

방위 및 식물종에 따른 벽면녹화 식물의 생육 비교

김다운* · 조용현** · 손인기*** · 김윤희*

*공주대학교 대학원 조경학과 석사과정 · **공주대학교 조경학과 교수 · ***공주대학교 대학원 조경·환경계획학과 박사수료

I. 서론

현재 도시는 건축물이 과밀해지고 지표면은 점점 적어지고 있다. 그에 따라 녹지의 면적은 점차 줄어들고, 도시 내 아스팔트의 토지 피복 등 불투수층 면적의 증가와 콘크리트 건물표면의 증가로 도시의 열을 증가시키고 있으며, 도시기후와 도시생태계에 악영향을 미치고 있다(Wong *et al.*, 2010; Pan *et al.*, 2018). 그러나 이러한 현 상황과는 반대로 도시민들은 도시에서 녹지공간과 쾌적함을 원하고 있으며, 녹지의 중요성 또한 지속적으로 증가하고 있다(Belmeziti *et al.*, 2018). 그래서 녹지의 확보가 어려운 조밀한 도시에서 수직적 공간을 이용하여 벽면녹화를 하기 시작하였다(Jim and He, 2011). 벽면녹화는 입면에 식물을 식재함으로써 자연 속에 있는 듯한 쾌적감을 만들어주고 건물에너지 절감에도 영향을 주며(Jeon *et al.*, 2014), 도시열섬 저감, 건물에 부는 바람을 막는 차단재로도 작용한다(Jang *et al.*, 2015).

국내 벽면녹화에 관한 연구로는 벽면녹화 유형에 따른 복사에너지 변화특성 연구(Lee *et al.*, 2020), 벽면녹화가 도시기온저하에 미치는 영향에 관한 연구(Park and Kim, 2011), 벽면녹화 식재기반재질별 에너지저감 성능분석(Kwon *et al.*, 2013), 옥상 및 벽면녹화가 건축물 온열환경에 미치는 영향에 관한 연구(Park *et al.*, 2014) 등이 있다. 대부분 벽면녹화에 관한 연구는 에너지 및 도시기온 저감에 관한 내용이며, 벽면녹화 식물이 아닌 벽면녹화가 적용되는 건물 및 도시에 대한 연구가 대부분이었다. 실제 벽면녹화를 도시에 적용하기 위해서는 벽면녹화 식물종의 생장특성 및 방위에 따른 생장차이에 대한 정보가 필요하다.

본 연구에 앞서 방위와 관련된 벽면녹화의 선행 연구, 제도 및 지침에 대해 알아보았다. 환경부(1998)는 남쪽 벽면은 낙엽성 식물, 북쪽·서쪽·동쪽벽면은 상록성 식물을 식재하도록 하는 지침을 만들었으며, 세종특별자치시 건축물 심의 기준(2018) 4조 4항 4호에는 옥상, 벽면, 테라스 등 다양한 녹화기법을 권장하며, 북측입면의 벽면녹화는 지양한다는 지침이 있다. 국토교통부(2012)는 입면의 향에 따른 설치방향 및 주변 환경을 고려하여 식물을 선택하고 식재하여야 한다고 하였다. Kim(2013)은 아파트 단지를 대상으로 향에 따른 피복율을 분석하였다. Kim

et al.(2012)은 다섯 가지 덩굴식물을 선정하여 벽면의 재질별 부착유무와 남·북향에서의 생장차이를 비교분석하였다. 하지만 방위와 관련된 국내 벽면녹화 지침과 제도에서 방위별로 식재를 제한하는 경우가 있음에도 불구하고, 실제 8방위별로 식물의 생육 차이가 있는지 알아본 연구는 전무하였다. 따라서 본 연구에서는 실제 벽면녹화에 많이 식재되고 있는 식물 3종을 대상으로 8방위별 식물의 생육차이가 어떻게 나타나는지 알아보려고 하였다.

II. 연구방법

1. 식물 및 토양 재료

연구대상 식물은 저비용과 저관리가 가능한 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*), 송악(*Hedera rhombea*), 금빛줄사철(*Euonymus fortunei*) 3종으로 선정하였다. 식물3종을 선택한 이유는 식물 3종 모두 한반도 인구 절반이 거주하는 인구 밀집도시화지역인 서울, 경기지역에서 벽면녹화에 많이 사용되고 있기 때문이다(Lee *et al.*, 2003). 식물의 평균 초기 신장 값은 담쟁이덩굴 3.93cm, 송악 2.27cm, 금빛줄사철 10.64cm이었다.

토양재료는 인공배합토((주)참그로 튼튼나무(대묘용))를 사용하여, 8방위 지반 모두 동일하게 처리하였다.

2. 실험구 제작

실험 장소는 공주대학교 예산캠퍼스 실험장(36°40'12.3"N 126°51'21.7"E)에서 진행하였다. 실험은 2020년 5월 9일부터 9월 26일 까지 진행하였으며, 실험기간동안의 총 강수량은 1,344.2mm, 평균기온은 23.08°C이었다. 실험벽체의 규모는 한 면이 50cm×100cm(가로×높이)인 8방위로 총 3개를 제작하였으며, 목재판재에 시멘트를 발라 실제 도시건물의 표면과 유사하게 하였다. 또한, 식물의 식재 전 벽면녹화 보조재로서 매쉬 약 18mm, 두께 1mm의 PE 넷트를 벽체에서 50mm 이격하여 설치하였다. 그림자의 길이를 고려하여 실험벽체구조물의 간격은 2m 간격으로 설치하였고, 식재 후 실험 기간 동안 무관수하였고, 시비도 하지 않았다.

*: 이 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 도시생태 건강성 증진 기술개발사업의 지원에 의한 논문임.

3. 측정 및 분석

모니터링 기간은 가장먼저 1m 높이의 벽체 피복이 완성되는 시기로 하여, 식재 후 5월 9일부터 9월 26일까지 주1회 오전 9시부터 오후6시까지 한 시간 간격으로 식물의 길이와 조도, 벽체 표면 온도, 피복률을 방위별로 측정하였고, 마지막으로 2021년 2월 19일 식물의 길이와 피복률을 최종적으로 측정하였다. 데이터는 MS Office Excel 2016 을 활용하여 정리하였다. 온도계는 BENETECH GM320을 사용하였고, 조도계는 BENETECH GM1010을 사용하여 측정하였다. 식물의 길이는 벽체의 세로길이인 100cm를 초과하면 수치를 100으로 입력하였다. 피복률은 방위별로 식재된 식물을 휴대폰 카메라로 촬영한 후 10개의 그리드를 그려 피복률을 측정하였다. 수집한 표면온도와 조도 데이터는 Figure 1, Figure 2와 같다.

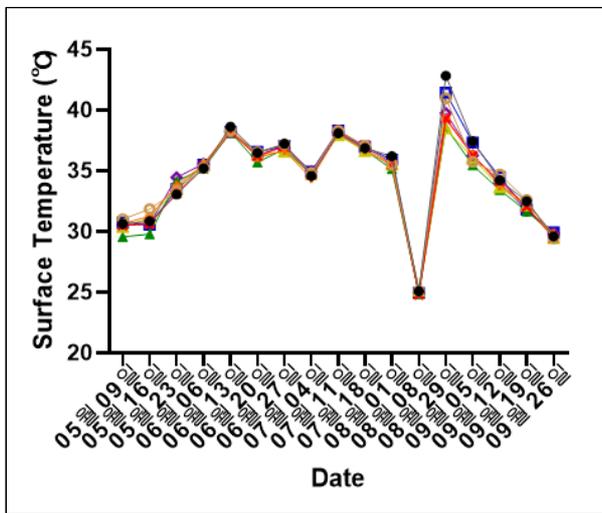


Figure 1. Surface temperature depending on orientations
Legend: ● S ○ SE × E + NE △ N ▲ NW ◇ W □ SW

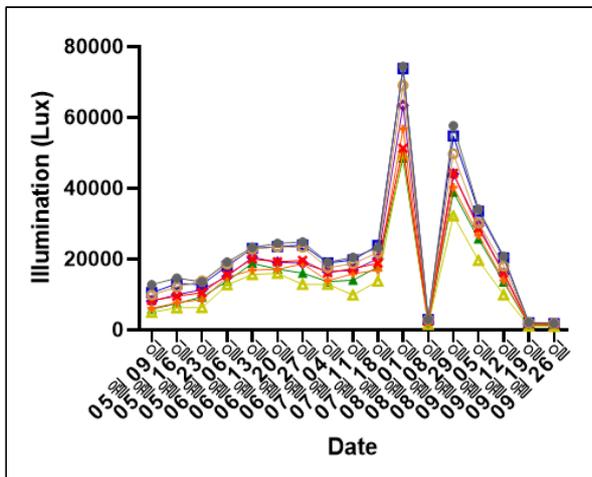


Figure 2. Illumination depending on orientations
Legend: ● S ○ SE × E + NE △ N ▲ NW ◇ W □ SW

III. 연구결과

1. 방위별 표면온도와 조도

5월부터 9월까지 평균표면온도는 남서향이 34.59°C로 가장 높았으며, 북서향이 33.98°C로 가장 낮았으며, 차이는 0.61°C이다. 평균표면온도는 측정 기간 중 기온이 가장 높았던 8월 29일을 제외하고 방위별로 차이가 적었다. 식물별 기온에 따른 생장 차이는 다르지만, 식물은 어느 정도 열환경에 적응하는 특성을 가지고 있으며, 대부분 기온 17-28°C에서 생육을 활발히 한다 (Atkin and Tjoelker, 2003; Loveys *et al.*, 2002). 본 연구의 값과 비교해 보았을 때, 평균기온이 26.6°C이었던 6-7월에 생육이 왕성한 결과가 나왔다. 평균조도는 남향이 22,899.51Lux로 가장 높았으며, 북향이 13,300.12Lux로 가장 낮았으며, 차이는 9,599.38Lux이다. 빛은 식물생장에 중요한 역할을 하며 (Nozue and Kloof, 2006), 태양 복사가 감소함에 따라 식물의 광합성과 성장속도는 점차 감소한다 (Matsui *et al.* 2018). 본 연구의 값과 비교해 보았을 때, 송악과 금빛줄사철이 태양복사가 감소하는 북, 북서향에서 생육을 잘 하지 못하는 결과가 나왔다.

2. 방위별 식물 피복률 및 생장

5월부터 9월까지 방위에 따른 생장 차이를 살펴본 결과, 담쟁이덩굴의 경우 북향에서 생육이 왕성하였으며, 8방위 모두 6~7월에 생육이 가장 왕성하였다. 송악과 금빛줄사철의 경우, 남향에서 생육이 가장 왕성하였다 (Figure 3 참조). 이는 담쟁이덩굴이 기온 약 20-26°C 사이에서 생장을 왕성하게 하는 특성 (de Capite, 1955)이 있어 복사열이 비교적 적은 북향에서 생육이 왕성했을 것으로 판단된다.

기존 연구 (Kim *et al.*, 2012)와 비교해서 송악의 경우 같은 결과가 나왔다. 송악의 경우 그림자가 많이 생기는 곳에서는 줄기의 지름과 길이가 성장하지 못하는 특성 (Jeong and Kim, 1999)을 가졌기 때문에 햇빛을 많이 받을 수 있는 남향에서 생육이 왕성했을 것으로 판단된다.

금빛줄사철은 남향에서 생육이 왕성하였다. 줄사철은 그늘을 잘 견디는 식물이지만 빛을 좋아하는 특성 (Song and Li, 2016)을 함께 가졌기 때문에 빛과 관련하여 초반 생육은 남향에서 후반생육은 북향과 남향 모두에서 생육이 왕성했을 것으로 판단된다. 다만, 이는 기존연구 (Kim *et al.*, 2012)에서 금빛줄사철의 초반 생육은 남향에서 후반 생육은 북향에서 미소하게 큰 것으로 나타난 것과는 다른 결과인데, 본 연구에서는 초반 생육은 남향에서 후반생육은 남향과 북향 모두에서 왕성하여 총생장량은 남향에서 분명하게 컸다.

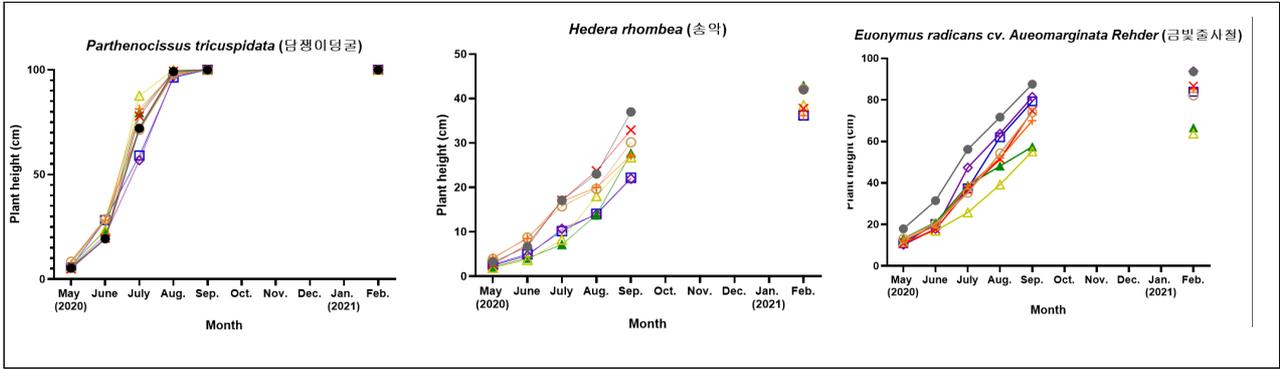


Figure 3. Plant's growth depending on orientations
 Legend: ● S ○ SE × E + NE △ N ▲ NW ◇ W □ SW

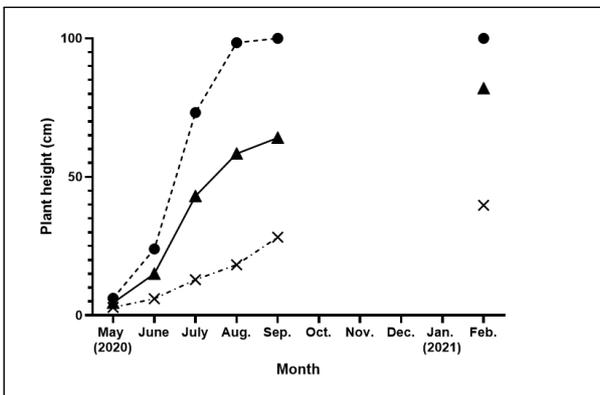


Figure 4. Average plant's growth
 Legend: ● 담쟁이덩굴 × 송악 ▲ 금빛줄사철

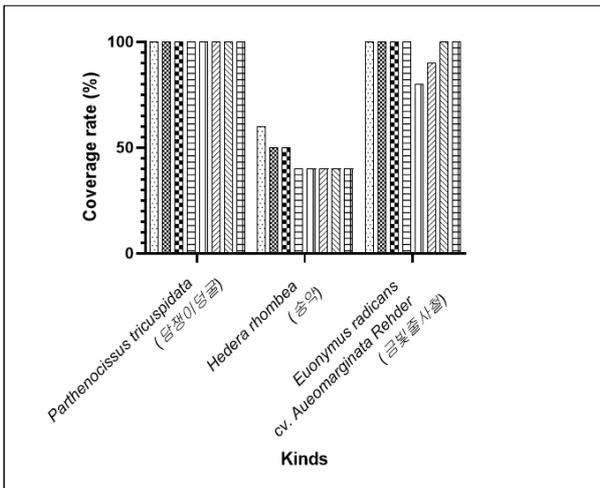


Figure 5. Final coverage rate of plants depending on orientations

Legend: ▨ S ▩ SE ▧ E ▤ NE
 ▥ N ▦ NW ▨ W ▩ SW

3. 식물종별 피복율 및 성장 비교

5월부터 9월까지 식재한 식물의 성장변화를 살펴본 결과, 성장속도가 담쟁이덩굴, 금빛줄사철, 송악 순으로 빨랐으며, 피복

률은 담쟁이덩굴, 금빛줄사철, 송악 순으로 높게 나타났다. 담쟁이덩굴은 초장 생육 및 피복의 속도가 높게 나타난 반면, 금빛줄사철과 송악은 초장 생육과 피복률이 낮게 나타났다(Figure 4 참조). 이와 같은 결과는 담쟁이덩굴의 흡착근은 표면에 강력 착생하여 벽면을 피복하며 거의 모든 방향으로 성장(Lee and Kim, 2011)하여, 수직·수평적 성장률이 모두 왕성한 특징(Korea Highway Corporation, 1999)을 가졌기 때문으로 판단되며, 송악의 경우 수직의 성장보다는 지면을 덮는 특성을 가졌기 때문으로 판단된다. 최종적으로 담쟁이덩굴의 경우, 8월에 모든 벽면을 100% 피복하였다. 금빛줄사철은 2021년 2월에 북, 북서향을 제외한 벽면을 100% 피복하였다. 송악은 2021년 2월까지 남향에서 60%로 최대의 피복률을 보였으며, 평균 45%의 피복률을 보였다(Figure 5 참조). 기존 연구(Kim *et al.*, 2012)와 비교하여 본 연구에서는 송악보다 금빛줄사철의 생장이 더 왕성했다는 차이점이 있지만, 피복률은 같은 결과가 나왔다. 이는 송악의 수직적 생장이 금빛줄사철보다는 늦었지만, 지표면을 덮는 생육적 특성으로 인해 피복률은 같은 결과가 나왔다고 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 벽면녹화에 자주 식재되는 식물 중 3종을 선정하여 방위별 생육을 나타내는 성장 및 피복률 차이에 관한 연구를 진행하였다. 실험은 5월 9일부터 9월 26일까지 진행하였으며, 담쟁이덩굴, 송악, 금빛줄사철 3종의 식물을 사용하였다. 초장생장은 및 피복률은 담쟁이덩굴, 금빛줄사철, 송악 순으로 높았다. 담쟁이덩굴은 북향에서 생육이 왕성하였고, 금빛줄사철과 송악은 남향에서 생육이 왕성하였다. 담쟁이덩굴은 6~7월에 생육이 왕성하였음에 비해 송악과 금빛줄사철은 9월까지 완전한 성장을 지속했다.

연구결과를 보아 벽면녹화에 사용되는 모든 식물이 동일하게 성장하지 않으며, 향으로 인한 영향보다 식물생육 특성에 따라 성장특성이 더 크게 다르다는 것을 알 수 있었다. 각 식물종별 최종 생육을 살펴보면, 성장 및 피복률 공통으로 담쟁이덩굴, 금

빛줄사철, 송악 순으로 높았으며, 담쟁이덩굴과 송악의 생장 차이는 57.03cm이었다. 방위별 최종 생육을 살펴보면, 담쟁이덩굴의 경우 향별 생장과 피복률 모두 차이가 없었으며, 송악의 경우 향별 생장과 피복률 모두 남향에서 왕성하였고, 최종 생장 차이는 6.77cm이었다. 금빛줄사철의 경우 생장과 피복률 모두 남향에서 생육이 왕성하였고, 최종 생장 차이는 29.87cm이었다. 따라서 벽면녹화를 방위별로 제한할 것이 아니라, 식물의 생육 특성을 파악하여 방위별로 알맞은 식물을 식재하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

연구의 한계점으로는 실험을 위해 제작된 벽면면적이 작아 방위별 표면온도와 조도의 차이가 작았고, 그에 따라 실험 환경으로서 표면온도와 조도가 식물생육에 미치는 영향 범위가 현실의 다양하고 큰 변이를 모두 반영하는데 한계가 있었다. 따라서 향후 연구에서는 식물종의 수를 다양하게 하고, 벽면을 크게 제작하여 다양한 변이의 표면온도와 조도에 따른 식물생육의 차이 분석이 필요하다.

참고문헌

- Atkin, O. K. and M. G. Tjoelker(2003) Thermal acclimation and the dynamic response of plant respiration to temperature. *Trends in Plant Science* 8(7): 343-351.
- Belmeziti, A., F. Cherqui and B. Kaufmann(2018) Improving the multi-functionality of urban green spaces: relations between components of green spaces and urban services. *Sustainable Cities and Society* 43: 1-10.
- Coma, J., G. Pérez, A. de Gracia, S. Burés, M. Urrestarazu and L. F. Cabeza(2017) Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades. *Building and Environment* 111: 228-237.
- de Capite, L.(1955) Action of light and temperature on growth of plant tissue cultures *in vitro*. *American Journal of Botany*, p. 869-873.
- Jang, D. H., H. S. S. H. Kim, Sin and H. S. Kim(2015) Low-cost, sustainable green wall system development for urban heat island phenomenon mitigation. *KICT*.
- Jeon, J. K., Y. S. An and E. J. Kim(2014) Performance evaluation study on green-wall system using moss. *Magazine of the Korea Concrete Institute* 26(3): 36-40.
- Jeong, H. H. and K. S. Kim(1999) Effects of shading on the growth of *hedera rhombea* bean and *pachysandra terminalis* sieb, et Zucc. *Horticultural Science & Technology* 17(1): 29-32.
- Jim, C. Y. and H. He(2011) Estimating heat flux transmission of vertical greenery ecosystem. *Ecological Engineering* 37(8): 1112-1122.
- Ju, J. H., H. R. Kim, H. Xu, W. T. Kim, E. Y. Choi and Y. H. Yoon(2016) Effect of hydrophilic polymer on early stages of plant growth of *Euonymus fortunei*'emerald and gold' and *Hedera japonica* in a vertical greenery system for low maintenance. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 19(3): 1-9.
- Kim, B. R.(2013) A study on the current status and issue of green wall in GBCS-certified apartments. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 40(6): 1-12.
- Kim, J. S., M. I. Jung, S. W. Han, H. K. Jang, H. H. Jung and S. M. Lee(2012) Growth according to the direction of climbing wall and attachment characteristics of 5 vine plants on planting wall with various materials. *Journal of People, Plants, and Environment* 15(6): 471-475.
- Korea Highway Corporation.(1999) The Experiment of Vine for Covering theTraffic Noise Barrier.
- Kwon, K. U., W. T. Kim, J. H. Kim and Y. H. Yoon(2013) performance analysis for energy-saving the implementation of low-energy green wall plant foundation. *Journal of the Korea Society of Environment and Ecology* 2013(2).
- Lee, D. J., J. H. Gwon, N. Y. Kim, S. H. Kim, T. H. Kim, D. H. Lee, and Y. H. Yun(2020) A Study on the characteristics of radiant energy change according to the types of wall greening. *The Korean Environmental Sciences Society*. In *Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference*, p. 182.
- Lee, J. S., S. M. No, Y. S. Kim and K. Y. Park(2003) Environment and management on afforestation of the surface of wall in Seoul City. *Horticultural Science and Technology* 21(1): 87-87.
- Lee, M. H. and I. S. Kim(2011) Characteristics of adhesive disks in *Parthenocissus tricuspidata* during attachment. *Applied Microscopy* 41(2): 139-145.
- Loveys, B. R., I. Scheurwater, T. L. Pons, A. H. Fitter and O. K. Atkin(2002) Growth temperature influences the underlying components of relative growth rate: an investigation using inherently fast and slow growing plant species. *Plant, cell & environment* 25(8): 975-988.
- Matsuo, N., T. Yamada, Y. Takada, K. Fukami, and M. Hajika(2018) Effect of plant density on growth and yield of new soybean genotypes grown under early planting condition in southwestern Japan. *Plant Production Science* 21(1): 16-25.
- ME.(1998) Guidelines for Elevation and Recording of Urban Buildings.
- MOLIT.(2012) Building Greening Design Criteria.
- Nozue, K. and J. N. Maloof(2006) Diurnal regulation of plant growth. *Plant, Cell & Environment* 29(3): 396-408.
- Pan, L., S. Wei and L. M. Chu(2018) Orientation effect on thermal and energy performance of vertical greenery systems. *Energy and Buildings* 175: 102-112.
- Park, M. H. and H. D. Kim(2011) An observatory study on the effect of the greening of a wall on the reduction of urban temperature. *Journal of the Environmental Science* 15(1): 114-129.
- Park, S. S., S. Y. Hwang, S. W. Bang and B. J. Park(2014) The effect of roof and wall greening on the thermal environment of buildings. *Korean institute of landscape architecture*. In *Proceedings of the Korean Institute of Landscape Architecture Conference*, p. 87-88.
- Sejong Metropolitan Autonomous City. (2018). *Sejong Metropolitan Autonomous City Building code*.
- Song, X. and H. Li(2016) Effects of building shade on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of *Euonymus fortunei*. *Acta Ecologica Sinica* 36(5): 350-355.
- Susorova, I., P. Azimi and B. Stephens(2014) The effects of climbing vegetation on the local microclimate, thermal performance, and air infiltration of four building facade orientations. *Building and Environment* 76: 113-124.
- Wong, N. H., A. Y. K. Tan, Y. Chen, K. Sekar, P. Y. Tan, D. Chan and N. C. Wong(2010) Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment* 45(3): 663-672.