

지형구조 차이에 따른 이온지수 특성^{1a}

-월악산국립공원 일본잎갈나무림을 대상으로

김정호² · 이상훈³ · 김원태⁴ · 윤용한^{2*}

Characteristics Regarding Ion Index by Geomorphic Structure^{1a}

-About *Larix kaempferi* of Wolaksan National Park

Jeong-Ho Kim², Sang-Hoon Lee³, Won-Tae Kim⁴, Yong-Han Yoon^{2*}

요약

본 연구는 지형구조 차이에 따른 이온지수를 파악하고자 월악산국립공원 내 일본잎갈나무림을 연구대상지로 선정하였다. 측정지점은 월악산국립공원 내 일본잎갈나무가 우점하고 있는 동일한 생태적 구조로 조성된 능선(Ridge)과 계곡(Vally)의 위치에서 기상과 이온을 고정 측정하였다. 기상 측정 결과 기온은 능선부에서 평균 28.22℃, 최고 29.9℃, 최저 26.4℃였으며, 계곡부에서 평균 27.08℃, 최고 27.8℃, 최저 25.5℃로 분석되었다. 상대습도의 경우 능선부에서 평균 67.02%, 최고 75.25%, 최저 61.95%였으며, 계곡부에서 평균 69.74%, 최고 76.8%, 최저 63.75%로 분석되었다. 이온측정 결과 능선부에서는 양이온 발생량 평균 698.40±59.80ea/cm³, 최대 885.88ea/cm³, 최소 597.88ea/cm³이었으며, 음이온 발생량 평균 736.07±83.89ea/cm³, 최대 934.53ea/cm³, 최소 599.32ea/cm³이었다. 이를 이온지수로 산출한 결과 1.06으로 분석되었다. 계곡부에서는 양이온 발생량 평균 1,732.49±354.08ea/cm³, 최대 2,652.10ea/cm³, 최소 1,110.92ea/cm³이었으며, 음이온 발생량 평균 1,990.47±433.57ea/cm³, 최대 3,126.75ea/cm³, 최소 1,352.17ea/cm³이었다. 이를 이온지수로 산출한 결과 1.16으로 분석되었다. 이 연구의 결과는 국립공원 내 기후적 측면의 건강관리 기초자료로 제공하고자 하였다.

주요어: 능선부, 계곡부, 기상, 음이온, 양이온

ABSTRACT

In this study, we have selected *Larix kaempferi* as a study area in Woraksan National Park for understanding the ion index according to the difference of topography in national parks. We measured the weather and ion at two fixed points, ridge and valley, where the *Larix kaempferi* dominates in the same ecological structure in Woraksan National Park. The weather measurement results showed the average, maximum, and minimum temperatures of 28.22℃, 29.9℃, and 26.4℃, respectively at the ridge. The average, maximum, and minimum temperatures at the valley were 27.08℃, 27.8℃, and 25.5℃, respectively. The average, maximum, and

1 접수 2018년 5월 25일, 수정 (1차: 2018년 7월 27일, 2차: 2018년 9월 10일), 게재확정 2018년 9월 27일
Received 25 May 2018; Revised (1st: 27 July 2018, 2nd: 10 September 2018); Accepted 27 September 2018

2 건국대학교 녹색환경시스템학과 Department of Green Environment System, Konkuk University.

3 건국대학교 대학원 녹색기술융합학과 Department of Green Technology Convergence, Graduate School, Konkuk University.

4 연암대학교 환경조경학과 Department of Environmental Landscape Architecture, Cheonan Yonam University.

a 이 논문은 2018년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구사업(NRF-2017R1A2B4008433).

* 교신저자 Corresponding author: yonghan7204@kku.ac.kr

minimum relatively humidities at the ridge were 67.02%, 75.25%, and 61.95%, respectively. The average, maximum, and minimum relatively humidities at the valley were 69.74%, 76.8%, and 63.75%, respectively.

The average, maximum, and minimum amounts of positive ions generated in the ridge was $698.40 \pm 59.80\text{ea/cm}^3$, 885.88ea/cm^3 , and 597.88ea/cm^3 , respectively. The average, maximum, and minimum amounts of negative ions generated in the ridge were $736.07 \pm 83.89\text{ea/cm}^3$, 934.53ea/cm^3 , and 599.32ea/cm^3 , respectively. The ion index is calculated to be 1.06.

The average, maximum, and minimum amounts of positive ions generated in the valley were $1,732.49 \pm 354.08\text{ea/cm}^3$, $2,652.10\text{ea/cm}^3$, and $1,110.92\text{ea/cm}^3$, respectively. The average, maximum, and minimum amounts of negative ions generated in the valley were $1,990.47 \pm 433.57\text{ea/cm}^3$, $3,126.75\text{ea/cm}^3$, and the minimum value was $1,352.17\text{ea/cm}^3$. The ion index is calculated to be 1.16.

The difference in the amount of negative ions generated in ridge and valley was 1089.26ea/cm^3 , and the difference of the calculated ion index between the ridge portion and the valley portion was 0.10.

The results of this study were provided as the reference weather data of national parks for health management.

KEY WORDS: RIDGE, VALLEY, WEATHER, POSITIVE ION, NEGATIVE ION

서론

밀집된 도시환경에 의해 인간은 여러 가지 신체적, 정신적 질병에 노출되고 있다. 이러한 문제로 웰빙(Wellbeing), 로하스(LOHAS) 등 친환경적인 삶에 대한 관심이 높아지면서 치유에 대한 관심이 증가하고 있으며(Yoo and Jung, 2009), 치유와 건강증진을 위해 국립공원에 대한 방문은 해마다 증가하고 있다. 국립공원은 우리나라 보호지역의 핵심공간이며, 국립공원 내 자연림, 인공 식재림 등에 대해 생태적 변화 연구, 생태적 구조관리가 진행되고 있다. 산림생태계는 과거 일제강점기와 한국전쟁 중 심각하게 훼손되었고, 화전, 남벌, 연료원과 퇴비원으로서의 과도한 이용 및 빈번한 산불 등으로 대부분의 산림이 황폐화되었다(Shin, 2006). 이를 복원하기 위해 정부는 리기다소나무, 일본잎갈나무 등의 속성수, 아까시나무와 오리나무류의 비료목을 식재하여 훼손된 산림의 복원에 성공하였다(Lee et al, 2004). 이 중 일본잎갈나무는 우리나라에 조성된 조림수종 중 가장 넓은 면적($424,668\text{ha}$)을 차지하고 있다(Korea Forest Service, 2011). 식생복원에 대한 생태적 구조 및 관리에 대한 연구는 다수 진행되었으나, 기후적 측면의 건강인자에 대한 연구는 부족한 상황이다.

건강인자에 대한 연구로는 주요 치유인자인 피톤치드와 음이온의 발생 및 효과에 대한 연구가 진행되고 있는데, 피톤치드는 식물이 병원균, 해충, 곰팡이에 저항하기 위해 분비하는 물질로 테르펜으로 구성되어 있으며(Kim et al, 2008), 음이온은 공기정화 효과와 인체의 자율신경계를 조절하는 기능을 수행한다(Krueger and Reed, 2006).

선행 연구로 밝혀진 음이온의 효과로는 첫째, 인간의 건

강 증진 효과로서, 부교감 신경계를 자극하여 안정된 반응을 유도하는 것으로 알려져 있으며, 이를 통해 혈압, 맥박, 호흡을 안정화 시킨다고 알려져 있다. 둘째, 음이온의 전기적 특성에 의한 공기정화 효과로서, 오염물질에 음이온이 작용하여 중화시켜 지표로 가라앉게 되어 공기가 정화된다.

음이온 발생량에 대한 선행연구로 산림의 기후에 따른 음이온 발생량 연구(Shin et al, 2012), 양양군 국유림 지역의 음이온 농도와 임상, 숲 관련 인자와의 상관 연구(Um and Kim, 2010), 숲 내 음이온 함유량에 관한 연구(Jeon and Cho, 2009), 계곡지역의 산소 음이온 분포 연구(Kim et al, 2014), 임상·지형·고도에 따른 공기비타민 음이온 농도에 대한 연구(Nam, 2013) 등이 진행되었다. 음이온의 건강증진 효과 연구로는 Lee(2012)가 산림 내 피톤치드를 이용한 자연치유 효과에 대해 보고하였다.

Um and Kim(2010)의 연구에서 지형구조 차이에 따른 음이온 농도에 대해 일부 진행되었으나, 음이온 발생량을 비교한 연구로 이온지수를 규명하기에는 한계가 있었다. 실제 이론적으로는 대기 중에 음이온이 존재한다면, 양이온 또한 존재한다. 20세기 초에는 대기 중의 양이온과 음이온의 구성 비율이 1:1.2로 음이온의 비율이 양이온보다 많았으나 현재 21세기의 대기상태는 양이온 대 음이온의 구성 비율이 1.2:1로서 불과한 세기 사이에 이온 밸런스가 역전되었다(Ji, 2009).

선행연구에서는 음이온 발생에 기상요소, 녹지율 등이 영향을 미친다고 보고되었지만, 측정일, 기상현황에 따라 음이온 발생량이 현저하게 차이가 나는 것을 알 수 있었다(Kim et al, 2017). 이에 단순 음이온 발생량을 비교하는 것에는 대상지의 공기 중 이온 분포 특성의 차이를 뚜렷하

게 나타나지 않을 것으로 예상되어, 음이온 발생량과 양이온 발생량을 고려한 이온지수를 활용하여 분석해야 될 것으로 판단되었다. 이온지수는 대기 중 음이온과 양이온의 비율을 표현하는 것으로서 숫자가 클수록 음이온이 양이온에 비해 발생량이 더 많은 것을 의미하며, 숫자가 작을수록 양이온이 더 많은 것을 의미한다(Kim *et al*, 2017).

이에 본 연구에서는 지형구조 차이에 따른 음이온발생량과 양이온 발생량을 파악하고, 기온, 상대습도, 일사, 풍속 등 기상요소를 측정하여 시간대별 지형구조에 따른 상관관계를 규명하고, 국립공원 내 기후적 측면의 건강관리 기초자료로 제공하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

연구대상지는 지형구조에 따른 이온지수를 측정하기 위

해 월악산 국립공원 내 일본잎갈나무림을 연구대상지로 선정하였다. 월악산국립공원은 1984년 12월 31일 우리나라에서 17번째로 지정되었으며, 주봉인 영봉(1,097m)을 중심으로 대미산(1,115m), 하설산(1,028m), 매두막봉(1,100m), 황장산(1,078m), 금수산(1,016m) 등 1,000m가 넘는 고지대로 이루어져 있다. 이러한 월악산 국립공원은 행정구역상 북쪽으로는 제천시, 충주시와 단양군의 경계에 위치하고 남쪽으로는 문경시의 경계에 위치하고 있다.

측정지점은 지형구조에 따른 이온지수 특성을 파악하기 위하여 동일한 수종으로 우점하고 있는 연구대상지를 조사하였다. 이에 동일한 수종으로 우점하고 있는 월악산국립공원 내 일본잎갈나무림의 능선부(Ridge)와 계곡부(Valley)로 두 지점에서 고정 측정하였다. 계곡부는 유수에 의한 오차를 최소화하기 위해 반경 10m내에 흐르는 물이 없는 지점을 대상으로 실시하였다. 또한 동일한 향으로 측정을 하여 향에 의한 오차를 고려하였다. 측정지점에 대한 위치는 <Figure 1.>과 같다.

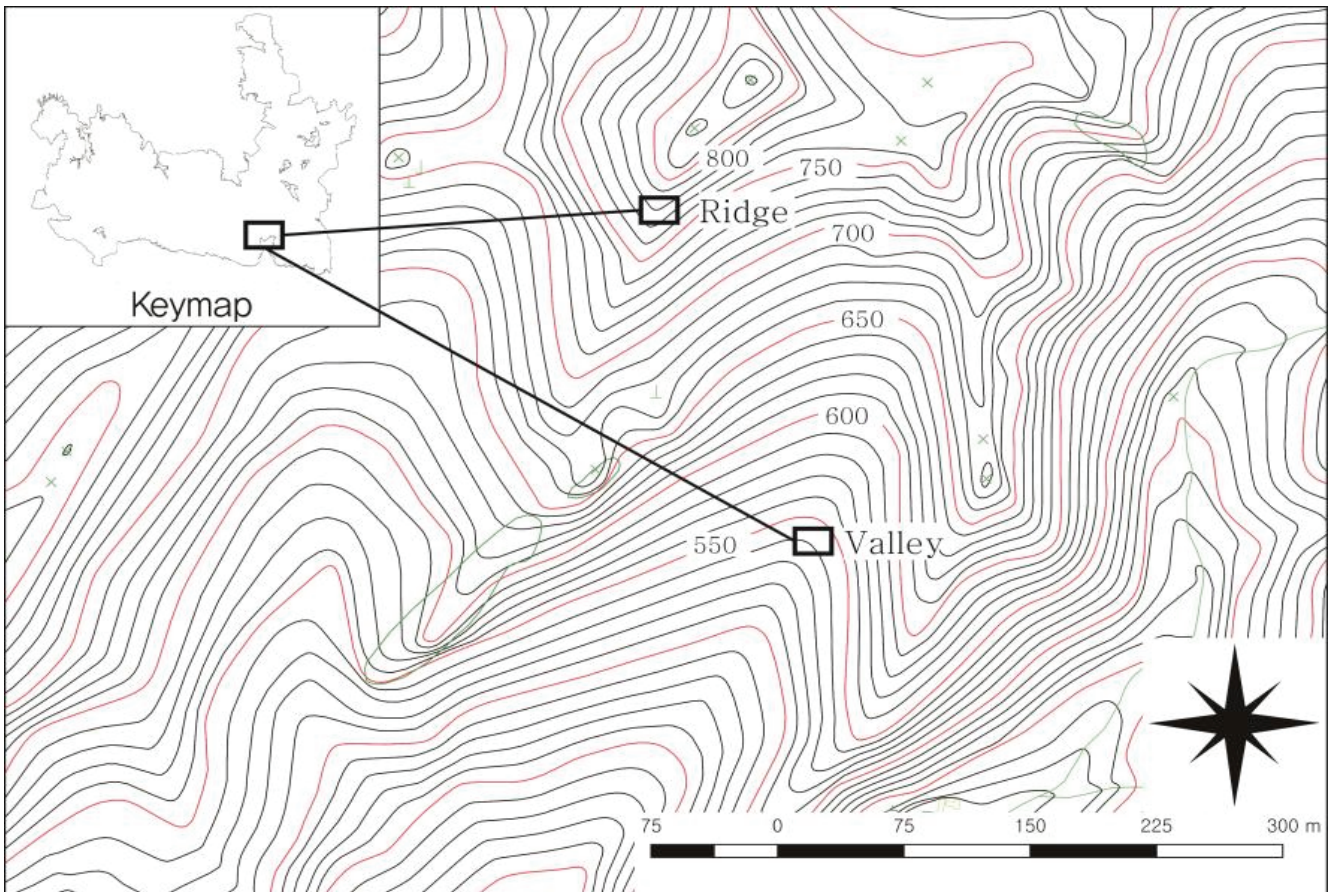


Figure 1. Research location.

2. 조사·분석방법

본 연구에서 음이온 측정은 수목의 증산이 가장 활발한 여름철(Lee, 2011)을 대상으로 2017년 8월 6일부터 14일간 실시하였으며, 측정일 중 강우 등에 의하여 측정기기의 훼손의 우려가 있거나 연구목적에 부합하지 않은 날은 제외하였다. 측정시간은 음이온의 발생과 수목의 광합성이 상관관계에 있다는 Yoon *et al*(2012)의 연구를 고찰하여 광합성량이 가장 높은 시간대인 11시부터 16시까지 측정을 진행하였다.

능선부와 계곡부에 방형구(20m × 20m)를 설치하고 매목 조사 및 양이온, 음이온, 기상요소를 측정하였다. 식생조사는 조사구 내에서 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하였으며, 흉고직경(DBH) 2cm 이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종명, DBH 또는 피도를 측정하였다. 식물상은 한국의 나무(Kim and Kim, 2013)를 기준으로 동정하고 Enger의 분류체계에 따라 정리하였으며, 식생조사 결과에서 얻어진 자료는 Curtis & McIntosh(1951)의 중요치(I.V., Importance value)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다.

지형구조에 따른 이온지수를 파악하기 위하여, 양이온과 음이온 발생량은 COM-3600(ComSystem, Japan) 장비를 이용하였다. 측정 전 15분간 일반대기에 노출시켜 측정기를 안정화시킨 후 컴퓨터를 활용한 자동기록방식을 활용하여 측정자의 주관을 최대한 배제하였다(Kim *et al*, 2016). 양이온과 음이온 측정은 15분을 1회 Cycle로 하여 1분 주기로 측정하였다. 음이온 측정의 경우 대기과 지표 사이의 전위차 영향을 최소화하기 위해 지면에서 1.5m 높이에 삼각대를 설치하고 바람에 따라 쉽게 변화하는 음이온의 수치를 최소화하기 위해 Jo(2009)의 방법에 따라 흡입구를 바람에 등지고 설치하였다. 또한 이온지수와 기상요소의 상관성을 파악

하기 위해 기상요소의 측정은 음이온 측정과 동시에 실시하였다. 지형구조에 따른 기상요소를 파악하기 위해 기온, 상대습도, 일사량은 자동기상관측기(WatchDog 2000) 2대를 이용하여 능선부와 계곡부에 설치한 뒤 측정주기를 1분으로 하여 측정하였으며, 풍속은 열선형풍속계(Tsi-9545) 이용하여 능선부와 계곡부에 1대씩 설치하여 풍속을 1분 단위로 측정하였다.

연구대상지의 기상인자와 이온지수의 관계를 분석하기 위해 SPSS Statistics 18 프로그램을 이용하여 상관성분석, 독립표본 *T* 검정, 회귀분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 지형구조별 식생구조

지형구조에 따른 이온지수를 파악하기 위해 식생의 구조가 유사한 지역을 대상으로 조사를 실시하였다. 능선부의 식생은 교목층 일본잎갈나무, 아교목층 신갈나무, 굴참나무, 관목층 노린재나무 등이 있었으며, 수목의 규격을 조사한 결과 교목층의 수고는 평균 22.28±3.00m, 최대 28m, 최소 17m, 최빈 20m였으며, 흉고직경은 평균 26.46±7.22cm, 최대 43cm, 최소 15cm, 최빈26cm였다. 아교목층의 수고는 평균 13.35±4.13m, 최대 18m, 최소 4m, 최빈 17m였으며, 흉고직경은 평균 15.43±6.33cm, 최대 26.2cm, 최소 3cm, 최빈 14cm였다. 출현종수는 24종이었으며, 수목밀도는 18/400m², 울폐도 60%로 나타났다.

계곡부의 식생은 교목층 일본잎갈나무, 아교목층 물푸레나무, 산뽕나무, 관목층 고팡나무 등이었으며, 수목의 규격을 조사한 결과 교목층의 수고는 평균 27.20±3.41m, 최대 32m, 최소 20m, 최빈 28m였으며, 흉고직경은 평균 30.66±8.54cm,

Table 1. General characteristics of measuring point

Division	Upper layer		Middle layer		Number of Species	Tree density (tree/400m ²)	Coverage of Canopy (%)	
	Height(m)	DBH(cm)	Height(m)	DBH(cm)				
Ridge	Averages	22.28±3.00	26.46±7.22	13.35±4.13	15.43±6.33	24	18	60
	Maximum	28.00	43.00	18.00	26.20			
	Minimum	17.00	15.00	4.00	3.00			
	Mode	20	26	17	14			
Valley	Averages	27.20±3.41	30.66±8.54	8.60±4.03	7.62±4.39	16	20	60
	Maximum	32.00	42.00	18.00	25.30			
	Minimum	20.00	17.00	3.00	2.00			
	Mode	28.00	20	8	6			

최대 42cm, 최소 17cm, 최빈 20cm였다. 아교목층의 수고는 평균 8.60±4.03m, 최대 18m, 최소 3m, 최빈 8m였으며, 흉고 직경은 평균 7.62±4.39cm, 최대 25.3cm, 최소 2cm, 최빈 6cm였다. 출현종수는 16종이었으며, 수목밀도는 20/400m², 울폐도는 60%로 나타났다.

능선부와 계곡부의 출현종수의 차이는 정착한 식물과 비

생물환경 사이의 상호작용의 결과로 종과 환경이 바뀌고, 그러한 변화는 생물환경과 비생물환경 사이에 평형이 이루어질 때까지 진행된다는 천이과정으로 사료된다(Odum, 1969). 수목밀도, 울폐도는 거의 유사한 수준이었고, 해발고도의 상이함에 따른 수목의 규격차이는 존재하였지만 유사한 수준이었다.

Table 2. Importance percentage(I.P.) and mean importance percentage(M.I.P.) of measuring point

Species name	Ridge				Valley			
	U*	M*	L*	M.I.P(%)	U*	M*	L*	M.I.P(%)
<i>Larix kaempferi</i>	100.00	-	-	50.00	100.00	-	-	50.00
<i>Betula davurica</i>	-	2.87	-	0.96	-	-	-	-
<i>Quercus acutissima</i>	-	2.30	-	0.77	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	24.80	-	8.27	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	58.24	10.21	21.12	-	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	-	4.34	-	1.45	-	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	1.36	-	0.45	-	27.73	-	9.24
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	21.74	3.62	-	-	0.19	0.03
<i>Philadelphus schrenkii</i>	-	-	3.46	0.58	-	4.91	47.68	9.58
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	1.48	0.25	-	-	1.08	0.18
<i>Rubus oldhamii</i>	-	-	7.14	1.19	-	-	41.42	6.90
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	3.58	0.60	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	0.33	0.06	-	-	-	-
<i>Acer pictum</i>	-	1.37	0.33	0.51	-	11.90	0.93	4.12
<i>Acer palmatum</i>	-	1.80	-	0.60	-	-	-	-
<i>Acer triflorum</i>	-	-	0.70	0.12	-	-	-	-
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	11.77	1.96	-	-	0.18	0.03
<i>Alangium platanifolium</i>	-	-	0.64	0.11	-	-	2.34	0.39
<i>Cornus controversa</i>	-	1.49	-	0.50	-	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> f. pilosa	-	-	32.59	5.43	-	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	-	1.44	-	0.48	-	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	5.01	0.84	-	44.28	2.08	15.11
<i>Lonicera maackii</i>	-	-	0.66	0.11	-	-	0.93	0.16
<i>Pinus koraiensis</i>	-	-	0.33	0.06	-	-	-	-
<i>Ulmus davidiana</i>	-	-	-	-	-	7.20	-	2.40
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	-	-	-	-	2.74	0.46
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	2.73	-	0.91
<i>Picrasma quassioides</i>	-	-	-	-	-	-	0.43	0.07
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	-	-	-	-	1.25	-	0.42
SUM	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*U : Upper layer(%), *M : Middle layer(%), *L : Lower layer(%)

능선부와 계곡부의 지형구조에 따라 층위별 상대우점치 (Importance percentage, I.P)를 조사하였다. 능선부에서 교목층은 일본잎갈나무(I.P 100%)가 우점종으로 나타났으며, 아교목층은 참나무류인 신갈나무(I.P 58.24%)와 굴참나무(I.P 24.80%)가 나타났으며, 그 외 상수리나무, 졸참나무, 산뽕나무, 물박달나무, 고로쇠나무, 단풍나무, 층층나무, 쪽동백나무 등이 조사되었다. 능선부의 아교목층에 참나무류가 우점하고 있는 것으로 보아 천이가 진행 중인 것으로 판단되었다.

계곡부에서 교목층은 일본잎갈나무(I.P 100%)가 우점종으로 나타났으며, 아교목층은 물푸레나무(I.P 44.28%), 산뽕나무(I.P 27.73%), 고로쇠나무(I.P 11.90%), 고광나무(I.P 4.91%)의 순으로 조사되었다. 관목층에서는 고광나무(I.P 47.68%), 줄딸기(I.P 41.42%) 등이 나타났다. 계곡부의 아교목층에 우점종인 물푸레나무, 산뽕나무, 고로쇠나무, 고광나무가 아교목성상이므로 계속 일본잎갈나무군집을 유지할 것으로 판단되었다.

지형구조별 상대우점치 결과를 통해 교목층은 일본잎갈나무(I.P 100%)가 우점하고 있는 것으로 판단되었으며, 아교목층의 상대우점치가 지형구조별 다소 차이가 있었지만 평균상대우점치는 유사한 수준이었다.

2. 지형구조별 기상특성

월악산국립공원 내 일본잎갈나무림의 지형구조에 따른 기상특성과 이온지수의 관계를 분석하고자 하였다. 이온지수의 요소인 음이온 발생량의 선행연구에서 기온과는 부의 상관관계, 상대습도와는 정의 상관관계(Kim *et al*, 2016; Tammet *et al*, 2006; Yoon *et al*, 2012)를 나타낸다는 연구 결과를 토대로 측정지점의 기상특성을 측정하였다.

능선부의 기온은 평균 $28.22 \pm 0.95^\circ\text{C}$, 최고 29.90°C , 최저 26.40°C 이었으며, 계곡부에서 기온은 평균 $27.08 \pm 0.55^\circ\text{C}$, 최고 27.80°C , 최저 25.50°C 였다. 능선부가 계곡부보다 1.14°C 정도 높은 것으로 분석되었으며, 능선부에서 기온이 높았던 것은 지형구조에 따른 일사량의 영향으로 판단되었다.

능선부의 상대습도는 평균 $67.02 \pm 4.06\%$, 최고 75.25% , 최소 61.95% 였으며, 계곡부에서 상대습도는 평균 $69.74 \pm 4.11\%$, 최고 76.80% , 최소 63.75% 였다. 계곡부가 능선부보다 2.74% 높은 것으로 분석되었으며 이는 지형의 수증기 양에 의한 것으로 사료되었다.

능선부의 일사량은 평균 $45.34 \pm 16.41\text{W/m}^2$, 최고 70.00W/m^2 , 최소 13.50W/m^2 였으며, 계곡부에서 일사량은 평균 $38.35 \pm 14.96\text{W/m}^2$, 최고 64.00W/m^2 , 최소 10.50W/m^2 으로

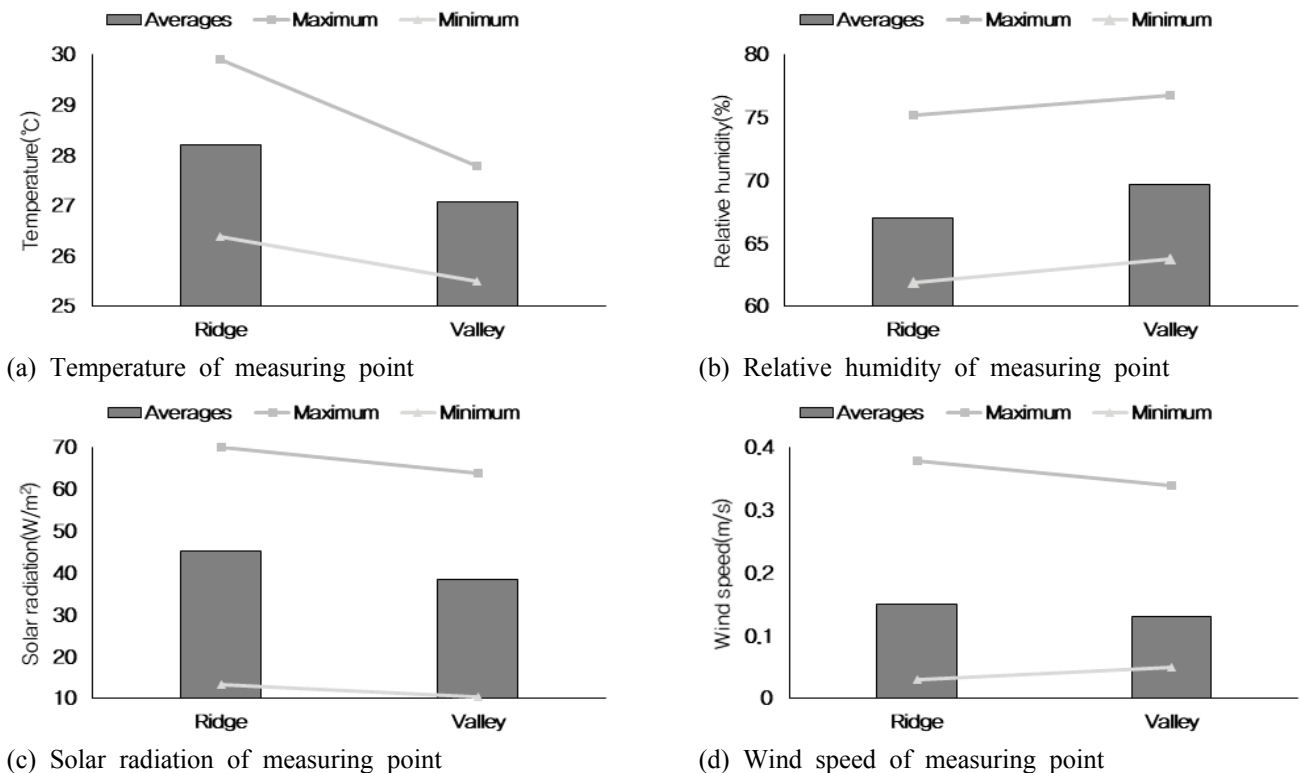


Figure 2. Meteorological characteristics of measuring point(August 14days)

분석되었다. 능선부가 계곡부보다 6.99W/m² 높은 것으로 분석되었으며 능선부에서 일사량이 높았던 것은 지리적인 위치차이에 따른 것으로 판단되었다(Kim *et al*, 2016).

능선부에서 풍속은 평균 0.15±0.09%, 최고 0.38%, 최소 0.03%였으며, 계곡부의 풍속은 평균 0.13±0.06%, 최고 0.34%, 최소 0.05%였다. 계곡부보다 능선부가 0.02% 높은 것으로 분석되었다.

3. 지형구조별 이온지수

월악산국립공원 내 일본잎갈나무림의 지형구조에 따른 이온지수를 파악하기 위해 양이온과 음이온을 측정하였다. 능선부의 양이온 발생량은 평균 698.40±59.80ea/cm³, 최대 885.88ea/cm³, 최소 597.88ea/cm³로 조사되었다. 계곡부에서 양이온 발생량은 평균 1,732.49±354.08ea/cm³, 최대 2,652.10ea/cm³, 최소 1,110.92ea/cm³로 분석되었다. 능선부보다 계곡부에서 양이온 발생량이 많은 것으로 분석되었으며, 이는 계곡부에서 물방울이 분열 파쇄가 상반되어, 미세한 물방울로부터 전자가 공기 중에 방출되어 주위 공기 중의 산소분자에 부착되어 음이온을 생성하지만 물방울 자체는 양이온이 되는 것으로 사료된다(Ji, 2009).

능선부의 음이온 발생량은 평균 737.75±83.90ea/cm³, 최대 934.53ea/cm³, 최소 599.32ea/cm³였으며, 계곡부에서 음이온 발생량은 평균 1,990.47±433.57ea/cm³, 최대 3,126.75ea/cm³, 최소 1,352.17ea/cm³로 분석되었다. 일반적인 숲속 음이온 발생량은 2,000ea/cm³(Ji, 2009)으로 보고되었지만 본 연구에서는 이보다 적은 음이온 발생량이 나타났다. 능선부보다 계곡부에서 음이온 발생량이 많은 것으로 분석되었으며, 이는 지형구조에 따른 기상조건에 의한 것으로 사료된다(Kim *et al*, 2016).

지형구조에 따른 이온지수 특성은 능선부에서 평균 1.06±0.12, 최대 1.31, 최소 0.83였으며, 계곡부에서 평균 1.16±0.23, 최대 2.34, 최소 1.03으로 능선부보다 계곡부에서 평균 0.10 높은 것으로 분석되었다. 이는 능선부보다 계

곡부에서 양이온 발생량 대비 음이온 발생량이 높았던 것으로 사료된다.

4. 통계분석

1) 독립표본 T 검정

지형구조에 따른 기상특성과 이온지수를 비교하기 위해 독립표본 T 검정을 실시하였다. 기온의 경우 능선부 28.22℃, 계곡부 27.08℃로 능선부가 계곡부보다 1.14℃정도 높은 것으로 분석되었으며, 통계적(p<0.05)으로도 유의하였다. 상대습도는 능선부 67.02%, 계곡부 69.74%로, 계곡부가 능선부보다 2.74% 높은 것으로 분석되었으며, 통계적(p<0.05)으로 유의한 수준이었다. 일사량은 능선부 45.34W/m², 계곡부 38.35W/m²로 능선부가 계곡부보다 6.99W/m² 높은 것으로 분석되었으며, 통계적(p<0.05)으로 유의하였다. 풍속은 능선부 0.15m/s, 계곡부 0.13m/s로 계곡부보다 능선부가 0.02m/s 높은 것으로 분석되었지만, 통계적(p<0.05)으로는 유의하지 않았다. 양이온 발생량은 능선부 698.40ea/cm³, 계곡부 1,732.49ea/cm³으로 계곡부가 능선부보다 1034.09ea/cm³ 높은 것으로 분석되었으며, 통계적(p<0.05)으로 유의하였다. 음이온 발생량은 능선부 736.07ea/cm³, 계곡부 1,990.47ea/cm³으로 능선부보다 계곡부에서 1254.40ea/cm³ 높은 것으로 분석되었으며, 통계적(p<0.05)으로 유의하였다. 이온지수는 능선부 1.06, 계곡부 1.16로 능선부보다 계곡부에서 0.10 높은 것으로 분석되었으며, 통계적(p<0.05)으로 유의하였다.

2) 상관성분석

지형구조에 따른 이온지수 특성을 파악하기 위하여 상관성 분석을 실시하였다. 능선부에서 음이온 발생량과 정의 상관인 것은 시간(.830**), 기온(.257*), 풍속(.432**), 양이온(.339**), 이온지수(.717**)로 분석되었으며, 부의 상관인 것은 상대습도(-.790**), 일사량(-.508**)으로 분석되었

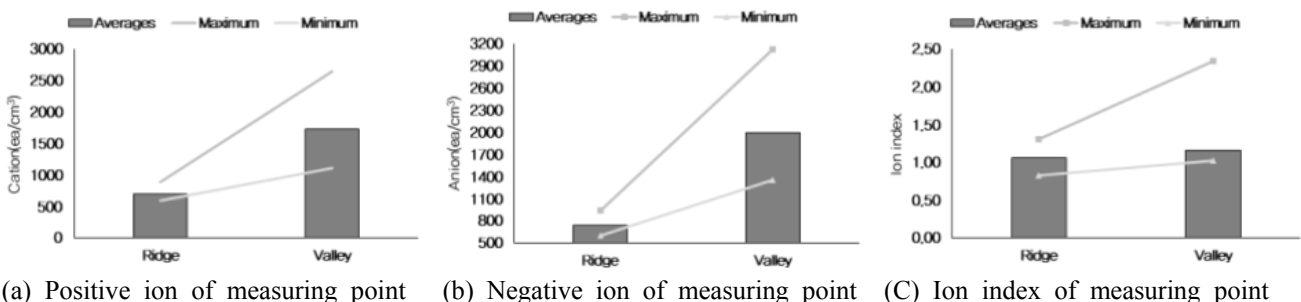


Figure 3. Ion index characteristics of measuring point(August 14days)

Table 3. Independent-Sample T-Test

Division	Type	M	SD	T	P
Temperature	Ridge	28.22	.96	8.390*	.000
	Valley	27.08	.56		
Relative humidity	Ridge	67.02	4.09	-3.807*	.000
	Valley	69.74	4.14		
Solar radiation	Ridge	45.34	16.53	2.539*	.012
	Valley	38.35	15.08		
Wind speed	Ridge	.15	.09	.881*	.380
	Valley	.13	.06		
Positive ion	Ridge	698.40	60.26	-23.217*	.000
	Valley	1732.49	356.80		
Negative ion	Ridge	736.07	84.53	-22.901*	.000
	Valley	1990.47	436.90		
Ion index	Ridge	1.06	.12	-3.207*	.002
	Valley	1.16	.24		

다. 이는 고정측정을 실시함에 따라 일사량이 높아지면서, 식물의 광합성이 촉진되어 음이온 발생량이 많아지며(Kim *et al*, 2016), 높은 일사에 의해 기온이 상승하면서, 그에 따라 음이온 발생량이 증가하여, 기온과는 정의 상관관계, 상대습도와는 부의 상관관계로 나타나는 것으로 사료된다(Shin *et al*, 2012). 양이온 발생량과 정의 상관인 것은 시간(.259*), 풍속(.513**), 음이온(.339**)으로 분석되었으며, 부의 상관인 것은 기온(-.490**), 상대습도(-.043), 일사량(-.452**), 이온지수(-.409**)로 분석되었다. 이는 고정측점을 실시함에 따라 기온이 상승하면서 음이온 발생량이 많아져, 양이온을 중화시켜 발생량을 감소시키는 것으로 사료되었다(Ji, 2009). 이온지수와 정의 상관인 것은 시간(.604**), 기온(.627**), 풍속(.036), 음이온(.717**)으로 분석되었으며, 부의 상관인 것은 상대습도(-.737**), 일사량(-.133), 양이온(-.409**)으로 분석되었다.

계곡부에서 음이온 발생량과 정의 상관인 것은 시간(.218), 기온(.589**), 일사량(.150), 풍속(.053), 양이온(.695**), 이온지수(.476**)로 분석되었으며, 부의 상관인 것은 상대습도(-.297*)로 분석되었다. 이는 고정측정을 실시함에 따라 높은 일사에 의해 기온이 상승하면서, 그에 따라 음이온 발생량이 증가하여, 기온과는 정의 상관관계, 상대습도와는 부의 상관관계로 나타나는 것으로 사료된다(Shin *et al*, 2012). 양이온 발생량과 정의 상관인 것은 시간(.080), 기온(.471**), 일사량(.164), 풍속(.171), 음이온(.695**)으로 분석되었으며, 부의 상관인 것은 상대습도(-.124), 이온지수(-.286*)로 분석되었다. 이온지수와 정의 상관인 것은 시간

(.175), 기온(.241), 일사량(.037), 음이온(.476**)으로 분석되었으며, 부의 상관인 것은 상대습도(-.225), 풍속(-.149), 양이온(-.286*)으로 분석되었다.

3) 다중회귀분석

상관성분석에서 양이온 발생량과 음이온 발생량에 유의성이 검증된 항목을 이용하여 다중회귀분석을 실시하였다. 능선부에서 양이온 발생량과 상관인 유의미한 시간(.259), 기온(-.490), 일사량(-.452), 풍속(.513), 음이온(.339)으로 다중회귀분석을 실시한 결과, R²값은 .492로 나타났으며, 기온과 음이온 발생량이 유의한($P < 0.05$)것으로 분석되었다. 상수의 B값은 1,555.828, 표준오차 246.411, t값은 6.314로 분석되었고, 기온의 B값 -42.267, 표준오차 10.200, t값은 -4.144, 공차한계 3.119였으며, 음이온 발생량 B값 .391, 표준오차 .126, t값 3.106, 공차한계 3.681로 분석되었다. 따라서 능선부에서 양이온 발생량의 다중회귀식은 $Y = 1,555.828 + (-42.267X_1) + 0.391X_2$ ($Y =$ 양이온 발생량, $X_1 =$ 기온, $X_2 =$ 음이온 발생량)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 능선부에서 음이온 발생량과 상관인 유의미한 것은 시간(.830), 기온(.257), 상대습도(-.790), 일사량(-.508), 풍속(.432), 양이온(.339)이었으며, 이를 다중회귀분석 실시한 결과 시간, 기온, 양이온 발생량이 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 상수의 B값은 -174.341, 표준오차 582.000, t값 -3.00이었으며, 시간의 B값 25.396, 표준오차 9.711, t값 2.615, 공차한계 9.979였으며, 기온의 B값은 25.880, 표준오차 12.616, t값 2.051,

Table 4. Meteorological factor and ion index correlation analysis

	Division	Time	Temperature	Relative humidity	Solar radiation	Wind speed	Positive ion	Negative ion
Ridge	Temperature	.188						
	Relative humidity	-.879**	-.501**					
	Solar radiation	-.681**	.434**	.412**				
	Wind speed	.426**	-.394**	-.281*	-.590**			
	Positive ion	.259*	-.490**	-.043	-.452**	.513**		
	Negative ion	.830**	.257*	-.790**	-.508**	.432**	.339**	
	Ion index	.604**	.627**	-.737**	-.133	.036	-.409**	.717**
Valley	Temperature	.225						
	Relative humidity	-.926**	-.420**					
	Solar radiation	-.767**	.302*	.535**				
	Wind speed	-.451**	-.094	.431**	.314*			
	Positive ion	.080	.471**	-.124	.164	.171		
	Negative ion	.218	.589**	-.297*	.150	.053	.695**	
	Ion index	.175	.241	-.225	.037	-.149	-.286*	.476**

Table 5. Multiple regression analysis of measuring point

Type	Division	R ²	Nondistance coefficient		β	<i>t</i>	<i>p</i>	VIF	
			B	SD					
Positive ion	(Constant)	.492	1555.828	246.411	-	6.314	.000	-	
	Time		.558	8.016	.016	.070	.945	6.188	
	Temperature		-42.267	10.200	-.673	-4.144	.000	3.119	
	Solar radiation		.741	.735	.203	1.007	.318	4.808	
	Wind speed		83.314	85.019	.124	.980	.331	1.893	
	Negative ion		.391	.126	.548	3.106	.003	3.681	
Negative ion	(Constant)	.768	-174.341	582.000	-	-.300	.766	-	
	Time		25.396	9.711	.517	2.615	.011	9.979	
	Temperature		25.880	12.616	.294	2.051	.045	5.212	
	Relative humidity		-2.549	4.081	-.123	-.625	.535	9.889	
	Solar radiation		-.173	.710	-.034	-.243	.809	4.892	
	Wind speed		134.192	83.179	.142	1.613	.112	1.979	
Positive ion	(Constant)	.489	937.160	1830.552	-	-.512	.610	-	
	Temperature		60.181	71.321	.094	.844	.402	1.532	
	Negative ion		.523	.091	.640	5.742	.000	1.532	
	(Constant)		.581	-4434.501	2445.202	-	-1.814	.075	-
	Temperature			223.984	80.181	.286	2.793	.007	1.549
	Relative humidity			-11.478	9.607	-.109	-1.195	.237	1.224
Positive ion	.670	.115	.547	5.847	.000	1.296			

공차한계 5.212로 분석되었고, 양이온 발생량의 B값은 .358, 표준오차 .115, t 값 3.119, 공차한계 1.700로 분석되었다. 따라서 능선부에서 음이온 발생량의 다중회귀식은 $Y = -174.341 + 25.396X_1 + 25.880X_2 + 0.358X_3$ (Y = 음이온 발생량, X_1 = 시간, X_2 = 기온, X_3 = 양이온 발생량)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 이를 이온지수 식으로 산출할 경우 다음과 같은 예측식을 도출할 수 있었다.

$$\text{Ion Index} = \frac{-174.341 + 25.396X_1 + 25.880X_2 + 0.358X_3}{1,555.828 + (-42.267X_2) + 0.391X_4}$$

(단, X_1 = 시간, X_2 = 기온, X_3 = 양이온 발생량, X_4 = 음이온 발생량)

계곡부에서 양이온 발생량과 상관성이 유의미한 기온(.471), 음이온 발생량(.695)으로 다중회귀분석을 실시한 결과 R^2 값은 .489로 나타났으며, 음이온 발생량과 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 상수의 B값은 -937.160, 표준오차 1830.552, t 값은 -.512로 분석되었고, 음이온 발생량의 B값 .523, 표준오차 .091, t 값은 5.742, 공차한계 1.532로 분석되었다. 따라서 계곡부의 양이온 발생량의 다중회귀식은 $Y = -937.160 + 0.523X_1$ (Y = 양이온 발생량, X_1 = 음이온 발생량)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 계곡부에서 음이온 발생량과 상관성이 유의미한 것은 기온(.589), 상대습도(-.297), 양이온 발생량(.695)으로 다중회귀분석을 실시한 결과 R^2 값은 .581로 나타났으며, 기온과 양이온 발생량과 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 상수의 B값은 -4434.501, 표준오차 2445.202, t 값은 -1.814로 분석되었고, 기온의 B값 223.984, 표준오차 80.181, t 값은 2.793, 공차한계 1.549로 분석되었으며, 양이온 발생량의 B값 .670, 표준오차 .115, t 값은 5.847, 공차한계 1.296으로 분석되었다. 따라서 계곡부의 음이온 발생량의 다중회귀식은 $Y = -4434.501 + 223.984X_1 + 0.670X_2$ (Y = 음이온 발생량, X_1 = 기온, X_2 = 양이온 발생량)로 분석되었고, 통계적으로도 유의한($P < 0.05$) 것으로 분석되었다. 이를 이온지수식으로 산출할 경우 다음과 같은 예측식을 도출할 수 있었다.

$$\text{Ion Index} = \frac{-4434.501 + 223.984X_2 + 0.670X_3}{-937.160 + 0.523X_1}$$

(단, X_1 = 음이온 발생량, X_2 = 기온, X_3 = 양이온 발생량)

결론

본 연구는 지형구조에 따른 이온지수 특성을 파악하기 위하여 월악산국립공원 내 일본잎갈나무림을 대상으로 실시하였다. 지형구조에 따른 기상요소와 공기이온을 측정하고, 상관성 분석과 독립표본 T 검정, 회귀분석을 실시하였다.

능선부와 계곡부의 교목층은 일본잎갈나무로 구성되어 있었으며, 해발고도에 따른 수고에 차이는 있었다. 기상측정 결과 기온은 능선부 28.22℃, 계곡부 27.08℃로 능선부가 계곡부보다 1.14℃정도 높은 것으로 분석되었으며, 상대습도는 능선부 67.02%, 계곡부 69.74%로 계곡부가 능선부보다 2.74% 높은 것으로 분석되었다. 공기이온 측정결과 양이온 발생량은 능선부 698.40ea/cm³, 계곡부 1,732.49ea/cm³으로 계곡부가 능선부보다 1034.09ea/cm³ 높은 것으로 분석되었으며, 음이온 발생량은 능선부 736.07ea/cm³, 계곡부 1,990.47ea/cm³으로 능선부보다 계곡부에서 1254.40ea/cm³ 높은 것으로 분석되었다.

능선부의 이온지수 상관성분석결과 시간, 기온, 일사량, 음이온 발생량은 정의 상관으로 분석되었으며, 양이온 발생량은 부의 상관으로 나타났다. 회귀식 도출에서 양이온 발생량과 음이온 발생량에 상호관계가 나타났다. 계곡부의 이온지수 상관성분석결과 양이온 발생량과는 부의 상관으로 나타났으며, 음이온 발생량과는 정의 상관으로 분석되었다. 회귀식 도출에서 양이온 발생량과 음이온 발생량에 상호관계가 나타났다.

능선부와 계곡부에서 음이온 발생량의 차이는 1089.26ea/cm³으로 계곡부에서 많이 발생하였지만, 이온지수를 산출한 결과 능선부와 계곡부의 차이는 0.10로 나타났다.

이 연구 결과는 지형구조에 따른 이온지수 특성을 규명하였다. 지형구조의 차이에 따른 양이온 발생량과 음이온 발생량을 이용하여 이온지수를 분석하여 지형구조 차이에 따른 상관성을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구에서는 해발고를 고려하지 못하였을 뿐만 아니라 단순 일본잎갈나무림을 대상으로 측정을 실시하여, 자연림과의 비교를 통한 인공림관리방안을 제시하기에는 무리가 있었다. 이에 차후 동일한 지형구조에서 인공림과 자연림에 따른 이온지수 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

REFERENCES

- Brower, J. E. and J. H. Zar(1997) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32(1):

- 376-496.
- Jeon, K.S. and Y.B. Cho(2009) A Study on the Negative Ions Contents in Forests. J. of KIFR, 5-17.
- Ji, C. K.(2003) Anionic effect(2nd ed.). Living Books, 183pp.
- Jo, Y. B.(2009) A study on the Development of Suitable Locations Evaluation Model and Therapy Type to Therapeutic Forests. Graduate School of Wonkwang University.
- Kim, I.S., D.A. Lee, S.I. Park, H. Ha and S.I. Yang(2014) Distribution of Anions in Valley Area. J. kor. Soc. Environ. Eng. 36(4): 246-250.
- Kim, J. S. and T. Y. Kim(2013) Woody Plants of Korean Peninsula. Dolbegae, Pahu, 689pp.
- Kim, J.H., D.K. Oh and Y.H. Yoon(2012) Anion Concentrations of Urban Regeneration Stream through Multiple Regression Analysis: Targeting Cheonggyecheon in Seoul. The Seoul Institute 13(3): 37-46.
- Kim, J.H., D.K. Oh, W.J. Choi and Y.H. Yoon(2017) Air Ion Distribution of Traffic Volume in Urban Area -Wiryeseong main road, in Songpa-gu, Seoul-. JKSUE 17(2): 137-144.
- Kim, S.K., W.S. Shin and M.K. Kim(2008) The Effects of Negative Ions on Stress Responses and Cognitive Functions. Jour. Korean For. Soc. 97(4): 423-430.
- Krueger, A. P. and E.J. Reed(2006) Biological impact of small air ions. Science 193(4259): 1209-1213.
- Lee, B.K.(2012) A Study on the Effects of Naturopathy after Forest Phytocide Therapy. Ph. D. Dissertation, Dongbang graduate university, seoul, 137pp.
- Lee, C. S., H. J. Cho and H. B. Yi(2004) Stand dynamics of introduced black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) plantation under different disturbance regimes in Korea. Forest Ecology and Management 189(1): 281-293.
- Lee, K. J.(2011) Tree physiology. Seoul National University Press, 514pp.
- Nam, H.I.(2013) A study on anion concentration in relation to forest type, topography and altitude. M. F. Dissertation, Sang Ji University, WonJu, 46pp.
- Odum, E. P.(1969) The strategy of ecosystem development. Science 164: 262-270.
- Shin, H. C.(2006) The effects of ecological restoration confirmed in the Pitch pine (*Pinus rigida*) plantation. M. A. Thesis, Seoul Women's Univ., Seoul.
- Shin, W.S., P.S. Yeoun, K.H. Kim and J.H. Lee(2012) Amount of a Negative ions by Forest Climates. J. of KIFR 16(4): 125-131.
- Tammet, H., U. Horrak, L. Laakso and M. Kulmala(2006) Factors of air ion balance in a coniferous forest according to measurements in Hyytiälä, Finland. Atmospheric Chemistry and Physics 6(11): 3377-3390.
- Um, T.W. and G.T. Kim(2010) Correlations Between Concentrations of Negative Ions and Forest Type, and Site Factors at National Forests in Yangyang-gun. Kor. J. Env. Eco. 24(5): 539-546.
- Yoo, R.H. and S.A. Jeong(2009) A Case Study on Application of the Effect Using Forest on Human Health Improvement and Disease Prevention -Focusing on the Forest Therapy Certification in Japan-. J. of KIFR 13(2): 45-51.
- Yoon, Y. H., D. K. Oh and J. H. Kim(2012) An Analysis of Anions Distribution and Correlation by Biotope Types in Summer for Pleasant Urban Environment. Urban Design 13(1): 51-62.