

母岩에 따른 森林과 草地 土壤의 緩衝能 및 肥沃도에 關한 研究

張 楠 基 · 林 暎 得*

서울대학교 사범대학 생물교육과, *인천교육대학교

Studies on the Soil Buffer Action and Fertility of Soil Derived from the Different Parent Rocks

Chang, Nam-Kee and Young-Deuk Rim*

Dept. of Biology Education, College of Education, Seoul National University

* Incheon Teacher's University

ABSTRACT

The variations of the soil texture, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio, buffer action, exchangeable base, exchangeable hydrogen, and mineral nutrients were investigated to estimate the grade of the soil fertility of the soil derived from the different parent rocks such as the granite in Kwangnung and the basalt in Chejudo. The results investigated were showed as follows: Basalt soils in Chejudo belong to sandy clay, light clay and sandy clay loam, while granite soils in Kwangnung sandy loam. The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio of the grassland in Chejudo was 1.11 and that of the oak forest soils was 1.24, while granite soils in Kwangnung 1.54 and 1.46, respectively. The buffer actions of basalt soils against the $\text{N}/10 \text{ HCl}$ and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ were stronger than those of granite soils. The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ratios of grassland and oak forest soils of basalt in Chejudo showed 1.10 and 1.24 respectively, while those of the grassland and oak forest of Kwangnung 1.44 and 1.33. The base exchange capacity of basalt soils which has higher value of exchangeable hydrogen was stronger than that of granite soils. But the base saturation of granite soils showed higher value than that of basalt soils. Water contents of basalt soils in Chejudo was lower than that of granite soils for Kwangnung. Basalt soils in Chejudo contain still more humus and total nitrogen than granite soils in Kwangnung. The amount of available nitrogen, available phosphorus and exchangeable calcium of granite soils were more than that of basalt soils. Therefore, estimating the soil fertility, granite soils in Kwangnung is higher than that of basalt soils in Chejudo.

Key words: buffer action, exchangeable base, granite soil, basalt soil, Chejudo, Kwangnung.

緒 論

토양의 물리화학적 성질이 생물학적 영향에 의하여 변화한다는 사실은 여러 학자들에 의해 보고되었다. 1930년 Chandler는 동일한 모암에서 유래한 토양일지라도 삼림과 초지를 이루고 있

는 植生에 따라 염기포화도가 달라진다고 하였다. Kim(1965, 1966)은 양분보유능의 연구로 토양성격의 변이는 임형의 차이에 원인이 있다고 하였으며, 소나무림에서 보다 참나무림에서 무기양료의 순환이 빠를 뿐 아니라 연간 토양으로 되돌아가는 양도 크다는 것을 입증하였다.

화산토양에 대하여는 Monsi and Ino(1964)가 토양 유기물의 분해 및 N,P,K 등 무기양료의 토양교질의 흡착과 유리현상을 연구하여 화산회토의 개량을 주창하였다. 그리고 Kim, Chang과 Chung(1966)에 의하면 소나무와 참나무림토의 무기양분은 모암에서부터 공급되기보다는 오히려 낙엽에 의하여 공급된다고 할 수 있으며 임토의 비옥도는 낙엽의 생산량과 그 화학성분에 영향을 받는다고 하였다.

그러나 동일한 생물학적 조건하에서 모암의 여러가지 특성으로부터 유래한 토양의 비옥도의 변동에 관한 연구는 아직 보고되지 않았다. 본 연구에서는 화강암토와 현무암토의 참나무림과 초지를 대상으로하여 토양의 토성, 규반비, 치환성 염기, 치환성 수소 및 유기양분의 함량을 연구하여 모암에 따른 소나무림과 초지에 의한 완충능과 비옥도의 변화를 조사하였다.

調査地所의 概況

모암이 화강암인 산림토양은 京畿道 광주군의 광릉을 선정하였고 현무암을 모암으로 한 화산토는 제주도 한라산을 조사지소로 선정하였다. 화강암과 현무암으로부터 유래한 토양은 제주도 한라산에서는 *Quercus acutissima*가 극상을 이루고 있는 참나무림과 *Zoysia japonica*가 우세종인 초지를 조사지소로 선정하여 채취하였고, 이것과 비교하기 위하여 광릉에서는 *Quercus mongolica*와 *Zoysia japonica*가 군락을 이루고 있는 참나무림과 초지의 토양을 대상으로 하여 비교 연구하였다. 본 연구의 조사지역의 하나인 광릉은 한국의 중앙에 위치하여 한국의 최남단인 한라산에 비하여 기온, 습도, 강수량, 증발량, 지면의 온도 등 기후적 조건에 차이를 볼 수 있다. 1960년 이래 30년간의 기후자료의 연평균을 비교하면 제주도가 광릉보다 강수량과 습도는 높으나 기온과 지표면의 온도가 높기 때문에 증발량이 크다는 것을 알 수 있었다.

分析方法

SiO₂: 시료 10g을 HCl로 용해하여 정량하고 잔유물은 Na₂CO₃와 NaOH로 용해시켜 침전시킨 다음 칭량하였다.

Al₂O₃: NaNO₃로 용해하여 NH₄OH로 침전시켜 정량하였다.

Fe₂O₃: KOH로 용해시킨다음 NH₄OH로 침전시켜 칭량하였다.

토성분석: Kühn법에 의하여 분석하였다.

치환성 염기와 치환성 수소: Brown(1943)법에 의하여 측정하였다.

토양 pH: 토양의 pH는 1:2.5의 토양액을 만들어 Beckmann pH 측정기로 측정하였다.

총질소: 총질소는 Kjeldahl법에 의하여 결정하였다.

함수량: 신선한 토양시료를 110°C로 여섯시간 가열하여 칭량하였다.

消失量: 토양시료를 muffle로에 넣어서 460°C로 여섯시간동안 가열하여 측정하였다.

인산: 표준 몰리브덴법에 의하여 비색적으로 정량하였다.

가리: 질산코발트를 사용하여 침전시킨 다음 비색계를 사용하여 탄산코발트로서 결정하였다.

石炭: 수산염으로 침전시킨 다음 비색계를 사용하여 코발트로서 결정하였다.

苦土 : 석회를 여과한 액을 pyrophosphate법으로 결정하였다.

완충능의 측정 방법 : 토양시료 10g에 30ml의 증류수를 가하고 N/10 HCl과 N/10 Ca(OH)₂ 용액을 0ml, 1ml, 3ml, 5ml등을 가하여 24시간 경과후 토양현탁액의 pH를 Beckmann pH meter로 측정하였다.

K, Ca 및 Mg은 flame photometer와 atomic absorption spectrophotometer로 분석한 결과와 비교하여 결정하였다.

結果

화강암과 현무암의 풍화작용에 의하여 발달된 제주도 한라산과 광릉의 산림과 초지를 대상으로 하여 모암의 차이 및 식피의 차이에 따른 토성, 규반율, 치환성 염기, 치환성 수소, 무기양료와 완충능 등의 토양변동의 실험결과는 Tables 1, 2, 3, 4와 Figs. 1, 2에 표시하였다.

1. 토양의 물리적 분석 (토성)

제주도 한라산과 광릉의 산림과 초지 토양을 토립의 크기에 따라 粘土(clay), 微砂(silt), 砂(fine sand+coarse sand)로 분석한 결과는 Fig. 1과 같다.

이 분석결과를 국제토양학회법에 의하여 토성을 결정하면 초지와 참나무림 토양 사이에는 토성차를 발견할 수 없었으나 제주도 한라산의 현무암토가 광릉의 화강암토에 비하여 보다 많은 점토와 세사를 포함하고 있었다. 그러므로 한라산의 토양은 砂埴土, 輕埴土, 砂質埴壤土로 결정

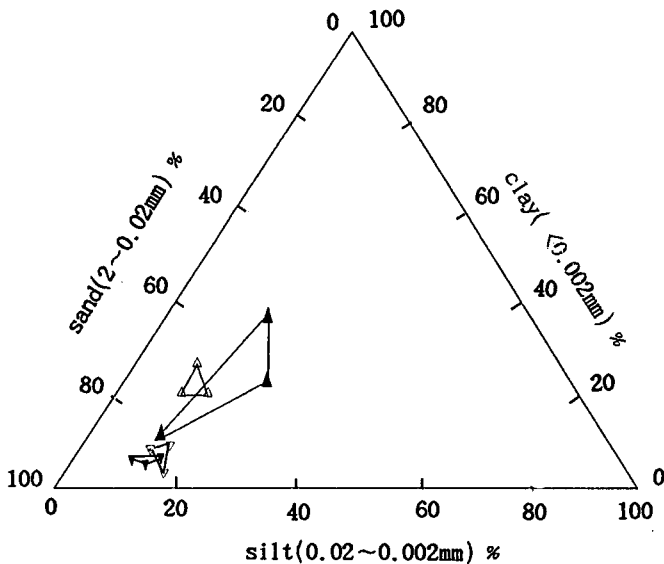


Fig. 1. Triangularity of basalt soils in Cheju and granite soils in Kwangnung(The Law of International Society Pedology)

- ▲ Cheju grassland
- ▼ Kwangnung grassland
- △ Cheju oak forest
- ▽ Kwangnung oak forest

Table 1. Mean annual ranges of rainfall, evaporation, relative humidity, air temperature and earth surface temperature in Kwangnung and Cheju.

Site	Annual mean of air temperature (°C)	Annual mean of Relative humidity (%)	Annual sum of rainfall (mm)	Evaporation out of sheter (mm)	Annual mean of earth surface temperature (°C)
Seoul	11.7	69.5	1309.7	1153.9	13.5
Cheju	15.1	72.0	1547.4	1430.9	14.7

※ Annual report of Central Meteorological Observatory of Korea.

Table 2. The $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ratios of the basalt soil in Cheju and the granite soil in Kwangnung.

Parent rocks	Forests	SiO_2 (%/60.3)	Al_2O_3 (%/102.2)	Fe_2O_3 (%/159.7)	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+$ Fe_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$
Basalt (Cheju)	Grass	5.31	4.69	0.11	1.11	1.10	0.023
	Oak	6.74	5.10	0.33	1.32	1.24	0.064
Granite (Kwangnung)	Grass	12.09	7.84	0.52	1.54	1.44	0.066
	Oak	7.77	5.32	0.49	1.46	1.33	0.092

Table 3. The exchange cation, exchangeable hydrogen, base exchange capacity and base saturation of the basalt soil in Cheju and the granite soil in Kwangnung.

Parents rocks	Forest	Horizon	Exchangeable cation(m.e. %)	Exchangeable hydrogen (m.e.%)	Base exchange capacity (m.e. %)	Base saturation (%)
Basalt	Grass	A	13.64	12.54**	26.18*	52.10
		B	9.90	11.00	20.90	47.36
		C	10.78	10.56	21.34	50.51
	Oak	A	10.34	14.52**	24.86*	41.49
		B	11.00	13.86	24.86	44.24
		C	10.56	12.54	23.10	45.71
Granite	Grass	A	9.68	5.28	14.96	64.70**
		B	13.20	4.18	17.38	75.94
		C	11.88	4.84	15.72	71.05
	Oak	A	15.40*	5.72	21.12	72.81**
		B	12.70	6.16	18.92	67.44
		C	11.10	6.82	17.82	61.72

* Significant at the 5% level.

** Significant at the 1% level.

할 수 있는데 비하여 광릉의 화강암토는 sand를 좀더 많이 함유하고 있는 砂壤土라는 것을 알 수 있었다.

2. 珪礬比 및 珪鐵礬比

제주도의 현무암토와 광릉의 화강암토의 규반비 및 규철반비는 Table 2에 표시하였다. 광릉

Table 4. Chemical properties in the basalt soil in Cheju and the granite soil in Kwangnung

Parent rocks	Forest	Horizon	Soil pH	Moisture content (%)	Loss on ignition (%)	Total N (%)	Available N (m.e. %)	Available P (p.p.m.)	Exchange-able K (%)	Exchange-able Ca (%)	Exchange-able Mg (%)
Basalt	Grass	A	6.08	31.8	67.8**	1.41	14.2	2.64	0.160*	0.245	0.064
		B	6.04	30.0	59.0	1.09	14.0	2.56	0.105	0.068	0.022
		C	5.83	24.5	40.6	0.50	12.8	2.12	0.120	0.050	0.054
	Oak	A	5.80	17.3	32.0**	1.29**	15.7	2.27	0.109	0.305	0.048
		B	5.21	18.0	36.4	1.31	15.3	2.56	0.132	0.175	0.063
		C	5.40	23.3	26.6	0.78	14.5	3.01	0.070	0.065	0.025
Granite	Grass	A	5.93	40.2	17.8	0.53	17.5*	2.91*	0.083	0.630*	0.077
		B	5.98	22.1	7.9	0.18	16.9	3.03	0.089	0.165	0.047
		C	6.10	19.8	8.6	0.20	17.0	3.64	8.159	0.080	0.025
	Oak	A	6.05*	48.7*	17.2	0.66	18.8*	3.11**	0.122*	0.046	
		B	6.25	31.5	11.0	0.38	17.6	4.01	0.129	0.067	
		C	6.11	19.9	9.8	0.22	18.1	4.19	0.105	0.066	

* Significant at the 5% level.

** Significant at the 1% level.

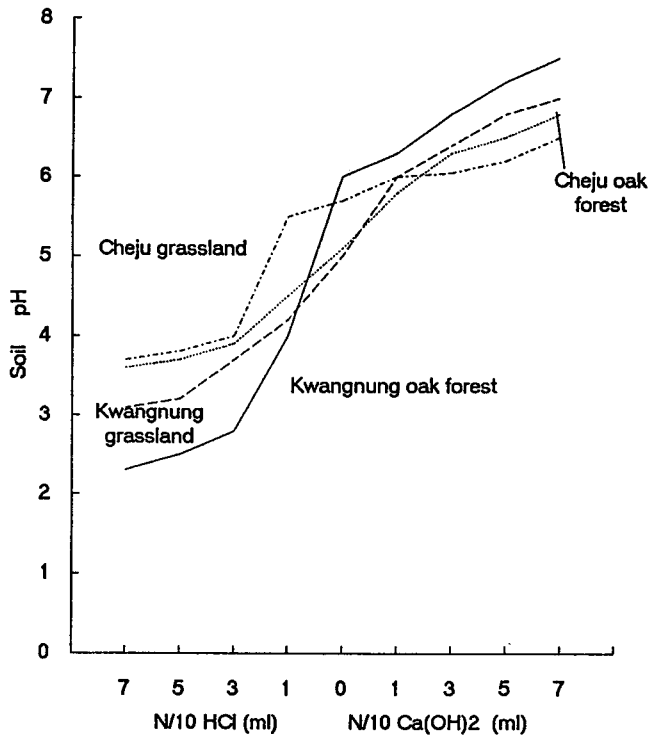


Fig. 2. The soil buffer action of the basalt soil in Cheju and the granite soil in Kwangnung.

삼림토의 경우는 Kim(1966)에 의하여 측정 한 결과와 거의 일치한다.

제주도의 초지에 있어서는 규반비가 1.11이며 참나무림은 1.32로, 초지토양보다 SiO₂의 함량이 많았다. 모암이 화강암인 광릉에 있어서는 초지가 1.54로 참나무림토와의 규반율의 차는 미약하다고 생각된다. 그러나 현무암토와 화강암토 사이의 규반비의 차는 현저하다. 규철반비는 약간 규반비보다는 치가 적지만 광릉의 초지 토양이 1.44로 가장 높고 제주도의 초지토양이 1.10으로 가장 낮았다.

규반비를 보면 광릉의 참나무림토가 가장 높고 제주도의 초지 토양이 가장 낮았다. 양 지소의 식파간의 차이를 보면 초지 군락이 참나무 군락보다 규반비가 낮음을 알 수 있다.

3. 緩衝能

제주도 현무암토와 광릉 화강암토에서 N/10 HCl과 N/10 Ca(OH)₂ 용액에 대한 참나무림토와 초지 토양의 완충작용을 표시하면 Fig. 2와 같은 곡선을 얻을 수 있었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 제주도 초지가 가장 완충력이 강하고 다음으로 제주도 참나무림토, 광릉의 초지 토양의 순으로 작아져서 광릉의 참나무림토가 가장 완충력이 약하였다. 따라서 제주도의 현무암토가 광릉의 화강암토에 비하여 완충작용이 강하다는 것을 알 수 있다.

4. 치환염기 및 치환수소

한라산과 광릉의 초지와 참나무림에서 A, B, C 층별로 치환염기, 치환수소, 염기치환능 및 염기포화도를 측정 한 결과는 Table 3과 같다.

Exchangeable cation은 현무암토나 화강암토에서 초지와 참나무림 사이에 큰 차이가 없었으나 광릉의 참나무림토가 다른 토양에 비하여 유의한 차를 나타내었다. 그러나 exchangeable hydrogen은 통계분석결과 제주도의 화산토양이 광릉의 화강암토에 비하여 대단히 높았다. 따라서 base exchange capacity는 광릉의 화강암토보다 제주도 현무암토가 높으며 base saturation은 광릉의 토양이 유의한 높은 차를 나타내었다.

5. 무기양분

현무암과 화강암을 모암으로 하는 제주도 한라산과 광릉의 토양을 분석하여 pH, 함수량, 작열소실량, 총질소, 유효질소, 유효인산, 치환성 K, Mg, Ca 등을 정량 비교한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에 의하면 humus와 총질소의 함량은 제주도의 현무암토가 광릉의 화강암토에 비하여 대단히 유의한 차로 크나 유효질소, 유효인산, 치환성 Ca 등은 오히려 광릉 삼림토가 높으며 토양 pH와 함수량도 높은 값을 나타내었다. 그러나 초지 토양에서는 유의한 차를 인정할 수 없었다. 그리고 치환성 Mg, K도 양 토양간에 그 함량의 차이를 인정할 수 없었다.

論 議

토양은 기후, 식물, 동물 등의 영향을 받아 끊임없이 변화한다. 한국에서는 화강암을 모암으로 하는 광릉의 임토가 임형에 따라 양분보유능에 있어서 차이가 있다는 것이 Kim (1965, 1966)에 의하여 밝혀졌다. 또 Kim and Chang(1975)에 의하면 참나무림과 송림하에서 낙엽의 분해율을 측정 한 결과 참나무 낙엽이 소나무 낙엽보다 거의 두배나 분해가 빠르며 무기양료가 토양에 첨가되는 양도 참나무림에서 많음을 밝히었다. 광릉과 제주도의 토양이 모두 참나무와 초본의 영향을 받아 변동될 것이므로 이러한 변동을 하는 것은 식피가 토양에 미치는 영향을 追求하는데 의미가 있다고 생각한다.

양 지역의 기후조건은 Table 1에서 보는 바와 같이 제주도 한라산이 광릉보다 습도와 강우량이 높은데도 불구하고 기온과 지면의 온도가 높은 관계로 증발이 심하여 토양함수량이 낮다. 이러한 조건하에서 변화하여 온 제주도 한라산의 현무암토와 광릉의 화강암토의 토성을 규반비와 함께 고려할 때 양 지역의 토양의 세탈현상은 뚜렷하지 않았다. 양 조사지소의 규반비와 규철반비 및 철반비를 비교하면 광릉토양의 규반비가 평균 1.5로 제주도의 1.2보다 높았다. 이것은 Kim(1966)에 의하여 조사된 바와 일치하며 광릉토양이 제주도의 토양보다 규산질이 강하다는 것을 알 수 있다. 규반비, 규철반비, 철반비는 광릉보다 제주도에서 낮고 반대로 완충능은 제주도가 높았다. 규철반비는 대개 규반비보다 낮으나 그 비율은 규반비와 큰 차이가 없었으며 Al_2O_3 에 대한 Fe_2O_3 의 비인 철반비는 광릉이 제주도보다 높고 초지 토양보다는 참나무림토가 높았다. 완충능은 Table 3과 Fig. 1에서의 결과로 알 수 있는 바와 같이 제주도 현무암토가 N/10 HCl이나 N/10 $Ca(OH)_2$ 용액에 대한 완충력이 강하였다. 이것은 유기물의 함량이 많을 뿐 아니라 모암의 물리 화학적 성상에도 원인이 있다고 생각된다. 토양교질의 입장에서 본다면 clay의 양이

많으면 많을수록 규산 함량과 약염기 총량은 적어지고 주성분 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 는 점토교질에서 보다 많이 함유되어 규산염질보다도 반산염류와의 염류가 많게 되어 완충력이 강하다고 본다. 따라서 제주도의 현무암토는 반토질의 토양이며 광릉의 화강암토는 규산질이 많은 토양이라 할 수 있다. 치환성 염기, 치환성 수소, 염기치환능, 염기포화도 등을 비교하면 치환성 염기의 양은 Table 4에 나타난 바와 같이 화강암토가 약간 높았으나 유의한 차라고 볼 수 없었다. 그러나 치환성 수소는 현무암토가 높았으며 대단히 유의하였다. 이것은 clay의 양이 많은 제주도의 토양이 광릉 토양에 비하여 불포화도가 높다는 것을 입증하는 것으로 생각된다. 그러므로 염기치환능은 제주도의 현무암토가 높았으며 염기포화도는 광릉의 화강암토가 높다고 생각된다.

Chandler(1930)에 의하면 동일한 모암에서 유래한 토양이라도 균락을 이루고 있는 수중에 따라 임토의 치환성 염기의 포화도가 다르다고 하였으며 이 원인은 수중에 따라 토양의 micelle로부터 양분을 추출하는 힘의 차이때문이라는 것이다. 그리고 Billings(1950)는 치환성 염기가 적은 토양에서는 Sagebrush의 생육이 불량하다는 것을 밝혔다. George(1952)는 염기흡수능은 일정한 것이 아니며 토양교질의 산성도에 따라 변화한다고 하였다. 이와 같이 토양의 생산력은 그 토양의 치환성 염기 및 염기포화도에 의하여 결정된다고 할 수 있으며 비옥도 비교의 좋은 예가 된다.

따라서 치환성 염기와 염기성포화도를 비교할 때 제주도 현무암의 토양은 광릉 화강암토보다 염기치환능은 크나 치환성 염기의 양과 염기포화도가 낮아 광릉의 화강암토가 비옥하다고 할 수 있다. 물론 제주도 한라산의 임토는 치환성 수소의 함량이 높고 염기치환능이 커 무기양료의 이용과 치환할 수 있는 능력이 큰 것으로 추정되며 토양개량의 여지가 있는 것으로 사료된다. 화학 분석의 결과를 비교하면 humus는 현무암토가 광릉 화강암토의 3배 이상이며 총질소 함량은 거의 2배이다. 이것은 Table 1에서 보는 바와 같이 기온은 높으나 지면의 온도와 증발량이 높기 때문에 토양의 함수량이 적어서 분해가 광릉의 임토보다 늦기 때문인 것으로 사료된다.

그러나 식물이 이용할 수 있는 유효질소, 유효인산, 치환성 K, Mg, Ca 등의 무기양료의 양을 비교하면 화강암토가 유효질소, 유효인산 및 치환성 Ca의 함량이 높고 치환성 K, Mg의 양은 차이가 거의 없었다. 따라서 양료의 함량으로 볼 때 화강암토가 현무암토보다 역시 비옥도가 높다고 할 수 있다.

摘 要

1. 본 실험은 모암이 다른 제주도 한라산의 현무암토와 광릉 화강암토의 초지와 참나무림의 토양의 토성, 규반비, 완충능, 치환성 염기, 치환성 수소 및 양분함량의 변동에 따른 비옥도를 비교연구하였다.
2. 토성을 비교하면 제주도 현무암토는 사경식토 및 사질식양토인데 비하여 광릉화강암토는 사양토이다.
3. 규반비는 제주도의 현무암토가 초지와 참나무림에서 각각 1.11 및 1.32이며 광릉의 화강암토는 각각 1.54 및 1.46이었다.
4. 규철반비는 제주도 현무암토가 초지와 참나무림에서 각각 1.10 및 1.24이며 광릉의 花崗岩土에 있어서는 1.44 및 1.33이었다.
5. N/10 HCl과 N/10 Ca(OH)₂에 대한 토양의 완충능은 제주도의 현무암토가 광릉의 화강암토보다 강하였다.

6. 따라서 제주도의 현무암토는 반토질의 토양이며 광릉의 화강암토는 이보다 규산질이 강한 토양이라 할 수 있다.
7. 염기성 치환능은 치환성 수소의 値가 높은 제주도 현무암토가 강하며 광릉의 화강암토는 이보다 약하였다.
8. 염기포화도는 치환성 염기의 치가 높고 치환성 수소의 치가 낮은 광릉의 화강암토가 제주도의 현무암토보다 높았다.
9. 제주도 현무암토의 토양함수량은 광릉 화강암토의 그것보다 낮았다.
10. 제주도 현무암의 토양은 humus 및 총질소의 함량이 광릉 화강암토의 그것보다 높았다.
11. 광릉 화강암토의 유효 窒素, 유효인산 및 치환성 Ca의 함량은 제주도 현무암토의 그것보다 높았다.
12. 그러므로 토양 비옥도를 비교하면 광릉의 화강암토가 제주도의 현무암토보다 높다고 할 수 있다.

引用文獻

1. Billings, W.D. 1950. Vegetation and Plant Growth as Affected by Chemically Altered Rocks in the Western Great Basin. *Ecology* 31. 62~74
2. Chandler, R.F.J. R. Cation Exchange Capacity of Certain Forest Soils in the Stirondack Section. *Jour. Agr. Res.* 59. 491~506
3. George, Mc. 1952. Base Exchange-pH Relationships in Semiarid Soils. *Soils Science* 73 : 271~275
4. Ino, Y. and M. Monsi, 1964. On the Decomposition Rate of Soil Organic Matter in Humic Allophane Soil of Mt. Kirifamine. *Bot. Mag. Tokyo* 77-911 : 168~175
5. Ino, Y. and M. Monsi, 1964. Distribution of the Increment in Nutrient Element in Humic Allophane Soils of Mt. Kirigamine. *Bot. Mag.* 77-912 : 206~215
6. Kim, C.M. 1959. Effect of Alkali Soil Salts on the Plant Nutrition. II. Base Exchange Properties of Saline and Alkaline Soils. *Seoul Uni. J. (B)* Vol. 9 : 44~47
7. Kim, C.M. 1965. The Nutrient Holding Capacity of Woodland Soil in Korea. *Seoul Univ. J(B)* Vol. 17 : 83~9.
8. Kim, C.M. 1966. The Decomposition Rate of Litter Affecting the Amount of Mineral Nutritions of Forest Soil in Korea. *Seoul Univ. J.(B)* Vol. 17 : 83-92.
9. Kim, C.M. Chang, N.K. and W.H. Chung. 1965. Decomposition Rate of Plant Residue and the Vertical Distribution of Mineral Nutrients in the Woodland Soil. *Journal of Graduate School of Education, S.N.U.* Vol. 3 : 113-125.
10. Kim, C.M. and N.K. Chang. 1975. The Decomposition Rate of Pine and Oak Litters Affecting the Amount of Mineral Nitrients of Forest Soil in Korea. *金遵敏博士 回甲記念 論文集* pp. 104~111.