

진주시 도시생활권 등산로 훼손실태에 관한 연구

강민정¹·박재현^{2*}·김기대²

¹국립산림과학원 산림방재연구과, ²경남과학기술대학교 산림자원학과

Damage Status of the Urban Forest Trails in Jinju, Gyeongsangnam-do

Min-Jeng Kang¹, Jae-Hyeon Park^{2*} and Ki-Dae Kim²

¹Forest Disaster Management Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

²Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea

요약: 본 연구는 경상남도 진주시에 위치한 도시숲을 대상으로 토양 물리화학성 및 등산로 훼손유형을 평가하여 등산로 노면의 피해양상과 훼손실태를 파악함으로써 도시생활권 등산로의 관리를 위하여 수행하였다. 등산로와 산림지역의 토양 물리화학성 분석 결과, 등산로 토양깊이 0 cm, 5 cm의 토양경도가 산림지역에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 기타 토양물리화학성에서는 모두 유의적 차이가 없었다. 아울러 훼손유형 중 노폭확대형이 66%로 가장 많이 나타났고, 노면침식형 59%, 샛길형 57%, 경계침식형과 수목뿌리노출형이 각각 41%로 나타났으며, 노면배수불량형과 급경사형, 산사태 훼손유형은 나타나지 않았다. 특히, 대부분 인자에서 차이가 없는 것은 등산로뿐만 아니라 산림지역도 훼손되었을 가능성이 있으며, 진주시 도시숲 등산로는 이용객의 과밀현상 등에 의해 토양경도 훼손이 악화되는 것을 방지하는 대책이 우선적으로 마련되어야 할 것이다.

Abstract: This study was carried out to establish a management plan for urban forest trails with analysis of trail damage types and soil physicochemical properties on 3 urban forest parks in Jinju, Gyeongnam-do. We found that soil hardness was significantly higher in forest trails than forest area at 0 cm and 5 cm at a significance level of 0.05. However, we could not find any significant differences for other soil properties. For the trail damage types, the most common types were as follows: trail expansion (66%), trail erosion (59%), side road (57%), and trail boundary erosion and root exposure (41%). The results showed no difference in most of these types between the trails and forest area, indicating that the forest area might be damaged as well as the trails. Priority should be given to prepare measures that prevent soil compaction from overcrowded hikers.

Key words: urban forest, forest trails, soil physicochemical property, trail damage types

서론

우리나라 대부분의 대도시 주위에는 도시민들이 산책하기에 알맞은 산이 있고, 또한 그 경관이 수려하여 국립공원이나 도립공원 등 자연공원으로 지정된 산이 많이 있다(Woo, 2003). 최근 제주올레길이나 지리산 둘레길과 같이 등정이나 능선 종주 위주의 획일적인 등산 패턴에서 탈피하여 수평적 도보 여행 개념인 숲길 걷기가 새로운 산림휴양문화로서 정착하고 있는 추세이다(Korea Forest Research Institute, 2013). 이에 따라 시외는 물론 생활권 내에서 이용할 수 있는 녹색공간의

필요성이 대두되고 있다. 아울러 산림청에서 발표한 자료에 의하면 2016년 상반기에만 예산 투입 없이도 기업·시민 참여로 도시숲을 372 ha 조성하는 결과를 얻었으며, 이는 미세먼지 등 대기오염 해결 대안으로써 주목받고 있고 국민들의 단순 이용에 대한 관심뿐만 아니라 도시숲 조성 및 보전·관리에 대한 관심도 증가하는 것을 알 수 있다.

도시숲은 시민의 도시환경조절 측면과 여가활동 측면에서 중요한 역할을 하고 있으며, 그 용이한 접근성으로 도시민들에게 여러 가지 편익을 제공하고 있다. 도시민들은 숲이 도시민들의 휴양 및 쉼터 역할을 하기를 기대하고 숲에서는 주로 등산과 산책을 즐기며, 일반적으로 2시간 이상 체류하는 것으로 나타났다(Lee et al., 2009; Lee

*Corresponding author
E-mail: pjh@gntech.ac.kr

et al., 2010).

이와 같이 전국적으로 생활권 내의 도시숲에서 주민들의 여가활동이 늘어남에 따라 탐방객의 과도한 토지이용에 따른 토양압박 발생이나 대기 및 수질 오염물질 유입 등에 따른 토양 산성화, 양분용탈 등으로 인하여 수목의 생육환경은 매우 열악한 편이며(Jim, 1998; Kim et al., 1999; McPhearson et al., 2010; Seo et al., 2015), 크게는 도시숲의 생태계까지 위협하고 있다. 따라서 도시숲의 보전·관리를 위해서는 해당 등산로, 숲길의 관리 및 정비에 대한 정책과 연구의 폭을 넓혀 나가야 할 필요성이 있다. 그러나 현재 등산로의 훼손실태나 관리방안에 대한 자료들도 산림청과 국립공원관리공단, 지자체 기관들의 관리를 받고 있는 계획된 등산로들이 대부분이고, 최근 발생하고 있는 셋길이나 소규모의 숲길에 대해서는 위치 및 현황이 조사되지 않고 있다. 또한 시민들과 학자들이 도시 산림을 지키기 위해 자발적으로 등산로의 실태에 대해 알리고 연구를 하고 있지만 도시생활권 등산로의 수효를 따라가기엔 부족한 실정이다.

한편, 진주시는 학계를 포함한 지역기업과 「사랑나눔 그린트러스트」 업무협약을 체결하였다. 본 협약은 지역 상생협력 차원에서 체계적이고 지속적으로 지역 환경개선 및 생태교육 등 각 기관에서 보유하고 있는 인력, 자금, 기술, 시설 등을 바탕으로 상호 협력하는 것인데, 1차 사업으로는 마을정원을 조성하고 2차 사업으로는 비봉산을 생명의 숲으로 가꾸는 등 연차적으로 사업을 확대 추진할 것을 발표하였다(NEWSIS, 2016).

따라서 본 연구는 경상남도 진주시에 소재한 도시숲(비봉산, 선학산, 망진산)을 대상으로 토양 물리화학적 분석과 훼손유형을 평가함으로써 도시생활권 등산로의 합리적인 관리의 근거자료와 그린트러스트 사업 진행을 위한 기초적인 자료를 마련하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구가 실시된 경상남도 진주시는 지리산을 발원으로 진주시의 중심을 관류하는 남강의 북동쪽을 경계로 형성된 신시가지에 위치한 선학산과 비봉산, 서쪽으로는 (구)진주역을 중심으로 형성된 구시가지에 위치한 망진산이 진주시 도시숲을 대표하는 곳으로써 시민들의 여가·휴식공간으로 활용되고 있다(Figure 1).

특히, 비봉산과 선학산은 2014년 3월에 준공된 봉황교로 연결되어 있으며, 산지사면의 대부분이 밭으로 개간되었거나 불법점유물로 인한 생태계 훼손이 일어나고 있다. 망진산의 경우 비봉산과 선학산을 비롯해 주거지역과의 접근성이 용이하여 등산로의 노면침식과 산림훼손이 야기되고 있는 실정이다.

진주시 도시숲의 토양은 퇴적암을 기반으로 한 갈색산림토양 및 적색계산림토양이었으며, 상층임관으로는 대부분 곰솔(*Pinus thunbergii* Parl.)이 우점하고 있고, 참나무류가 함께 점유하고 있었다. 하층임관으로는 도시숲 정비사업의 일환으로 편백(*Chamaecyparis obtusa* (Siebold & Zucc.) Endl.)이 수하식재 되었으며, 아까시나무(*Robinia pseudoacacia* L.) 등이 산재하였다. 또한 인접 기상대의 기상자료에 따르면 평년기상값(1981~2010년)은 기온의 경우 13.1/7.6-19.5°C, 연평균강수량 1512.8 mm로 강수의 50% 이상이 여름에 집중되는 하계집중형강우이다.

2. 연구방법

1) 토양의 물리화학적 특성

본 조사는 진주시 도시숲의 단일구간(비봉산; 장상-봉황교, 선학산; 정상-일신아파트, 망진산; 정상-보덕암) 등산로와 산림지역 각각 3개소, 총 9개소를 대상으로 토양의



Figure 1. Location of forest trails in study sites.

물리화학적 성을 조사 분석하였다.

토양 물리성을 측정하기 위해 토양용적밀도와 삼상, 공극률, 수분함유율은 등산로와 산림지역의 표토로부터 10cm 부위 토양을 100 cm³ 스테인리스 캔으로 채취한 후 밀봉하여 실험실에서 생중량을 측정하고, 105°C 건조기에서 48시간 이상 건조하여 건중량 측정치로 계산하였다. 또한 입도분석(비중계법)은 표토를 500 g씩 채취하여 실시하였으며, 토양경도는 디지털 관입식 토양경도계(FieldScout SC 900)를 이용하여 각 지점에서 3반복 측정하였다.

토양 화학성의 경우 표토 500 g을 실험실로 옮겨 음건 후 산도(pH-meter), 양이온치환용량(1N-초산암모늄 침출법) 및 전질소(건식산화법), 유효인산(Lancaster), 치환성 양이온인 K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺(원자흡광광도법)를 측정하였다.

조사 분석된 자료는 등산로와 산림지역에 대한 차이 검정을 위해 t-test에 의해 P<0.05 수준에서 유의성 검정을 실시하였다(SAS 9.2).

2) 등산로의 훼손유형 평가

등산로의 정비를 위해서는 훼손유형은 물론 상태, 특징, 현황 등을 조사하고 평가 할 필요가 있다. 이를 평가하는

Table 1. Site characteristics of study sites.

Site	Park area (ha)	Trail width (m)	Erosion depth (cm)	Trail slope (°)
Bibong	208.4	1.6	8.6	5.8
Seonhak	114.0	1.4	12.5	2.6
Mangjin	106.3	1.1	6.7	9.1
Mean	142.9	1.4	9.3	5.8

Table 2. Standard damage types (Korea National Park, 2009).

Division	Type
Trail erosion	Trail erosion(a)
	Trail seepage erosion(b)
	Trail boundary erosion(c)
	Rock weather(d)
Trail expand	Side road(e)
	Trail expand(f)
	Bed rock exposure(g)
Around damage(i)	Root exposure(h)
Uncomfortable walking	Trail height inconvenient(j)
	Trail drainage inconvenient(k)
	Trail width inconvenient(l)
	Gravel trail(m)
Land slide	Steep slope(n)
	Land slide(o)
	Land creeping(p)
	Debris flow(q)

항목으로는 1978년 Frissell이 발표한 Condition Ration Class를 기준으로 우리나라 산림특성에 맞춰진 산림환경 피해도 판정 방법을 주로 이용하고 있는데, 본 조사에서도 위 기존 선행 연구문헌(Oh et al., 1987; Kwon et al., 1991; Pack et al., 2010)에 기초하여 사용빈도가 높은 조사기준과 최근 평가항목에 점수와 등급을 객관적으로 구분하여 평가하였다.

훼손유형 평가는 등산로에서 발생하는 훼손유형의 지표적인 인자라 판단되는 노면침식, 노폭확대, 노면주변 훼손, 노면보행 불편, 산사태 등 총 5개 항목 17개 유형을 대상으로 하였으며(Korea National Park, 2009), 선상법(Line transect method)을 이용하여 각 구간을 대상으로 200 m 간격으로 훼손유형을 평가하였다. 이후 평가된 항목은 평균하여 발생빈도를 산정하였다(Table 2).

결과 및 고찰

1. 토양의 물리적 특성

진주시 도시숲의 등산로와 산림지역의 토양 물리성을 분석한 결과는 Table 3와 같다.

그 결과, 모래는 등산로와 산림지역이 각각 39.26%, 39.04%로 나타났고, 미사의 경우 각각 41.94%, 42.76%로 나타났다. 아올러 점토는 각각 18.82%, 18.21%로 나타났으나 입도분석결과, 등산로와 산림지역이 유사한 값으로 유의적 차이는 없었다. 이에 따른 진주시 도시숲의 등산로와 산림지역의 토성은 모두 양토로 동일하게 나타났는데, 이는 Jeong et al.(2002)이 우리나라 산림토양의 토성은 A층, B층 모두 제주도를 제외한 대부분 지역이 양토계 열로 분류되었다고 발표한 것과 유사한 결과로 나타났고,

Table 3. Soil physical property between trails and forest areas.

Property	Trails	Forest area	P-value
Sand (%)	39.26 ± 20.07 (13.80 – 64.40)	39.04 ± 18.74 (12.10 – 60.80)	0.10
Slit (%)	41.94 ± 15.71 (20.80 – 59.30)	42.76 ± 13.26 (25.50 – 63.70)	0.91
Clay (%)	18.82 ± 7.55 (10.60 – 32.10)	18.21 ± 8.12 (10.30 – 35.30)	0.87
Bulk density (g/cm ³)	1.37 ± 0.20 (1.06 – 1.60)	1.15 ± 0.26 (0.68 – 1.47)	0.06
Solid phase (%)	51.58 ± 7.52 (39.91 – 60.52)	43.51 ± 9.94 (25.50 – 55.32)	0.06
Air phase (%)	24.51 ± 13.38 (2.40 – 47.72)	35.63 ± 13.47 (20.87 – 53.36)	0.09
Liquid phase (%)	23.91 ± 10.01 (10.25 – 39.19)	20.86 ± 8.20 (10.16 – 32.54)	0.48
Porosity (%)	48.42 ± 7.52 (39.48 – 60.09)	56.49 ± 9.94 (44.68 – 74.50)	0.06
Moisture content (%)	17.68 ± 7.34 (7.33 – 29.34)	19.11 ± 9.02 (8.76 – 35.81)	0.71

등산객의 과도한 이용으로 산림지역에 비해 등산로 표토의 손상으로 세립질 입자가 많이 유실되었을 것이라 판단하였으나 그 차이는 없는 것으로 나타났다.

토양 용적밀도는 등산로와 산림지역이 각각 1.37 g/cm³, 1.15 g/cm³로 나타났으나 유의적 차이는 없었다. 또한 이 값은 Korea Forest Research Institute(2010)이 제시한 전국 토양용적밀도 0.93 g/cm³과 경남지역 토양용적밀도 0.95 g/cm³보다 높은 값으로 입산자 과밀로 인한 답압이 도시숲 등산로와 산림지역의 토양용적밀도 증가에 영향을 준 것으로 판단되며, 토양 내 강우침투 저하 및 지표유거수 증가, 식생근계의 토양침투 불량 등이 발생할 것으로 사료된다(Scgoeholtz et al., 2000; Scharenbroch and Catania, 2012, Kim et al., 2015). 한편, Woo et al.(1994)은 토양용적밀도 회복에는 약 10년 정도가 소요된다고 하였는데, 등산로를 비롯한 산림지역의 토양용적밀도 회복을 위한 장기적인 관리가 필요할 것으로 사료된다.

토양삼상 중 고상은 등산로와 산림지역이 각각 51.58%, 43.51%로 나타났고, 기상의 경우 각각 24.51%, 35.63%로 나타났다. 아울러 액상은 각각 23.91%, 20.86%로 나타났으나 토양삼상은 유의적 차이가 없었다. 또한 공극률은 등산로와 산림지역이 각각 48.42%, 56.49%로 나타났고, 수분함유율의 경우 각각 17.68%, 19.11%로 나타났으나 모두 유의적 차이는 없었다. 즉, 위와 같은 인자에서 유의적 차이는 없었으나 등산로의 용적밀도 증가에 따라 토양 공극률을 비롯한 액상과 기상, 수분함유율이 감소되는 경향으로 용적밀도의 증가가 그 원인으로 사료된다.

토양경도는 지표(0 cm)에서 등산로와 산림지역이 각각 645.93 kPa, 109.70 kPa로 나타났으며(Table 4), 5 cm에서도 각각 1595.67 kPa, 635.81 kPa로 등산로의 토양경도가 산림지역에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 Park et al.(2011)의 일반적으로 입산자의 답압이 토

양표면 0~5 cm의 토양경도에 영향을 미친다고 한 것과 유사한 결과로 나타났다. 이후 토양깊이 10~15 cm까지는 등산로가 산림지역에 비해 높은 값을 유지하면서 증가하였으며, 20 cm부터는 산림지역이 등산로보다 높은 값을 나타내며 점차 감소하는 추세를 나타내었으나 이후 토양깊이별 유의적 차이는 없었다.

2. 토양의 화학적 특성

진주시 도시숲의 등산로와 산림지역의 토양 화학성을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

그 결과, 토양 pH는 등산로와 산림지역이 각각 5.46, 5.33으로 나타났으나 유의적 차이는 없었다. 이는 갈색산림토양의 pH를 5.3~5.5이라 한 것과(Korea Forest Research Institute, 2010) 경남지역 산림토양의 pH 5.27와도 유사한 값으로 나타났다(Jeong et al., 2002). 아울러 양이온교환용량(CEC)은 각각 12.78cmol_c/kg, 12.70cmol_c/kg으로 나타났으며, 유의적 차이는 없었다. 대체로 양이온 형태의 영양소는 토양의 점토와 유기물에 의해 흡착되어 저장되며, 토성에서 모래함량이 높은 경우에는 이러한 능력을 가지고 있지 않기 때문에 토양의 비옥도에 기여하지 못하는데(Woo, 2003), 이는 연구대상지의 토양 중 점토함량이 낮아 영 영향을 받은 것으로 사료된다.

토양 유기물은 등산로와 산림지역이 각각 3.01%, 3.27%로 나타났으나 유의적 차이는 없었다. 그리고 전질소는 등산로와 산림지역 모두 0.16%으로 나타났으며, 유의적 차이는 없었다. 유효인산의 경우 각각 15.33 mg/kg, 54.22 mg/kg으로 나타났으나 유의적 차이는 없었다. 그러나 산림지역의 유기물과 유효인산이 등산로에 비해 높은 경향은 아

Table 4. Soil hardness between trails and forest areas.

Soil depth (cm)	Soil hardness (kPa)		
	Trails	Forest area	P-value
0	645.93 ± 536.98 (123.3 - 1621.33)	109.70 ± 274.12 (0.00-839.33)	0.02*
5	1595.67 ± 779.93 (353.33 - 2276.67)	635.81 ± 581.85 (54.67 - 1494.67)	0.01*
10	1861.30 ± 1171.77 (348.33 - 3656.67)	1019.59 ± 581.65 (155.67 - 1989.33)	0.07
15	1562.52 ± 1466.96 (82.67 - 4408.00)	1043.50 ± 640.47 (252.33 - 2323.00)	0.35
20	1018.17 ± 879.43 (142.33 - 2828.50)	1058.56 ± 870.61 (87.00 - 2208.00)	0.93
25	1433.67 ± 871.03 (170.00 - 2380.00)	1586.87 ± 850.57 (206.33 - 2346.00)	0.78
30	1535.25 ± 648.81 (966.00 - 2311.50)	1677.50 ± 1579.99 (87.00 - 3484.00)	0.87

Table 5. Soil chemical property between trails and forest areas.

Property	Trails	Forest area	P-value
pH	5.46 ± 0.88 (4.60 - 7.40)	5.33 ± 0.54 (4.70 - 6.50)	0.70
CEC (cmol _c /kg)	12.78 ± 3.67 (9.02 - 18.56)	12.70 ± 2.36 (10.12 - 16.61)	0.96
Organic matter (%)	3.01 ± 2.08 (0.24 - 5.90)	3.27 ± 0.92 (1.78 - 4.31)	0.73
TN (%)	0.16 ± 0.09 (0.04 - 0.34)	0.16 ± 0.03 (0.11 - 0.21)	0.81
Avail. P (mg/kg)	15.33 ± 15.97 (1.00 - 42.00)	54.22 ± 104.67 (2.00 - 330.00)	0.30
K ⁺ (cmol _c /kg)	0.31 ± 0.12 (0.16 - 0.51)	0.29 ± 0.12 (0.14 - 0.52)	0.71
Na ⁺ (cmol _c /kg)	0.10 ± 0.12 (0.08 - 0.13)	0.09 ± 0.02 (0.07 - 0.11)	0.19
Ca ²⁺ (cmol _c /kg)	2.96 ± 3.41 (0.33 - 10.47)	2.35 ± 2.17 (0.46 - 6.74)	0.66
Mg ²⁺ (cmol _c /kg)	0.82 ± 0.45 (0.05 - 1.57)	0.76 ± 0.42 (0.14 - 1.15)	0.75

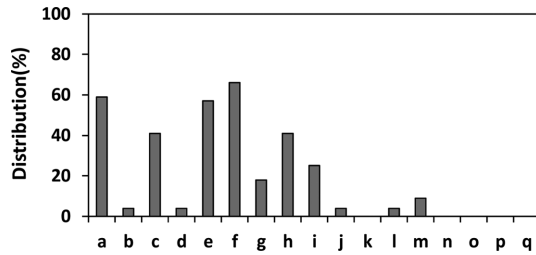


Figure 2. Distribution of damage types in the trails. a~p represent the standard damage types form Table 2 (Korea National Park, 2009).

까시나무의 낙엽생산량이 많을뿐더러 빠르게 분해되어 토양의 유효인산은 증가시켰다는 연구결과(Lee, 2010)로 볼 때 상층의 곰솔과 참나무류에 비해 분해가 빠른 하층임판에 아까시나무의 낙엽, 낙지 등이 산림지역 토양 내 유기물과 유효인산의 증가에 영향을 것으로 판단된다.

치환성양이온의 농도 중 칼륨은 등산로와 산림지역이 각각 0.31 cmol/kg, 0.29 cmol/kg으로 나타났고, 나트륨 각각 0.10 cmol/kg, 0.09 cmol/kg 칼슘 각각 2.96 cmol/kg, 2.35 cmol/kg, 마그네슘 각각 0.82 cmol/kg, 0.76 cmol/kg으로 나타났으나 모두 유의적 차이는 없었다. 한편, 이러한 결과는 우리나라 산림토양의 치환성양이온 평균농도(K^+ : 0.23 cmol/kg, Na^+ : 0.22 cmol/kg, Ca^{2+} : 0.17 cmol/kg, Mg^{2+} : 1.01 cmol/kg)와 비교하였을 때 Korea Forest Research Institute (2010), 나트륨을 제외한 칼륨과 칼슘, 마그네슘의 농도가 진주시 도시숲에서 상대적으로 높은 값으로 나타났다.

3. 등산로의 훼손유형

진주시 도시숲의 등산로 훼손유형을 평가한 결과, 17개의 훼손유형 중 총 12개의 유형이 185회 나타났다. 이 중 노폭확대형이 37회(66%)로 가장 많이 나타났고, 노면침식형 33회(59%), 셋길형 32회(57%)로 대부분의 구간에서 나타났다. 다음으로는 경계침식형과 수목뿌리노출형 23회(41%), 노면주변훼손형 14회(25%), 암반노출형 10회(18%), 구슬자갈불편형 5회(9%), 노면세굴형, 암석풍화형, 계단높이불편형, 노폭협소형이 각각 2회(4%) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 연구대상지 등산로 구간의 일부만이 포장구간이기 때문에 차량통행이 가능한데, 이때 차를 피해 등산객들이 가장자리로 걷거나 자연을 느끼기 위해 산을 찾는 사람들이 기존 등산로가 아닌 셋길을 만들어 이용하고 있는 것에 대한 영향, 등산로의 좁은 노폭의 노면에서 등산로 이탈현상과 입산자들의 과밀이용에 의한 결과로 사료된다. 한편, 진주시 도시숲에서의 최근 산사태 발생이력은 없어 산사태 훼손유형은 나타나지 않았으나 동결융해침식에 따른 등산로 구간 일부 절토사면의 토양 유실이 발생하였다.

결론

경상남도 진주시에 위치한 도시숲의 등산로와 산림지역을 대상으로 토양의 물리화학적 분석 결과, 어떠한 항목에서도 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 지표토양(0 cm)과 토양깊이 5 cm의 토양경도가 등산로와 산림지역에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 아울러 등산로 훼손유형은 노폭확대형이 66%로 대부분의 구간에서 나타났으며, 노면침식형이 59%, 셋길형이 57% 등이 대부분의 구간에서 나타났다.

아울러 본 연구결과에 따르면 토양 답압의 지표적인 인자인 토양경도 중 등산로가 산림지역에 비해 높은 값을 나타낸 것과 등산로 훼손유형 중 노폭확대형이 대부분의 구간에서 나타난 것으로 볼 때, 도시숲의 다른 요소들보다 우선적으로 등산로의 노면이 인위적인 훼손을 받고 있으며, 이를 방지하기 위한 적절한 관리 대책을 수립할 필요성이 있다. 즉, 연구대상지가 모두 주민생활권에 위치하였고, 도시숲 내에 일부가 과수원 등 사유림으로 장기적인 휴식년제나 아용객의 출입과 차량 통행을 제한하는 것에는 어려움이 있을 것으로 판단되어 이에 따라 탐방빈도가 높아 노면훼손과 확대가 야기되는 구간에는 가장자리로 통나무 펜스 등을 설치해 노면확대를 최소화하고, 토양개량제를 투입하거나 목재 칩, 코어네트 등을 등산로 노면에 깔아주어 압력을 덜어주는 등 적극적인 방안이 수립되어야 할 것이다.

따라서 차후 도시숲 등산로 연구에서는 중금속으로 인한 토양오염 등의 심도 있는 연구뿐만 아니라 구간, 지점에 따른 축적을 확대, 답압에 대한 효과적인 토양보전공법 등을 강구할 필요가 있는 것으로 판단된다.

References

- Frissell, S.S. 1978. judging recreation impacts on wildness campsite. *Journal of Forestry* 76: 481-483.
- Jeong, J.H., Koo, K.Y., Lee, C.H., and Kim, C.S. 2002. Physico-chemical Properties of Korean Forest Soils by Regions. *Journal of Korean Forest Society* 91(6): 694-700.
- Jim, C.Y. 1998. Urban soil characteristics and limitations for landscape in Hong Kong. *Land. and Urban Planning* 40: 235-249.
- Kim, C., Yoo, J.H., Byun, J.K., Jeong, J.H., and Lee, B.S. 1999. Distribution of Heavy Metals within Forest Soils in Seoul. *Journal of Korean Forest Society* 88(1): 111-116.
- Kim, C., Park, J.H., Cho, H.S., Mam, H.S., and Lee, K.S. 2015. Physicochemical Properties of Organic and Soil Horizons in Restoration Area following Forest Landslide by Creeping soil. *Journal of Agriculture & Life Science* 49(6): 27-35.

- Korea Forest Research Institute. 2010. for Specialists Cultivating the Soil Conservation Practices. Seoul. pp. 168.
- Korea Forest Research Institute. 2013. A Study on Effective Management of Forest Tail and Activation Measures of Mountain Village. Seoul. pp. 513.
- Korea National Park. 2009. National Trail Repair Manual. Seoul. pp. 161.
- Korea Meteorological Administration. <http://www.kma.go.kr> (2016.08.04.).
- Kwon, T.H., Oh, K.K., and Kwon, S.D. 1991. Use Impact on Environmental Deteriorations of Trail and Campsite in Chirisan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 5(1): 91-103.
- Lee, Y.C. 2010. The Influence of Black Locust (*Robinia pseudoacacia*) Flower and Leaf Fall on Soil Available Phosphorus. Master. Thesis. Seoul National University. Seoul.
- Lee, H.Y., Oh, C.H., Kim, E.S., Son, Y.W., and Park, K.S. 2010. Vegetation and Soil Characteristics of Urban Forest as Geological Location in Daejeon, Korean Journal of Environment and Ecology 24(5): 566-574.
- Lee, Y.H., Kim, K.W., and Byun, W.H. 2009. Visitors' Characteristics of Bukhansan National Park as a Urban Forest. Korean Journal of Forest Recreation Association 13(1): 53-61.
- McPhearson, P.T., Feller, M., Felson, A., Karty, R., Lu, J.W.T., Palmer, M.I., and Wenskus, T. 2010. Assessing the Effects of the Urban Forest Restoration Effort of Million Tree NYC on the Structure and Functioning of New York City Ecosystem. Cities and the Environment 3: 1-21.
- NEWSIS. 2016. LH, Agreement of Green Trust together Local Society. http://www.newsis.com/ar_detail/view.html?ar_id=NISX20160704_0014196757&cID=10812&pID=10800 (2016. 07. 01).
- Oh, K.K., Kwon, T.H., and Jeun, Y.J. 1987. Trail Damage and Vegetational Change of Trail Side in Bukhan Mountain National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 1(1): 35-45.
- Park, J.H., Huh, G.Y., and Lim, H.G., 2011. Degradation Assessment of Forest Trails in Gyeongnam Domain of Mt. Jiri. Journal of Korean Forest Society 100(3): 476-482.
- Pack, I.H., Lee, H.T., Cho, K.J., and Jang, G.S. 2010. An Analysis of Major Trail Deterioration in Urban Natural Park - A Focus on Apsan Park in Daegu Metropolitan City -. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 38(3): 33-40.
- Scharenbroch, B.C. and Catanica, M. 2012. Soil Quality Attributes and Indicators of Urban Tree Performance. Arbor. Urban For 38: 214-228.
- Schoenholts, S.H., Van, M.H., and Burger, J.A. 2000. A Review of Chemical and Physical Properties as Indicators of Forest Soil Quality: Challenges and Opportunities. Forest Ecology and Management 138: 335-356.
- Seo, H.Y., Ma, H.S., Jung, S.Y., and Kim, C. 2015. Soil Physicochemical Properties in Restored Forests following Landslide Areas in Umyeonsan Mountain. Journal of Agriculture & Life Science 49(5): 145-156.
- Woo, B.M. 2003. Environmental Restoration and Revegetation Engineering. Seoul. pp. 520.
- Woo, B.M., Park, J.H., and Kim, K.H. 1994. Variations of Soil Bulk Density and Natural Revegetation on the Logging Road of Timber Harvested-Sites. Journal of Korean Forest Society 83(4): 545-555.

(Received: February 2, 2016; Accepted: August 22, 2016)