공동주택 정원의 지피식물식재를 위한 수목의 일사차폐 특성

박준성 · 한승원* · 김재순 · 정명일

농촌진흥청 국립원예특작과학원

Solar Shading Effect of Tree in the Garden of Apartment Building for Ground Cover Planting

Joon Sung Park, Seung Won Han*, Jae Soon Kim and Myung Il Jeong

National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea

Abstract

The Tree of apartment building is important to achieve a sustainable design for urban environment and to increase residential satisfaction. This study presents the solar shading effect of trees for multi-layer planting. The site for field test is located in Junju, Korea. Four main factors, daylight, illumination, temperature and relative humidity for planting, is tested for 3 months from June to August. Results from the field test are as following; The highest value to block the sunlight is at mean 553.1 W/m² in shading space under *Prunus serrulata* var. *spontanea*, that height is 8.3 m and crown diameter is 6.7 m and The lowest of that is at mean 253.8 W/m² under *Malus prunifolia* (willd.) Borkh. The difference of temperature between sunshine space and shade one ranged from 0.6°C to 6.7°C because of tree in Summer. The results shows that solar shading effect of trees can be used to estimate the change of plant growth condition for ground cover planting.

Key words : Ground cover planting, Landscape woody plants, Micro-weather, Solar shading, Spot cooling

I. 서론

지구온난화현상으로 인한 이상기후현상이 세계 곳곳에 발생하고 있고, 도시의 인구 집중에 따른 건축물, 구조물의 증가, 운송수단 통행량의 증가, 건물에서의 인공열 방출, 온실 효과 등의 영향은 도시열섬현상을 일으키는 주요 원인이 되고 있다.

이러한 기후변화는 생태계에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 환경 보전을 위한 건물의 벽면녹화, 옥상정원 조성, 주차장 녹화 등을 통한 녹지 면적 증가 및 아스팔트와 콘크리트의 복사열차단, 녹지네트워크 등의 조성을 통한 바람길 형성 등의 대안이 모색되어야 한다(Kim et al., 2011).

식물은 일사의 차폐 및 반사를 통한 도시열섬완화효과의 원화기능을 갖는 동시에 도시의 대표 거주지인 공동주택에서는 거주민족도를 높여 쾌적한 환경을 조성하는 심리 안정적 기능을 갖는다.

공동주택 단지의 생태적 안정을 강화하기 위해서는 녹지경관의 불량, 수목 생육 불량, 생태적 불안정, 병충해 예방, 관리 체계 구축 등을 통하여 적절한 수목 식재밀도 관리가 필요하다(Kwon and Lee 2011). 공동주택의 교목 위주의 식재계획으로 하부의 관목 및 초본류의 생육불량을 초래하고 있어, 생태적 다층식재를 위해서는 토양, 미기후, 수문, 경사, 방위, 생활환경에 따라 식재되어야 할 것이다(Sim and Lee, 2001).

이에 따라 공동주택 정원공간의 식재특성과 관련된 연구들이 지속적으로 진행되어 오고 있는데, 공동주택 단지 내 식재유형에 따른 온도저감에 관한 연구(Moon and Jang, 2012)나 하절기 단일 수목의 열환경 관측을 통한 서열완화 효과 해석에 관한 연구(Choi and Lee, 2006), 하절기 복사환경 관측을 통한 수목과 일사차폐 막 구조물의 자연냉각효과에 관한 연구(Choi and Lee, 2007) 등이 선행되었다.

이에 본 연구는 다층식재를 위한 지피식물의 광요구도 분석결과를 토대로 수목하부의 광분포를 조사하여 식재계획에 활용하고자 한다(Fig. 1).

공동주택 정원에 다층식재를 위한 교목과 관목의 하부공간 내

Received on October 5, 2015. Revised on October 21, 2015.

Accepted on October 22, 2015.

*Corresponding author: hansgarden@korea.kr

이 논문은 농촌진흥청 농촌진흥사업의 연구비지원(과제번호: PJ01091501)을 받아 연구되었음.

Fig. 1. Herbaceous plants according to light compensation level.

초본류의 성장조건에 대한 데이터베이스를 확보하기 위하여 식재 공간 내 빛환경을 조사하고 수목하부의 온열환경 변화를 분석하여 수목의 일사차폐 특성을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험대상공간

전북 전주시에 위치하고, 준공 후 1년, 5년, 10년이 경과한 아파트 단지를 대상으로 하였다. 실험대상지는 15층에서 20층 높이의 세대수가 500세대이상 1000세대미만의 중규모의 아파트 단지이며, 각 단지 간의 거리가 반경 500m 안에 모두 위치하고 있어 외부 기상조건의 유사하게 나타난다(Table 1).

S 아파트에서는 측정이 실시된 대표 2동의 단차는 약 2m 차이가 나타나는 반면에, 평평한 대지 위에 조성된 H, D 아파트는 동일한 높이에 바닥면에 조성식재가 이루어졌다. 단지에서 비교적 수종이 다양하고 실험이 용이한 대표종을 선정한 후 건물 주변에 모든 방

Table 1. The site for experiment.

	Completion date	Building shape	The number of floors	The number of households
S apartment	2014.02	Tower	15-20	560
H apartment	2009.06	Tower & Plate	15-20	646
D apartment	2005.10	Plate	16-20	888

Fig. 2. Measurement point around buildings.

위에서 측정을 실시하였다(Fig. 2).

2. 측정방법

하절기인 6월~8월에 음영길이가 짧고 하루 중 일사량이 최대 시점인 오후 12시~15시 사이에 단지 내 정원공간의 수목의 하부와 식재에 가까운 양지를 일사계, 조도계, 온습도 측정기를 이용하여 일사량, 조도, 온도와 상대습도를 측정하였다. 건물과의 이격거리가 5m내외로 짧고 수목 형태의 변이가 적은 정상 생육 상태의 교목을 우선적으로 측정하였다. 수목의 의해 생성된 그늘의 중심부에 측정기가 고정된 삼각대를 위치시키고 데이터가 흔들림이 없는 안정된 상태에서 5초간격으로 3~5분간 데이터를 수집하였다. 한 수

Table 3. Contents of experimental plants.

No	Scientific name	Trunk size (base) [cm]	Distance from building [m]	Crown height [m]	Crown width [m]
1	<i>Acer palmatum</i>	32.3±2.5	3.6±1.4	4.1±0.9	3.9±1.0
2	<i>Zelkova serrata</i>	45.3±3.8	over 5	5.2±1.1	3.9±0.6
3	<i>Acer triflorum</i>	31.3±5.6	1.9±0.7	3.4±1.4	2.7±1.2
4	<i>Cornus officinalis</i>	17.3±0.9	4.2±2.6	3.2±1.3	2.2±0.7
5	<i>Pinus densiflora</i>	70.5±3.5	over 5	4.7±0.3	3.0±0.3
6	<i>Malus prunifolia</i> (willd.) Borkh	21.0	3.8	4.3	1.9
7	<i>Juniperus chinensis</i> KaizukaVariegata	28.7	5.1	3.1	1.6
8	<i>Diospyros kaki</i>	35.1	1.4	3.6	3.7
9	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	56.2	4.5	8.3	6.7
10	<i>Ginkgo biloba</i>	44.9	6.2	5.0	2.7
11	<i>Abies koreana</i>	48.9	1.1	13.3	7.8
12	<i>Magnolia denudata</i>	29.8	4.2	1.8	1.5
13	<i>Thuja occidentalis</i>	27.3	1.8	2.5	2.1

Table 2. Measuring devices.

Device	Model
Actinometer	AHLBORN, FLA613-GS
Illuminance meter	AHLBORN, FLA613-VLM AHLBORN, FLA613-VL
Temperature-humidity sensor	AHLBORN, FH646-E1
Data logger	AHLBORN, ALMEMO 2890-9
Digital laser distance meter	GLM-50

목의 데이터 수집이 완료된 후 다음 수목으로 삼각대를 이동하여 계속하는 방식으로 측정이 이루어졌다. 교목의 일사투과량은 초본류의 높이인 0.35m 지점에 일사계를삼각대에 고정시키고 측정하였다. 수목의 생육에 크게 영향을 미치는 광합성 유효복사는 삼각대에 조도계를 관목과 초본류의 높이인 1m와 0.35m에 고정시켜 측정한 후 조도(lux)를 단위변환을 통하여 광합성유효복사(PAR: photosynthetic active radiation, $\mu\text{mol/s/m}^2$)를 계산하였다. 또한 대기온도와 상대습도는 1m, 0.35m 0.01m 높이에 온습도 측정기를 삼각대에 고정한 후 측정을 실시하였다. 식재와 건물 간 영향을 살펴보기 위한 수목과 건물간의 이격거리는 디지털 거리 측정기를 이용하였다(Table 2).

3. 실험대상

실험 대상지에서 총 13종의 교목을 측정하였다. S 아파트는 총 24 그루, H 아파트는 총 51 그루, D 아파트는 총 32 그루의 수목을 측정하였다. 대상지에서 식재수가 많고, 건물과의 이격거리가 짧

아 건물의 영향이 예상되는 수목을 우선적으로 측정을 실시하였다. 세 곳의 아파트 단지에서 공통적으로 식재되어 있는 교목은 단풍나무, 느티나무, 복자기, 소나무이고, 비교 평가를 위해 유사 크기의 나무를 선별하여 검토를 실시하였고, 평균과 표준편차를 표에 나타내었다(Table 3).

III. 결과 및 고찰

1. 일사량

식재기간이 가장 짧은 S 아파트의 수목 주변부 양지의 일사량 분포는 498.0W/m^2 에서 650.8W/m^2 로 나타났다. 군식이 밀집하고 음영면적이 상대적으로 가장 넓은 소나무의 하부의 일사량은 평균 127.3W/m^2 로 나타났고, 주변부 양지에 비해 일사차단량이 평균 552W/m^2 로 가장 높게 나타났다. 수고가 낮고 수목간 배식거리가 충분하여 일사 유입이 용이한 꽃사과의 하부 일사량은 평균 397.2W/m^2 로 나타났고, 일사차단량은 평균 253.8W/m^2 로 가장 낮게 나타났다(Fig. 3).

식재기간이 5년된 H 아파트의 수목 주변부의 일사량분포는 460.6W/m^2 에서 769.3W/m^2 로 나타났다. 건물과의 이격거리가 가장 짧고, 건물 음영에 영향과 배식간격이 좁아 음영의 깊이가 큰 단풍나무의 하부는 평균 61.9W/m^2 로 주변부 양지에 비해 일사차단량이 평균 703.5W/m^2 로 가장 높게 나타났고, 주변부 일사량이 다른 수목에 비해 상대적으로 낮고 건물 북쪽에 위치한 백목련의 일사차단량이 275.9W/m^2 로 가장 낮게 나타났으며, 하부의 일사량은 184.6W/m^2 로 나타났다(Fig. 4).

식재기간이 가장 길어 상대적으로 안정된 식재상태가 보이는 D 아파트의 수목 주변부의 일사량분포는 419.6W/m^2 에서 635.9W/m^2 로 나타났다. 상대적으로 수목이 크고 잎이 무성한 벚나무의 일사차단량이 553.1W/m^2 로 가장 높게 나타났고, 그 하부는 71.6W/m^2 로 나타났다. 수목의 지하고가 가장 높아 일사유입량이 큰 느티나무의 하부는 67.0W/m^2 로 주변부 양지에 비해 일사차단량이 352.5W/m^2 로 가장 낮게 나타났다(Fig. 5).

Fig. 3. Solar radiation in S apartment.

Fig. 4. Solar radiation in H apartment.

Fig. 5. Solar radiation in D apartment.

2. 광합성유효복사

측정대상지의 정원공간 주변부 포장면으로 입사하는 총 광합성 유효복사량은 탐상형 건물로 이루어진 S 아파트와 일사형 건물로 이루어진 D 아파트에서 $936.7\mu\text{mol/s/m}^2$ 에서 $1169.3\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 분포와 $776.9\mu\text{mol/s/m}^2$ 에서 $1191.0\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 분포로 각각 유사하게 나타났고, 탐상형과 일사형 건물이 존재하고 다른 아파트 단지에 비해 상대적으로 주동간격이 길어일조면적이 넓은 H 아파트에서는 $901.4\mu\text{mol/s/m}^2$ 에서 $1494.0\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 분포로 높게

Fig. 6. Photosynthetic active radiation in S apartment.

Fig. 7. Photosynthetic active radiation in H apartment.

Fig. 8. Photosynthetic active radiation in D apartment.

나타났다.

바닥면으로부터 측정높이 1m일 때 S 아파트와 H 아파트에서의 광합성유효복사량은 $1228.2\mu\text{mol/s/m}^2$ 에서 $1559.2\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 분포와 $1239.6\mu\text{mol/s/m}^2$ 에서 $1987.8\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 분포로 각각 나타났고, D 아파트에서는 $1011.0\mu\text{mol/s/m}^2$ 에서 $1520.2\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 분포로 높게 나타났다.

S아파트에서 잎이 조밀하고 지하고가 낮아 빛의 유입이 곤란한 서양층백나무의 하부의 PAR값은 높이 0.35m와 0.01m에서 각각 평균 $62.3\mu\text{mol/s/m}^2$ 과 $36.9\mu\text{mol/s/m}^2$ 으로 가장 낮게 나타났고, 수고가 높은 반면 수폭이 적어 빛의 유입이 용이한 복자기의 경우는 각각 평균 $736.7\mu\text{mol/s/m}^2$ 과 $394.1\mu\text{mol/s/m}^2$ 로 높게 나타났다(Fig. 6).

H 아파트에서는 일사차단량이 가장 큰 단풍나무가 하부의 PAR값도 평균 $116.6\mu\text{mol/s/m}^2$ 과 $89.6\mu\text{mol/s/m}^2$ 으로 가장 낮게 나타났고, S 아파트와 마찬가지로 복자기의 하부가 평균 $675.9\mu\text{mol/s/m}^2$ 과 $471.1\mu\text{mol/s/m}^2$ 으로 가장 높게 나타났다(Fig. 7).

D 아파트에서는 잎이 조밀하고 지하고가 낮아서 빛의 유입이 곤란한 가이즈카향나무가 하부의 PAR값이 평균 $123.7\mu\text{mol/s/m}^2$ 과 $82.6\mu\text{mol/s/m}^2$ 으로 가장 낮게 나타났고, 일사차단 효과가 적게 나타난 느티나무가 하부의 PAR값이 평균 $314.83\mu\text{mol/s/m}^2$ 과 $224.3\mu\text{mol/s/m}^2$ 으로 가장 높게 나타났다(Fig. 8).

3. 기온

S아파트에서 양지의 기온분포는 $33.7\sim 36.7^\circ\text{C}$ 의 분포로 나타났고, 수목에 의한 하부 음지의 기온은 $28.4\sim 30.3^\circ\text{C}$ 의 분포로 $4.3\sim 6.2^\circ\text{C}$ 의 차이가 나타났다. 일사차단이 크고, 군식으로 음영면적이 큰 소나무의 하부가 주변 양지에 비해 6.2°C 로 가장 온도차가 크게 나타났고, 일사차단량이 가장 적은 꽃사과의 경우는 온도차가 4.6°C 로 나타났으며, 단풍나무의 온도차가 4.3°C 로 가장 낮게 나타났다(Fig. 9).

H아파트에서 양지의 기온분포는 $34.6\sim 37.6^\circ\text{C}$ 의 분포로 나타났고, 수목에 의한 하부 음지의 기온은 $31.4\sim 34.2^\circ\text{C}$ 의 분포로 $0.6\sim 5.0^\circ\text{C}$ 의 차이가 나타났다. 수고가 높고 건물이격거리가 짧은 건물의 영향이 상대적으로 큰 복자기의 하부 음지와 주변 온도의 차이는 0.6°C 로 가장 낮게 나타났고, 감나무는 5.0°C 의 온도차로 가장 크게 나타났다(Fig. 10).

D아파트에서 양지의 기온분포는 $35.1\sim 37.6^\circ\text{C}$ 의 분포로 나타났고, 수목에 의한 하부 음지의 기온은 $31.1\sim 33.4^\circ\text{C}$ 의 분포로 $2.0\sim 6.7^\circ\text{C}$ 의 차이가 나타났다. 수고가 높아 주변 기류에 영향을 많이 받아 대기의 혼합이 용이한 느티나무가 주변부 온도와 하부 온도차가 2.0°C 로 가장 낮게 나타났고, 소나무가 6.7°C 의 온도차로 가장 높게 나타났다(Fig. 11).

Fig. 9. Air temperature in S apartment.

Fig. 10. Air temperature in H apartment.

Fig. 11. Air temperature in D apartment.

수폭이 큰 음영공간의 면적이 넓어 일사차단량이 큰 교목의 하부 음지와 주변 양지의 온도차가 큰 경향으로 나타났고, 지하고가 큰 수목의 하부는 주변공기와 통풍이 크게 나타남으로 온도차는 적게 나타나는 경향이 보였다. 건물과의 이격거리가 좁은 경우 건물의 영향으로 온도가 더 낮게 나타났다.

4. 상대습도

S 아파트에서 상대습도는 상대적으로 다른 나무들에 비해 수목의 지하고가 높아 기류 흐름이 좋고, 주변공기와 혼합이 용이한 소

나무의 하부가 59.5%로 최소값으로 나타났고, 반면에 지하고가 아주 낮아 주변공기와 접촉면이 가장 작은 서양측백나무의 하부가 70.0%로 가장 높았다(Fig. 12).

H 아파트에서는 지하고가 높은 복자기의 하부가 47.8%로 최소값으로 나타났고, 수고가 작은 산수유나무에서 55.7%로 최대값이 나타났다(Fig. 13).

D 아파트에서는 마찬가지로 수고가 가장 높아 하부의 공간면적이 가장 큰 느티나무가 47.0%로 상대습도가 가장 낮게 나타났고, 감나무와 산수유나무, 단풍나무는 주변 공기의 상대습도가 40.0%

로 유사조건임에도 불구하고, 건물과의 이격거리가 짧아 통풍에 불리한 과실수인 감나무의 하부가 51.1%로 가장 높게 나타났다(Fig. 14).

IV. 적요

수종별 일사차단량을 살펴보면 단풍나무가 평균 703.5W/m^2 로 가장 높았고, 소나무가 평균 $12.7.3\text{W/m}^2$ 로 가장 낮게 나타났다. 초화류의 높이인 0.35m에서 측정된 광합성유효복사는 서양측백나무가 $62.3\mu\text{mol/s/m}^2$ 로 가장 낮았고, 복자기나무가 $736.7\mu\text{mol/s/m}^2$ 로 가장 높았다. 이는 다층식재를 위해 서양측백나무와 같이 잎이 조밀하고 하부에 광유입이 적은 경우는 리시마키아, 맥문동, 바위취, 빈카, 섬기린초, 해국과 같은 초화류를 식재하는 것이 유리하며, 복자기와 같이 수고는 높은 반면 크라운 크기가 작아 하부에 광유입이 많은 수목은 누운주름잎, 사초, 사사, 억새, 패랭이, 홍피와 같은 초화류를 식재하는 것이 바람직할 것이다.

수목 하부의 대기의 온도차는 소나무가 가장 높았고, 복자기가 가장 낮았다. 상대습도는 지하고 높이가 높아 주변 대기와 잘 혼합하는 복자기와 같은 수종의 경우 낮게 나타났고, 통풍에 불리한 곳에 식재된 서양측백나무, 산수유, 감나무가 높게 나타났다.

다층식재를 위하여 공동주택의 정원공간 내 광환경 및 온열환경을 조사하여 건물과 교목에 의한 음영으로 인한 미기상을 파악하고, 교목 하부에 식재될 초본류의 성장에 영향을 미치는 일사차폐의 정도를 파악하여 차후 공동주택에 식재계획에 있어 관목 및 초본류의 선택에 도움이 되고자 하였다.

본 연구는 공동주택 정원수 중 교목류의 일사차폐 효과를 분석함으로써 다양한 주동형태의 건축물이나 수목 하부 초본류의 식재시 필요한 기초자료로 활용할 수 있을 것이며, 조경 설계 전에 시뮬레이션 프로그램에 경계값으로 사용하여 보다 정확하고 정밀한 결과를 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

V. References

- Chen, D., X. Wang, M. Thatcher, G. Barnett, A. Kachenko, and R. Prince. 2014. Urban vegetation for reducing heat related mortality. *Environ. Poll.* 192:275-284.
- Choi, D.H. and B.Y. Lee. 2006. Analysis of passive cooling effect of the tree by field observations in the summer. *J. Kor. Solar Energy Soc.* 26(4): 109-118.
- Choi, D.H. and B.Y. Lee. 2007. Analysis of passive cooling effect of membrane shading structure and the tree by field observations in the summer. *J. Kor. Solar Energy Soc.* 27(4): 137-146.
- Kim, Y.J., Kang, D.H., and K.H. Ahn. 2011. Characteristics of urban

Fig. 12. Relative humidity in S apartment.

Fig. 13. Relative humidity in H apartment.

Fig. 14. Relative humidity in D apartment.

- heat-island phenomena caused by climate changes in Seoul, and alternative urban design approaches for their improvements. J. Urban Design Insti. Kor. 12(3): 5-14.
- Kwon, J.O. and S.H. Lee. 2011. A study on strengthen the ecological stability through tree planting density management of co-housing facility(apartment complex). The Reserach Report of IDI.
- Moon, S.Y. and D.H. Jang. 2012. A study on the thermal comfort change accodign to the planting type in housing complex, J. Kor. Insti. Ecol. Archi. Environ. 12(2): 65-75.
- Sim, W. K. and D.I. Lee. 2001. An analysis of status quo on the multi-layer planting at the landscape planting area in apartment and neighborhood parks in Seoul metropolitan area. J. KILA 29(1): 140-151.