

여름철 단일수목의 음이온 발생에 관한 평가†

김정호* · 서유환** · 주창훈*** · 윤용한*

*건국대학교 녹색기술융합학과 · **건국대학교 산림과학과 · ***산림조합중앙회

Assessment of Anion Generation on the Isolated Trees at Summer

Kim, Jeong-Ho* · Seo, Yu-Hwan** · Joo, Chang-Hun*** · Yoon, Yong-Han*

*Dept. of Green Technology Convergence, Konkuk University

**Dept. of Forest Science, Konkuk University

***National Forestry Cooperative Federation, Forest Inventory Center

ABSTRACT

This research aims to analyze changes in anion according to locations through changes in the measuring point centering on a single tree. The subject tree was the *Zelkova serrata* which is most widely used as a landscape tree, and the measurement was conducted for a total of 3 days with summer solstice as the basic date. In consideration of the solar altitude and the location of the *Zelkova serrata*, a total of 4 measurement points - T_a at the opposite direction of the shadow, T_b in the center of the tree, T_c in the center of the shadow, and T_d at the end of the shadow - were established. The mean temperature of the measurement days was the highest at T_a with 28.4°C and was the lowest at T_c , in the center of the shadow with 27.9°C . The relative humidity was the lowest with 42.5% at T_a where the temperature was the highest. The amount of insolation was the highest at T_a with $1,024.6\text{W}/\text{m}^2$, followed by $T_d(701.48\text{W}/\text{m}^2)$, $T_c(215.63\text{W}/\text{m}^2)$, and $T_b(227.75\text{W}/\text{m}^2)$, and the anion was the highest at T_a with $654\text{ea}/\text{cm}^3$, followed by T_b , T_c , and T_d , with $639.4\text{ea}/\text{cm}^3$, $615.3\text{ea}/\text{cm}^3$, and $612.3\text{ea}/\text{cm}^3$, respectively. The results of the correlation analysis proved that anion correlated with the temperature, the amount of insolation, and the relative humidity on the significant level. Of these, the temperature and the amount of insolation had the positive correlation with the correlation coefficients of .687 and .332, respectively, and the significance probability of .000, and .037, respectively. The relative humidity was found to have negative correlation. Its correlation coefficient and the significance probability were $-.557$, and .000, respectively.

Key Words: Altitude of the Sun, Weather, Zelkova serrata, Correlation Analysis

국문초록

본 연구는 단일수목 중심으로 측정지점의 변화를 통해 위치에 따른 음이온 변화를 분석하고자 하였다. 연구대상지는 건국대학교 글로컬캠퍼스 내에 위치한 느티나무를 선정하여 하지를 기준으로 총 3일간 측정을 실시하였으며, 그림자가 형성되는 반대 방향에 위치한 T_a 지점과 수목의 중앙에 위치시킨 T_b 지점, 그림자 중앙에 위치시킨 T_c 지점, 그림자 끝

Corresponding author: Chang-Hun Joo, National Forestry Cooperative Federation, Forest Inventory Center, Chungbuk 380-701, Korea, Tel.: +82-43-840-3538, E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr

지점에 위치시킨 T_d 지점으로 총 4개소로 구분하여 측정하였다. 측정일 간 평균기온은 T_a 지점이 28.4°C 로 가장 높았으며, 그림자 중앙에 위치시킨 T_c 지점이 가장 낮은 27.9°C 로 나타났다. 상대습도는 기온이 가장 높았던 T_a 지점에서 가장 낮은 42.5%를 기록하였다. 일사량의 경우 T_a 지점에서 $1,024.6\text{W}/\text{m}^2$ 로 가장 높았으며, T_d 지점($701.48\text{W}/\text{m}^2$) > T_c 지점($215.63\text{W}/\text{m}^2$) > T_b 지점($227.75\text{W}/\text{m}^2$) 순으로 조사되었고, 음이온 측정결과, T_a 지점에서 가장 높은 $654\text{ea}/\text{cm}^3$ 로 측정되었으며, T_d 지점 > T_c 지점 > T_b 지점 순으로 각각 $639.4\text{ea}/\text{cm}^3$, $615.3\text{ea}/\text{cm}^3$, $612.3\text{ea}/\text{cm}^3$ 로 나타났다. 상관성 분석결과, 음이온은 세 가지 기상요소, 기온, 일사량, 상대습도와 상관성이 검증되었다. 기온과 일사량의 경우 정의 상관성을 보이고, 각각 .687과 .332의 상관계수를 보였으며, 유의확률은 .000, .037로 나타났다. 또한 상대습도는 부의 상관관계로 상관계수와 유의확률이 각각 -.557, .000으로 분석되었다.

주제어 : 태양고도, 기상, 느티나무, 상관분석

1. 서론

도심내 녹지는 도시열섬완화, 미기상 개선 및 엔트로피 감소 등의 효과 뿐만 아니라, 도시민의 쾌적성 향상을 위한 영역까지 확장이 되고 있다. 녹지가 쾌적성에 미치는 요소로는 소리, 산소, 경관, 음이온 등이 있는데, 이 중 음이온은 공기정화 효과와 인체의 자율신경계를 조절하는 기능을 수행하며(Krueger and Reed, 2006), 도시지역을 벗어나 산소음이온이 풍부한 자연환경에서 음이온 효과를 즐기는 생활은 가장 쉽고 저렴한 웰빙 방법일 뿐만 아니라, 질병에 노출된 사람들에게 자연치유 효과를 기대할 수 있다(Kim *et al.*, 2014). 이런 치유력을 갖고 있는 음이온은 쾌적한 도시영역의 요소로 인정되어 도시환경을 나타내는 지표 중 하나로 사용되고 있다(Kim *et al.*, 2012b).

도심내 쾌적성을 나타내는 요소 중 하나인 음이온은 다음과 같은 기작을 통하여 생성된다. 우선, 숲이 가지고 있는 특징 중 하나인 흙이나 수목의 주변에 수분이 풍부하여 발생하는 음이온이다. 비가 내리면 흙은 물을 흠뻑 빨아들이며, 비가 그친 후 기온상승으로 인해 토양 내 보유 수분이 서서히 증발되는데, 이때 물의 클러스터가 작은 상태에서 공기 속으로 떠오르므로 '작은 이온'이라고 일컬어지는 마이너스 이온이 발생하게 된다. 이는 햇빛의 원적외선 효과로 물분자를 분해하여 마이너스 이온인 $\text{OH}^-(\text{H}_2\text{O})_n$ 과 플러스 이온인 $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ 으로 분리되기 때문이다. 이때, 플러스 이온은 무거워서 지면에 떨어져 공기는 마이너스 이온이 된다. 이와 같은 기작으로 녹지에 내린 비는 흙이나 수립 또는 화초 등에 흡수되어 나뭇잎의 숨구멍을 통하여 다시금 대기속으로 증발한다. 증발할 때 많은 수의 전자가 방출되어 주변 공기 중의 O_2 와 결합하여 많은 수의 음(-)이온이 발생한다(Ji, 2003).

한편, 산림 속에서는 식물이 광합성에 의해 대기 중의 CO_2 와 식물 속의 H_2O 를 원료로 하여 탄수화물(전분)을 합성하고, 대기 중에 O_2 를 공급한다. 이때 발생된 O_2 에 땅이나 수립, 초목으로부터 방출되는 전자와 부착하여 음(-)이온이 대량 발생된다(Ji, 2005). 음이온과 관련된 연구로는 실내·외를 대상으로

이루어졌는데, 실내음이온 연구로 실내식물의 공간대비 투입비율에 따른 음이온 발생량은 투입율이 75%까지는 증가하였으나, 그 이상 투입하였을 시, 다소 감소하는 경향이 나타나, 실내식물의 공간대비 투입비율은 30%가 가장 효율적이며(Lee, 2003; Kim and Lee, 2008), 음이온 발생량이 많은 팔손이, 필로덴드론, 몬스테라 등의 경우 개스(Gas)상의 오염원을 제거하는데 1~2주 만으로도 공기청정기와 같은 효과를 낼 수 있다(Lee and Yoon, 2003). 또한, 식물에서 음이온의 발생은 광도가 필수요인으로서 $5\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이하의 광도에서는 식물의 유무에 따른 음이온 생성에는 큰 차이가 없으며, 식물의 광합성에 의한 습도조절에 의하여 음이온이 발생한다고 보고되었다(Park *et al.*, 1998).

실외음이온 연구로는 도시녹지 및 산림 등에서 측정지점에 따른 음이온의 발생량을 비교하는 연구가 주를 이루어지고 있는데, 실제 녹지가 충분히 조성된 도심지의 경우 약 $700\text{ea}/\text{cm}^3$ 정도의 음이온이 발생한다고 보고되고 있다(Jo, 2010; Kim *et al.*, 2012a; 2012b). 또한, 산림에서 음이온 농도와 숲 관련인자와의 상관에서는 산림에서 토양수분과 음이온 농도는 고도의 통계적 유의성이 인정되었으며, 임상의 유형에 따라 활엽수 혼효림, 참나무림, 소나무림, 참나무-소나무 혼효림순으로 음이온 농도가 낮았다(Um and Kim, 2010). 도시환경에서 비오톱 유형에 따른 음이온 농도 측정 결과로는 산림비오톱 > 하천비오톱 > 고층주거지비오톱 > 경작지비오톱 > 상업업무지비오톱 > 저층주거지비오톱 > 학교 및 공공기관비오톱 > 도로비오톱의 순으로 녹지율이 높은 비오톱일수록 음이온이 높게 측정되었고(Kim *et al.*, 2012a), 도심지의 생태복원 하천에서 음이온 측정결과, 수변지점 > 제방지점 > 50m지점 > 100m지점 > 200m지점 > 150m지점 순으로, 하천 주변부에서 음이온이 가장 높았으며, 거리가 멀어질수록 점점 낮아지는 경향이 나타났다(Kim *et al.*, 2012b).

이처럼 음이온이 건강에 미치는 영향과 숲과 도심 내에서 음이온의 발생에 관한 연구에 관해서는 많이 진행되어 왔지만, 단일수목을 대상으로 음이온의 발생에 관한 연구는 부족할 실

정이며, 대부분의 음이온 연구가 기상과의 상관성을 중요시 여기는 반면, 음이온과 기상과의 정확한 상관성 규명이 이루어져왔다. 또한, 측정지점에 따라 음이온 개수의 차이 변화 폭이 크고, 변동이 심한 특성을 갖고 있음에도 측정지점에 대한 명시된 바가 없다. 이에 본 연구는 단일 수목이 미치는 주위 환경 요소 중 음이온을 중심으로 연구를 진행하였으며, 다양한 측정지점의 변화를 통해 위치에 따른 음이온 변화량을 제시하고, 음이온 연구의 기초연구자료로 제시하고자 하였다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구대상지 및 공시식물

연구대상지는 충주시 단월동 건국대학교 글로컬 캠퍼스 내 위도 36°56'57.48"N, 경도 127°54'34.22"E에 위치한 느티나무를 선정하였으며, 위치에 따른 음이온 변화를 연구하기 위해 주변의 영향을 최소화하고, 다른 수목과 중첩되지 않는 지점을 선택했다. 공시식물로 선정된 느티나무의 경우는 우리나라의 5대 조경수목으로 대부분 가로수, 녹지대에 녹음수로 식재되며, 특히 수관 꼭대기에는 많은 물질을 투자하여 기계적으로 단단하면서 수분스트레스에 강한 잎을 가지는 긴 가지를 만들어 많은 광을 이용할 수 있는 생산구조를 형성하고, 아래쪽에는 이것과 달리 수분스트레스에 민감한 단지를 형성함으로써 환경에 대한 적응성을 높이는 것(Kim, 2003)으로 보고되고 있다.

선정된 느티나무의 규격은 Table 1에서와 같이 수고 5.64m, 수관폭 7.55m의 타원형이었으며, 지하고 2.17m, 근원직경 0.38m로 측정되었다. 또한, 8방위를 기준으로 1m³당 엽수의 평균은 약 421.37개이었으며, 수관용적의 경우 77.26m³/m²이었다. 본 연구에 사용된 느티나무는 잔디피복으로 포장되었고, 반경 50m 내 비오톱을 조사해 본 결과, 녹지율이 45.15%로 조사되었으며, 불투수 포장률이 37.69%, 견폐율이 17.15%를 차지하였다. 또한, 느티나무를 중심으로 반경 25m 외 주변 식생의 경우 양버즘나무와 가이즈까 향나무가 주로 식재되었으며, 그 외 주목, 뽕나무, 느티나무, 둥근소나무, 향나무, 소나무, 은행나무 등이 식재되었다.

2. 측정방법

1) 측정지점 선정

느티나무를 대상으로 측정지점별 음이온 발생량을 추정하기 위해 T_a지점, T_b지점, T_c지점, T_d지점 총 4개소로 구분하여 측정을 실시하였다. 단일수목이 기상환경에 미치는 영향 중 일사 차단에 의한 기온저감이 가장 큰 요소로 작용함에 따라 Figure 1에서 나타난 것과 같이 태양고도에 따른 그림자 위치 변화와 연계하여 측정지점을 이동시켰다. T_a지점과 T_d지점의 경우, 수목으로부터의 거리는 같으나, T_a지점은 양지에 위치시켰으며, T_d지점은 그림자 끝에 위치시켰다. T_b지점은 수목과 동일한 곳에 위치시켰으며, T_c지점은 그림자의 중앙에 고정시켜 측정을 진행하였다.

2) 음이온 및 기상측정

위치에 따라 발생되는 음이온 발생량을 알아보기 위해 흡입식 이온측정기(COM-3200PRO, Nico, Japan, 2011)를 이용하여 지상에서 1.2m지점인 흉고높이에 설치한 후 측정하였다. 음이온 측정시기는 태양의 고도가 가장 높고, 낮의 길이가 가장 긴 하지일 기준으로 2013년 6월 20일부터 6월 22일까지 총 3일간 실시하였으며, 측정시간은 오전 08시부터 18시까지 조사하였다. 측정시 측정지점에서 5분간 대기에 노출시켜 안정화를 시킨 후, 10분 동안 1분 간격으로 지점별 10개의 데이터를 기록하였으며, 이 후 다른 지점으로 이동시켜 반복측정을 실시하였다. 음이온 측정기 설치 시 흡입구는 주변의 영향을 최소화하기 위해 수목이 적고, 잔디 피복으로 형성된 북쪽을 바라보고 설치하였고, 다른 지점으로 이동 시 측정기를 대기에 노출시키지 않기 위하여 비닐팩으로 측정기를 감싸 측정 시 오차를 최소화하였다(Kim *et al.*, 2012a).

기상측정은 자동기상관측기(Watch Dog 2000, Spectrum Tech-

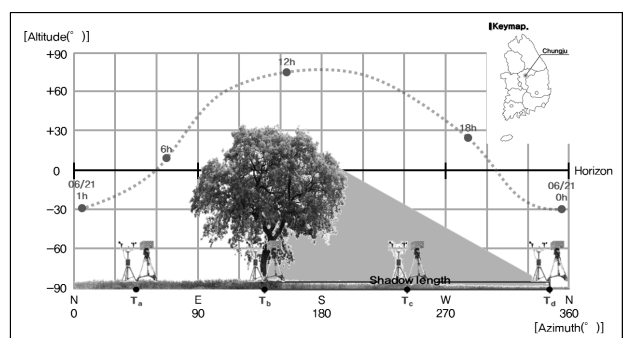


Figure 1. Selection of the measurement spot and sun track of summer solstice

Table 1. 50m radius biotope and status of the target tree

Article	50m radius biotope(%)			Target tree					
	Green -space	Impervious area	Building coverage	Height (m)	Width of crown(m)	Clear length(m)	Diameter (m)	Leaf number (ea/m ³)	Canopy volume (m ³ /m ²)
Result	45.15	37.69	17.16	5.64	7.55	2.17	0.38	421.37	77.26

nologies Inc, USA, 2012)를 사용하였으며, 실험에 사용된 자동 기상관측기는 밀봉 NEMA-4형 IP66 인클로저 및 비바람에 견디는 커넥터이고 내장 비상-안전, 비휘발성 메모리에 측정을 저장하는 데이터 로거를 가지고 있으며, 이 기기를 통해 기온, 상대습도, 풍속 및 일사량을 측정하였다. 측정 시간은 음이온과 마찬가지로 총 10시간을 측정하였고, 흉고높이 1.2m를 기준으로 삼각대를 설치하고, 음이온 측정과 동일하게 1분 간격으로 데이터를 저장하였다.

3) 통계분석

측정일 간 데이터를 SPSS Statistics ver.18 프로그램을 이용하여 음이온과 각각의 기상요소인 기온, 상대습도, 일사량, 풍속과의 상관관계 분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 태양고도에 따른 그림자 변화

시간대 별 측정지점은 태양고도가 변함에 따라 실시간으로 이동시켰으며, 측정시작 시간인 08시부터 점차 측정지점 사이의 간격은 줄어들었다가 태양고도가 정점인 12시 이후로 점차 간격이 증가하였다. 정확한 측정지점 변화는 Figure 2와 같으며, 마지막 시간대인 17시에 T_a 지점은 수목으로부터 가장 먼 17.2m에 위치하였고, 고도가 가장 높았던 11시와 12시에는 태양이 수목의 정상부에 위치하며, 수목과 그림자가 중첩되는 것을 알 수 있었다.

수목으로부터의 측정지점별 거리는 11시 최소 3.2m부터 17

시 최대 17.2m까지의 변화를 보였으며, 태양고도가 가장 높았던 12시에 비해 11시가 최소 거리가 된 이유는 본 연구에 선정된 느티나무의 수형에 따른 차이로 조사되었다.

2. 측정지점에 따른 기상요소의 변화

측정지점에 따른 기상요소의 변화는 Figure 3과 같으며, T_a 지점의 경우 일 평균기온 28.5°C로 조사되었으며, 14시와 15시에 일 최대기온 30.8°C, 08시에 일 최저기온 23.8°C로 측정되었다. 상대습도의 경우, 일 평균상대습도 42.5%로 측정되었으며, 측정이 시작된 08시에 일 최대치인 62.1%가 기록되었으며, 14시에 최저치인 32.2%로 조사되었다. T_b 지점은 일 평균기온 28°C를 기록하였으며, 14시에 일 최대기온 30.7°C, 08시에 일 최저기온 21.8°C로 조사되었다. 상대습도의 경우 일 평균상대습도 43.8%였으며, 일 최대상대습도는 08시에 67.6%, 일 최저상대습도는 15시에 31.9%로 나타났다. T_c 지점은 일 평균기온 27.9°C로 측정되었으며, 일 최대기온은 14시에 30.2°C, 일 최저기온은 08시에 22.2°C로 조사되었다. 상대습도는 일 평균상대습도 43.6%였으며, 08시 65.8%로 최대치가 나타났으며, 15시에 33.7%로 최저치가 측정되었다. T_d 지점의 경우, 일 평균기온 28°C로 T_b 지점과 동일하였으며, 다른 지점과 동일하게 일 최대기온은 14시에 30.8°C, 일 최저기온은 08시에 22.4°C로 조사되었다. 상대습도는 일 평균상대습도 44%이었으며, 08시에 최대치 65.2%, 15시에 최저치 31.2%로 나타났다. 풍속의 경우, 지점별 일정한 경향을 나타내지는 않았으며, 일 평균풍속은 T_b 지점(1.05m/s) > T_c 지점(0.99m/s) > T_a 지점(0.98m/s) > T_d 지점(0.95m/s) 순으로 나타났고, 측정일 동안 0.5~1.54m/s로 조사

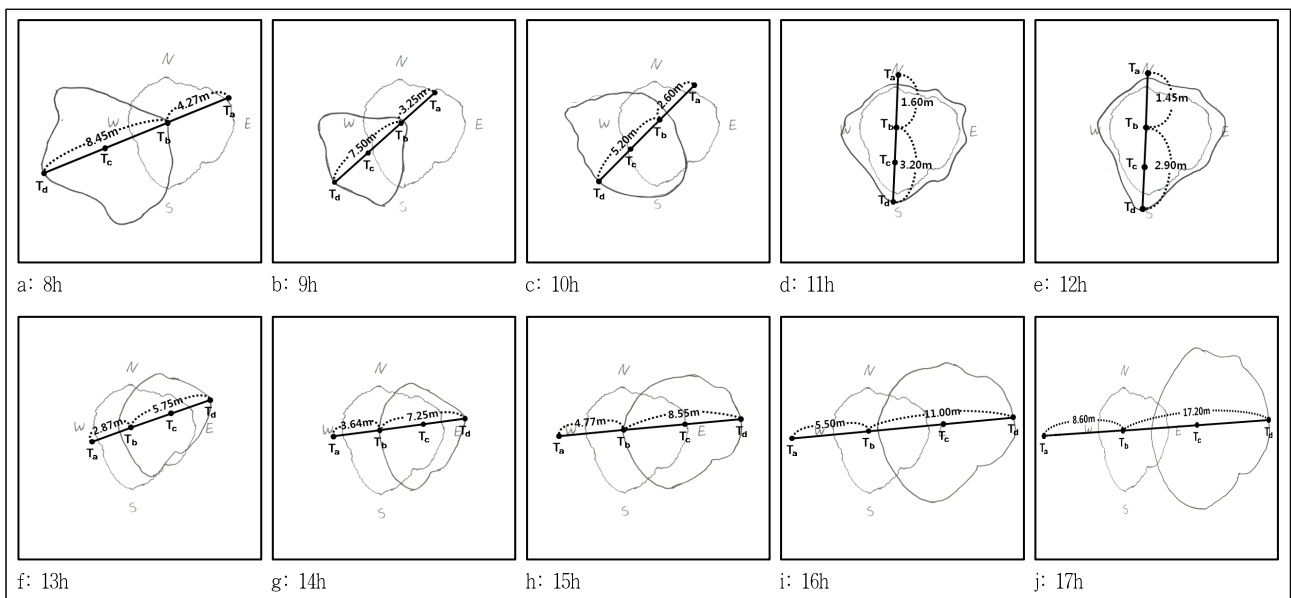


Figure 2. Change the measurement spot according to time

되었다.

측정지점별 일 평균기온은 T_a 지점 > T_b 지점 = T_d 지점 > T_c 지점 순으로 조사되었고, 일 최대기온은 T_a 지점 > T_d 지점 > T_b 지점 > T_c 지점 순으로 나타났으며, 측정지점 모두 14시에 일 최대기온을 기록하였다. 일 최저기온은 모든 지점에서 측정이 시작된 08시에 가장 낮은 것을 알 수 있었으며, T_a 지점 > T_d 지점 > T_c 지점 > T_b 지점 순이었다. 이는 기온의 일변화는 계절에 관계 없이 일출 직전에 최저가 나타나고, 일출 후 점차 상승하여 태양의 고도가 높아짐에 따라 급속히 온도는 높아져서 14시경 전후에 최고기온이 나타난다는 결과와 동일하였으며, 최고기온이 일사가 가장 강한 정오보다 2~3시간 늦게 나타나는 이유는 정오에 지면에서 받는 태양의 복사열은 극도에 달하나, 그 복사열의 전파 속도가 늦기 때문으로 조사되었다(Kim, 1988). 또한, 수목의 영향을 가장 적게 받은 T_a 지점과 수목의 영향을 가장 많이 받은 T_c 지점의 기온차는 일 평균기온과 일 최대기온시 0.6°C의 차이가 났으며, 수목 앞의 일사차단에 따른 기온저감률은 2.1%로 조사되었다.

상대습도의 경우, 일 평균상대습도는 T_d 지점 > T_b 지점 > T_c 지점 > T_a 지점 순이었고, 일 최대상대습도는 08시에 T_b 지점 > T_c 지점 > T_d 지점 > T_a 지점 순이었으며, 일 최저상대습도는

15시에 T_c 지점 > T_a 지점 > T_b 지점 > T_d 지점 순으로 나타났다. 일반적으로 상대습도의 경우, 기온과 정반대의 결과가 나타나는 것으로 보고되고 있는데, 기온이 가장 높았던 T_a 지점에서 상대습도가 가장 낮은 것으로 조사되었으며, T_a 지점에 비해 상대적으로 상대습도가 높았던 T_b 지점, T_c 지점, T_d 지점은 수목의 영향에 의한 기온 감소와 증산으로 인한 상대습도의 증가에 따른 결과로 조사되었다.

3. 시간에 따른 측정지점별 일사량 및 음이온 변화

시간에 따른 측정지점별 일사량과 음이온 변화는 Figure 4에서 나타난 것과 같고, T_a 지점의 일 평균일사량은 $736.2W/m^2$ 로 조사되었으며, 시간에 따른 일사량 변화는 측정시작 08시에 $645.7W/m^2$ 를 시작으로 증가하여 태양고도가 가장 높았던 13시에 일 최대일사량 $1,025.6W/m^2$ 가 나타났다. 13시를 기점으로 조사가 끝나는 시점까지 점차 감소하여 17시에 가장 낮은 $201.2W/m^2$ 가 기록되었다. T_b 지점의 경우, 일 평균일사량 $215.6W/m^2$ 로 측정되었고, 16시에 일 최대일사량 $443.9W/m^2$ 로 조사되었으며, 태양고도가 가장 낮았던 17시에 $120W/m^2$ 로 일 최저일사량을 보였다. T_c 지점은 일 평균일사량 $227.7W/m^2$ 로 조사되었으며, 9시 $352.2W/m^2$ 로 일 최대일사량이 나타났고, 17

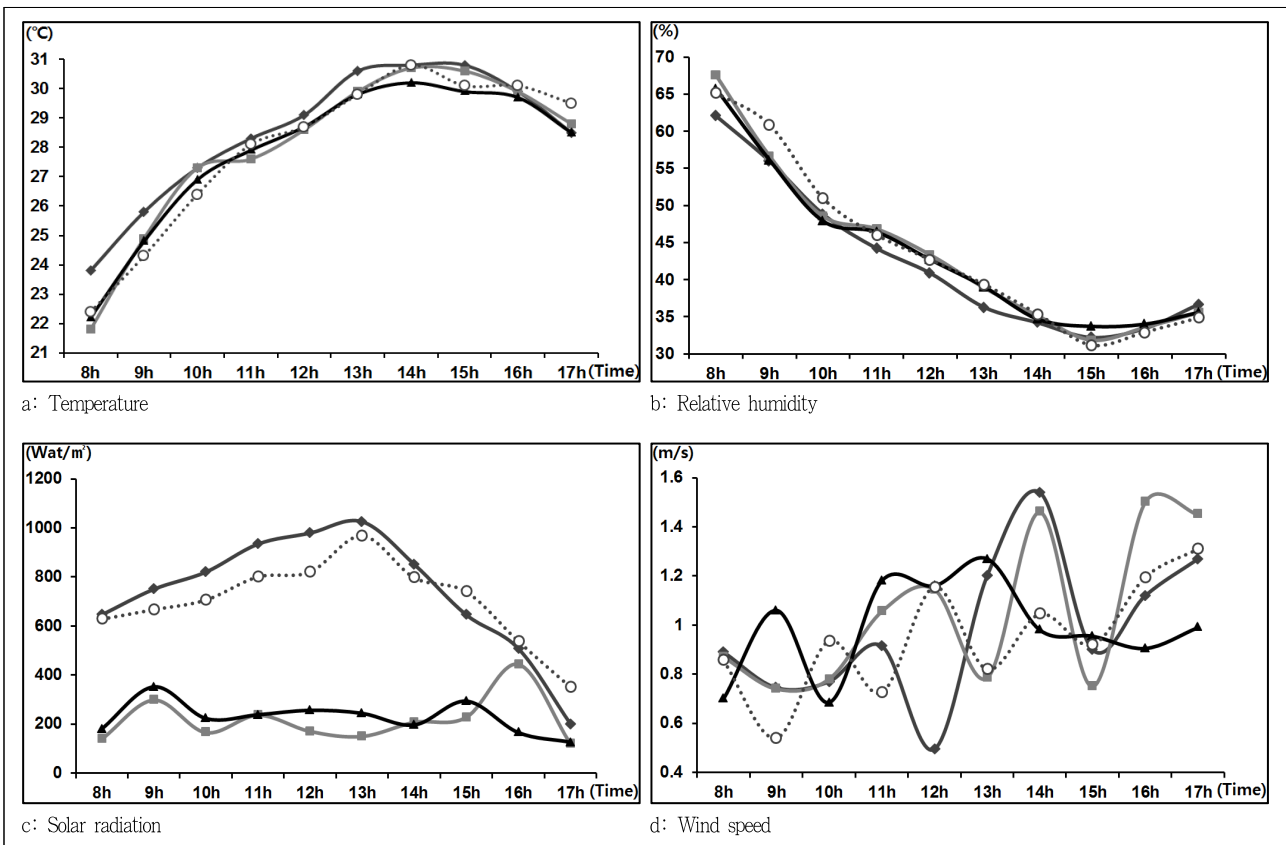


Figure 3. Measurement day temperature, relative humidity, solar radiation and wind speed graph

Legends: ●-Ta ■-Tb ▲-Tc ○-Td

시에 126.5W/m²로 일 최저일사량이 조사되었다. T_d지점의 경우, 일 평균일사량 701.4W/m²로 측정되었으며, T_a지점과 동일하게 13시에 일 최대일사량 968W/m², 17시에 일 최저일사량 350.8W/m²로 나타났다.

지점별 일 평균일사량은 T_a지점 > T_d지점 > T_c지점 > T_b지점 순으로 나타났으며, 일 최고일사량과도 동일하게 나타났다. T_a지점과 T_d지점의 경우, Figure 4에서 나타난 것과 같이 시간의 흐름에 따른 일사량의 변화가 유사하게 나타났고, 태양고도가 가장 높았던 13시에 일 최고일사량이 나타났으며, 태양고도가 가장 낮았던 17시에 일 최저일사량이 조사되었다. 또한, 13시의 일사량은 T_a지점 1,025.6W/m²였으며, T_b지점은 149.6W/m², T_c지점은 244.1W/m², T_d지점은 968W/m²로 조사되었고, T_a지점과 T_b지점의 비교를 통해 단일수목의 일사차단량은 876W/m²로 나타났으며, 일사차단율은 85.4%로 분석되었고, 일반적으로 수목의 일사차단은 투사광의 80%가 흡수되고 20%가 투과한다(Kim, 1988)는 결과와 유사하였다.

시간에 따른 측정지점별 음이온 변화는 T_a지점에서 일 평균 음이온은 654ea/cm³로 나타났고, 13시 일 최대음이온 884.1ea/cm³로 측정되었으며, 08시에 403.4ea/cm³로 일 최저음이온이 조사되었다. T_b지점의 경우, 일 평균음이온은 612.3ea/cm³로 조사되었으며, T_a지점과 동일하게 13시에 일 최대음이온 874.5ea/cm³, 08시에 375.1ea/cm³로 측정되었다. T_c지점의 일 평균음이온은 615.3ea/cm³로 나타났으며, T_a지점, T_b지점과 동일하게

13시에 710.2ea/cm³로 일 최대음이온이 측정되었고, 08시에 515.5ea/cm³로 일 최저음이온이 조사되었다. T_d지점의 경우, 일 평균음이온은 639.4ea/cm³로 나타났고, 다른 지점과 달리 12시에 일 최대음이온 799.3ea/cm³로 조사되었으며, 일 최저음이온은 08시에 411.4ea/cm³로 측정되었다.

일 평균음이온의 경우, T_a지점 > T_d지점 > T_c지점 > T_b지점 순으로 나타났으며, 일 최고음이온은 T_a지점 > T_b지점 > T_d지점 > T_c지점 순으로 조사되었다. 일 최저음이온의 경우 T_c지점 > T_d지점 > T_a지점 > T_b지점 순으로 나타났다. 일 평균음이온을 분석해본 결과, 일 평균기온과 일 평균일사량이 높고 일 평균상대습도가 낮았던 T_a지점에서 가장 많은 양의 음이온이 발생했으며, 일 최고일사량이 조사된 13시에 일 최대음이온이 발생한 것으로 분석되었고, 일 평균일사량이 가장 적었던 T_b지점에서 가장 적은 양의 음이온이 발생하였다.

또한, 측정지점별 일 평균음이온 발생량보다 높았던 시간대를 조사해 본 결과, T_a지점의 경우 9시, 10시, 12시, 13시, 14시, 15시로 조사되었고, T_b지점의 경우 10시, 13시, 14시, 15시, 16시로 나타났으며, T_c지점의 경우 9시, 11시, 12시, 13시, 14시, 15시가 높았고, T_d지점은 10시, 11시, 12시, 13시, 14시, 15시로 나타났다. 측정지점별 13시에서 15시가 공통적으로 일 평균음이온보다 높은 음이온 발생량이 나타난 시간대로 측정되었으므로, 향후 시간대에 따른 음이온 발생량을 조사시 지점별 측정일 최대 음이온 발생량을 얻기 위해서는 13시에서 15시 사

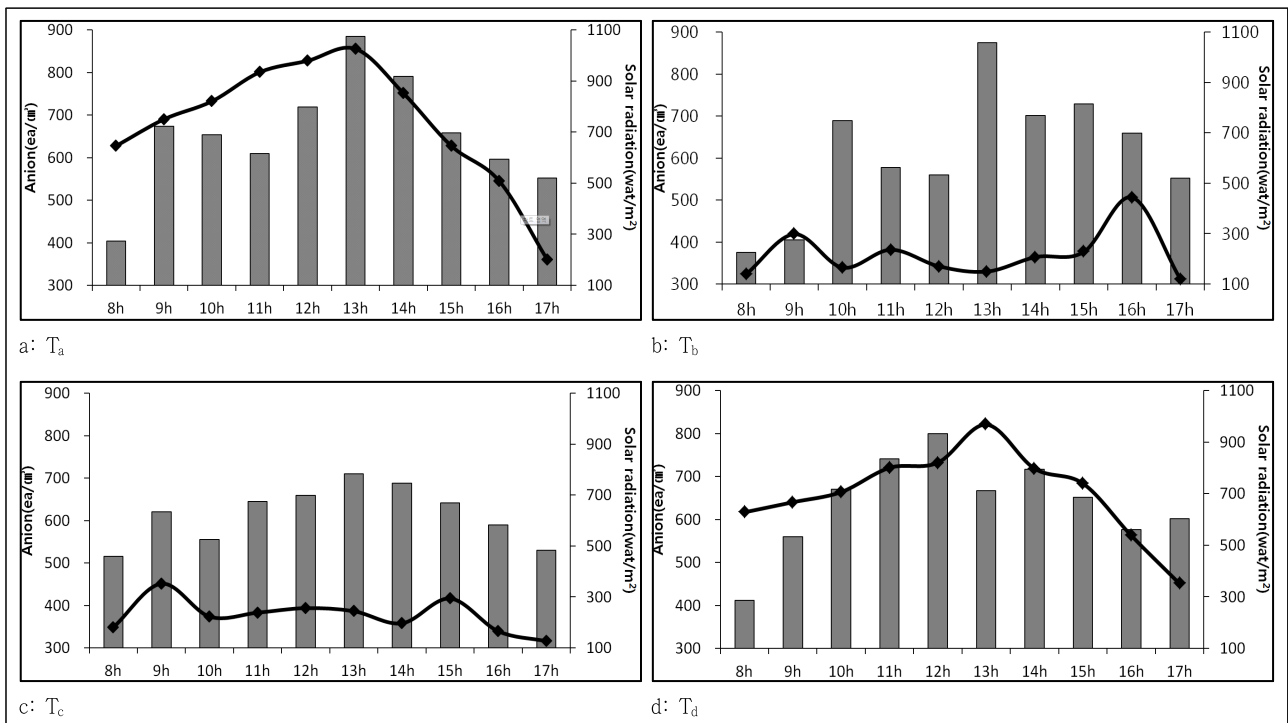


Figure 4. Solar radiation and anions graph in each measure station changes

Legends: ■ Anion ◆ Solar radiation

이에서 측정하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다.

측정지점별 음이온 발생량의 결과, 인간의 건강을 최소한으로 유지하기 위해 필요한 음이온인 400~1,000ea/cm³의 음이온이 있는 것이 바람직한데(Yataikai, 1993; Ji, 2005; Kim *et al.*, 2008; Karjalainen *et al.*, 2010), 측정지점 4개소 모두 인간의 건강을 최소한으로 유지하기에 적합한 음이온이 발생되었다. 선행연구에 의하면 강동구를 대상으로 도시생태 특성별 음이온 분포 결과, 595±229ea/cm³의 음이온 발생량을 나타냈는데(Kim *et al.*, 2012b), 산림 비오톱, 하천 비오톱, 고층주거지 비오톱보다는 상대적으로 적은 양의 음이온이 발생되었으며, 경작지 비오톱, 상업업무지 비오톱, 저층주거지 비오톱, 도로 비오톱보다는 많은 양의 음이온이 발생한 것으로 분석되었다. 또한, 청계천의 음이온 발생량 결과, 수변지점에서 736ea/cm³, 제방지점에서 633ea/cm³, 50m지점에서 593ea/cm³, 100m지점에서 567ea/cm³, 150m지점에서 440ea/cm³, 200m지점에서 543ea/cm³ 등의 순서로 조사된 결과(Kim *et al.*, 2012a)를 바탕으로 본 연구대상지의 단일수목 및 측정지점별 음이온 발생량을 비교해본 결과, 측정지점 4개소 모두 제방지점 수준의 음이온이 발생되고 있는 것으로 조사되었다.

4. 측정지점별 음이온 발생량 변화와 기상과의 상관성 분석

측정지점별 일 평균음이온 발생량은 Figure 5에서와 같으며, T_a지점 654ea/cm³, T_b지점 612.3ea/cm³, T_c지점 615.3ea/cm³, T_d지점 639.4ea/cm³로 나타났으며, 일 최대음이온 발생량은 T_a지점 884.1ea/cm³, T_b지점 874.5ea/cm³, T_c지점 710.2ea/cm³, T_d지점 799.3ea/cm³로 측정되었으며, 일 최소음이온 발생량은 T_a지점 403.4ea/cm³, T_b지점 375.1ea/cm³, T_c지점 515.5ea/cm³, T_d지점 411.4ea/cm³이었다. 일 최대음이온과 일 최소음이온 발생량은 측정지점별 분포 시간이 차이가 있었으나, 일 평균음이온과 일 최대음이온의 발생량은 T_a지점, 일 최소음이온 발생량은 T_c지점이었다.

지점별 음이온 발생량의 표준편차와 표준오차를 산출해본 결과, T_a지점의 표준편차와 표준오차는 각각 131.2, 41.5로 계산되었으며, T_b지점은 각각 150.9, 47.7, T_c지점은 각각 66, 20.9, T_d지점은 각각 109.2, 34.5로 산출되었다. 지점별 표준편차와 표준오차는 T_b지점 > T_a지점 > T_d지점 > T_c지점 순으로 나타났으며, 다른 지점과 달리 일사차폐에 의한 기상요소의 안정화로 인해 T_c지점에서의 표준편차와 표준오차가 가장 적은 것으로 나타남에 따라 수목의 그림자 중앙에 위치시킨 T_c지점에서 안정적인 음이온 발생량을 측정할 수 있는 것으로 분석되었다.

총 4개소에서 측정된 음이온과 기상요소를 종합하여 상관성을 분석해 본 결과 Table 2, 3과 같으며, 음이온과 기온, 일사

량, 상대습도와의 상관성이 검증되었다. 기온과 정(正)의 상관성을 보이며 .000로 유의확률이 분석되었으며, .687의 상관계수로 분석되었다. 상대습도의 경우, 부(負)의 상관관계로 상관계수와 유의확률이 각각 -.557, .000으로 분석되었다. 상관관계가 입증된 기온, 일사량, 상대습도 중에서도 기온과 상대습도가 유의확률 .000으로 높은 상관성을 보였으며, 반면, 측정지점에 영향을 준 그림자 길이와 음이온과의 상관성은 통계적으로 입증되지 않았다. 음이온과 기온의 경우, 기온은 부(負)의 상관관계, 상대습도는 정(正)의 상관관계(Kim *et al.*, 2012)를 나타낸다는 기존연구와 반대의 분석 결과였는데, 이는 동 시간대 여러 측정지점에서 음이온 발생량을 조사한 선행연구와 달리, 본 연구는 기존의 연구와는 달리 한 지점에 식재된 수목의 일간 기상 및 수목의 생리적 특성에 따른 분석 결과로, 광합성이 활발해지는 시간대에 음이온 발생량이 높게 발생한다는 기존연구의 결과 등에 미루어, 일사별 온도가 증가할수록 광합성량의 활발에 의해 음이온 발생량이 증가하기 때문으로 사료되었다. 반면, 더 정밀한 분석을 위해 향후 주변 녹지의 영향을 배제한 연구가 추후 진행되어야 할 것이다.

또한, 측정지점별 음이온과 기상요소의 상관성 분석을 실시해본 결과, T_a지점에서 기온과 유의확률 .026으로 정(正)의 상관관계를 나타냈으며, 일사량, 상대습도와의 상관성이 없는 것으로 분석되었다. T_b지점의 경우, 기온과 상대습도에서 상관관계를 나타냈으며, 유의확률은 각각 .004, .015로 조사되었으며, 상관계수 .819, -.738로 기온과는 정(正)의 상관관계로 분석되었으며, 상대습도와는 부(負)의 상관관계를 나타냈다. 안정적인 음이온 발생량을 측정할 수 있을 것으로 사료되었던 T_c지점에서는 다른 지점들과 달리 풍속과 상관성이 도출되었는데, 상관계수와 유의확률이 각각 .767, .010으로 높은 상관관계로 분석되었다. 일반적으로 풍속은 주변의 미기상을 이동시키는 중요한 요인으로 인식되고 있어 음이온의 발생량에도 큰 영향을 미칠 것으로 사료되지만, 본 연구에서 처럼 T_c지점에서만 유의한 수준에서 분석된 것에 대한 추가적 연구가 진행되어야 할 것이다. 마지막으로 T_d지점에서는 음이온과 기상요소와의 상

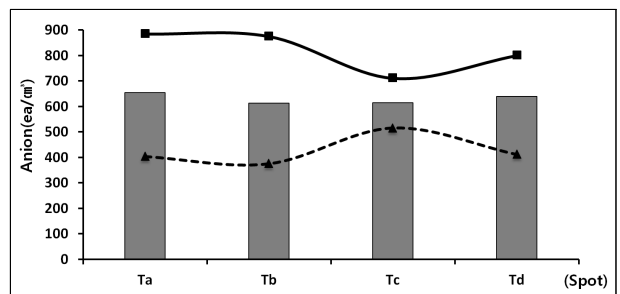


Figure 5. Each measure station anion maximum, minimum, average graph

Legends: ■ Average value ■ Maxium value ▲ Minimum value

Table 2. Correlation between weather and anion of measurement day

Division		Anion	Temperature	Solar rad	Relative humidity	Wind speed
Temperature	C.C	.687**	1			
	<i>P</i> value	.000				
Solar rad	C.C	.332*	.067	1		
	<i>P</i> value	.037	.679			
Relative humidity	C.C	-.557**	-.970**	.034	1	
	<i>P</i> value	.000	.000	.833		
Wind speed	C.C	.172	.449**	-.045	-.486**	1
	<i>P</i> value	.288	.004	.782	.001	

C.C=Coefficient of correlation, **=The correlation of coefficient is significant at the 0.01 level, *=The correlation of coefficient is significant at the 0.05 level.

Table 3. Each measure station of correlation between weather and anion of measurement day

Spot	Division		Anion	Temperature	Solar rad	Relative humidity	Wind speed	
T _a	Temperature	C.C	.695*	1				
		<i>P</i> value	.026					
	Solar rad	C.C	.613	.143	1			
		<i>P</i> value	.060	.694				
	Relative humidity	C.C	-.523	-.967**	.098	1		
		<i>P</i> value	.121	.000	.787			
	Wind speed	C.C	.222	.445	-.287	-.495	1	
		<i>P</i> value	.537	.197	.422	.146		
	T _b	Temperature	C.C	.819**	1			
			<i>P</i> value	.004				
Solar rad		C.C	-.009	.189	1			
		<i>P</i> value	.981	.601				
Relative humidity		C.C	-.738*	-.976**	-.223	1		
		<i>P</i> value	.015	.000	.536			
Wind speed		C.C	.025	.417	.263	-.498	1	
		<i>P</i> value	.945	.231	.462	.143		
T _c		Temperature	C.C	.617	1			
			<i>P</i> value	.058				
	Solar rad	C.C	.476	-.113	1			
		<i>P</i> value	.164	.756				
	Relative humidity	C.C	-.433	-.969**	.233	1		
		<i>P</i> value	.211	.000	.517			
	Wind speed	C.C	.767**	.488	.342	-.356	1	
		<i>P</i> value	.010	.152	.333	.312		
	T _d	Temperature	C.C	.635	1			
			<i>P</i> value	.048				
Solar rad		C.C	.521	.136	1			
		<i>P</i> value	.122	.708				
Relative humidity		C.C	-.505	-.975**	.022	1		
		<i>P</i> value	.136	.000	.951			
Wind speed		C.C	.168	.548	-.474	-.628	1	
		<i>P</i> value	.643	.101	.167	.052		

C.C=Coefficient of correlation, **=The correlation of coefficient is significant at the 0.01 level, *=The correlation of coefficient is significant at the 0.05 level.

관성이 도출되지 않았다. 측정지점별 상관성 분석결과, 지점에 따른 기상 특수성을 고려한 음이온 측정이 이뤄져야 할 것으로 사료되었다.

IV. 결론

본 연구는 단일수목을 중심으로 다양한 측정지점의 변화를 통해 음이온 연구에 있어 정확한 측정지점을 명시하고자 태양 고도의 시간대별 변화에 따라 측정지점의 변화를 주어 측정을 실시하였다. 연구결과에 따르면 단일수목의 음이온 측정 시 시간은 일 평균음이온 발생량보다 높았던 13시에서 15시 사이에 측정하는 것이 바람직한 것으로 사료되었으며, 정확한 음이온의 발생량을 규명하기 위해서는 기상요소가 안정화된 시점에서 측정이 이뤄져야 할 것이며, 지점에 따른 주변환경의 영향을 정확히 파악 후 음이온 측정이 이뤄져야 할 것으로 판단되었다.

반면, 본 연구는 하지일이라는 특수한 시기에 국한되어 있으며, 느티나무에 대한 측정만이 이뤄져 있다. 향후, 계절에 따른 측정지점별 음이온의 변화량 분석을 통한 지속적인 연구가 진행되어야 할 것이며, 수종에 따른 음이온 발생량의 차이 및 피복제에 따른 음이온의 변화와 기상과의 상관관계 연구가 이뤄져야 할 것이다. 또한, 수목의 생리적인 측면을 고려한 음이온 발생량 변화 등 다양한 관점에서 연구가 수행되어야 할 것이다.

References

1. Hopkins, W. G. and N. P. A. Hüner(2006) Plant Physiology, Seoul: World Science.
2. Kim, I. S., D. A. Lee, S. I. Park, H. Ha and S. I. Yang(2014) Distribution of Anions in Valley Area.
3. Ji, C. K.(2003) Effect of Anion. Seoul: Living books.
4. Ji, C. K.(2005) Air pollution and anion. Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 19(3): 3-9.
5. Jo, Y. B.(2010) A Study on the Development of Suitable Locations Evaluation Model and Therapy Type to Therapeutic Forests, Ph. D.

Dissertation, Graduate School, Wonkwang University, Iksan, Korea.

6. Karjalainen, E., T. Sarjala and H. Raitio(2010) Promoting human health through forests: Overview and major challenges. Environmental Health and Preventive Medicine 15(1): 1-8.
7. Kim, H. S.(2003) Ecophysiological Characteristics of Long and Short Shoots in *Zelkova serrata*, Ph. D. Dissertation, Graduate School, Cheongju University, Cheongju, Korea.
8. Kim, J. H., D. K. Oh and Y. H. Yoon(2012a) Anion concentrations of urban regeneration stream through multiple regression analysis: Targeting Cheonggyecheon in Seoul. Seoul Institute 13(3): 36-45.
9. Kim, J. H., D. K. Oh and Y. H. Yoon(2012b) An analysis of anions distribution and correlation by biotope types in summer for pleasant urban environment. Urban Design Institute of Korea 13(1): 51-62.
10. Kim, K. J. and J. S. Lee(2008) Effect of species and volume rate of potted orchid plants put in closed chambers on emission of air anions. Korean Society for Floricultural Science 16(1): 85-92.
11. Kim, K. J., E. H. Yoo, H. W. Seo, S. Y. Jo, J. A. Lee and H. H. Jung (2012) Air anions emission in CAM (crassulacean acid metabolism) and C₃ plants affected by light intensity. Korean Society for People, Plants and Environment 15(4): 281-285.
12. Kim, K. M., H. J. Lim, S. H. Kim, Y. H. Choi, W. S. Shin and B. J. Park(2012) The difference of psychological relaxation effects between natural recreation forest and urban forest. Korea Institute of Forest Recreation Welfare 16(1): 53-58.
13. Kim, K. S.(1988) Agricultural Meteorology. Hyangmunsa.
14. Kim, S. K., W. S. Shin, M. K. Kim, P. S. Yeoun, J. H. Park and R. W. Yoo(2008) The effects of negative ions on stress responses and cognitive functions. Korean Forest Society 97(4): 423-430.
15. Krueger, A. P. and F. J. Reed(2006) Biological impact of small air ions. Science 193(4259): 1209-1213.
16. Lee, J. H. and P. S. Yoon(2003) A study on efficiency and mechanism of removing indoor pollutants used anion generated by indoor plants. Korean Society for People, Plants and Environment 6(4): 81-92.
17. Lee, J. H.(2003) The effect of improving indoor air quality used anion by indoor plants. Korean Institute of Interior 5(1): 89-98.
18. Park, S. H., Y. B. Lee, G. Y. Bae and M. Kondo(1998) Anion evolution in plants and its involved factors. Horticulture, Environment and Biotechnology 39(1): 115-118.
19. 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, Korean Society of Environment and Ecology 24(5): 539-546.
20. Yataikai, H.(1993) The Power of Forest. Tokyo: Gendaishorin.

원 고 접 수 일: 2014년 5월 20일
 심 사 일: 2014년 6월 11일(1차)
 2014년 7월 9일(2차)
 2014년 7월 17일(3차)
 계 재 확 정 일: 2014년 7월 17일
 3 인 의 명 심 사 필