

식피에 따른 토양과 무기양분의 유실

장 남 기 · 윤 성 모*

서울대학교 사범대학 생물교육과 · 칠원고등학교*

The Soil and Mineral Nutrient Erosion on the Floors of Vegetations

Chang, Nam-Kee and Seong-Mo Yun*

Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University, Cheolwon High School*

ABSTRACT

This report was investigated on the soil and mineral nutrient erosions in comparison among the vegetation floors of *Miscanthus sinensis*, *Artemisia stelleriana*, *Rhododendron mucronulatum*, *Zoysia japonica* and *Pinus densiflora* communities and the naked soil on Mt. Keum-hak in Cheolwon-Koon. The erosion of clay, silt, fine sand and coarse sand of the surface soils under the *Z. japonica* grassland was far less than those of *M. sinensis*, *A. stelleriana*, *R. mucronulatum* and *P. densiflora* communities and the naked soil. The loss of mineral nutrients due to the soil erosion was the lowest level in the *Z. japonica* grassland and the highest level in the *P. densiflora* forest and the naked soil, respectively.

서 론

토양의 침식은 물에 의한 침식과 바람에 의한 침식으로 크게 나눌 수 있는데 우리 나라에서는 바람보다는 물에 의한 침식으로 주로 경사지에서 문제가 된다. 그러므로 우리 나라에서 토양의 침식을 방지하여 극소화하고 토양을 보존해야 한다는 것은 무엇보다도 시급히 계획되어 해결되어야 할 중요한 과제의 하나이다.

우리 나라에서는 큰 비가 내리기만 하면 하천이나 강물은 흙탕물이 된다. 임지, 초지, 경지 및 주택지의 토양이 침식되기 때문이다. 경사가 10°인 밭에서는 1년에 10 a당 2,000~3,000 kg나 되는 토양이 유실된다고 한다(손, 1964). 더구나 이 흙은 한번 유실되어 없어지면 회복할 수 없는 손실을 입게 된다. 점토나 미사는 바다로 유실되어 버리고 사질의 거친 토양은 비옥한 농경지를 매몰시키기도 한다. 뿐만 아니라 식물의 무기양분의 유실도 무시할 수 없다.

토양의 침식이 일어나는 데는 두가지 조건이 직접적으로 관여한다. 그 하나는 토양의 분산이고 다른 하나는 지표유거수의 양과 속도이다. 이들 두 요인이 상호작용을 하여 토양의 침식이 일

어난다. 이 작용은 강우의 양과 강도, 토성과 구조, 토양의 경사도, 작부의 방식, 토양의 관리 방법 및 식피 등의 영향을 받는다.

그러므로 본 연구에서는 김과 장(1975a,b,c,d)에 의해 이루어진 토양의 침식에 관한 이론적 분석을 토대로 하여 억새초지, 흰쭉초지, 진달래의 관목림, 잔디초지, 소나무림 및 나지 등에서 일어나는 토양의 침식을 조사하여 비교 분석하였다. 그 결과 잔디초지의 경우가 가장 토양보존에 효과가 있다는 것을 발견하였다.

실험재료 및 방법

1. 실험 장소의 선택

본 실험을 수행하기 위한 지역은 여러가지 식피가 실험 가능한 가까운 지역내에 발달되어 있고 거의 같은 경사도를 가지며 강우를 기다려 토양의 유실과 유수를 집적할 수 있는 장치를 하여 두었을 때 지키지 않아도 손상되거나 손실되는 일이 없는 곳이어야 한다. 이러한 안전한 장소를 물색한다는 것은 그리 용이한 일이 아니었다.

본 실험은 강원도 철원군 금학산에 소재하는 경사도 5~10°의 평지(level land)와 21~25°의 경사지(steep land)의 황색 토양위에 발달한 초지군락, 관목군락 및 삼림군락을 선택하였다.

2. 실험 대상 식피의 선택

연구할 대상식피는 많을수록 넓을수록 좋으나 시간과 적지의 선택이 어려워 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*) 초지군락, 흰쭉(*Artemisia stelleriana*) 초지군락, 진달래(*Rhododendron mucronulatum*) 관목림, 잔디(*Zoysia japonica*) 초지군락, 소나무(*Pinus densiflora*)림 및 대조구로 나지를 선정하여 조사하였다.

3. 실험 대상 식피의 조사

식피의 조사는 방형구법(quadrat method)으로 실시하여 억새, 흰쭉, 진달래, 잔디 및 소나무가 우점하고 군락과 식피가 전혀 발달하지 않은 나지를 대조군으로 정하였다.

4. 유실 토양과 유수의 채취

보통 3반복으로 5~9 m²의 장방형 담을 쌓아 외부의 강우가 넘어 흘러 들어오지 못하게 하고 그 하부에 비닐포를 묻어 흘러 내리는 물과 침식되는 토양을 모두 집적할 수 있도록 하여 10 들이의 플라스틱통에 집수하였다. 이것을 실험실에 운반하여 토립의 유실과 식물의 무기양분의 유실량을 정량분석하였다. 특히 비가 오기 전후를 잘 관리하여 집수의 채취에 차질이 없도록 하였다.

5. 조사 당시의 환경

1월부터 8월에 이르는 강원도의 강수량은 평균 165.4 mm였고 철원군의 강수량은 185.5 mm였다. 본 실험에서는 48시간에 48 mm 정도의 비가 내리는 강수량을 집수하여 토양입자의 분석과 무기양분을 조사하였다. 조사 당시의 지온은 20.5~21.5°였다.

6. 조사 일시

본 연구는 1990년부터 설계되어 1992년 1월에 시작하여 8월까지 현장조사를 끝마치고 그 이후부터 유실토양과 유실수의 입자분석과 무기양분의 화학분석을 실시하였다.

Quadrat조사는 6월과 7월 사이에 실시한 결과를 표준으로 하였다. 이 지역에서는 이때가 가장 군락이 왕성하게 발달되는 시기이기 때문이다.

7. 유실토양과 유실수의 정량분석

토양의 입자조성은 Kuhn법에 의해 분석하였고 토양의 pH, N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, 유기물의 분석은 상법에 의해 실시하였다. 유실수의 NO₃, NH₄, PO₄, SO₄, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cl, SiO₂도 수질분석과 무기양분의 상법에 의해 실시하였다.

결과 및 논의

1. 식피의 군락구조

강원도 철원군 금학산에서 유실토양과 유실수의 토성과 식물의 무기양분을 분석하여 토양의 침식을 연구한 식물군락의 구조는 Table 1, 2, 3, 4 및 5에서 보는 바와 같다. 초지군락의 구조는 1 m² 당 종별 밀도, 피도, 빈도, 초고를 조사하여 비교밀도, 비교피도, 비교빈도, 비교초고를 계산하고 중요치를 구하여 그 크기의 순서를 결정하였다. Table 1~5의 식피조사 결과에 의하면 철원군 금학산에서 조사된 식피의 조성은 초본과 관목이 혼합된 초지로 이루어져 있었으며 초종의 수가 비교적 단순하게 나타났다. 억새군락에서는 억새의 중요치가 73.9로 우점종이었다. 억새군락을 구성하고 있는 식물은 29종이었다(Table 1). 흰쭉군락의 경우는 Table 2에서 보는 바와 같이 흰쭉의 중요치가 41.8로 가장 컸으나 새도 34.8로 별로 큰 차이를 보이지 않았고 구성종은 27종이었다. 관목림인 진달래군락은 Table 3에서 보는 바와 같이 25종으로 구성되어 있으며 진달래의 중요치가 38.6으로 우점종이었으나 조록싸리의 중요치가 37.3으로 근소한 차이를 나타내었다. 그러므로 경관으로 볼 때 피도가 같으므로 진달래와 조록싸리의 혼합군락이라는 것을 알 수 있다. 잔디의 중요치가 129.1인 잔디군락은 16종으로 구성되어 있었으며 초지군락으로써는 비교적 안정되어 있는 상태로 볼 수 있었다(Table 4). 소나무림은 다른 교목의 수종이 혼합되어 있지 않는 순군락으로 그 임상에 발달한 하초군락을 방형구법으로 분석한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. 이 군락의 우점종은 개밀과 김의털이며 중요치 54.3으로 동일한 우점도를 나타내어 김의털-개밀의 하초군락을 이루고 있었다.

2. 식피에 따른 토양입자의 유실

강원도 철원군의 금학산에 발달한 억새군락, 흰쭉군락, 진달래 관목림, 잔디군락, 소나무림 및 나지에서 빗물에 의해 일어나는 토양입자의 침식을 정량적으로 분석하여 연구한 결과는 Table 6과 7에서 보는 바와 같다.

Table 6에서 보는 바와 같이 금학산에서 조사한 억새, 흰쭉 및 잔디초지와 진달래 관목림의 표토는 13~24%의 점토를 함유하고 14~25%의 미사로 구성되어 있는 식양토와 사질식양토였다. 소나무림토는 점토가 21~26%이고 미사가 22~25%로 초지나 관목림의 토양에 비해 점토분이 많은 식양토였다. 토양의 색은 황갈색이나 적갈색을 띠고 있었다. 나지도 점토와 미사가 각각 20% 내외인 적갈색의 독나지였다. 점토의 경우 평지(level land)가 경사지(steepland)보다 많았다.

Table 1. The structure of a *Miscanthus sinensis* community on Mt. Keum-hak (1 m²)

Species	Density	Cover degree	Frequency (%)	Height (cm)	Relative density	Relative cover	Relative frequency	Relative height	Importance value	Order
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)	1	2	10	54	0.1	3.5	0.9	6.5	11.0	15
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)	30	3	60	50	1.9	7.0	5.7	6.0	20.6	5
<i>Artemisia keiskeana</i> (맑은 대쭉)	14	3	60	15.9	0.9	7.0	5.7	1.9	15.5	9
<i>Reynoutria elliptica</i> (호장근)	1	1	15	45	0.1	1.8	1.4	5.4	8.7	20
<i>Acalypha australis</i> (개풀)	6	2	40	25	0.4	3.5	3.8	3.1	10.8	16
<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> (꽃풀)	3	1	20	18	0.2	1.8	1.8	2.2	6	24
<i>Potentilla centigrana</i> (좁말기)	2	1	10	8	0.1	1.8	0.9	0.9	3.7	28
<i>Sophora angustifolia</i> (도둑놈의 지팡이)	1	2	10	89	0.1	3.5	0.9	10.8	15.7	8
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	2	1	15	26	0.1	1.8	1.4	3.1	6.4	23
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i> (구절초)	5	1	20	8	0.3	1.8	1.8	0.9	4.8	26
<i>Melampyrum roseum</i> (꽃머느리밤풀)	1	1	10	9	0.1	1.8	0.9	1.1	3.9	27
<i>Sesamum indicum</i> (참깨)	5	2	40	15	0.3	3.5	3.8	1.8	9.4	19
<i>Zoysia japonica</i> (잔디)	39	3	70	10	2.4	7.0	6.6	1.2	17.2	7
<i>Aster tataricus</i> (개미취)	1	1	10	16	0.1	1.8	0.9	1.9	4.8	26
<i>Rubia akane</i> (꼭두서니)	2	1	20	16	0.1	1.8	1.8	1.9	5.6	25
<i>Sanguisorba officinalis</i> (오이풀)	5	2	40	29	0.3	3.5	3.8	3.5	11.1	14
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (역새)	827	5	100	51	50	8.7	9.0	6.2	73.9	1
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> (차풀)	197	2	30	13	11.9	3.5	3.7	1.6	20.7	4
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> (양지꽃)	24	2	75	13	1.5	3.5	7.1	1.6	13.7	10
<i>Erigeron canadensis</i> (망초)	16	2	30	25	1.0	3.5	2.8	3.1	10.4	18
<i>Artemisia stelleriana</i> (흰쭉)	56	3	70	19	3.4	7.0	6.6	2.3	19.3	6
<i>Festuca ovina</i> (김의뿔)	325	3	55	23	19.6	7.0	5.2	2.8	34.6	2

<i>Arundinella hirta</i> (새)	36	3	60	57	2.2	7.0	6.4	6.6	22.2	3
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> (평의 다리)	1	2	10	58	0.1	3.5	0.9	7.0	11.5	13
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (실새풀)	24	2	40	39	1.5	3.5	3.8	4.7	13.5	11
<i>Peucedanum deltoideum</i> (산기름나물)	11	2	40	22	0.7	3.5	3.8	2.7	10.7	17
<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> (개밀)	12	2	40	39	0.7	3.5	3.8	4.7	12.7	12
<i>Patrinia scabiosaefolia</i> (마타리)	6	1	30	25	0.3	1.8	2.8	3.1	8.0	21
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	1	1	10	32	0.1	1.8	0.9	3.9	6.7	22

Table 2. The structure of a *Artemisia stelleriana* community on Mt. Keum-hak (1 m²)

Species	Density	Cover degree	Frequency (%)	Height (cm)	Relative density	Relative cover	Relative frequency	Relative height	Importance value	Order
<i>Arundinella hirta</i> (새)	41	4	80	59	12.0	7.0	7.6	8.2	34.8	2
<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> (개밀)	20	3	75	35	6.0	5.3	6.9	4.8	23.0	3
<i>Pinus koraiensis</i> (잣나무)	1	3	25	25	0.3	5.3	2.3	3.5	11.4	16
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> (차풀)	43	2	40	10	13.0	3.5	3.9	1.4	21.8	6
<i>Artemisia heischeana</i> (맑은대쭉)	9	2	25	27	3.0	3.5	2.3	3.7	11.5	15
<i>Artemisia stelleriana</i> (흰쭉)	62	5	100	36	18.8	8.8	9.2	5.0	41.8	1
<i>Pinus densiflora</i> (솔나무)	8	3	30	30	2.4	5.3	3.0	4.2	14.9	10
<i>Patrinia scabiosaefolia</i> (마타리)	6	1	25	8	1.8	1.8	2.3	1.1	7.0	21
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	7	1	25	7	2.1	1.8	2.3	1.0	7.2	20
<i>Festuca ovina</i> (김의털)	30	3	50	11	9.1	5.3	5.3	1.5	21.1	5
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)	3	3	30	32	0.9	5.3	3.5	0.4	14.1	11
<i>Viola mandshurica</i> (제비꽃)	1	1	25	20	0.3	1.8	2.3	3.8	7.2	20

Table 2. 계속

Species	Density	Cover degree	Frequency (%)	Height (cm)	Relative density	Relative cover	Relative frequency	Relative height	Importance value	Order
<i>Reynoutria elliptica</i> (호정근)	11	1	25	30	3.3	1.8	2.3	4.2	11.6	14
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>japonica</i> (양지꽃)	4	2	25	10	1.2	3.5	2.3	1.4	8.4	19
<i>Atractylodes japonica</i> (삼주)	9	1	25	23	3	1.8	2.3	3.2	10.3	18
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	1	2	25	30	0.3	3.5	2.3	4.2	10.3	18
<i>Sophora angustifolia</i> (도둑놈의 지팡이)	1	2	25	50	0.3	3.5	2.3	6.9	13.0	12
<i>Aster tataricus</i> (개미취)	2	1	25	10	0.6	1.8	2.3	1.4	6.1	23
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> (조팝나무)	2	2	25	71	0.6	3.5	2.3	3.8	16.2	9
<i>Agyropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> (개밀)	19	3	75	30	5.8	5.3	6.9	4.2	22.2	4
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> (차풀)	14	2	25	12	4.2	3.5	2.3	1.7	11.7	13
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (억새)	12	2	50	35	3.6	3.5	4.6	4.8	16.5	8
<i>Peucedanum deltoideum</i> (산기름나무)	3	1	25	11	0.9	1.8	2.3	2.5	6.5	22
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	6	2	30	19	1.8	3.5	3.5	2.6	11.4	16
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> (꿩의다래)	2	1	25	50	0.6	1.8	2.3	6.9	11.6	14
<i>Potentilla freyniana</i> (세잎양지꽃)	7	1	50	20	2.1	1.8	4.6	2.8	11.3	17
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	6	3	75	21	1.8	5.3	6.9	2.9	16.9	7

Table 3. The structure of a *Rhododendron mucronulatum* community on Mt. Keum-hak (1 m²)

Species	Density	Cover degree	Frequency (%)	Height (cm)	Relative density	Relative cover	Relative frequency	Relative height	Importance value	Order
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	21	4	100	69	10.4	8.9	11.2	8.1	38.6	1
<i>Quercus dentata</i> (떡갈)	8	3	55	28	4.0	5.4	6.1	3.3	18.8	9
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	7	3	50	50	3.5	5.4	5.6	5.9	20.4	6
<i>Robinia pseudo-acacia</i> (아카시아)	10	2	30	81	4.9	3.5	3.4	9.5	21.3	5

<i>Sanguisorba officinalis</i> (오이풀)	5	2	20	22	2.5	3.5	2.5	2.6	11.1	16
<i>Peridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (고사리)	7	2	30	46	3.5	3.5	3.4	5.4	15.8	10
<i>Festuca ovina</i> (김의털)	25	3	70	17	12.4	5.4	8.2	2.0	28.0	4
<i>Patrinia scabiosaeifolia</i> (마타리)	7	2	30	16	3.5	3.5	3.4	1.9	12.3	13
<i>Peucedanum deltoideum</i> (산기름나무)	2	1	10	27	1.0	1.8	1.7	3.4	7.9	22
<i>Arundinella hirta</i> (새)	34	3	60	26	16.8	5.4	6.8	3.2	32.2	3
<i>Vicia venosissima</i> (노란갈퀴)	2	1	20	25	1.0	1.8	2.2	2.9	7.9	22
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	24	4	80	80	11.9	7.0	9.0	9.4	37.3	2
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	3	1	20	34	1.5	1.8	2.2	4.0	9.5	20
<i>Sophora angustifolia</i> (도둑놈의 지팡이)	1	2	10	35	0.5	3.5	1.7	4.1	9.8	19
<i>Pinus densifora</i> (솔나무)	5	3	40	24	2.5	5.4	4.5	2.8	15.2	11
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조팝나무)	2	2	20	39	1.0	3.5	2.2	4.6	11.3	15
<i>Artemisia stelleriana</i> (흰쭉)	5	2	20	7	2.5	3.5	2.2	0.8	9.0	21
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> (평의 다리)	1	1	10	52	0.5	1.8	1.1	6.1	14.0	12
<i>Reynoutria elliptica</i> (호장근)	4	2	30	25	2.0	3.5	3.4	3.0	11.9	14
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (억새)	9	3	50	41	4.5	5.4	5.6	4.8	20.3	7
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> (개암나무)	5	3	40	55	2.5	5.4	4.5	6.5	18.9	8
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> (차풀)	6	1	20	7	3.0	1.8	2.2	0.8	7.8	23
<i>Pueraria thunbergiana</i> (췌)	4	2	30	16	2.0	3.5	3.4	1.9	10.8	17
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	1	1	10	11	0.5	1.8	1.1	1.3	4.7	24
<i>Stephanandra incisa</i> (국수나무)	4	2	20	19	2.0	3.5	2.2	2.2	9.9	18

Table 4. The structure of a *Zoysia japonica* community on Mt. Keum-hak (1 m²)

Species	Density	Cover degree	Frequency (%)	Height (cm)	Relative density	Relative cover	Relative frequency	Relative height	Importance value	Order
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	1	1	10	42.5	0.1	3.8	2.6	8.2	14.7	9
<i>Festuca ovina</i> (김외떡)	32	2	60	16.9	3.6	7.6	15.7	3.1	31.1	2
<i>Zoysia japonica</i> (잔디)	787	5	100	14	89.0	19.2	23.5	2.7	134.4	1
<i>Arundinella hirta</i> (새)	7	1	40	48	0.8	3.8	9.4	9.5	23.5	5
<i>Dianthus sinensis</i> (패랭이꽃)	3	1	20	30	0.3	3.8	4.7	7.7	16.5	8
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> (차폴)	8	1	26	14	0.8	3.8	6.3	2.7	13.6	11
<i>Sanguisorba officinalis</i> (오이풀)	1	1	10	18	0.1	3.8	1.4	3.5	8.8	16
<i>Aster tataricus</i> (개미취)	1	1	10	29	0.1	3.8	1.2	5.6	10.7	14
<i>Stephanandra incisa</i> (국수나무)	2	1	20	108	0.2	3.8	4.7	20.8	29.5	3
<i>Patrinia scabiosaeifolia</i> (마타리)	1	1	10	30	0.1	3.8	2.3	5.8	12.0	13
<i>Leibnitzia anandria</i> (습나무)	4	1	20	29	0.4	3.8	4.7	5.6	14.5	10
<i>Pueraria thunbergiana</i> (쑤)	1	2	10	19	0.1	7.5	2.3	3.7	13.6	12
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	12	3	20	59	1.4	11.5	4.7	11.4	29.0	4
<i>Artemisia japonica</i> (제비쑤)	6	2	40	15	0.9	7.5	9.4	2.9	20.7	6
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)	15	2	20	30	1.7	7.5	4.9	5.8	19.9	7
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> (양지꽃)	2	1	10	16	0.2	3.8	2.3	3.1	9.4	15

Table 5. The structure of an understorey community of a *Pinus densiflora* forest on Mt. Keum-hak (1 m²)

Species	Density	Cover degree	Frequency (%)	Height (cm)	Relative density	Relative cover	Relative frequency	Relative height	Importance value	Order
<i>Agropyron tsushuense</i> var. <i>transiens</i> (개밀)	19	3	75	29.5	14.5	13.6	15.8	10.4	54.3	1
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> (차풀)	4	1	25	4.9	3.1	4.5	5.3	1.7	14.6	13
<i>Patrinia scabiosaefolia</i> (마타리)	6	1	25	5.0	4.7	4.5	5.3	1.8	16.3	10
<i>Festuca ovina</i> (긴의털)	39	2	50	11.9	30.5	9.1	10.5	4.2	54.3	1
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> (솔새)	24	2	25	31.9	18.7	9.1	5.3	11.2	44.3	3
<i>Atractylodes japonica</i> (삼주)	1	1	25	19.0	0.8	4.5	5.3	6.7	17.3	9
<i>Aster tataricus</i> (개머취)	2	1	25	7.9	1.6	4.5	5.3	2.8	14.2	14
<i>Reynoutria elliptica</i> (호장근)	1	1	25	14.6	0.8	4.5	5.3	5.1	15.7	11
<i>Artemisia keiskeana</i> (맑은대쭉)	6	1	25	24.6	4.7	4.5	5.3	8.6	23.1	8
<i>Pinus densiflora</i> (솔나무)	1	3	25	31.0	0.8	13.6	5.3	10.8	30.5	6
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	4	1	25	29.5	3.1	4.5	5.3	10.4	23.3	7
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (억새)	12	2	50	34.9	9.4	9.1	10.5	12.3	41.3	4
<i>Pennisetum deltoideum</i> (산기름나물)	2	1	25	11.0	1.6	4.5	5.3	3.9	15.3	12
<i>Oenothera odorata</i> (달맞이꽃)	7	2	50	29.5	5.5	9.1	10.5	10.4	35.5	5

Table 6. The mechanical analysis of surface soils under the grasslands, shrubs, forest and naked soils on Mt. Keum-hak(%)

Content (%)	Slope	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> Community	<i>Arcemisia stelleriana</i> Community	<i>Rhododendron mucronulatum</i> Community	<i>Zoysia Japonica</i> Community	<i>Pinus densiflora</i> Community	Naked soils
Caly	level	24.25	21.88	21.47	16.20	24.65	21.98
	steep	18.68	18.95	17.52	13.98	20.96	19.97
Silt	level	24.52	14.82	16.86	20.81	25.18	20.89
	steep	18.93	15.85	23.02	22.67	21.93	20.26
Fine sand	level	27.62	16.11	23.18	26.52	24.74	24.10
	steep	21.60	18.78	23.09	24.07	22.96	23.77
Coarse sand	level	23.45	42.68	38.28	35.80	25.18	32.68
	steep	40.79	46.43	36.38	39.29	34.35	36.00

Table 7. The mechanical analyses of erosion soils in the grasslands, shrubs, forest and naked soils on Mt. Keum-hak(kg /10a)

Texture	Community		<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> Community	<i>Arcemisia steieriana</i> Community	<i>Rhododendron mucronulatum</i> Community	<i>Zoysia Japonica</i> Community	<i>Pinus densiflora</i> Community	Naked soils
	Slope							
Caly	Level		0.14	0.16	0.44	0.07	3.33	21.95
	Steep		0.70	0.20	0.57	0.12	10.86	34.85
Silt	Level		0.98	0.35	0.61	0.66	3.15	14.17
	Steep		0.90	1.35	0.50	0.22	11.82	28.06
Fine sand	Level		1.79	1.73	6.05	0.51	31.21	133.32
	Steep		2.10	3.30	2.72	2.06	32.93	123.41
Coarse sand	Level		227.32	231.29	167.05	16.29	548.19	577.35
	Steep		276.73	391.72	206.39	24.28	821.12	825.15
Total	Level		230.23	233.53	170.15	17.53	585.88	746.79
	Steep		280.43	396.57	210.09	26.68	876.73	1011.47

이러한 산지토양이 48시간에 48 mm의 비가 내리는 강우에 침식되는 토양입자의 유실을 식피와 경사도에 따라 비교한 결과는 Table 7에서 보는 바와 같다. 점토(clay)는 5~10°의 평지보다 21~25°의 경사지에서 토양의 유실량이 많았다. 이 결과는 1% 이상의 수준에서 통계학적으로 유의하였다. 미사(silt), 세사(fine sand) 및 조사(coarse sand)의 유실도 5%의 유의수준에서 경사지가 평지의 경우보다도 많았다. 식피에 따른 토양의 유실을 보면 Table 7에서 보는 바와

같이 점토, 미사, 세사 및 조사 등의 모든 토성별 유실량이 잔디군락, 진달래군락, 억새군락, 흰쭉군락, 소나무림, 나지의 순서로 잔디군락에서 평지의 17.53 kg/10a와 경사지의 26.68 kg/10a로 가장 토양의 유실이 적었으며 식피가 전혀 발달하지 않은 나지의 경우가 평지의 746.79 kg/10a와 경사지의 1,011.47 kg/10a로 가장 많은 토양이 침식되었다. 손(1964)에 의하면 경사 10°에서 1년간의 10a당 유실토양량은 나지가 4,500kg, 옥수수밭이 2,000kg, 밀밭이 750kg 및 목초지가 7.5kg으로 나지의 토양유실이 가장 많고 목초지의 경우가 가장 적다고 하였다. 이 실험은 본 연구의 결과와 비교하여 볼 때 일치하는 결과로 해석된다. 이들 결과에 의하면 경사지에 목초대나 잔디대나 관목대를 만드는 것은 가장 좋은 침식방지방법이라는 것을 나타낸다. 초본이나 관목으로 지표면을 전부 덮으면 빗방울의 충격을 약하게 하는 동시에 흐르는 물의 속도를 느리게 하고 유수에 떠있는 토양입자를 여과시켜서 남게 한다. 또한 식물의 많은 뿌리가 단립구조를 만들어 토양이 물을 흡수하는 힘을 증가시켜 줌으로써 토양의 침식을 방지하는 것으로 해석된다. 정(1984)은 강우에 의한 토양의 침식은 10분간에 2mm의 비만 와도 일어나나 강우의 강도가 강하여도 우량이 적으면 토양의 침식은 경미하여진다. 그러므로 식피의 피도가 높을수록 토양의 침식이 감소하고 경사도가 높을수록 비례하여 토양유실은 증가하며 모래, 사양토, 양토, 식양토, 미사식 양토의 순으로 침식이 잘 되고 식질토양이 양질토양보다도 대체로 2~3배 높다고 하였다. 본 실험결과에 의하면 표토의 피복강도가 높은 잔디군락이 다른 식피에 비해 토양의 보존력이 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 김과 장(1975c) 그리고 정(1984)에 의하면 산지 식생의 회복율이 저하하면 우리 나라에서도 바람의 침식으로 표토의 세립이 유실되는 결과를 초래한다고 하였다.

3. 식피별 토양침식에 의한 식물양분의 유실

Table 7에서 보는 바와 같이 토양의 침식은 잔디군락에서 가장 적고 진달래군락, 억새군락, 흰쭉군락, 소나무림의 순서로 증가하여 나지에서 가장 많다는 결과를 얻었다. 그러면 유실토양과 함께 세탈되는 식물이 이용할 수 있는 무기양분의 동태를 알아보기 위해 우선 억새, 흰쭉, 진달래, 잔디의 군락과 소나무림의 표토와 나지의 토양을 토양침식의 실험전에 채취하여 이들 토양이 함유하고 있는 유기물, N, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO를 화학적으로 분석한 결과는 Table 8에서 보는 바와 같다.

나지의 표층 토양의 pH는 5.40이었으며 억새, 흰쭉, 진달래, 잔디 및 소나무군락의 표층 토양의 pH는 각각 5.70, 5.50, 5.40, 5.80 및 5.80이었다. 우리 나라에서 흔히 볼 수 있는 약산성의 산지토양이었다. 나지는 유기물함량을 비롯하여 N, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO 등 모든 식물이 필요로 하는 N, P, K, Ca, Mg 등의 함량수준이 다른 식물군락에 비해 낮았다. 식물군락들 간에는 무기양분에 따라서는 현저한 함량의 차이가 있는 것 같이 보이나 통계분석 결과에 의하면 전체적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 다만 양분별로 그 유실량을 논의할 때 고려할 필요가 있다.

Table 8에서 보는 바와 같은 유실전의 식피토양이 강우에 의해 침식된 유실토양의 유기물, N, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO의 함량을 화학적으로 정량분석하여 식물의 무기양분의 유실을 조사하였다. 그 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

김과 장(1975a)은 수락산 일대의 토양이 황폐화 되는 것은 1975년 당시로 볼 때 삼림의 남벌과 빨감의 채취로 인해 해마다 유입되는 유기물은 적은데 반해 강우로 유실되는 양이 많고 토양입자의 유실에 따른 입성침식에 원인이 있는 것으로 결론하였다. 그러므로 이 황폐화를 방지하기

Table 8. Chemical compositions in the surface soils under the grass, shrub and tree communities and the naked soils on Mt. Keum-hak in Cheolwon-Koon

Content	Slope	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> Community	<i>Arcemisia steieriana</i> Community	<i>Rhododendron mucronulatum</i> Community	<i>Zoysia Japonica</i> Community	<i>Pinus densiflora</i> Community	Naked soils
N (%)	level	0.22	0.15	0.18	0.27	0.14	0.13
	steep	0.45	0.28	0.35	0.24	0.12	0.12
P ₂ O ₅ (ppm)	level	36.50	36.90	36.00	55.00	68.20	23.50
	steep	20.50	19.50	31.70	30.50	40.50	9.50
K ₂ O (mg / 100g)	level	0.30	0.35	0.59	0.59	0.15	0.18
	steep	1.25	1.04	1.54	1.45	0.49	0.15
CaO (mg / 100g)	level	3.27	4.25	3.45	3.23	2.45	2.54
	steep	3.45	4.35	3.05	3.46	3.15	3.05
MgO (mg / 100g)	level	19.95	15.70	10.0	14.00	21.95	9.95
	steep	18.75	11.45	6.90	15.75	19.95	5.94
Organic matter (%)	level	0.36	0.25	0.50	0.28	0.27	0.01
	steep	0.50	0.15	0.55	0.29	0.34	0.02

위해서는 광릉, 지리산, 가야산 등의 삼림에서 볼 수 있는 바와 같이 식목을 하여 삼림을 조성하고 벌채와 낙엽의 채취를 막아야 한다고 하였다. 20년이 경과하는 동안 산림복화 사업으로 식목을 하고 낙엽을 채취하지 않고 취사용과 겨울 난방에너지를 연탄과 가스로 대체하는 정책을 꾸준히 실시한 결과 우리나라의 산야는 오늘과 같이 녹화되게 되었다. 그만큼 토양보존의 효과도 향상된 것이 사실이다.

Fig. 1의 결과에 의하면 토양유기물, N, P₂O₅, K₂O 등의 유실은 교목림인 소나무림의 임상에서 가장 높았고 잔디의 초지군락에서 가장 낮은 결과를 나타내었다. 본 연구결과에 의하면 N나 MgO는 진달래와 잔디군락에서 유실이 적었고 P₂O₅와 K₂O는 억새, 흰썩, 진달래군락에서 유실이 적었다. CaO의 경우는 소나무림과 나지토양에서 대단히 많았고 MgO는 나지토양에서 유실이 많았다. 정(1984)에 의하면 목초지에서 유효태 형태로서 K, Ca, Mg, N 그리고 유기물 등은 0~5cm의 표토층에 집적되어 있기 때문에 토양의 침식과 용탈에 의한 무기양분별 유실은 빈번한 예취와 과방목이 있을 경우에는 자연초지보다도 일시적으로 더 크다고 하였다. 일반적으로 침식과 세탈에 의한 무기양분의 유실은 Ca=Mg, N, K, P의 순이며 우리나라의 연구보고에 따르면 비옥도가 낮은 12° 경사인 산지의 나지토양에서 연간 8.8kg / 10a의 N+P₂O₅+K₂O가 유실되나 초지에서는 그 14.4%인 1.27kg에 불과하다고 보고한 바 있다(농기연, 1978). 이 실험결과를 참고로 하면 각 무기양분별 유실량은 정확히 비교할 수 없으나 나지보다는 삼림, 삼림보다는 관목림과 초지가 토양과 무기양분의 보존에 좋으며 초지 중에서도 잔디군락이 가장 토양보존에 좋다는 것을 알 수 있다.

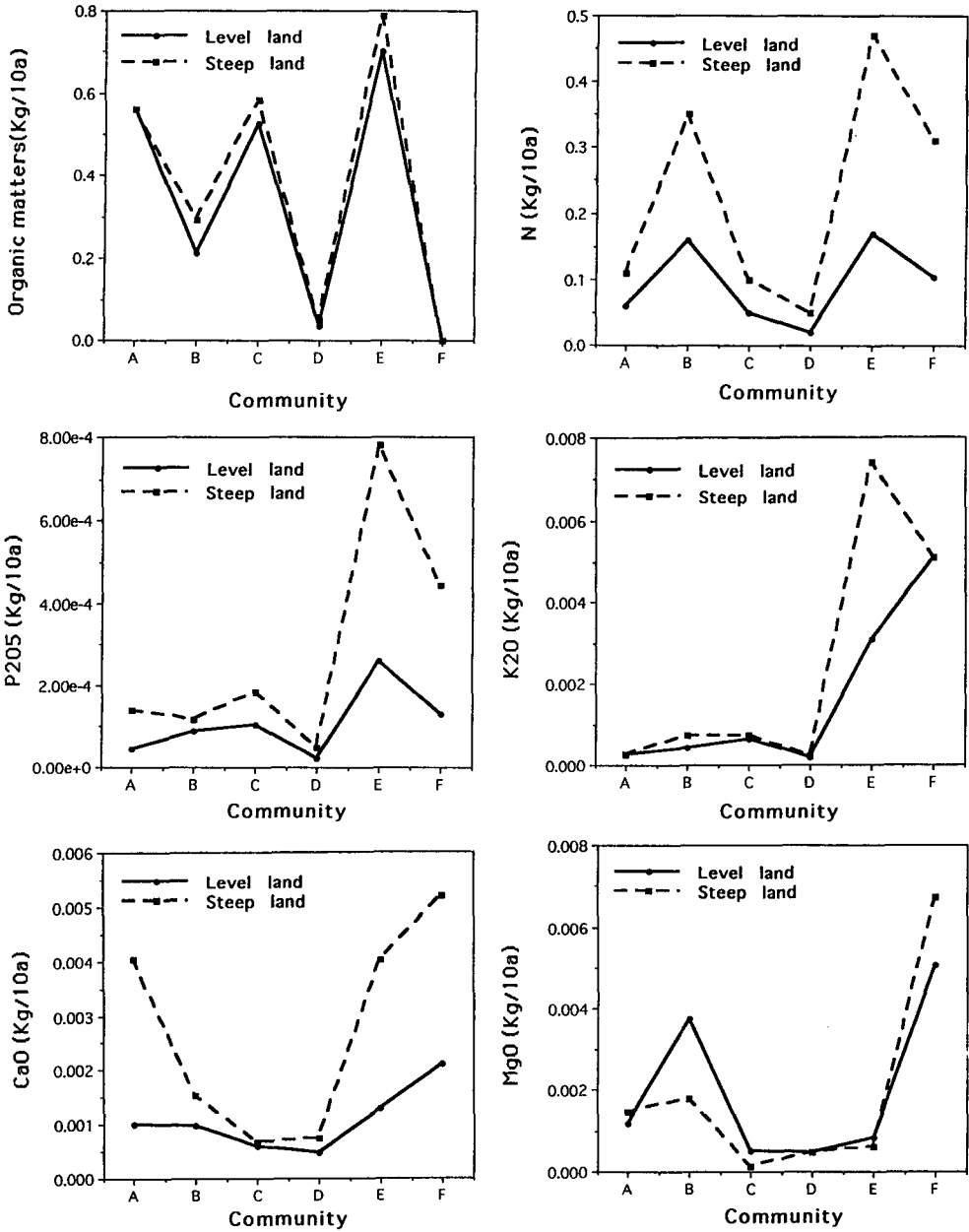


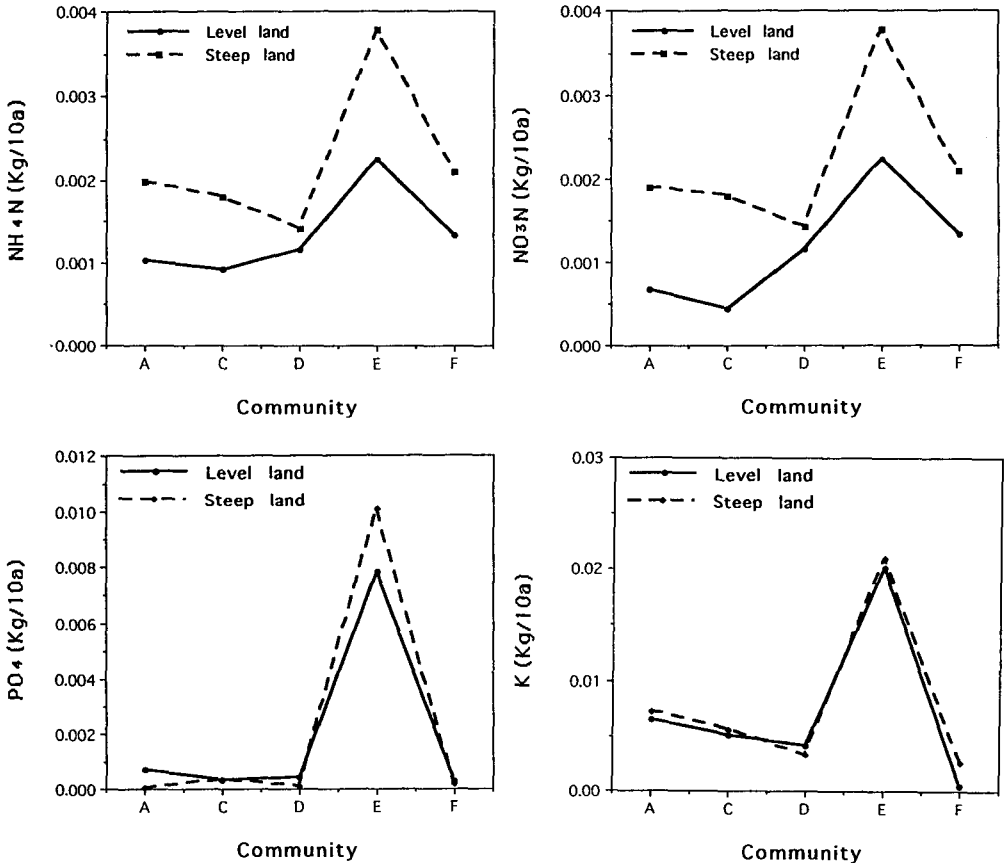
Fig. 1. The contents of N, P₂O₅, K₂O, CaO and MgO of the erosion soils under the grass, shrub and tree vegetations on Mt. Keum-hak in Cheolwon-Koon. A: *M. sinensis* community, B: *A. stelleriana* community, C: *R. mucronulatum* community, D: *Z. japonica* community, E: *P. densiflora* community and F: naked soils.

4. 식피별 강우의 유수에 의한 무기양분의 유실

토양을 덮고 있는 식물의 군락이 얼마나 식물의 무기양분의 세탈을 방지하고 있는지를 조사하기 위해 억새, 진달래, 잔디와 소나무군락 그리고 나지의 표층을 흘러 내리는 빗물을 채취하여 NH₄-N(암모니아태 질소), NO₃-N(질산태 질소), PO₄, K, Ca, Mg, SO₄, Na, Cl 및 SiO₂의 함량을 분석하였다. 그 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다.

식피와 나지의 표면층을 흐르는 빗물은 표층의 토양과 초관과 수관을 흘러내리는 동안에 여러 가지 무기물질을 세탈한다. 그 뿐만 아니라 비가 대기층을 통과할 때 공기에 포함되어 있었던 NO_x, SO_x 등과 같은 물질이 빗물에 용탈되어 pH 5.6이상의 산성비도 내리는 경우가 있다. 그러나 강원도 철원군의 경우는 아직까지 산성비는 내리지 않는 것으로 알려지고 있다. 그러므로 철원군 금학산에서 조사된 식피와 나지의 표면층을 흐르는 물에 함유되어 있는 무기물은 강우에 의해 초관과 수관이나 토양의 표층으로부터 세탈되는 식물의 무기양분으로 보아도 무리가 없는 것으로 생각된다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 NH₄-N, NO₃-N, PO₄, K, Ca, Mg, SO₄, Na, Cl 및 SiO₂의 유실량은 SO₄이외에는 억새, 진달래, 잔디군락 및나지에서 유실되는 양보다도 소나무림에서 세탈되는 양



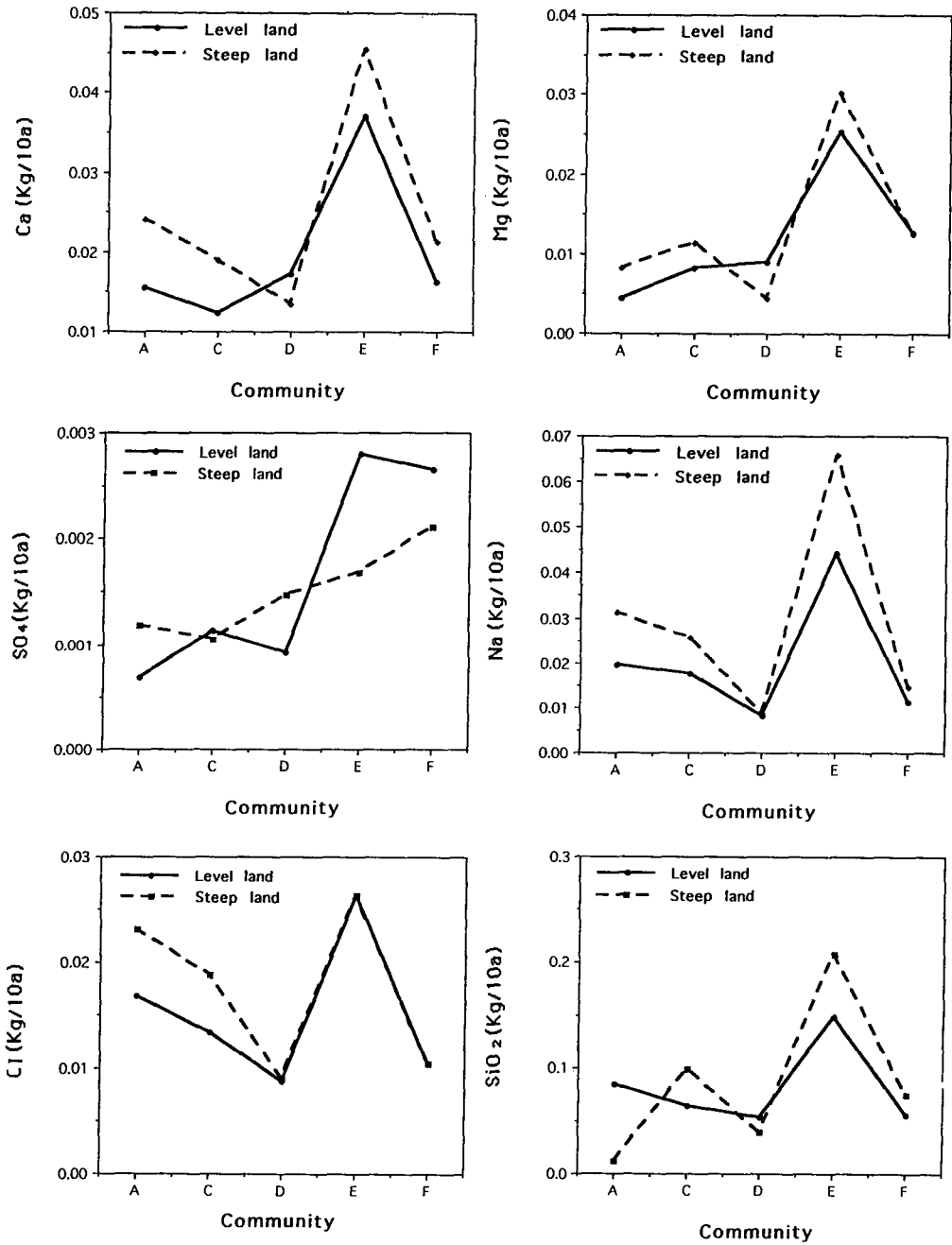


Fig. 2. The contents of the flow water on the surface soils of the floors of the grass, shrub and tree communities and the naked soils on Mt. Keum-hak in Cheolwon-Koon. A: *M. sinensis* community, C: *R. mucronulatum* community, D: *Z. japonica* community, E: *P. densiflora* community and F: naked soils.

이 가장 많았고 SO_4 는 소나무림과 나지에서 유실되는 양이 가장 높았다.

Billings(1950)는 미국의 Nevada와 California의 화산토양에서 *Pinus ponderosa*와 *P. jeffreyi*가 밀도가 낮게 소생하는 원인은 치환성 염기, 인 및 질소의 결핍이라고 하였으며 Yosioka and Saito(1962)는 일본 Sendai의 Mt. Omoshiro와 Mt. Ou의 황폐화 지역은 강산성에 의한 *P. pentaphylla* 임토의 podzol화에 그 원인이 있다고 보고하였다. 김과 장(1975a)은 수락산의 표층 토양의 조사(coarse sand)의 함유비율이 높고 점토, 미사, 세사의 백분율과 유기물의 함량이 낮은 것은 광릉, 지리산, 가야산의 경우와 비교할 때 입성침식에 원인이 있다고 하였다. Fig. 2의 결과에서 분명하게 나타난 사실은 물에 녹을 수 있는 모든 가용태의 무기물은 소나무림상에 내리는 빗물에 가장 많이 용탈된다는 것이다. 이것은 토양과 식물의 무기양분의 보존에는 소나무군락이 다른 식피에 비해 좋지 않다는 것을 암시하고 있다. 실제로 나지도 초지나 관목군락보다는 높으나 소나무군락보다는 낮은 것을 볼 수 있다. 그러나 Table 8의 결과를 고려하면 소나무림보다도 유실율은 높은 것으로 추정된다. 이상의 연구결과로 볼 때 무기양분의 유실도 잔디군락의 경우가 가장 낮은 것으로 평가할 수 있다.

적 요

식피에 따른 토양의 유실과 식물의 무기양분의 용탈을 연구하기 위해 강원도 철원군 금학산에 있는 억새, 흰쭉, 진달래, 잔디 및 소나무가 우점종인 군락을 선택하고 나지를 대조구로 하여 경사도가 5~10°인 평지와 20~25°인 경사지에서 각각 연구한 결과는 다음과 같다.

억새, 흰쭉, 진달래, 잔디, 소나무가 우점종인 군락에서 유실되는 토양입자는 조사가 점토, 미사 및 세사 중에서 가장 많았으며 5~10°의 평지보다는 21~25°의 경사지에서 더 많은 양의 토양이 유실되었다. 나지와 식피에서 일어나는 토양유실은 점토, 미사, 세사, 조사 등 구별할 것 없이 나지에서 대단히 많았다. 군락 중에서는 억새, 흰쭉, 진달래 및 소나무군락의 토양유실이 잔디군락과 비교할 때 9~30배 이르는 결과를 얻었고 소나무군락에서 일어나는 토양의 유실은 억새, 흰쭉 및 진달래군락에 비해 2배이상이나 높은 것으로 나타났다. 그러므로 잔디군락, 진달래군락, 억새군락=흰쭉군락, 소나무림, 나지의 순서로 토양이 유실되었다.

식물의 무기양분이 유실토양과 유실수에 의해 세탈되는 양은 일반적으로 잔디군락이 가장 낮았고 억새와 흰쭉의 초지군락과 진달래의 관목군락이 소나무군락에 비해 대단히 낮았다.

인용문헌

1. Billings, W. D. 1950. Vegetation and plant growth as affected by chemically altered rocks in the Western Great Basin. *Ecology* 31(1):62-74.
2. 정연구. 1984. 사료작물 다수확 재배를 위한 초지토양 관리와 비료. *가리연구회*:80-86.
3. 김준민, 장남기. 1975a. 토양의 침식에 관한 이론적 분석. I. 삼림토양의 침식. *김준민박사 회갑기념논문집*: 122-131.
4. 김준민, 장남기. 1975b. 토양의 침식에 관한 이론적 분석. II. 토양의 생성과 침식에 관한 정의. *김준민박사 회갑기념논문집*: 132-138.
5. 김준민, 장남기. 1975c. 토양의 침식에 관한 이론적 분석. III. 토양의 생성과 침식에 관한 정의. *김준민박사 회갑기념논문집*: 139-144.

6. 김준민, 장남기. 1975d. 토양의 침식에 관한 이론적 분석. IV. 토양의 생성과 침식에 관한 정의. 김준민박사 회갑기념논문집: 145-149.
7. 농업기술연구소. 1978. 주요시험연구업적과 방향. 농촌진흥청.
8. 손창구. 1964. 최신 토양학. 차원사: 219-224.
9. Yoshioka, K. and K. Saito. 1962. Differences in the distribution of forest communities due to topography of the habitats in Okunikkawa, Miyagi Prefecture. *Ecological Review*. 15(4):216-220.