

## 제주지역 목장 토양 및 조사료 자원의 미량광물질 함량 평가

이종언 · 박명희 · 박남건 · 박형수 · 오운용

### The Evaluation of Trace Minerals Levels of Pasture Soils and Forages in Jeju

Chong-Eon Lee, Myung-Hee Park, Nam-Keon Park, Hyung-Soo Park and Woon-Yong Oh

#### ABSTRACT

A study was conducted to determine the trace minerals (Cu, Fe, Cd, Zn, Mo, Se, Mn, Cr, Co, Ni) levels in pasture soils and forages collected in Jeju area. Chemical characteristics and total or soluble trace minerals levels in 187 pasture soil samples (76 very dark brown and 111 black soils) were measured. Total trace minerals contents in hay samples of 60 Italian ryegrass, alfalfa and mixture grasses each were assessed. The pasture soils of Jeju were characterized to have low pH (5.1) and to contain low levels of available  $P_2O_5$  (20.5 mg/kg) and exchangeable Ca, Mg, K, Na (2.6, 0.9, 0.5, 0.2 cmol+/kg, respectively) when comparing to upland soils of Jeju or Korean mainland. All trace elements in total or soluble analysis of pasture soils were detected, and there was a big difference between total and soluble levels. The pasture soils tended to have the higher total Fe, Mn, Ni and Zn contents. Cr in all forages was not detected, but other trace minerals levels showed normal range. The hay samples of Italian ryegrass and mixture grasses produced in Jeju tended to contain higher Mn (105 vs 23 mg/kg) and lower Mo (2.7 vs 4.9 mg/kg) than those of alfalfa hay imported from USA. Results show that trace minerals of pasture soils and forages in Jeju seem to be not deficient, indicating that supplementation of some trace minerals are not always necessary in diets for grazing animals and should be done after careful evaluation of diets with regard to concentrations and biological availability of essential elements.

(Key words : Trace minerals, Pasture soils, Forages)

#### I. 서 론

제주지역의 목장지대는 중산간지에 분포되어 있으며, 농암갈색 또는 흑색 화산회토로 구성되어 있다. 제주의 화산회토는 형태적, 물리적, 화학적 특성이 우리나라 내륙지역 토양과 다르다. 이들 화산회토양은 점토광물인 Allophane을 함유하고 있어 양분용탈이 심해 전형적인 산성 토양의 특성을 보인다(신과 김, 1975). 이 지역에서 방목되는 가축들은 오랫동안 보충 첨가제

의 급여 없이 방목을 통해서만 영양소와 에너지를 얻어왔으나, 최근 들어 미량광물질을 추가 공급하고 있는 농가가 늘고 있다.

목초가 토양으로부터 미량광물질을 흡수하는 범위는 토양의 pH, 수분 함량 또는 초종에 따라 다르다. 토양 pH가 6.5-7.5 사이에서는 P, K, S, Ca 및 Mg의 이용성, pH 5-6 에서는 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 이용성, 알칼리 토양에서는 Mo의 이용성이 각각 높아졌다(Miller, 1984). 뉴질랜드 화산회토에서 자라는 목초에는 인산,

농촌진흥청 난지농업연구소(National Institute of Subtropical Agriculture, RDA)

Corresponding author : Hyung-Soo Park, National Institute of Subtropical Agriculture, RDA.

Phone:064-754-5761. Fax:064-754-5713. E-mail:anpark@rda.go.kr

유황, 가리 등이 부족하며 이로 인해 방목가축의 미량광물질(Co, Se) 결핍을 초래한다고 보고되었다(During, 1964). 영국, 아일랜드의 화산회토양에서는 Co 부족으로 방목가축의 결핍증을 나타내기도 했다(Russell과 Duncan, 1956).

가축들은 목초의 미량광물질 함량뿐만 아니라 방목 중에 직간접적으로 토양을 섭취하기 때문에 토양 자체의 미량광물질 함량 또한 중요하다(Frape, 1998). 미량광물질들은 가축의 흡수 및 이용에 있어 다양하게 상호작용을 나타내고 그 이용성도 다른 미량광물질 함량에 따라 차이를 보인다. Cu 부족증은 방목축에서 넓게 나타나며 특히 토양이나 목초 내 Mo이 과도했을 때 주로 나타난다(Butler와 Jones, 1973).

이들 미량광물질들의 가축 요구량은 극소량이기 때문에 보충급여는 토양 및 사료자원의 함량 등을 고려하여 결정해야 한다. 특정 지역의 목장 토양 및 사료자원의 미량광물질 함량을 조사하여 사양관리의 지표로 삼는 것은 의미가 있다. 따라서 본 연구는 제주지역 목장 토양 및 조사료 자원의 광물질 함량을 조사하여 초지 및 가축사양관리의 기초자료로 활용하기 위해 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료 수집

토양 및 조사료 시료는 2001년 8월부터 10월 사이에 채취되었다. 지역별 또는 토양 형태별로 제주지역 98목장에서 187 토양시료(농암갈색 76, 흑색 111)를 채취하여 그늘에서 건조 후 분석에 활용하였다. 토양시료 채취 시 채초지는 제외시켰다. 표토층(지표에서 약 5cm)은 버리고 지표에서 5~15cm 사이의 시료를 채취하였다.

제주지역 말 사육농가 20호를 방문하여 농가에서 자체 생산해서 이용하고 있는 이탈리아라이그라스, 혼합목초 건초 및 미국에서 수입된

알팔파 건초 각 60시료를 채취했다. 조사료 시료는 dry oven 70°C에서 48시간 건조 후 분쇄하여 분석에 이용되었다.

### 2. 시료 분석

토양 pH, 유효인산, 치환성양이온 함량은 농촌진흥청 토양화학분석법(1988)에 따라 분석되었다. 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5 비율로 희석하여 pH meter(Inolab, WTW)로 측정되었다. 유효인산은 Lancaster법, 치환성 양이온(Na, K, Ca, Mg)은 Brown법에 따라 침출시킨 후 ICP(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, ICP-AES; SPECTRO Analytical Instruments, GmbH, Kleve, Germany)를 이용 분석되었다.

토양 및 조사료의 미량광물질 총 함량(Cu, Fe, Cd, Zn, Mo, Se, Mn, Cr, Co, Ni)은 AOAC(1996)의 전함량분석법에 따라 산분해(HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HCl)를 실시한 후 ICP 방출 분광법으로 분석되었다. 토양의 미량광물질 가용성함량 분석을 위해 Fe은 DTPA(diethylene-triamine pentaacetic acid)법, 나머지 미량광물질은 0.1N HCl법을 적용하여 침출시켰다(SSSA, 1996). 토양 시료 각 10g과 DTPA (30 mL) 또는 0.1N HCl(50mL) 침출액을 100mL 삼각플라스크에 넣고 30°C 항온수평 진탕기에서 각각 2시간 또는 1시간씩 진탕 후 Toyo No. 6 여과지로 여과한 후 ICP를 이용 분석했다.

### 3. 통계분석

SAS Package를 활용 통계분석을 실시하였고, 토양 무기물 간의 상관분석을 위해 Pearson correlation을 적용하였다.

## III. 결과 및 고찰

제주지역 목장 토양의 화학적 특성은 Table 1

Table 1. The chemical characteristics of pasture soils of Jeju area<sup>1)</sup>

Item	pH	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg	Exchangeable Cations cmol+/kg			
			Ca	Mg	K	Na
Overall						
Average	5.1	20.5	2.6	0.9	0.5	0.2
SD	0.3	18.8	2.7	0.8	0.3	0.1
Maximum	6.1	105.8	11.8	4.9	2.1	0.6
Minimum	4.1	1.2	0.1	0.1	0.1	0.01
Very dark brown	5.0	19.8	2.6	0.9	0.6	0.2
Black	5.2	21.4	2.7	0.9	0.5	0.2

<sup>1)</sup> Values are means of 187 soil samples (76 very dark brown and 111 black soil) collected from 98 different pastures in Jeju area.

에 나타내고 있다. 목장토양의 pH는 전체 5.1, 농암갈색 5.0, 흑색 토양 5.2를 보이고 있다. 이는 농촌진흥청에서 1995년부터 1999년까지 우리나라 전체 밭토양의 화학특성을 검정한 결과(농촌진흥청, 2000)와 비교해 볼 때, 제주지역 밭토양(pH 5.1)과는 차이가 없으나 내륙지방 밭토양(pH 5.7) 보다는 산성임을 알 수 있다. 제주지역 목장토양에서 pH가 낮은 것은 전형적인 화산회토의 특성으로 양분용탈이 심해 기인된 것으로 판단된다. 토양의 pH는 목초의 생육뿐만 아니라 식물의 광물질 흡수에 영향을 미치기 때문에 제주지역 목장의 산성토양은 광물질 이용성에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

유효인산은 제주지역 목장토양에서 20.5 mg/kg으로 제주지역 밭토양(1988년 84, 1999년 382 mg/kg)에 비해 매우 낮게 나타나고 있다. 이는 양 등(1989)의 1987년 제주지역 중산간지 목장토양의 유효인산 함량(19.1 mg/kg)과 비슷하게 나타나고 있어 목장토양에서는 년도에 따른 변화를 보이지 않고 있음을 알 수 있다. 밭토양의 경우 해마다 유효인산이 계속 증가하고(농촌진흥청, 2000) 있음을 볼 때, 목장토양에서는 화학비료 사용량이 적어 유효인산이 낮게 나타난다고 볼 수 있다.

치환성 Ca, Mg, K, Na은 각각 2.6, 0.9, 0.5, 0.2 cmol+/kg으로 낮게 나타나고 있다. 우리나라 밭토양의 치환성 Ca, Mg, K 함량은 제주지역(1988년; 3.7, 1.4, 0.6 vs 1999년; 4.0, 1.5, 1.2)과 내륙지역(1988년; 4.6, 1.4, 0.6 vs 1999년; 5.3, 1.9, 1.1) 모두에서 년도에 따라 증가하고 있는데 이는 비료 과다사용에 의한 효과로 보고 있다(농촌진흥청, 2000). 따라서 제주지역 목장토양에서 밭토양에 비해 낮은 치환성 양이온 함량은 시비량이 적은데서 기인된 것으로 추측된다. 제주지역 목장토양에서 농암갈색 및 흑색토양 간 화학적 특성의 차이는 보이지 않는다.

제주지역 목장 토양의 미량광물질 총 함량 및 가용성 함량은 Table 2에 나타내고 있다. 본 연구에서 분석된 토양 미량광물질 중 총 함량이나 가용성 함량 모두에서 검출되지 않은 원소는 없었다. 농암갈색 및 흑색 화산회토 간의 미량광물질 함량 차이는 보이지 않았다. 토양의 미량광물질 함량은 토양 특성 및 지역에 따라 다양하게 나타나기 때문에 타 지역 토양의 미량광물질 함량과 비교 해석하기가 어렵다. 제주지역 목장토양에서 분석된 미량광물질 함량은 일반적인 토양 미량광물질 함량의 범위를

Table 2. The total or soluble trace mineral levels of pasture soils in Jeju area<sup>1)</sup>

Item	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Se	Co
Total content										
	mg/kg, DM basis									
Average	86.2	871	53881	73.4	34.8	104	16.2	4.3	5.4	3.7
SD	20.3	216	10383	30.6	9.1	28.5	5.5	1.1	1.2	1.3
Maximum	149	1411	88200	159	56.9	225	30.9	7.5	9.0	7.6
Minimum	34.2	407	37110	15.1	14.3	62.4	7.3	2.2	2.3	1.2
Very dark brown	74.1	844	49008	59.0	28.9	98.3	13.8	3.7	4.9	3.0
Black	94.4	890	57165	83.6	38.8	109	17.8	4.7	5.7	4.2
Soluble content										
Average	0.27	51.3	75.6	1.69	0.31	11.4	0.70	0.24	0.35	0.07
SD	0.08	22.6	31.4	0.73	0.31	13.5	0.14	0.04	0.06	0.03
Maximum	0.53	161	239	3.06	3.63	74.7	1.02	0.37	0.45	0.24
Minimum	0.18	8.2	30.0	0.10	0.08	1.2	0.25	0.13	0.14	0.01
Very dark brown	0.27	55.6	80.5	1.67	0.40	12.1	0.73	0.24	0.34	0.06
Black	0.26	48.4	72.6	1.71	0.26	11.1	0.69	0.24	0.35	0.07

<sup>1)</sup> Values are means of 187 soil samples (76 very dark brown and 111 black soil) collected from 98 different pastures in Jeju area.

크게 벗어나지 않고 있다. 다만 Mn, Ni, Zn 총 함량은 다소 높게 나타나고 있으나 이는 제주 화산회토의 특성으로 보인다. 토양 미량광물질 모든 원소에서 총 함량에 비해 가용성 함량은 낮게 나타나고 있어 대부분 불용성 형태로 존재하고 있음을 알 수 있다.

제주지역 목장 토양의 pH, 치환성양이온 및 총 미량광물질 함량 간의 상관분석은 Table 3에 나타내고 있다. 제주지역 목장 토양의 pH와 토양 중의 치환성 Na, Mg, K, Ca, 토양 중의 총 Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Se, Co 함량들 사이에는 높은 상관관계가 있었다( $P < 0.01$ ). 토양의 유효인산 함량과 토양 중 치환성 Mg, K, Ca 함량들, 토양 중 총 Zn, Se, Co 함량들 사이에도 높은 상관관계가 있었다( $P < 0.01$ ). 특히 Mg과 Ca(0.74), Cr과 Fe(0.72), Cr과 Ni(0.83), Ni과 Cu(0.73), Mo과 Cd(0.95), Co와 Fe(0.83), Co와

Ni(0.83) 사이에서 상관계수가 높게 나타나고 있다.

토양 미량광물질 가용성 함량 전체가 목초 또는 가축이 흡수 이용할 수 있는 형태라고 보기는 어렵다. 이들 미량원소들은 식물이나 동물에서 필수 원소들이지만 극소량이 요구되고 이용성이 낮기 때문에 토양, 목초 및 가축 혈 중 미량광물질 함량 간 상관관계는 미미하다(양 등, 1989). 또한 목초의 광물질 이용성은 토양 수분 함량이나 pH 등 다양한 요인에 영향을 받는다. 토양 pH가 6.5-7.5 사이에서는 P, K, S, Ca 및 Mg의 이용성, pH 5-6에서는 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 이용성, 알칼리 토양에서는 Mo의 이용성이 각각 높아졌다(Miller, 1984). 따라서 제주지역 목장 토양이 산성(pH 5.1)임을 감안할 때, 목초에 의한 토양의 Fe, Mn, Cu 및 Zn 이용성은 높고, P, K, S, Ca, Mg 및 Mo

Table 3. Correlation coefficient (r) between pH, available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, exchangeable cations and total trace minerals contents

	pH	P	Na	Mg	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Se	Co
pH	1.0															
	0.0															
P	-0.01	1.0														
	0.81	0.0														
Na	0.27	-0.12	1.0													
	0.001	0.08	0.0													
Mg	0.51	0.58	0.20	1.0												
	0.001	0.001	0.005	0.0												
K	0.22	0.41	0.50	0.57	1.0											
	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0											
Ca	0.55	0.50	0.20	0.74	0.36	1.0										
	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.0										
Cr	0.28	0.07	-0.02	0.28	0.05	0.14	1.0									
	0.001	0.32	0.74	0.001	0.47	0.04	0.0									
Mn	0.33	-0.12	0.18	0.25	0.16	0.11	0.35	1.0								
	0.001	0.10	0.009	0.001	0.02	0.13	0.001	0.0								
Fe	0.27	-0.13	0.03	0.18	-0.01	0.02	0.72	0.45	1.0							
	0.001	0.07	0.67	0.01	0.94	0.76	0.001	0.001	0.0							
Ni	0.41	0.13	-0.03	0.42	0.18	0.22	0.83	0.44	0.69	1.0						
	0.001	0.07	0.66	0.001	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0						
Cu	0.33	0.05	-0.19	0.24	-0.09	0.19	0.67	0.25	0.39	0.73	1.0					
	0.001	0.43	0.008	0.001	0.18	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0					
Zn	0.01	0.51	-0.25	0.36	0.14	0.21	0.20	0.18	0.02	0.31	0.46	1.0				
	0.83	0.001	0.001	0.001	0.04	0.004	0.005	0.01	0.73	0.001	0.001	0.0				
Mo	0.01	-0.11	-0.51	-0.20	-0.43	-0.13	0.31	-0.13	0.21	0.39	0.63	0.26	1.0			
	0.87	0.13	0.001	0.005	0.001	0.07	0.001	0.05	0.003	0.001	0.001	0.001	0.0			
Cd	0.09	-0.14	-0.45	-0.14	-0.39	-0.12	0.48	-0.01	0.42	0.54	0.69	0.24	0.95	1.0		
	0.20	0.05	0.001	0.04	0.001	0.09	0.001	0.95	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0		
Se	0.24	0.21	-0.12	0.40	0.19	0.21	0.67	0.32	0.77	0.64	0.35	0.24	0.13	0.30	1.0	
	0.001	0.004	0.10	0.001	0.008	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.06	0.001	0.0	
Co	0.32	-0.17	-0.08	0.12	-0.09	0.01	0.73	0.48	0.83	0.83	0.65	0.18	0.51	0.68	0.63	1.0
	0.001	0.01	0.25	0.08	0.21	0.84	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01	0.001	0.001	0.001	0.0

의 이용성은 낮은 것으로 추측된다.

말 방목 또는 사사의 사양형태, 급여하는 사료종류에 따라서도 혈 중 미량광물질 함량은 차이가 난다(Lee 등, 2002). 방목 가축들은 목초뿐만 아니라 토양을 통해서도 광물질을 공급 받는다(Frape, 1998). 미량광물질들은 가축의 흡수 및 이용에 있어 다양하게 길항작용을 나타내고 그 이용성도 다른 미량광물질 함량에 따라 차이를 보인다. 예를 들어 말에서 Cu 부족 혈증은 방목축에서 넓게 나타나며 특히 토양이나 목초 내 Mo이 과도했을 때 주로 나타난다(Butler와 Jones, 1973). 본 연구에서 분석된 토양 미량광물질들이 방목 가축에서 어느 정도까지 이용되는지 구명하기는 어렵다. 다만 가축

에게 필수적으로 요구되는 미량원소들 중 특별히 결핍된 원소는 없는 것으로 보아, 방목을 통해 목초나 토양으로부터 필요한 원소들을 공급받을 수 있을 것으로 사료된다.

제주지역 말 목장에서 가장 많이 활용하고 있는 이탈리아라이그라스, 혼합목초 및 미국으로부터 수입된 알팔파 건초의 미량광물질 함량은 Table 4에 나타내고 있다. Cr을 제외하고는 모든 미량광물질이 검출되었다. 지금까지의 연구결과에서 목초의 미량광물질 함량은 Co 0.05-2.0, Cu 4-15, Mn 15-100, Mo 1-100, Ni 0.2-2, Zn 8-15 mg/kg 정도를 정상범위로 보고 있다(Brown 등, 1987; Follet 등, 1985; Mengel 등, 1978). 본 연구에서 분석된 수입 알팔파 건

Table 4. The trace minerals contents of forages collected from horse farms in Jeju<sup>1)</sup>

Item	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Se	Co
mg/kg, DM basis										
Alfalfa hay <sup>2)</sup>										
Average	ND	23.5	197.8	10.2	9.4	28.2	4.9	0.43	0.22	0.20
SD		4.6	61.6	2.6	1.8	9.3	1.3	0.11	0.19	0.04
Maximum		31.0	301.3	15.0	11.9	52.0	7.0	0.65	0.51	0.23
Minimum		18.0	135.9	6.6	6.7	18.4	2.8	0.23	ND	0.11
IRG hay <sup>3)</sup>										
Average	ND	105.1	123.1	8.1	6.7	27.1	2.7	0.48	0.11	0.21
SD		40.3	53.5	1.9	1.5	11.6	0.55	0.15	0.12	0.04
Maximum		172.8	244.9	11.2	10.4	65.1	0.87	0.87	0.365	0.27
Minimum		39.3	70.3	6.3	4.0	16.4	0.29	0.29	ND	0.15
Mixture grasses hay <sup>3)</sup>										
Average	ND	106.9	120.2	8.5	6.6	32.5	2.8	0.51	0.12	0.26
SD		16.7	23.6	3.1	1.1	3.1	0.21	0.08	0.14	0.06
Maximum		134.0	146.0	13.5	8.9	36.2	3.1	0.60	0.365	0.35
Minimum		88.5	89.7	6.3	5.6	28.2	2.5	0.37	ND	0.19

<sup>1)</sup> Values are means of 60 samples collected from 20 different horse farms in Jeju area.

<sup>2)</sup> Alfalfa hay was imported from USA without knowing production area.

<sup>3)</sup> Italian ryegrass (IRG) and mixture grasses hay were produced in Jeju horse farms.

ND = not detected.

초와 제주지역에서 생산된 건초 모두 일반적인 미량광물질 범위를 보여주고 있다. 그러나 제주지역에서 생산된 건초가 수입 알팔파 건초보다 Mn 함량(105 vs 23 mg/kg)은 높고 Mo 함량(2.7 vs 4.9 mg/kg)은 낮게 나타나고 있다. 이는 초종이나 제주지역 산성토양의 특성으로 인한 광물질 흡수 이용성의 차이로 추측된다. Lee 등(2002)은 말 방목 전 목초의 Fe과 Zn 함량이 각각 122, 27 mg/kg에서 방목 2개월 후에는 각각 295, 35 mg/kg으로 크게 증가 했는데 이는 방목으로 인한 목초로의 토양 오염 때문으로 보고하고 있다. 따라서 토양 미량광물질들이 건초제조과정에서 유입될 가능성도 있다. 이처럼 목초의 미량광물질은 식물체가 직접 흡수한 함량과 토양으로부터 직접 혼재된 함량이 섞여 있다고 볼 수 있다.

토양 또는 목초에 함유된 미량광물질에 대한 가축의 이용성에 대해서는 추가 연구검토가 필요하다. 본 연구결과 제주지역 목장 토양 및 조사료에서 특정 미량광물질이 결핍되어 있는 것으로 보이지 않는다. 따라서 가축에게 미량광물질 첨가제의 보충급여는 사양형태나 사료 중 함량 및 이용도에 따라 결정해야 할 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 제주지역 목장 토양 및 조사료 자원의 미량광물질 함량을 평가하기 위해 수행되었다. 제주지역 98 목장에서 187 토양시료(농암갈색 76, 흑색 111) 및 말 능가에서 활용되고 있는 이탈리아라이그라스 건초, 혼합목초 건초, 수입 알팔파 건초 각 60 시료를 채취해서 분석했다. 토양시료는 화학특성(pH, 유효인산, 치환성 양이온 함량)과 미량광물질(Cu, Fe, Cd, Zn, Mo, Se, Mn, Cr, Co, Ni) 총 함량 및 가용성 함량이 분석되었고, 조사료 시료는 미량광물질 총 함량이 분석되었다. 토양의 pH는 전체적으로 산성을 띄고 있었다(pH 5.1). 목장 토양

유효인산은 20.5 mg/kg, 치환성 Ca, Mg, K, Na 은 각각 2.6, 0.9, 0.5, 0.2 cmol+/kg으로 낮게 나타나고 있다. 목장 토양 미량광물질 중 총 함량이나 가용성 함량 모두에서 검출되지 않은 원소는 없었다. 토양 미량광물질 총 함량에 비해 가용성 함량은 매우 낮은 수준을 나타냈다. 토양 미량광물질 중 Fe 총 함량이 가장 높고, Mn, Ni, Zn 총 함량도 다소 높게 나타났다. 부분적으로 토양 무기물 간 상관성이 높았다. 조사료 자원에서 Cr은 검출되지 않았다. 기타 미량광물질 함량은 수입 알팔파 건초와 제주지역에서 생산된 건초 모두 일반적인 범위를 보여주었다. 그러나 제주지역에서 생산된 건초가 수입 알팔파 건초보다 Mn 함량(105 vs 23 mg/kg)은 높고 Mo 함량(2.7 vs 4.9 mg/kg)은 낮은 수준을 보였다. 본 연구결과 제주지역 목장 토양은 대부분 산성을 나타내고 양분 함량도 낮게 나타나고 있다. 제주지역 목장 토양 및 조사료에서 특정 미량광물질이 결핍되어 있는 것으로 보이지 않는다. 따라서 가축에게 미량광물질 첨가제의 보충급여는 사양형태나 사료 미량광물질의 함량 및 이용도 등을 고려하여 결정해야 할 것으로 사료된다.

#### V. 인용 문헌

1. AOAC. 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA.
2. Brown, P.H., Cary E.E. and Chekai, R.T. 1987. Beneficial effects of nickel on plant growth. *J. Plant Nutr.* 10:2125-2135.
3. Butler, G.W. and Jones, D.I.H. 1973. Mineral biochemistry of herbage. In; G. W. Butler and Baily, R. W. *Chemistry and Biochemistry of herbage*. Vol 2. Academic Press. London., New York. 127-162.
4. During, C. 1964. The amelioration of volcanic ash soils in New Zealand. *FAO World Soil Resources Reports* 14:129.
5. Follett, R.F. and S.R. Wilkinson. 1985. Soil fertility and fertilization of forages. In *ME Health,*

- Barnes, R.F. and D.S. Metcalfe (eds.), Forages: The Science of Grassland Agriculture, 4th ed. Ames:Iowa State Univ. Press, 304-317.
6. Frapce, D. 1998. Equine nutrition and feeding 2nd ed., Blackwell Science Ltd., Oxford, UK, p. 56.
  7. Lee, C.E., N.K. Park, S.H. Jin, Y.J. Kim, D.H. Kang and K.I. Kim. 2002. Changes in serum vitamin E and trace minerals levels and other blood parameters in growing Thoroughbred horses during the period of pasture grazing and stable feeding. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*. 44(6): 719-726.
  8. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1978. Principles of Plant Nutrition. 4th ed. Worblaufen-Bern, Switzerland: International Potash Institute.
  9. Miller, D.A. 1984. Forage fertilization. In forage crops. New York: McGraw-Hill, 121-60.
  10. Russel, F.C. and D.L. Duncan. 1956. Minerals in pasture. Deficiencies and excesses in relation to animal health. Common Wealth Bureau of Animal Nutrition Technical Communication No. 15. Rowett Institute, Buckleurn, Aberdeen shire, Scotland. 170.
  11. SAS. 1988. SAS/STATR: User's Guide (Release 6.03), SAS Inst. Inc., Gary, NC.
  12. SSSA BOOK SERIES: 5. 1996. Methods of Soil Analysis: part 3-chemical methods. Soil Science of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
  13. 김문철, 김규일, 이현종, 양기천. 1990. 제주도 중산간목장지대에서 토양-목초-가축 간 무기영양소의 상호작용. II. 방목지 토양, 목초, 우유내 무기물함량의 상호관계. *한축지*. 32(3):170-178.
  14. 농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 발토양환경보전관리기술 종합보고서. 105-125.
  15. 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법.
  16. 신용화, 김형욱. 1975. 화산회토의 특성에 관하여. *J. KOREAN SOC. SCI FERT.* 8(3):113-119.
  17. 양기천, 정창조, 김중계, 김문철. 1989. 제주도 중산간지대 공동목장의 토양, 목초, 육우혈청 중 계절별 유기질소 및 무기물 함량. *한축지*. 31(4): 261-270.