

잣나무림의 입목밀도가 여름철 온열환경 및 인체 생리반응에 미치는 영향

박범진 · 권치원 · 최윤호 · 염동걸 · 김진우 · 정다워*

충남대학교 산림환경자원학과

The Effect of Tree Density of *Pinus koraiensis* Forest on the Thermal Comfort and the Physiological Response of Human Body in Summer Season

Bum-Jin Park, Chiwon Kyeon, Yoonho Choi, Dong-geol Yeom, Geonwoo Kim and Dawou Jeong*

Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 302-701, Korea

요 약: 본 연구는 잣나무림의 입목밀도에 따른 여름철 온열쾌적감 및 인체의 생리반응을 조사하기 위해서 진행되었다. 본 연구의 온열쾌적감 지표로는 예상평균한서감지수(PMV)와 예상불만족도(PPD)를 사용하였으며, 피험자의 생리 지표로는 심박변동성(HRV)을 사용하였다. 피험자는 신체적으로 건강한 20대 남녀 15명(23.7±1.7세)이 참가하였다. 피험자는 각 실험구에 앉아 5분 동안 HRV를 측정하였고, 각 실험구의 온열 환경을 측정하였다. 연구 결과, PMV와 PPD를 통하여 입목밀도가 120%인 잣나무림은 80%인 잣나무림보다 열적으로 쾌적하다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 피험자의 생리반응의 경우 입목밀도가 120%인 잣나무림은 80%인 잣나무림보다 HRV의 HF가 유의하게 높았으며, LF/HF가 유의하게 낮은 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구의 결과를 통하여 입목밀도가 120%인 잣나무림은 80%의 잣나무림보다 열적으로 쾌적하며, 인체 생리적으로 안정된다는 사실을 과학적으로 증명할 수 있었다.

Abstract: This study was conducted to examine the effect of tree density of *Pinus koraiensis* forest on the thermal comfort and the physiological response of human body in summer season. As the indicators of thermal comfort were used the predicted mean vote (PMV) and predicted percentage of dissatisfied (PPD), while the heart rate variability was used for the physiological indicator of subjects. The subjects were 15 physically healthy men and women in their 20s (23.7±1.7 years old). The subjects sat in each site to measure HRV for 5 minutes and the thermal comfort of each site was measured. As a results, it was proven by PMV and PPD that the *Pinus koraiensis* forest with 120% tree density was thermally more comfortable than the *Pinus koraiensis* forest with 80% tree density. In case of the subjects' physiological response, the *Pinus koraiensis* forest with 120% tree density showed significantly higher HF of HRV than the *Pinus koraiensis* forest with 80% tree density and significantly lower LF/HF. Therefore, the findings of this study scientifically proved that the *Pinus koraiensis* forest with 120% tree density is thermally more comfortable and physiologically more relaxing than the *Pinus koraiensis* forest with 80% tree density.

Key words: tree density, thermal environment, PMV, PPD, physiological, HRV

서 론

산림청은 1966년 발족한 이후 우리나라의 산림기본계획을 바탕으로 많은 산림정책을 추진해왔다. 1970년 초까지의 주요 산림정책은 산림복구 및 산림보호정책을 중심으로 추진한 보속수확의 기반구축으로 볼 수 있으며, 1980년대 초반부터 추진한 주요 산림정책은 산림의 공익기능

증진을 위한 다목적 경영 패러다임으로 볼 수 있다(Lee, 2013). 또한 최근에는 산림을 건강자산으로 활용하여 복지수준이 높은 풍요로운 산림국가로 나아가기 위한 정책들이 추진되고 있다.

이러한 정부 정책 패러다임의 변화와 더불어 연구 분야에서도 산림의 공익적 기능을 다룬 연구 발표가 증가하고 있다. 특히 사회적으로 산림치유 분야의 관심이 높아지면서 산림이 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 결과 산림환경은 도시의 환경보다 생

*Corresponding author
E-mail: dawo.jeong@gmail.com

리적, 심리적으로 안정 효과가 있다는 것이 과학적으로 증명되고 있다(Lee et al., 2011; Park and Miyazaki, 2008; Park et al., 2010; Song et al., 2011). 이와 같은 산림의 치유 효과는 산림의 쾌적성을 결정짓는 다양한 환경요소의 조합에 따라 오감을 자극한 결과라 할 수 있다. 따라서 산림의 치유 효과를 극대화하기 위해서는 산림의 쾌적성을 향상시킬 수 있는 산림 환경 설계 및 관리 방안에 대한 연구가 필요하다. 이에 대한 선행연구로써 Kim(1999)은 보건효과를 증진하기 위한 자연 휴양림의 산림 관리 기법을 제안하였으며, Lee and Kim(2012)은 ‘치유의 숲’의 치유 효과를 증진하기 위해 입목밀도 시뮬레이션의 시각적 선호도를 기반으로 한 적정 입목밀도 관리 방향을 제시하였다. 또한 Shin et al.(2013)은 소나무의 입목밀도 시뮬레이션 사진을 통해 대중들의 선호도를 조사하여 치유효과를 높일 수 있는 산림조성과 관리방향을 제시하였다. 이러한 선행 연구들은 입연부에서 바라본 시각적 쾌적감 중심의 적정 입목밀도라 할 수 있다. 하지만 산림의 쾌적성은 시각적 측면뿐만이 아니라 시원함과 같은 온열감도 상당 부분 기인하기 때문에 온열 쾌적감 측면에 대해서도 고려해야 한다.

인체는 높은 온도 또는 낮은 온도에 노출될 때 여러 가지 정신적, 생리적, 생화학적 변화가 발생한다. 쾌적하지 않은 온열환경은 인간의 쾌적감에 스트레스를 주기 때문에 온열환경의 쾌적성을 유지하는 것은 인체에 있어서 중요하다. 따라서 산림의 온열환경의 쾌적성을 밝히고, 산림의 쾌적한 온열환경을 유지할 수 있는 산림관리 방안에 대한 연구가 필요하다. 이에 대한 선행연구로써 Takayama et al.(2005)은 온열환경 측정과 피험자의 주관평가의 결과로부터 산림이 도시보다 시원하고 더 쾌적하다는 것을 밝혔으며, Park et al.(2011)은 숲과 도시의 물리적 환경에 대한 피험자의 주관평가와 온열환경의 관계를 통해 산림이 도시보다 열적으로 더 쾌적하다는 것을 밝혔다. 또한 Joung et al.(2013)은 잔디광장과 산림의 온열환경에 대한 인체의 생리반응 실험을 통하여 숲의 온열환경의 쾌적성을 밝혔다. 한편, Harazono et al.(1990)은 밀도가 다른 적송림에서 온열환경 특성의 연구를 통해 산림의 수목밀도와 온열환경의 관계를 분석하였으며 숲속의 기류 특성을 고려하여 산림공간을 활용할 수 있는 가능성을 검증하였으나 국내에서는 전무한 실정이다. 또한 산림 내 입목밀도에 따른 온열환경과 인체생리반응에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서

본 연구는 현장실험을 실시하여 실제 산림 내에서 입목 밀도에 따른 온열쾌적감 및 인체의 생리반응을 조사하기 위해 수행되었다.

연구방법

1. 피험자

본 연구는 신체적으로 건강한 20대 남녀 15명(여자: 7명, 남자: 8명, 평균 나이: 23.7±1.7세)으로 진행되었다. 피험자는 실험 전 실험 내용에 대한 충분한 설명을 들었으며, 실험 방법을 숙지 한 뒤 실험에 참가하였다. 본 실험은 충남대학교의 생명윤리심사위원회의 심의를 거쳐 수행되었다.

2. 연구 대상지

본 실험은 세종특별자치시에 위치한 금강수목원 내 III영급의 잣나무림에서 진행되었으며, 총 8개의 실험구(15 m ×15 m)를 설치하였다(Figure 1). 또한 각 실험구의 흉고직경 측정을 실시하였으며, 그 결과 8개 실험구의 평균 흉고직경은 13.9±0.2 cm로 조사되었다.

각 실험구의 입목본수를 설정하기 위해서 산림청에서 제시한 지속가능한 산림자원 관리지침 내 잣나무림의 간벌 후 입목본수기준표를 참고하였으며(Table 1), 본 실험구의 평균 흉고직경인 14 cm에 해당하는 입목본수의 80%와 120%로 설정하였다. 또한 무작위추출을 통해 실험구별 80%와 120%의 입목본수를 배치한 후 해당 입목본수와 일치하도록 시업을 실시하였다(Table 2).



Figure 1. Location of experimental sites.

Table 1. The number of residual trees after thinning of *Pinus koraiensis*.

(N/ha)

	Diameter at breast height (cm)											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Residual trees	1,500	1,200	1,000	880	760	670	600	530	480	440	400	-

Table 2. Comparison of tree density of 8 sites.

Site No.	Tree density (%)	Age class	Average DBH (mean±SD)	Residual trees (N/225 m ²)
1	120	III	13.7±1.9	24
2	120	III	13.5±2.7	24
3	120	III	13.4±2.9	24
4	80	III	14.1±1.6	16
5	120	III	12.7±2.2	24
6	80	III	13.3±3.3	16
7	80	III	14.9±3.3	16
8	80	III	12.9±3.8	16

3. 측정지표

1) 온열쾌적감 측정지표

온열쾌적감 측정지표로는 예상 평균 한서감 지수(Predicted mean vote; 이하 PMV)와 예상 불만족도(Predicted percentage of dissatisfied; 이하 PPD)를 사용하였다.

PMV는 온열환경요소인 기온, 복사열, 상대습도, 풍속과 인체요소인 대사율과 착의량을 기반으로 인체의 열 균형에 근거하여 한서감 7점 척도로 어떤 대규모 집단의 사람들이 표현하는 평균값을 예측하는 지수이다.

대사율이란 인체에서 생산하는 열의 양을 말하며, 인체의 표면적과 인간의 활동량에 의해서 결정된다. 본 실험에서는 KS A ISO 7730:2010에서 제시되어 있는 대사율을 참고하여 사용하였으며, 가만히 의자에 앉아서 휴식을 취하고 있을 때의 대사율인 1.0 MET로 설정하였다. 한편, 착의량이란 의복 단열성능을 의미하며 착의량을 산정하는 방법에는 인체의 착용에 의한 측정법 또는 써멀 마네킹을 이용하는 측정법이 있으나, 이와 같은 측정법은 측정 방법의 번거로움, 다양한 의복의 조합 등과 같은 한계가 존재하므로 본 연구에서는 KS A ISO 7730에서 제시한 착의량 추정치를 사용하였으며, 본 실험에서의 착의량은 0.5 clo로 설정하였다.

PPD는 너무 서늘하거나 너무 따뜻하게 느끼는 열적으로 불만스러운 사람들의 비율을 정량적으로 예측하는 지수로서 PPD 값이 30%라는 것은 현재의 온열환경에서 열적으로 불만족을 느끼는 사람이 100명 중 30명임을 의미한다.

본 연구에서는 온열환경요소 및 온열쾌적감을 측정하기 위해 휴대용 환경 측정기(Poly MI6041, METREL, SLOVENIA)를 이용하였다.

2. 심박변동성(Heart Rate Variability; 이하 HRV)

HRV는 심장박동의 R파와 R파 사이의 간격변화(R-R Interval; 이하 RRI)를 이용하여 자율신경계의 반응을 측정하는 방법으로서(Kobayashi et al., 1999), 본 연구에서 RRI의 측정은 휴대용 심전도 모니터(Activtracer AC-301A,

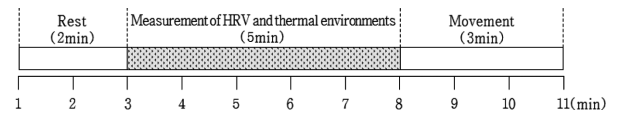


Figure 2. Procedure of experiment per site.

GMS, Japan)를 이용하였다. 또한 최대엔트로피법(Memcalc/win; GMS, Japan)을 이용하여 RRI에 대한 주파수 분석을 실시하였으며, 0.04-0.15Hz의 범위를 저주파 성분(Low Frequency; 이하 LF)으로, 0.15-0.4Hz의 범위를 고주파 성분(High Frequency; 이하 HF)으로 설정하였다. HF 성분은 이완 시 활성화되는 부교감신경의 활동 지표로 사용하였으며(Cacioppo et al., 1994), LF/HF는 긴장 시 활성화되는 교감신경의 활동 지표로 사용하였다(Weise and Heydenreich, 1989).

4. 실험방법

본 실험은 2013년 8월 20일에 실시되었다. 피험자는 3인 1조로 진행되었으며, 무작위순서로 피험자 15명이 각 8개의 실험구에 모두 참여하였다. 또한 피험자가 각 실험구로 이동시 보행으로 이동하였으며, 동일한 코스로만 이동하도록 통제하였다. 피험자는 각 실험구에 앉아 2분간의 안정기를 갖춘 후 5분 동안 HRV를 연속으로 측정하였으며, 각 실험구의 온열환경을 조사하기 위해 피험자와 최대한 가까운 거리에 휴대용 환경측정기를 설치하였다. 또

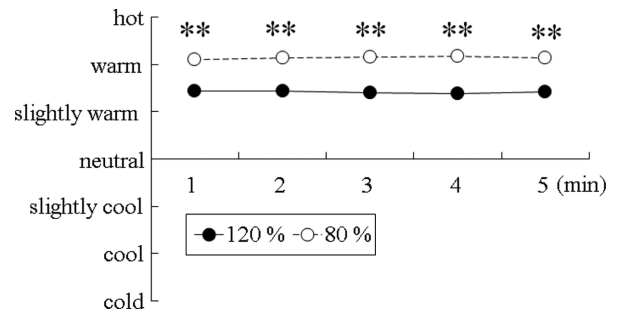


Figure 3. Average change in PMV every 1-minute intervals while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, Mann-Whitney, **: p<0.01

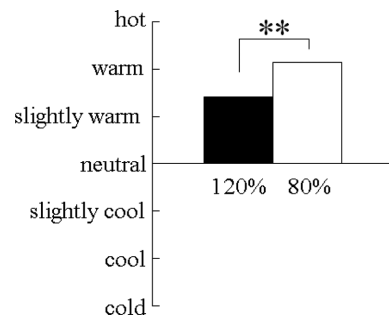


Figure 4. Average change in PMV while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, Mann-Whitney, **: p<0.01

한 피험자의 생리측정과 온열환경의 측정을 동시에 실시하였다. 피험자는 생리반응을 측정하는 동안 경관에 대한 시각적인 자극을 배제시키기 위하여 안대를 쓰도록 하였으며, 후각을 포함한 기타 자극에 대해서는 동일했다고 가정하여 실시하였다.

결 과

1. 온열환경

PMV에 의한 결과는 Figure 3, 4와 같다. PMV 측정 결과, 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 PMV는 1.41 ± 0.01 로 나타났으며, 입목밀도가 80%인 잣나무림의 평균 PMV는 2.14 ± 0.01 로 나타났다. 또한 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 PMV는 80%인 잣나무림보다 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

한편, PPD에 의한 결과는 Figure 5, 6과 같다. PPD 측정 결과, 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 PPD는 $46.6 \pm 0.4\%$ 로 나타났으며, 입목밀도가 80%인 잣나무림의 평균 PPD는 $74.3 \pm 0.4\%$ 로 나타났다. 또한 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 PPD는 80%인 잣나무림보다 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

PMV와 PPD는 온열환경에 대한 쾌적성을 알아보기 위한 지표로서 본 연구의 결과를 통하여 입목밀도가 120%

인 잣나무림은 80%인 잣나무림보다 열적으로 쾌적하다는 사실을 확인할 수 있었다.

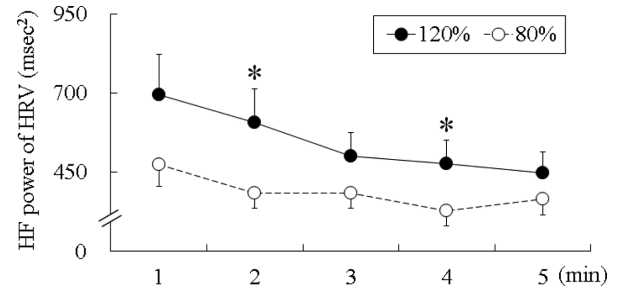


Figure 7. Average change in HF every 1-minute intervals while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, t-test, *: $p < 0.05$

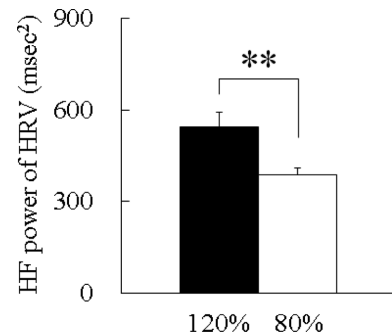


Figure 8. Average change in HF while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, t-test, **: $p < 0.01$

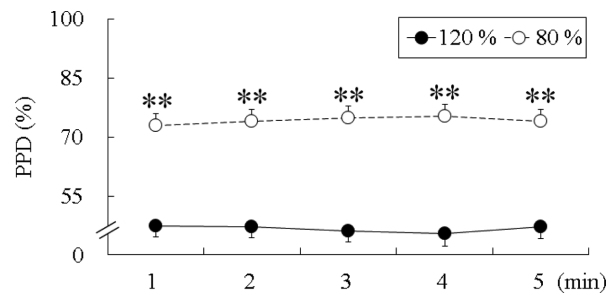


Figure 5. Average change in PPD every 1-minute intervals while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, t-test, **: $p < 0.01$

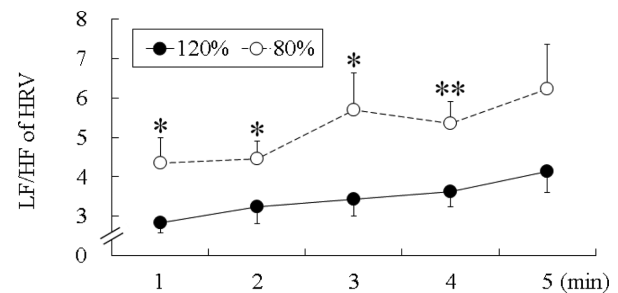


Figure 9. Average change in LF/HF every 1-minute intervals while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, t-test, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

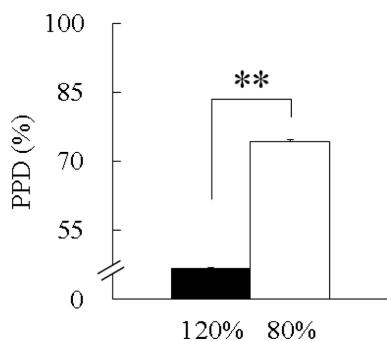


Figure 6. Average change in PPD while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, t-test, **: $p < 0.01$

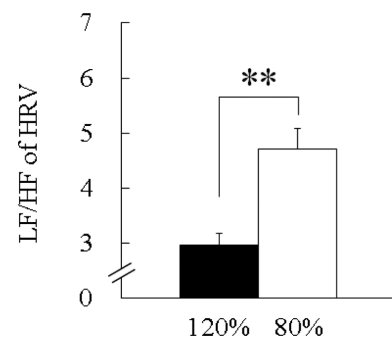


Figure 10. Average change in LF/HF while staying in the *Pinus koraiensis* forests with different tree density. Mean±SE, t-test, **: $p < 0.01$

2. 피험자 생리반응 측정지표

HRV의 HF에 대한 결과는 Figure 7, 8과 같다. 입목밀도가 120%인 잣나무림의 HF는 545.1±46.1 msec²이었으며, 80%인 잣나무림의 평균 HF는 385.7±23.9 msec²으로 나타났다. 또한 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 HF는 80%인 잣나무림보다 유의하게 높은 것을 알 수 있었다 ($p<0.01$). HF는 이완 상태에서 활성화되는 부교감신경계 활동의 지표로서 본 연구 결과, 입목밀도가 120%인 잣나무림은 입목밀도가 80%인 잣나무림보다 생리적으로 안정된다는 사실을 확인할 수 있었다.

한편, HRV의 LF/HF에 대한 결과는 Figure 9, 10과 같다. 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 LF/HF는 3.0±0.2였으며, 80%인 잣나무림의 평균 LF/HF는 4.7±0.4로 나타났다. 또한 입목밀도가 120%인 잣나무림의 평균 LF/HF는 80%인 잣나무림과 비교하여 유의하게 낮은 것을 알 수 있었다($p<0.01$). LF/HF는 인체가 긴장상태에서 활성화되는 교감신경계 활동의 지표로서 본 연구의 결과를 통하여 입목밀도가 120%인 잣나무림은 80%인 잣나무림과 비교하여 인체의 긴장도를 낮추어 준다는 사실을 확인할 수 있었다.

결론 및 고찰

본 연구는 산림 내에서 입목밀도에 따른 온열쾌적감 및 인체의 생리반응을 조사하기 위해 진행되었다.

실험 결과, 온열쾌적감에 있어서 입목밀도가 120%인 잣나무림의 PMV와 PPD는 80%인 잣나무림보다 유의하게 낮은 결과를 얻을 수 있었으며, 이러한 결과를 통해 입목밀도가 120%인 잣나무림이 80%인 잣나무림보다 열적으로 쾌적하다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 피험자의 HRV를 통해 입목밀도가 120%인 잣나무림은 80%인 잣나무림보다 부교감신경 활동 지표인 HRV의 HF가 활성화되고, 교감신경 활동 지표인 HRV의 LF/HF가 억제되는 결과를 얻을 수 있었다.

따라서 입목밀도가 120%인 잣나무림의 온열환경이 80%인 잣나무림의 온열환경보다 생리적으로 쾌적하다는 사실을 과학적으로 입증할 수 있었으며, 온열환경의 쾌적성이 인체에 생리적으로 영향을 미칠 수 있다는 것을 증명할 수 있었다.

한편, Shin et al.(2013)은 일반인을 대상으로 시뮬레이션 사진을 통해 시각적으로 쾌적한 적정 입목밀도를 조사한 결과, 간벌 후 입목본수 기준의 80%가 120%보다 쾌적하다고 밝혔으며 이러한 결과는 본 연구 결과와 상반된 결과임을 알 수 있었다. 이는 산림 내에서 정적인 활동 시 열적으로 쾌적한 입목밀도와 시각적으로 쾌적한 입목밀도가 서로 상이하다는 것을 말한다.

최근 정부에서는 국민에게 맞춤형 산림복지 서비스를 확충하기 위하여 숲을 치유와 건강증진의 공간으로 활용하고 있으며 생활권 주변산림에 치유의 숲 조성을 확대하고 있으나 치유의 숲의 임분을 관리하기 위한 기준은 미흡한 실정이다. 치유의 숲은 인체의 면역력을 높이고 건강 증진을 목적으로 하는 산림으로서 치유 효과를 극대화하기 위해서는 방문객의 이용목적에 따라 차별화하여 관리되어야 한다. 이를 위해서는 치유의 숲 산림관리와 관련된 연구가 진행되어야 하며, 연구결과 축적을 통해 치유의 숲에 적절한 산림관리 기준을 마련해야한다. 예를 들어 선행연구인 Shin et al.(2013)의 연구결과를 기반으로 시각적으로 노출되는 임연부의 입목밀도는 간벌 후 입목본수의 80%로 관리 기준 적용이 가능하며, 본 연구의 결과를 통해 산림 내 정적 활동 공간 및 휴식 공간의 입목밀도는 간벌 후 입목본수의 120%로 관리 기준을 적용하는 등 치유의 숲의 산림관리 방향을 제시할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구의 피험자는 20대에 한정시켰으며, 온열환경에 대한 피험자의 주관 평가를 반영하지 않았다는 제한점이 있다. 또한 본 연구는 넓은 면적의 실험구 설정의 어려움과 여러 요인을 동일하게 통제할 수 없다는 현장실험의 제약점이 있다. 하지만 본 연구가 향후 휴양림이나 치유의 숲을 조성할 시 온열환경을 반영한 설계방안의 중요성을 시사하고, 온열쾌적성을 고려한 산림환경 및 공간 디자인에 관한 연구의 기반이 되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 산림청 산림과학기술개발사업(과제번호: S211214L010110)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

Cacioppo, J.T., Berntson, G.G., Binkley P.F., Quigley K.S., Uchino, B.N., and Fieldston A. 1994. Autonomic cardiac control. II. Noninvasive indices and basal response as revealed by autonomic blockades. *Psychophysiology* 31(6): 586-598.

Harazono, Y., Murakami, T., and Hayashi, Y. 1990. Thermal environmental characteristics of the shaded area of dense and sparse red pine canopies. *Journal of the Japanese Institute of Landscape Architects* 53(5): 233-238.

Joung, D.W., Choi, W.H., Kwoun, C.W., Yeom, D.G., Kim, G.W., Kang, K.N., Kim, Y.T., Ji, D.H., Miyazaki, Y., and Park, B.J. 2013. Effect of thermal environment of forest and grass area on human physiological response. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation* 17(4): 143-148.

Kim, K.W. 1999. Technical methods for enhancing the health

- effect in the recreational forest. *Journal of Korea Society for People Plants and Environment* 2(4): 1-12.
- Kobayashi, H., Ishibashi, K., and Noguchi, H. 1999. Heart Rate Variability; An index for monitoring and analyzing human autonomic activities. *Journal of Physiological Anthropology* 18(2): 53-59.
- Lee, J.Y. 2013. Evaluation of the historical development of forest administration paradigm changes. *The Journal of Korean Policy Studies* 13(3): 261-279.
- Lee, M.S., Ka, J.N., Kim, S.A., Park, M.W., Lee, J.W., and Park, B.J. 2011. Effect of walking at the urban arboreturns on psychological stability of male university students. *Journal of Korea Society for People Plants and Environment* 14(5): 271-277.
- Lee, Y.H. and Kim, K.W. 2012. The forest landscape management of therapeutic forests by visual preference on the simulation of tree density. *Journal of Korean Forest Society* 101(4): 648-655.
- Park, B.J. and Miyazaki, Y. 2008. Physiological effects of viewing forest landscapes: Results of field tests in Atsugi city, Japan. *Journal of Korean Forest Society* 97(6): 634-640.
- Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T., and Miyazaki, Y. 2010. The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere of forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine* 15(1): 18-26.
- Park, B.J., Furuya, K., Kasetani, T., Takayama, N., Kagawa, T. and Miyazaki, Y. 2011. Relationship between psychological responses and physical environments in forest settings. *Landscape and Urban Planning* 102: 24-32.
- Shin, W.S., Shin, C.S., Yeoun, P.S., Lee, N.W., Park, K.T., Lee, E.J., and Lee, H.E. 2013. The preference survey of pine tree density for forest healing. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation* 17(1): 71-80.
- Song, C.R., Lee, J.Y., Park, B.J., Lee, M.S., Matsuba, N., and Miyazaki, Y. 2011. Psychological effects of walking in the urban forest: Results of field tests in Shinjuku-gyoen, Japan. *Journal of Korean Forest Society* 100(3): 344-351.
- Takayama, N., Kagawa, T., Kasetani, T., Park, B.J., Tsunetsugu, Y., Oishi, Y., Hirano, H., and Miyazaki, Y. 2005. The Comfortableness of the Light/Thermal Environment for Bathing in the Forest Atmosphere. *Journal of The Japanese Institute of Landscape Architecture* 68(5): 819-824.
- Weise, F. and Heydenreich, F. 1989. Effects of modified respiratory rhythm on heart rate variability during active orthostatic load. *Biomedica Biochimica Acta* 48(8): 549-556.

(Received: June 30, 2014; Accepted: March 9, 2015)