

ORIGINAL ARTICLE

도시공원의 생태기능 향상을 위한 토양 이화학적 특성 기준에 대한 연구

공민재 · 권태근¹⁾ · 김창현²⁾ · 김남춘²⁾ · 신유경³⁾ · 안난희 · 이상민 · 손진관*

농촌진흥청 국립농업과학원, ¹⁾상림원, ²⁾단국대학교 녹지조경학과, ³⁾전북대학교 원예환경시스템학과

Study on Soil Physico-Chemical Properties Criteria for Improving Ecosystem Services in Urban Parks

Minjae, Kong, Taeguen, Kwon¹⁾, Changhyun, Kim²⁾, Namchoon, Kim²⁾, Yukyung, Shin³⁾,
Nanhee, Ahn, Sangmin, Lee, Jinkwan, Son*

National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea

¹⁾Sanglimwon, Seongnam 13590, Korea

²⁾Department of Landscape Architecture, Dankook University, Cheonan 31116, Korea

³⁾Department of Horticulture, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

Abstract

The purpose of this study was to analyze the soil environment of urban neighborhood parks and to use them as basic data for evaluating the ecological functions of urban parks such as groundwater regeneration, flood control, microclimate regulation, adsorption and purification. The landscape design criteria were generally evaluated as advanced, and further monitoring and studies are needed to evaluate the various ecological functions. It is also necessary to improve the phosphoric acid and nitrogen contents, which tended to be low. In addition, continuous monitoring is needed to assess the proper soil environment according to the biological species, and to evaluate the ecological functions. The results of this study can be used to evaluate the groundwater recharge of urban parks. In particular, when the land of the neighboring park is used for various purposes, the level of access of the user may be increased. Therefore, factors that may adversely affect the user's health, such as heavy metals and organic matters, should be selected and selected as management criteria. In addition, follow-up studies considering fertilization standards suitable for trees and growth of introduced vegetation, etc. are needed urgently to improve the soil environment.

Key words : Urban park, Soil environment, Physicochemical properties, Ecosystem service

Received 1 October, 2019; Revised 13 April, 2020;

Accepted 14 April, 2020

*Corresponding author: Jinkwan, Son. National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju 54875, Korea
Phone : +82-63-238-4096
E-mail : son007005@korea.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

도시 내 존재하는 공원은 이용객의 다양한 목적과 형태에 따라서 가치 및 공간활용이 결정됨에 따라 녹지공간에 대한 중요성은 높아지고 있다(Kim et al., 2010; Kim et al., 2015; Lee and Jang, 2017). 최근 도시공원 일몰제, 장기미집행 도시계획시설 증가로 인해 도시공원의 환경개선 및 도시민의 정서함양 등을 위한 기능과 목적을 가지고 도시공원을 형성하는데 높은 관심과 적극적인 제도개선에 대한 논의가 이루어지고 있다(Son and Lee, 2005; Kim et al., 2014). 이러한 도시공원은 기후 조절, 생물다양성 증진, 경관개선, 대기질 개선, 휴양 및 심미적 기능향상 등 다양한 생태, 환경적 가치를 지니고 있다고 알려져 있다(Lee et al., 1996; Jo and Ahn, 1999; Ki et al., 2012; Park, 2017). 특히 도시녹지공간의 감소 및 도시개발로 인한 파편화로 인한 녹지 연결성 축소를 줄여, 상대적으로 도시공원 내 녹지의 조성을 통해 연결성을 향상시킬 수 있다(Han et al., 2009). 더불어 생태적 가치 향상을 위해 도시 내 존재하는 녹지의 공간의 연결성을 향상시켜 도시녹지네트워크의 기능을 적절한 수행능력과, 도시 내 존재하는 도시공원의 실제적인 연결성 향상에 대한 연구도 진행되고 있는 실정이다(Han et al., 2014; Kim and Sung, 2014). 국내의 도시공원의 공간적 가치와 더불어 국외에서도 도시공원의 녹지공간계획을 지원관리 및 공간의 가치 제공에 대한 형평성 나아가, 양적에서 질적 공급의 계획방향으로 나아가고 있다(Chae et al., 2014).

도시화로 인한 급격한 도시 내 환경변화는 도시민들의 이용형태에 따라 도시화 및 사업화가 진행되어 도시공간의 변화를 일으키고 나아가 도시환경문제가 심각한 수준으로 대두되기 시작하였다(Cha et al., 2007; Jung et al., 2013). 특히 집중된 폭우와 더불어 도심 내 불투수층 증가는 우수의 자연적인 침투를 방해하여 우수 활용이 상대적으로 감소하고 외부로 빠르게 빠져나가 도심 내에 우수 순환이 이루어지지 않은 악순환의 구조를 지니고 있다(Bae and Lee, 2008; Kang et al., 2014). 특히 우리나라의 특징으로 단기간의 폭우 및 강우의 빈도 증가로 인해 급격한 우수의 증가는 도심 내에 차량 및 도로 침수 등 많은 문제가 발생되고 있다(Choi et al., 2011; Yun et al., 2013). 이러한 우수 순환의 문제를 해결하기

위해 지자체 및 연구자들이 LID 기술, 저류시설, 침투시설 등 다양한 형태의 우수를 이용한 저류시설 등을 투입하고 있는 실정이다(Lee et al., 2014). 그러나 다양한 우수관리시설들은 도시민들의 생활공간에 함께 조성되어 도시의 물순환에 적극 활용되고 있으나, 저감기능 및 오염물질 처리 수준에는 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Lee and Han, 2010). 최근 물순환 개선시설 관련하여 도심 내의 불투수층을 줄이면서, 녹지공간을 확충하여 물순환 기능에 영향을 끌어내어 최종적으로는 물순환 건전화를 추구하는 연구가 이루어지고 있다(Kim et al., 2012; Jung et al., 2013). 도시지역을 대상으로 생태환경조성이 필요하며, 산림, 농경, 초지 등 다양한 토지이용에 적합한 물순환을 위한 목표설정이 우선되어야 한다고 언급하였다(Kwon, 2015).

생태자연환경에서 제공하는 생태계서비스 가치가 공론화되면서 생태계서비스 가치의 향상으로 인해 도시 내 존재하는 생태계 즉, 도시에서 제공할 수 있는 생태계서비스 형태와 물리적 환경의 가치를 함께 향상되고 있다(Hwang and Chun, 2017; Kim et al., 2017). 도시 녹지공간이 제공할 수 있는 생태계서비스 기능은 생태환경 및 식생복원을 위한 생태기반환경관리 향상은 녹지 수준과 다층구조, 다양한 식생종을 기반으로 곤충의 서식공간 제공은 곤충다양성과도 연관이 깊다(Park et al., 2015). 도시공원의 녹지공간에 식물의 생육환경에 적절한 수준의 토양환경을 제공하면 향후 해당 지역의 식물을 기반으로 식물의 고유성, 지역의 생태적 환경 수준이 이어나갈 수 있다(Park et al., 2015; Hwang and Chun, 2017; Kim et al., 2017).

도시공원 내 시설물 설치와 달리, 수목의 식재 및 관리 기술을 본래 도시공원의 토양환경의 특성을 이해하고, 주변 녹지공간의 연결성을 향상시켜 그 지역의 고유의 생태적 기능을 향상시킨다. 나아가 생물다양성 증진을 위한 공간으로서 역할을 향상시키기 위해 도시공간이 지니고 있는 공간의 중요성은 많은 연구에서 언급되고 있다. 특히 도시화율이 높은 도시지역에서의 생태복원기준 설정에 대한 연구가 부족하기 때문에 도시 근린공원 내 존재하는 녹지공간에 대한 식재기준에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 도시공원이 공간적 기능을 바탕으로 도시민에서 생태계서비스 측면에서의 고도화된 특성을 부여하고, 나아가 도시공원이 본래 지니고 있는

Table 1. The study sites

Classification	Location	Total area(ha)	Green area(ha)	Green area ratio(%)
1 SN	603, Yeosu-dong, Seongnam	2.98	2.11	70.60
2 PJ	1326, Wadongdong, Paju	2.16	1.31	60.31
3 YJ	1035-1, Okjeong-dong, Yangju	16.23	9.07	55.92
4 GY1	1101, Donae-dong, Goyang	2.93	1.86	63.54
5 GY2	1078, Donae-dong, Goyang	1.31	0.91	69.19
6 GY3	363, Dongsan-dong, Goyang	9.03	5.93	65.63
7 GY4	371, Dongsan-dong, Goyang	6.04	4.54	75.19
8 GY5	596-1, Wonheung-dong, Goyang	1.65	1.37	82.90
9 SW	1092, Geumgok-dong, Suwon	3.25	2.79	85.89
10 HS	527, Cheonggye-dong, Hwaseong	21.37	15.39	72.01
11 IC1	1640-1, Unnam-dong, Incheon	4.84	3.07	63.48
12 IC2	178-5, Cheongnadong, Incheon	1.53	0.93	60.71

토양환경의 특성을 이해하여 적합한 수목의 식재기준 부여를 위한 기초자료로 활용하고자 수행되었다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상지 선정

본 연구는 경기도 내 도시민의 생활권에 인접해있으면서, 향후 도시공원 관리 방향에 진보성이 있다고 판단되는 12개 도시공원을 대상으로 진행되었다. 연구대상지로 선정된 도시공원은 아파트 및 주변 공원이용자들의 접근성이 높고, 향후 생태계서비스 기능 향상의 가능성이 높다고 판단되어져 선정되었다. 연구대상지 12개는 녹지수준별 50~60%, 60~70%, 70~80%, 80~90%로 4개 수준으로 분류하였다. 본 연구에 활용된 근린공원의 전체면적, 녹지면적 및 녹지비율은 다음과 같다(Table 1).

2.2. 토양 조사 및 분석 방법

본 연구는 도시공원 내 생태계서비스 기능 향상을 목적으로 토양환경 분석 및 관리 전략을 제안하기 위해 다음과 같은 조사 및 분석 방법을 진행하였다. 연구대상지의 토지피복조사를 위해 설계도면, 토지피복 현황을 조사하여, 불투수 구역(건축물, 아스팔트, 콘크리트 포장 등)과, 투수구역(블록, 투수블럭, 습지, 잔디, 수목지 등)을 분류하였다.

이를 통해 연구대상지의 공간적 특성을 분류하기 위해서 도시공원 식재공간이용 분류 연구를 바탕으로 본

연구에 변형하여, 연구대상지를 잔디식재구역(Glass), 교목식재구역(Arbor), 관목 및 초화류 식재구역(Shrub)으로 구분하였다. 이후 각각 대상지별 3개 지점인 잔디식재구역(Glass), 교목식재구역(Arbor), 관목 및 초화류 식재구역(Shrub)에서 토양채취지점으로 설정하여 물리, 화학 및 중금속 조사 및 분석하였다.

토양 물리적 특성을 확인하고자 기상, 액상, 고상의 분포율의 토양 삼상분포를 확인하였으며, 토성, 용적밀도(Bulk density)를 요인으로 설정하고 식재구역에 해당하는 물리적 특성을 검토하였다.

토양 화학적 특성 분석을 통해 식재관리 및 적정 수목 식재를 확인하고자 토성, pH, EC, OM, 유효인산, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ 의 치환성 양이온을 토양 및 식물체 분석법에 따라 분석하였다(RDA, 2000). 또한 식재지의 우수 투수 수준을 확인하고자 Decagon Infiltrometer를 이용하여 측정하였다. 토양오염도 분석을 통해 현재 도시공원 내에서 제공하고 있는 수준의 생태계서비스 수준에 준하는지 확인하고자 납, 카드뮴, 구리, 비소, 니켈, 아연, 크롬, 수은 등의 8개 항목에 대해 토양오염공정시험법(MOE, 2000)에 따라 분석하였다.

3. 연구결과

3.1. 토지피복 유형 및 특성 분석

도시공원 내 토지이용현황 분석을 통해 근린공원을

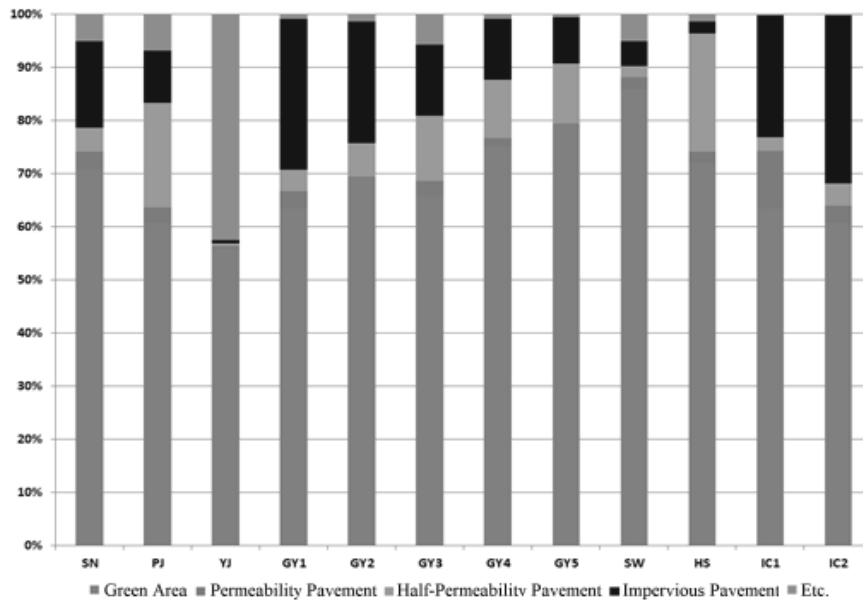


Fig. 1. Comparison of classification types by land use.

대상으로 생태계서비스 향상을 위한 토양분석기준 개선 사항을 제시하고자, 설계도면과 토지피복 현황을 조사하였다. 연구대상 12개 도시 근린공원의 녹지면적 비율은 녹지면적 비율이 가장 낮은 곳이 55.92%에서 높은 곳은 85.89%로 평균 68.78%의 수준으로 나타났다(Table 1). 이는 공원 내 이용자들의 활동성을 중요하게 생각하는 공간의 활용도를 높이고 상대적으로 녹지의 공간 활용성을 중요하게 판단하는 설계자 및 근린공원 설계목표에 근거하여 조성되었다고 판단된다. 공원 내 토피피복 유형을 조사한 결과, 투수가능한 공간이 58~87% 수준으로 나타났으며, 불투수 및 반투수성 공간이 42~13% 수준으로 나타났다(Fig. 1). 연구대상지 12개의 평균적인 자연녹지는 약 68.5% 수준으로, 12개 대상지 중 5개가 수준이상, 6개가 평균 이하로 나타났다. 불투수 포장은 평균적으로 28.7% 수준으로 나타났는데, 가장 높은 비율을 차지하는 공간과 가장 낮은 수준의 불투수 포장 비율이 20% 이상으로, 녹지공간의 활용성 측면에서 불투수 포장은 이용자 편의시설을 제외하고 최소한으로 설계될 필요성이 있는 것으로 판단된다. 더불어 불투수 공간의 투수성 개선을 위한 대책으로는 포장의 소재 다양화를 통해 포장이 개선되면 투수포장으로 기능적 측면에서

향상될 수 있을 것으로 판단된다. 앞선 연구에서 토양피복 유형 및 특성을 파악하여 토양의 지니고 있는 본래적인 특성을 파악하여 생태복원, 생물종 복원, 탄소의 흡수, 우수 침수 및 투수성 기능 개선 등을 통해 단편적인 설계 목표가 아닌, 통합적인 토양환경의 이해 능력이 바탕이 되어야 한다고 언급한 바 있다(Lee et al., 2013). 더불어 식생패턴을 더불어 다양한 생태적인 연결성을 높이기 위한 구성요소로서 토양환경은 가장 우선적으로 고려되어야 하는 요인으로 제안되고 있다(Son et al., 2010). 다양한 연구결과 및 제안을 통해 다각도 측면에서의 토양환경의 이해를 바탕으로 생태적 환경 개선 및 기능성 향상을 위한 연구가 이루어져야 한다는 본 연구와의 내용과의 방향성이 일치한다.

3.2. 토양의 물리적 특성 분석

일반적으로 토성은 투수, 보수, 통기성 및 양분 보유능에 영향을 미치며, 식물이 생육하고 있는 환경의 기반이 되는 토양성질로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 생육에 적합한 식물의 식재 공간에 대한 이해도를 높이기 위해 토성 분석을 실시하였다. 도시 근린공원의 생태계서비스 기능 향상을 위한 토양분석 결과 12개의 토성은 대부분 사양토(Sandy Loam)로 이루어진 것으로 나타났다

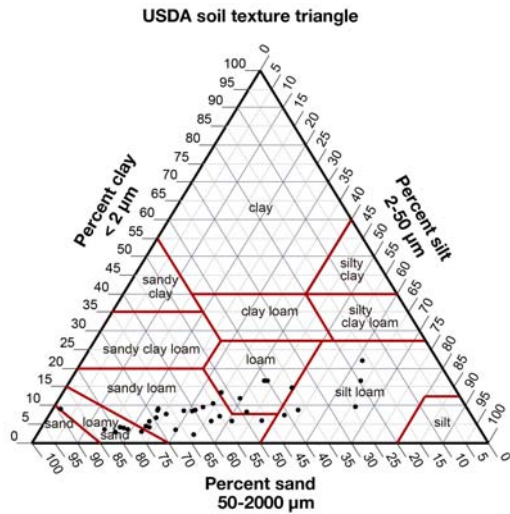


Fig. 2. Analysis of 36 points by land use classification in 12 parks according to USDA soil texture triangle.

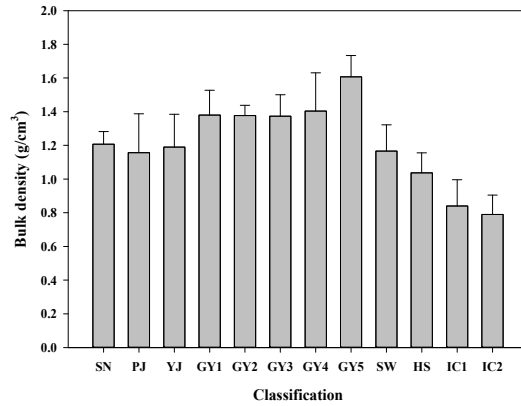


Fig. 3. Results of average volume density analysis of 12 research sites.

(Fig. 2). 선행연구에서 사양토(Sandy Loam)은 보수성, 투수성, 양분 보유능 및 통기성 등이 양호하여 수목 생장에 적합하다고 알려져 있다. 연구대상지에서 수집된 지점 36개중 적합 수준이하의 6개 지점을 제외하여 양호한 30개의 지점은 한국토지주택공사(2012) 전문시방서에 기준하여 상급에서 중급수준으로 나타났다. 이러한 결과는 근린공원 설계 시 높은 수준의 조경수목식재를 위한 토양 식재기준에 적합판정을 받기 위해 토성을 높게 설정한 결과로 보여진다. 또한 상대적으로 연구대상지별 토지이용별 6지점의 토양은 하급으로 평가되었다. 토성(soil texture)은 식생구조를 파악할 수 있으며, 이는 생태계서비스 기능향상을 위한 도시녹지 식생유형을 제안할 수 있는 방안으로 활용될 수 있을 것이다.

용적밀도(Bulk density)는 증가하면 상대적으로 배수성 및 투수성이 감소하기 때문에 식물 뿌리 생장이 불량해지며, 1.40 g/cm³ 이하를 식물 생육에 적합하다고 알려져 있다. 각 대상지별 토지이용 3지점을 평균화하여 분석한 결과, GY5 지점이 가장 높았으며, IC2가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 대부분의 오차범위에 있었으나, 약 7개의 지점이 1.40 g/cm³ 이하로 나타났다(Fig. 3). 이를 통해 연구대상지의 용적밀도가 식재에 대부분 적합한 수준으로 나타났다. NRCS(2001)의 기준에 따라 12개소 평균 약 1.21 (g/cm³)로 “중음”으로 평가되어 수문학적

으로 배수가 용이하고 식물 생육에 유리한 토양으로 판단된다.

투수계수의 경우 수문학적 특성으로 살펴볼 때 모든 대상지에서 배수가 매우 양호하고 유출률이 낮은 경향을 보였다. 또한 12개 연구대상지의 교목식재구역의 투수계수 평균 0.003 (cm/s)으로 잔디식재구역 평균 0.002 (cm/s)보다 투수율이 더 높게 분석되어 불투수층으로 인한 재해 저감을 위해서는 교목과 관목의 혼합식재가 필요한 것으로 판단된다. 토양수분함량 분석결과 12개소 평균 약 19.37% 로 KILA(2013)의 토양의 물리·화학적 특성별 평가 기준 “상급”으로 평가되었다(Appendix 2).

토양의 3상(고상, 액상 및 기상)은 적정 분포를 유지하여야 식물의 생육에 원활하며, 물리적 특성을 결정 및 적합한 3상 비율의 화학적 특성과의 밀접한 연관이 있다고 알려져 있다. 각 대상지별 토지이용을 평균적으로 분석한 결과, 고상 50% 수준은 9개소이며, 대부분 40% 이상으로 나타났다. 조사분석 시점에 따라 기상변화로 인한 액상의 수준이 차이가 있을 수 있으나, 20% 수준은 9개소로 나타났으며, 상대적으로 YJ, GY1 및 IC2는 낮은 수준으로 나타났다. 액상과 기상에 대한 차이는 근린공원의 지역적 위치에 따른 차이로 볼 수 있으며, 기상과 액상은 수목의 근권부와 밀접한 연관이 있기 때문에 보다 더 깊은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

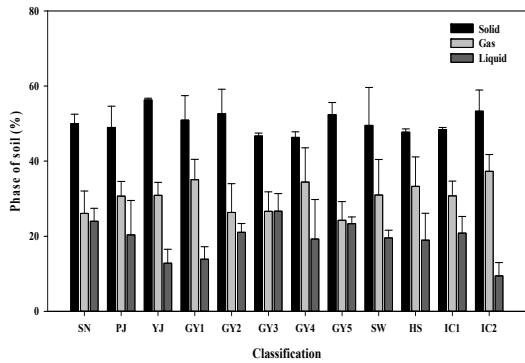


Fig. 4. Analysis of meteorological, liquid, and solid phases by land use in 12 research sites.

3.3. 토양의 화학적 특성 분석

토양산도(pH)는 IC2가 가장 높았으며, SN, GY5 순으로 나타났다. 최종적으로 연구대상지의 토지 피복유형별 pH는 6.16~8.65로 GY2 지역만 “상급”으로 평가되었고 그 외 지역은 대체적으로 “중급~하급”으로 확인되어 식물생육에 적절한 pH 6.0~6.5를 유지할 필요가 있다고 판단된다(Fig. 5). 경기도 도시지역 내 위치한 근린공원내의 토양산도(pH)는 큰 차이가 없었으며, GY2의 Glass과 HS의 Glass의 산도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 또한 12개의 연구대상지 중에서 6개 지역에서 Glass지역이 상대적으로 낮게 나타났다. 무기물함량은 IC2에서 가장 높게 나타났으며, 상대적으로 YJ에서 가장 낮게 나타났다(Fig. 6). Na⁺ 함량이 가장 높은 IC2는 교목식재구역에서 가장 높은 수치를 보였으며, Na⁺ 성분 이외에도 모든 무기물의 함량이 높게 나타났다. 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 수치를 보이는 것은 최근 토양개량 및 수목 생육에 도움을 주는 비료 또는 토양개량제를 투입한 것으로 판단된다. 이외의 11개의 연구대상지에서 무기물함량은 큰 차이가 없는 것으로 확인되었다. 유기물함량은 모든 연구대상지에서 조정설계기준의 “상급”에 해당되는 5.0 (%) 이상으로 확인되었으나, 유효인산과 전질소량은 10.53~78.44 (mg/kg), 0.01~0.06 (%)으로 “하급”으로 분석되어 수목생장과 토양환경을 위해 개선이 필요한 것으로 사료된다(Fig. 7).

3.4. 토양의 중금속 특성 분석

향후 근린공원 내 녹지를 이용하여 다양한 레크레이션 및 이용자 활동 환경을 넓히고자, 근린공원 내 토양이용에

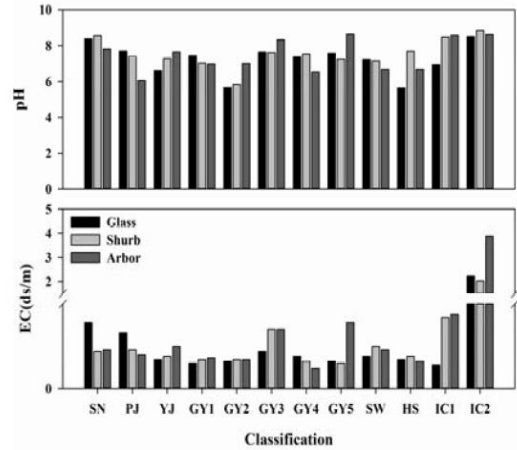


Fig. 5. Analysis of pH and EC(ds/m) by land use in 12 research sites.

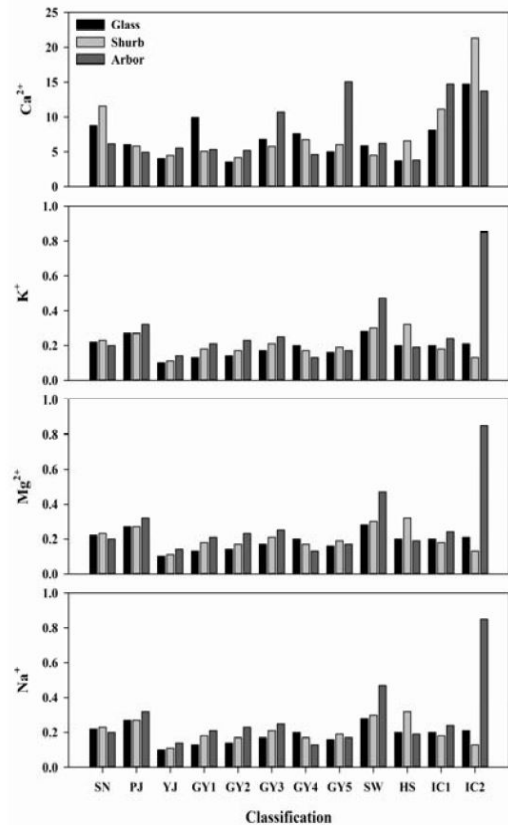


Fig. 6. Analysis of Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺ and Na⁺ by land use in 12 research sites.

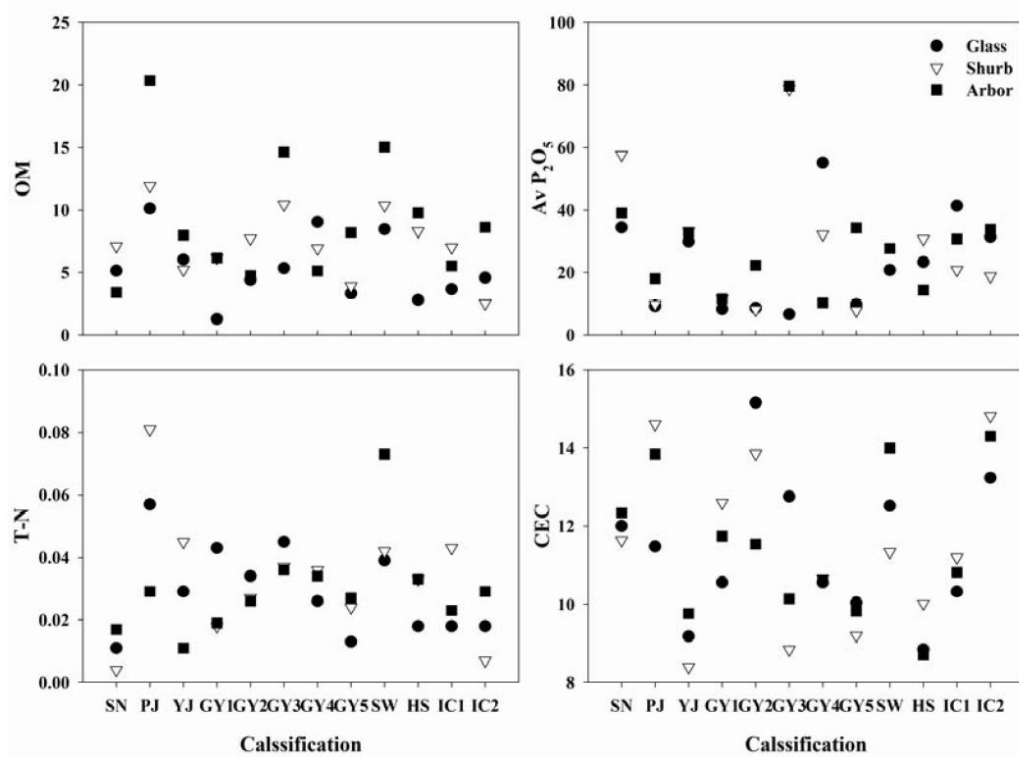


Fig. 7. Analysis of OM, Av. P₂O₅, T-N and CEC levels by land use in 12 research sites.

따라 중금속 분석을 검토하였다. 12개소의 3개의 토지이용 형태별 8종에 대한 중금속 분석 결과, Cu, Cr, Ni, Pb 및 Zn은 검출되었으며, 비소, 카드뮴, 수은은 검출되지 않은 것으로 나타났다(Appendix 3). 일반적으로 크롬(Cr)의 경우 MOE(2018) 기준은 Cr⁶⁺ 이지만 본 연구에서는 Total Cr 분석을 실시하였으며, 현재 우리나라 발토양의 Total Cr 기준하여 30 mg/kg 정도와 유사한 수준으로 확인되었다. 분석결과 본 연구대상지 12개소 모두 도시 내 위치한 근린공원 내에서는 도시민을 위한 농업 활동 및 어린이를 대상으로 하는 야외활동에 근린공원 내 녹지공간을 적극 활용할 수 있는 근거로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 도시 근린공원의 토양환경을 분석하여 추후 지하수함양, 홍수조절, 미기후, 흡착 및 정화 등 도

시공원의 생태적 기능을 평가하는 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 12개소의 근린공원을 대상으로 토양환경을 평가한 결과 조경설계기준 대체적으로 “상급”으로 평가되었으며, 이후 다양한 생태기능을 평가하기 위해서는 지속적인 모니터링과 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 조경설계기준에 따라 도시 근린공원의 생태기능을 평가하기 위한 토양환경을 분석해본 결과 대체적으로 “상급”으로 평가되었으며, 다소 낮은 경향을 보인 인산과 질소 등을 개선할 필요가 있다고 판단된다. 이외 수중에 따른 적절한 토양환경평가와 지하수함양, 홍수조절, 대기조절, 기후순화 등의 생태기능을 평가하기 위해 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단되며, 지하수함양을 평가하기 위해서 토성, 투수계수, 강수빈도 등을 사용한 바 있어 본 연구결과를 분석해서 도시공원의 지하수함양 정도를 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 특히 근린공원의 토지를 다양한 목적으로 이용할 경우 이용자의 접근 수준이 높아질 수 있으므로 중금속 및 유기물 등

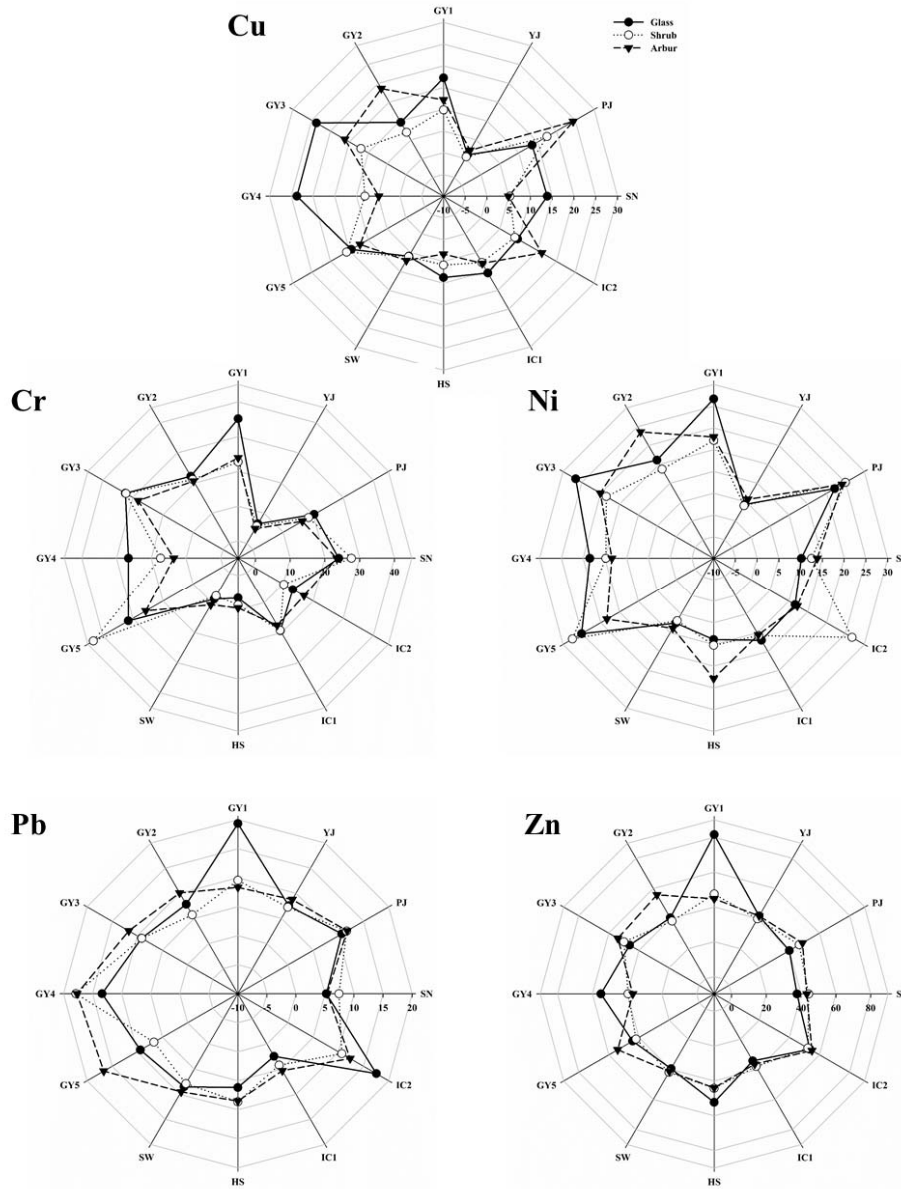


Fig. 8. Analysis of soil content of Cu, Cr, Ni, Pb and Zn according to 12 land use types.

이용자의 건강에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 요인을 선별하여 관리기준으로 선별하여야 한다. 더불어 토양환경 개선을 위해 토양조성 시 적정 수목에 적합한 시비 기준, 도입 식생에 대한 생육 등을 다양한 생태 및 생육조건을 고려한 후속 연구가 절실하게 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

연구는 2020년 농촌진흥청 박사후연수과정지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Bae, S. K., Lee, S. H., 2008, Interaction between groundwater and surface water in urban area, *J. Korea Water Resour. Assoc.*, 41, 919-927.
- Cha, J. G., Jung, E. H., Ryu, J. W., Kim, D. W., 2007, Constructing a green network and wind corridor to alleviate the urban Heat-Island, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 10, 102-112.
- Chae, J. H., Zoh, K. J., Kim, S. J., Hoh, Y. K., Hwang, J. Y., 2014, A Study on operational systems & planning contents of parks & green space plan -focused on London, New York, Berlin, Sydney, Seoul-, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 42, 91-102.
- Choi, C. H., Choi, D. G., Lee, J. K., Kim, S. D., 2011, An Hybrid approach for designing detention and infiltration-based retentions to promote sound urban hydrologic cycle, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 33, 1-8.
- Han, B. H., Kwak, J. I., Park, S. C., Hur, J. Y., 2009, A Study on planning of street tree and roadside green for enhancing urban green network, *Korean J. Environ. Ecol.*, 19, 87-91.
- Han, B. H., Kwak, J. I., Park, S. C., Hur, J. Y., 2014, A Study on planning of roadside green for enhancing urban green network, *Korean J. Environ. Ecol.*, 28, 128-141.
- Hwang, E. J., Chun, J. K., 2017, Institutionalization of the value of ecosystem services, *Korean J. Environ. Ecol.*, 31, 337-343.
- Jo, H. K., Ahn, T. W., 1999, Function of microclimate amelioration by urban greenspace, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 27, 23-28.
- Jung, J. H., Choi, G. W., Oh, H. J., 2013, An Application of integrated water cycle system in U-City, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14, 6597-6601.
- Kang, J. E., Hyun, K. H., Park, J. B., 2014, Assessment of low Impact Development (LID) integrated in local comprehensive plans for improving urban water cycle, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 34, 1625-1638.
- Ki, K. S., Han, B. H., Hur, J. Y., 2012, A Study of factors influencing of temperature according to the land cover and planting structure in the City Park -A Case study of sentral park in Bundang gu, Seongnam-, *Korean J. Environ. Ecol.*, 26, 801-811.
- Kim, E. Y., Kim, J. Y., Jung, H. J., Song, W. K., 2017, Development and feasibility of indicators for ecosystem service evaluation of urban park, *J. Environ. Impact Assess.*, 26, 227-241.
- Kim, H., Kim, Y. S., Lee, D. S., Kim, J. Y., 2015, Evaluation of supply adequacy of park service in Suwon-si by urban park catchment area analysis, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 43, 114-124.
- Kim, H. J., Jang, C. H., Noh, S. J., 2012, Development and application of the catchment hydrologic cycle assessment tool considering urbanization (I) -Model Development-, *J. Korea Water Resour. Assoc.*, 45, 203-215.
- Kim, H. J., Kang, E. J., Cho, J. H., 2010, An Evaluation on management types by characteristics of urban parks, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 38, 21-30.
- Kim, M. R., Sung, H. C., 2014, Ecological linkage assessment of urban park by using connection components in establishment green network, *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 17, 61-72.
- Kim, Y. S., Kim, H., Ko, J. S., 2014, Analysis on the use characteristics of citizen based on urban green spaces type -focuses on Suwon-City-, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 42, 31-40.
- Korea Institute of Landscape Architecture, 2013, Landscape design standard, KILA.
- Kwon, K. H., 2015, Landuse oriented water balance analysis method by the hydrological model BAGLUVA based on soil and vegetation, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 43, 98-111.
- Lee, E. Y., Moon, S. K., Shim, S. R., 1996, A Study on the effect of air temperature and ground temperature mitigation from several arrangements of urban green, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 24, 65-78.
- Lee, J. M., Lee, Y. S., Choi, J. S., 2014, Analysis of water cycle effect according to application of LID techniques, *Journal of wetlands Research*, 16, 411-421.
- Lee, T. G., Han, Y. H., 2010, Assessment of criteria for selecting rainwater management strategies, *Journal of*

- the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 10, 9-17.
- Lee, W. S., Jang, G. S., 2017, Assessment of green spaces and direction of master plan for urban parks considering functional characteristics -Focused on Donjibong Park in Daegu-, Journal of the Korean Association of Geographic Information studies, 20, 17-31.
- Ministry of Environment, 2000, Soil pollution process test method, MOE.
- Ministry of Environment, 2018, Soil environment law, MOE.
- NRCS, 2001, Impact of soil disturbance during construction on bulk density and infiltration in ocean county, New Jersey.
- Park, Y. J., 2017, A Study on optimum ranges of soil environmental factors for urban ecological restoration, Department of Environmental Engineering Graduate School, The University of Seoul.
- Rural Development Administration, 2000, Soil and Plant analysis Method, RDA.
- Schueler, T. R., 1994, The importance of imperviousness, Watershed Protection Techniques, 1, 100-111.
- Seo, M. C., Hyun, B. K., Kang, K. K., Yun, H. B., Eom, K. C., 2008, The study on quantifying and evaluating for the functions of flood control and fostering water resources in agriculture, Korean J. Soil Sci. Fert., 41, 143-152.
- Son, S. R., Lee, S. Y., 2005, A Study on urban residents' perception toward open space and its policy implications -A case study of masan·changwon metropolitan area-, Seoul city research, 6, 21-36.
- The Seoul institute, 2011, City parks and green areas create health promotion effects worth KRW 520,000 per person per year (UK), International city trend, 266.
- Yun, S. W., Kim, Y. S., Kim, D. H., Kim, H. C., Shin, M. C., Park, J. Y., Kim, H. J., Lee, J. Y., 2013, Comparative study on waterlevel fluctuation and recharge characteristic in ground waters of urban and rural areas in Gangwon Province, J. Geo. Soc. Korea, 49, 203-516.
- Yun, S. W., Philippe, C. B., Kim, D. H., Kang, D. H., Lee, S. Y., Kong, M. J., Park, C. K., Kim, H. D., Son, J. K., Yu, C., 2018, Analysis of metal(loid)s contamination and their continuous input in soils around a zinc smelter: Development of methodology and a case study in South Korea, Environmental Pollution, 238, 140-149.
-
- Postdoctoral Researcher. Min-Jae Kong
National Academy of Agricultural Science, RDA
alswogud@korea.kr
 - Doctor. Tae-Guen Kwon
Sanglimwon
sanglw6693@hanmail.net
 - Adjunct professor. Chang-Hyun kim
Department of Landscape Architecture, Dankook University
lanscaper@nate.com
 - Professor. Nam-Choon Kim
Department of Landscape Architecture, Dankook University
namchoon@dankook.ac.kr
 - Doctor's course. Yu-Kyung Shin
Department of Horticulture, Jeonbuk National University
milkyway_100@jbnu.ac.kr
 - Researcher. Nan-Hee Ahn
National Academy of Agricultural Science, RDA
nanhee79@korea.kr
 - Senior Researcher. Sang-Min Lee
National Academy of Agricultural Science, RDA
sminlee@korea.kr
 - Postdoctoral Researcher. Jin-Kwan Son
National Academy of Agricultural Science, RDA
son007005@korea.kr

Appendix 1. Physical properties of soil in 12 reaserch sites

Classification	Soil Texture	Particle separate (%)			Bulk density (g/cm ³)	Hydraulic conductivity (cm/s)	Three phase of soil (%)				
		Sand	Silt	Clay			Solid	Gas	Liquid		
1	SN	Glass	Sandy Loam	53.4	40.9	5.7	1.24	0.000405	52.9	19.3	27.8
		Shrub	Sandy Loam	66.9	29.9	3.3	1.12	0.000378	48.4	28.7	23.0
		Arbor	Loamy Sand	74.6	22.6	2.8	1.26	0.001518	48.6	30.3	21.1
		Mean	-	65.0	31.1	3.9	1.21	0.000767	49.9	26.1	23.9
2	PJ	Glass	Sandy Loam	68.2	23.2	8.6	1.06	0.000473	45.7	26.6	27.7
		Shrub	Sandy Loam	67.8	23.2	9.1	1.42	0.000164	55.5	34.4	10.1
		Arbor	Sandy Loam	59.9	31.4	8.7	0.99	0.002510	45.6	31.0	23.3
		Mean	-	65.3	25.9	8.8	1.16	0.001049	48.9	30.7	20.4
3	YJ	Glass	Loam	48.5	39.6	11.9	1.12	0.000312	55.9	27.1	17.0
		Shrub	Sandy Loam	66.8	25.6	7.6	1.04	0.001833	56.2	33.8	10.0
		Arbor	Loam	51.8	34.6	13.5	1.41	0.007260	56.8	31.8	11.5
		Mean	-	55.7	33.3	11.0	1.19	0.003135	56.3	30.9	12.8
4	GY1	Glass	Sandy Loam	72.9	22.8	4.3	1.54	0.003341	47.9	40.1	12.1
		Shrub	Loam	40.8	42.5	16.7	1.35	0.009412	58.4	29.8	11.8
		Arbor	Sandy Loam	55.4	37.6	7.0	1.25	0.002168	46.5	35.8	17.7
		Mean	-	56.3	34.3	9.3	1.38	0.004974	50.9	35.2	13.9
5	GY2	Glass	Sand	89.2	1.8	9.0	1.43	0.000259	45.5	35.2	19.3
		Shrub	Loam	40.1	43.2	16.7	1.31	0.005326	58.3	21.6	20.1
		Arbor	Loam	48.9	42.9	8.2	1.39	0.001623	54.1	22.2	23.7
		Mean	-	59.4	29.3	11.3	1.38	0.002403	52.6	26.3	21.0
6	GY3	Glass	Sandy Loam	60.7	30.8	8.4	1.47	0.008381	45.8	30.4	23.8
		Shrub	Sandy Loam	71.5	22.9	5.6	1.23	0.004552	47.2	20.7	32.1
		Arbor	Sandy Loam	46.8	47.5	5.8	1.42	0.001445	47.1	28.8	24.1
		Mean	-	59.7	33.7	6.6	1.37	0.004793	46.7	26.6	26.7
7	GY4	Glass	Loamy Sand	78.7	17.3	4.0	1.15	0.001533	48.0	44.8	7.2
		Shrub	Sandy Loam	57.8	32.7	9.5	1.59	0.003457	45.3	30.8	24.0
		Arbor	Sandy Loam	62.5	29.0	8.5	1.47	0.000329	45.7	27.7	26.6
		Mean	-	66.3	26.3	7.3	1.40	0.001773	46.3	34.4	19.2
8	GY5	Glass	Silt Loam	41.1	51.6	7.3	1.47	0.006274	53.6	22.7	23.6
		Shrub	Silt Loam	24.4	66.0	9.6	1.63	0.002155	54.8	20.2	25.0
		Arbor	Loamy Sand	80.4	16.9	2.7	1.72	0.001853	48.7	29.8	21.5
		Mean	-	48.6	44.8	6.5	1.61	0.003427	52.4	24.3	23.4
9	SW	Glass	Loam	35.7	49.6	14.8	1.32	0.000871	42.6	39.0	18.4
		Shrub	Sandy Loam	55.1	34.4	10.5	1.17	0.000043	44.8	33.4	21.9
		Arbor	Silt Loam	16.6	61.2	22.2	1.01	0.000251	61.1	20.5	18.4
		Mean	-	35.8	48.4	15.8	1.16	0.000388	49.5	31.0	19.5
10	HS	Glass	Sand	82.4	14.2	3.4	1.10	0.000116	48.3	24.5	27.1
		Shrub	Loamy Sand	78.0	18.2	3.8	0.90	0.004162	48.1	35.7	16.2
		Arbor	Sandy Loam	69.5	24.0	6.6	1.11	0.002388	46.7	39.6	13.6
		Mean	-	76.6	18.8	4.6	1.03	0.002222	47.7	33.3	19.0
11	IC1	Glass	Sandy Loam	63.6	34.5	2.0	0.74	0.001412	49.0	34.5	16.5
		Shrub	Sandy Loam	72.3	23.6	4.0	1.02	0.004011	48.0	26.6	25.4
		Arbor	Loamy Sand	77.3	19.3	3.4	0.76	0.016854	48.3	31.1	20.6
		Mean	-	71.0	25.8	3.1	0.84	0.007426	48.4	30.7	20.8
12	IC2	Glass	Silt Loam	19.7	63.6	16.7	0.88	0.001855	58.3	36.2	5.5
		Shrub	Sandy Loam	57.9	36.5	5.7	0.83	0.000879	47.2	42.2	10.6
		Arbor	Silt Loam	37.4	53.9	8.7	0.66	0.001242	54.4	33.4	12.3
		Mean	-	38.3	51.3	10.4	0.79	0.001325	53.3	37.2	9.5

Appendix 2. Chemical properties of soil in 12 reaserch sites

Classification	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	T-N (%)	C.E.C	Ex. Cation(cmolc/kg)				
							Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
1 SN	Glass	8.37	0.39	5.15	34.44	0.011	12.00	8.76	0.22	1.43	0.11
	Shrub	8.55	0.22	7.12	57.71	0.004	11.64	11.57	0.23	1.40	0.06
	Arbor	7.82	0.23	3.42	39.11	0.017	12.34	6.16	0.20	0.86	0.06
	Mean	8.25	0.28	5.23	43.75	0.010	11.99	8.83	0.22	1.23	0.08
2 PJ	Glass	7.69	0.33	10.13	9.25	0.057	11.48	6.04	0.27	1.42	0.08
	Shrub	7.38	0.23	11.93	9.89	0.081	14.64	5.83	0.27	0.98	0.05
	Arbor	6.06	0.20	20.36	18.14	0.029	13.84	4.93	0.32	1.59	0.07
	Mean	7.05	0.25	14.14	12.43	0.06	13.32	5.60	0.29	1.33	0.07
3 YJ	Glass	6.60	0.17	6.04	29.95	0.029	9.18	4.01	0.10	0.52	0.04
	Shrub	7.28	0.19	5.24	33.25	0.045	8.40	4.46	0.11	0.48	0.04
	Arbor	7.63	0.25	7.99	32.88	0.011	9.76	5.55	0.14	0.46	0.05
	Mean	7.17	0.20	6.42	32.03	0.030	9.11	4.68	0.12	0.49	0.04
4 GY1	Glass	7.43	0.15	1.29	8.34	0.043	10.56	9.93	0.13	2.45	0.04
	Shrub	7.02	0.17	6.18	11.63	0.018	12.60	5.07	0.18	1.56	0.04
	Arbor	6.97	0.18	6.17	11.63	0.019	11.74	5.34	0.21	0.80	0.04
	Mean	7.14	0.17	4.55	10.53	0.030	11.63	6.78	0.17	1.60	0.04
5 GY2	Glass	5.66	0.16	4.42	8.70	0.034	15.16	3.52	0.14	0.96	0.07
	Shrub	5.83	0.17	7.74	8.15	0.027	13.86	4.16	0.17	0.76	0.09
	Arbor	7.00	0.17	4.75	22.35	0.026	11.54	5.20	0.23	1.66	0.05
	Mean	6.16	0.17	5.64	13.07	0.030	13.52	4.29	0.18	1.12	0.07
6 GY3	Glass	7.63	0.22	5.35	6.69	0.045	12.76	6.82	0.17	3.22	0.06
	Shrub	7.60	0.35	10.45	78.78	0.037	8.84	5.79	0.21	0.59	0.06
	Arbor	8.32	0.35	14.64	79.69	0.036	10.14	10.70	0.25	0.55	0.04
	Mean	7.85	0.31	10.14	55.05	0.040	10.58	7.77	0.21	1.45	0.05
7 GY4	Glass	7.36	0.19	9.06	55.14	0.026	10.56	7.66	0.20	1.43	0.05
	Shrub	7.52	0.16	6.94	32.24	0.036	10.66	6.78	0.17	1.43	0.06
	Arbor	6.51	0.12	5.14	10.35	0.034	10.62	4.60	0.13	1.48	0.05
	Mean	7.13	0.16	7.05	32.58	0.030	10.61	6.35	0.17	1.45	0.05
8 GY5	Glass	7.56	0.16	3.33	9.80	0.013	10.04	5.01	0.16	1.21	0.04
	Shrub	7.26	0.15	3.93	7.88	0.024	9.20	6.05	0.19	1.62	0.04
	Arbor	8.63	0.39	8.22	34.35	0.027	9.82	15.05	0.17	0.40	0.04
	Mean	7.82	0.23	5.16	17.34	0.020	9.69	8.71	0.17	1.08	0.04
9 SW	Glass	7.24	0.19	8.47	20.79	0.039	12.52	5.87	0.28	1.40	0.07
	Shrub	7.16	0.25	10.39	186.77	0.042	11.34	4.48	0.30	1.94	0.05
	Arbor	6.66	0.23	15.06	27.75	0.073	14.00	6.24	0.47	1.67	0.06
	Mean	7.02	0.22	11.31	78.44	0.050	12.62	5.53	0.35	1.67	0.06
10 HS	Glass	5.64	0.17	2.82	23.36	0.018	8.84	3.68	0.20	0.84	0.05
	Shrub	7.68	0.19	8.32	30.78	0.033	10.02	6.59	0.32	1.39	0.06
	Arbor	6.67	0.16	9.79	14.47	0.033	8.70	3.78	0.19	1.07	0.05
	Mean	6.66	0.17	6.98	22.87	0.03	9.19	4.69	0.24	1.10	0.06
11 IC1	Glass	6.94	0.14	3.68	41.40	0.018	10.32	8.06	0.20	1.90	0.06
	Shrub	8.47	0.42	7.03	20.88	0.043	11.20	11.13	0.18	1.34	0.10
	Arbor	8.57	0.44	5.54	30.87	0.023	10.82	14.71	0.24	1.02	0.07
	Mean	8.00	0.33	5.42	31.05	0.030	10.78	11.30	0.21	1.42	0.08
12 IC2	Glass	8.49	2.22	4.59	31.42	0.018	13.24	14.71	0.21	1.48	1.81
	Shrub	8.84	2.03	2.55	18.87	0.007	14.82	21.35	0.13	0.77	0.22
	Arbor	8.62	3.87	8.63	33.89	0.029	14.30	13.71	0.85	2.33	0.03
	Mean	8.65	2.71	5.26	28.06	0.020	14.12	16.59	0.40	1.53	0.68

Appendix 3. Heavy metal properties of soil in 12 reaserch sites

Classification		As	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn	Hg	
		(mg/kg)								
1	SN	Glass	N.D.	N.D.	13.86	23.99	10.17	5.24	37.68	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	5.27	27.63	12.52	7.42	44.37	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	4.95	23.40	13.79	5.38	43.32	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	8.03	25.01	12.16	6.01	41.79	N.D.
2	PJ	Glass	N.D.	N.D.	13.54	20.29	22.13	10.67	39.90	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	17.48	18.45	24.98	11.63	46.51	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	24.42	16.36	24.10	11.73	48.69	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	18.48	18.37	23.74	11.34	45.03	N.D.
3	YJ	Glass	N.D.	N.D.	1.04	6.45	4.38	7.52	41.74	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	0.46	5.73	4.01	7.21	39.89	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	2.22	4.85	5.71	8.75	41.78	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	1.24	5.68	4.70	7.83	41.14	N.D.
4	GY1	Glass	N.D.	N.D.	17.24	35.16	26.69	19.33	81.59	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	9.86	22.74	17.14	9.55	47.44	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	12.17	23.92	17.94	8.35	44.75	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	13.09	27.28	20.59	12.41	57.93	N.D.
5	GY2	Glass	N.D.	N.D.	9.63	22.25	16.11	7.80	40.54	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	6.98	21.17	13.71	5.71	38.39	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	18.61	20.66	23.60	10.07	55.82	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	11.74	21.36	17.80	7.86	44.91	N.D.
6	GY3	Glass	N.D.	N.D.	23.73	32.47	26.62	9.14	46.15	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	11.92	32.31	18.52	9.11	49.98	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	16.20	28.21	20.10	11.69	53.99	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	17.28	31.00	21.75	9.98	50.04	N.D.
7	GY4	Glass	N.D.	N.D.	23.70	26.57	18.46	13.39	55.15	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	8.08	17.32	14.79	17.89	39.55	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	4.87	13.53	13.40	17.70	36.82	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	12.22	19.14	15.55	16.33	43.84	N.D.
8	GY5	Glass	N.D.	N.D.	14.47	31.50	25.07	9.38	44.17	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	15.74	43.12	27.49	6.69	41.91	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	12.16	25.70	18.34	16.66	54.08	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	14.12	33.44	23.63	10.91	46.72	N.D.
9	SW	Glass	N.D.	N.D.	5.95	8.78	7.42	8.52	39.57	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	6.04	7.69	6.77	7.89	42.00	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	7.08	10.75	8.78	9.53	41.47	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	6.36	9.07	7.66	8.65	41.01	N.D.
10	HS	Glass	N.D.	N.D.	8.70	6.61	8.87	6.17	52.28	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	5.84	8.67	10.21	8.62	44.23	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	3.33	9.52	17.85	8.51	43.98	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	5.96	8.27	12.31	7.76	46.83	N.D.
11	IC1	Glass	N.D.	N.D.	10.40	19.35	11.99	2.45	34.41	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	7.63	19.25	10.74	4.22	38.14	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	7.83	17.56	10.55	5.32	36.59	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	8.62	18.72	11.09	4.00	36.38	N.D.
12	IC2	Glass	N.D.	N.D.	9.67	13.23	11.64	17.53	53.60	N.D.
		Shrub	N.D.	N.D.	8.94	10.21	26.74	10.66	52.25	N.D.
		Arbor	N.D.	N.D.	16.11	16.93	12.23	12.32	54.97	N.D.
		Mean	N.D.	N.D.	11.58	13.46	16.87	13.50	53.61	N.D.