

Research Paper

도시공원의 생태계서비스 평가지표 개발 및 측정가능성 검토

김은영* · 김지연* · 정혜진* · 송원경**
수원시정연구원*, 단국대학교 녹지조경학과**

Development and Feasibility of Indicators for Ecosystem Service Evaluation of Urban Park

Kim, Eunyoung* · Kim, Jiyeon* · Jung, Hyejin* · Song, Wonkyong**

Suwon Research Institute*
Department of Landscape Architecture, Dankook University**

요약 : 도시에서의 인간의 삶의 질은 생태계에 의존하고 있으며, 삶의 질에 기여하는 생태계서비스를 평가하는 것은 중요하다. 본 연구에서는 도시에서 제공하는 다양한 생태계서비스 중 도시공원에서 제공하는 생태계서비스에 대한 평가항목 및 평가지표를 도출하고 이를 수원시 도시공원에 시범적용하여 지표의 측정가능성을 검토하고자 한다. 문헌연구를 통해 생태계서비스 평가항목 및 지표 목록을 추출하고 전문가 대상 2차례 델파이 조사를 실시하여 지표별 적합성을 평가하였다. 평가결과 도시공원은 공급, 조절, 지원, 문화서비스 전체 분야에 대해 생태계서비스를 제공하는 것으로 나타났다. 공급서비스에서는 식량생산성과 수자원을 제시하였으며, 조절서비스에서는 대기오염물질 제거, 홍수 및 폭풍피해 저감, 소음저감, 열섬저감, 토양질 유지, 지원서비스에서는 생태네트워크와 생물다양성 유지, 문화서비스에서는 운동, 휴식, 교육 및 사회활동의 평가항목을 제시하여 총 12개 평가항목과 14개의 평가지표를 도출하였다. 도출된 평가항목과 지표를 토대로 수원시 내 도시공원 두 곳에 시범적용하여 지표의 측정가능성을 검토하였다. 본 연구결과 도시공원의 생태계서비스 평가항목을 통해 도시의 생태계서비스 및 생물다양성 현황을 진단하는 기틀을 마련하였으며, 도시에서의 생태계서비스를 높이기 위한 방안을 제안하였다. 향후 도시차원에서 생태계서비스 지역평가, 생태계서비스 총량 및 균등분배에 관한 전략 수립과 연계할 필요가 있다.

주요어 : 도시생태계, 공급서비스, 조절서비스, 지원서비스, 문화서비스

Abstract : A human in urban areas has depended on ecosystem for well-being, so it is important to evaluate urban ecosystem services which contribute significantly to human well-being. In this study

First Author : Kim, Eunyoung, Suwon Research Institute, 126 Suin-ro, Gwonseon-gu, Suwon, Gyeonggi 16429, Republic of Korea, Tel : +82-31-220-8045, E-mail : cykim@suwon.re.kr

Corresponding Author : Song, Wonkyong, Department of Landscape Architecture, Dankook University, 119 Dandae-ro, Dongnam-gu, Cheonan, Chungnam 31116, Republic of Korea, Tel : +82-41-550-3636, E-mail : wksong@dankook.ac.kr

Co-Author : Jiyeon Kim, Suwon Research Institute, 126 Suin-ro, Gwonseon-gu, Suwon, Gyeonggi 16429, Republic of Korea, E-mail : jiyeon424@gmail.com

Jung, Hyejin, Suwon Research Institute, 126 Suin-ro, Gwonseon-gu, Suwon, Gyeonggi 16429, Republic of Korea, E-mail : junghj@suwon.re.kr

Received : 30 June, 2017. Revised : 24 July, 2017. Accepted : 8 August, 2017.

we classified ecosystem functions and set indicators used for evaluating ecosystem services of urban park by Delphi method. As a result, it derived 12 items and 14 indicators of ecosystem services to evaluate them such as vegetable garden, canopy cover, biodiversity, and educational programs. Based on the derived evaluation indicators, the feasibility of the indicators was examined by applying to two urban parks, Maetan park and Seoho-Ggotme park, in Suwon City. We also suggested strategies to improve each ecosystem services based on the results of evaluation. It is significant to recognize unknown services in urban parks. The results can be used for improving urban ecosystem services consistently in response to current rapid urbanization. In the future, the city should make a master plan on ecosystem service on urban area, beyond urban park, considering both of quality and quantity.

Keywords : Urban ecosystem, Provisioning services, Regulating services, Supporting services, Cultural services

I. 서론

생태계서비스는 주로 자연 생태계에서 인간 생태계로 제공되는 혜택을 의미하고, 그 반대 방향의 혜택은 상대적으로 적다. 대개 인간 생태계에서 자연 생태계로 흘러가는 흐름은 생태계서비스로 보기보다 인간이 자연에 끼치는 영향을 말한다(Costanza et al, 1997). 생물다양성이 생물의 존재에 초점을 맞춘 개념이라면 생태계서비스는 생물다양성이 인간에게 끼치는 영향에 관심을 가지면서 생긴 개념이다.

지금까지의 국내 생태계서비스 평가관련 연구는 산림, 하천, 습지, 해양 등 특정 생태계를 대상으로 생태계서비스 전체 혹은 일부 서비스 평가를 위한 계량화 연구(Choi et al, 2014; Roh et al, 2014)와 이를 생태계서비스 지불제 등 경제적인 가치로 환산하는 연구(Ryu & Lee 2013; Ahn & Bae 2014; Roh et al, 2014; Oh et al, 2016; Kwon et al, 2016)로 크게 구분된다. 특히, 최근에는 경제적 가치로 환산하는 연구가 주를 이루고 있으며, 산림, 하천, 습지 등 특정 생태계를 토지이용 및 피복으로 구분하여 생태계서비스 지역평가(Kwon et al, 2016)를 실시한 바 있다. 다만, 기존의 생태계서비스 평가는 국가차원에서의 특정생태계를 대상으로 진행되어 도시민의 생활과 밀접한 관계가 있는 도시공원 등에 대한 논의가 부족한 실정이다.

TEEB(2010)는 생태계서비스를 공공관리에 포함할 경우 다양한 장점을 갖는다고 제시하였다. 공공관

리 수단을 통해 지자체는 관할 지역 내의 생태계서비스 제공을 감소, 유지 또는 증가시킬 수 있다. 특히, 생태계서비스의 가치 및 공공관리측면에서의 혜택을 측정하여 비효율적 관리방안을 도출하는 것이 중요하다. 이러한 측면에서 생태계서비스는 국가차원보다는 지자체차원에서 접근하여 평가하고 이를 향상시킬 수 있는 방안 마련이 필요하다. 따라서 지자체차원에서 생태계서비스를 평가하고 이를 통해 증진방안에 대한 논의가 가능한 대상으로 도시공원이 대표적이라 할 수 있다. 하지만 도시공원에 대한 생태계서비스 평가 지표에 대한 연구가 전무한 실정이므로 평가지표에 대한 논의가 우선될 필요가 있다.

본 연구에서는 도시생태계의 다양한 생태계서비스 중 도시공원을 대상으로 생태계서비스 평가지표를 도출하고 이를 시범 적용하여 지표의 적용가능성을 검토하고자 한다. 이를 위해 첫째, 도시공원에서의 생태계서비스 평가항목 및 지표에 대한 이론적 고찰을 실시하여 도시공원이 제공하는 생태계서비스 유형 및 특성을 파악하고자 한다. 둘째, 델파이 조사를 통해 도시공원에서 나타나는 생태계서비스 평가항목과 평가지표를 알아보려고 한다. 마지막으로 도시공원에 시범 적용하여 도시공원의 생태계서비스 평가항목 및 평가지표의 적합성 및 적용가능성을 검토하고자 한다. 또한, 이를 통해 도시공원에서의 생태계서비스를 증진시키기 위한 방안을 마련하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 생물다양성 및 생태계서비스

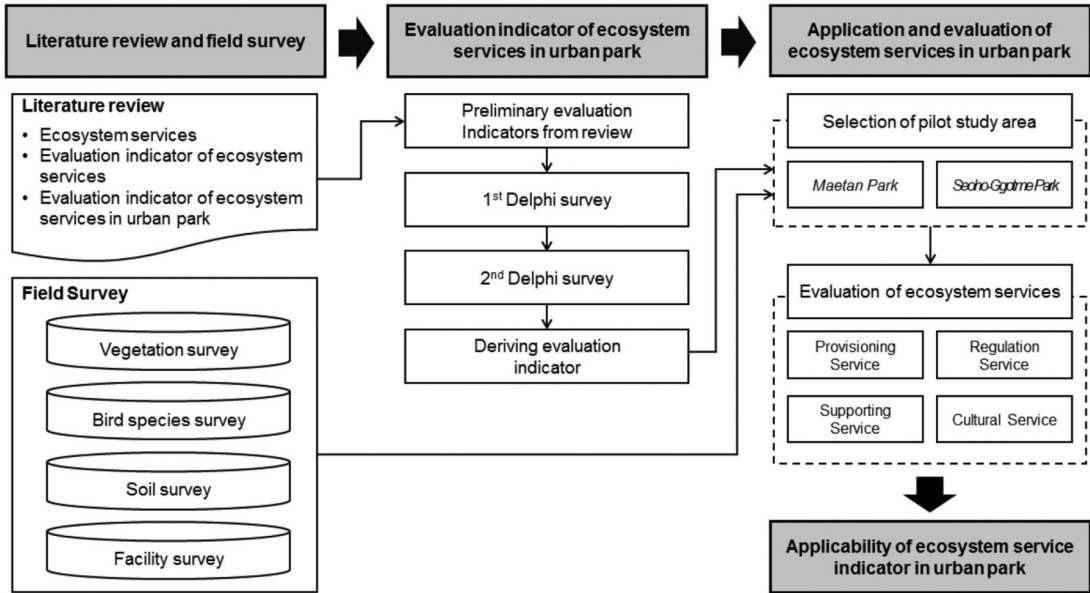


Figure 1. Research flow and methods

증진을 위한 도시관리 정책 활용에 기여할 것으로 판단된다.

II. 연구 방법

본 연구는 선행연구를 토대로 생태계서비스 평가 항목 및 지표 목록을 추출한 후 전문가 설문조사를 통해 각 지표의 적합성을 평가하였다. 최종적으로 도시공원에 적용·평가하기 적합한 지표를 선정하여 연구대상지역의 생태계서비스를 평가하였다. 평가 결과를 토대로 도시공원의 생태계서비스 평가지표의

적용가능성을 검토하였다(Figure 1).

1. 도시공원의 생태계서비스 평가지표 도출

선행연구를 통해 기존에 연구된 생태계서비스 평가 항목 및 지표를 파악하였다. 이 때 도시공원이 갖는 기능 및 효과에 대한 선행연구를 분석함으로써 도시공원에서 평가되어야 하는 생태계서비스 항목을 도출하였다. 이를 토대로 1차 지표후보군을 선정하였다. 선행연구를 통해 구축된 평가영역과 그 구성인자 및 세부 평가항목들의 적절성 여부를 판단하기 위해 델파이 조사방법을 채택하였다(Im et al, 2012).

Table 1. The composition of delphi survey's panel

		First Delphi survey	Second Delphi survey
Academic background	Environmental planning	11	10
	Ecology/Ecosystem service	9	8
	Urban park	4	4
Position	Public officer	2	2
	Professor	14	13
	Researcher	8	7
Career	5~10	9	8
	over 10	15	14
Total		24	22

델파이 조사는 전문성이 있는 패널 선정이 중요하므로 도시공원, 생태계서비스 등 관련 주제로 연구의 경험이 있는 전문가를 선정하였다(Table 1). 설문조사는 5점 리커트 척도로 도시공원 생태계서비스 평가항목과 평가지표의 적합성을 도출하였다. 리커트 척도는 적합도가 낮다, 약간 낮다, 보통이다, 약간 높다, 높다순으로 1점에서 5점까지로 설정하였다. 델파이 조사 결과는 평균, 표준편차를 분석하고 변이계수(Coefficient of Variance)를 통해 설문 라운딩 횟수를 판단하였다. 일반적으로 변이계수가 0.5 이하인 경우에는 높은 수준의 합의가 이루어진 것으로 판단해 추가 설문이 필요하지 않다(Kang et al., 1998; Choi & Suh 2011).

또한, 각 항목별 내용타당도를 분석하였다. 내용타당도는 Lawshe(1975)가 제안한 내용타당도 비율(Content Validity Ratio: CVR)을 바탕으로 분석하였다. CVR은 참여 전문가 수에 따라 만족해야 하는 최소값이 제시되어 있으며, 그 최소값 이상이 되었을 때 문항에 대한 내용타당도가 있는 것으로 판단할 수 있다(Hong & Seo 2013). CVR 기준치는 델파이 패널

수가 24명이므로 0.37 이상으로 설정하였다(Lawshe, 1975).

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2}$$

(n_e : 설문에서 적합도가 '약간 높다' 또는 '높다'라고 응답한 사례 수, N : 전체 설문응답자 수)

1차 설문조사 결과를 토대로 평가항목 및 지표를 수정하여, 수정된 지표안을 동일 대상자에게 배포하여 2차 설문조사를 실시하였다. 2차 설문조사 결과를 토대로 대상 공원에서의 측정 및 적용가능성, 정책적 활용성 등을 고려하여 최종적으로 평가지표를 선정하였다.

2. 도시공원의 생태계서비스 평가지표 적용

델파이 조사를 통해 도출된 도시공원의 생태계서비스 평가항목 및 평가지표를 토대로 지표의 적용가능성을 판단하기 위해 도시공원에 시범 적용하였다. 지표의 적용은 경기도 수원시에 조성된 매탄공원과 서호꽃피공원을 대상으로 하였다(Figure 2). 두 대상

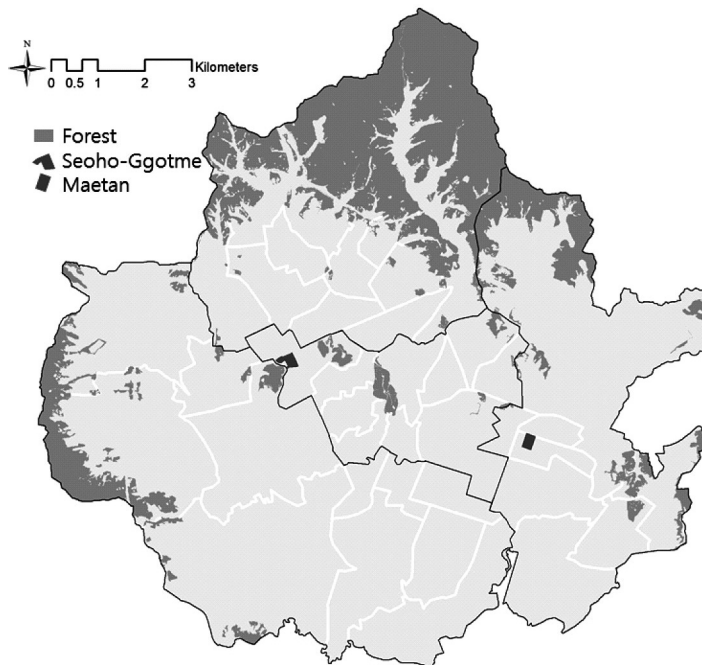


Figure 2. Location of pilot study area

Table 2. Pilot study area: Maetan Park and Seoho-Ggotme Park

		Maetan Park	Seoho-Ggotme Park
Year of build		December, 1985	February, 2012
Location		Yeongtong-gu, Suwon-si	Paldal-gu, Suwon-si
Area		59,956m ²	55,283m ²
Facilities	Landscape	Grass square	Acupressure trail, Deck, Sculpture, Drinking foundation
	Sports	Football field, Tennis court, Basketball court, Gate ball, Gymnasium, etc.	Futsal field, basketball court, badminton court, etc.
	Recreation	Square, Rest shelter, Bench, Pergola	Square, Rest shelter, Bench, Pergola
		–	Combination playground equipment, etc.
	Education	–	Outside learning stage, Childcare facilities
	Benefit	Toilet, Parking lot, Mineral spring	Toilet, Parking lot
Management	–	Skylight, Staircase, Movable ballard	
Land use		Residential area	Residential area, Green area (mt. Yeoggi, Seoho-stream, Lake seoho)

지 모두 면적이 50,000m²이상의 공원으로 매탄공원은 기존의 잔존산림을 포함하고 있는 자연형 근린공원이며, 서호꽃피공원은 기존 녹지대가 없는 인공조성형 근린공원이다. 두 공원 모두 다양한 시설이 설치되어 있어 이용자에게 다양한 서비스를 제공하고 있다(Table 2).

III. 결과 및 고찰

1. 선행연구를 통한 도시공원의 생태계서비스 평가 지표

선행연구 결과를 토대로 도시공원의 생태계서비스 별 평가지표를 종합하였다. 조절서비스에서 가장 많은 항목이 도출되었으며 이를 평가하기 위한 다양한 지표가 활용되고 있는 것으로 나타났다(Table 3). 도

Table 3. Preliminary evaluation indicator of ecosystem service of urban park

Services		Indicator	Reference
Provisioning	Productivity	• Tree biomass (leaf biomass) (Carbon multiplied by 2 to convert to fresh weight biomass)	Nowak et al. 2008 Dobbs et al. 2011
		• Food production • Vegetable garden area	Rocha et al. 2015
	Medicinal resources		Camps-Calvet et al. 2016
Regulating	Maintenance of air quality	• CO ₂ sequestration by trees (Carbon is multiplied by 3.67 to convert to CO ₂) • Air pollutant removal (Ozone, CO, SO ₂ and NO ₂ removal multiplied by plot measured tree cover in tons yr ⁻¹)	Yang et al. 2005 Joo et al. 2005 Han 2006 Escobedo et al. 2011 Dobbs et al. 2011 Rocha et al. 2015
	Maintenance of favorable climate	• Temperature reduction • Tree cover	McPherson et al. 1998 Akbari et al. 2001 Gill et al. 2007 Grimmond 2007 Michelozzi et al. 2009 Dobbs et al. 2011 Bastian et al. 2012 Rocha et al. 2015

Table 3. Continued

	Services	Indicator	Reference
Regulating	Mitigation of climate change	• Carbon storage (t/year)	Whitford et al. 2001 Tratalos et al. 2007 Escobedo et al. 2010
	Saving energy	• Energy consumption according to tree density and cover	Simpson 1998 Akbari 2002 Nicholson-Lord 2003
	Drainage (Reduce runoff)	• Surface runoff (mm/hour) • Curve Number • Soil bulk density (cm/h) • Soil infiltration	Weng 2001 Jim & Chen 2009 Dobbs et al. 2011 Pataki et al. 2011 Radford & James 2012 Rocha et al. 2015
	Storm protection	• Tree structure (Plot tree density and cover) • Crown dieback (Average percent individual tree crown dieback(%))	Dobbs et al. 2011
	Noise reduction	• Leaf area and distance to roads • Type of foliage	Rocha et al. 2015 Dobbs et al. 2011
	Maintenance of biological and genetic diversity	• Shannon diversity and evenness index	Thuiller et al. 2005 Stenlid et al. 2011
	Maintenance of soil quality	• Soil fertility (soil organic matter % pH) • Soil bulk density (g/cm ³) • Soil Nutrients of P, K, Mg, Ca (mg/kg) • Heavy metals (Zn, Cu, Ni, Pb) (mg/kg)	Dobbs et al. 2011
Supporting	Photosynthesis effect (balance between CO ₂ and O ₂ , carbon reduction, biomass etc.)	• Amount of biomass using relative growth	Nowak & crane 2002 Rocha et al. 2015
	Provide habitat (diversity of species and genetic) and maintain biodiversity	• Structural connectivity (%) • Shannon diversity and evenness index • Simpson index • Percent native species (%)	Magurran 2004 Vogt et al. 2009 Dobbs et al. 2011
Cultural	Recreation	• Open space area per resident • Tree and grass cover (%) • Water area • Number of green elements • Number of facilities • Hill and slope • Lake, river and fountain • Proportion of evergreen plants and flowering plants	Dwyer et al. 1991 Fuller et al. 2007 Tratalos et al. 2007 Dobbs et al. 2011 Rocha et al. 2015 He et al. 2016
	Aesthetic value	• Tree species, condition, extent and location	Dwyer et al. 1991 Dobbs et al. 2011
	Natural · cultural value	• Native species (%) • Species entered colonial era (%) • Proportion of natural land	Dwyer et al. 1991 Frank et al. 2006
	Religious function	• Symbolic tree • Religious site	Dwyer et al. 1991
	Educational function	• Educational programs and activities	Dwyer et al. 1991 Breuste et al. 2013 He et al. 2016
	Placeness		Dwyer et al. 1991

Table 3. Continued

Services		Indicator	Reference
Cultural	health improvement	<ul style="list-style-type: none"> • Ground area (with jogging) • Body mass index (BMI) • Chances of being overweight or obese • Morbidity and mortality of cardiovascular diseases • Longevity • Score of frustration, anxiety, self- esteem and happiness level 	Maas et al. 2006 Fuller et al. 2007 Jim & Chen 2009 Lee et al. 2009 Tzoulas et al. 2011 Douglas 2012 He et al. 2016
	Social interaction improvement	<ul style="list-style-type: none"> • Amount and proportion of social activities • Number of educational programs and activities • Number of community activities 	Tan & Zhao 2007 He et al. 2016

시공원이 제공할 수 있는 공급서비스로는 생산성과 관련이 있는 수목으로 인한 바이오매스와 도시텃밭으로 발생하는 식량에 대한 부분과 약용식물에 대한 연구결과가 제시되었다. 조절서비스에는 공기질 유지, 적합한 기후 유지, 기후변화 저감, 에너지 저감, 배수, 폭우 방지, 소음저감, 생물학적·유전적 다양성 유지, 토양질 유지 등 다양한 서비스 유형이 선행연구를 통해 제시되었으며 이를 평가하기 위해 수목에 의한 CO₂ 흡수율, 불투수면적, 입면적지수, 표면유출계수 등 다양한 지표가 활용되고 있다. 지원서비스는 광합성효과 및 야생동식물의 서식처 제공이 주요 서비스로 제시되었으며 이를 평가하기 위한 지표로 상대성장률을 이용한 바이오매스량, 연결성지수 등이 제안되었다. 문화서비스의 경우 오락·휴양, 심미·미학적 가치, 자연·문화유산적 가치, 종교적 가치, 교육적 가치, 장소성, 건강증진, 사회적 상호작용 개선이 주요 서비스로 제시되었으며 이를 평가하기 위해 오픈스페이스 면적, 각종 시설의 수, 프로그램 활동, 이용자 특성 등 다양한 지표가 활용되고 있다.

2. 델파이조사를 통한 도시공원의 생태계서비스 평가지표

델파이 조사를 두 차례에 걸쳐 실시한 결과, 모든 평가지표에서 3점 이상의 높은 평균값을 보였으며, CV값은 모든 항목에서 0.5이하로 나타나 높은 수준의 합의를 보였다.

공급서비스에서는 1차 조사결과, 식량부분의 텃밭 면적이 높은 점수를 받았으며, 평가지표에서 텃밭면적비율, 재배작물의 종류가 추가 지표로 제시되었다.

바이오매스의 항목은 공원에서 큰 의미가 없다는 의견과 함께 상대적으로 낮은 중요도를 보였으며, 수자원 항목의 추가의견이 다수 제시되었다. 2차 조사결과에서는 공원 내 수자원의 수가 가장 높은 점수를 보였으며, 텃밭면적과 텃밭면적비율이 유사한 수치를 보였다.

조절서비스의 경우 1차 조사결과, 미기후 조절항목과 열섬저감 항목이 높은 점수를 보였으며, 그 뒤를 이어 토양질 유지, 소음저감, 대기오염물질 제거, 홍수 및 폭풍피해 저감효과 순으로 타당도가 제시되었다. 대기오염물질 제거의 경우, 평가지표로 환경정화수 식재비율 외에 식재밀도 혹은 엽면적 지수가 제안되었으며, 미기후 조절에는 다층식재 비율, 홍수저감에는 투수율 및 투수면적, 소음저감에는 수목높이, 완충식생대폭이 추가지표로 제안되었다. 또한, 열섬저감에는 주변 지역과의 온도차가 평가지표로 추가 제안되었다. 2차 조사 결과, 공원의 투수율 및 투수면적이 가장 높은 점수를 보였으며, 미기후항목과 열섬저감효과 항목이 유사한 성격을 나타내므로 통합해서 평가할 필요성이 제시되었다.

지원서비스의 경우 1차 조사결과, 생물다양성을 평가함에 있어 구조적 연결성과 종다양성지수 순으로 평가지표의 적합성이 제시되었으며 자연지형의 비율이 추가적으로 제안되었다. 2차 조사결과, 구조적 연결성, 자생종 및 자연지형 비율, 종다양성지수 순으로 제시되었다.

문화서비스의 경우, 1차 조사결과, 운동 항목에서는 운동 체육시설 이용자수와 시설의 수가 적합한 것으로 나타났다. 휴식 항목에서는 휴식목적의 이용객

Table 4. Types and details of indicator rearrangement through Delphi survey

Services		Indicator (unit)	Details of rearranged items							
			Before (1st round)				After (2nd round)			
			Mean	s.d.	CVR	CV	Mean	s.d.	CVR	CV
Provisioning	Biomass	Amount of biomass using relative growth (ton/m ²)	3.63	1.14	1.16	0.32				
	Food	Total area of vegetable gardens (m ²)	3.75	0.95	1.33	0.26	3.8	0.84	0.91	0.22
		Proportion of vegetable gardens (%)					3.75	0.79	1.08	0.21
		Area per crop type (m ² /crop type)					3.05	1	0.58	0.33
	Water	Area ratio of water resource in parks (%)					4.25	0.56	1.58	0.13
		Number of water resource around the parks					3.3	0.74	0.58	0.23
Regulating	Air pollutant removal	Trees with air cleaning function (%)	3.71	1.13	1.33	0.31	3.8	0.7	1.25	0.19
		Planting density or leaf area index					4.1	0.56	1.5	0.14
	Regulating microclimate	Area of shade of tree (m ²), canopy cover ratio (%)	4.34	0.71	1.75	0.17	4	0.65	1.5	0.17
		Proportion of multiple layer (%)					4.15	0.82	1.25	0.2
	Flood and storm mitigation	Soil pore and hardness	3.38	0.93	1.08	0.28				
		Density and cover of trees (%)	3.71	0.81	1.33	0.22	4.1	0.72	1.33	0.18
		Permeability (%) or permeable area (m ²)					4.65	0.49	1.66	0.11
	Noise reduction	percent evergreen species (%)	3.59	0.89	1.16	0.25				
		Leaf area according to distance of noise (m ² /m)	3.63	1.02	1.25	0.28				
		Tree height according to distance of noise (m)	3.8	0.78	1.33	0.21	3.5	0.83	0.83	0.24
		Vegetation width (m)					4.35	0.49	1.66	0.12
	Urban heat island mitigation	CO ₂ sequestration by tree (ton/year)	4.21	0.89	1.75	0.21	3.65	0.82	1.08	0.23
		Energy consumption around parks (toe)	3.13	0.8	0.66	0.26	4.05	0.76	1.25	0.19
		Temperature difference between park (°C)					3.3	0.66	0.66	0.2
	Maintenance of soil quality	Soil pH	3.63	0.83	1	0.23	3.55	0.69	0.91	0.2
Soil nutrients (mg/kg)		3.88	0.86	1.5	0.22	3.9	0.65	1.25	0.17	
Supporting	Maintenance of biodiversity	Structural connectivity (%)	4.3	0.7	1.75	0.17	4.43	0.51	1.58	0.12
		Shannon index	3.84	0.92	1.58	0.24	3.58	0.77	0.83	0.22
		Proportion of natural land in park (%)					4.11	0.66	1.33	0.17

Table 4. Continued

Services		Indicator (unit)	Details of rearranged items							
			Before (1st round)				After (2nd round)			
			Mean	s.d.	CVR	CV	Mean	s.d.	CVR	CV
Cultural	Sports	Bare ground and grass land area ratio (%)	3.3	0.86	0.91	0.27				
		Number of sports facilities	3.55	0.94	1	0.27	3.55	0.69	0.91	0.2
		Number of person using sports facilities	3.96	0.96	1.41	0.25	3.6	0.76	0.91	0.21
	Resting	Green space ratio in parks	3.09	0.93	0.5	0.31	4.05	0.83	1.33	0.21
		Number of resting person	4.05	0.76	1.66	0.19	3.85	0.59	1.25	0.16
		Number of bench and pergola	3.63	0.93	1.16	0.26	3.45	0.76	0.83	0.23
	Value of heritage	Proportion of old tree (%)	3.71	0.81	1.16	0.22				
		Proportion of afforestation and natural vegetation (%)	3.71	0.81	1.16	0.22				
	Education and social activities	Number of educational programs	3.96	1	1.58	0.26	4.25	0.64	1.5	0.16
		Number of community activities (no/year)	3.59	1.06	1.25	0.3				
		Information, commentary					3.55	0.69	0.91	0.2

수, 벤치 및 파고라의 수, 공원 내 녹지율 순으로 적합도가 높게 나타났으며, 자연 및 문화유산가치 측면에서도 높은 수준의 적합도가 나왔으나 제외의견 역시 다수 제시되었다. 교육 및 사회적 활동 부분 역시 통합해서 평가하는 것이 바람직하다는 의견이 제시되었으며, 교육프로그램 및 활동수, 안내시설, 공동

체 활동건수의 순으로 적합성이 제시되었다. 2차 조사 결과, 교육 및 사회적 활동에서 프로그램 및 교육 활동수가 가장 높은 적합도를 보였으며, 휴식을 위한 공원 내 녹지율, 휴식목적의 이용자수 순으로 높은 적합도를 보였다.

두 차례의 델파이 설문조사를 통해 도출된 도시공

Table 5. The final evaluation items of ecosystem service in urban park

Services	Evaluation indicator from respondents	
Provisioning	Productivity: Food	Proportion of vegetable gardens (%)
	Water resource	Water resource in parks (%)
Regulating	Air pollutant removal	Proportion of trees with air cleaning function (%), density of planting
	Flood and storm mitigation	Permeability (%)
	Noise reduction	Vegetation(buffer zone) width and height (m)
	Urban heat island reduction	Canopy cover ratio (%)
		Temperature difference between park (°C)
	Maintenance of soil quality	Soil character (hardness, pH, gravimetric water contents, bulk density, porosity)
Supporting	Ecological network	Structural connectivity (%)
	Biodiversity	Shannon index
		Proportion of natural land (%)
Cultural	Sports	Number of facilities
	Resting	Number of bench and pergola
	Education and social activities	Number of participating organizations (daycare, kindergarten)

원의 생태계서비스에 대한 평가지표를 다음 Table 5와 같이 정리하였다. 최종적으로 공급서비스에서는 식량생산성과 수자원 2개의 평가항목을 제시하였으며, 조절서비스에서는 대기오염물질 제거, 홍수 및 폭풍피해 저감, 소음저감, 열섬저감, 토양질 유지를 포함하는 5개 평가항목, 지원서비스에서는 생태네트워크와 생물다양성 유지 2개 평가항목, 문화서비스에서는 운동, 휴식, 교육 및 사회활동 3개의 평가항목을 제시하여 총 12개 평가항목과 14개 평가지표를 도출하였다. 특히, 도시공원에서 텃밭 등의 공급서비스는 현재 제한적으로 이루어지고 있으나 최근 도시공원의 구성요소로 텃밭을 조성하는 사례가 증가하고 있으며 시민참여의 중요한 요소로 작용하고 있다. 따라서 공원의 유형 및 관리주체의 다양성 등을 고려할 때 도시공원의 생태계서비스 중 공급서비스의 비중이 점차 높아질 것으로 판단된다.

3. 도시공원의 생태계서비스 평가지표의 적용 및 측정가능성

텔파이 설문조사를 토대로 도출한 평가지표를 수원시 도시공원 중 매탄공원과 서호꽃피공원에 적용한 결과는 Table 6과 같다. 공급서비스의 경우 매탄공원은 해당사항이 없는 반면, 서호꽃피공원은 일부 식량생산기능이 있는 것으로 나타났다.

조절서비스 중 대기오염물질 제거 기능은 서호꽃피공원이 환경정화수의 식재비율이 더 높은 것으로 나타났다으나, 최근에 조성된 공원으로 수목의 생육 정도의 차이가 있어 절대적으로 높다고 비교하는 것은 한계가 있다. 홍수 및 폭풍피해 저감기능은 두 지역 모두 양호한 것으로 평가되었으며, 소음저감 기능의 경우 완충녹지대 폭은 기준에 미치지 못하지만 수직거리의 기준보다 높은 것으로 나타났다. 하지만 실제 dB 측정을 하지 못해 정량적인 수치 비교는 불가하였다. 열섬저감 기능은 매탄공원이 주변지역 온도보다 약

Table 6. Comparison of Ecosystem Services between Maetan Park and Seoho-Ggotme park

Services		Indicators	Maetan Park	Seoho-Ggotme Park
Provisioning	Food	Vegetable gardens (%)	-	0.5%
	Water resources	Water resource in parks (%)	-	-
Regulating	Air pollutant removal	Trees with air cleaning function (%)	17.65%	23.53%
	Flood and storm mitigation	Permeability / Hardness	favorable (hardness 19.83)	favorable (hardness 13.15)
	Noise reduction	Vegetation(buffer zone) width and height (m) (criteria: width 15m, height 1.5m)	width 8.37m height 2.46m	width 8.15m height 2.87m
	Urban heat island reduction	Canopy cover ratio (%)	70.02%	46.90%
		Temperature difference with surrounding area (°C)	2.8°C inside: 35.83°C outside: 38.63°C	0.24°C inside: 35.44°C outside: 35.68°C
Maintenance of soil quality	Soil character (hardness, pH, gravimetric water contents, bulk density, porosity)	hardness : good porosity : poor	hardness: good pH, porosity: poor	
Supporting	Ecological network	Structural connectivity (BC index) Average of Suwon = 0.01 (0-0.51)	BC: 0.04	BC: 0.0007
	Biodiversity	Shannon index (bird species)	2.06	2.31
		Proportion of natural land (%)	40.11%	0%
Cultural	Sports	Number or area ratio of facilities	No of facilities: 7 20.62%	No of facilities: 4 15.35%
	Resting	Number of bench and pergola	81	88
	Education and social activities	Number of participating organizations (daycare, kindergarten)	35	2

3℃ 낮은 것으로 나타났으며, 이는 조성된지 30년이 된 매탄공원 내 수목의 캐노피가 평균 70%로 최근 조성된 서호꽃피공원의 캐노피와의 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 토양질의 경우 경도는 두 공원 모두 양호한 반면 서호꽃피공원은 pH, 공극률 등에서 불량으로 나타났다. 이로써 조절서비스는 매탄공원이 서호꽃피공원보다 높은 평가결과를 보였다.

지원서비스 중 생태네트워크는 구조적 연결성을 나타내는 BC지수를 비교한 결과 매탄공원이 서호꽃피공원보다 높은 수치를 보였다. 이는 매탄공원 주변에 효원공원, 매봉공원, 인계3호공원, 매화근린공원 등 크고 작은 공원이 400m~600m 간격으로 분포하고 있어 징검다리로서 역할을 충분히 할 수 있음을 의미한다. 서호꽃피공원은 인근에 여기산공원, 서호공원, 서호천 등이 공원과 인접해 있지만, 공원경계가 100~200m 내외로 접하고 있어 징검다리로서의 기능이 주변 공원과 분산되어 서호꽃피공원의 징검다리로서의 기능은 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 생물다양성 중 조류종다양성의 경우 서호꽃피공원이 매탄공원보다 높은 수치를 보였다. 이는 주변 서호 및 서호천이 있어 물새류가 추가적으로 발견된 결과로 판단된다. 그 외 자연지형 비율의 경우 매탄공원이 기존 소나무군락을 존치해 공원화하여 높은 수치를 보였다. 이로써 지원서비스 중 조류종다양성의 경우 서호꽃피공원이, 그 외 생물종다양성은 매탄공원이 더 높은 것으로 평가되었다.

문화서비스 중 운동기능은 체육시설의 수와 면적이 서호꽃피공원보다 매탄공원에서 높게 평가되었으며, 휴식기능의 경우 서호꽃피공원이 벤치 및 파고라의 수는 더 많으나 그늘벤치가 부재하여 실제 휴식을 위한 질적인 평가시 매탄공원이 더 높게 평가될 수 있다. 그 외 교육 및 사회활동 기능의 경우, 공원을 이용하는 유치원 및 어린이집의 수는 매탄공원이 서호꽃피공원보다 월등히 높은 수치를 보였으며, 이는 공원으로의 접근성 때문인 것으로 판단된다. 서호꽃피공원의 경우 8차선도로와 철도가 인접해 있어 어린이 및 노약자의 접근성에 제약이 있는 것으로 나타났다. 따라서 문화서비스의 경우 매탄공원이 서호꽃피공원보다 높은 평가결과를 보였다.

이와 같이 두 공원의 생태계서비스를 평가한 결과, 자연형 근린공원이 인공조성형 근린공원보다 높은 생태계서비스를 제공하고 있으며, 최근에 조성된 공원보다 조성된지 오래된 공원일수록, 접근성이 좋은 공원일수록 더 높은 생태계서비스 수준을 갖는 것을 확인하였다.

현장조사를 통해 도시공원의 생태계서비스 평가지표를 시범 적용한 결과, 텃밭의 총면적이나 면적비율 모두 평가를 실시하는데 적합하며 수자원의 경우 깃수나 면적비율을 사용하여 평가가 가능하다. 조절서비스 중 대기오염물질 제거의 경우 환경정화수종의 경계가 모호하여 평가 적용시 한계가 있을 수 있으나 공원 내 개별 수목의 엽면적을 산출하는 것이 불가하여 정량화할 수 있는 환경정화수종의 비율을 평가에 사용하였다. 홍수 및 폭풍 피해 저감의 경우 공원내 투수율과 토양경도를 측정하여 평가할 수 있었으나 현장조사가 필요하다. 소음저감의 경우 완충녹지대의 폭과 높이를 기준으로 평가하였으나 평가기준이 도로와 주거지 사이 완충녹지대의 설계기준이므로 소음저감을 목적으로 하는 완충녹지대폭의 소음 상쇄거리에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 열섬 저감을 위해 캐노피 커버율과 주변 지역과의 온도차이를 평가한 결과, 모든 공원 부지 내 캐노피 커버율을 측정하는 것은 불가하여 대표 식생지역의 캐노피 커버율을 측정하였다. 또한, 주변 지역과의 온도차이가 모든 공원이 동일하게 나타나는 것이 아니므로 공원 유형 및 지역적 특성에 따른 차이를 고려해야 한다. 토양질 유지의 경우 토양의 특성을 확인하기 위한 토양질 조사가 필요하다. 생태네트워크의 경우 해당 공원뿐만 아니라 주변 지역을 포함하는 평가가 필요하며 목적에 따라 다양한 연결성 지수의 활용이 가능하다. 생물다양성의 경우 조류종 조사를 실시하여 평가하였으며, 자연지형의 비율을 통해 쉽게 생물다양성 수준을 파악할 수 있다. 하지만 이 경우 기존의 자연지형에 대한 정보를 파악하는 것이 필요하며, 침입외래종 출현 등과 같이 자생종 서식 및 생물다양성에 저해되는 요인에 대한 부분도 검토되어야 한다. 마지막으로 문화서비스의 경우 본 연구에서는 운동, 휴식 등 이용자의 목적을 달성시킬

수 있는 시설물 위주의 조사를 실시하였으나 이용자 행동패턴 및 만족도 등에 대한 조사가 포함될 필요가 있다. 또한, 도시공원 내에서 이루어지는 다양한 학습프로그램의 수를 측정하는데 한계가 있어 공원을 이용하여 체험학습을 실시하는 어린이집과 유치원 수로 대체하여 측정하였다. 이와 같이 도시공원의 생태계서비스를 평가하기 위해서는 기본적인 생물종, 토양 등에 대한 현장조사가 필요하며 평가지표를 점수화 혹은 가치를 측정하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

도시공원의 생태계서비스는 공원의 위치, 유형, 규모 등에 따라 제공되는 생태계서비스 항목과 수준의 차이가 클 것으로 예상된다. 또한, 지역별로 그 차이가 클 것으로 예상되어 평가기준을 제시하는데 한계가 있으며, 산림, 하천 등의 생태계서비스와 달리 평가시 현장조사가 반드시 수행될 필요가 있다.

IV. 결론

본 연구는 도시화 비율이 점차 높아지는 현시점에서 도시공원이 가지고 있는 기능을 생태계서비스 측면에서 평가했다는 데 의의가 있다. 도시공원은 각종 도시개발사업으로 인해 점차 감소하는 자연지역을 대신하여 도시민에게 자연을 접할 수 있는 기회를 제공하기도 한다. 본 연구를 통해 제시된 도시공원의 생태계서비스 평가항목과 기준은 도시공원의 생태계서비스를 높이기 위한 방안과 연계가 가능하며, 나아가 도시의 생태계서비스 및 생물다양성 진단을 위한 기틀을 마련하였다. 하지만 도시공원이 제공하는 생태계서비스가 다양하여 이를 일괄적으로 평가하는데 한계가 있다. 또한, 앞서 제시한 바와 같이 공원의 지역적 특성에 따라 생태계서비스의 종류와 그 기능의 차이가 커서 현장조사 및 도시차원에서의 평가가 반드시 필요하다.

본 연구에서 도시공원의 생태계서비스를 평가함에 있어 몇 가지 한계를 가지고 있다. 첫째, 소음저감 등의 지표는 dB측정과 같이 직접적인 측정방식을 이용해야 하지만 간접지표를 활용하였기에 생태계서비스 수준을 파악하는데 한계가 있다. 둘째, 생태계서비스

평가항목 및 평가지표를 도출하고 시범 적용하였기에 이를 가치 혹은 점수로 전환하는데 한계가 있다. 향후 도시 내 모든 공원을 대상으로 생태계서비스를 평가하여 도시공원의 생태계서비스 관리전략을 수립할 필요가 있다. 모든 공원에서 모든 생태계서비스를 제공할 필요는 없으며, 각 공원의 특성에 맞는 생태계서비스를 특화할 수 있도록 관리할 필요가 있다. 이를 토대로 도시차원에서 생태계서비스 지역평가, 생태계서비스 총량 및 균등분배에 관한 전략 수립과 연계할 필요가 있다.

도시공원의 생태계서비스 평가를 통해 향후 2020년 도시공원 일몰제를 대비하여 도시공원의 기능 및 혜택에 대한 재고가 필요하다. 이러한 평가를 통해 도시공원의 생태계서비스를 높이기 위한 재투자 및 유지관리를 위한 방안 마련뿐만 아니라, 지역주민의 삶의 질 향상에 기여할 것이다.

사사

본 연구는 수원시정연구원 기본연구과제(SRI-기본-2016-04) 및 한국연구재단 이공분야기초연구사업(NRF-2014R1A1A3052296)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- Ahn SE, Bae DH. 2014. The Economic Value of Freshwater Ecosystem Services Based on the Evidences from the Environmental Valuation Information System. *Journal of Environmental Policy and Administration*. 22(4): 27-54. [Korean Literature]
- Akbari H. 2002. Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants, *Environmental Pollution*, 116: S119-S126.
- Akbari H., Pomerantz M, Taha H. 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas,

- Solar Energy, 70(3): 295-310.
- Bastian O, Haase D, Grunewald K. 2012. Ecosystem properties, potentials and services: the EPPS conceptual framework and an urban application example, *Ecol. Indic.*, 21: 7-16.
- Breuste J, Schnellinger J, Qureshi S, Faggi A. 2013. Urban ecosystem services on the local level: urban green spaces as providers, *Ekologia*, 32(3): 290-304.
- Camps-Calve M, Langemeyer J, Calvet-Mir L, Gomez-Baggethun E. 2016. Ecosystem services provided by urban gardens in Barcelona, Spain: Insights for policy and planning, *Environmental Science & Policy*, 62: 14-23.
- Choi HA, Lee WK, Jeon SW, Kim JS, Kwak HB, Kim MI, Kim JU, Kim JT. 2014. Quantifying Climate Change Regulating Service of Forest Ecosystem - Focus on Quantifying Carbon Storage and Sequestration. *Journal of Climate Change Research* 5(1): 21-36. [Korean Literature]
- Choi HJ, Suh CJ. 2011. Study on R&D Manpower Requirements for the Field of Pharmaceutical - An Application of Delphi Method. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 12(3): 1270-1277. [Korean Literature]
- Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387: 253-260.
- Dobbs C, Escobedo FJ, Zippere WC. 2011. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators, *Landscape and Urban Planning*, 99: 196-206.
- Douglas I. 2012. Urban ecology and urban ecosystems: understanding the links to human health and well-being, *Environmental Sustainability*, 4: 385-392.
- Dwyer JF, Schroeder HW, Gobster PH. 1991. The significance of urban trees and forests: toward a deeper understanding of values, *Journal of Arboriculture*, 17(10): 276-284.
- Escobedo FJ, Kroeger T, Wagner JE. 2011. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices, *Environmental Pollution*, 159: 2078-2087.
- Escobedo FJ, Varela S, Zhao M, Wagner JE, Zipperer W. 2010. The efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities, *Environmental Science and Policy*, 13: 362-372.
- Frank S, Waters G, Beer R, May P. 2006. An analysis of the street tree population of greater Melbourne at the beginning of the 21st century, *Arboric. Urban For.*, 32: 155-163.
- Fuller RA, Irvine KN, Devine-Wright P, Warren PH, Gaston KJ. 2007. Psychological benefits of green space increase with biodiversity, *Biol. Lett.*, 3: 390-394.
- Gill SE, Handley JF, Ennos AR, Pauleit S. 2007. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure, *Built Environment*, 33(1): 115-133.
- Grimmond S. 2007. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming, *Cities and global environmental change*, 83-88.
- Han SH. 2006. Detection of forest genetic resources for environmental pollution in air pollution site. *Forest Science Information* 181: 10-11. [Korean Literature]

- He J, Yi H, Liu J. 2016. Urban green space recreational service assessment and management: A conceptual model based on the service generation process, *Ecological Economics*, 124: 59-68.
- Hong S, Seo JH. 2013. Development of the Technology Valuation Analysis Indicators Using the Delphi Method in the Offset Program. *Journal of Korea Technology Innovation Society* 16(1): 252-278. [Korean Literature]
- Im EA, Son KC, Kam JK. 2012. Development of Elements of Horticultural Therapy Evaluation Indices (HTEI) through Delphi Method. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(3): 308-324. [Korean Literature]
- Jim CY, Chen WY. 2009. Ecosystem services and valuation of urban forests in China, *Cities*, 26: 187-194.
- Joo HS, Kim SC, Choi SS, Bae SY. 2005. Impacts of Green Spaces on Air quality. Korea Environmental Institute. [Korean Literature]
- Kang, YH, Yoon SJ, Kang GW, Kim CY, Yoo KY, Shin YS. 1998. An Application of Delphi Method to the Assessment of Current Status of Cancer Research. *J Prev Med Public Health* 31(4) : 844-856.
- Kwon OS, Ra JH, Cho HJ, Ku JN, Kim JH. 2016. Ecosystem Service Analysis of Urban Forests for Flood Prevention. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation* 20(1): 69-79. [Korean Literature]
- Lawshe CH. 1975. A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology* 28:563-575.
- Lee ACK, Maheswaran R. 2010. The health benefit of urban green spaces: a review of the evidence, 33(2): 212-222.
- Maas, J., Verheij, RA., Groenewegen, P.P., Vries, S., Spreeuwenberg, P. 2006. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?, *J Epidemiol Community Health*, 60: 587-92.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*, Published by Blackwell.
- McPherson EG, Scott KI, Simpson JR. 1998. Estimating cost effectiveness of residential yard trees for improving air quality in Sacramento, California using existing models, *Atmospheric Environment*, 32: 75-84.
- Michelozzi P, D'Ippoliti D, Marino C, de'Denato F, Katsouyanni K, Analitis A, Biggeri A, Baccini M, Perucci CA, Menne B. 2009. Effect of high temperature and heat waves in European cities, *Epidemiology*, 20: S263-S264.
- Nicholson-Lord D. 2003. *Green Cities: And why We Need Them*, New Economics Foundation.
- Nowak DJ, Crane DE. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA, *Environmental Pollution*, 116: 381-389.
- Nowak DJ, Walton JT, Stevens JC, Crane DE, Hoehn RE. 2008. Effect of plot and sample size on timing and precision of urban forest assessments, *Arboriculture and Urban Forestry*, 34: 386-390.
- Oh CH, Kim DH, Oh CG, Lee YH, Park EH. 2016. Introduction of Payment for Ecosystem Services of Deoksan Provincial Park in Chungcheongnam-do. *Literature and Environment* 15(2): 97-124. [Korean Literature]
- Pataki DE, Cherrier J, Grulke N, Zipperer WC. 2011. Coupling biogeochemical cycles in

- urban environments: Ecosystem services, green solutions, and misconceptions, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(1): 27-36.
- Radford KG, James P. 2012. Changes in the value of ecosystem services along a rural-urban gradient: a case study of Greater Manchester, UK, *Landsc. Urban Plan*, 109: 117-127.
- Rocha SM, G Zulian, J Maes, M Thijssen. 2015. Mapping and assessment of urban ecosystems and their services. *EUR 27706 EN* doi:10.2788/638737.
- Roh YH, Kim CK, Hong HJ. 2016. Time-Series Changes to Ecosystem Regulating Services in Jeju : Focusing on Estimating Carbon Sequestration and Evaluating Economic Feasibility. *Journal of Environmental Policy and Administration* 24(2): 29-44. [Korean Literature]
- Ryu DH, Lee DK. 2013. Evaluation on Economic Value of the Greenbelt's Ecosystem Services in the Seoul Metropolitan Region. *Journal of Korea Planning Association* 48(3): 279-292. [Korean Literature]
- Simpson JR. 1998. Urban forest impacts on regional cooling and heating energy use: Sacramento County case study, *Journal of Arboriculture*, 24(4): 201-214.
- Stenlid J, Oliva J, Boberg JB, Hopkins AJM. 2011. Emerging diseases in European forest ecosystems and responses in society, *Forests*, 2: 486-504.
- Tan S, Zhao W. 2007. Social and psychological benefit of urban green space, *Journal-Chongqing Jianzhu University*, 29(5): 6.
- TEEB(The Economics of Ecosystems and Biodiversity). 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundation*, Kumar P.(Ed), Earthscan, London and Washington.
- Thuiller W, Lavorel S, Araujo MB, Sykes MT, Prentice IC. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 102: 8245-8250.
- Tratalos J, Fuller RA, Warren PH, Davies RG, Gaston KJ. 2007. Urbanform, biodiversity potential and ecosystem services, *Landsc. Urban Plan*, 8g3: 308-317.
- Tzoulas K, Greening K. 2011. *Urban ecology and human health, Urban Ecology, Patterns, Processes and Applications*, Oxford University Press, Oxford, UK, UK. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199563562.003.32>: 263-271.
- Vogt P, Ferrari JR, Lookingbill TR, Gardner RH, Riitters KH, Ostapowicz K. 2009. Mapping functional connectivity, *Ecol. Indic.*, 9: 64-71.
- Weng Q. 2001. Modelling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS, *Environ. Manage.*, 28: 737-748.
- Whitford V, Ennos AR, Handley JF. 2001. City form and natural process: indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK, *Landsc. Urban Plan*, 57: 91-103.
- Yang J, McBride J, Zhou J, Sun Z. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction, *Urban Forestry & Urban Greening*, 3: 65-78.