

도시에서 다양한 토양의 물리화학적 특성과 미생물 활성

공 학 양 · 조 강 현
인하대학교 생물학과

적 요: 도시에서 토양을 보존하고 합리적으로 이용하기 위하여 도시 토양을 과학적으로 이해하는 것이 필요하지만 아직까지 이처럼 과도하게 관리되고 교란된 토양의 특성에 대하여 집중적으로 연구되지 않았다. 본 연구에서 조사된 인천의 산림, 잔디밭, 가로수, '나지 및 포장 밑 토양에서 답압에 의한 견밀화에 의하여 토양 가밀도가 높았다. 또한 다양한 도시 토양에서 수분함량은 전원지 산림 토양에 비하여 적었고 지온은 높았다. 화학적으로는 도시 토양에서 pH가 중성에 가깝고 유기물 함량이 적었다. 도시 토양의 총세균수는 전원지 산림 토양의 단지 5~50% 수준이었다. 단계식 다중회귀분석의 결과, 토양 유기물함량이 총세균수에 영향을 미치는 주요한 요인으로서 선정되었다. 대부분의 도시 토양에서 탈수소효소 활성도는 전원지 산림 토양과 유의한 차이가 없었으나, 아스팔트 포장 밑 토양에서는 낮았다. 그러므로 견밀한 도시 토양에서 낮은 유기물함량이 물질순환에 관여하는 미생물 수에 악영향을 미친다고 판단되었다.

검색어: 교란, 도시 토양, 유기물, 총세균수, 탈수소효소

서 론

도시 토양은 도시화가 진행됨에 따라서 표토가 교란 유실되고, 사람에 의한 답압에 의하여 토양이 견밀화되어 보수성과 투수성이 악화되고, 지하수의 보충이 어려워 지하수위가 낮아지고, 각종 오염물이 토양 생태계로 유입되고, 도시의 미기후 변화로 건조화 및 고온화가 일어나고 있다 (Grey and Deneke 1986, Craul 1992). 도시에서 인간에 의한 토양 교란의 속도와 규모가 증가함에 따라서 도시 토양은 계속적으로 미성숙 상태에 처해 있다 (Gilbert 1989). 따라서 도시 토양을 적절하게 이용하고 관리하기 위하여 도시 토양을 이해하기 위한 노력과 관심이 최근에 증가하고 있다 (De Kimpe and Morel 2000).

토양은 입자 표면에 미생물 미소군체가 발달할 수 있고 유기물이 비교적 풍부하므로 미생물 증식에 알맞은 서식처이다 (Atlas and Bartha 1993). 미생물은 토양 생태계에서 분해자로서 중요한 역할을 수행하고 있는데, 주로 유기물의 분해, 영양소 순환 및 토양의 입단화 등에 관여하고 있다 (Alexander 1977). 토양미생물은 이질적인 미소 토양환경에서 식생, 기후 및 물리화학적 토양환경요인에 영향을 받아 미생물의 종조성, 생장 및 활성이 다양하다. 이러한 토양미생물 개체군의 크기는 acridine orange 염색에 의한 형광현미경법으로 총세균수를 간편히 측정할 수 있고 (Hobbie *et al.* 1977), 미생물 대사는 대표적으로 탈수소효소(dehydrogenase) 활성도 측정에 의하여 평가할 수 있다 (Beyer *et al.* 1993).

우리 나라에서 도시 토양의 미생물활성에 대한 연구로서, 도시 토양의 amylase와 cellulase 활성도가 자연림에 비하여 낮았으며(심과 이 1991), 서울 공원 토양에서 탈수소효소 활

성도가 낮았는데 특히 이러한 결과는 토양유기물이 적은 것과 관련이 있다고 보고하였다 (김과 이 1993). 또한 도시 공원 토양은 가밀도가 높고 산도가 낮아서 식물 생장에 적합하지 않았다 (조 등 1998). 그러나 도시의 다양한 토양에서 토양의 물리화학적 특성과 미생물의 개체군 크기와 효소 활성도에 종합적인 연구가 이루어지지 못하였다.

본 연구에서는 도시의 다양한 토양에서 물리화학적 토양 특성에 따라서 총세균수와 그들의 대사활성을 비교를 위하여, 경기도 가평군 명지산의 신갈나무 숲과 인천시의 도시 산림, 잔디밭, 가로수, 나지 및 아스팔트 포장 밑 토양의 총세균수를 계수하고, 탈수소효소 활성도를 측정하여 토양의 물리화학적 특성과의 관계를 규명하고자 하였다.

조사지 개황

인천시에서 다양한 도시 토양의 유형을 포함하기 위하여 산림, 잔디밭, 가로수, 나지, 아스팔트 포장 밑으로 구분하고 각 지소에서 3 지점을 선정하여 1996년 6월에 채토하였다. 대조지소로서 경기도 가평군 북면 명지산의 산림 토양을 1996년 6월에 채토하였다 (Fig. 1).

도시 산림(urban forest) 토양의 채집지는 인천시 남구의 수봉산에서 1 지점(조사지점 14)과 인천시 연수구의 청량산에서 2 지점(조사지점 9, 10)을 선정하였다. 수봉산의 조사지점은 남동사면의 아까시나무 숲으로서 초본층에는 닭의장풀, 머느리 배꼽, 미국자리공 등이 분포하며 인간에 의한 교란이 심하였다. 청량산의 조사지점은 북사면의 신갈나무 숲과 남동사면의 리기다나무 숲으로서 두 곳 모두 수봉산에 비하여 계층구조가 비교적 잘 발달하였으며 다양한 초본 식물이 자라고 있었다.

잔디밭(lawn) 토양은 인천시 연수구 연수동에서 1 지점(조사지점 8)과 인천시 남구 용현동 인하대학교 교정에서 2 지점(조사지점 12, 13)을 선정하였다. 연수동의 채토지점은 아파트 단지내의 잔디밭으로 교통이 빈번하고 주위에 건물이 없어 직사광선이 다량으로 입사하는 곳이었다. 인하대학교의 채토지점은 건물에 의하여 햇빛이 차단되는 음지와 양지의 잔디밭을 선정하였다. 세 지점 모두 잔디가 우점하고 포아풀, 토끼풀 등이 발견되었다.

가로수(street side) 토양은 남동구 간석동, 남구 주안동 및 남동구 남촌동(조사지점 4, 6, 7)에서 가로변 은행나무 가로수의 토양을 채취하였다. 세 곳 모두에서 식재된 가로수 이외의 다른 식물은 자라지 않았다.

나지(bare ground) 토양은 간석동의 교통량이 많은 간선도로 주변 공터(조사지점 5), 동구 송의동의 신광초등학교 운동장(조사지점 14) 및 인하대학교 운동장(조사지점 11)에서 조사지점을 선정하였다. 세 곳 모두 식물이 자라지 않았다.

아스팔트 포장 밑(under pavement) 토양은 도로와 지하철 공사를 위하여 파헤치고 있는 토양을 계양구 계산동(조사지점 1, 2)과 작전동(조사지점 3)에서 토양을 굴착하는 즉시 채취하였다. 한편 전원지 산림(rural forest) 토양을 경기도 가평군 북면 명지산의 신갈나무 숲에서 채취하였다. 이곳에서는 산림의 계층구조가 잘 발달하였다.

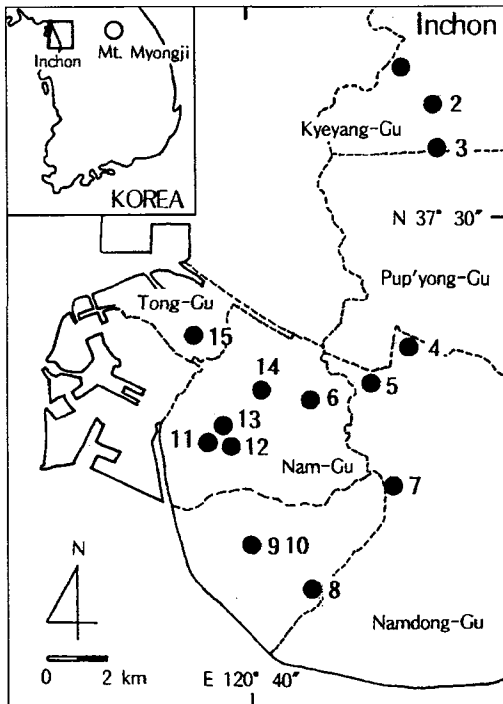


Fig. 1. Location of soil sampling sites (Mt. Myongji for rural forest soil, site number 9, 10, 14, for urban forest soils, 8, 11, 13 for lawn soils, 4, 6, 7 for street-side soils, 5, 12, 15 for bare-ground soils, and 1, 2, 3 for soils under pavement).

연구 방법

토양 채취

각 조사지점에서 낙엽층이 있는 경우에는 낙엽층을 제거하고 깊이 0~10 cm의 표토를 채집하였으며, 아스팔트 밑 토양은 포장 아래 30 cm 깊이 이내의 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 비닐 봉지에 담아 즉시 실험실로 운반하여 일부는 4°C에서 냉장 보관하고, 나머지는 2 주간 음건시킨 후 2 mm 표준체로 쳐서 토양 분석에 이용하였다.

토양 물리화학 분석

토양의 온도는 현장에서 토양 깊이 10 cm에 봉상온도를 쪼아 측정하였다. 가밀도(bulk density)는 표토에 직경 5 cm, 높이 5 cm의 철제 원통을 박아 채집한 토양을 105°C에서 건조한 무게를 원통의 부피로 나누어 구하였다. 토양 수분함량은 채취한 생토양을 105°C에서 건조한 후 감량을 생토양 무게에 대한 백분율로 나타내었다. 토양의 유기물함량은 음건토양을 550°C에서 5 시간 작열시켜 그 손실량을 건조토양에 대한 백분율로 나타내었다. 토양의 pH는 음건토양 : 증류수를 1: 2(W/V)로 혼합하고 2 시간 후에 pH 측정기(Orion 920A)로 측정한 pH(H₂O)와 음건토양: 0.01 M CaCl₂를 1: 2(W/V)로 혼합하고 2시간 후에 pH를 측정한 pH(CaCl₂)를 측정하였다(Steubing and Fangmeier 1992). 토양의 전기전도도는 음건토양 : 증류수를 1: 2(W/V)로 혼합하고 2시간 후에 전기전도도계(Orion 162)로 측정하였다.

토양 미생물 분석

총세균수는 acridine orange 형광염색 직접계수법으로 측정하였다(Hobbie *et al.* 1977, Alef and Nannipieri 1995). 생토양 5 g을 멸균 증류수 45 mL과 혼합하고 homogenizer(Nissei AM-7)로 15,000 rpm으로 2 분간 균질화시킨 후 이 현탁액 1 mL를 10% glutaraldehyde 9 mL로 고정시켰다. 이를 100 배 희석하고 0.001 M Acridine orange로 염색하여 0.2 μm membrane filter(Millipore GTBP)로 여과한 후 그 filter를 490 nm exciter filter(Olympus BP490)가 장착된 형광현미경(Olympus BH₂-RFCA)으로 관찰하였다. 현미경 상을 image analyzer system(Optimas 5.2)으로 저장한 후 총세균을 계수하였다.

탈수소효소 활성도는 TTC(triphenyltetrazolium chloride) 법으로 측정하였다(Thalman 1968). 생토양 3 g에 0.07 M TTC 3 mL을 가하여 30°C로 24 시간 배양한 후 acetone을 넣어 추출하고 여과하여 흡광도계(Pharmacia Ultrospec III)로 546 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 용액은 TPF(triphenyl formazan)으로 제조하였다.

자료 처리

도시 토양의 특성 사이의 관계를 알아보기 위하여 Pearson 단순상관계수를 산출하고 유의성을 검정한 다음, 토양

미생물의 활성과 유의한 상관을 나타내는 토양 특성에 대하여 단순회귀분석을 실시하였다. 토양 미생물의 활성에 영향을 미치는 주요한 토양 특성을 선정하기 위하여 단계식 변수선택(stepwise variable selection)에 의한 다중회귀분석을 실시하였다 (Sokal and Rohlf 1981). 변수를 모형에 추가 또는 제거할 때 유의수준을 $p=0.15$ 로 하였다. 이상의 통계 분석은 SAS 소프트웨어(SAS Release 6.08)를 사용하였다.

결 과

토양의 물리화학적 특성

인천시의 토양의 수분함량은 경기도 명지산의 신갈나무 숲 토양에 비하여 적었는데, 특히 가로수와 나지에서 5% 이하로 매우 적었고 도시 산림 토양에서 20%로 많았다 (Table 1). 도시 토양의 유기물함량은 잔디밭, 가로수, 나지 및 포장 밑 토양에서 3.4%이하로 적었으며 도시 산림 토양에서 유기물함량이 6.0%로서 많았으나 전원지 산림 토양의 1/3에 해당하였다. 도시 토양의 가밀도는 전원지 산림 토양에 2배 이상으로서 도시 토양이 보다 견밀한 구조임을 알 수 있었다. 도시 산림 토양의 산도는 산성으로서 전원지 산림 토양과 비슷한 수준이었으나, 잔디밭, 가로수, 나지 및 포장 밑 토양의 산도는 중성 혹은 약산성이었다. 음건 토양과 증류수를 1:2(W/V)로 희석하여 측정된 전기전도도는 도시 토양이 전원지 산림 토양에 비하여 높았으며 특히 나지의 평균 전기전도도는 228 mS/m로서 매우 높았다. 6월에 현장에서 측정된 지온은 도시 토양에서 높았으며 특히 직사광선에 노출된 잔디밭, 가로수 및 나지 토양에서 지온이 높았다.

토양의 미생물

깊이 0~10 cm 토양에서 acridine orange 법에 의하여 계수한 총세균수는 명지산의 전원지 산림 토양에서 1.9×10^9 cells/g으로 가장 많았다 (Fig. 2). 인천 도시 토양의 총세균수는 산림 토양에서 8.8×10^8 cells/g으로서 전원지 산림 토양의 46%에 해당하였으며, 그 밖에 잔디밭, 가로수, 나지 및 포장 밑 토양에서는 3.4×10^8 cells/g이하로서 도시 산림 토

양보다 적었다.

도시 토양의 탈수소효소 활성도는 $0.5 \sim 10.8 \mu\text{g TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{soil} \cdot \text{day}^{-1}$ 의 범위이었으며, 도시 산림, 잔디밭 및 가로수 토양의 탈수소효소 활성도 전원지 산림 토양과 비슷한 수준이었다 (Fig. 3). 도시에서 나지와 포장 밑 토양의 탈수소효소 활성도는 각각 5.9와 $0.5 \mu\text{g TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{soil} \cdot \text{day}^{-1}$ 로서 낮았다. 토양의 탈수소효소 활성도는 총세균수와 유의한 양의 상관 관계가 있었다 ($p=0.05$) (Fig. 4).

토양 특성과 미생물 활성의 관계

인천 도시 토양의 가밀도, 지온 및 산도 사이에는 유의한 양의 상관 관계가 있었으며 이들 요인과 토양 유기물 함량 및 수분함량간에 유의한 음의 상관 관계가 있었다 (Table 2). 토양의 총세균수는 수분함량 및 유기물 함량과 유의한 양의 상관($p=0.001$)이 가밀도, 지온 및 산도와는 유의한 음의 상

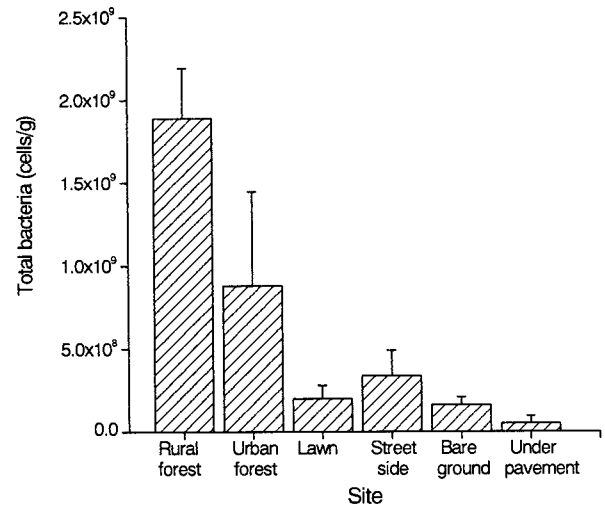


Fig. 2. Comparisons of total bacterial numbers in the various urban soils and rural forest soil. Vertical bar indicates standard deviation ($n=3$).

Table 1. Physicochemical characteristics of urban soils in Inchon (Mean \pm SD, $n=3$)

Site	Water content (%)	Organic matter (%)	Bulk density (g/cm^3)	pH (H_2O) ¹	pH (CaCl_2) ²	Electric conductivity ¹ (mS/m)	Temperature ($^\circ\text{C}$)
Rural forest	41.4	18.0	0.52	5.1	4.1	6	18.1
Urban forest	19.7 ± 8.3	6.0 ± 1.6	0.94 ± 0.09	5.4 ± 1.1	3.8 ± 0.1	9 ± 15	21.1 ± 1.1
Lawn	9.1 ± 5.1	2.3 ± 0.5	1.15 ± 2.56	7.4 ± 0.2	6.7 ± 0.2	13 ± 12	25.2 ± 2.6
Street side	2.7 ± 1.3	3.4 ± 0.7	1.18 ± 0.26	6.5 ± 0.5	5.1 ± 1.4	11 ± 32	27.4 ± 1.7
Bare ground	5.0 ± 2.7	1.3 ± 0.9	1.33 ± 0.05	7.0 ± 0.3	6.5 ± 0.3	228 ± 2204	29.4 ± 2.5
Under pavement	8.5 ± 1.3	2.0 ± 0.8	-	7.0 ± 0.0	7.1 ± 0.3	14 ± 90	25.7 ± 1.7

¹ soil: water=1: 2 (W/V), ² soil: 0.01 M CaCl_2 =1: 2 (W/V)

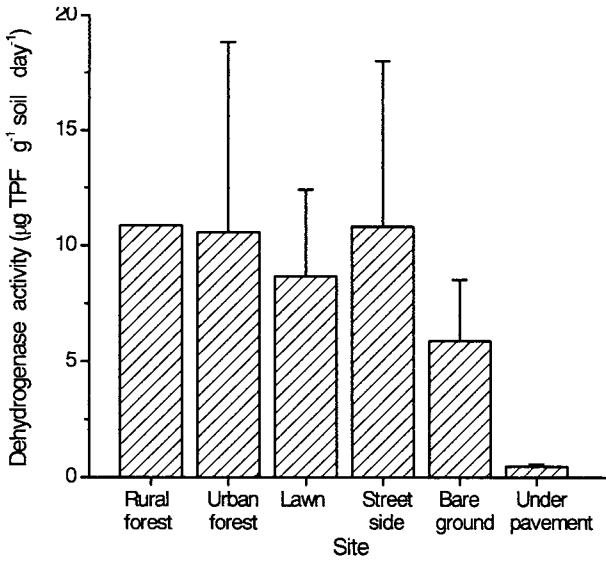


Fig. 3. Comparisons of dehydrogenase activities in the various urban soils and rural forest soil. Vertical bar indicates standard deviation (n=3).

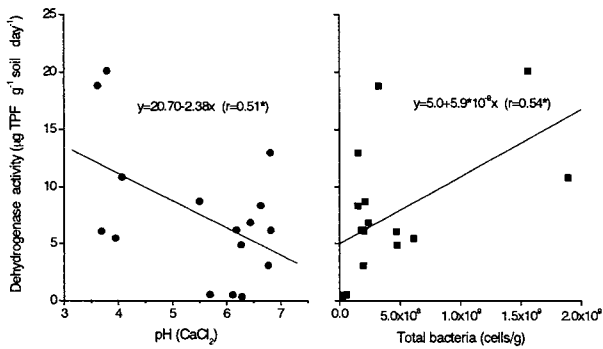


Fig. 4. Relationship between dehydrogenase activity and soil characteristics in the urban area.

관(p=0.01)이 있었다 (Table 2, Fig. 5). 그러나 토양의 탈수소 효소 활성도는 조사된 물리화학적 특성 중에서 단지 pH (CaCl₂)와 유의한 음의 상관(p=0.05)이 있었다 (Table 2, Fig. 4).

단계식 변수선택법에 의하여 토양의 총세균수(TBN, cells/g)에 영향을 미치는 주요한 환경요인으로는 유기물함량(OM, %)이 선정되었으며(Table 3), 이 관계의 회귀식은 아래와 같다.

$$TBN = (-3.771 + 11.668 \text{ OM}) \times 10^7$$

이 모형에 의하여 총세균수 변이의 82%를 설명할 수 있어서, 도시토양의 총세균수는 토양유기물에 의하여 크게 영향을 받음을 알 수 있었다.

또한 토양의 탈수소효소 활성도(DHA, µg TPF·g⁻¹ soil·day⁻¹)에 영향을 미치는 주요한 환경요인으로는 pH(CaCl₂) (%)이 선정되었으며(Table 3), 이 관계의 회귀식은 아래와 같다.

$$DHA = 20.695 - 2.382 \text{ pH (CaCl}_2\text{)}$$

이 모형에 의하여 탈수소효소 활성도 변이의 26%를 설명할 수 있어서 회귀식의 설명력이 매우 낮았다.

논 의

인천 도시 토양은 전원지의 산림 토양과는 다른 독특한 물리적 특성을 지니는 것으로 나타났다. 토양은 성숙함에 따라서 입단화가 촉진되어 공극이 증가됨에 따라서 가밀도가 감소한다 (Forth 1984). 그러나 도시에서는 답압과 자동차 등에 의하여 토양이 압밀(compaction)되어 가밀도가 증가하는데, 특히 습윤한 토양일 때 가해지는 교란에 의하여 더욱 토양이 단단하여진다 (Craul and Klein 1980, Jim 1998). 본 연구에서는 특히 계속적으로 답압이 가해지고 있는 운동장

Table 2. Correlation coefficients between physicochemical characteristics, dehydrogenase activity, and number of total bacteria in the urban soils of Incheon

		B	C	D	E	F	G	H
Water content	(A)	0.90***	-0.82**	-0.77***	-0.52*	-0.17	0.84***	0.27
Organic matter	(B)		-0.87***	-0.74**	-0.60*	-0.19	0.90***	0.39
Bulk density	(C)			0.82**	0.74**	0.41	-0.76**	-0.44
Temperature	(D)				0.53*	0.25	-0.73**	-0.22
pH(CaCl ₂)	(E)					0.35	-0.63**	-0.51*
Electric conductivity	(F)						-0.19	-0.06
Total bacterial number	(G)							0.54*
Dehydrogenase activity	(H)							-

*p=0.05, **p=0.01, ***p=0.001.

Table 3. Results of stepwise multiple regression on data for the effects of total bacterial number and dehydrogenase activity on environmental factors of urban soils in Incheon

Variable	Parameter estimate	Partial R ²	Model R ²	Significant level
A. Total bacteria number				
Intercept	-3.771×10^7			
Organic matter	11.668×10^7	0.8187	0.8187	0.0001
B. Dehydrogenase activity				
Intercept	20.695			
pH(CaCl ₂)	-2.382	0.2584	0.2584	0.0444

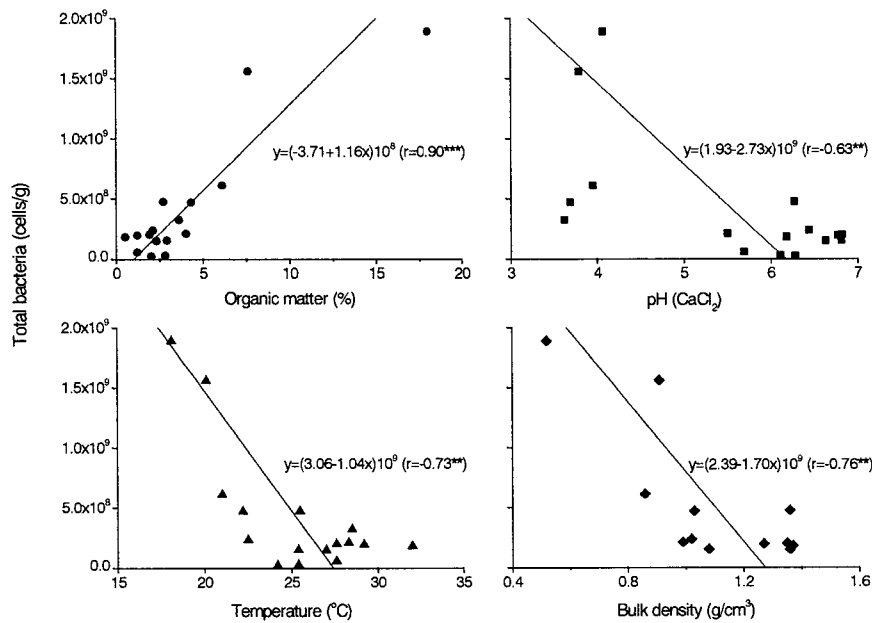


Fig. 5. Relationship between total bacterial number and physicochemical characteristics in the various urban soils.

과 같은 나지에서 가밀도가 매우 높았다 (Table 1). 도시의 건밀화된 토양에서는 통기성, 투수성 및 뿌리 투과성이 불량하게 된다. 한편 지온은 도시 토양에서 주변의 산림 토양보다 높았는데 특히 나지에서 높았다 (Table 1). 이는 도시에서는 산림에 비하여 투과광량을 감소시키는 수관이 발달하지 않고 토양의 수분함량이 적을 뿐만 아니라 (Table 1) 도시 열섬(heat island) 현상에 의하여 도시 토양에서 지온이 높은 것으로 생각된다 (Craul 1985). 또한 토양의 수분함량은 도시 산림이 전원지 산림의 50% 수준이었으며 도심의 잔디밭, 나지, 가로수 토양에서는 더욱 적었다 (Table 1).

도시 토양의 화학적 특성은 토양에 가해지는 각종 오염물질의 유입과 낙엽 등의 유기물 공급량이 적어서 전원지와는 다르게 나타났다. 도시 토양의 pH는 산림지 토양에 비하여 높았다 (Table 1). 일반적으로 도시에서는 건축물의 시멘

트와 동절기 제설제로 쓰이는 염화칼슘에서 유래된 칼슘에 의하여 주변 지역보다 더욱 알칼리화 된다 (Gilbert 1989, Jim 1998). 반면에 도시에서 배출되는 황산화물과 질소산화물에 의한 산성비에 의하여 이러한 알칼리화가 어느 정도 완화될 것으로 생각된다. 한편 도시 토양에서 전원지보다 유기물 함량은 적으나 토양의 총이온량을 나타내는 전기전도도는 높았다 (Table 1). 이는 도시에서는 산림에서보다 낙엽 등에 의한 유기물 공급량이 적고 인간의 교란에 의하여 유기물이 제거되어 토양 유기물 함량은 적으나, 도시 비점오염원에 의한 전해질의 오염물질 유입이 많은 것으로 판단된다.

인천 도시 토양에서 총세균수는 일반적으로 보고된 $10^6 \sim 10^9$ cells/g (Mishustin 1975)의 범위에 속하였으며, 토양에 가해진 교란이 심할수록 감소하는 것이므로 나타났다 (Fig.

2). 또한 토양의 총세균수는 가밀도와는 음의 상관관계가 수분과 유기물 함량과는 양의 상관관계가 있었는데(Table 2, Fig. 5), 특히 토양의 유기물함량이 총세균수에 영향을 미치는 가장 중요한 요인으로 판단되었다 (Table 3). 토양의 유기물은 미생물이 이용하는 에너지원으로서 토양 미생물 활성화에 가장 큰 영향을 미친다고 보고되고 있다 (Chander *et al.* 1997, Cooper and Warman 1997). 결론적으로 인천의 도시 토양에서는 유기물함량이 낮고 토양이 견밀하고 수분함량이 적어서 총세균수가 적은 것으로 생각된다.

토양의 탈수소효소 활성도는 토양 미생물 활성을 나타내는 효과적인 지표인 것으로 보고되고 있다 (Ross 1970, Garcia *et al.* 1997). 그러나 인천의 도시 토양에서 탈수소효소 활성도는 아스팔트 포장 밑 토양을 제외하고 전원지 토양과 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Fig. 3). 또한 변수선택법에 의한 다중회귀의 결과 효소 활성도 변이의 25%를 설명하는 토양 산도만이 주요한 환경요인으로 선정되어 조사된 환경요인으로는 도시 토양에서 탈수소효소 활성도와 관련이 있는 주요한 요인을 발견할 수 없었다 (Table 3). 그러므로 교란이 계속적으로 가해지고 있는 도시 토양에서 견밀하고 유기물이 많고 수분이 적으며 중성의 특성이 나타나며 이에 따라서 총세균수는 전원지 토양에 비하여 적으나 탈수소효소 활성도에서는 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다.

사 사

본 연구는 1995년 인하대학교 연구비의 일부 지원에 의하여 수행되었음.

인용문헌

- 김옥경, 이인숙. 1993. 서울 공원 토양의 탈수소효소 활성과 물리화학적 특성. 한국생태학회지 16: 191-198.
- 송인근, 민병래. 1995. 신갈나무 삼림 토양에서의 효소 활성도; 한국생태학회지 18: 503-512.
- 심재국, 이태우. 1991. 줄참나무 자연림토양과 도시토양환경하의 토양생물군의 동태. 한국자연 보존협회 연구보고서 11: 143-152.
- 조강현, 박은진, 이희명, 공학양. 1998. 도시 조림지의 자연화를 위한 벌목 후 미기후와 토양 환경의 변화. 인하대학교 기초과학연구소 논문집 19: 49-55.
- Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London. 576 p.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons, New York. 467 p.
- Atlas, R.M. and R. Bartha. 1993. Microbial ecology: Fundamentals and applications. Benjamin/Cummings, Redwood City. California. 563 p.
- Beyer, L., C. Wachendorf, D.C. Elsner and R. Knabe. 1993. Suitability of dehydrogenase activity assay as an index of soil biological activity. Biology and Fertility of Soils 16: 52-56.
- Chander, K., S. Goyal, M.C. Munda and K.K. Kapoor. 1997. Organic-matter, microbial biomass and enzyme-activity of soils under different crop rotations in the tropics. Biology and Fertility of Soils 24: 306-310.
- Cooper, J.M. and P.R. Warman. 1997. Effects of 3 fertility amendments on soil dehydrogenase-activity, organic-C and pH. Canadian Journal of Soil Science 77: 281-283.
- Craul, P.J. 1985. A description of urban soils and their desired characteristics. Journal of Arboriculture 11: 330-339.
- Craul, P.J. 1992. Urban Soil in Landscape Design. John Wiley & Sons, New York. 416 p.
- Craul, P.J. and C.F. Klein. 1980. Characteristics of streetside soils in Syracuse, New York. Metria 3: 88-101.
- De Kimpe, C.R. and J.L. Morel. 2000. Urban soil management: A growing concern. Soil Science 165: 31-40.
- Forth, H.D. 1984. Fundamentals of Soil Science. John Wiley & Sons, New York. 435 p.
- Garcia, C., T. Hernandez and F. Costa. 1997. Potential use of dehydrogenase-activity as an index of microbial activity in degraded soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 28: 123-134.
- Gilbert, O.L. 1989. The ecology of urban habitats. Chapman & Hall, London. 360 p.
- Grey, G.W. and F.J. Deneke. 1986. Urban forest. John Wiley & Sons, New York. 299 p.
- Hobbie, J.E., R.J. Daley and S. Jasper. 1977. Use of nucleopore filter for counting bacteria by fluorescence microscopy. Applied and Environmental Microbiology 33: 1225-1228.
- Jim, C.Y. 1998. Soil characteristics and management in an urban park in Hong Kong. Environmental Management 22: 683-695.
- Mishustin, E.N. 1975. Microbial associations of soil types. Microbial Ecology 2: 97-118.
- Ross, D.J. 1970. Effects of storage dehydrogenase activity of soils. Soil Biology and Biochemistry 2: 55-61.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1981. Biometry. W.H. Freeman and Company, New York. 859 p.
- Steubing, L. and A. Fangmeier. 1992. Pflanzenökologisches Praktikum. Ulmer, Stuttgart. 205 p.
- Thalman, A. 1968. Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). Landwirtschaftliche Forschung 21: 249-258.

(2000년 4월 21일 접수)

Physicochemical Characteristics and Microbial Activity in the Various Urban Soils

Kong, Hak-Yang and Kang-Hyun Cho

Department of Biology, Inha University, Incheon 402-751, Korea

ABSTRACT: Although urban soils must be well understood in order to ensure their conservation and optimum use, these intensively managed and disturbed soils have not been extensively investigated up to now. Urban soils from forest, lawn, streetside, and bare ground and under pavement in Incheon had high bulk density as a result of widespread trampling-induced soil compaction. The various urban soils including forests showed lower water content and higher temperature as compared with rural forest soil. Chemically, soils from urban areas had an unusual neutral pH and low organic matter content. Total bacterial numbers in urban soils was only 5~50% of that in the rural forest soil. An analysis of stepwise multiple regression revealed that soil organic matter was the most important predictor variable on total bacterial number. The dehydrogenase activity of most urban soils was not significantly different from that of rural forest soil, whereas the microbial activity of soils under pavement was lower. Our investigations show that inadequate organic matter of highly compacted soils has adversely affected the abundance of microorganisms involving nutrient cycling in urban soils.

Key words: Dehydrogenase, Disturbance, Organic matter, Total bacterial number, Urban soil
