

# 2017년 도시숲 피톤치드류 실태조사

## I 개요

### □ 조사목적

- 도시의 허파기능을 담당하는 “도시숲”을 대상으로 피톤치드 등 생리활성 물질 조사를 통해 가까운 숲의 긍정적인 정보를 제시함으로써 시민이 행복한 도시 조성에 기여하고자 함

### □ 조사개요

- 조사기간: 2017년 상반기(4월, 6월), 하반기(8월, 10월) (4회)  
1개소 2지점 선정 (8개소 /1회), 총32건 조사 계획
- ※ 생리활성물질 계절적 방출량 및 시민 활동시간이 많은 하절기조사 고려

- 조사대상: 총 4개소 (① 인천대공원, ② 월미공원, ③ 계양산, ④ 청량산)

대상	구,군	전체 면적	구분	위치도
계양산	계양구	해발 395 m 3,840,000 m <sup>2</sup>	경관숲	
청량산	연수구	해발 172 m 657,000m <sup>2</sup>		
인천대공원	남동구	2,665,463 m <sup>2</sup>	도시 산림 공원	
월미공원	중 구	584,000 m <sup>2</sup>		

※ 상세 조사지점도: 그림 1 참조

### ○ 조사항목

- 피톤치드류: 모노테르펜( C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>, MW =136) 10종 이성질체  
α-pinene, β-pinene, p-cymene, d-limonene, α-terpinene, γ-terpinene, Camphene, Menthol, Citral, Eucaliptol
- 기상인자 등: 온도, 습도, 음이온수

## < 피톤치드 >

- 가. 식물이 만드는 생리활성물질 또는 식물체에서 자위수단으로 방출하는 살균성을 가진 휘발성물질
- 나. 식물성 정유(精油, essential oil) 물질인 테르펜류 [일반식( $C_5H_8$ ) $_n$  ( $n \geq 2$ )] 가 높은 비율 차지
- 테르펜은 식물체 안에서 생성되고 이소프렌( $C_5H_8$ )을 구성단위로 하는 물질
  - 이소프렌의  $n$  배수에 따라 모노테르펜( $C_{10}H_{16}$ )류, 세스퀴 테르펜( $C_{15}H_{24}$ )류, 디테르펜( $C_{20}H_{32}$ )류 등으로 구분됨
- 다. 정유는 침엽수가 활엽수에 비해 함유량이 많고, 침엽수는 모노테르펜류가 활엽수는 헤이테르펜류에 속하는 이소프렌이 주된 검출 성분으로 알려짐
- 활엽수: 너도밤나무, 물참나무, 자작나무, 참나무, 졸참나무 등
  - 침엽수: 삼나무, 적송, 편백, 잣나무 등
- 라. 바람, 기온, 자외선, 오존 등의 영향을 많이 받으며, 기온이 높을수록 방출량이 많아지는 것으로 보고됨

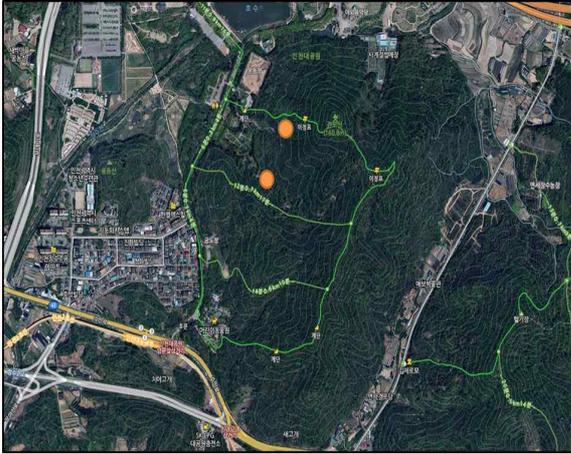
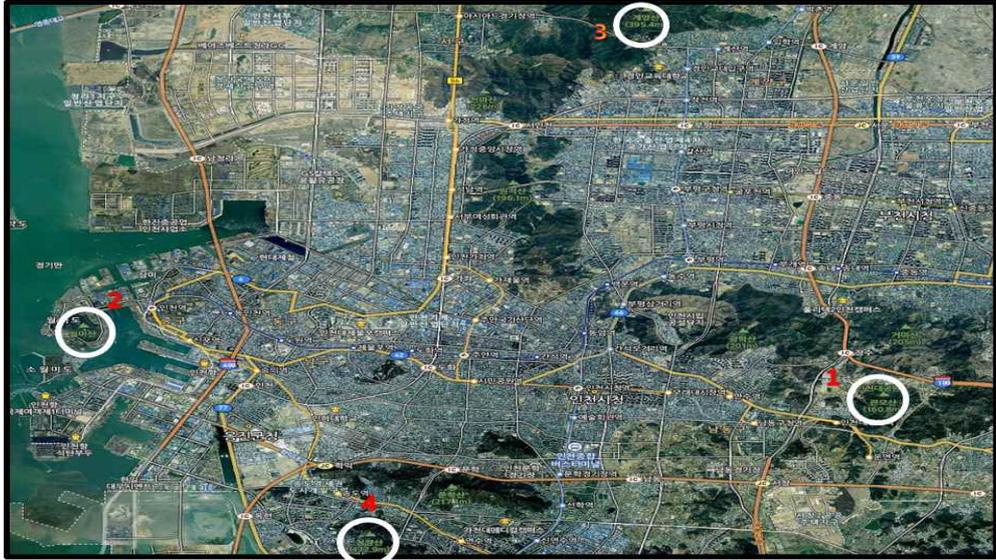
### ○ 조사방법

- 피톤치드류 발생농도 조사
  - 분석방법: 자동 열탈착장치가 장착된 GC/MS로 정성 및 정량분석
  - 분석항목: 모노테르펜류 10종 이성질체
  - 시료채취방법: 고체흡착관법  
지상 1.2m, MP- $\Sigma$ 30/Sibata Pump를 이용 (1hr× 유량 200mL/min) 채취

### ☞ 분석기기 (GC/MSD-TDS) 조건

- GC/MSD-TDS : Thermo Trace 1300/ISQ, Markes UNITY-xr
  - Column : TG-1MS (60 m × 0.25 mm × 1.0  $\mu$ m)
  - Oven temperature : 120°C (3min)→10°C/min→250°C (0min)→25°C/min→300°C (5min)

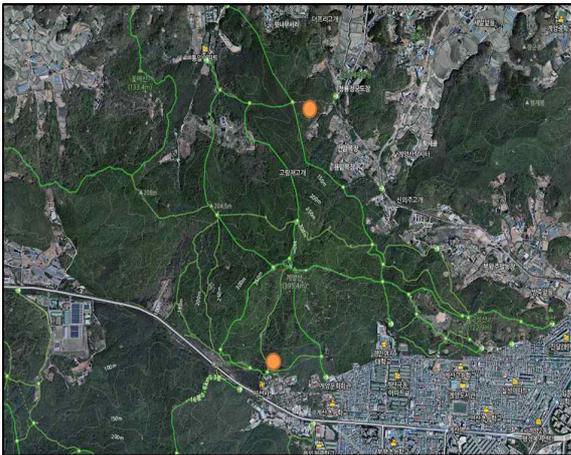
- 기상인자 및 음이온수: 현장측정 및 기상청자료



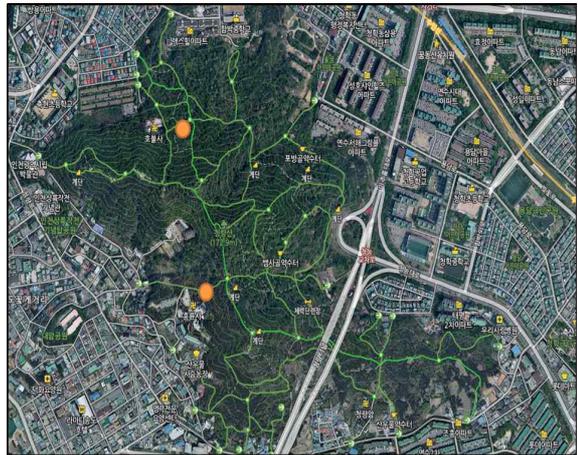
① 인천대공원



② 월미공원



③ 계양산



④ 청량산

그림 1. 조사지점도(● 측정지점)

## II 조사결과 및 분석

### □ 도시숲 산림조성 현황

표 1. 대상 도시숲 산림조성 현황

대 상 도시숲	대 표 수 종	임상도(수종, 경급, 영급, 밀도)
계양산	곰솔	곰솔,중경목, 5영급, 밀
청량산	굴참나무, 소나무	곰솔,소경목, 4영급, 밀
인천대공원	굴참나무, 소나무, 해송	곰솔, 중경목, 4영급, 밀
월미공원	굴참나무,소나무, 해송	침활훈효림,중경목, 4영급, 밀

※ 인천포털 및 삼림청(www.forest.go.kr) 자료 활용

### □ 도시숲별 모노테르펜류 조사결과

표 2. 2017년 도시숲별 모노테르펜류 합농도

(단위 : pptv)

대상 도시숲	5월	6월	8월	10월	평균	최대	최소
인천대공원 (관모산)	290	345	496	342	373	853	91
월미공원 (월미산)	181	62	230	47	140	277	17
계양산	698	815	484	48	532	1461	29
청량산	439	544	696	196	466	1005	62

#### ○ 채취 시기별 농도 분포

- 인천지역 4개 도시숲에 대해 조사한 모노테르펜류 평균농도는 인천대공원 91~853, 월미공원 17~277, 계양산 29~1461, 청량산 62~1005 pptv 로 평균 372 pptv (17~1,461) 범위로 검출됨
- 2017년 조사결과(그림. 2) 모노테르펜류(피톤치드) 농도가 전 지점에서 높았던 시기는 8월이었고, 최고 농도는 6월(계양산, 1461pptv), 8월 (청량산, 1005 pptv)으로 다른 지점 역시 6월~ 8월에 높은 농도분포를 나타냈음

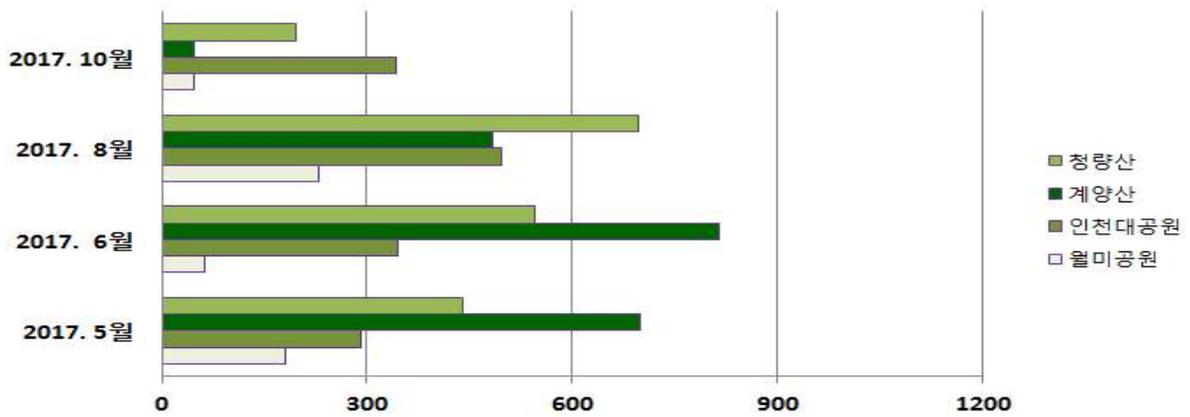


그림 2. 2017년 도시숲 모노테르펜류 농도분포 (단위:pptv)

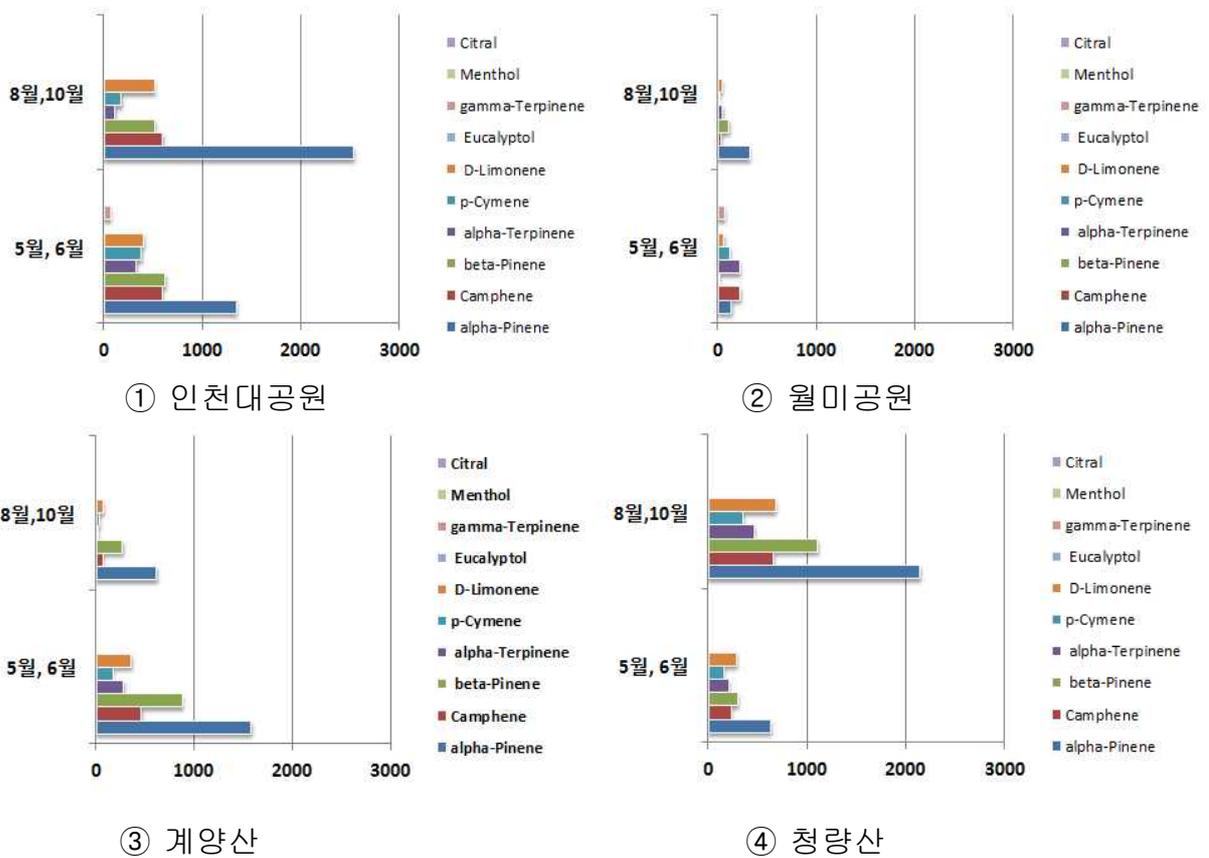


그림 3. 상·하반기 지점별 모노테르펜류 조성 합농도 (단위:pptv)

표 3. 지점별 모노테르펜류 농도 (상· 하반기 )

구 분	지 점	상반기				하반기			
		날짜	농도	기온	일사량	날짜	농도	기온	일사량
		(일)	pptv	℃	MJ/m <sup>2</sup>	(일)	pptv	℃	MJ/m <sup>2</sup>
인천 대공원	지점1 (개울숲)	5/19	263	19.8	1.33	8/26	275	23.5	2.41
		5/19	333	21.1	2.10	8/27	853	20.2	0.12
		6/01	330	23.2	2.38	8/30	391	17.5	0.28
		6/29	707	23.4	2.40	10/12	443	15.3	0.25
		6/30	184	27.2	2.10	10/13	90	13.1	0.64
	지점2 (치유숲)	5/19	218	19.6	1.30	8/26	208	23.8	1.89
		5/19	131	21.0	2.10	8/27	758	20.5	0.32
		6/01	409	22.3	2.59	8/30	600	18.2	0.52
		6/01	349	22.3	2.59	10/12	644	16.6	0.25
		6/29	136	25.0	2.30	10/13	190	10.8	0.64
		6/29	156	25.3	2.10	-			
	6/30	541	26.8	1.95	-				
	평 균		313				445		
	월미공원	지점1 월미6경(산책로)	5/23	123	19.0	1.10	9/05	275	21.1
5/30			277	23.1	1.87	10/12	77	14.1	0.25
6/29			74	27.2	2.65	-			
지점2 월미5경(정상)		5/23	143	19.2	1.00	9/05	185	21.3	0.47
		5/30	181	23.0	2.37	10/12	17	12.0	0.25
		6/29	50	27.9	2.65	-			
평 균		148				121			
계양산	지점1 (북쪽, 청룡정 등산로)	5/10	568	18.1	1.20	8/23	739	25.4	0.46
		5/30	955	24.3	1.34	10/12	29	13.0	1.36
		6/21	168	25.4	2.68	-			
	지점2 (남쪽, 등산로)	5/30	571	24.5	1.54	8/30	228	19.7	0.88
		6/28	1461	24.3	2.06	10/12	67	12.1	1.36
평 균		745				266			
청량산	지점1(북쪽, 호불사)	5/30	318	24.1	1.54	8/29	388	19.7	2.35
		6/21	487	23.1	1.01	10/13	329	16.6	1.05
	지점2(남쪽, 흥륜사)	5/10	510	16.5	0.87	8/29	1005	22.7	1.96
		5/30	490	24.8	1.34	10/13	62	15.8	0.90
		6/28	600	23.1	1.22	-			
평 균		451				446			

- 피톤치드는 양호한 기상요건(기온↑ 일사량↑)과 생육이 왕성한 계절에 많이 발생한다고 알려진 바와 같이, 이번 실태조사에서도 하절기의 농도가 가을철 대비 8~20배 높은 농도분포를 보였음. 이에 따라 상반기(봄, 여름) 공원 산책이 하반기(가을) 보다 삼림욕 효과를 기대할 수 있다고 판단됨

- 조사결과 동일 지점임에도 채취시기별 농도편차가 컸으며 이는 모노테르펜류가 식물에서 자연적으로 배출되는 자연적 휘발성유기화합물의 종류로 기온, 바람, 자외선 등의 영향을 많이 받으며 그 중 온도와 햇빛강도가 가장 중요하다고 알려진 특징이 반영된 것으로 보임
- 또한, 채취시기가 같더라도 지점별 농도의 편차 역시 매우 크게 조사돼 채취 지점의 지형적 요인(주변 수종 및 산림밀도 등)의 및 채취지점의 풍향, 풍속 등의 국지적인 기상요인 등의 차이가 복합적 반영된 결과라 판단됨
- 따라서 보다 효율적인 산림육을 위한 지점은 산림밀도가 높아 피톤치드 발생량이 많고 국지적인 요인(햇빛, 바람)에 의한 이동이나 소멸이 적은 숲 중앙부의 지상에 가까운 곳(공기보다 무거워 낮은 지점으로 축적되는 특성 고려)이 최적의 장소로 판단됨

○ 모노테르펜류 성분 분포 특성

표 4. 도시숲별 모노테르펜류 성분 농도

(단위 : pptv)

구 분	인천대공원	월미공원	계양산	청량산
$\alpha$ -pinene	176	46	244	189
Camphene	54	26	58	53
$\beta$ -pinene	52	13	127	101
$\alpha$ -terpinene	20	27	33	32
p-cymene	25	13	22	25
d-limonene	41	10	47	49
Eucalyptol	N.D	N.D	N.D	N.D
$\gamma$ -terpinene	3	7	N.D	N.D
Menthol	N.D	N.D	N.D	N.D
Citral	N.D	N.D	N.D	N.D

- 조사대상 모노테르펜류 이성질체 10종 중 전 지점에서 검출된 성분은  $\alpha$ -pinene, Camphene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymene, d-limonene 이었으며, 구성비가 가장 높은 성분은  $\alpha$ -pinene이고 다음으로  $\beta$ -pinene, Camphene 순이었으며 Eucalyptol 등 3종은 거의 검출되지 않았음. 구성비가 높았던  $\alpha, \beta$ -pinene은 우리나라 소나무에서 가장 많이 배출되는 테르펜류로 알려져 있음

※  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene는 근육통, 감기, 관절염, 정신피로, 혈액순환에  
Camphene은 갱년기 장애, 모유부족, 피부염증에, d-limonene 은 혈액순환, 감기, 고혈압, 우울증 등에 효능이 있는 것으로 보고됨

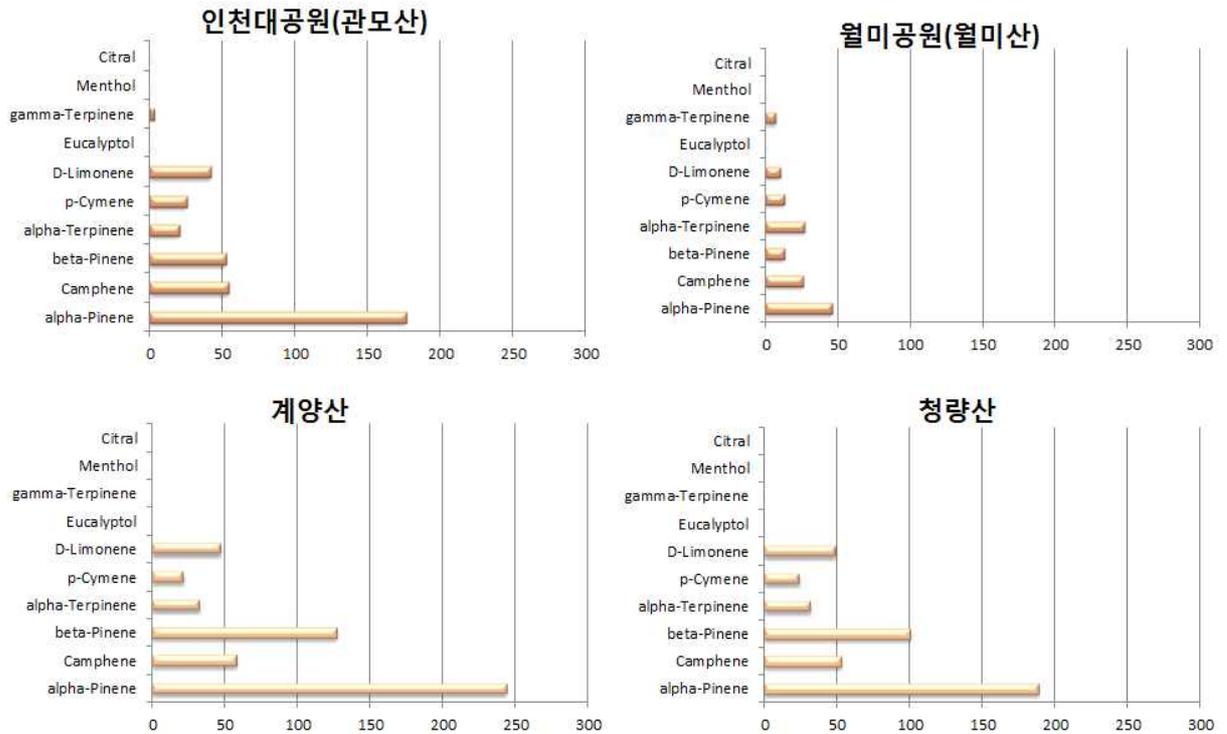


그림 4. 조사지점별 모노테르펜류 성분분포 현황

- 조사시기별 모노테르펜류 성분분포는 기온과 습도가 낮았던 5월 이전에는 거의 대부분의 테르펜류 분포가 나타나지 않았으며, 온·습도가 오른 6월과 8월에 테르펜류의 종류와 농도가 증가함
- 특히 구성비가 가장 높았던  $\alpha$ ,  $\beta$ -pinene은 6월과 8월에 높고 Camphene, d-limonene 등의 성분은 상대적으로 온·습도가 낮았던 5월과 10월에 구성비가 높아 침엽수림에서 주로 배출되는 모노테르펜류는 수종의 차이를 제외하고도 온도, 습도, 빛등의 많은 환경변수에 의해 배출량에 영향을 받아 계절의 변화에 따라 각각 다른 농도 분포 특성이 나타남을 알 수 있음

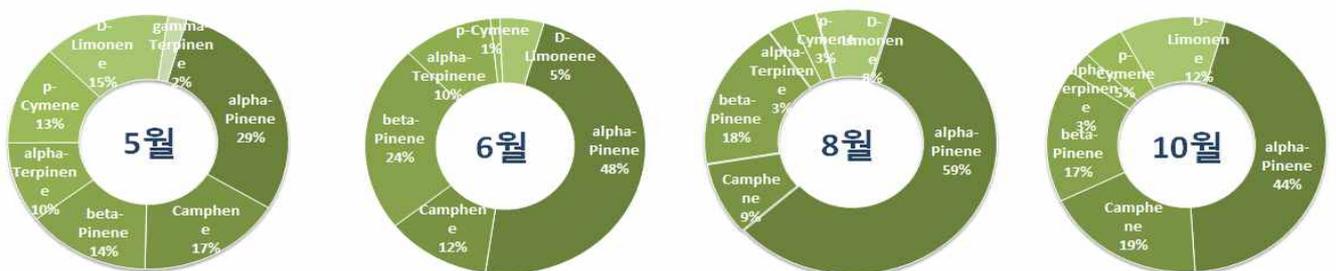


그림 5. 시료채취월별 모노테르펜류 조성 비율(%)

## □ 도시숲별 모노테르펜류 농도특성 평가

- 기온과 습도가 높아지고 일사량이 높아 기상요건이 양호한 5월 이후부터 전체 조사지점에서 모노테르펜류 방출량이 높아졌으며, 기온이 낮아진 10월 (가을철)에 급격히 감소하는 경향을 보임. 또한 강우가 빈번했던 8월은 시료채취일에 따라 농도편차가 크게 나타남
- 도시숲 조사결과(표 3) 모노테르펜류의 합농도는 계양산 > 청량산 > 대공원 > 월미공원 순으로, 6월과 8월에 계양산, 청량산, 인천대공원(관모산)에서 700 pptv 이상의 높은 농도 분포를 보임
- 최고 농도를 나타낸 계양산과 청량산은 채취지점 부근의 수종인 소나무 조림 등의 지역적인 영향으로 계절적인 편차가 나머지 지점에 비해 크게 나타남. 반면 인천대공원의 경우는 잣나무와 편백나무 등 넓은 침엽수종 지역에서 평균 농도 이상의 안정적 수준으로 방출되는 것을 조사됨
- 모노테르펜류 방출농도가 낮았던 이유는 월미공원의 수목의 양과 산림의 밀도 등의 생태적인 환경은 우수하였으나, 혼합림위주의 수종구성 및 해안 인근지역으로 국지적인 기상요인의 영향이 많아 이 같은 환경에 영향을 민감한 모노테르펜류의 물질 특징이 반영된 것으로 판단됨

## □ 도시숲 열섬현상 완화 효과 비교

- 한여름 (8월) 관내 도심지 대비 4개 도시숲의 온·습도차이를 비교해보면 평균값으로 온도가 3.1 °C 낮았고 습도는 13.7 % 높았으며, 8월 조사일 중 최대로는 온도는 11.1°C 낮고, 습도는 33.7 % 높게 조사되어, 도시숲은 여름 한낮의 도심보다 평균 3~7 °C 낮고, 습도는 9~23 % 높다는 연구조사 결과와 유사한 결과를 나타냈음. 이로서 도시숲의 확충이 도시 열 환경을 개선하여 폭염·열섬현상 제어에 가장 효과적인 인프라임을 확인함
- ‘공기 비타민’으로 불리는 음이온 개수 역시 도심 대기 중 보다 3~4배 높게 조사되어 도시숲의 순기능 확인할 수 있음

표 5. 시료채취 시기별 도시숲과 도심의 온·습도 등 비교

(시료채취기간 평균)

조 사 항 목	5월			6월			8월			10월		
	도시숲	도 심	▼▲	도시숲	도 심	▼▲	도시숲	도 심	▼▲	도시숲	도 심	▼▲
기온(℃)	21.6	22.4	▼ 0.8	25.3	26.3	▼1.0	21.1	24.2	▼3.1	13.9	13.2	▼-0.7
습도(%)	62.1	51.9	▲10.2	67.6	61.4	▲6.3	65.4	51.7	▲13.7	61.2	51.1	▲10.1
음이온갯수(개/cm <sup>3</sup> )	1002	330	≒3배	1017	250	≒4배	878	210	≒4배	651	235	배

### Ⅲ 전국 피톤치드 조사결과 비교

- 피톤치드는 건강영향물질로 알려져 있어 전국의 산림과 공원을 대상으로 다양한 조사가 진행되는 피톤치드 조사결과는 172 ~ 2499 pptv 범위로 서울 및 경기도와 같은 대도시 도심 공원 산책로 및 등산로에서는 다소 낮은 226~1846 pptv 농도분포를 나타냄
- 2017년 조사된 관내 도시숲 4개소에 대한 피톤치드 농도는 17~1461 pptv로 서울, 부산 등의 대도시지역과 비교하여 유사하거나 약간 높은 수준의 농도 분포로 조사됨. 단, 피톤치드는 물질의 특성이 대기 중에 미량으로 존재하며 기상 등의 영향인자에 따라 변동 폭이 큰 물질임 파악하고 자료를 해석 할 필요가 있음

표 6. 전국 모노테르펜류 조사결과

(단위 : pptv)

구분	조사년도	지 역	대 상	평균농도 (범위)
1	2008년	전국	전국 산림욕장 조사	(172 ~ 964)
2	2011년	서울	등산로 산책로 조사	327 (226 ~ 890)
3	2013년	경기도	광교산 등산로조사	758 (301 ~ 1,846)
4	2014년	경기도	도내 산림휴양지 조사	산림욕장 : 1,251 도심공원 : 705
5	2015년	부산	도심공원 조사	728 (317 ~ 1,110)
6	2016 ~2017년	강원도	강원도 유명 숲길 조사	1,249 (507 ~ 2,499)

※ 자료출처 : 경남보건환경연구원 : 대기분야 공동연구 Workshop 자료(2009년) 2008년 6월 시료채취  
 전남보건환경연구원 : 한국임학회지 vol.101, No.2 2008년 봄~가을 시료채취  
 충북보건환경연구원 : 환경영향평가 제21권 제2호 2010년 봄~가을 시료채취  
 서울보건환경연구원 “ 2011년 8월 5일 보도자료 2011년 3월~6월 시료채취

## IV

## 종합평가

- 인천시 관내 4개 도시숲에 대한 피톤치드의 양을 조사한 결과, 6월과 8월(여름철)이 5월과 10월(봄,가을철) 대비 발생량이 높은 것으로 조사됨
- 대상 도시숲의 모노테르펜류의 합농도는 계양산 > 청량산 > 대공원 > 월미공원 순으로, 6월과 8월에 계양산, 청량산, 대공원(관모산)에서 700 pptv 이상의 높은 농도 분포를 보임
- 대상 도시숲의 농도특성은 4개소 모두에서 동일 지점임에도 채취시기별 농도 편차가 크게 나타남. 이는 피톤치드의 주성분이 모노테르펜류의 특성이 기온, 바람, 자외선 등의 영향을 많이 받으며 그 중에서 온도와 햇빛의 강도가 가장 중요하다고 알려진 특징이 반영된 것으로 보임. 더불어 같은 채 취시기임에도 지점별 농도 편차 크게 조사된 경우는 채취지점의 지형적 요인(주변 수종 및 산림 밀도 등) 및 채취지점의 풍향, 풍속 등의 국지적인 기상요인의 차이가 복합적 반영된 결과라 판단됨
- 모노테르펜류 10종 중 전 지점에서 검출된 성분은  $\alpha$ -pinene, Camphene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymene, d-limonene 이었으며, 그 중 구성비가 가장 높은 성분은  $\alpha$ -pinene이였으며, Eucalyptol, Menthol, Citral 등은 검출되지 않음
- 우리가 숲에서 느낄 수 있는 청량함의 주 영향인자로 온·습도와 음이온수를 조사한 결과, 관내 도심대비 온도는 3.1 °C 낮고 습도는 13.7 % 높았으며 (8월평균) 음이온수 또한 3~4배 높아 도시숲의 확충이 도시의 열환경 개선에 효과적임을 확인할 수 있음
- 2017년 조사대상 도시숲의 피톤치드 평균 농도는 372 pptv (17~ 1,461)로 서울, 부산 등 대도시의 산림 및 공원에서 조사된 농도와 유사한 수준으로 조사되었음. 이로 인천 시민들이 즐겨 찾을 수 있는 생활권 내 도시숲도 타 도시의 도시숲과 비교해도 평가 절하되는 수준의 결과는 아님을 확인하였음.

그러나 공업도시라는 오명을 벗고 저탄소 녹색수도로서의 전환을 목표로 한다면 부족한 면이 있음. 시민들이 생활터에서 좀 더 쉽게 접근할 수 있는 근거리에 도시공원으로 조성된 숲이 다양하게 설계되고 계획되면 가능할 일이라 판단됨

# 2018년 도시숲 피톤치드류 실태조사

## I 개요

### □ 조사목적

- 기후변화 적응과제로 떠오르는 “도시숲” 확충의 필요성을 피톤치드류 농도 분포 등을 과학적으로 조사하여 가까운 숲의 긍정적인 정보를 제시함으로써 시민이 행복한 도시 조성에 기여하고자 함

### □ 조사개요

- 조사기간: 2018년 5월 ~ 8월 (하절기 월1회, 4회)  
3개소 (2지점)× 3회 =18건 및 산책시간, 일변화 등 총 139건 조사  
※ 공원산책 : 시민 산책시간(40분)동안 공원산책로를 따라 이동 시료채취
- 조사대상: 총 3개소 (① 원적산 ② 문학산 ③ 늘솔길공원)

대상	구,군	전체 면적	구분	위 치 도
문학산	미추홀구	해발 213 m	경관숲	
원적산	부평구, 서구	해발 196 m		
늘솔길 공원	남동구	편백숲 무장애나눔길, 1km	도시 산림 공원	

### ○ 조사항목

- 피톤치드류: 모노테르펜(  $C_{10}H_{10}$ , MW =136) 7종 이성질체  
 $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, p-cymene, d-limonene,  $\alpha$ -terpinene,  $\gamma$ -terpinene, Camphene
- 기상인자: 온도, 습도, 일사량 등

## < 피톤치드 >

- 가. 식물이 만드는 생리활성물질 또는 식물체에서 자위수단으로 방출하는 살균성을 가진 휘발성물질
- 나. 식물성 정유(精油, essential oil) 물질인 테르펜류 [일반식( $C_5H_8$ ) $_n$  ( $n \geq 2$ )] 가 높은 비율 차지
- 테르펜은 식물체 안에서 생성되고 이소프렌( $C_5H_8$ )을 구성단위로 하는 물질
  - 이소프렌의  $n$  배수에 따라 모노테르펜( $C_{10}H_{16}$ )류, 세스퀴 테르펜( $C_{15}H_{24}$ )류, 디테르펜( $C_{20}H_{32}$ )류 등으로 구분됨.
- 다. 정유는 침엽수가 활엽수에 비해 함유량이 많고, 침엽수는 모노테르펜류가 활엽수는 헤이테르펜류에 속하는 이소프렌이 주된 검출 성분으로 알려짐.
- 활엽수 : 너도밤나무, 물참나무, 자작나무, 참나무, 졸참나무 등
  - 침엽수 : 삼나무, 적송, 편백, 잣나무 등
- 라. 바람, 기온, 자외선, 오존 등의 영향을 많이 받으며, 기온이 높을수록 방출량이 많아지는 것으로 보고됨.

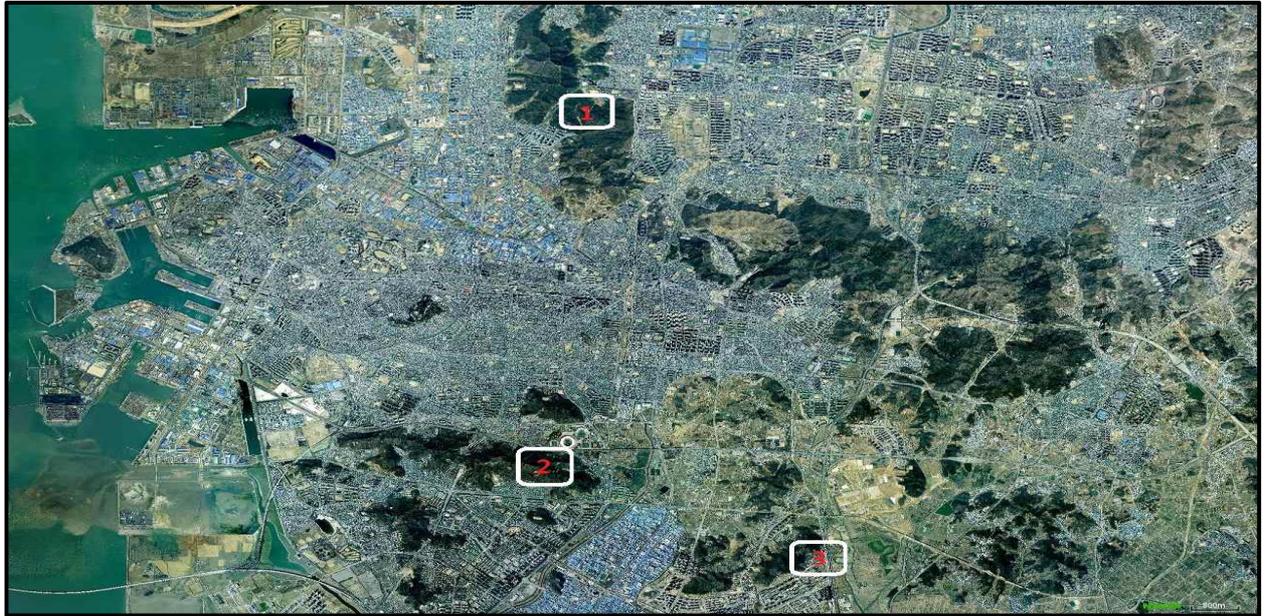
### ○ 조사방법

- 피톤치드류 발생농도 조사
  - 분석방법: 자동 열탈착장치가 장착된 GC/MS로 정성 및 정량분석
  - 분석항목: 모노테르펜류 7종 이성질체
  - 시료채취방법: 고체흡착관법  
지상 1.2m, MP- $\Sigma$ 30/Sibata Pump를 이용 (1hr× 유량 200mL/min) 채취

### ☞ 분석기기 (GC/MSD-TDS) 조건

- GC/MSD-TDS : Thermo Trace 1300/ISQ-Markes UNITY-xr
  - Column : TG-1MS (60 m × 0.25 mm × 1.0  $\mu$ m)
  - Oven temperature : 120°C (3min) → 10°C/min → 250°C (0min) → 25°C/min → 300°C (5min)

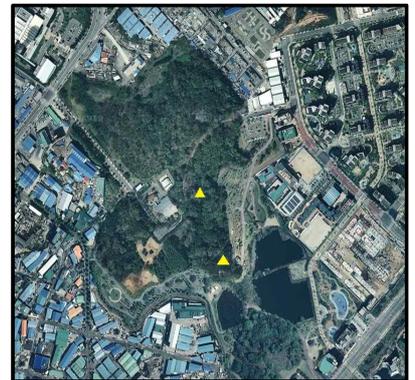
- 기상인자 및 음이온수: 현장측정 및 기상청자료



① 원적산



② 문학산



③ 늘솔길공원

그림. 1. 조사지점도( ▲ 측정지점)

## II 조사결과 및 분석

### □ 도시숲 산림조성 현황

표 1. 대상 도시숲 산림조성 현황

대 상 도시숲	대 표 수 종	임상도(수종, 경급, 영급, 밀도)
원적산	리기다소나무, 침활흔효림	리기다소나무, 중경목, 4영급, 밀
문학산	소나무, 침활흔효림	흔효림, 중경목, 4영급, 밀
늘솔길공원	소나무, 기타(편백)	소나무, 기타, 중경목, 4영급, 밀

※ 산림청(www.forest.go.kr) 산림공간정보서비스 활용

## □ 도시숲별 피톤치드(모노테르펜류) 농도 조사결과

표 2. 2018 도시숲별 모노테르펜류 농도

(단위 : pptv)

대상 도시숲	5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
원적산	504	841	551	212	576	1344	30
문학산	161	145	306	132	177	374	18
늘솔길공원	239	572	562	224	390	1475	25
도시숲 40분 산책	393	338	569	581	375	581	208

### ○ 채취 시기 및 지점별 농도분포

- 인천지역 3개 도시숲에 대해 조사한 모노테르펜 평균농도는 원적 30~1344 pptv, 문학산 18~374 pptv, 늘솔길공원 25~1475 pptv 등으로 평균 401 pptv(18~1,475 pptv) 범위로 조사되었다.
- 2018년 조사결과(그림2) 모노테르펜류 농도가 전 지점에서 높았던 시기는 7월이었고, 최고 농도는 6월(늘솔길공원, 1475 pptv, 원적산, 1344 pptv)이었으며, 다른 지점 역시 6월~7월에 높은 농도분포를 나타냈다.
- 2018년은 도시숲 산책길을 40분 동안 이동 시료채취 하는 방법 추가하여 숲을 즐기는 사람들의 행위를 반영하여 진행하였으며, 그 결과 (표 2), (그림. 2)와 같이 평균 375 pptv (208~581 pptv) 범위로 조사되었다.

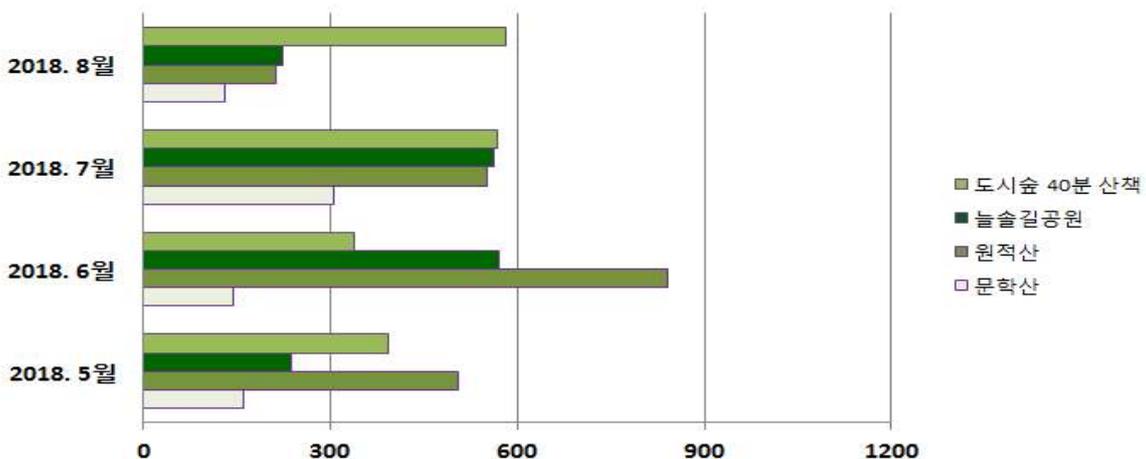


그림 2. 2018년 도시숲 모노테르펜류 농도분포 (단위:pptv)

표 3. 지점별 모노테르펜류 농도 및 기상인자

구분	지점	측정항목				구분	지점	측정항목			
		날짜	농도	기온	일사량			날짜	농도	기온	일사량
		(일)	pptv	℃	MJ/m <sup>2</sup>			(일)	pptv	℃	MJ/m <sup>2</sup>
원적산	지점1 (등산로 입구)	5/03	30	14.1	2.68	늘 솔 길 공 원	지점1 (편백 데크길)	5/03	174	13.0	1.43
		5/28	839	24.5	3.28			5/29	249	23.5	1.34
		6/21	1261	23.3	3.33			6/20	1475	24.9	3.07
		6/21	351	24.9	3.39			6/21	447	26.1	2.62
		7/19	416	30.9	3.27			7/04	199	27.4	2.38
		8/29	195	26.8	2.07			7/23	1011	33.1	3.14
	지점2 (둘레길)	5/03	150	14.9	1.99		8/30	71	26.8	1.15	
		5/28	997	25.0	3.21		8/31	140	26.1	1.59	
		6/21	1344	23.3	3.29		지점2 (소나무 숲)	5/03	25	13.5	0.80
		6/21	409	24.4	3.12			5/29	79	23.2	1.34
		7/19	686	34.0	3.29			5/30	665	20.3	1.44
	8/29	229	26.5	2.07	6/20			523	23.9	2.62	
	평 균		576					6/21	214	24.2	1.56
	문학산	지점1 (등산로 흔합림)	5/04	76	14.1		3.01	평 균	평 균	5/03	390
5/30			374	20.5	1.80	5/29	79			23.2	1.34
6/20			268	27.1	3.33	5/30	665			20.3	1.44
7/20			317	29.4	2.78	6/20	523			23.9	2.62
8/30			195	25.5	1.21	6/21	214			24.2	1.56
지점2 (체육시설)		5/04	18	15.8	3.01	7/23	71			32.8	3.14
		5/30	174	20.5	1.80	7/24	603			33.3	2.82
		6/20	74	24.9	3.07	8/30	46			25.4	1.15
		6/20	92	23.6	3.07	8/31	638			26.0	1.59
		7/20	295	28.9	2.33						
		8/30	70	25.9	1.21						
평 균			177								

- 모노테르펜류는 양호한 기상요건(기온↑ 일사량↑)과 생육이 왕성한 계절에 많이 발생한다고 알려진 바와 같이, 이번 실태조사에서도 6월~7월이 5월과 8월 대비 1.5~1.7배 높은 농도분포를 보였다. 이에 따라 산림육 효과를 증가시키는 공원 이용 시기는 초여름 이후로 판단되며, 피톤치드의 방출량은 식물의 생육에 작용하는 기후인자에 따라 변동이 있으나 25℃ 이상의 기온에서 안정적으로 방출하는 것으로 조사되었다.

- 조사결과 동일 지점임에도 채취시기별 농도편차가 컸으며 이는 모노테르펜류가 식물에서 자연적으로 배출되는 자연적 휘발성유기화합물의 일종으로 기온, 바람, 자외선 등의 영향을 많이 받으며 그 중에서 온도와 햇빛의 강도가 가장 중요하다고 알려진 특징이 반영된 것으로 보인다.
- 또한, 채취시기가 같더라도 지점별 농도의 편차 역시 매우 크게 조사되어 채취지점의 지형적 요인(주변 수종 및 산림밀도 등)의 및 채취지점의 풍향, 풍속 등 국지적인 기상요인 등의 차이가 복합적 반영된 결과라 판단된다.

○ 모노테르펜류 성분 분포 특성

표 4. 도시숲별 피톤치드성분 농도

(단위 : pptv)

구 분	원적산	문학산	늘솔길공원	도시숲 40분산책
$\alpha$ -pinene	190	85	143	185
Camphene	131	26	32	62
$\beta$ -pinene	122	41	159	138
$\alpha$ -terpinene	13	5	7	11
p-cymene	61	5	12	17
d-limonene	55	12	29	45
$\gamma$ -terpinene	4	3	6	N.D

- 조사대상 모노테르펜류 이성질체 7종 중 전 지점에서 검출된 성분은  $\alpha$ -pinene, Camphene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymene, d-limonene 이었으며, 구성비가 가장 높은 성분은  $\alpha$ -pinene이고 다음으로  $\beta$ -pinene, Camphene 순이었으며  $\gamma$ -terpinene은 거의 검출되지 않았음. 구성비가 높았던  $\alpha$ ,  $\beta$ -pinene은 소나무에서 가장 많이 배출되는 모노테르펜류로 알려져 있다.

※  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene는 근육통, 감기, 관절염, 정신피로, 혈액순환, Camphene은 갱년기 장애, 모유부족, 피부염증, d-limonene은 혈액순환, 감기, 고혈압, 우울증 등에 효능이 있는 것으로 보고됨

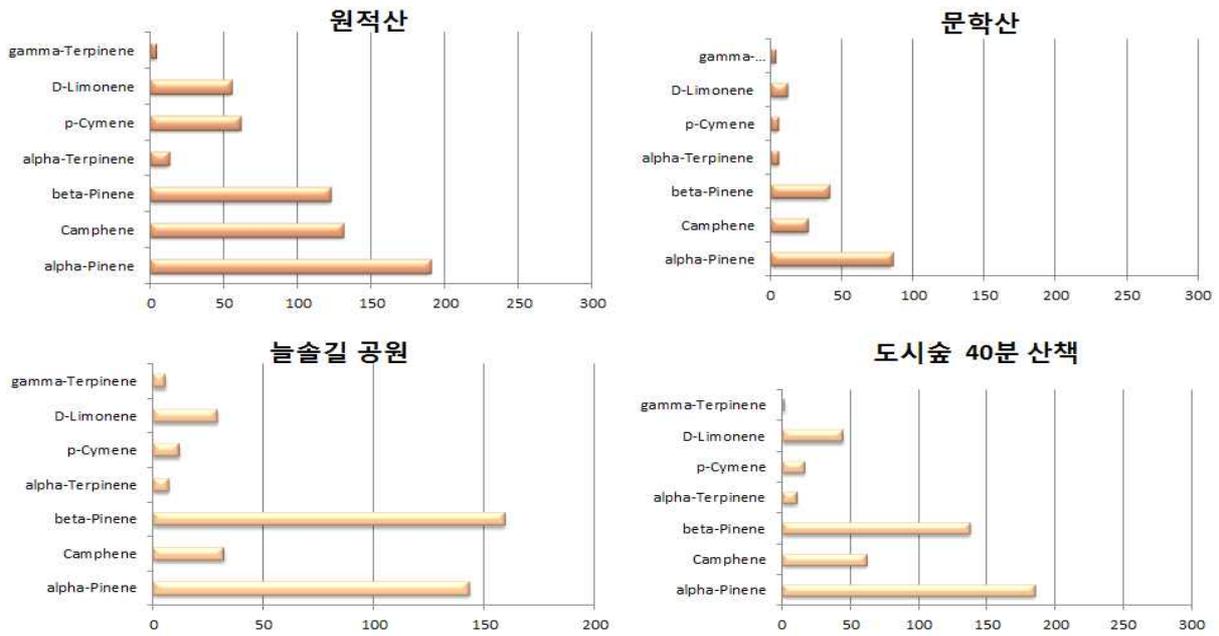


그림 3. 조사지점별 모노테르펜류 성분분포 현황

- 조사시기별 모노테르펜류 성분분포는 기온과 습도가 낮았던 5월 초에는 거의 나타나지 않았으며, 온·습도가 오른 6월과 7월에 모노테르펜류의 종류와 농도가 증가하였다.
- 특히 구성비가 가장 높았던  $\alpha$ ,  $\beta$ -pinene은 6월, 7월에 높고 Camphene, d-limonene, p-cymene 등의 성분은 상대적으로 온·습도가 낮았던 5월이 7월 보다 구성비가 높았다.
- 침엽수림에서 주로 배출되는 모노테르펜류는 수종의 차이를 제외하고도 온도, 습도, 빛 등의 많은 환경변수에 의해 배출량에 영향을 받아 계절의 변화에 따라 각각 다른 농도 분포 특성이 나타남을 알 수 있었다.

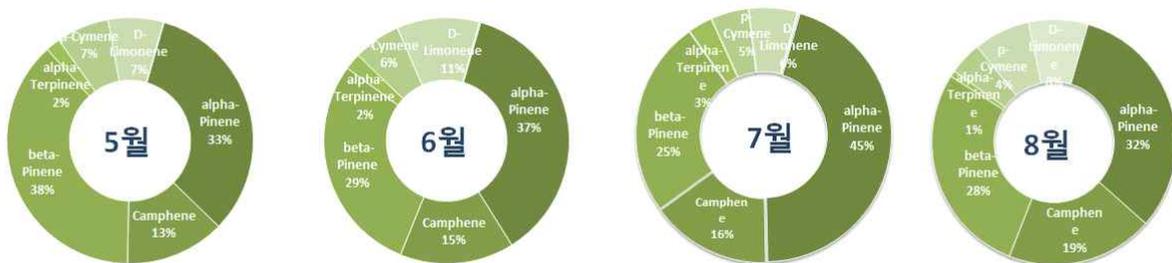


그림 4. 시료채취월별 모노테르펜류 조성 비율(%)

## □ 도시숲별 피톤치드(모노테르펜류) 농도특성 평가

- 기온과 습도가 높아지고 일사량이 높아 기상요건이 양호한 5월 말 이후부터 전체 조사지점에서 모노테르펜류 방출량이 높아졌으며, 8월 말 부근의 시료에서 상대적으로 농도가 낮아진 것은 기온은 6월 시료채취일과 비슷한 수준이지만 무더위가 심했던 한여름에는 식물 생육도 저하되어 8월의 농도는 상대적으로 감소한 경향을 보였다.
- 도시숲 조사결과(표 3) 피톤치드 농도는 원적산 > 늘솔길공원 > 문학산 순으로, 6월과 7월에 원적산, 늘솔길공원에서 1000 pptv 이상의 높은 농도분포를 나타냈다.
- 최고 농도를 나타낸 원적산과 늘솔길공원은 채취지점 부근의 수종인 소나무와 편백나무 등 침엽수종이 조림된 지역적인 영향으로 다른 지역에 비해 높게 나타났다. 또한 비교적 산림의 면적과 밀도가 조밀한 원적산 경우가 안정적 수준으로 방출되는 것을 확인하였다.
- 피톤치드 방출농도가 낮은 문학산 지점은 수목량과 산림의 밀도 등 생태적 환경은 양호하였으나, 혼합림위주 수종구성과 바람 등의 환경조건에 기인한 것으로 판단된다.

## □ 도시숲 모노테르펜류 일 변화량 조사

- 도시숲 조사기간(5월~8월) 중 늘솔길공원 편백숲에서 모노테르펜 방출량 24시간 변화추이를 조사 한 결과 한낮보다는 일몰 후(오후 8시~12시)나 이른 아침 (오전 4시 ~7시)에 농도가 높았다.
- 본 조사는 도심에 위치한 고도 300m 이하 낮은 산과 공원을 대상으로 조사 하였으며 문헌조사에 따르면 피톤치드의 시간대별 변화는 지역에 따라 차이가 있었다. 충북지역 조사결과는 오전8시~10시, 전남지역은 오후 2시~4시, 제주도 산림지역 조사결과는 야간에 최고 농도가 나오는 등 결과가 상이하였다.

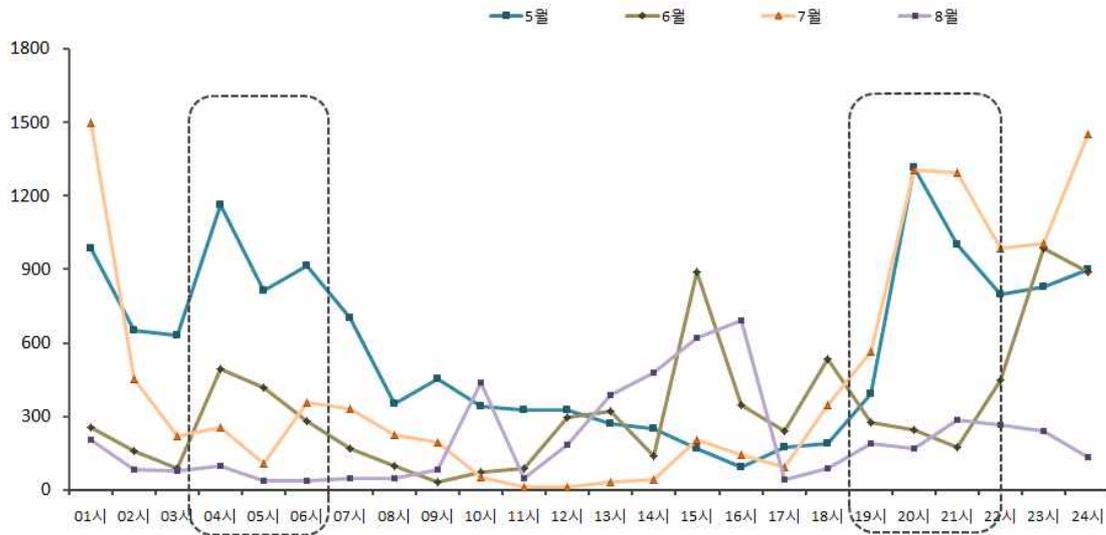


그림 5. 시료채취월별 모노테르펜류 일 변화량

- (그림. 5)는 늘솔길공원의 일변화량을 월별로 나타낸 것이며, 주로 밤 시간대에 높게 나타났으며, 이는 선행된 다른 지역의 조사결과와 유사한 경향을 보였다. 이러한 방출량의 시간대별 변화는 모노테르펜류가 낮 동안에는 광화학반응에 의해 소모되나 밤 시간대는 광화학반응에 영향을 받지 높게 조사된 것으로 해석할 수 있으며, 여러 지역의 조사결과가 상이한 이유 또한 각 지역의 지형과 식재된 수종, 일사량과 대기안정도 등 기상조건이 다르기 때문으로 판단된다. 따라서 지역의 도시숲에서 이러한 과학적인 자료조사를 실행하여 하절기 산과 공원을 이용하는 시민에게 유용한 정보를 제공하였다.

## □ 도시숲 열섬현상 완화 효과 비교

### ○ 도시숲 열섬현상 완화 효과

- 한여름 (7월) 관내 도심지 대비 3개 도시숲의 온·습도차이를 비교해보면 평균값으로 온도가 2.5 °C 낮았고 습도는 10.6 % 높았으며, 7월 조사일 중 최대로는 온도 9.9°C 낮고, 습도는 22.0 % 높게 조사되어, 도시숲은 여름 한낮의 도심보다 평균 3~7 °C 낮고, 습도는 9~23 % 높다는 연구 조사결과와 유사한 결과를 나타냈다.

표 5. 시료채취 시기별 도시숲과 도심의 온·습도등 비교

(시료채취기간평균)

조 사 항 목	5월			6월			7월			8월		
	도시 숲	도 심	▼▲	도시 숲	도 심	▼▲	도시 숲	도 심	▼▲	도시 숲	도 심	▼▲
기온(℃)	19.1	20.3	▼1.2	25.9	28.3	▼2.4	32	34.8	▼2.8	26.2	29.5	▼3.3
습도(%)	64.8	58.6	▲6.2	68.7	54.1	▲6.3	61.2	49.7	▲11.7	71	64.4	▲6.6
음이온갯수(개/cm)	1210	550	≒2배	1275	370	≒3배	452	150	≒3배	1162	380	≒3배

### Ⅲ 전국 피톤치드 조사결과 비교

- 피톤치드는 건강영향물질로 알려져 있어 전국의 산림과 공원을 대상으로 다양한 조사가 진행되는 피톤치드 조사결과는 172~2499 pptv 범위로 대도시 도심공원 산책로 및 등산로에서는 다소 낮은 226~1846 pptv 농도분포를 나타냈다.
- 2018년 조사된 관내 도시숲 3개소에 대한 피톤치드 농도는 18~1475 pptv로 나타났으며, 피톤치드 물질 특성상 대기 중에 미량으로 존재 하며 기상 등 영향인자에 따라 변동 폭이 큰 물질임 감안하여 자료를 해석하면 서울, 부산 등의 대도시지역과 비교하여 유사수준의 농도분포로 조사되었다.

표 6. 전국 모노테르펜류 조사결과

(단위 : pptv)

구분	조사년도	지 역	대 상	평균농도 (범위)
1	2008년	전국	전국 산림욕장 조사	(172 ~ 964)
2	2011년	서울	등산로 산책로 조사	327 (226 ~ 890)
3	2013년	경기도	광교산 등산로조사	758 (301 ~ 1,846)
4	2014년	경기도	도내 산림휴양지 조사	산림욕장 : 1,251 도심공원 : 705
5	2015년	부산	도심공원 조사	728 (317 ~ 1,110)
6	2016 ~2017년	강원도	강원도 유명 숲길 조사	1,249 (507 ~ 2,499)

## IV 종합평가

- 2018년 조사대상 3개 도시숲의 피톤치드 평균 농도는 401 pptv (18~1,475 pptv)로 서울, 부산 등 대도시의 산림 및 공원에서 조사된 농도와 유사한 수준으로 나타났다.
- 피톤치드의 농도는 수종, 산림밀도 및 시기, 기상 등의 영향에 따라 크게 변하며, 침엽수림이 밀집한 숲에 6월과 7월에 새벽과 저녁 시간대에 가장 높은 농도(1,000 ppvt이상)를 보였다.
- 시민의 공원 이용유형을 고려하여 산책시간과 유사한 40분 이동 시료채취 조사결과 피톤치드가 평균 375 pptv로 조사되어 잘 조성된 도시 숲 산책하는 것은 고정형 산림욕과 같은 효과를 볼 수 있음을 확인하였다.
- 도시숲에 대한 온·습도를 조사한 결과 도심대비 온도는 2.5 °C 낮고 습도는 10.6 % 높게 나타났다. 이는 숲이 도시의 열을 빼앗고 습기를 공급하는 역할을 할 것으로 판단된다.
- 우리가 숲에서 느낄 수 있는 심리적 안정감, 청량함과 숲에서 발산하는 피톤치드 등의 성분이 건강에 도움을 줄뿐만 아니라 온습 교환으로 도시 열 환경을 개선하여 폭염·열섬현상 제어에 가장 효과적인 인프라인 도시 숲을 적극적으로 확충해야 할 것으로 판단된다.

# 2019년 도시숲 기능성 조사

## I 개 요

### □ 조사목적

- 기후변화 적응과제로 떠오르는 도시숲 확충의 필요성을 강조하고 피톤치드류 농도 분포 및 도시숲의 다양한 순기능 관련 긍정적 정보를 과학적으로 제시함으로써 시민이 살고 싶은 도시, 함께 만드는 에코시티 인천 조성에 적극적으로 기여하고자 한다.

※ 도시숲: 공공 공지를 포함하는 생활권 도시림(옥상·벽면 녹화지 제외)

### □ 조사배경

- 2019년 도시숲 기능성 조사는 2017년, 2018년 실시된 도시숲 피톤치드류 실태조사에서 좀 더 확장된 사업으로 숲이 가지는 긍정적 면이 피톤치드류 배출 뿐 아니라 다양한 기능들이 있음을 제시하고 기후변화 적응책으로 도시숲 확충이 필수적임을 강조하기 위해 진행되었다.

### □ 조사계획

- 조사기간: 2019년 5월 ~ 8월 (하절기 월1회, 4회)  
4개소 (3지점) × 4회 = 48건 및 산책시간, 일변화 등 총 48건 조사  
※ 공원산책: 시민 산책시간(60분)동안 공원산책로를 따라 이동 시료채취
- 조사대상: 총 4개소 (① 석남완충녹지 ② 부평공원 ③ 중앙공원 ④ 해돋이공원)

대 상	관할 구	전체 면적(㎡)	구분	위 치 도
석남완충녹지 부평공원 중앙공원 해돋이공원	서 구	242,705	공업지역	<그림 1> 참조
	부평구	113,123	상업지역	
	남동구	273,823	상업지역	
	연수구	210,468	주거지역	

○ 조사항목

- 기상인자: 온도, 습도
- 대기오염물질: 미세먼지(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), 이산화탄소, 이산화질소, 오존
- 피톤치드류: 모노테르펜( C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, MW =136) 7종 이성질체  
α-pinene, β-pinene, p-cymene, d-limonene, α-terpinene, γ-terpinene, Camphene

< 피톤치드 >

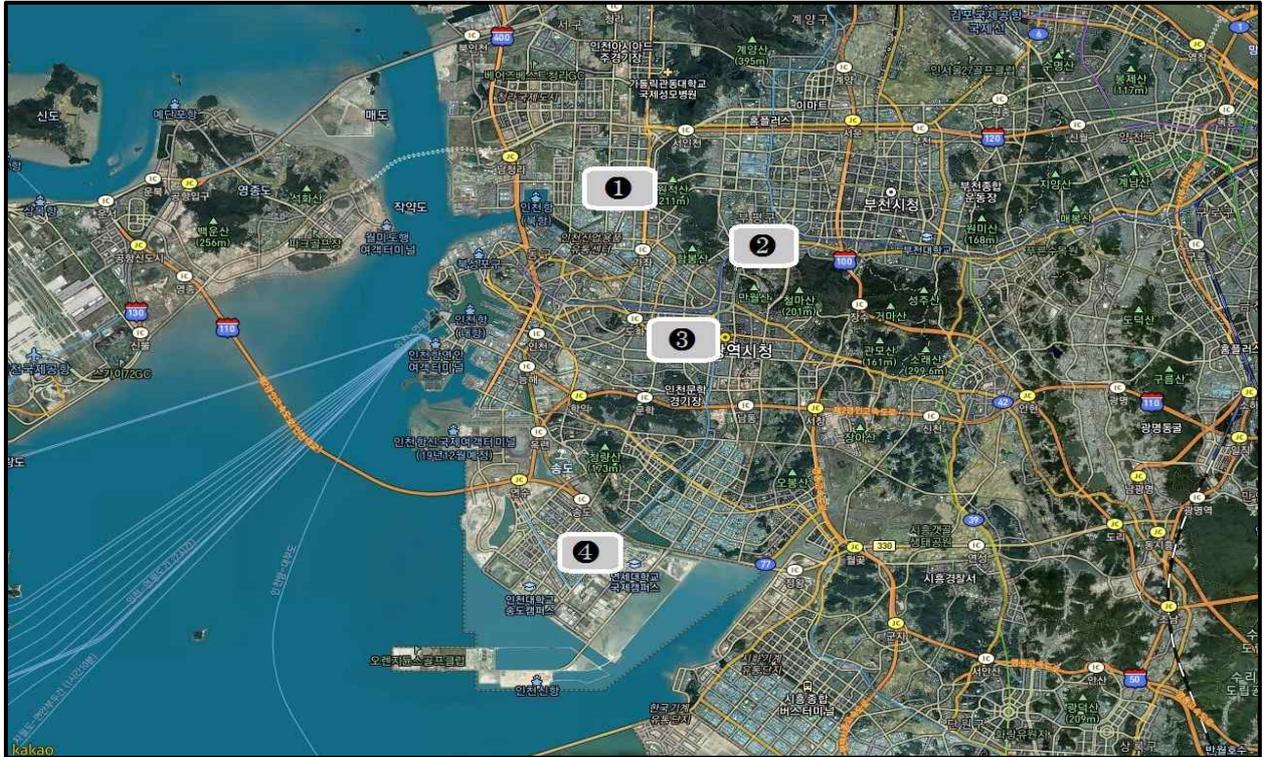
- 가. 식물이 만드는 생리활성물질 또는 식물체에서 자위수단으로 방출하는 살균성을 가진 휘발성물질
- 나. 식물성 정유(精油, essential oil) 물질인 테르펜류 [일반식(C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)<sub>n</sub> (n≥2)] 가 높은 비율 차지
  - 테르펜은 식물체 안에서 생성되고 이소프렌(C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)을 구성단위로 하는 물질
  - 이소프렌의 n 배수에 따라 모노테르펜(C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>)류, 세스퀴 테르펜(C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>)류, 디테르펜(C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>)류 등으로 구분됨
- 다. 정유는 침엽수가 활엽수에 비해 함유량이 많고, 침엽수는 모노테르펜류가 활엽수는 헤이테르펜류에 속하는 이소프렌이 주된 검출 성분으로 알려짐
  - 침엽수 : 삼나무, 적송, 편백, 잣나무 등
  - 활엽수 : 너도밤나무, 물참나무, 자작나무, 참나무, 졸참나무 등
- 라. 바람, 기온, 자외선, 오존 등의 영향을 많이 받으며, 기온이 높을수록 방출량이 많아지는 것으로 보고

○ 조사방법: 해당 도시 숲 내부와 인근 1km 반경 내 대조군 지점 선택 비교

- 기상인자: 현장측정 및 기상청자료
- 대기오염물질 조사: 미세먼지 측정기기, 이산화탄소 측정기기 사용
- 피톤치드류 발생농도 조사
  - 분석방법: 자동 열탈착장치가 장착된 GC/MS로 정성 및 정량분석
  - 분석항목: 모노테르펜류 7종 이성질체
  - 시료채취방법: 고체흡착관법  
지상 1.2m, MP-Σ30/Sibata Pump를 이용 (1hr×유량 200mL/min) 채취

※ 분석기기 (GC/MSD-TDS) 조건

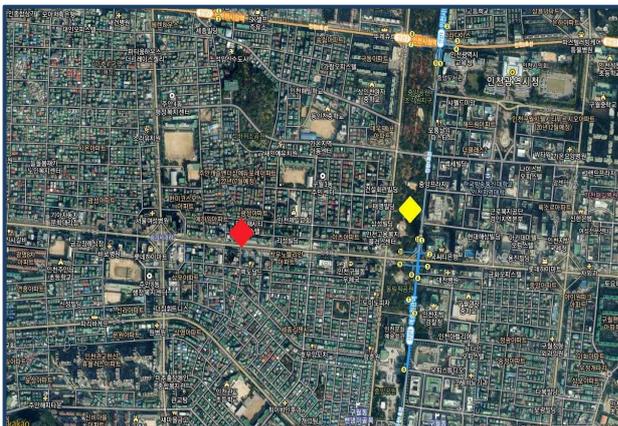
- GC/MSD-TDS : Thermo Trace 1300/ISQ-Markes UNITY-xr
  - Column : TG-1MS (60 m × 0.25 mm × 1.0 μm)
  - Oven temperature : 120°C (3 min)→10°C/min→250°C (0 min)→25°C/min→300°C (5 min)



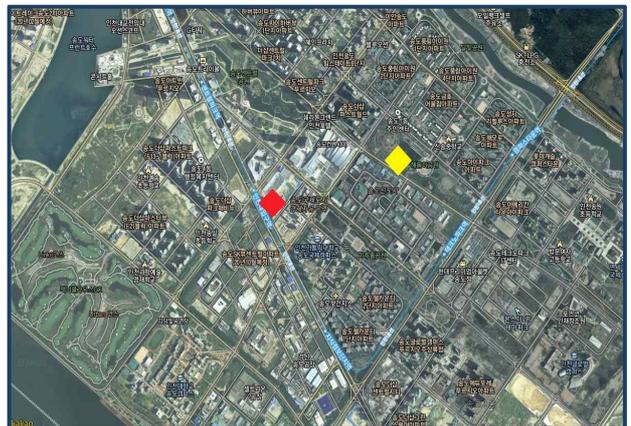
① 석남완충녹지공원(서구)



② 부평공원(부평구)



③ 중앙공원(남동구)



④ 해돋이공원(연수구)

그림 1. 조사지점도(◆ 추정지점, ◆ 대조지점)

## □ 도시숲 산림조성 현황

- 조사지점 해당 공원에 식재되어 있는 수종 현황을 <표 1>에 정리하였다. 석남완충녹지 및 부평 공원의 주 수종은 스트로브잣나무로 상록 교목에 해당하는 소나무과 나무이다. 중앙 및 해돋이 공원 소나무가 주종을 나타냈으나 그 외 다른 종류의 나무들이 많이 식재되어 있다. 숲 공원 면적에 대한 식종수를 단순 계산하여 비교해 보았을 때, 석남완충녹지공원이 2.0 개/m<sup>2</sup> 으로 가장 높은 값을 나타냈다. 교목(8m이상 키 큰 나무)과 관목(2m이하 키 작은 나무)비율은 부평공원이 가장 밀도 있게 식종되어 있는 것으로 조사되었다.
- 교목과 관목의 비율을 살펴보는 이유는 키 큰 나무와 작은 나무 사이에 바람 주머니가 생성되어 미세먼지가 숲속에 오랫동안 머무는 역할을 하여 같은 면적에 미세먼지를 더 많이 제거하는 숲구조를 조성할 수 있기 때문이다. 따라서 새로운 도시숲 조성 시 이러한 점을 고려할 필요성이 있다.

표 1. 대상 도시숲 산림조성 현황

대 상 도시숲	대 표 수 종	식종수 종류 (개수)	식종수/면적 (개수/m <sup>2</sup> )	교목 : 관목 (비율)
석남완충녹지 공 원	스트로브잣, 조팝나무, 회양목, 양매자	-	2.0	1:21
부 평 공 원	스트로브잣, 잣나무, 느티나무, 회양목	71	0.5	1:15
중 앙 공 원	소나무, 향나무, 침활훈효림	-	0.7	1:20
해 돋 이 공 원	소나무, 측백나무, 눈주목, 회양목	62	0.9	1:18

※ 자료 참조: 서구청 공원녹지과, 대공원사업소, 시설공단 송도공원사업소

## II 조사결과 및 분석

### □ 도시숲 기후조절 및 도시열섬 완화 기능

- 도시숲 기후조절 및 열섬현상 완화 기능에 대한 문헌 조사
  - 도시숲은 여름 한낮의 도심보다 평균 3~7 °C 낮고, 습도는 9~23 % 높다.
  - 도시숲이 조성하는 지붕의 그늘효과와 나뭇잎의 증산작용으로 숲 안은 상대적으로 시원하다.

○ 측정결과

- 하절기 관내 도심지 대비 4개 도시숲의 온·습도차이를 비교해보면 평균 온도가 1.7 °C 낮았고 습도는 7.2 % 높았으며, 조사일 중 최대로는 온도 3.1 °C 낮고, 습도는 9.9 % 높게 조사되었다.

표 2. 시료채취 시기별 도시숲과 도심의 온·습도 등 비교

(시료채취기간평균)

조 사 항 목	5월			6월			7월			8월		
	도시 숲	도 심	▼▲									
기 온(°C)	24.6	27.7	▼3.1	28.5	30.1	▼1.6	26.6	27.5	▼0.9	32.4	35.3	▼1.1
습 도(%)	52.3	42.4	▲9.9	48.6	42.7	▲5.9	47.6	44.3	▲3.3	63.1	53.5	▲9.6

- 8월 측정일 각 시료채취 지점의 숲과 대조 지점에서 측정한 열화상카메라 (Model : FLIR-E6390) 사진을 그림2에 표시하였다. 온도측정한 수치보다 순간 열화상카메라로 측정한 사진을 보면 그 차이가 더 뚜렷이 구별된다.
  - 사진 왼쪽 상단은 대상물의 온도 값을, 오른쪽 막대기는 영역대를 표시한다. 상대적으로 보라색 영역은 낮은 온도를 노란색, 흰색 계열은 높은 온도를 나타낸다.
  - 도시 숲과 해당 대조지점과의 차이를 한 눈에 구분할 수 있었으며 평균값으로 10.7~14.9 °C 차이를 나타냈다. 물론, 매체가 가지고 있는 온도가 반영된 결과이지만, 도시 아스팔트포장이 온도를 과도하게 상승시키는 열섬 현상을 보여주고 상대적으로 공원 숲 조성이 이를 낮추고 완화하는 것을 단적으로 확인한 결과라 할 수 있다.
- ‘지리적 위치에 따른 도시 열섬의 시간적 및 공간적 변동성: 울산의 사례 연구 (Building and Environment)’에 따르면, 여름철 울산 도심의 열섬 현상의 강도는 평균 2.5도로 나타났고 이중 약 1.5도의 온도 차이는 도로의 개방성, 도시설계 등 도심의 물리적 특성에 따른 것으로 분석하였다. 나머지 1도의 격차는 녹지면 적의 차이와 같은 도심과 외곽지역의 지리적 입지조건의 결과로 설명됐다. 따라서, 1.5도의 온도 차는 도로변의 설계 특성 등에 의해 변화가 가능한 부분이며 도시 계획에 열섬 현상 완화를 위한 방안마련이 가능함을 제언하였다.
- 도시 설계에 있어 도로아스팔트 부분을 줄이고 표면을 흰색으로 도색을 하거나 (도시 기온을 1°C 감소시킴), 도시 녹지면적을 확보하고 유지하는 방향으로 도시 설계계획이 이루어져야 한다.

구분	도시 숲	대조 지점
석남 녹지완충		
부평		
중앙		
해동이		

그림 2. 도시 숲 공원과 대조 지점 열화상카메라 사진 비교

## □ 도시숲 이산화탄소 저감 효과

### ○ 도시숲 이산화탄소 저장 및 저감에 관한 문헌 조사

- 수목량 증가는 대기 온도 및 풍속을 낮추며 이는 냉·난방 사용량을 감소시킨다. 컴퓨터 모의실험 연구에 따르면, 고 에너지 효율의 주택건물 주변 세 그루의 성숙목이 냉방장치의 연간 수요를 25~43 %까지 감소시키는 결과를 나타냈다 (Hung et al. , 1987, The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings. Journal of Climate and Applied Metheorology 26(Setember): 1103-1116).
- 도시녹지로부터 온실가스 배출량 감축 혜택은 냉방장치 설비가 된 건물이 많고 냉방하는 기간이 긴 지역에서 가장 크다. 전력 발생의 주 연료가 석탄이라면 배출 감축량이 상당할 수 있다.
- 이산화탄소 4,648만 톤을 흡수하여 연간 3,380만 톤의 산소를 만들어 깨끗한 공기로 정화하는 기능이 탁월하다(그림 3 참조).

### ○ 측정결과

- 측정 평균농도 기준으로 평균 도심 대조지점 대비 숲에서 측정한 이산화탄소 비율이 평균 6 %, 최대 13 % 적게 나타났다. 부평공원에서 감소비율이 가장 컸으며 중앙공원, 해돋이공원, 석남완충녹지공원 순으로 조사되었으며 표 3과 같이 이산화탄소 저감효과를 확인하였다.

표 3. 시료채취 지점별 이산화탄소 농도

(단위 : ppm)

대상 도시숲		5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
석남완충 녹지공원	도시 숲	491.7	553.6	544.4	557.7	536.9	571.0	351.0
	도심 대조	380.4	605.6	618.4	561.8	541.6	661.0	340.0
부평공원	도시 숲	357.6	523.7	550.0	526.7	489.5	570.0	326.0
	도심 대조	456.0	635.4	616.5	552.2	565.0	653.0	337.0
중앙공원	도시 숲	527.7	554.6	571.9	554.4	552.2	595.0	492.0
	도심 대조	440.4	650.7	639.0	590.1	580.1	674.0	418.0
해돋이공원	도시 숲	508.0	523.4	538.7	530.2	525.1	558.0	485.0
	도심 대조	415.7	599.0	582.0	567.2	541.0	616.0	387.0

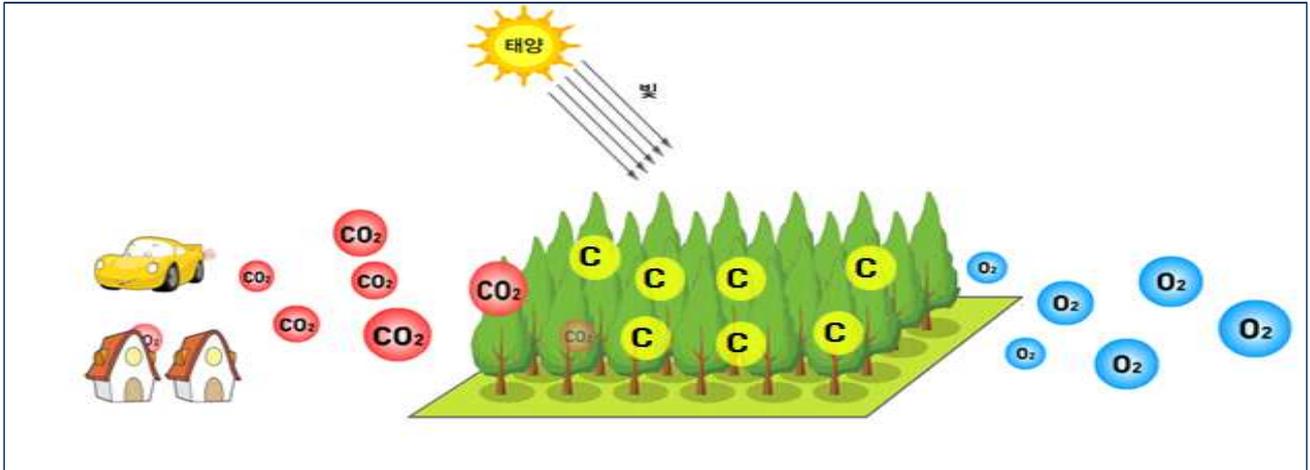


그림 3. 산림(C)의 성장과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 흡수 및 산소(O<sub>2</sub>) 방출 모식도

- 표 4 는 우리나라 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량 자료를 나타낸 것이다. 표를 활용하여 석남완충녹지공원의 연간탄소흡수량을 계산해 보면, 연간 45 톤을 흡수하는 것으로 단순 추정할 수 있다.

가정 1) 식재된 나무들이 소나무 10년생

가정 2) 공원전체면적의 70%가 숲이 차지하는 면적

가정 3) 숲이 차지하는 면적의 50%가 소나무로 식재

계산) 5.38 톤/ha/년 × 24.2705 ha (242,705 m<sup>2</sup>) × 0.7 × 0.5 ≒ 45 톤/년

표 4. 단위면적 당 (ha당) 연간 CO<sub>2</sub> 흡수량

(단위 : 톤/ha/년)

수종	임령(년)	10	20	30	40	50	60
	강원지방소나무		7.35	9.92	9.40	8.08	6.61
중부지방소나무		3.40	6.76	12.14	6.29	3.22	1.77
소나무 (평균)		5.38	8.34	10.77	7.19	4.92	3.51
잣 나무		5.31	11.55	10.61	8.90	7.45	6.37
낙엽송		8.96	10.31	9.27	8.33	7.70	7.31
리기다 소나무		4.42	13.60	12.16	6.47	5.06	4.02
편백		5.10	8.67	8.03	6.47	5.06	4.04
상수리 나무		11.72	16.53	14.55	12.83	11.43	10.22
신갈 나무		9.00	15.62	9.73	8.79	7.80	7.08
참나무 (평균)		10.36	16.08	12.14	10.81	9.62	8.65
전체 (평균)		6.91	11.62	10.74	8.27	6.79	5.76
침엽수 (평균)		5.76	10.14	10.27	7.42	5.85	4.79
활엽수 (평균)		10.36	16.08	12.14	10.81	9.62	8.65

※ 출처 : 국립산림과학원 기후변화연구센터. 주 : 1ha = 100m × 100m

## □ 도시숲 미세먼지 및 대기오염물질 조절 기능

### ○ 도시숲 미세먼지 저감 및 기타 대기오염물질 조절 기능 관련 문헌 조사

- 녹지는 여러 가지 복잡한 방식으로 대기질에 영향을 미친다(The Nature Conservancy, 2016). 도시 내 숲은 대기오염물질인 CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> 및 NO<sub>2</sub>를 흡수하여 (조 외, 2002) 초미세먼지의 2차적 발생을 억제하며 온도를 낮춰 에너지 사용을 억제하기 때문에 오염물질 배출량을 감소시키기도 한다(Nowak and Heisler, 2010). 이미 발생되어 대기 중에 존재하는 미세먼지도 다양한 메커니즘을 통해 저감 할 수 있다.
- 미세먼지 수집효율(capture effect)은 침엽수 > 활엽수 > 관목 > 혼효림 > 초지 순이고, 초지는 효율은 떨어지지만 재비산 방지에 효과적이다(Nguyen et al., 2015).
- 조성형 공원은 면적 넓을수록 대기오염물질 농도가 유의하게 낮고, 녹지면적의 영향이 크며, 식생 특성이 높을수록 농도 감소하는 경향을 나타낸다.

## < 수목의 미세먼지 저감 메커니즘 >

수목이 대기 중 미세먼지를 저감하는 방식은 건식 침적으로 수목의 표면과 입자 간의 상호작용이며, 차단, 침강, 흡착, 흡수, 충돌, 브라운 확산 등과 같은 작용을 통해 이루어진다(Peroff et al., 2008). 크게 차단, 침강, 흡착, 흡수, 4가지 방식으로 정리될 수 있다.

- 1) 차단: 수목으로 인해 대기와 함께 이동하던 입자의 이동을 막아 저감하는 방식으로 수관 폭이 크고 수고가 높을수록 복잡한 구조를 가질수록 차단 작용하는데 유리하다.
- 2) 침강: 수목으로 인해 대기의 흐름이 약해져 중력에 의해 가라앉아 저감하는 방식으로 차단과 마찬가지로 수관 폭이 크고 수고가 높을수록 침엽수와 같이 복잡한 구조를 가질수록 작용하는데 유리하다.
- 3) 흡착: 대기 중의 입자가 수목의 표면에 달라붙어 저감하는 방식으로 잎이나 수피의 단위 부피당 표면적이 넓고 표면에 털이나 왁스층을 가진 수목이 작용하는데 유리하다.
- 4) 흡수: 입자가 기공 안으로 들어가서 저감하는 방식으로 기공이 열려있는 시기에 작용한다.

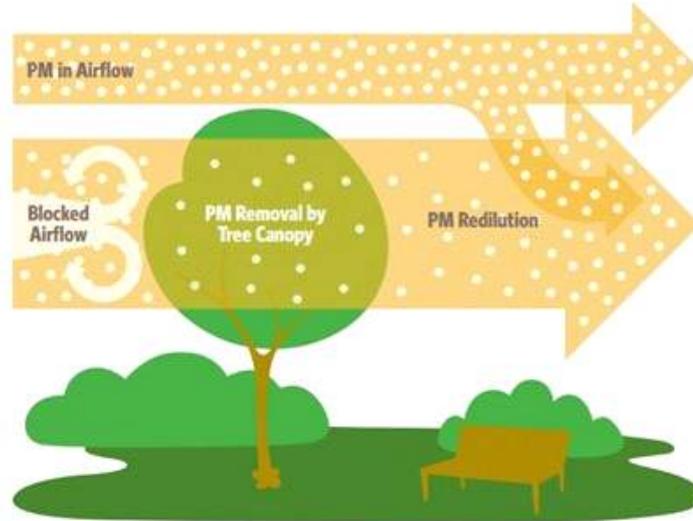


그림 4. 미세먼지 입자의 차단 및 침강 작용(Nature Conservancy, 2016)

### ○ 측정결과

- 측정일시 대기환경 상태에 따라, 전체적인 미세먼지 농도는 월별·지역별로 상이하나, 도시 숲과 대조 지역에서의 PM<sub>10</sub> 농도는 석남완충녹지공원은 55%, 부평공원 6% 낮게 측정되었다. 그러나, 중앙공원과 해돋이공원에서 결과값은 대조 지점과 유사하거나 오히려 낮게 측정된 것으로 조사되었다(표 5). 측정시간대의 풍속과 같은 도시환경영향으로 판단된다.

표 5. 2019 도시숲별 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 비교

(단위 : ug/m<sup>3</sup>)

대상 도시숲		5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
석남완충 녹지공원	도시 숲	73.3	52.5	63.1	71.7	65.2	198.9	38.8
	도심 대조	289.8	74.5	132.6	88.2	146.3	771.7	41.8
부평공원	도시 숲	36.6	34.5	53.5	41.2	41.5	91.5	26.3
	도심 대조	38.4	38.7	60.1	39.4	44.2	166.9	23.6
중앙공원	도시 숲	36.1	54.3	38.4	68.5	49.3	150.3	25.2
	도심 대조	33.8	52.2	41.6	62.9	47.6	178.2	25.6
해돋이공원	도시 숲	22.2	46.3	60.9	58.4	47.0	160.8	16.8
	도심 대조	19.3	37.8	59.3	62.3	44.7	185.8	11.1

- PM<sub>2.5</sub> 석남완충녹지공원의 경우(표 6), 대조지점 대비 도시 숲이 29% 낮은 농도를 나타내어 숲에서의 미세먼지 효과가 확인되었으나 그 외 공원에서는 효과가 미미하다. 표 1에서 살펴본 바와 같이 단위면적당 식종수가 다른 공원에 비해 2배 높은 석남완충녹지공원의 경우 다른 환경변수의 영향을 덜 받으면서 미세먼지 저감 효과를 나타내는 것으로 보인다.

- 미세먼지와 초미세먼지의 경우 표를 비교해서 보면 결과 값의 변동이 더 크고 오히려 숲의 경우가 더 큰 경우가 있어 영향을 주는 외부 환경변수의 영향이 PM<sub>10</sub> 보다 PM<sub>2.5</sub>에서 더 클 것으로 사료된다.

표 6. 2019 도시숲별 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 비교

(단위 : ug/m<sup>3</sup>)

대상 도시숲		5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
석남완충 녹지공원	도시 숲	15.1	8.5	35.6	14.4	18.4	69.1	6.2
	도심 대조	30.1	11.6	46.1	16.3	26.0	75.7	9.4
부평공원	도시 숲	7.6	7.1	29.7	5.8	12.6	38.3	4.7
	도심 대조	8.0	7.0	25.2	6.2	11.6	31.8	4.7
중앙공원	도시 숲	9.0	11.3	7.6	9.4	9.3	150.3	25.2
	도심 대조	8.4	11.4	7.1	9.5	9.1	178.2	25.6
해돋이공원	도시 숲	4.2	16.3	9.6	10.5	10.2	168.0	16.8
	도심 대조	3.9	12.4	9.2	9.6	8.8	185.8	11.1

- 그 외 기타 가스상 물질인 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>) 측정 결과는 표 7,8 에 나타내었다. 표 7을 보면, 이산화질소의 경우는 도시 숲이 대조 도심보다 45~61 % 낮은 값을 나타내는 것으로 조사되었다. 특히, 부평공원에서의 결과 값이 61 %로 2배 이상의 차이를 나타내고 있다.

표 7. 2019 도시숲별 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 비교

(단위 : ppm)

대상 도시숲		5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
석남완충 녹지공원	도시 숲	0.05	0.08	0.13	0.13	0.10	0.14	0.03
	도심 대조	0.06	0.20	0.26	0.19	0.18	0.28	0.05
부평공원	도시 숲	0.03	0.07	0.13	0.11	0.09	0.13	0.02
	도심 대조	0.17	0.23	0.30	0.17	0.22	0.31	0.15
중앙공원	도시 숲	0.11	0.12	0.15	0.11	0.12	0.15	0.10
	도심 대조	0.19	0.22	0.31	0.19	0.23	0.32	0.16
해돋이공원	도시 숲	0.09	0.10	0.13	0.11	0.11	0.14	0.07
	도심 대조	0.17	0.20	0.26	0.19	0.21	0.28	0.14

- 오존의 경우(표 8)도 이산화질소의 경우와 매우 유사하며 도시숲과 대조지점과 차이는 대조지점 대비 37~57 % 낮은 값을 나타내고 있으며, 부평공원의 경우 그 차이는 뚜렷하다. 부평공원과 대조지점의 특징은 타 공원지역보다 교통량이 많은 것이 특징이라 할 수 있다.

표 8. 2019 도시숲별 오존(O<sub>3</sub>) 비교

(단위 : ppm)

대상 도시숲		5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
석남완충녹지공원	도시 숲	0.03	0.05	0.09	0.09	0.07	0.13	0.02
	도심 대조	0.04	0.14	0.16	0.12	0.12	0.18	0.02
부평공원	도시 숲	0.02	0.05	0.09	0.08	0.06	0.09	0.01
	도심 대조	0.11	0.15	0.19	0.11	0.14	0.19	0.10
중앙공원	도시 숲	0.08	0.09	0.11	0.08	0.09	0.11	0.07
	도심 대조	0.12	0.14	0.19	0.12	0.14	0.20	0.11
해돋이공원	도시 숲	0.06	0.08	0.09	0.08	0.08	0.10	0.05
	도심 대조	0.11	0.13	0.17	0.12	0.13	0.18	0.09

- 문헌조사에 따르면 이중결합(C=C)을 포함하는 테르펜류는 산소, 오존, 이산화질소와 같은 산화제에 의해 이차 물질인 저분자 알데히드 및 지방산을 형성하는 것으로 알려져 있다(Wolkff, P., P.A. Clausen, C.K. Wilkins, and G.D Nielsen(2000), Formation of strong airway irritants in terpene/ozone mixtures, Indoor Air, 10, 82-91).

## □ 도시숲 생리활성물질(피톤치드류) 생성으로 인한 심신안정 효과

### ○ 도시숲 생리활성물질 생성에 관한 문헌 조사

- 스트레스 완화, 면역기능 완화, 숙면효과, 소취탈취 기능 등 심신안정 효과가 있어 독일과 일본을 비롯한 선진국에서는 국민건강 유지 및 질병 치유를 목적으로 산림환경을 적극 활용하고 있으며, 이에 따라 숲이 지닌 보건기능에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(송일석 등, 광고산의 피톤치드 발생량 및 분포 특성, 한국환경기술학회지, 14-4, pp. 269~277, 2013).
- α-pinene, β-pinene는 근육통, 감기, 관절염, 정신피로, 혈액순환 Camphene은 갱년기 장애, 모유부족, 피부염증, 강장, 거담, 건위, 해독작용 효능 d-limonene은 혈액순환, 감기, 고혈압, 혈액순환, 우울증 등에 효능이 있는 것으로 보고된다(kang, H-Y., Secret of phytoncide, History nat, 2003).

### ○ 측정결과

- 채취 시기 및 지점별 농도분포
  - 인천지역 4개 도시숲에 대해 조사한 모노테르펜 평균농도는 석남완충녹지공원 170~2854 pptv, 부평공원 248~2023 pptv, 중앙공원 53~997 pptv, 해돋이공원 2~112 pptv 등으로 평균 800 pptv(2~2854 pptv) 범위로 조사되었다.

표 9. 2019 도시숲별 모노테르펜류 농도

(단위 : pptv)

대상 도시숲		5월	6월	7월	8월	평균	최대	최소
석남완충녹지공원	도시 숲	170.6	2033.0	1290.0	2854.0	1586.9	2854.0	170.6
	40분 산책	173.8	1870.4	1255.7	2595.9	1474.0	2595.9	173.8
	도심 대조	174.5	1238.6	459.6	1509.5	845.6	1509.5	174.5
부평공원	도시 숲	248.7	1569.2	386.5	2023.2	1056.9	2023.2	248.7
	40분 산책	25.2	1546.2	527.5	2004.7	1025.9	2004.7	25.2
	도심 대조	78.9	592.9	68.7	415.1	288.9	592.9	68.7
중앙공원	도시 숲	997.3	436.5	53.7	232.8	430.1	997.3	53.7
	40분 산책	75.6	461.0	57.8	276.7	217.8	461.0	57.8
	도심 대조	374.2	317.4	268.9	55.2	253.9	374.2	55.2
해돋이공원	도시 숲	78.7	112.7	82.2	2.8	126.6	112.7	2.8
	40분 산책	50.5	91.6	277.2	0.0	174.0	277.2	0.0
	도심 대조	19.3	31.5	95.3	0.0	50.3	95.3	0.0

- 2019년 조사결과(그림. 5) 모노테르펜류 평균 농도가 높았던 시기는 8월 이었고, 최고 농도 지점은 석남완충녹지공원, 2854pptv 이었으며, 다른 지점 역시 6월, 8월에 높은 농도분포를 나타냈다.
- 2019년은 도시숲 산책길을 40분 동안 이동 시료채취 하는 방법 추가하여 숲산책을 즐기는 사람들의 행위를 반영하여 시료 채취하였으며, 그 결과 (표 9)와 같이 평균 756 pptv (불검출~2595 pptv) 범위로 조사되었다.  
도시숲 4개소에서 고정 측정된 값과 유사하게 조사되어, 가벼운 산책을 하고 이동을 하여도 피톤치드에 대한 효과는 동일하게 받을 수 있는 것으로 판단할 수 있다.

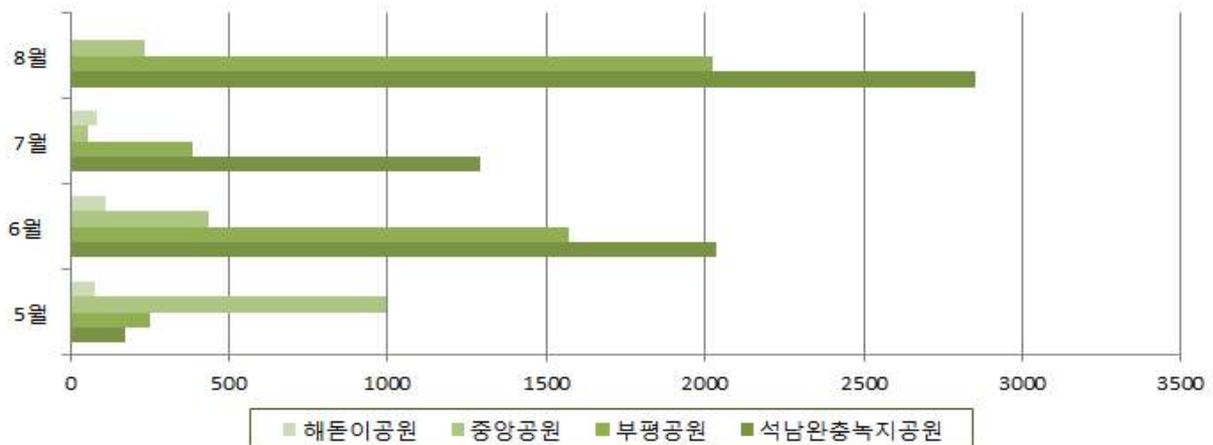


그림 5. 도시숲, 월별 모노테르펜류 농도분포 (단위:pptv)

- 도시숲별 대조 지점과의 모노테르펜류 농도를 비교한 것을 그림 6 에 나타내었다. 대조 지점 대비 부평공원이 266 % 증가로 가장 많은 차이를 나타내었고 석남완충녹지공원이 88 % 차이를 나타내었다. 중앙공원과 해돋이공원은 총량은 상대적으로 작으나 역시 각각 대조지점과의 차이는 47 %, 247 % 나타내었다.

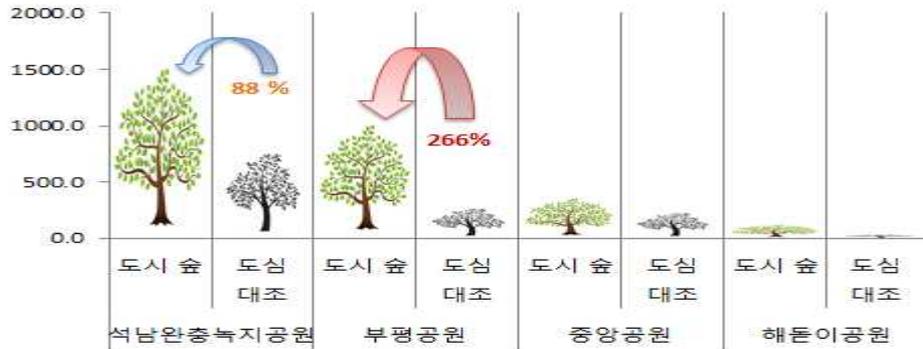


그림 6. 도시숲별 대조지역과 모노테르펜류 농도 비교 (단위:pptv)

- 조사결과 동일 지점임에도 채취시기별 농도편차가 크고, 채취시기가 같더라도 지점별 농도편차가 컸다. 이는 모노테르펜류가 식물에서 자연적으로 배출되는 자연적 휘발성유기화합물이기 때문에 채취지점의 지형적 요인(주변 수종 및 산림 밀도 등) 및 온도, 습도, 풍향, 풍속 등 국지적인 기상요인 등의 차이에 의한 복합적 영향의 결과라 사료된다.

- 모노테르펜류 농도 및 기상인자(온·습도)

- 모노테르펜류는 기온이 높고 일사량이 높은 기상조건과 생육이 왕성한 계절에 많이 발생한다고 알려진 바와 같이, 이번 실태조사에서도 8월이 5월 대비 3~16배 높은 농도분포를 보였다. 이에 따라 산림욕 효과를 증가시키는 공원 이용 시기는 7월말 8월 초 한여름 이후로 판단된다.
- 피톤치드의 방출량은 식물의 생육에 작용하는 기후인자에 따라 변동이 있으나 이번 조사에서 25℃ 이상, 습도는 50% 이상 환경조건에서 안정적으로 방출하는 것으로 조사되었다(그림 7).
- 우정식 등과 지동영 등의 논문에서 모두 온도와 습도가 피톤치드 총발생량과 양의 상관관계를 나타낸다는 보고를 한 바 있다. 모노테르펜 각각 물질별로 상관관계를 살펴 볼 수 있으나 이번 조사에서 이는 고려하지 않았다.

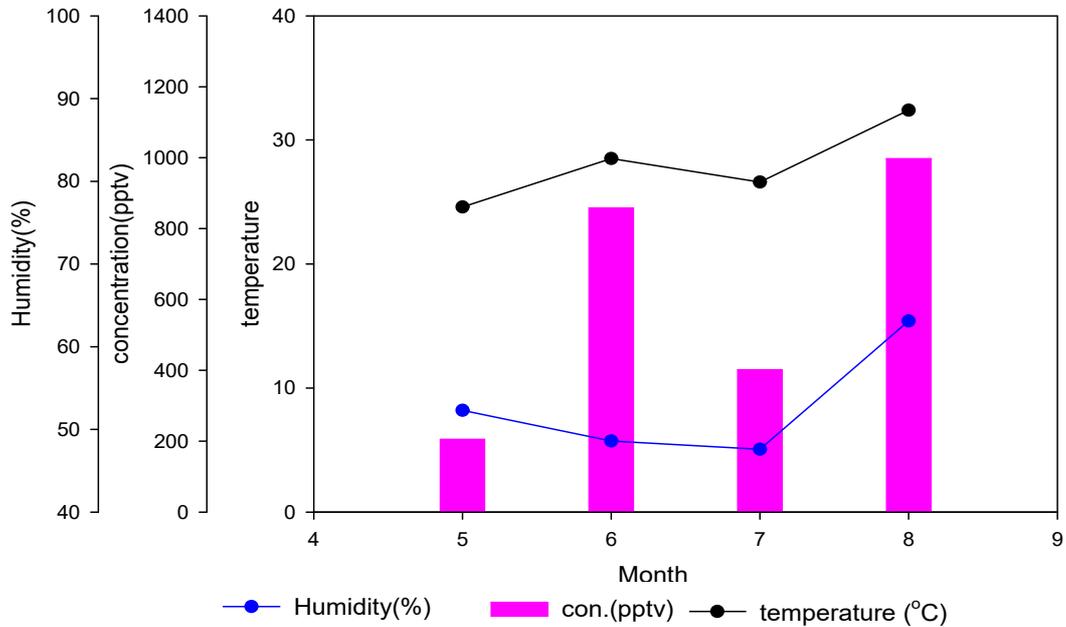


그림 7. 모노테르펜류 농도 및 기상인자

- 모노테르펜류 성분 분포 특성

- 모노테르펜류 7종 성분별 농도를 조사지점별 정리한 값을 표 10. 과 그림 8. 에 나타내었다.

표 10. 도시숲별 피톤치드성분 농도

(단위 : pptv)

구 분	석남완충녹지공원	부평공원	중앙공원	해돋이공원
$\alpha$ -pinene	846.4	556.6	130.1	28.7
Camphene	65.2	34.4	42.0	5.8
$\beta$ -pinene	317.0	167.1	68.2	5.4
$\alpha$ -terpinene	10.8	2.0	5.0	2.9
p-cymene	20.7	11.7	26.5	7.8
d-limonene	38.7	16.2	25.9	17.1
$\gamma$ -terpinene	3.3	2.6	2.8	2.5

- 조사대상 모노테르펜류 이성질체 7종 중 전 지점에서 검출된 성분은  $\alpha$ -pinene, Camphene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -terpinen, p-cymene, d-limonene 이었다. 구성비가 가장 높은 성분은  $\alpha$ -pinene이고 다음으로  $\beta$ -pinene, Camphene 순이었으며  $\gamma$ -terpinene은 거의 검출되지 않았다. 구성비가 높았던  $\alpha$ ,  $\beta$ -pinene은 우리나라 소나무에서 가장 많이 배출되는 모노테르펜류로 알려져 있다.

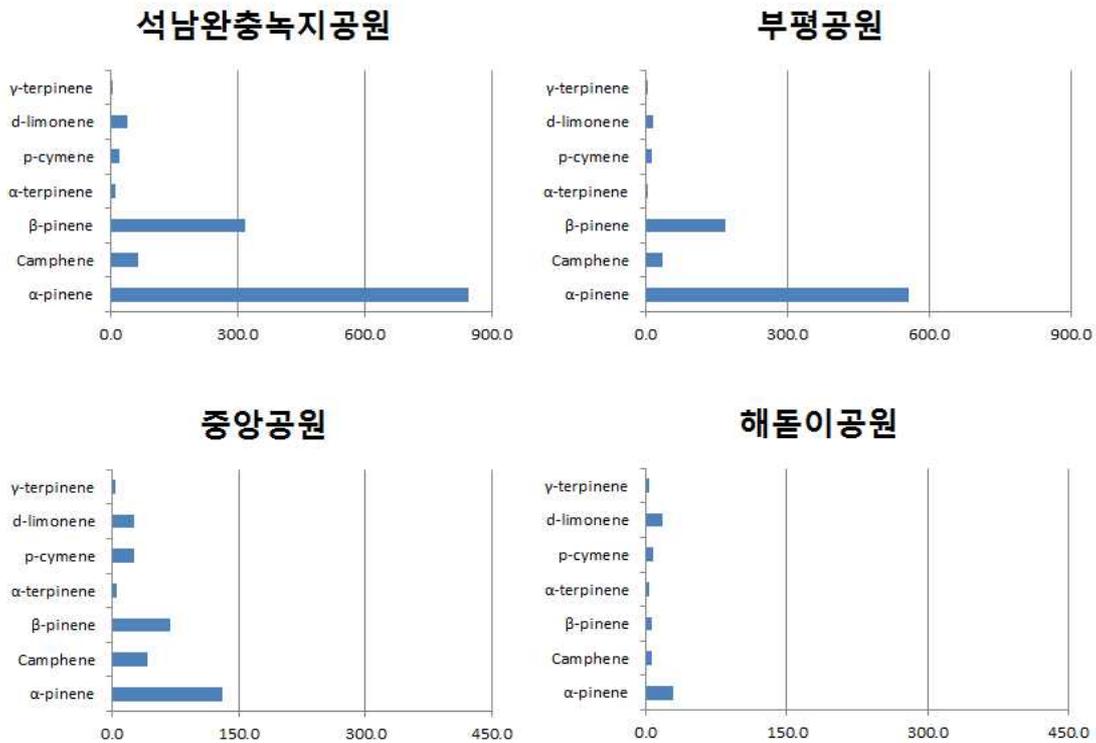


그림 8. 조사지점별 모노테르펜류 성분분포 현황 (단위:pptv)

- 시간대별 피톤치드 농도 조사결과

- 도시숲 조사기간(6월) 중 석남완충녹지공원 숲에서 모노테르펜 방출량 24시간 변화추이를 조사 한 결과(그림 9) 한낮보다는 오전 10시, 일몰 후 오후 5시, 8시에 농도가 높았다. 따라서, 하절기 산과 공원을 이용하는 시민들이 지역 도시숲에서 피톤치드류의 순기능 영향을 최대로 받기 위해서는 오전 10시경 및 오후 5시~8시 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

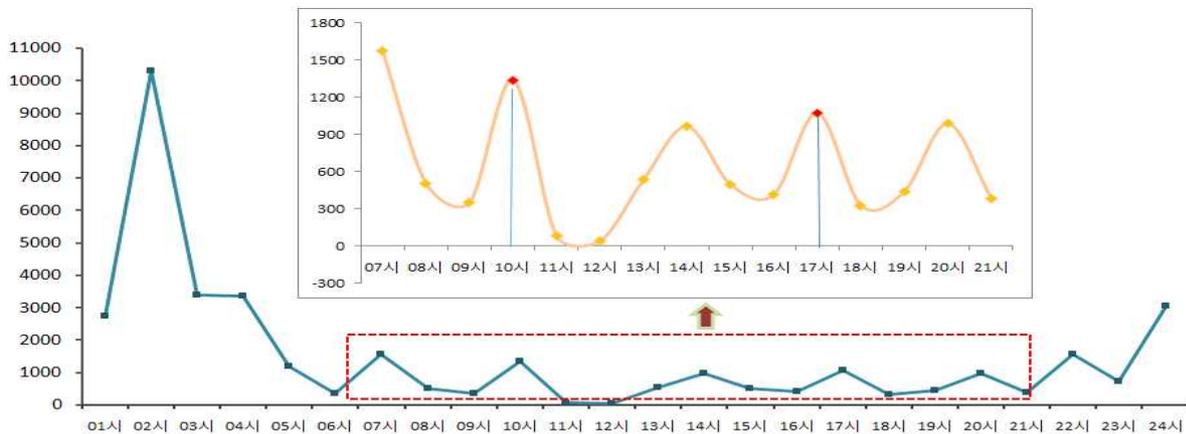


그림 9. 모노테르펜류 일 변화량

- 이번 조사는 도심에 위치한 고도 300 m 이하 낮은 공원을 대상으로 하였으며 문헌조사에서 피톤치드의 시간대별 변화는 지역에 따라 차이가 있었다. 2019년 6월 일변화량 조사는 최고 농도가 새벽 2시경에 나타났으며 이는 제주도 산림 지역이 야간에 최고 농도가 나오는 결과와 유사한 결과를 나타내는 것으로 조사되었다.
- 이러한 방출량의 시간대별 변화는 모노테르펜류가 낮 동안에는 광화학반응에 의해 소모되나 밤 시간대는 광화학반응에 영향을 받지 않아 높게 조사된 것으로 해석할 수 있으며, 여러 지역의 조사결과가 상이한 이유 또한 각 지역의 지형과 식재된 수종, 일사량과 대기안정도 등 기상조건이 다르기 때문으로 사료된다.

### Ⅲ 종합평가 및 고찰

- 2019년 조사대상 4개 도시숲 기능성 조사를 실시하기 위해, 해당 공원 도시숲과 대조지점을 선정하여, 각각 온·습도, 이산화탄소, 미세먼지 및 기타 대기오염물질 및 피톤치드 생성 값을 측정 비교하였으며 다음과 같은 순기능 결과를 확인하였다.
  - 첫째, 도시숲 열섬현상 완화 효과 확인
    - 대조지역 대비 조사대상 도시숲 ⇒ 온도 3.1 °C↓, 습도 9.9 %↑
    - 도시숲이 조성하는 지붕 그늘효과와 나뭇잎의 증산작용으로 숲 안은 상대적으로 시원하다. 이는 숲이 도심의 열을 빼앗고 습기를 공급하는 도시 열환경을 개선하는 역할을 수행하여 도시 열재해(폭염, 열섬현상)을 완화시키는 결과를 나타낸다.
  - 둘째, 도시숲 이산화탄소 저감 효과 확인
    - 대조지역 대비 조사대상 도시숲 ⇒ 석남완충녹지 4.7~부평공원 75.5 ppm↓
    - 평균 6 %, 최대 13 % 도시숲이 인근 대조지점보다 이산화탄소 적게 측정되는 것으로 나타났다.
    - 일반적으로 숲은 연간 이산화탄소 4,648만 톤 흡수해 3,380만 톤 산소 생성, 깨끗한 공기로 정화 기능 탁월한 것으로 조사된다(문헌).

○ 셋째, 미세먼지 및 대기오염물질 조절 기능

- 대조지역 대비 조사대상 도시숲
  - PM<sub>10</sub> : 석남완충녹지 55% ↓ , PM<sub>2.5</sub> : 석남완충녹지 29% ↓
  - NO<sub>2</sub> : 45 ~ 61% ↓ , O<sub>3</sub> : 37 ~ 57% ↓
  - 숲은 다양한 메커니즘(차단, 침강, 흡착, 흡수, 충돌, 브라운 확산)을 통해 미세먼지를 저감시키고,
  - 또한, 대기오염물질(CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> 및 NO<sub>2</sub>)을 흡수하여 초미세먼지의 2차적 발생 억제시킨다(문헌).

○ 넷째, 생리활성물질(피톤치드) 생성으로 인한 심신안정 효과

- 도시숲 피톤치드류 평균 합농도: 800 pptv (3 ~ 2854 pptv)
- 도시숲이 대조지점보다 평균 2배 농도가 높았다.

(단위: pptv)

실험군	조사지점	도시숲	대조지점	배수(도시숲/대조)
석남완충녹지공원		1587	846	2
부평공원		1057	289	4
중앙공원		430	254	2
헤돈이공원		127	50	3
평균농도		800	360	2

※ 피톤치드류 합농도 편차가 큰 이유

- ☞ 피톤치드는 양호한 기상조건 (기온, 일사량↑, 풍속↓)과 식물생육이 왕성한 계절의 방출농도가 높아, 기온과 일사량의 변화가 커지는 시기의 합농도는 편차가 큼

- 피톤치드 순기능

- 알파-피넨, 베타-피넨: 근육통, 감기, 관절염, 정신피로, 혈액순환
- 캄펜: 갱년기 장애, 모유부족, 피부염증, 강장, 거담, 건위, 해독작용 효능

- 산책할 동안의 효과

- 시민의 공원 이용유형을 고려하여 산책시간과 유사한 40분 이동 시료채취 조사결과 피톤치드가 평균 706 pptv로 조사되어 잘 조성된 도시 숲을 산책하는 것은 고정형 산림육과 유사한 효과를 볼 수 있음을 확인하였다.
- 하절기 도시숲 산책 시간대는 오전 10시경과 오후 5시~8시경으로 나타났다.

## ○ 고찰

- 도시숲이 제공하는 순기능에는 이번 조사에서 확인한 것과 같이 기후조절 및 도시 열섬완화 및 온실가스 저장 기능 외에도 식량이나 목재를 공급하는 기능, 꽃가루받이와 토양생성 및 생물다양성을 지원하는 기능, 레크레이션과 영감과 같은 미적가치를 부여하는 문화서비스 기능 등이 있으며 이를 총칭하여 생태계 서비스라 한다.
- 도시숲이 주는 이러한 다양한 순기능을 고려해 볼 때, 기후변화 적응책의 필수 과제로 ‘도시숲’ 확충의 필요성이 절실히 요구된다. 또한, 도시숲이 제공하는 생태계서비스에 대한 인식을 확대시키고 이에 대한 적극적 시민 홍보가 요구되는 실정이다.
- 2020년 7월부터 도시공원일몰제가 시행되는 환경적 위기상황에 있어 ‘살고 싶은 명품도시’로 거듭나기 위해서는 시민들 관심과 지자체에서 함께 생태공간 조성에 적극적인 노력이 필요하며 이번 조사가 이를 뒷받침할 과학적 근거자료로 활용되기를 기대한다.

## (참고문헌)

우정식, 최시림, 이용기, 민윤기, 정병환. 산림유향지 유형별 피톤치드 분포특성, 경기도 보건환경연구원보.

조현길, 조용현, 안태원(2002). 서울 남산 도시자연공원의 대기정화능과 가치, 한국환경생태학회지. 16(2): 172-178

차재규 외 8명 생태연구본부 융합연구실 (2018). 도시녹지의 미세먼지 조절기능 연구.

최태영 문호경 강다인 차재규 서울시 토지피복에 따른 계절별 미세먼지 농도차이 분석 산림과 시가지지역을 중심으로 환경영향평가 학회

홍석환 강래열 안미연 김지석 정은상 도심 도로변 가로녹지가 주변 오픈스페이스의 미세먼지농도에 미치는 영향 연구 부산시청 광장을 대상으로 한국환경생태학회지 32(3):323-331

황광일(2016) 도로변 완충녹지의 식재구조에 따른 초미세먼지 농도 저감효과 연구 서울 송파구 완충녹지를 대상으로 석사학위논문 서울시립대학교 서울

Nguyean, T., Yu, X., zhang, Z., Liu, M., Liu, X. (2015). Relationship between types of urban forest and PM2.5 capture at three growth stages of leaves. Journal of Environmental Sciences, 27, 33-41.

The Nature Conservancy(2016). planting healthy air - A global analysis of the role of urban trees in addressing.