

지리산국립공원 조릿대의 입지환경 및 생장특성 분석과 하층식생에 미치는 영향¹

박석곤² · 이명훈³ · 윤정원³ · 신현탁^{4*}

Environmental Factors and Growth Properties of *Sasa borealis* (Hack.) Makino Community and Effect its Distribution on the Development of Lower Vegetation in Jirisan National Park¹

Seok-Gon Park², Myung-Hoon Yi³, Jung-Won Yoon³, Hyun-Tak Sin^{4*}

요 약

본 연구는 온대 낙엽활엽수림 임상내 조릿대군락의 입지환경요인과 그 생장특성을 밝혀내고, 조릿대군락이 하층식생 및 천연갱신에 미치는 영향을 분석하였다. 지리산국립공원 중산리지역의 낙엽활엽수림에서 조릿대군락이 분포하는 지역을 조사대상지로 설정하여 식생조사 및 환경요인을 조사했다. 이곳에서 조릿대의 생장특성으로서 조릿대의 우점도 및 높이, 잎층두께를 조사했고, 환경요인으로서 관목층과 지피층의 광합성광량자속밀도(PPFD), 토양의 화학적 특성을 조사했다. 또한 조사구에서 지피층에 출현하는 식물상, 목본의 개체수 및 높이를 조사했다. 그 결과로서 낙엽활엽수림 임상내 조릿대군락의 높이 및 잎층두께는 빛조건과 밀접한 관계지만, 특정입지환경이나 식생 등의 영향이 단순하게 조릿대 분포 및 생장특성을 결정하지 않는 것으로 판단된다. 이는 조릿대가 영양번식식물로서 복수의 지상간이 지하경으로 연결된 상태로 산림내의 불균질한 자원환경에서 광범위하게 분포할 수 있는 조릿대의 독특한 생존전략과 깊게 관련되어 있을 것이다. 또한, 밀생하고 높게 자란 조릿대는 지피층의 PPFD를 차단하는 것으로 치수발생 및 생장을 방해해 하층식생의 종다양성을 떨어뜨렸다.

주요어: 광합성광량자속밀도, 생리적 통합, 생존전략, 낙엽활엽수림

ABSTRACT

In this study, we investigated the environmental factors and growth characteristics of *Sasa borealis* community inside a temperate deciduous forest and reviewed its effect on the lower vegetation and natural regeneration. The *S. borealis* community in the Jungsan-ri region of Jirisan National Park was chosen as the study area, and the vegetation and the environmental factors were investigated. The dominance value, height and foliage layer thickness were investigated as the growth characteristics of *S. borealis* in the area. As the environmental factors, we investigated the photosynthesis photon flux density (PPFD) of the shrub and ground layers as well as the chemical characteristics of the soil. Additionally, we investigated the flora on the ground layer of the area as well as the number and height of woody plants. The result showed that the height and foliage layer thickness of the *S. borealis* was closely related to the light conditions but the distribution was not

1 접수 2011년 11월 22일, 수정(1차: 2011년 12월 23일, 2차: 2012년 1월 4일), 게재확정 2012년 1월 5일

Received 22 November 2011; Revised(1st: 23 December 2011, 2nd: 4 January 2012); Accepted 5 January 2012

2 순천대학교 조경학과 Dept. of Landscape architecture, Suncheon Univ., Sunchoen(540-742), Korea

3 영남대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Yeungnam Univ., Gyeongsan(712-749), Korea

4 국립수목원 Korea National Arboretum, Pocheon-si, Gyeonggi-do(487-821), Korea

* 교신저자 Corresponding author(twinshin@hanmail.net)

determined simply by the effect of the environment or vegetation of the particular area. This may be deeply related with the unique survival strategy of *S. borealis*, a vegetably propagated plant, that it can extensively distributed on a heterogeneous resources environment in a forest as multiple culm are interconnected with each other through the rhizomes. The dense dominance and great height of *S. borealis* reduced the plant species diversity in the ground layer by decreasing the PPFD on the ground surface.

KEY WORDS: PHOTOSYNTHESIS PHOTON FLUX DENSITY, PHYSIOLOGICAL INTEGRATION, SURVIVAL STRATEGY, TEMPERATE DECIDUOUS FOREST

서론

조릿대류는 우리나라 냉온대기후대 산림 하층식생을 대표하는 다년생 식물로서 강원도 북부지역의 고산지역에서부터 전국산지 등에 폭넓게 분포해 있다(Cho and Lee, 2002). 조릿대류는 산림하층에 일단 침입하면 개체군의 존속기간이 길고 뿌리로 영양번식하여 임상을 빠르고 광범위하게 우점한다(Tadokoro and Yajima, 1990; Cha and Chun, 2002). 이처럼 조릿대류가 산림 임상에 광범위하게 우점하는 것은 조릿대류의 빠른 성장속도를 전략으로 하는 분포확대 능력이 뛰어나기 때문이라 생각했다(Tadokoro and Yajima, 1990). 그러나 조릿대류가 빠르게 성장해 분포역을 확대하기 위해서는 충분한 자원획득을 동반해야 하지만, 산림하층에서의 빛, 수분, 무기양분 등의 자원은 양적으로 불균일하고 조릿대류가 필요로 하는 자원량은 충분치 않다(Yamamoto, 1989; Denslow *et al.*, 1998). 조릿대(*Sasa borealis* (Hack.) Makino)는 지하경으로 번식하는 영양번식식물로서 동일한 클론(clone)이 큰 개체군을 형성하는 식물로 단일개체로 성장하는 수목과 달리 조릿대만의 독특한 생존전략이 있을 것으로 예상된다. 이 생존전략을 구명하기 위해 조릿대군락의 입지환경 및 그 성장특성을 명확히 밝히는 것이 중요하다.

한편, 산림내 조릿대류가 우점하게 되면 조릿대류의 조밀한 잎이 갱신치수를 현저하게 피압해 고사시키고, 조릿대류가 타감물질을 분비하여 다른 종자발아를 억제한다(Nakashizuka, 1988; Peter *et al.*, 1992; Li *et al.*, 1992). 산림하층에서 조릿대류의 우점은 다른 수목의 종자발아를 방해하여, 식물의 종다양성을 저하시키는 동시에 천연갱신에 큰 부담을 주는 것으로 알려져 있다(Yuruki *et al.*, 1977; Nakashizuka, 1988; Iwamoto and Sano, 1998; Lei and Koike, 1998). 하지만, 백운산 벌채적지에서 조릿대가 천연갱신에 미치는 영향에 관한 Cha and Chun(2002)의 연구에서는 조릿대 임분에서 천연임분의 우점수종들이 출현하여 천연갱신의 가능성이 확인되었다고 보고했다. 수관이 폐쇄된 낙엽활엽수림 하층에 조릿대 분포가 식물종다양성 및 치수발생, 그리

고 천연갱신에 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구가 아직 국내에서는 미흡한 상태다. 따라서, 우리나라 낙엽활엽수림에서 조릿대군락의 생태적 특성을 이해하고 하층식생에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다.

본 연구는 온대 낙엽활엽수림 하층내 조릿대군락의 입지환경요인과 그 성장특성을 밝혀내고, 조릿대군락이 하층식생의 식물상 및 종다양성에 미치는 영향을 파악하고, 조릿대군락이 낙엽활엽수림의 천연갱신에 미치는 영향을 조사하고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 조사대상지 선정 및 개황

연구대상지는 하층식생에 조릿대가 넓게 분포하면서 온대 낙엽활엽수림이 발달해 식물종다양성이 높은 지리산국립공원의 중산리지역으로 선정하였다. 이 중산리지역은 해발 약 700~1000m에 졸참나무군락이 주로 분포하며, 교목층에서는 졸참나무, 굴참나무 등이 우점하며, 아교목층에는 생강나무, 노린재나무, 관목층에는 조릿대와 비목나무, 초피나무 등이 혼생하여 분포했다(Yun *et al.*, 2010). 낙엽활엽수림 하층에서 조릿대군락의 입지환경특성을 밝히고, 조릿대군락이 하층식생에 미치는 영향을 알아보기 위해 조릿대의 우점도가 조금씩 다른 3개소(조릿대의 우점도 45~100%)를 조사구로 선정했다(Figure 1). 그리고 대조구로서 조릿대가 출현하지 않는 1개소를 선정해, 식생조사 및 환경요인을 각각 조사했다. 이 4개소의 조사구는 해발 670~820m로 남동서쪽의 사면부이며, 경사는 15~30°로 조사구간 크게 차이가 나지 않았다. 조사구 1은 관목층에 조릿대가 거의 100% 우점하는 곳으로 교목층에 물오리나무, 졸참나무, 굴참나무 등이 우점하고, 아교목층에는 당단풍나무, 때죽나무 등이 출현했다. 조사구 2는 조릿대가 90%정도 우점하는 지역으로 교목층에 일본잎갈나무, 물오리나무, 신갈나무 등이 우점했고, 아교목층에 때죽나무, 비목 등의 우점도가 높았다. 조사구 3은 관목층에 조릿대가 45% 우점하는 곳으로

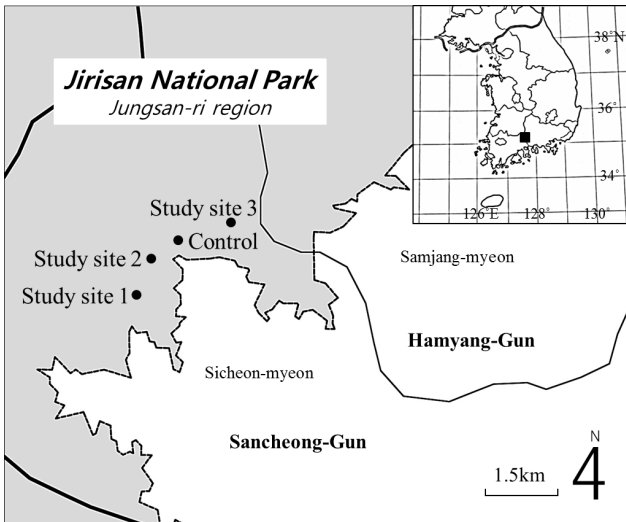


Figure 1. The location map of study sites in the Jungsan-ri region of Jirisan National Park

굴참나무와 갈참나무가 교목층에 우점했고, 아교목층에는 때죽나무, 층층나무 등이 분포했다. 대조구는 산벚나무-느릅나무군락으로 때죽나무, 말채나무 등이 아교목층에 우점하고, 비목, 때죽나무 등이 관목층에 출현했다(Table 1).

2. 조사 및 분석방법

조사구 1, 3, 대조구에서 크기 5m×5m의 방형구를 각각 4곳에 설치했고, 조사구 2에서는 방형구 8개를 설치해 총

20개소를 조사했다(Table 1). 이 방형구에서 식생조사, 빛 환경 및 토양의 화학적 특성 등의 환경요인을 조사했다. 식생조사는 Braun-Blanquet(1964)의 우점도 7등급을 변형한 Dierssen(1990)의 9등급을 적용하여 각 출현종의 우점도를 조사했다. 층위구분은 상층수관을 형성하는 수목을 교목층으로, 교목층이하 수목 중 수고 2m이상을 아교목층, 0.5~2.0m사이의 수목을 관목층, 수고 0.5m미만의 수종을 지피층으로 했다. 단, 조릿대는 관목층으로 구분했다. 조릿대의 높이는 지표에서 앞의 첨단부분까지를 수직으로 측정했고, 조릿대의 잎층두께는 지상간 중에 가지가 분기하는 지점부터 첨단부분까지를 잴고, 각 방형구내 5개의 조릿대 지상간을 측정했다. 또한, 조릿대군락내 지피층에 출현한 식물종과 치수의 개체수 및 높이를 측정했다. 각 방형구의 식물종다양성은 지피층에 출현한 식물종을 대상으로 Shannon-Weaver수식을 이용해 구하였다. 조릿대군락 내에 출현한 목본치수 수종별(수고 0.5m미만) 우세정도를 알아보기 위해 상대피도와 상대빈도로 상대우점도(Importance percentage, IP)를 계산했다. 산림내의 빛환경 조사는 광합성광량자속밀도(photosynthetic photon flux density, PPF) 센서(SQ-110, Apogee사)를 이용해 측정했다. 조사구 내 방형구에서의 관목층PPFD는 지표면에서 높이 2.0m지점에서, 지피층의 PPF는 높이 0.5m지점에서 측정했다. 임내의 PPF는 시간과 날씨에 따라 변하기 때문에 측정오차를 줄이기 위해 맑은 날 태양고도가 높은 11시부터 15시 사이에 1분 동안 연속적으로 측정해 평균했고, 방형구내에서 3회 반복측정했다.

Table 1. Overview of the study area

Study site	1	2	3	Control	
Number of quadrate	4	8	4	4	
Location(GPS)	N35° 18' 23" E127° 44' 57"	N35° 18' 26" E127° 45' 01"	N35° 18' 47" E127° 45' 51"	N35° 18' 31" E127° 45' 20"	
Altitude(m)	670	700	820	701	
Slope(°)	25	25-30	25-30	15	
Aspect	S165E	S170E	S240W	S160E	
Main tree species	Canopy layer (Dominance value, %)	<i>Alnus japonica</i> (30), <i>Quercus serrata</i> (30), <i>Quercus variabilis</i> (20)	<i>Larix kaempferi</i> (20), <i>Alnus japonica</i> (20), <i>Quercus mongolica</i> (10)	<i>Quercus variabilis</i> (50), <i>Quercus aliena</i> (20)	<i>Prunus sargentii</i> (50), <i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (40)
	Understory layer (Dominance value, %)	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (20), <i>Styrax japonicus</i> (20)	<i>Styrax japonicus</i> (30), <i>Lindera erythrocarpa</i> (20)	<i>Styrax japonicus</i> (25), <i>Cornus controversa</i> (25)	<i>Styrax japonicus</i> (20), <i>Cornus walteri</i> (20)
	Shrub layer (Dominance value, %)	<i>Sasa borealis</i> (100)	<i>Sasa borealis</i> (90), <i>Lespedeza maximowiczii</i> (10)	<i>Sasa borealis</i> (45), <i>Lespedeza maximowiczii</i> (15), <i>Weigela subsessilis</i> (13)	<i>Lindera erythrocarpa</i> (25), <i>Styrax japonicus</i> (15)

조사구에서의 토양 화학적 특성을 조사하기 위해 각 조사구에서 임의로 방형구 3곳을 선정하여 낙엽과 부식층을 제거하여 토양시료를 채취했다. 이 시료로 산도, 전기전도도, 유기물함량, 총질소, 양이온치환용량(CEC)을 분석했다. 한 곳의 방형구에서 3회 150g씩 총 450g의 토양시료를 채취했다. 이 토양을 풍건한 후에 시료를 2mm의 체로 쳐서, 이 체를 통과한 시료를 토양분석에 이용했다. 토양의 산도와 전기전도도는 토양시료와 증류수를 1 : 5의 비율로 진탕한 용액에 pH메타와 EC메타 센서를 넣어 측정했다. 토양의 유기물함량은 Tyurin법으로, 총질소함량은 Micro-kjeldahl법으로, CEC는 Brown간이법으로 측정했다(Spark *et al.*, 1996). 현지조사는 2011년 6월 2-3일에 실시했다.

각 조사구에서 조릿대의 우점도 및 높이, 잎층두께, 관목층 및 지피층의 PPF, 지피층의 식물중수 및 목본개체수와 높이, 토양환경요인(산도, 전기전도도, 유기물함량, 총질소, 양이온치환용량) 등의 통계적 차이는 일원분산분석(One-way ANOVA)과 LSD(least significance difference)로 유의성을 검정했다. 또한, 조릿대의 우점도 및 높이, 잎층두께, 조릿대군락의 지피층PPFD, 식물중수, 종다양성지수, 목본높이 및 개체수의 변수간 상관관계는 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)로 분석했다.

결과 및 고찰

1. 조릿대군락의 입지환경요인과 성장특성

조릿대의 우점도는 조사구 1과 2가 조사구 3보다 높았지만, 조사구 1과 2에서의 조릿대의 높이 및 잎층두께는 조사구 3보다 낮았다. 산림내 빛환경요인인 관목층PPFD는 조사구 3이 가장 높았고 다음으로 대조구가, 조사구 1과 2가 가장 낮았다. 토양의 화학적 특성으로서 전기전도도와 유기물함량, 총질소는 조사구 간 유의적 차이가 보이지 않았다. 하지만, CEC는 대조구가 가장 높았고, 조사구 2와 3, 조사구 1의 순이었다. 토양산도는 전반적으로 강한 산성 또는 매우 강한 산성을 나타냈다(Table 2). Kim(2009)은 제주조릿대의 현존량과 입지환경요인의 관계를 분석하였는데 지상간의 밀도는 상대조도와 토양산도와 정의 상관관계, 조릿대의 높이는 전질소와 Ca은 정의 상관관계, 조릿대의 엽장은 유기물함량과 정의 상관관계를 나타냈다. 하지만, 조릿대의 높이는 상대조도와 부의 상관관계를, 조릿대 지상간의 밀도는 Ca과 부의 상관관계를 보였다. CEC와 조릿대의 현존량과는 상관관계를 보이지 않았다. 반면, Cha(2001)의 조릿대 분포특성과 환경요인의 관계분석 연구에서는 조릿대의 분포는 특정입지 환경요인의 영향보다는 다양한 환경요인과 복합적인 관계를 맺고 있다고 평가하였다. 본 연구에

서도 토양 화학적 특성과 조릿대의 성장특성과는 일관성이 있는 결과를 보여주지 않으나, 빛조건과는 밀접한 관계에 있는 것으로 판단된다.

Figure 2와 3에서 관목층PPFD와 조릿대의 높이 및 잎층두께의 관계를 나타냈다. 조릿대군락 상층부의 빛조건인 관목층PPFD가 높을수록 조릿대의 높이는 낮아졌으며, 그 회귀식의 결정계수는 0.791로 높았다. 또한, 조릿대의 잎층두께와의 관계는 회귀식의 결정계수가 낮은 편이지만($R^2=0.456$), 조릿대의 높이와 유사한 경향을 보였다. 그러나 일반적으로 조릿대류는 밝은 숲틈에 비해 어두운 임내가 현존량이나 지상간 밀도가 적고, 조릿대류의 현존량은 광량에 크게 의존한다고 알려져 있다(Kawahara and Tadaki, 1978; Kawahara and Suzuki, 1981; Saijoh, 1990; Saitoh *et al.*, 2000).

조릿대의 분포와 현존량은 토양환경, 광량 등의 입지환경요인보다 빛자원 획득, 개체군의 유지 및 확장 등의 조릿대의 생존전략과 깊게 관련된 있는 것으로 생각된다. 조릿대류는 영양번식식물로서 복수의 지상간이 지하경으로 연결된 상태로 불균질한 산림환경 하에 광범위하게 분포해 성장하는 것으로 알려져 있다(Saitoh *et al.*, 2002). 이러한 산림환경 하에서 조릿대 개체군은 자원획득 효율을 높이고 개체군을 확장시키기 위해서는 충분한 광량이 투과되는 입장에서 조릿대 개체군은 지상간을 주로 수평방향으로 성장시키고, 어두운 입상에서는 광합성을 위한 빛자원을 최대한으로 획득하기 위해서 조릿대의 지상간을 수직방향으로 성장시켜야 한다(Ala *et al.*, 2009). 이 때문에 본 조사에서 빛조건이 양호한 지역에서는 조릿대의 높이 및 잎층두께가 낮고, 어두운 곳에서 높이 및 잎층두께가 높아지는 것으로 판단된다. 빛자원 획득이 충분한 환경에서는 지상간의 높이 및 잎의 성장에 에너지를 투자하는 것보다 개체군 확장을 위한 지하경의 생성이 조릿대 개체군의 유지 및 생존에 유리할 것이다.

한편, 조릿대는 뿌리로 영양번식하여 유전적 동일한 개체군(프래그먼트, fragment)을 형성하는 영양번식식물이다. 조릿대는 복수의 지상간(라메트, ramet)이 지하경으로 연결된 상태로 성장한다. 영양번식식물의 생리생태적 특징은 지하경을 통해 양분과 수분 등의 물질이 라메트간 서로 이동한다는 점인데 이것을 생리적 통합(physiological integration)이라고 한다(Pitelka and Ashmun, 1985). 각 라메트는 각각의 환경하에서 자원획득 효율을 최대한으로 올리기 위해 분업화하여 생리적 통합기능을 생존전략으로 쓴다고 알려져 있다(Friedman and Alpert, 1991; Stuefer *et al.*, 1994). 아직 조릿대에서 생리적 통합기능이 입증되지 않았지만, 지하경으로 연결되어 번식하는 영양번식식물로서 이 기능이 존재한다는 것을 추론가능하다. 이러한 생리적 통합이라는 독특

Table 2. The growth environmental characteristics and environmental factors in the study areas

Study site	<i>Sasa borealis</i>			PPFD of lower layer ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	pH (H_2O)	EC (ds m^{-1})	Organic matter (%)	Total-N (%)	CEC ($\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$)
	Dominance value (%)	Height (cm)	Thickness of foliage layer (cm)						
1	100.0±0.00a	176.20±4.74a	56.8±4.49a	20.75±4.69c	4.43±0.13b	0.47±0.05a	8.72±2.78a	0.29±0.08a	1.59±0.17c
2	95.0±2.50a	159.43±5.84a	47.8±3.14a	26.79±4.51c	5.03±0.67ab	0.40±0.09a	8.20±1.26a	0.39±0.24a	4.90±0.07b
3	45.0±6.12b	83.60±8.75b	36.7±3.23b	984.60±84.88a	5.57±0.18a	0.29±0.13a	6.36±2.07a	0.25±0.07a	4.62±0.33b
Control	-	-	-	210.42±10.94b	5.53±0.34a	0.39±0.04a	7.82±1.98a	0.31±0.10a	9.47±0.56a

Different letters (a-c) indicates the significant difference ($p < 0.05$) among study sites by the LSD test

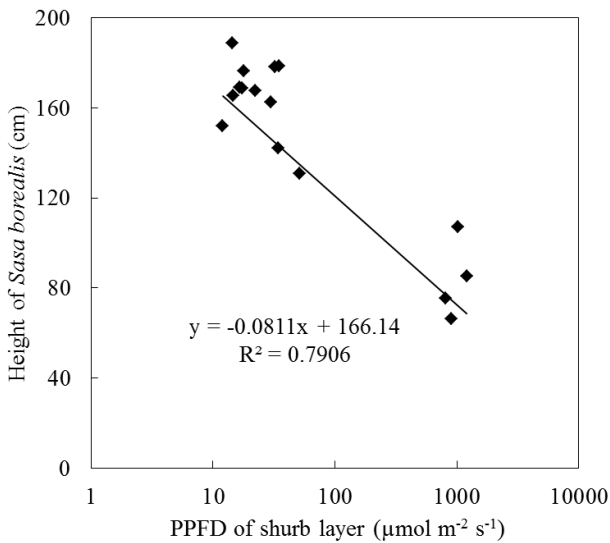


Figure 2. The relation between the PPFD of the shrub and the height of *Sasa borealis*

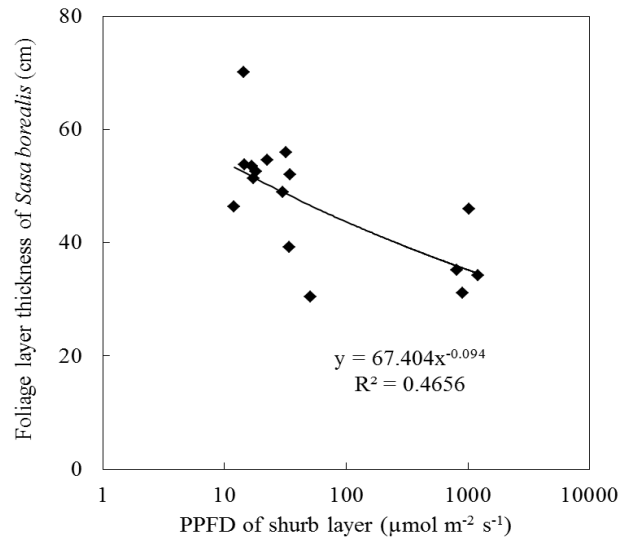


Figure 3. The relation between the PPFD of the shrub and the foliage layer thickness of *Sasa borealis*

한 생존전략에 의해 조릿대는 임상내 빛자원, 양분, 수분 등의 불균질한 자원분포에도 광범위하게 우점하며, 우리나라의 냉온대 기후대인 강원도 북부지역의 고산지역에서부터 전국산지 등의 다양한 환경조건에서 폭넓게 분포하고 있을 것으로 판단된다. 따라서 산림내 조릿대의 분포특성은 특정입지환경이나 식생 등의 영향에 의해 단순하게 결정되지 않을 것이다. 또한, 조릿대 개체군의 확장은 조릿대 패치에서 인접지역으로 종자가 공급되거나 지하경의 확장에 의해 패치 독립으로 확대될 것이다.

2. 조릿대군락에서의 지피층 빛환경

각 조사구에서의 관목층PPFD와 지피층PPFD의 차이를 Figure 4에 나타냈다. 조릿대의 우점도가 높은 조사구 1과 2에서 관목층PPFD가 지피층PPFD에서 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 수목 등의 차단물이 없는 조사대상지 인근에

의 PPFD는 약 $2030 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (12시경 맑은 날의 현지측정 데이터)이며, 이를 기준으로 한 조사구 1과 2에서의 상대 PPFD는 1.0~1.3%수준으로 조사구 3(48.5%)에 비해 매우 낮은 수준이었다. 이는 조밀한 조릿대의 우점도와 뺨뺨한 잎, 높게 자란 지상간은 지피층에 도달하는 빛을 차단하기 때문일 것이다. 조릿대의 우점도가 낮은 조사구 3과 대조구는 관목층PPFD와 지피층PPFD가 서로 크게 차이가 나지 않았다.

Figure 5와 6은 조릿대군락의 지피층PPFD와 조릿대의 높이 및 잎층두께의 관계를 나타냈다. 조릿대의 지상간 높이가 높을수록 지피층에 도달하는 PPFD가 줄어들었다 ($R^2=0.760$). 하지만, 조릿대의 잎층두께와 지피층PPFD사이 회귀식의 결정계수는 낮은 편이었지만($R^2=0.412$), 조릿대 잎층두께가 두꺼울수록 지피층PPFD는 낮아지는 경향을 보였다. 이것과 유사한 결과로서 Kunisaki(2004)는 *Sasa senaensis*군락에서 지피층PPFD는 조릿대 지상간의 밀도

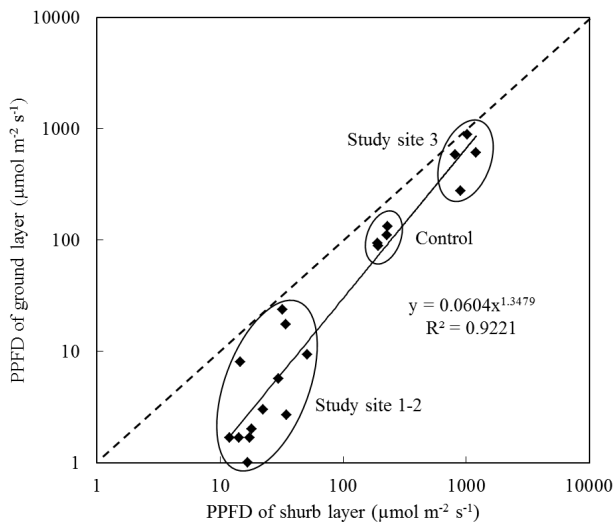


Figure 4. The relation between the PPFD of the shrub and that of the ground layer in the study area

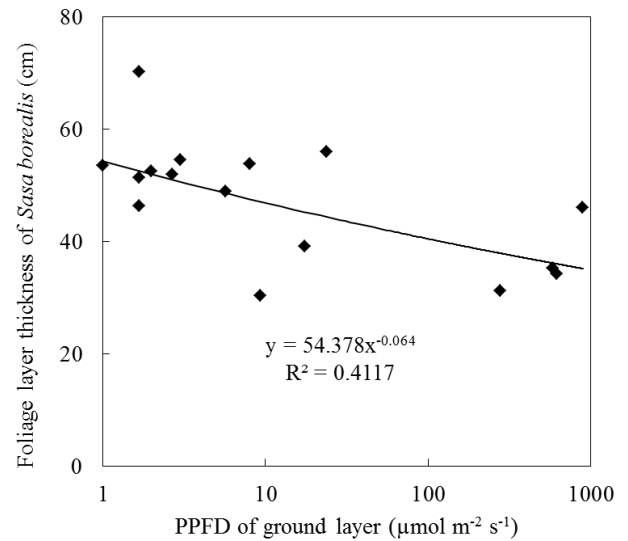


Figure 6. The ground layer PPFD of the *Sasa borealis* community depending on the foliage layer thickness

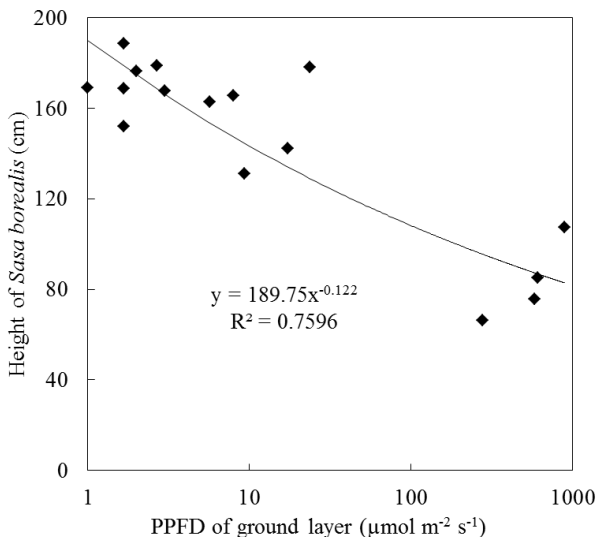


Figure 5. The ground layer PPFD of the *Sasa borealis* community depending on the height

및 지상부의 현존량과 부의 상관관계를 나타냈다고 보고하였다. Wada(1993)의 연구사례에서도 낙엽활엽수림에서 조릿대류(*S. nipponica*, *S. senanensis*, *S. borealis*)의 피도가 높을수록 임상의 광량이 낮다고 보고했다. 밀생한 조릿대군락은 지피층에 도달하는 빛을 차단하며, 조릿대의 잎층두께보다 지상간의 높이가 지피층의 빛을 차단하는 경우가 높은 것으로 보인다.

한편, 낙엽활엽수림의 임내환경은 계절적, 공간적으로 변

화한다(Denslow *et al.*, 1998). 일반적으로 안정된 극상림이나 혼효림의 교목층을 형성하는 수목의 잎은 일제히 성장하여, 거의 동시에 일제히 봄에 개엽하고 가을에 낙엽이 진다. 교목층이 폐쇄되기 전에 하층식생은 단기간에 동화시스템을 만들어내 폐쇄 임분내에서의 빛획득 경쟁에 유리한 전략을 쓰고 있다(Kikuzawa, 1986). 또한, 임상에 성장하는 조릿대류나 하층식생은 불규칙적으로 존재하는 숲틈사이로 들어오는 광반(光斑, sunfleck)에 순간적 광합성 활성능력이 뛰어나서 광량이 적은 하층에서의 성장 및 생존이 보장된다(Lei and Koike, 1998). 하지만, 조릿대의 잎은 상록성으로서 밀생해 관목층보다 높게 자란 조릿대 지상간은 지피층에 도달하는 빛을 사계절 연속적으로 차단한다. 이러한 조릿대의 성장특성 때문에 산림하층에서 조릿대가 우점하면, 지피층에 발생한 치수를 현저하게 피압해 타식물의 성장 및 종다양성에 악영향을 미칠 것이다.

3. 조릿대군락에서의 지피층 식생

조릿대의 우점도가 90%이상으로 높은 조사구 1과 2에서의 지피층 식물종수 및 종다양성지수, 목본의 종수 및 개체수, 수고는 대조구보다 낮았다. 지피층의 PPFD는 대조구가 가장 유의적으로 높고 조사구 3, 조사구 2 및 1의 순으로 낮았다(Table 3). 조릿대군락 내에 출현한 수목별 상대우점도는 매죽나무, 산벚나무, 합다리나무, 고추나무, 쇠물푸레나무, 붉나무, 조록싸리 등이 조사구에서 10%이상으로 다른 수종에 비해 높았다(Table 4). 수관층을 형성하는 교목성

Table 3. The number of plant species, the species diversity index and PPFD on the ground layer of the *Sasa borealis* community

Study site	Number of plant species		Woody plant		Species diversity index	PPFD of ground layer ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
	Total species	Woody plant	Individual number	Height (cm)		
1	1.75±0.75c	1.75±0.75b	2.25±1.25c	9.79±1.87c	0.11±0.05c	1.75±0.35b
2	4.13±0.35c	3.25±0.37b	7.25±1.58c	11.98±2.21c	0.32±0.03c	8.83±2.79b
3	18.50±3.12b	9.75±2.06a	20.75±8.92b	33.47±3.27a	1.90±0.32b	590.17±124.81a
Control	25.75±1.89a	11.50±1.44a	36.75±3.35a	19.66±0.52b	2.96±0.08a	106.08±9.93b

Different letters (a-c) indicates the significant difference ($p < 0.05$) among study sites by the LSD test

수종보다 관목성 및 아교목성 수종이 주로 조릿대군락 내에 자랐다.

조릿대군락의 지피층식생과 조릿대의 성장특성, 지피층 PPFD와의 상관관계를 Table 5에 나타냈다. 조릿대의 우점

도 및 높이는 지피층PPFD, 식물종수 및 종다양성지수, 치수의 높이 및 개체수와는 부의 상관관계를 보였다. 또한, 조릿대의 잎층두께는 종다양성지수, 식물종수, 치수의 높이 및 개체수와는 부의 상관관계였다. 지피층PPFD는 식물종

Table 4. Importance percentage of the woody plants appearing on the ground layer of the *Sasa borealis* community

Species	Importance percentage (%)		
	Study site 1	Study site 2	Study site 3
<i>Styrax japonicus</i>	25.4	43.5	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	8.8	9.6
<i>Rhus javanica</i>	-	-	12.2
<i>Quercus mongolica</i>	-	7.8	6.9
<i>Staphylea bumalda</i>	-	15.3	1.9
<i>Weigela subsessilis</i>	-	3.4	8.2
<i>Morus bombycis</i> var. <i>bombycis</i>	-	3.4	7.0
<i>Tripterygium regelii</i>	-	-	7.6
<i>Kadsura japonica</i>	-	-	6.4
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	6.5	1.9
<i>Cornus controversa</i>	-	-	5.7
<i>Prunus sargentii</i>	36.5	-	-
<i>Boehmeria spicata</i>	-	-	5.1
<i>Stephanandra incisa</i> var. <i>incisa</i>	-	-	4.3
<i>Meliosma oldhamii</i>	25.4	-	-
<i>Quercus aliena</i>	-	-	3.9
<i>Zanthoxylum coreanum</i>	-	-	3.1
<i>Clerodendrum trichotomum</i>	-	-	3.1
<i>Cephalotaxus koreana</i>	-	4.4	-
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	2.5
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	2.5
<i>Acer barbinerve</i>	-	3.4	-
<i>Alnus japonica</i>	-	3.4	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	12.7	-	-
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	-	1.9
<i>Styrax obassia</i>	-	-	1.9
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	-	1.9
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	1.9

Table 5. The correlations among the dominance value, height and the foliage layer thickness of *Sasa borealis*, the PPF of ground layer, the number of plant species, the species diversity index, and the height of the woody plants

	<i>Sasa borealis</i>			PPFD of ground layer	No. of species	Species diversity index	Height of woody plant
	Dominance value	Height	Thickness of foliage layer				
Height	0.893**						
Thickness of foliage layer	0.725**	0.838**					
PPFD of ground layer	-0.766**	-0.769**	-0.447				
No. of species	-0.903**	-0.872**	-0.614*	0.751**			
Species diversity index	-0.932**	-0.884**	-0.631**	0.770**	0.989**		
Height of woody plant	-0.802**	-0.868**	-0.702**	0.888**	0.787**	0.787**	
Individual no. of woody plant	-0.749**	-0.681**	-0.580*	0.305	0.835**	0.827**	0.432

* and **: significant at 5 and 1 % levels, respectively

수, 종다양성지수, 치수의 높이와는 높은 정의 상관관계를 보였다. 이 결과를 종합하면, 밀생한 조릿대의 우점도와 높게 자란 조릿대 지상간이 지피층을 강하게 피음하여, 조릿대군락 내에서는 식물종수 및 종다양성이 낮아졌고 교목성 치수의 발생률도 저하시키는 것으로 나타났다. 기존 연구에서도 조릿대류의 높은 우점도는 특정수종의 실생치수 발생에 악영향을 미쳤다는 보고가 많았다(Nakasizuka, 1988; Iwamoto and Sano, 1988; Gratzner *et al.*, 1999; Konisaki, 2004; Kim, 2009). 특히, Ishibashi(1998)와 Yuruki *et al.*(1977)는 조릿대가 임상에 밀생하여 임상의 빛환경이 극단적으로 악화되어 타식물의 침입을 방해해 교목성 치수의 발생률이 적었다고 보고했다. 본 연구에서도 조릿대의 번성이 지피층의 빛환경을 극도로 악화시켜 식물종다양성과 치수발생 및 생장에 악영향을 미치는 것으로 판단된다.

반면, Cha and Chun(2002)의 연구에서 개별이후 초기 조릿대의 왕성한 성장은 조릿대군락이 토양양분 축적 등의 토양을 발달시켜 식생천이를 촉진하고, 식생초기단계를 생략하고 천이후기종의 출현을 유도하여 식생발달을 간소화시킨다고 주장했다. 또한, Peter *et al.*(1992)는 일본의 너도밤나무-조릿대류(*S. senanensis*)림에서 조릿대류의 번성은 치수발생을 방해했지만, 조릿대류가 일제히 개화하여 수세가 약해진 후 너도밤나무의 치수발생이 높아져 천연갱신이 가능했다고 보고했다. 본 연구결과에서 밝힌 것처럼 임상에 조릿대군락이 광범위하게 우점하면 천연갱신을 위한 치수발생 및 생장을 분명히 방해할 것이다. 하지만, 수관층이 발달한 우리나라 낙엽활엽수림에서 조릿대군락이 천연갱신 및 식생천이에 악영향을 미치는지에 대해서는 명확히 결론짓기가 쉽지 않을 것으로 판단된다. 향후 이에 대한 장기적인 모니터링을 통해 검토가 필요하다.

인용문헌

- Ala, T., Y. Ishii, K. Sakamoto, N. Miki, M. Hirobe and K. Yoshikawa(2009) Physiological responses of leaves in *Pleioblastus pubescens* Nakai to light stress under different light conditions. *J. Jpn. Soc. Reveg. Tech.* 35(1): 51-56. (in Japanese with English abstract)
- Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde, 3rd ed. Springer, Wien-New York, 865pp.
- Cha, Y.J.(2001) Physiological characteristics and ecological roles of dwarf bamboo(*Sasa borealis*) along the developmental stages of deciduous forests after clearcutting in Mt. Baekwoon, Chonnam province, Korea. Seoul National Univ., Seoul, Korea, 105pp. (in Korean with English abstract)
- Cha, Y.J. and K.J. Lee(2002) Morphological and physiological characteristics of dwarf bamboo(*Sasa borealis*) growing at different stand types of deciduous forests after clearcutting in Mt. Baekwoon, Jeollanam-do, Korea. *Joul. Korean For. Soc.*, 91(3): 396-404. (in Korean with English abstract)
- Cha, Y.J. and S.H. Chun(2002) Vegetational structure of dwarf bamboo and its effects on the developmental stages of deciduous forests in clearcutting sites. *Kor. J. Env. Eco.* 16(2): 149-159. (in Korean with English abstract)
- Denslow, J.S.(1987) Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *An. Rev. Ecol. Syst.* 18: 431-451.
- Dierssen, K.(1990) Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde) Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. 241pp.
- Friedman, D. and P. Alpert(1991) Reciprocal transport between ramets increases growth of *Fragaria chiloensis* when light and nitrogen occur in separate patches but only if patches are rich. *Oecologia* 86: 76-80.

- Gratzer, G., P.B. Rai and G. Glatzel(1999) The influence of the bamboo *Yushania microphylla* on regeneration of *Abies densa* in central Bhutan. *Can. J. For. Res.* 29: 1,518-1,527.
- Ishibashi S.(1998) The relationship between natural regeneration and land/forest description in natural cool-temperate and boreal forests. *J. Jpn. For. Soc.* 80(2): 74-79. (in Japanese with English abstract)
- Iwamoto, S., and J. Sano(1998) Standing crop of *Sasa* and the growth patterns of seedlings in a deciduous broad-leaved secondary forest. *J. Jpn For. Soc.* 80:311-318. (in Japanese with English abstract)
- Kawahara, T. and Y. Tadaki(1978) Studies on *Sasa* communities(III) : Relationship between light intensity and biomass of *Sasa nipponica*. *J. Jpn For. Soc.* 60: 244-248. (in Japanese with English abstract)
- Kikuzawa, K.(1986) Leaf survival strategy of forest trees. *Jpn. J. Ecol.* 36(3): 189-203. (in Japanese with English abstract)
- Kim, H.C.(2009) Ecological characteristics and management methods of *Sasa quelpaertensis* Nakai. Ph. D. thesis, Jeju National Univ. Jeju, Korea, 103pp. (in Korean with English abstract)
- Kunisaki, T.(2004) Effects of the density of midstory deciduous hardwood trees on understory vegetation in *Pinus densiflora* plantations in Ohshuku district, Iwate prefecture, northern Japan. *J. Jpn. For. Soc.* 86(3): 258-264. (in Japanese with English abstract)
- Lei, T.T. and T. Koike(1998) Functional leaf phenotypes for shaded and open environments of a dominant dwarf bamboo(*Sasa senanensis*) in northern Japan. *Inter. J. Plant Sci.* 159: 812-820.
- Li, H.H., H. Nishimura, K. Hasegawa and J. Mizutani(1992) Allelopathy of *Sasa cernua*. *J. Chem. Ecol.* 18: 1,785-1,796.
- Nakashizuka, T.(1984) Regeneration process of climax beech(*Fagus crenata*) forests I. Structure of a beech forest with the undergrowth of *Sasa*. *Jpn. J. Ecol.* 32: 57-67.
- Peter P., T. Nakashizuka and T. Ohkubo(1992) Regeneration and development in beech-dwarf bamboo forest in Japan. *For. Ecol. and Manag.* 55: 35-50.
- Pitelka, L.F. and J.W. Ashmun(1985) Physiology and integration of ramets in clonal organisms, (eds Jackson, J. B. C, Buss, L. W. and Cook, R.E.), 399-437, Yale University Press, New Haven, 530pp.
- Saijoh, Y.(1990) Some observations on the above-ground standing crop and its related characteristics of *Sasa senanensis*(FRANCH et SAVAT.) REHDER occurring in and out of forest. *J. Jpn. Soc. of Gras. Sci.* 35(4): 358-362. (in Japanese with English abstract)
- Saitoh, T., K. Seiwa, A. Nishiwaki, H. Kanno and S. Akasaka(2000) Spatial distribution patterns of *Sasa palmata* in relation to light conditions across gap-understory continuum in a beech(*Fagus crenata*) forest. *J. Jpn. For. Soc.* 82(4): 342-348.
- Saitoh, T., S. Kenji and A. Nishiwaki(2002) Importance of physiological integration of dwarf bamboo to persistence in forest understory: a field experiment. *J. Ecol.* 90: 78-85.
- Spark, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loepfert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner(1996) Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical methods, SSSA, Madison, Wisconsin(USA), 1,264pp.
- Stuefer, J.F., H.J. Daring and H. de Kioon(1994) High benefits of clonal integration in two stoloniferous species, in response to heterogeneous light environments. *J. Ecol.* 82: 511-518.
- Tadokoro, K. and T. Yajima(1990) Growth and activity of rhizomes of *Sasa nipponica*. *J. Jpn. For. Soc.* 72: 345-348. (in Japanese with English abstract)
- Yamamoto, S.I.(1989) Gap Dynamics in climax *Fagus crenata* forests. *Botanical Magazine-Tokyo* 102: 93-114.
- Yun, J.H., J.H. Kim, K.H. Oh and B.Y. Lee(2010) Vertical Distribution of vascular plants in Jungsanri, Mt. Jiri by temperature gradient. *Kor. J. Env. Eco.* 24(6): 680-707. (in Korean with English abstract)
- Yuruki, T., K. Aragami and S. Inoue(1977) Ecological Studies of Suzutake(*Sasa borealis*) *Bulletin of the Kyushu University Forest* 50: 83-122. (in Japanese with English abstract)