리류)과 같은 선구수종의 유입으로 토양 내 질소고정이 충분히 진행되어 나타난 결과로 판단된다(Song and Kim, 1992). 그 결과 P-3군집이 높은 종풍부도

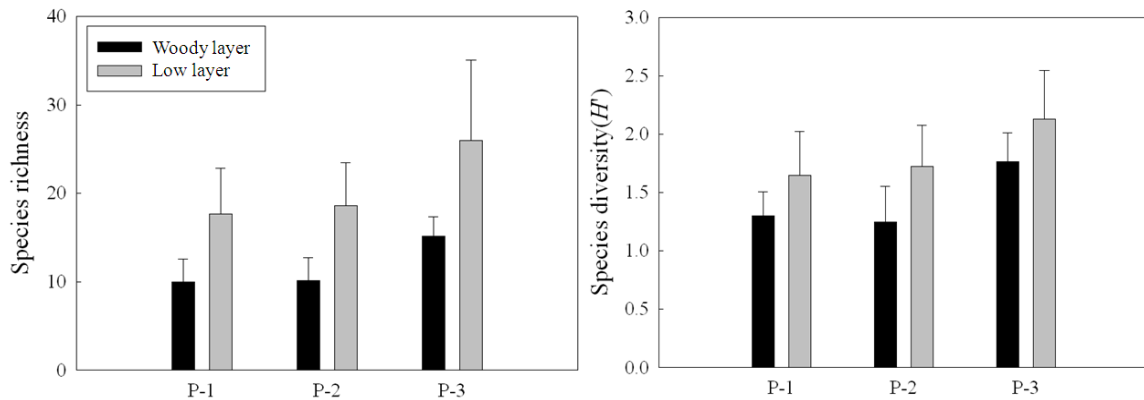


Fig. 8. Species richness and species diversity of each community.

Table 3. Indicator species of each community

Layer	Species name	Korean name	Community	Indicator value max.	p
Woody layer	<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	P-3	94.3	0.0002
	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	P-1	79.5	0.0002
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	조록싸리	P-3	75.1	0.0004
	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	산초나무	P-3	67.1	0.0002
	<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	P-3	63.8	0.0002
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	진달래	P-1	55.7	0.0054
	<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	P-3	53.5	0.0002
	<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	P-2	51.5	0.0080
	<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	P-3	51.1	0.0254
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레나무	P-1	49.9	0.0224
	<i>Rosa multiflora</i>	찔레나무	P-3	42.9	0.0004
	<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	금강소나무	P-2	38.3	0.0014
	<i>Corylus heterophylla</i>	개암나무	P-3	32.4	0.0062
	<i>Lespedeza maritima</i>	해변싸리	P-3	28.6	0.0066
	<i>Spiraea blumei</i>	산조팝나무	P-3	28.5	0.0054
	<i>Rhus javanica</i>	붉나무	P-3	25.8	0.0168
	<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliatodentatus</i>	회잎나무	P-3	24.9	0.0178

Table 3. Continued

Layer	Species name	Korean name	Community	Indicator value max.	p
	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	주름조개풀	P-3	54.0	0.0012
	<i>Atractylodes ovata</i>	삼주	P-1	51.8	0.0058
	<i>Clematis apiifolia</i>	사위질빵	P-3	47.4	0.0010
	<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	파리풀	P-3	46.8	0.0138
	<i>Smilax china</i>	청미래덩굴	P-3	46.4	0.0072
	<i>Valeriana fauriei</i>	쥐오줌풀	P-3	43.9	0.0030
	<i>Lysimachia barystachys</i>	까치수염	P-3	41.8	0.0176
Low layer	<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	P-3	29.4	0.0228
	<i>Agrimonia pilosa</i>	짚신나물	P-3	27.4	0.0146
	<i>Viola selkirkii</i>	피제비꽃	P-3	25.2	0.0202
	<i>Asperula lasiantha</i>	갈퀴아재비	P-3	24.9	0.0368
	<i>Pimpinella brachycarpa</i>	참나물	P-3	23.7	0.0222
	<i>Platycodon grandiflorum</i>	도라지	P-2	21.9	0.0394
	<i>Pueraria lobata</i>	췌	P-3	18.6	0.0478
	<i>Vitis ficifolia</i> var. <i>simuata</i>	까마귀머루	P-3	14.2	0.0392

및 종다양성을 가진 것으로 분석되나, 중간 토양 내 양분자원 경쟁 심화가 예상되어 향후 지속적인 모니터링을 통한 동태파악이 요구된다.

출현하는 종을 바탕으로 randomized test를 통해 유의성 있는 지표종을 분석한 결과(Table 3) 특히, 지표종 분석에서 I.V. (Indicator value) 값이 클수록 현존하는 종을 나타내며(McCune and Grace, 2002), 향후 금강소나무 군집의 보전과 관리에서 고려되어야 하는 종이다. 특히 P-3 군집은 국수나무와 조록싸리, 그리고 산초나무 등 주로 임내 수관이 열린환경에서 생육하는 식물종의 지표값이 높게 나타났다(Table 3).

적 요

경상북도 울진군에 위치한 천축산 일대 금강소나무림을 중심으로 한 군집구조와 종조성에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 조사지 내 관속식물상은 총 66과 165속 211종 2아종 29변종 6품종으로 248분류군으로 조사되었으며 금강소나무림을 중심으로 신갈나무 군집, 굴참나무 군집, 갈참나무-국수나무 군집으로 3가지 군집으로 분류되었다. 군집 간 토양의 이화학적 성질의 차이는 유기물층 깊이, 연년생장량, 해발고도, 양이온치환용량, 전질소, pH 등의 유의한 차이가 나타났다. 하층식생을 중심으로 한 DCA 분석 결과 P-1, P-2의 조사구가 광범위한 환

경에 분포하는 것에 반해 P-3 군집은 두 군집과 비교하여 이질적인 종조성인 것으로 분석되었다. 종다양도와 지표종 분석결과 P-3군집에서 목본층과 하층식생의 종풍부도 및 종다양도 지수가 높은 것으로 분석되었는데, 이는 숲 틈에 의한 임내 광량이 다량 유입되어 선구종(pioneer species) 및 여러 식물종이 생육하기 용이한 공간을 마련한 결과로 나타났다(Schnitzer and Carson, 2001). 이에 따른 만경류와 같은 수관열림에 의한 수종 유입에 따른 금강소나무의 피해를 방지하기 위한 장기적인 모니터링을 실시하여 임내 환경과 하층식생의 변화상을 관찰하여야 한다. 특정지역에 대한 생태적 데이터베이스의 구축은 생태계 보전을 위한 기초자료로 활용되며 이는 곧 서식처로 삼고있는 동물들의 보전으로 이어져 생물다양성과 중간 상호작용이 원활하게 이루어져 건전한 생태계를 유지한다. 이를 위한 효율적인 보전방안의 하나는 GIS (Geographic Information System) 데이터를 구축하는 것으로 대면적 생태경관보전지역의 경우 공간적 범위가 넓어 인간이 수동적으로 인지하기에 한계가 있기 때문에 효과적인 관리 방법이 될 것이다. 또한 연구대상지 내 수집한 데이터를 정량화 시키고 유기적인 경관보전을 위해 장기적인 모니터링이 요구되며, 이는 왕피천 유역의 시계열적인 생태계를 이해하는 방법이다.

References

- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial Plant Ecology. Benjamin/Cummings Pub. Co., California, USA. pp. 517-622.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde, 3rd ed. Springer, New York, USA. pp. 1-865.
- Brower, J.E. and J.H. Zar. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, Iowa, USA. pp. 135-194.
- Cho, Y.C., J.K. Hong, H.J. Cho, K.H. Bae and J.S. Kim. 2011. Structure and understory species diversity of *Pinus densiflora*-*Tsuga sieboldii* forest in Ulleung island. J. Korean Soc. For. Sci. 100(1):34-41 (in Korean).
- Choi, S.H. and J.H. Kim. 2003. The analysis of forest ecosystem in Wangpicheon area, Uljin-gun, Gyeongsangbuk-do, Korea. Kor. J. Env. Eco. 17(2):153-168 (in Korean).
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, New York, USA. Ecology 32:476-496.
- David, A.C. and B.A. Robert. 2007. Effect of size, competition and altitude on tree growth. Ecology 95:1084-1097.
- Dufrene, M. and P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach. Ecol. Monographs. 67:345-366.
- Jeon, Y.W. 2006. Forest and culture. Books-hill, Seoul, Korea. pp. 42-384 (in Korean).
- Jeong, H.M. 2013. Changes of understory for regeneration types *Pinus densiflora* for. *erecta* forest in Uljin. Forest resources and environment graduate school of science and technology, Department of Forest Environmental Science, M.S. Thesis, Kyungpook National Univ., Korea. pp. 3-47 (in Korean).
- Joo, S.H. and S.C. Jung. 2001. Physicochemical properties of soil in pine (*Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki) Forests. Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 19:31-37 (in Korean).
- Kang, H.M. and S.H. Choi. 2008. Actual vegetation and vegetation structure of the Bulyeongsa valley area in Uljin-gun (Gyeongbuk). Kor. J. Env. Eco. 22(1):1-10.
- Kent, M. and P. Coker. 1992. Vegetation description and analysis: a practical approach. Belhaven Press, Florida, USA. pp. 22-363.
- Kim, J.W. and Y.K. Lee. 2006. Classification and assessment of plant communities. World Science, Seoul, Korea. pp. 2-240 (in Korean).
- Kim, Z.S. and S.W. Lee. 1992. Genetic structure of natural populations of *Pinus densiflora* in Kangwon-Kyungpook region. Korean J. Breed. Sci. 24(1):48-60 (in Korean).
- Korean Fern Society. 2005. Ferns and fern allies of Korea. Geobook, Seoul, Korea. pp. 1-399 (in Korean).
- Korea Forest Service. 2014. Planning of region forest. Korea Forest Service, Daejeon, Korea, pp. 3-119 (in Korean).
- Korea Meteorological Administration. 2013. <http://www.kma.go.kr> (2013. 11).
- Korea National Arboretum and The Korean Society of Plant Taxonomists. 2007. The list of national standard plant. <http://www.nature.go.kr/kpni> (2007.12).
- Lee, D.K., K.W. Kwon, J.H. Kim and G.T. Kim. 2010. Forest Silviculture-sustainable Forest Ecological Management. Hyangmunsa Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 34-334 (in Korean).
- Lee, H.J. and S.H. Kim. 1989. Effect of salinity on the seed germination and seedling growth of *Pinus densiflora* for. *erecta* Uyeki. Korean J. Ecol. 12(4):219-236 (in Korean).
- Lee, K.J. 2011. Tree Physiology. Press of Seoul National University, Seoul, Korea. pp. 275-514 (in Korean).
- _____, J.H. Kim and B.H. Han. 2002. Plant community structure and ecological density of *Pinus densiflora* for. *erecta* community in Chunyang, Gyeongsangbuk-do. Kor. J. Env. Eco. 15(4):379-393 (in Korean).
- Lee, T.B. 2003a. Coloured Flora of Korea Vol. II. Hyangmunsa Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 1-914 (in Korean).
- _____. 2003b. Coloured Flora of Korea. Vol. I. Hyangmoonsa Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 1-920 (in Korean).
- Lee, Y.M. 2002. Statistical ecology. Jeonnam National University Publishing, Gwangju, Korea. pp. 1-262 (in Korean).
- Leith, H. and D.H. Aston. 1961. The light compensation point of some herbaceous plants inside and outside deciduous woods in Germany. Can. J. Botany 39:1255-1259.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, New York, USA. pp. 1-256.
- McCune, B. and J.B. Grace. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon, USA. pp. 11-300.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2006. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. version 5. 17. MJM Software Design, Gleneden Beach, Oregon USA. pp. 10-237.
- Miller, B., W. Conway, R.P. Reading, C. Wemmer, D. Wildt and D. Kleiman. 2004. Evaluating the conservation mission

- of zoos, aquariums, botanical gardens, and natural history museums. *Conserv. Biol.* 18:86-93.
- Ministry of Environment. 2007. Management plan of ecological and scenery conservation area around Wangpicheon basin. Daegu Regional Environment Office, Daegu, Korea. p. 272 (in Korean).
- Myers, N. 1987. The extinction spasm impending: Synergisms at work. *Conserv. Biol.* 1:14-21.
- Na, S.J., C.S. Kim, K.S. Woo, H.J. Kim and D.H. Lee. 2011. Correlation of above-and below-ground biomass between natural and planted stands of *Pinus densiflora* for. *erecta*. of one age-class in Gangwon province. *J. Korean Soc. For. Sci.* 100(1):42-51 (in Korean).
- Park, I.H. and Y.K. Seo. 2002. Plot size for investigating forest community structure(5) -Adequate number of plots for tree and shrub strata in a mixed forest community of broad-leaved trees at Guryongsan area-. *Kor. J. Env. Eco.* 15(4):394-400 (in Korean).
- Park, P.J., J.G. Byeon and K. Cheon. 2019. Study of ecological niche and indicator species by landforms and altitude of forest vegetation in Mt. Myeonbong. *Korean J. Plant Res.* 32(4):325-337 (in Korean).
- Robinson, M.H. 1992. Global change, the future of biodiversity and the future of zoos. *Biotropica* 24:345-352 (in Korean).
- Royo, A. and W.P. Carson. 2008. Direct and indirect effects of a dense understory on tree seedling recruitment in temperate forests: habitat-mediated predation versus competition. *Can. J. Forest. Res.* 38:1634-1645 (in Korean).
- Schnitzer, S.A. and W.P. Carson. 2001. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology* 82(4):913-919.
- Song, H.K., S.D. Kim and K.K. Jang. 1995. An analysis of vegetation environment relationships of *Pinus densiflora* for. *erecta* and chunyang-type of *Pinus densiflora* communities by TWINSpan and DCCA. *J. Korean Soc. For. Sci.* 84(2): 266-274 (in Korean).
- Song, S.D. and B.I. Kim. 1992. Changes of nitrogen-fixation activity and environmental factors of growth in *Lespedeza bicolor* Turcz. *Korean J. Bot.* 35(4):317-322 (in Korean).
- Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Korea and silvicultural treatment of its improvement. *Bulletin of the Agricultural and Forestry College, Suwon, Korea*, pp. 2-263.
- Wilson, E.P. 1992. *The Diversity of Life*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, USA. pp. 35-424.

(Received 27 March 2019 ; Revised 31 May 2019 ; Accepted 26 June 2019)

Appendix 1. Importance percentage of herb layer species (minor 167 species were omitted, R.C.- Relative coverage, R.F.- Relative frequency)

Species name	R.C.	R.F	I.P.	Korean name
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	20.76	4.23	12.50	기름새
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	18.02	3.59	10.80	가는잎그늘사초
<i>Artemisia keiskeana</i>	6.14	3.73	4.94	맑은대쭉
<i>Carex lanceolata</i>	8.04	1.00	4.52	그늘사초
<i>Atractylodes ovata</i>	3.64	4.16	3.90	삼주
<i>Pinus densiflora</i>	4.02	2.08	3.05	소나무
<i>Disporum smilacinum</i>	4.23	1.43	2.83	애기나리
<i>Quercus mongolica</i>	2.90	2.44	2.67	신갈나무
<i>Smilax china</i>	2.31	1.65	1.98	청미래덩굴
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	3.08	0.65	1.86	큰기름새
<i>Pyrola japonica</i>	1.84	1.87	1.85	노루발
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	1.36	2.08	1.72	단풍취
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	1.15	2.22	1.69	고사리
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	1.05	2.15	1.60	둥굴레
<i>Quercus variabilis</i>	1.51	1.51	1.51	갈참나무
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	1.23	1.72	1.47	파리풀
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	1.82	0.86	1.34	주름조개풀
<i>Syneilesis palmata</i>	1.33	1.15	1.24	우산나물
<i>Dryopteris chinensis</i>	0.18	2.22	1.20	가는잎죽제비고사리
<i>Duchesnea indica</i>	0.65	1.65	1.15	뱀딸기
<i>Viola acuminata</i>	0.27	1.87	1.07	줄방제비꽃
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.35	1.43	0.89	산딸기
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	0.34	1.29	0.82	밀나물
<i>Aster scaber</i>	0.15	1.43	0.79	참취
<i>Athyrium yokoscense</i>	0.24	1.29	0.77	뱀고사리
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	0.33	1.08	0.70	양지꽃
<i>Galium spurium</i> var. <i>echinospermum</i>	0.24	1.15	0.69	갈퀴덩굴
<i>Carex siderosticta</i>	0.52	0.86	0.69	대사초
<i>Dioscorea nipponica</i>	0.24	1.08	0.66	부채마
<i>Quercus aliena</i>	0.70	0.57	0.64	갈참나무
<i>Cephalanthera longibracteata</i>	0.23	1.00	0.62	은대난초
<i>Rubia akane</i>	0.04	1.08	0.56	꼭두서니
<i>Polygonatum inflatum</i>	0.60	0.50	0.55	통둥굴레
<i>Onoclea orientalis</i>	0.72	0.36	0.54	개면마
<i>Asarum sieboldii</i>	0.04	1.00	0.52	족도리풀
<i>Carex ciliato-marginata</i>	0.50	0.50	0.50	털대사초
<i>Iris rossii</i>	0.04	0.93	0.48	각시붓꽃
<i>Isodon inflexus</i>	0.22	0.72	0.47	산박하

Appendix 1. Continued

Species name	R.C.	R.F	I.P.	Korean name
<i>Hosta capitata</i>	0.22	0.72	0.47	일월비비추
<i>Quercus serrata</i>	0.22	0.72	0.47	졸참나무
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	0.71	0.22	0.46	관중
<i>Lysimachia barystachys</i>	0.13	0.72	0.42	까치수염
<i>Asperula lasiantha</i>	0.03	0.79	0.41	갈퀴아재비
<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	0.03	0.79	0.41	개별꽃
<i>Chimaphila japonica</i>	0.03	0.79	0.41	매화노루발
<i>Akebia quinata</i>	0.52	0.22	0.37	으름덩굴
<i>Astilbe rubra</i>	0.21	0.50	0.36	노루오줌
<i>Codonopsis lanceolata</i>	0.03	0.65	0.34	더덕
<i>Dictamnus dasycarpus</i>	0.03	0.65	0.34	백선
<i>Valeriana fauriei</i>	0.03	0.65	0.34	쥐오줌풀

Appendix 2. Importance percentage of herb layer species (minor 152 species were omitted)

Species name	Community			M.I.P.	Korean name
	P-1	P-2	P-3		
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	13.79	6.97	11.55	10.77	가는잎그늘사초
<i>Spodiopogon cotulifer</i>	15.90	10.16	3.98	10.02	기름새
<i>Artemisia keiskeana</i>	4.19	5.42	7.16	5.59	맑은대쭉
<i>Carex lanceolata</i>	3.66	6.64	-	3.43	그늘사초
<i>Atractylodes ovata</i>	4.96	3.26	1.74	3.32	삼주
<i>Smilax china</i>	1.78	1.53	5.17	2.83	청미래덩굴
<i>Pinus densiflora</i>	3.40	2.99	1.69	2.69	소나무
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	0.18	1.72	5.72	2.54	주름조개풀
<i>Disporum smilacinum</i>	1.70	4.65	0.85	2.40	애기나리
<i>Pyrola japonica</i>	1.13	2.51	2.83	2.16	노루발
<i>Quercus mongolica</i>	2.95	2.86	0.59	2.13	신갈나무
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	1.84	1.50	2.03	1.79	단풍취
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>asiatica</i>	1.67	0.97	2.58	1.74	파리풀
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	1.38	2.14	1.44	1.65	고사리
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	2.02	1.25	1.14	1.47	등굴레
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	2.33	1.70	0.00	1.34	큰기름새
<i>Syneilesis palmata</i>	1.11	1.29	1.44	1.28	우산나물
<i>Dryopteris chinensis</i>	1.19	1.13	1.49	1.27	가는잎죽제비고사리
<i>Duchesnea indica</i>	1.28	1.05	1.14	1.16	뱀딸기
<i>Quercus variabilis</i>	1.51	1.91	-	1.14	굴참나무
<i>Akebia quinata</i>	0.08	0.09	3.19	1.12	으름덩굴

Appendix 2. Continued

Species name	Community			M.I.P.	Korean name
	P-1	P-2	P-3		
<i>Viola acuminata</i>	1.02	1.13	1.14	1.10	졸방제비꽃
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.68	0.99	1.44	1.04	산딸기
<i>Athyrium yokoscense</i>	0.60	0.69	1.74	1.01	뱀고사리
<i>Smilax riparia</i> var. <i>ussuriensis</i>	0.43	1.16	1.14	0.91	밀나물
<i>Quercus aliena</i>	0.18	1.03	1.14	0.78	갈참나무
<i>Aster scaber</i>	0.85	0.78	0.59	0.74	참취
<i>Carex siderosticta</i>	0.61	0.76	0.85	0.74	대사초
<i>Galium spurium</i> var. <i>echinospermum</i>	1.12	0.17	0.89	0.73	갈퀴덩굴
<i>Cephalanthera longibracteata</i>	0.42	0.76	0.89	0.69	은대난초
<i>Lysimachia barystachys</i>	0.17	0.43	1.44	0.68	까치수염
<i>Isodon inflexus</i>	0.43	0.35	1.14	0.64	산박하
<i>Dioscorea nipponica</i>	0.60	0.73	0.59	0.64	부채마
<i>Asarum sieboldii</i>	0.51	0.43	0.89	0.61	족도리풀
<i>Rubia akane</i>	0.42	0.69	0.59	0.57	꼭두서니
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>	0.68	0.93	-	0.54	양지꽃
<i>Valeriana fauriei</i>	0.17	0.26	1.19	0.54	쥐오줌풀
<i>Asperula lasiantha</i>	0.42	0.26	0.89	0.52	갈퀴아재비
<i>Clematis apiifolia</i>	0.08	0.26	1.19	0.51	사위질빵
<i>Pueraria lobata</i>	0.08	0.29	1.14	0.51	취
<i>Quercus serrata</i>	0.35	0.55	0.59	0.50	졸참나무
<i>Dictamnus dasycarpus</i>	0.25	0.26	0.89	0.47	백선
<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	0.34	0.43	0.59	0.45	개별꽃
<i>Chimaphila japonica</i>	0.34	0.43	0.59	0.45	매화노루발
<i>Cocculus trilobus</i>	0.17	0.29	0.89	0.45	댕댕이덩굴