

PLANT & FOREST

Components of phytoncide from a pine forest in the southern temperate zone

Jeong Do Lee¹, Choong Hee Park¹, Da Wou Joung¹, Seung Mo Koo², Bum Jin Park^{1*}

¹Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Agricultural Economics, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: bjpark@cnu.ac.kr

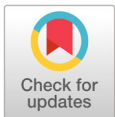
Abstract

This study was conducted to examine the components of phytoncide from a pine forest in the southern temperate zone. Recent studies have found that a large amount of phytoncide is released not only from cypress trees but also from pine trees. Because the amount released is the highest during summer, we selected a warm climate region in the southern temperate zone and measured the concentration in the month of August. To capture the phytoncide from the forest atmosphere, we used the adsorption tube method with a mini pump and successfully gathered 9 L of forest air at a flow rate of 150 mL/min. We performed duplicate sampling from two different tubes installed at the same location and derived the mean value. A gas chromatography/mass spectrometer detector with thermal desorption spectroscopy was utilized to perform quantitative and qualitative analyses of the captured material. The results showed that the average phytoncide particle of the pine forest in the southern temperate zone contained a number of components as follows in descending order: α -Pinene (39%, 0.28 ng/m³), followed by β -Pinene (16%, 0.11 ng/m³), D-Limonene (8%, 0.06 ng/m³), camphor (6%, 0.04 ng/m³), camphene (6%, 0.04 ng/m³), and p-Cymene (5%, 0.04 ng/m³). There were also 13 additional phytoncide components in trace amounts. The results of this study are expected to provide a useful dataset for building a "Healing-forest".

Keywords: forest healing, natural volatile organic compounds (NVOCs), phytoncide, terpene

Introduction

도시화 산업화의 발달은 인구가 도시에 집중하게 되었고 무분별한 개발로 인한 자연 파괴는 사람들을 자연과 단절시켰다. 현대의 도시화에 따른 인구집중 현상은 바이러스, 질병, 전염 등을 비롯하여 마약중독, 특수 범죄, 정신병, 공황장애와 실업, 빈곤, 가정 갈등, 청소년 탈선, 도시형 범죄 등의 사회적 문제와 각종 공해, 재해, 사고 등 환경적 문제의 병리 현상이 발생하게 되었다(Hahn, 1994). 유아기부터 성인에 이르기까지 사람들은 이런 위험에 노출되어 있으며 도시에서의 삶을 살아가면서 항상 불안과 스트레스에 시달리고 있다. 이런 문제는 사람들의 삶의 질을 저하하고 있으며 극도의 불안과 우울증, 스트레스에 몰려 OECD 자살률 1위 국가라는 오명을 낳았다(OECD, 2011). 우울증· 자살로



OPEN ACCESS

Citation: JD Lee, CH Park, DW Joung, SM Koo, BJ Park. 2018. Components of phytoncide from a pine forest in the southern temperate zone. Korean Journal of Agricultural Science. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180073>

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180073>

Received: January 04, 2018

Revised: September 07, 2018

Accepted: September 27, 2018

Copyright: © 2019 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인한 사회. 경제적 손실도 연간 10조 3826억 원으로 추정된다(NHIS, 2013). 그러나 최근 생활 수준의 향상 및 주 5일제 근무 등으로 인하여 다양한 여가 문화가 창출되면서, 삶의 질에 대한 가치관이 건강과 행복을 동시에 추구하는 사회적 핵심 가치의 형태로 변화하고 있다. 이러한 사회적 여건의 변화는 웰빙(well-being), 로하스(lohas), 올로(you only live once), 워라벨(work and life balance) 등과 같은 신조어가 생겨났고 만성·환경성 질환 등의 생활습관병에서 벗어나기 위한 치유적 삶과 관련된 생활을 만들어 내게 되었다. 이런 변화에 따라 신체적, 정신적으로 안정적인 상태를 고려한 자연환경에 대한 필요성이 높아지고 있다(Kim, 2014). 건강에 대한 관심이 치료에서 예방 및 삶의 질 향상으로 이동하는 의식구조로 변화하면서 산림 및 도시 숲을 치유를 목적으로 하는 공간으로 활용하려는 연구가 증가하고 있다(Park et al., 2014; Joung et al., 2015; Kim et al., 2015; Kim et al., 2016; Kim et al., 2017). 특히 산림 내 치유인자인 피톤치드의 관심이 높아 집에 따라 산림청에서도 이런 요구와 국민의 삶의 질 개선을 위해 치유의 숲, 자연휴양림 등을 더 조성하기 위하여 노력하고 있다.

도시의 새집, 새차 등 화학적 재료를 사용하여 인공적으로 만들어진 공간에서 많이 발생하는 인위적 휘발성유기화합물(anthropogenic volatile organic compound, AVOC)와 대비되는 자연적 휘발성 유기화합물(natural volatile organic compound, NVOC)은 산림이 우거진 숲속의 나무에서 주로 발산하는데 공기 중의 먼지와 박테리아를 감소시키고, 걱정감과 우울감이 줄어들며, 혈액순환과 혈압 유지를 도와준다고 하였다(Kawakami et al., 2004).

이런 NVOC는 피톤치드(Phytoncide)라는 용어로 대중적으로 널리 알려져 있다. 일반적으로 편백나무림에서 피톤치드가 많이 배출되는 것으로 알려져 있으나 최근 연구자료에 의하면 온대 북부지역의 소나무림에서도 피톤치드의 발생량이 많이 배출된다는 연구가 발표됨에 따라 소나무림에 대한 가치가 재평가되고 있다(Kim, 2017). 하지만 온대 북부 소나무림의 피톤치드 연구에 비해 상대적으로 온대 남부 소나무림의 피톤치드에 대한 가치평가 연구는 부족한 실정이다. 이에 온대 남부 대상지의 소나무림 피톤치드 구성성분과 농도를 확인하여 산림청이 고시한 치유의 숲 타당성 평가 기준과 의학적 효과로 알려진 피톤치드 성분을 확인함으로써 가치를 가늠해 보고자 한다.

Materials and Methods

연구대상지

본 연구 조사대상지는 행정구역상 전라남도 무안군 무안읍에 위치하고 있으며, 무안군에서 관리하는 물맞이 산림욕장 일대로 주요 수종은 소나무와 리기다소나무로 조림되어 있다. 주변의 피톤치드 농도 측정을 위해 3개의 site를 선정하였고 A site는 위도 34°58'3.65"N, 경도 126°28'28.35"E이며 리기다소나무 단순 조림지로서 평균영급은 4영급이다. 주변 특색으로는 수계가 있어 주변에 저수지와 사방댐이 있다. B site는 위도 34°58'16.80"N, 경도 126°28'39.69"E이며 단순 소나무 조림지로서 평균 영급은 4영급이다. 주변 특색으로는 수계가 있어 폭포수와 사방댐이 있다. C site는 위도 34°58'18.90"N, 경도 126°28'23.55"E이며 단순 소나무 조림지로서 평균 영급은 4영급이다. 대상지 Site 선정기준은 수종과 주변 환경으로 차이를 두었다(Fig. 1).

본 연구는 온대 남부 소나무림의 피톤치드 구성성분 특성에 관한 연구로 측정구역의 소나무림은 단일수종으로 이루어진 인공 조림지로서 평균 4영급이며 대상지는 풍부한 수계와 산림자원이 존재하며 강도의 숲 가꾸기가 이루어져 있다. 측정 위치는 등산로로부터 약 30 m 떨어진 위치에서 조사하였다. 일반적으로 균락식재 모델인 자연식생 균락이 생태적으로 유지되는 최소면적이 100 - 500 m²이므로 본 연구에서는 연구대상지에 방형구법(quadrat method)을 사용하여 20 m × 20 m (400 m²) 방형구 1개를 설정하여 조사를 시행하였다.

측정인자

휘발성유기화합물(volatile organic compound, VOC)이란 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발하는 액체 또는 기체상 유기화합물의 총칭을 말한다. 도시 대기 중에 존재하는 AVOC는 대부분 산업시설 또는 자동차로부터 배출되며, 인체에 축적되어 심각한 악영향을 나타낸다. 그와 반대로 NVOC는 숲에서 수목이 해충이나 병균으로부터 자신을 보호하기 위해 내뿜는 자연 항균 물질로 일반적으로 피톤치드(phytoncide)라는 용어로 널리 알려져 있다(Kim, 2014). 피톤치드를 구성하는 물질의 의학적 효과에 대해서는 (Kim, 2014)의 문헌 조사를 통하여 각각의 물질별로 정리하여 제시하였다(Table 1).

입지특성 및 식생현황

조사지인 무안 달맞이 산림욕장의 해발고도는 최저 45 m, 최고 292 m로 약 247 m의 표고 차가 있으며 100 - 200 m의 표고가 전체의 53%를 차지한다. 사면 경사는 15° 이하 경사지에 속하고 산림토양은 갈색 건조토이다. 주요 수종인 소나무와 리기다소나무의 영급은 4영급으로 전체면적의 58%를 이루고 있다. 주변의 주요 식생으로는 쇠고비, 가지고비고사리, 말오줌때, 나도밤나무, 사다리고사리, 푸조나무, 예덕나무, 송악, 홍지네고사리, 개구리발톱, 꿩의 바람꽃, 보리밥나무, 나도물통이, 상산, 올피불나무, 자금우, 비자나무, 개족도리풀, 반디지치, 정금나무, 사스레피나무, 굴참나무, 털마삭줄 등이 나타났다(Fig. 2)

측정방법

본 실험은 8월에 측정되었으며 오후 2-3시까지 1시간 동안 1분 간격으로 측정하였다. 산림 내 대기중의 피톤치드를 포집하기 위하여 흡착관법을 사용하였으며, 측정 시작 48시간 전에 흡착관 내의 불순물을 제거하는 전처리과정(tube conditioning)을 거친 후 사용하였다. 흡착관은 흡착제의 열적 안정성을 고려하여 Tenax-TA와 Carbotrap 2B를 조합한 stainless steel 소재의 튜브(Markers™, USA)를 사용하였다. 포집 장치는 미니 펌프(MP-Σ30KN, SIBATATM, Japan)를 사용하였으며 사용 전 flow meter를 사용하여 불규칙한 유속에 의한 흡입량 오차를 보정하였다. 미니 펌프는 삼각대를 이용하여 바닥 면으로부터 1.5 m의 높이에 수평이 맞도록 설치하였으며, 측정 중 불특정 요인에 의한 흔들림의 발생은 펌프 내 유속부하가 발생할 수 있으므로 삼각대 하부에 spike를 장착하였다. 흡착관을 설치하는 과정에 접촉에 의한 인위적 오차가 발생하지 않도록 측정자는 24시간 전부터 방향성 물질이 함유된 제품의 사용을 하지 않았으며, 측정 시 냄새가 잘 묻지 않는 폴리에틸렌 소재의 일회용 장갑과 실험용 마스크를 착용하였다.

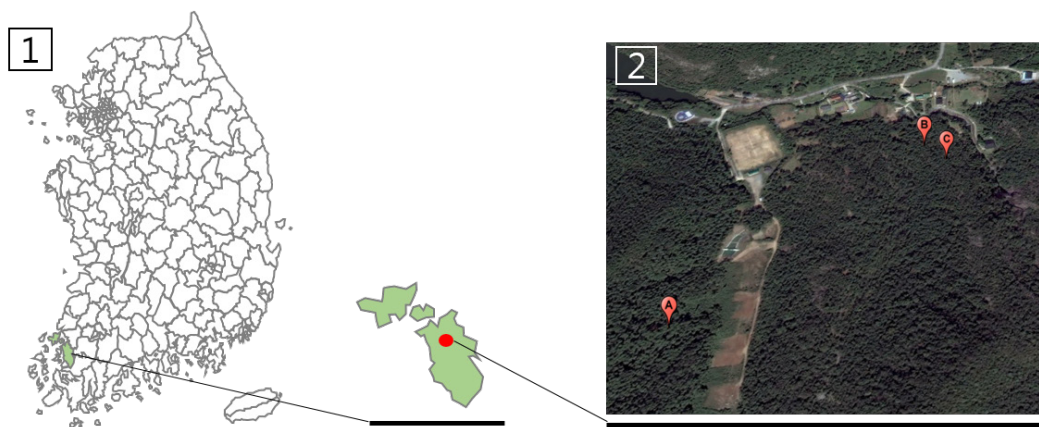


Fig. 1. 1: Jeollabuk-do Muan-gun Muan-eup map, 2: A satellite picture. A: *Pinus rigida* Mill., B and C: *Pinus densiflora*.

Table 1. Literature of analyte result.

No.	Analysis item	Effectiveness	References
1	α -phellandrene	antioxidation, insecticidal effect	El-Nekeety et al., 2011
2	α -Pinene	skin protection, anticancer, antibacterial effect, stress reduction, insecticidal effect, antidepressant effect, sound sleep, antioxidation, muscular relaxation	Lima et al., 2010; Alisson et al., 2011
3	β -Pinene	antibacterial effect, antidepressant effect	Gavrilov et al., 2010
4	α -Terpinene	antimutagenic effect, antibacterial effect	Evandri et al., 2005
5	γ -Terpinene	antibacterial effect, antioxidation	Choi et al., 2000
6	Camphene	lowering cholesterol	Vallianou et al., 2011
7	Camphor	anticancer	Nikolic et al., 2011
8	Cineol	antibacterial effect, anticancer, immunity	Uwe et al., 2004
9	δ -3-Carene	skin protection	Lastbom et al., 2003
10	Bornyl acetate	stress reduction	Kawakami et al., 2004
11	α -Terpineol	stress reduction, periodontitis treatment, antibacterial effect	Park et al., 2012
12	Terpinolene	anticancer	Okumura et al., 2012
13	Myrcene	anticancer, antibacterial effect, improving liver function, stress reduction, immunity	Ciftci et al., 2011
14	p-cymene	antibacterial effect, anti-inflammatory effect, insecticidal effect	Kordali et al., 2008
15	Linalool	antioxidation, anti-inflammatory effect, antibacterial effect, anti-allergic effect	Usta et al., 2009
16	Limonene	anticancer, oncogene blocking, antibacterial effect, stability, anti-inflammatory effect, immunity, alleviating breast cancer	Fukumoto et al., 2006; Gould, 1997; Dietrich and Swenberg, 1991
17	α -Caryophyllene	anticancer, anti-inflammatory effect, antibacterial effect, anti-allergic effect	Rogério et al., 2009; Legault and Pichette, 2007
18	β -Caryophyllene	antimutagenic effect, anti-inflammatory effect, antibacterial effect, anti-allergic effect	Kim et al., 2008
19	Cedrol	relieving stress, stability	Umeno et al., 2007

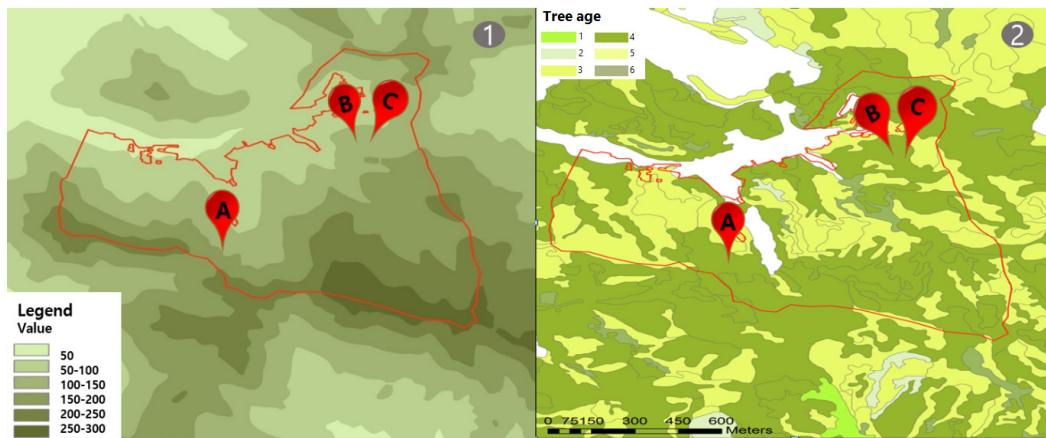


Fig. 2. 1: Altitude analysis, 2: Tree of overstory age of tree. Difference in altitude is about 247 m, 45 m the lowest and 292 m the highest, and an altitude of 100 - 200 m takes up 53% of the total. The age class is class 4, which takes up 58% of the total area. 1 - 6, Tree age (1 = 10 years).

피톤치드 흡입 총 유량은 150 mL/min로 9 L를 포집하였다(Kim, 2014). 동일한 지점에 두 개의 흡착관(duplicate sampling, 중복포집)을 포집하여 평균값을 환산하였으며, 포집이 끝난 흡착관은 PTFE 소재의 바이알에 넣었으며, 외부오염을 막기 위해서 para film을 사용하여 이중 밀봉을 하였다. 밀봉한 흡착관은 휴대용 쿨러에 넣어 4°C이하의 온도를 유지하였으며 24시

간 이내 운반하여 분석하였다. 현장에서 포집된 물질을 분석하기 위하여, 자동열탈착장치(Gerstel TDS, Gerstel, Germany)가 장착된 가스크로마토그래피/질량분석기(GC/MSD, 7890N-5975, Agilent, USA)로 정량 및 정성 분석하였다. 흡착관에 흡착된 대상 물질은 열 탈착기에서 고순도 헬륨기체를 1 mL/min의 유속으로 주입하여 210°C에서 3분간 1차 열 탈착하고 -30°C로 유지되는 저온농축관에서 농축한 후 220°C로 3분간 2차 열탈착을 통하여 가스크로마토그래피(GC)로 주입되어 모세관컬럼(MSD)으로 검출하였다. 2차 열탈착 후 GC로 연결되는 transfer line을 210°C로 유지하여 이동 간 물질의 손실이 생기지 않도록 하였다(Table 2).

기상환경측정

대상지의 온도, 습도, 풍속, 이슬점, 흑구온도, 조도를 14시부터 15시까지 매 1분 간격으로 휴대용 다기능 계측기(Poly MI 6401, METREL, Slovenia)에 연속적으로 저장되도록 설정하였다(Tabel 3).

설정된 계측기는 미니 펌프 주변 1 m 내외로 삼각대를 이용하여 수평을 맞추어 1.5 m의 높이로 설치하였다. 디지털화된 측정 결과를 저장한 후에 변환하여 분석에 이용하였다. 기상환경 분석은 SensorLink PRO 프로그램(METREL, Slovenia)을 사용하였고, 측정의 오차를 줄이기 위하여 측정 전·후 5분의 데이터는 제외하고 분석하였다(Fig. 3).

Table 2. GC/MS operating parameters for phytoncide.

Parameter	Condition				
Column	HP-INNOWAX (60 m × 0.25 mm I.D. ^z × 0.25 μm, film thickness)				
Carrier Gas flow	He at 1 mL/min.				
Injection mode	Pulsed Splitless				
Injection port temp.	210°C				
Transferline temp.	210°C				
Oven temp. program	Initial (°C)	Initial (min)	Rate (°C/min)	Final (°C)	Final (min)
	40	3	8	220	3
Post run	220°C, 5 min				

^z Column thickness

Table3. Meteorological environment measurement.

Microclimate	Site		
	A	B	C
Air temp (°C)	23.7	24.8	22.5
Rel. hum (%)	54.0	50.8	57.5
Dew point (°C)	13.8	13.9	13.7
Air veloc (m/s)	0.6	0.2	0.7
Vol. flow (m ³ /h)	82.7	25.3	97.0
Globe temp (°C)	26.8	27.9	24.4
Lux (lux)	5846.5	8042.3	5312.2

Average measured at 1 minute intervals from 14 to 15.



Fig. 3. PolyMI6401,METREL,Slovenia, MP- Σ 30KN,SIBATA™ , Japan.

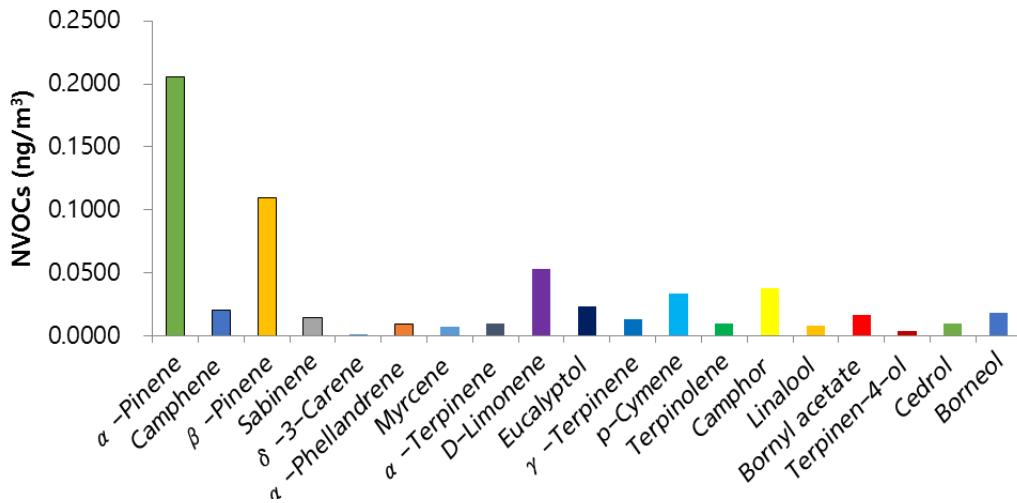


Fig. 4. A site *Pinus rigida* Mill. phytoncide concentration characteristic. NVOCs, natural volatile organic compounds.

Results and Discussion

A site 피톤치드 농도 특성

A site의 연구대상지 피톤치드 주요구성성분은 α-Pinene 34% (0.21 ng/m³), β-Pinene 18% (0.11 ng/m³), D-Limonene 9% (0.05 ng/m³), p-Cymene 6% (0.04 ng/m³), Camphor 6% (0.04 ng/m³)의 비율로 검출되었고 그 외 Camphene 3% (0.02 ng/m³), Sabinene 2% (0.01 ng/m³), δ-3-Carene 0.3% (0.002 ng/m³), α-Phellandrene 2% (0.01 ng/m³), Myrcene 1% (0.01 ng/m³), α-Terpinene 2% (0.01 ng/m³), Eucalyptol 4% (0.02 ng/m³), γ-Terpinene 2% (0.01 ng/m³), Terpinolene 2% (0.01 ng/m³), Linalool 1% (0.01 ng/m³), Bornyl acetate 3% (0.02 ng/m³), Terpinen-4-ol 1% (0.003 ng/m³), Cedrol 2% (0.01 ng/m³), Borneol 3% (0.02 ng/m³)등 총 19종의 물질이 검출되었다(Fig. 4).

B site 피톤치드 농도 특성

B site의 연구대상지 피톤치드 주요구성성분은 α -Pinene 37% (0.2 ng/m³), β -Pinene 13% (0.07 ng/m³), D-Limonene 9% (0.05 ng/m³), Camphor 8% (0.05 ng/m³), p-Cymene 7% (0.04 ng/m³)의 비율로 검출되었고 그 외 Camphene 5% (0.03 ng/m³), Sabinene 1% (0.006 ng/m³), δ -3-Carene 0.2% (0.001 ng/m³), α -Phellandrene 2% (0.01 ng/m³), Myrcene 1% (0.006 ng/m³), α -Terpinene 1% (0.008 ng/m³), Eucalyptol 4% (0.02 ng/m³), γ -Terpinene 2% (0.01 ng/m³), Terpinolene 2% (0.01 ng/m³), Linalool 1% (0.008 ng/m³), Bornyl acetate 2% (0.009 ng/m³), Terpinen-4-ol 0.4% (0.002 ng/m³), Cedrol 1% (0.008 ng/m³), Borneol 3% (0.02 ng/m³) 등 총 19종의 물질이 검출되었다(Fig. 5).

C site 피톤치드 농도 특성

C site의 연구대상지 피톤치드 주요구성성분은 α -Pinene 44% (0.42 ng/m³), β -Pinene 16% (0.15 ng/m³), Camphene 7% (0.07 ng/m³), D-Limonene 7% (0.06 ng/m³), Camphor 5% (0.05 ng/m³)의 비율로 검출되었고 그 외 Sabinene 0.5% (0.004 ng/m³), δ -3-Carene 0.1% (0.001 ng/m³), α -Phellandrene 1% (0.01 ng/m³), Myrcene 1% (0.005 ng/m³), α -Terpinene 1% (0.009 ng/m³), Eucalyptol 3% (0.03 ng/m³), γ -Terpinene 2% (0.02 ng/m³), p-Cymene 4% (0.04 ng/m³), Terpinolene 2% (0.02 ng/m³), Linalool 1% (0.008 ng/m³), Bornyl acetate 2% (0.02 ng/m³), Terpinen-4-ol 0.3% (0.002 ng/m³), Cedrol 1% (0.008 ng/m³), Borneol 3% (0.024 ng/m³) 등 총 19종의 물질이 검출되었다(Fig. 6).

성분별 평균 피톤치드 농도 특성

세 연구대상지의 평균 피톤치드 구성성분은 α -Pinene 39% (0.28 ng/m³), β -Pinene 16% (0.11 ng/m³), D-Limonene 8% (0.06 ng/m³), Camphor 6% (0.04 ng/m³), Camphene 6% (0.04 ng/m³), p-Cymene 5% (0.04 ng/m³), Borneol 3% (0.02 ng/m³), Eucalyptol 3% (0.02 ng/m³), γ -Terpinene 2% (0.01 ng/m³), Terpinolene 2% (0.01 ng/m³), Bornyl acetate 2% (0.01 ng/m³), Sabinene 1% (0.008 ng/m³), α -Phellandrene 1% (0.01 ng/m³), Myrcene 1% (0.006 ng/m³), α -Terpinene 1% (0.009 ng/m³), Linalool 1% (0.008 ng/m³), Cedrol 1% (0.008 ng/m³), Terpinen-4-ol 0.4% (0.003 ng/m³), δ -3-Carene 0.2% (0.001 ng/m³) 등 총 19종의 평균값이 확인되었다(Table 4).

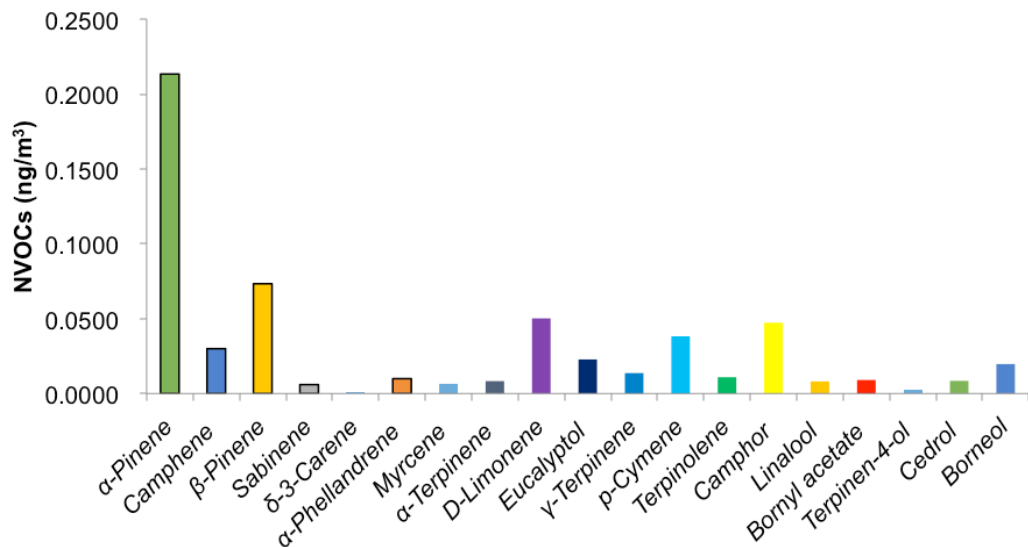


Fig. 5. B site *Pinus densiflora*. Phytoncide Concentration Characteristic. NVOCs, natural volatile organic compounds.

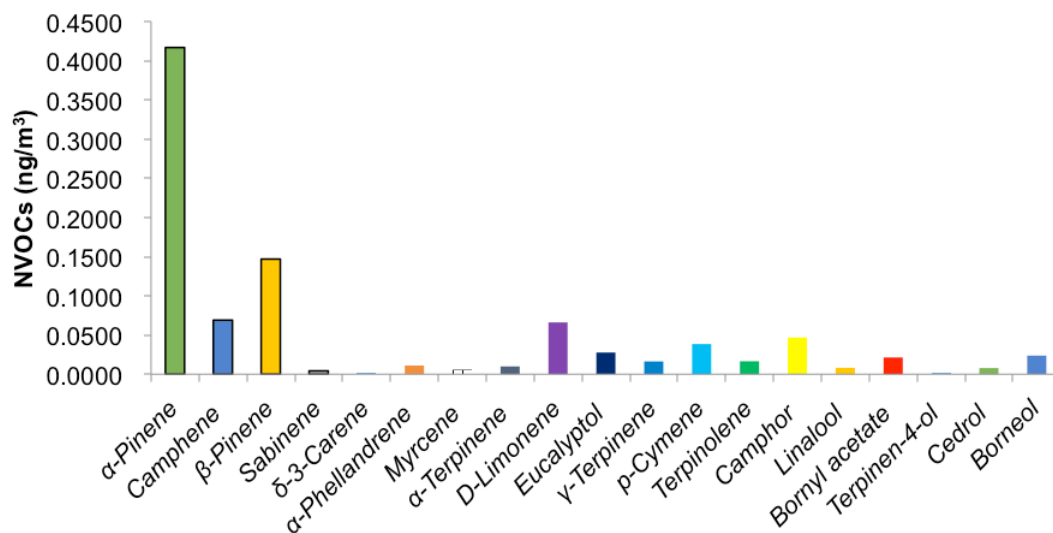


Fig. 6. C site *Pinus densiflora*. Phytoncide Concentration Characteristic. NVOCs, natural volatile organic compounds.

Table 4. Construction ingredient average phytoncide concentration characteristic (ng/m³).

Construction ingredient	Site A ^x	Site B ^y	Site C ^z	Average
α-Pinene	0.2057	0.2134	0.4169	0.2786
Camphene	0.0207	0.0299	0.0690	0.0399
β-Pinene	0.1098	0.0733	0.1469	0.1100
Sabinene	0.0146	0.0060	0.0043	0.0083
δ-3-Carene	0.0016	0.0012	0.0012	0.0013
α-Phellandrene	0.0094	0.0100	0.0111	0.0101
Myrcene	0.0074	0.0065	0.0057	0.0065
α-Terpinene	0.0101	0.0083	0.0099	0.0095
D-Limonene	0.0528	0.0502	0.0661	0.0564
Eucalyptol	0.0238	0.0228	0.0277	0.0247
γ-Terpinene	0.0130	0.0137	0.0163	0.0143
p-Cymene	0.0333	0.0382	0.0385	0.0367
Terpinolene	0.0097	0.0109	0.0166	0.0124
Camphor	0.0377	0.0474	0.0468	0.0440
Linalool	0.0079	0.0081	0.0081	0.0080
Bornyl acetate	0.0162	0.0091	0.0213	0.0155
Terpinen-4-ol	0.0035	0.0025	0.0025	0.0028
Cedrol	0.0098	0.0085	0.0079	0.0087
Borneol	0.0180	0.0197	0.0237	0.0205

^x *Pinus rigida* Mill.

^y *Pinus densiflora*.

^z *Pinus densiflora*.

Conclusion

본 연구에서는 치유의 숲 조성단지 내에 3개의 조사구를 선정하여 측정 하였다. 총 23개의 피톤치드 성분이 검출 되었고 그 중 19개의 의학적 효능이 있는 성분에 대해 정리 하였다. 온대남부 소나무림의 19개 평균 피톤치드를 구성 성분별로 비교 해본 결과 대표적으로 α -Pinene 39% (0.28ng/m³), β -Pinene 16% (0.11 ng/m³), D-Limonene 8% (0.06 ng/m³), Camphor 6% (0.04 ng/m³), Camphene 6% (0.04 ng/m³), p-Cymene 5% (0.04 ng/m³) 등의 순서로 비율을 이루고 있는 것으로 확인되었고 그 외 미량의 피톤치드가 13종이 더 검출되었다. 검출된 주요 성분별 인체에 미치는 의학적 효능을 살펴보면 α -Pinene는 피부보호, 항암, 항균, 스트레스 감소, 살충, 항우울증, 숙면, 항산화, 근육 완화의 효능이 있으며 β -Pinene은 항균, 항우울증. D-Limonene은 항암, 암 종양 촉진 유전자 차단, 항균, 안정, 항염, 면역, 지방암 개선에 Camphor은 항암, Camphene은 콜레스테롤 감소, p-Cymene은 항균, 항염, 살충의 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kim, 2014). 또한 산림청에서 고시한 치유의 숲 타당성 평가 조사서 항목인 피톤치드 농도와 비교해 보았을 때 A site 지역은 4.20 ppt/day, B site 지역은 4.30 ppt/day, C site 지역은 5.04 ppt/day로 측정되었다. 이는 5 score로 최고 점수에 해당하는 수치이다(Table 5).

대상지에 차이를 두고 세 군데로 나눠 측정하였으나 세 군데 모두 피톤치드 발생량이 적정하게 발생하는 것을 보아 온대 남부 대상지의 피톤치드 발생량은 큰 차이 없이 적정수준으로 발생함을 알 수 있다. 또한 산림청이 고시한 치유의 숲 타당성 평가기준표에서 산림환경 부분이 대상지로서 우수한 위치에 있기 때문에 가치적으로 높다고 하겠다. 이 연구 결과를 통해 온대 남부 소나무림의 의학적 효과가 있는 성분들이 검출되었다는 것과 피톤치드 발생량이 매우 높다는 것이 확인되었다. 온대 남부 소나무림에서 다량의 의학적 효능이 있는 피톤치드 성분이 검출되었다는 점에서 의미가 있다고 생각하며 앞으로 의 연구에서는 수종, 잎 면적, 토양특성, 바이오매스, 지형적 특성 등 다양한 물리적 요인들을 고려하여 모델을 보완할 필요가 있다고 판단된다.

본 연구에서 얻어진 자료들은 향후 온대 남부지역의 치유의 숲 선정 및 조성에 있어서 피톤치드 농도 분석 시 기초자료로 활용될 것으로 기대하며 숲 환경에 대한 과학적인 근거를 제시함으로써 국민들의 건강증진과 여가활동에 유익한 정보로 활용될 수 있을 것이다.

Table 5. Healing forest feasibility assessment investigation.

Items	Assessment Score				
	1	2	3	4	5
Phytoncide concentration (ppt/day)	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 3.0

Acknowledgements

이 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음

Authors Information

Jeong Do Lee, <https://orcid.org/0000-0002-3207-5>

Bum Jin Park, <https://orcid.org/0000-0003-2888-287X>

Da Wou Joung, Chungnam National University, Postdoctoral researcher

Choong Hee Park, Chungnam National University, Master

Seung Mo Koo, Chungnam National University, Master

References

- Alisson LM, Carlos RF, Denise CA, Felipe VP, Jorge ABS, Mariana HM, Luiz RT, Patricia S, Joao HGL. 2011. A-Pinene isolated from *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) induces apoptosis and confers antimetastatic protection in a melanoma model. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 411:449-454.
- Choi HS, Song HS, Ukeda H, Sawamura M. 2000. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: Detection using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:4156-4161.
- Ciftci O, Tanyildizi S, Godekmerdan A. 2011. Curcumin, myrcen and cineol modulate the percentage of lymphocyte subsets altered by 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxins(TCDD) in rats. *Human & experimental toxicology* 30:1986-1994.
- Dietrich DR, Swenberg JA. 1991. The presence of a 2u-globulin is necessary for d-limonene promotion of male rat kidney tumors. *Cancer research* 51:3512-3521.
- El-Nekeety AA, Mohamed SR, Hathout AS, Hassan NS, Aly SE, Abdel-Wahhab MA. 2011. Antioxidant properties of *Thymus vulgaris* oil against aflatoxin-Induce oxidative stress in male rats. *Toxicol* 57:984-991.
- Evandri MG, Battinelli L, Daniele C, Mastrangelo S, Bolle P, Mazzanti G. 2005. The antimutagenic activity of *Lavandula angustifolia* (lavender) essential oil in the bacterial reverse mutation assay. *Food and chemical toxicology* 43:1381-1387.
- Fukumoto S, Sawasaki E, Okuyama S, Miyake Y, Yokogoshi H. 2006. Flavor components of monoterpenes in citrus essential oils enhance the release of monoamines from rat brain slices. *Nutritional neuroscience* 9:73-80.
- Gavrilov VV, Startseva VA, Nikitina LE, Lodochnikova OA, Gnezdilov OI, Lisovskaya SA, Glushko NI, Klimovitski EN. 2010. Synthesis and antifungal activity of sulfides, sulfoxides, and sulfones based on (1S)-(-)-b-Pinene. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 44:126-129.
- Gould MN. 1997. Cancer chemoprevention and therapy by monoterpenes. *Environmental Health Perspectives* 105(Supp14):977-979.
- Hahn DW. 1994. A survey of important social problems in Korean society. *The Korean Journal of Culture and Social Issues* 1:20-53. [in Korean]
- Joung DW, Kim GW, Choi Y, Lim H, Park S, Woo JM, Park BJ. 2015. The prefrontal cortex activity and psychological effects of viewing forest landscapes in autumn season. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12:7235-7243. [in Korean]
- Kawakami K, Kawamoto M, Nomura M, Otani H, Nabiki T, Gonda T. 2004. Effects of phytoncides on blood pressure under restraints stress in SHRSP. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 31:S27-S28.
- Kim GW. 2014. Relationship between seasonal NVOC concentration and physical environment in *Pinus densiflora* forest. M.S. dissertation, Chungnam National Univ., Daejeon, Korea.

- Kim GW. 2017. Development of a prediction model for NVOCS concentration with changing microclimate in major forest types in Korea. Ph. D. dissertation, Chungnam National Univ., Daejeon, Korea.
- Kim G, Park BJ, Joung DW, Yeom G, Koga S. 2015. Primary concentration measurements of natural volatile organic compounds in atmosphere using the headspace solid-phase microextraction method within the forest. *Journal of the Faculty of Agriculture* 60:471-476.
- Kim GW, Park BJ, Yeon PS, Lee S, Joung DW, Park C, Koga S. 2016. Case study on the changes in the physical environment in forest healing spaces. *Journal of the Faculty of Agriculture* 61:375-381.
- Kim GW, Park CH, Lee SG, Joung DW, Lee JD, Park BJ. 2017. Estimation of NVOCs concentration with changing climate conditions in *Pinus densiflora* forest. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation* 21:11-21. [in Korean]
- Kim YS, Park SJ, Lee EJ, Lee SM, Ryu CH, Kim GS, Kim JO, Hay L. 2008. Antibacterial compounds from rose bengal-sensitized photooxidation of β -caryophyllene. *Journal of Food Science* 73:C541-C545.
- Kordali S, Cakir A, Ozer H, Cakmakci R, Kesdek M, Mete E. 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresource Technology* 99:8788-8795.
- Lastbom L, Boman A, Johnsson S, Camner P, Ryrfeldt A. 2003. Increased airway responsiveness of a common fragrance component, 3-carene, after skin sensitisation-a study in isolated guinea pig lungs. *Toxicology letters* 145:189-196.
- Legault J, Pichette A. 2007. Potentiating effect of β caryophyllene on anticancer activity of a humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 59:1643-1647.
- Lima FJB, Brito TS, Freire WB, Costa RC, Linhares MI, Sousa FC, Lahlou S, Leal-Cardoso JH, Santos AA, Magalhaes PJ. 2010. The essential oil of *Eucalyptus tereticornis*, and its constituents α - and β -Pinene, potentiate acetylcholine-induced contractions in isolated rat trachea. *Fitoterapia* 81:649-655.
- NHIS (National Health Insurance Service). 2013. Analysis of socioeconomic impact on mental health and management plan: Focused on depression. NHIS, Wonju, Korea. [in Korean]
- Nikolic B, Mitic-Culafic D, Vukovic-Gacic B, Knezevic-Vukcevic J. 2011. Modulation of genotoxicity and DNA repair by plant monoterpenes camphor, eucalyptol and thujone in *Escherichia coli* and mammalian cells. *Food and chemical toxicology* 49:2035-2045.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2011. Making mental health count. Accessed in <https://www.oecd.org/els/health-systems/MMHC-Country-Press-Note-Korea.pdf> on 17 November 2017.
- Okumura N, Yoshida H, Nishimura Y, Kitagishi Y, Matsuda S. 2012. Terpinolene, a component of herbal sage, downregulates Akt1 expression in K562 cells. *Oncology letters* 3:321-324.
- Park BJ, Ka JN, Lee M, Kim S, Park MW, Choi Y, Joung DW, Kwon CWC, Yeom DG, Park S, Lee J, Kim G. 2014. Physiological effects of walking and viewing on human at a urban arboretums. *Journal of Korean Forest Society* 103:664-669. [in Korean]
- Park SN, Lim YK, Freire MO, Cho E, Jin D, Kook JK. 2012. Antimicrobial effect of linalool and α -terpineol

against periodontopathic and cariogenic bacteria. *Anaerobe* 18:369-372.

- Rogério AP, Andrade EL, Leite DF, Figueiredo CP, Calixto JB. 2009. Preventive and therapeutic anti-inflammatory properties of the sesquiterpene α -humulene in experimental airways allergic inflammation. *British journal of pharmacology* 158:1074-1087.
- Umeno K, Hori E, Tsubota M, Shojaku H, Miwa T, Nagashima Y, Yada Y, Suzuki T, Ono T, Nishijo H. 2007. Effects of direct cedrol inhalation into the lower airway on autonomic nervous activity in totally laryngectomized subjects. *British Journal of Clinical Pharmacology* 65:188-196.
- Usta J, Kreydiyyeh S, Knio K, Barnabe P, Bou-Moughlabay Y, Dagher S. 2009. Linalool decreases HepG2 viability by inhibiting mitochondrial complexes 1 and 2, increasing reactive oxygen species and decreasing ATP and GSH levels. *Chemico-biological interactions* 180:39-46.
- Uwe RJ, Engelen T, Racke K, Stober M, Gillissen A, Vetter H. 2004. Inhibitory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) on cytokine production in cultured human lymphocytes and monocytes. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics* 17:281-287.
- Vallianou I, Peroulis N, Pantazis P, Hadzopoulou-Cladaras M. 2011. Camphene, a plant-derived monoterpene, reduces plasma cholesterol and triglycerides in hyperlipidemic rats independently of HMG-CoA reductase activity. *PLoS ONE* 6:1-11.