

토양의 산성화에 관한 연구

박 병 윤·어 윤 우·양 소 영·장 상 문·김 정 호*·이 동 훈**
대구가톨릭대학교 환경과학과·*대구보건대학 보건식품계열
경산대학교 환경학부·*경북대학교 농화학과
(2000년 9월 27일 접수)

A Study on the Acidification of Soils

Byoung-Yoon Park, Yoon-Woo Uh, So-Young Yang, Sang-Moon Jang*,
Jung-Ho Kim** and Dong-Hoon Lee***

Dept. of Environ. Sci., Catholic University of Daegu, Kyungsan, 712-702

*Dept. of Health Food, Taegu Health College, Daegu, 702-722

**Faculty of Environmental Science and Engineering, Kyungsan University, Kyungsan, 712-240

***Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu, 702-701

(Manuscript received 27 September, 2000)

pH(H₂O), pH(KCl), CEC(cation exchange capacity), O.M.(organic matter) and exchangeable cations(K, Na, Ca, Mg) of paddy soil, upland soil and forest soil in Kumi city were investigated for the purpose of knowing soil acidification and the correlation between soil acidification and leaching of inorganic salts.

The mean pH(H₂O) values of paddy soil were 5.23(surface soil) and 5.69(subsoil), and those of upland soil were 6.37(surface soil) and 6.11(subsoil), and those of forest soil were 4.67(surface soil) and 4.74(subsoil). The mean pH(KCl) values of paddy soil were 4.59(surface soil) and 4.98(subsoil), and those of upland soil were 5.48(surface soil) and 5.04(subsoil), and those of forest soil were 3.82(surface soil) and 3.89(subsoil). The acidification of forest soil was more rapid than that of paddy soil and upland soil.

The total mean amounts of exchangeable cations(K, Na, Ca, Mg) in paddy soils were 6.14me/100g(surface soil) and 5.64me/100g(subsoil), and those in upland soils were 6.86me/100g(surface soil) and 6.65 me/100g(subsoil), and those in forest soils were 4.06me/100g(surface soil) and 3.34me/100g(subsoil). The contents of inorganic salts in forest soil were much less than those of paddy soil and upland soil.

The correlation coefficients(r) between pH(H₂O) values and the total amounts of exchangeable cations in soils were 0.6635*(surface soil) and 0.6946*(subsoil), and those between pH(KCl) values and exchangeable cations in soils were 0.6629*(surface soil) and 0.5675*(subsoil). The correlation between soil acidification and leaching of inorganic salts in soil was positively significant at 1% level.

Key words : acidification, paddy soil, upland soil, forest soil, inorganic salts

1. 서 론

오늘날의 환경조건은 토양을 산성화시켜 토양의 중요한 역할을 감퇴시키고 있다. 토양이 산성화되면 농작물의 생산성이 급격히 감소되며, 경작 가능한 농작물의 수도 극히 제한된다. 산성토양에서는 토양 속에 들어있는 NH₄, K, Ca, Mg 등의 주요 영양원소들과 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Si, Na, Co 등의 미량원소들의 용탈이 심해져 영양결핍이 일어나기 쉽다. 더욱이 토양의 산성화가 강해지면 중금속을 포함한 대부분의 금속은 용해도가 증가하기 때문에 식물의 생육에 금속의 해를 입히기가 쉽다.¹⁾ 만약 토양 중에 카드뮴, 납, 구리, 아연 등의 유해

중금속이 축적되어 있을 경우 이들 중금속은 쉽게 용해되며, 용해된 중금속은 작물의 생육에 치명적인 독작용을 나타내기도 하고 작물 속으로 이행됨으로 해서 그 작물을 섭취한 사람에게 심각한 건강장해를 유발한다. 경작지 토양뿐만 아니라 산림지역 토양의 산성화는 각종 산림과 토양 생물, 그리고 토양 미생물을 사멸시키거나 생육을 제한하여 특정 지역의 생물다양성을 감소시킨다.²⁾ 특히 산림토양은 방치되고 있어 산성화의 진행이 빠르게 나타나고 있다.³⁾

우리 나라 토양이 산성화되는 가장 큰 요인으로는 조암광물의 풍화작용, 과도한 화학비료의 사용, 광범위하게

확산되는 산성비 등이다.¹¹⁾ 조암광물이 풍화되는 동안 Ca, Mg, K, Na 등과 같은 무기염류가 유실되고 대신에 그 빈자리를 H⁺ 이온이 채우게 되면 그 토양은 산성토양이 되는데, 우리 나라에서는 전 면적의 70% 이상이 산성암인 화강암과 화강편마암으로 구성되어 있어 이들이 풍화되는 동안 만들어진 다량의 H⁺ 이온이 풍화산물인 토양의 표면에 흡착된다.⁴⁾ 또한 (NH₄)₂SO₄, NH₄Cl, KCl, (NH₂)₂CO, H₃PO₄ 등을 주성분으로 한 화학비료의 과도한 사용과 대기중 유황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)의 증가에 의한 산성비의 확산도 토양 산성화에 크게 기여하고다.

본 연구에서는 구미 지역에서 논토양, 밭토양 및 산림토양 시료를 채취하여 산성화 정도와 토양산성화와 무기염류 용탈과의 상호 관계를 조사하여 토양 생태계의 보존을 위한 자료를 얻고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 연구는 1999년 10월 1일, 구미시 일대 밭과 금오산을 중심으로 각각 10개 지점에서 표토(0~15cm)와 심토(15~30cm)를 구분하여 총 40개의 토양시료와 1999년 11월 20일, 구미시 일대는 8개 지점에서 표토와 심토를 구분하여 총 16개의 토양시료를 채취하였다. 밭토양은 구미시 고아읍 2개지점(U1, U2), 해평면 6개지점(U3~U8), 선산읍 2개지점(U9, U10)등 10개지점에서, 산림토양은 구미의 대표적인 산인 금오산의 폭포, 산성문, 케이불카부근, 매표소부근, 금호지부근등 10개지점(M1~M10)에서, 논토양은 해평면 4개지점(P1~P4)과 선산읍 4개지점(P5~P8)에서 채취하였다.

2.2. 실험방법

채취한 시료를 풍건하여 2mm체로 통과시킨 후 pH, 유기물(organic matter, O.M), 양이온치환용량(cation exchange capacity, CEC), 치환성양이온(K, Na, Mg, Ca) 등을 토양분석법^{5,6)}에 준하여 분석하였다.

이 때 pH는 활성도(active acidity)와 잠산도(reserve acidity)를 측정하였는데, 활성도와 잠산도는 각각 토양 : H₂O, 토양 : 1N-KCl용액을 1 : 5의 중량비로 혼합하여 1시간 진탕한 후 측정하였으며, 유기물 함량은 Walkley-black법으로 하였다. 치환성양이온은 토양 10g에 1N-CH₃COONH₄ (pH 7.0) 50ml를, 중금속은 토양 10g에 0.1N-HCl 50ml를 넣어 1시간 진탕한 후에 여과한 다음 그 여액을 원자흡광도계(atomic absorption spectrophotometer)로 측정하였다. 활성도의 표기는 pH(H₂O)로, 잠산도의 표기는 pH(KCl)로 하였다.

잠산도는 확산이중층(diffuse double layer) 내부에 흡착되어 있는 치환성 수소이온을 포함하는 수소이온의 농도를 측정하는 결과이며, 잠산도를 측정하기 위해서는 토양시료에 H₂O대신에 1N-KCl용액을 혼합하여 진탕한 후 측정한다. 토양에 KCl용액을 혼합하여 진탕하면 토양 교질 표면에 흡착되어 있는 H⁺ 이온은 K⁺ 이온에 의하여 외부용액으로 침출되어 나오게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 논토양의 물리화학적 특성

구미지역 8개 지점에서 채취한 논토양의 pH(H₂O), pH(KCl), 유기물(O.M.), 치환성양이온용량(CEC)를 조사한 결과는 Table 1과 같았다.

Table 1. Physico-chemical properties of some paddy soils.

Samples	Soil types	pH(1:5)		O.M. (%)	CEC (mc/100g)
		H ₂ O	KCl		
P1	surface soil	6.5	5.5	0.32	15.0
	subsoil	6.7	5.7	0.24	11.8
P2	surface soil	4.9	4.4	1.42	5.6
	subsoil	5.4	4.8	1.34	5.8
P3	surface soil	5.5	5.0	1.56	7.8
	subsoil	6.1	5.5	1.57	7.6
P4	surface soil	4.5	4.0	2.03	5.6
	subsoil	4.9	4.4	2.05	5.6
P5	surface soil	3.9	3.5	0.63	3.0
	subsoil	4.5	3.7	0.39	3.0
P6	surface soil	5.1	4.6	1.09	4.2
	subsoil	5.7	5.2	1.09	4.4
P7	surface soil	5.7	4.8	1.56	8.2
	subsoil	6.1	5.2	1.48	8.4
P8	surface soil	5.7	4.9	1.33	8.8
	subsoil	6.1	5.3	1.01	8.2
mean ±S.E.*	surface soil	5.23 +0.29	4.59 +0.22	1.24 +0.19	7.28 ±1.31
	subsoil	5.69 +0.26	4.98 +0.23	1.15 +0.21	6.87 +0.97

* standard error

논토양의 pH(H₂O) 평균은 표토의 경우 5.23, 심토의 5.69이었으며, pH(KCl) 평균은 표토의 경우 4.59 심토의 경우 4.98이었다. 유기물함량의 평균은 표토 1.24%, 심토 1.15%이었으며, CEC 평균은 표토 7.28me/100g, 심토 6.87me/100g이었다. 이는 허등⁷⁾이 조사한 우리 나라 논토양의 특성과 유사한 결과였다.

허 등⁷⁾이 1984년 우리 나라 토양의 적인 물리화학적 특성을 조사한 바에 의하면, 논토양(144개 시료)의 pH(H₂O) 평균은 표토 5.4, 심토 5.2이었으며, pH(KCl) 평균은 표토 4.4, 심토 4.8이었다. 유기물함량의 평균은 표토 2.78%, 심토 1.75%이었으며, CEC의 평균은 표토 10.19me/100g, 심토 9.85me/100g이었다.

3.2. 밭토양의 물리화학적 특성

구미지역 10개 지점에서 채취한 밭토양의 pH(H₂O), pH(KCl), 유기물, 치환성양이온용량을 조사한 결과는 Table 2와 같았다.

pH(H₂O)평균은 표토의 경우 6.37, 심토의 경우 6.11이었으며, pH(KCl) 평균은 표토의 경우 5.48, 심토의 경우 5.04이었다. 유기물함량의 평균은 표토 0.94%, 심토 0.72%이었으며, CEC 평균은 표토 6.38me/100g, 심토 6.64me/100g이었다. 유기물함량과 CEC는 낮게 나타났으나

Table 2. Physico-chemical properties of some upland soils.

Samples	Soil types	pH(1:5)		O.M. (%)	CEC (me/100g)
		H ₂ O	KCl		
U1	surface soil	6.3	5.4	0.66	8.4
	subsoil	6.3	5.3	0.81	7.2
U2	surface soil	5.6	4.6	1.54	7.4
	subsoil	6.0	5.0	0.88	7.0
U3	surface soil	6.0	5.7	1.76	5.0
	subsoil	6.8	6.5	1.25	6.6
U4	surface soil	6.5	5.2	0.81	5.0
	subsoil	6.7	5.7	0.96	5.0
U5	surface soil	6.4	5.4	1.40	4.8
	subsoil	4.9	3.7	1.03	3.8
U6	surface soil	5.8	4.6	0.74	7.6
	subsoil	4.8	3.6	0.67	7.8
U7	surface soil	6.0	4.7	0.74	4.0
	subsoil	5.6	4.1	0.67	5.2
U8	surface soil	5.9	4.9	0.59	7.2
	subsoil	5.6	4.6	0.15	8.8
U9	surface soil	7.0	6.4	0.67	6.6
	subsoil	6.5	4.8	0.07	7.0
U10	surface soil	8.2	7.9	0.45	7.6
	subsoil	7.9	7.1	0.67	8.0
mean +S.E*	surface soil	6.37 ±0.17	5.48 ±0.23	0.94 ±0.14	6.38 ±0.48
	subsoil	6.11 ±0.23	5.04 ±0.28	0.72 ±0.12	6.64 ±0.49

* standard error

pH는 허 등⁷⁾이 조사한 우리 나라 밭토양의 평균 pH보다 상당히 높게 나타났다. 이는 시료로 채취된 밭토양의 경우 석회시용 등과 같은 방법으로 지속적인 pH교정이 이루어진 것으로 생각된다.

허 등⁷⁾이 보고한 바에 의하면 밭토양(108개 시료)의 pH(H₂O) 평균은 표토 5.4, 심토 5.6이었으며, pH(KCl) 평균은 표토 4.3, 심토 4.3이었다. 유기물함량의 평균은 표토 2.18%, 심토 1.23%이었으며, CEC의 평균은 표토 9.86me/100g, 심토 9.59me/100g이었다.

3.3. 산림토양의 물리화학적 특성

구미에 소재한 금오산의 10개 지점에서 채취한 산림토양의 pH(H₂O), pH(KCl), 유기물, 치환성양이온용량을 조사한 결과는 Table 3과 같았다.

산림토양의 pH(H₂O) 평균은 표토의 경우 4.67, 심토의 경우 4.74이었으며, pH(KCl) 평균은 표토의 경우 3.82, 심토의 경우 3.89이었다. pH가 논토양과 밭토양의 pH보다 크게 낮았으며, 또한 1985년 농촌진흥청에서 조사 보고⁸⁾에서 나타난 산림토양의 pH 5.3에 비해서도 매우 낮았다. 허 등⁷⁾의 1984년 보고에서도 산림토양(62개 시료)의 pH(H₂O) 평균은 표토 5.5, 심토 5.5이었다. 시료로 채취한 산림토양의 pH가 낮은 것은 우리 나라 지질의 70% 이상을 차지하는 화강암과 화강편마암,¹⁾ 그리고 높은 유기물함량 및 대규모 공단지역 등이 주요 원인일 것이지 산림토양의 산성화를 근본적으로 이해하기 위해서는 더 지속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

Table 3. Physico-chemical properties of some forest soils.

Samples	Soil types	pH(1:5)		O.M. (%)	CEC (me/100g)
		H ₂ O	KCl		
M 1	surface soil	4.2	4.0	9.21	9.4
	subsoil	3.8	4.1	3.54	7.6
M 2	surface soil	4.3	3.9	4.07	10.6
	subsoil	4.1	3.9	10.27	10.2
M 3	surface soil	4.6	3.9	4.96	8.0
	subsoil	4.4	3.6	3.54	5.8
M 4	surface soil	5.0	4.0	6.38	9.0
	subsoil	4.7	3.7	2.83	8.2
M 5	surface soil	4.8	3.8	3.54	6.0
	subsoil	5.2	4.1	2.83	4.0
M 6	surface soil	5.1	4.1	3.57	6.8
	subsoil	4.9	3.9	1.79	6.2
M 7	surface soil	4.9	3.8	3.22	5.8
	subsoil	5.2	4.0	3.22	6.2
M 8	surface soil	4.7	3.7	2.83	6.0
	subsoil	5.2	4.1	3.22	6.6
M 9	surface soil	4.5	3.4	3.22	7.2
	subsoil	5.0	3.6	1.43	8.6
M10	surface soil	4.6	3.6	1.43	4.2
	subsoil	4.9	3.9	1.07	3.0
mean +S.E*	surface soil	4.67 ±0.07	3.82 ±0.05	4.24 ±0.69	7.30 ±0.62
	subsoil	4.74 ±0.12	3.89 ±0.05	3.37 ±0.82	6.67 ±0.67

* standard error

CEC는 표토 7.30me/100g, 심토 6.67me/100g으로 논토양이나 밭토양의 경우와 같이 표토에서 보다 높게 나타났다. 정 등⁹⁾은 토양의 CEC는 표토에서 높고 하층으로 내려갈수록 낮아지는 경향이 있다고 하였다.

3.4. 토양유형별 pH의 비교

Fig. 1에서는 토양유형별 pH(H₂O)를, Fig. 2는 토양유형별 pH(KCl)를 비교하여 나타내었다.

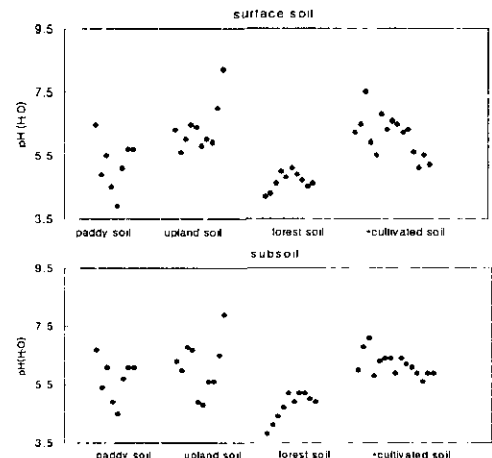


Fig. 1. Comparison of pH(H₂O) values by considering some soil types.

* : J. Korean Soc. Soil Sci. Fert., 22(1), 45~52.

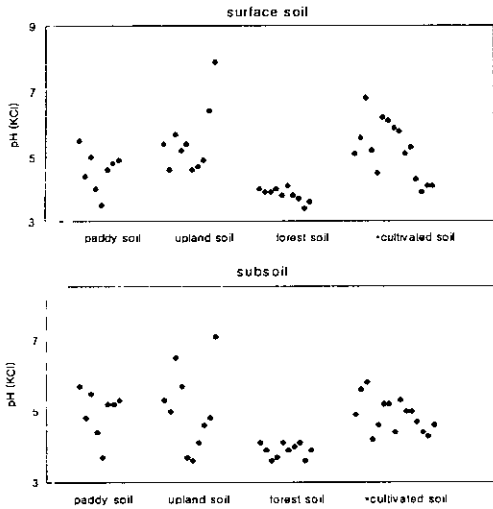


Fig. 2. Comparison of pH(KCl) values by considering some soil types.

* : J. Korean Soc. Soil Sci. Fert., 22(1), 45~52.

경작지 토양(cultivated soil) 항목은 박 등¹⁰⁾이 1987년 지황의 주 경작지 봉화군, 영풍군, 안동군, 의성군 일대에서 채취하여 조사한 토양의 pH분포이다.

경작지토양 항목은 현재의 경작지토양 pH를 과거의 경작지토양 pH와 비교하기 위한 것이다.

산림토양의 pH(H₂O)와 pH(KCl)가 논토양이나 밭토양의 pH(H₂O)와 pH(KCl)보다 현저하게 낮은 값을 나타내었다. 즉 산림토양에서 논토양이나 밭토양에서보다 산성화의 진행이 빠르게 나타나고 있었으며, 이는 논토양이나 밭토양은 환금작물의 경작지로서 매 작기마다 획일적 시비를 하면서 작물재배가 이루어지고 있지만¹¹⁾ 산림토양은 특성상 방치되고 있기 때문으로 생각된다. 따라서 우리 나라 산림토양의 pH는 석회암층, 화산지층 등 특수 지질층을 모체로 하는 토양을 제외하면 pH가 매우 낮은 것으로 생각된다. 또한 밭토양의 pH는 과거 경작지토양의 pH와 비슷하였으나 논토양의 경우에는 일부 시료에서 과거 경작지보다 pH가 현저히 낮게 나타났다.

3.5. 논토양의 치환성양이온 함량

토양중에 가장 일반적으로 함유된 치환성양이온은 K, Na, Ca, Mg 등의 염기물질이며, 이들은 토양의 지역적 특성과 토양의 물리화학적 특성에 영향을 받는다. 특히 토양이 산성화되면 이들 염류의 용탈이 심해져 토양의 화학성이 크게 나빠진다. 구미지역 논토양의 치환성양이온 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같았다.

논토양 표토의 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 각각 0.17 me/100g, 0.37me/100g, 3.98me/100g, 1.62me/100g이었으며, 심토의 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 각각 0.13me/100g, 0.34me/100g, 3.68me/100g, 1.49me/100g이었다. 치환성양이온 총 평균함량은 표토 6.14me/100g, 심토 5.64me/100g이었다.

Table 4. The contents of exchangeable cations in some paddy soil. (me/100g)

Samples	Soil types	K	Na	Ca	Mg	Total
P1	surface soil	0.17	0.60	7.64	4.16	13.57
	subsoil	0.20	0.31	6.05	3.78	10.34
P2	surface soil	0.12	0.43	3.09	1.51	7.15
	subsoil	0.10	0.43	3.70	1.81	6.04
P3	surface soil	0.17	0.43	5.83	2.09	11.52
	subsoil	0.15	0.51	5.76	2.30	8.72
P4	surface soil	0.21	0.21	3.61	0.91	8.94
	subsoil	0.17	0.21	3.36	0.86	4.60
P5	surface soil	0.10	0.25	0.76	0.29	6.4
	subsoil	0.05	0.17	0.66	0.26	1.14
P6	surface soil	0.13	0.23	2.29	0.68	9.33
	subsoil	0.09	0.27	2.77	0.75	3.88
P7	surface soil	0.23	0.42	4.34	1.78	13.77
	subsoil	0.12	0.42	3.75	1.29	5.58
P8	surface soil	0.19	0.38	4.29	1.55	14.41
	subsoil	0.12	0.43	3.37	0.86	4.78
mean ±S.E*	surface soil	0.17 ±0.02	0.37 ±0.05	3.98 ±0.75	1.62 ±0.42	6.14 ±1.19
	subsoil	0.13 ±0.02	0.34 ±0.04	3.68 ±0.60	1.49 ±1.40	5.64 ±1.00

* standard error

3.6. 밭토양의 치환성양이온 함량

밭토양에 함유된 K, Na, Ca 및 Mg 이온의 함량을 조사한 결과는 Table 5와 같았다.

Table 5. The contents of exchangeable cations in some upland soils. (me/100g)

Samples	Soil types	K	Na	Ca	Mg	Total
U1	surface soil	2.00	1.06	4.12	2.11	9.29
	subsoil	1.80	1.13	2.56	2.03	7.52
U2	surface soil	0.95	0.74	4.05	1.13	6.87
	subsoil	1.05	1.26	3.58	1.38	7.27
U3	surface soil	0.24	1.55	2.95	1.54	6.28
	subsoil	0.15	0.52	3.18	1.87	5.72
U4	surface soil	0.10	0.43	1.70	1.11	3.34
	subsoil	0.09	0.63	0.65	1.30	2.67
U5	surface soil	0.35	0.23	1.38	1.41	3.37
	subsoil	0.14	0.34	1.31	0.94	2.73
U6	surface soil	0.82	1.19	4.90	0.88	7.79
	subsoil	0.64	0.58	3.91	0.69	5.82
U7	surface soil	0.12	0.22	2.75	0.83	3.92
	subsoil	0.10	0.65	3.23	1.14	5.12
U8	surface soil	0.54	0.77	4.76	1.80	7.87
	subsoil	0.17	0.97	6.95	2.46	10.55
U9	surface soil	0.11	0.71	4.91	1.98	7.71
	subsoil	0.08	0.68	6.81	1.66	9.23
U10	surface soil	0.25	0.38	8.04	3.40	12.07
	subsoil	0.16	1.14	5.93	2.64	9.87
mean ±S.E*	surface soil	0.55 ±0.19	0.73 ±0.14	3.96 ±0.61	1.62 ±0.24	6.86 ±0.88
	subsoil	0.44 ±0.18	0.79 ±0.10	3.81 ±0.68	1.61 ±0.20	6.65 ±0.87

* standard error

표토의 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 각각 0.55me/100g, 0.73me/100g, 3.96me/100g, 1.62me/100g이었으며, 심토의 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 각각 0.44 me/100g, 0.79me/100g, 3.81me/100g, 1.61me/100g이었다. 치환성양이온 총 평균함량은 표토 6.86me/100g, 심토 6.65me/100g이었다.

허 등⁷⁾의 조사에 의하면, 밭토양에 함유된 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 표토에서는 각각 0.44me/100g, 0.18me/100g, 4.12me/100g, 1.16me/100g이었으며, 심토에서는 각각 0.28me/100g, 0.21me/100g, 3.69me/100g, 1.30me/100g이었다.

3.7. 산림토양의 치환성양이온 함량

산림토양에 함유된 K, Na, Ca 및 Mg 이온의 함량을 조사한 결과는 Table 6과 같았다.

Table 6. The contents of exchangeable cations of some forest soils. (me/100g)

Samples	Soil types	K	Na	Ca	Mg	Total
M 1	surface soil	0.18	0.90	0.04	0.20	1.32
	subsoil	0.15	0.95	0.02	0.04	1.16
M 2	surface soil	0.17	1.20	2.19	0.12	3.68
	subsoil	0.18	1.32	0.66	0.12	2.28
M 3	surface soil	0.31	1.08	3.10	2.20	6.69
	subsoil	0.18	1.04	1.13	0.45	2.80
M 4	surface soil	0.79	1.18	4.96	1.61	8.54
	subsoil	0.45	1.09	2.29	0.67	4.50
M 5	surface soil	0.25	0.93	3.66	0.37	5.21
	subsoil	0.26	0.67	1.80	0.57	3.30
M 6	surface soil	0.31	0.66	1.74	0.48	3.19
	subsoil	0.23	0.70	1.11	0.42	2.46
M 7	surface soil	0.17	0.28	2.10	0.72	3.27
	subsoil	0.20	1.27	2.44	0.92	4.83
M 8	surface soil	0.21	0.61	1.47	0.59	2.88
	subsoil	0.20	1.11	2.98	1.06	5.35
M 9	surface soil	0.20	0.86	1.55	1.42	4.03
	subsoil	0.10	0.78	1.59	2.97	5.44
M 10	surface soil	0.16	0.33	1.06	0.15	1.70
	subsoil	0.12	0.38	0.53	0.17	1.20
mean	surface soil	0.28 ±0.06	0.80 ±0.10	2.19 ±0.44	0.79 ±0.23	4.06 ±0.70
	subsoil	0.21 ±0.03	0.93 ±0.09	1.46 ±0.30	0.74 ±0.27	3.34 ±0.51

* standard error

산림토양에 함유된 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 표토에서는 각각 0.28me/100g, 0.80me/100g, 2.19me/100g, 0.79me/100g이었으며, 심토에서는 각각 0.21me/100g, 0.93me/100g, 1.46me/100g, 0.74me/100g이었다. 치환성양이온 총 평균함량은 표토 4.06me/100g, 심토 3.34me/100g이었다. 산림토양의 염기물질이 밭토양이나 논토양에 비해 매우 낮게 나타났다. 일반적으로 산림토양의 경우 지형 조건에 의한 지속적인 염기용탈과 낮은 부식화도로 말미암아 치환성염기의 함량이 매우 낮은 것이 특징이다.¹²⁾ 허 등⁷⁾은 산림토양의 K, Na, Ca, Mg 평균함량은 표토의 경우 각각 0.31me/100g, 0.24me/100g, 4.90me/100g, 1.72me/100g으로, 심토의 경우 각각 0.18me/100g, 0.20me/

100g, 3.89me/100g, 1.52me/100g 등으로 보고하였다.

3.8. 치환성양이온과 pH와의 관계

식물생육의 필수원소들은 C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl, Si, Na, Co 등이 알려져 있는데 C를 제외한 원소들은 토양수분 중에 함유되어 있거나 또는 토양입자의 표면에 흡착되어 있다. 토양이 식물생육의 근간이 되는 것은 토양 속에 들어있는 이들 영양원소들 때문이다. 산성토양에서는 토양 중에 함유되어 있는 주요 영양염류인 K, Ca, Mg 등의 용탈이 심해진다. 즉 토양교질입자에 흡착되어 있는 이들 염류는 토양 중에 있는 다량의 H⁺이온에 의하여 치환침출되는 것이다.¹³⁾

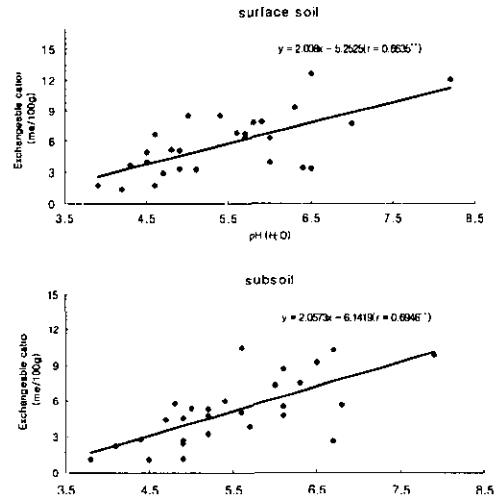


Fig. 3. Correlation between pH(H₂O) values and the total amounts of exchangeable cations in soils. ** : significant at 1% level

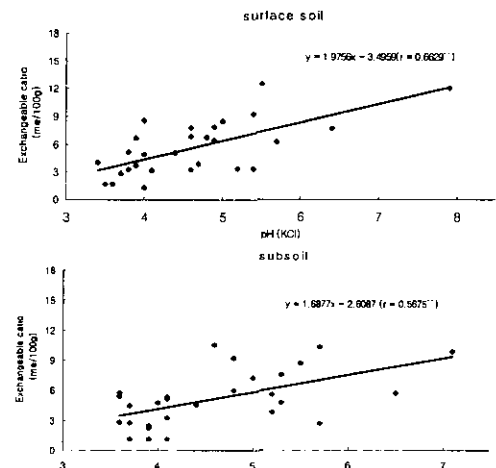


Fig. 4. Correlation between pH(KCl) values and the total amounts of exchangeable cations in soils. ** : significant at 1% level

Fig. 3은 치환성양이온과 pH(H₂O), Fig. 4는 치환성양이온과 pH(KCl)과의 상관관계를 나타낸 것이다. pH(H₂O)와 치환성양이온과의 상관관계수(r)는 표토 0.6635^{**}, 심토 0.6946^{**}로 유의수준 1% 하에서 상관관계를 보여주었다. 또한 pH(KCl)와 치환성양이온과의 상관관계수(r)는 표토 0.6629^{**}, 심토 0.5675^{**}로 역시 유의수준 1% 하에서 상관관계를 보여주었다. 이는 토양의 산성화가 무기염류의 용탈을 심화시켜 토양을 크게 척박하게 함을 의미한다.

4. 결 론

구미 지역에서 논토양, 밭토양 및 산림토양 시료를 채취하여 산성화 정도와 토양산성화와 무기염류 용탈과의 상호 관계를 조사하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 논토양의 pH(H₂O) 평균은 표토의 경우 5.23, 심토의 경우 5.69이었으며, pH(KCl) 평균은 표토의 경우 4.59 심토의 경우 4.98이었다.
2. 밭토양의 pH(H₂O) 평균은 표토의 경우 6.37, 심토의 경우 6.11이었으며, pH(KCl) 평균은 표토의 경우 5.48, 심토의 경우 5.04이었다.
3. 산림토양의 pH(H₂O) 평균은 표토의 경우 4.67, 심토의 경우 4.74이었으며, pH(KCl) 평균은 표토의 경우 3.82, 심토의 경우 3.89이었다. 산림토양의 pH(H₂O)와 pH(KCl)가 논토양이나 밭토양의 pH(H₂O)와 pH(KCl)보다 현저하게 낮은 값을 나타내었다. 즉 산림토양에서 논토양이나 밭토양에서보다 산성화의 진행이 빠르게 나타나고 있었다.
4. 논토양에 함유된 치환성양이온(K, Na, Ca, Mg)의 총 평균함량은 표토 6.14me/100g, 심토 5.64me/100g이었으며, 밭토양에 함유된 치환성양이온의 총 평균함량은 표토 6.86me/100g, 심토 6.65me/100g이었으며, 산림토양에 함유된 치환성양이온의 총 평균함량은 표토 4.06me/100g, 심토 3.34me/100g이었다. 산림토양의 염기물질이 밭토양이나 논토양에 비해 용탈이 심함을 알 수 있었다.
5. pH(H₂O)와 치환성양이온과의 상관관계수(r)는 표토 0.6635^{**}, 심토 0.6946^{**}로 유의수준 1% 하에서 상관관계

를 보여주었으며, 또한 pH(KCl)와 치환성양이온과의 상관관계수(r)는 표토 0.6629^{**}, 심토 0.5675^{**}로 역시 유의수준 1% 하에서 상관관계를 보여주어 토양의 산성화가 무기염류의 용탈을 심화시키는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 박병윤, 환경과학, 형설출판사, 189~193, 1996.
- 2) 대한환경공학회, 최신환경과학, 195~217, 1996.
- 3) 임성무, 의성지역 토양의 산성화에 관한 연구, 대구효성가톨릭대학교 석사학위논문, 1999.
- 4) 조성진, 박천서, 엄대익, 삼정도양학, 향문사, 54~193, 1994.
- 5) 최정, 김정재, 신영오, 토양학실험, 형설출판사, 15~43, 1985.
- 6) 농촌진흥청 농업기술연구소, 토양화학분석법, 3 8~43, 1988.
- 7) 허봉구, 조인상, 민강범, 엄기태, 우리나라 토양의 대표적인 물리화학적 특성(정밀토양조사결과를 중심으로), 한국토양비료학회지, 17(4), 330~336, 1984.
- 8) 농촌진흥청, 산지 개발 시험성적, 15~26, 1985.
- 9) 정필균, 유순호, 김해평야에 분포된 특이산성토의 이화학적 특성과 분류, 한국토양비료학회지, 28(1), 1~10, 1995.
- 10) 박병윤, 장상문, 박수준, 최정, 토양이화학성 및 삼요소 사용량이 지황 근경 및 엽중의 무기성분함량에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 22(1), 45~52, 1989.
- 11) 황기성, 이성재, 광용호, 김기선, 주요 노지채소 재배지 토양의 화학적 특성, 한국토양비료학회지, 30(2), 146~151, 1997.
- 12) 정연대, 조재규, 박채경, 신용화, 영남지역의 경지 확대를 위한 연구, 농시보고, 21집, 57~64, 1979.
- 13) G. Tyler Miller, Environmental science, 6th ed., Wadsworth publishing company, USA, 314~323, 1997.