

Orchardgrass 및 White Clover의 單播 및 混播 재배에서 미량요소(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B)의 組合施肥가 牧草의 여러 특성에 미치는 영향

IV. 牧草 중 미량요소(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B)의 함량 변화

鄭 連 圭

Effects of Combined Micronutrient(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo and B) Application on Forage Traits in Pure and Mixed Swards of Orchardgrass and White Clover

IV. Changes in the contents of micronutrients in forage plants

Yeun Kyu Jung

ABSTRACT

This pot experiment was conducted to investigate the effects of combined micronutrient application(T₁; control, T₂; Fe, T₃; Fe+Mn, T₄; Fe+Mn+Cu, T₅; Fe+Mn+Cu+Zn, T₆; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo, T₇; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B) on forage performance of pure and mixed cultures of orchardgrass and white clover. This 4th part was related to the changes in the contents of micronutrients(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B) in forages. The results obtained are summarized as follows:

1. General differences have been showed in the contents of micronutrients based on the treatments, forage species, pure/mixed culture, cutting order, and additional fertilization, especially N. Compared to pure culture, orchardgrass showed relatively high contents of Mn and Zn, and low contents of B and Fe in mixed culture. White clover, however, tended to be exactly opposed to the above trends. The contents of Cu and Mo did not show any differences between pure and mixed cultures.
2. In relative comparison, the T₇ influenced negatively on the contents of Cu, Zn, and Mo in orchardgrass. The T₇ also influenced negatively on the contents of Mo in white clover. However, the T₇ influenced positively on the contents of Mn in orchardgrass, and also influenced positively on the contents of Fe, Mn, and Cu in white clover. Because of the antagonism between Fe and Mn, the Fe contents in both forages were significantly decreased by the T₃. Under the various conditions, the differences among Fe contents tended to be more significant in white clover than in orchardgrass.
3. At the T₆ and T₇, the Mo contents in both forages tended to be relatively high. The Mo contents, however, were somewhat decreased by the T₇. The Mo-toxicity, which was caused by the high Mo-contents, tended to be diminished, and was likely to be prevented by the optimum B/Mo ratio and B application(T₇).

(Key words : Combined micronutrients, Orchardgrass, White clover, Pure and mixed swards, Contents of micronutrients; Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B)

I. 서 론

필수 微量元素는 植物이나 家畜에 중요한 생리기능을 하지만 과다 시에는 해롭기도 하며, 또한 부족 시에는 活性 결핍증상이 나타나기 전에 수량감소가 일어나기도 한다(Klapp, 1971). 근대농업에서는 農産物 증수를 위하여 편향된 3要素 중심의 화학비료가 과다 사용되고 있으며 이에 따라서 作物/飼料 및 家畜에 미량요소 결핍이 자주 발생되고 微量元素 시비의 필요성이 증대되고 있다.

多量 및 微量元素 양분의 조화된 시비는 飼料作物의 수량과 품질의 향상을 이루고 이로써 畜産物 증산에 기여할 것이며, 이들의 부조화는 飼料와 家畜에게 미량요소의 결핍을 초래할 것이다(Nieschlag, 1966). 草地에서 질소와 다량요소의 시비에는 미량요소의 공급문제와 결부되어야 한다. 이는 飼料의 수량증수 문제와 더불어 家畜의 미량요소 요구도와 연관되기 때문이다.

草地에서 orchardgrass + white clover는 기본적으로 적합한 混播組合(Jung and Baker, 1973; Fischbeck et al., 1975)이다. 그러나 이들 混播栽培의 특성은 시비, 이용방법, 파종량, 기후조건 등에 따라서 크게 영향을 받는다. orchardgrass는 조기생육, 상번초/장초장, 빠른 재생육, 半陰地에 강한 특성을 보이며, white clover는 늦은 생육, 하번초/중초장, 보통정도의 재생육의 특성을 갖는다. 또한 두 草種간 根系, 根深, 根량이 다르고 이는 混播 특성에 큰 의미를 갖고 있다.

또한 두 草種간 양분흡수 특성차이에서는 草種 특성상 뿌리의 CEC가 달라 양분 전유능력에 크게 차이점을 보인다. 두 草種별 양분 함량과 요구도에 차이가 있으며 또한 생육리듬(N-고정 등)도 다르다. 이러한 여러 재배 및 관리방법과 草種 특성에 따라서 牧草의 生育, 收量 및 品質 등이 큰 영향을 받는다.

植物體 내 모든 양분이온은 각 이온의 농도

뿐만 아니라 이들간 相互作用도 중요한 생리기능의 특성이다. 이 경우 養分の 흡수, 이동 및 생리기능에 상호간 길항적 또는 상조적 기능을 보인다(Finck, 1969). 필수 미량요소 간 상호 拮抗作用의 가능성은 Fe/Mn, Fe/Cu, Mn/Cu, Mn/Mo, B/Mo 등을 들 수 있다(Bergmann and Neubert, 1976). 이러한 微量元素들의 특성과 관련하여 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo 및 B의 순차적인 組合施肥가 草種(grass-clover) 및 재배방법(單播/混播)별 목초의 다양한 생육특성에 미치는 시비효과를 구명하고자 하였다. I報(생육), II報(수량), III報(조/순단백질)에 이어서 본 IV報에서는 미량요소들의 함량에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시배지 및 재료

공시배지는 함유양분이 매우 척박한 점유질 peat soil(품질규격 <독일> : 17S DIN 11540)을 사용하였으며 pot에 가볍게 누르면서 담았다. 培地인 peat soil의 pH를 조정하기 위해서 20g의 CaCO₃를 pot당 혼합하여 원래의 pH 3.0 수준을 6~7 수준으로 改良하였다. 사용된 배지 용기는 플라스틱 제품으로 높이 19cm, 직경 20cm인 크기를 갖는 pot를 사용하였다. 供試草種은 orchardgrass(*Dactylis glomerata* L. var. Potomac)와 white clover(*Trifolium repens* L. var. NFG Giant)이었으며 이를 각 單播 및 混播栽培에 파종하였다.

각 처리별 동일하게 사용된 草地造成 및 유지관리 비료인 多量要素 시비양분의 종류와 시비기준은 표 1과 같다. 표 1에 상응하는 多量要素 비료의 종류와 이들 비료의 시비량은 pot 당 Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 67me, epsomsalt (MgSO₄ · 7H₂O) 23me, KH₂PO₄ 45me, KNO₃ 61me, Mg(NO₃)₂ · 6H₂O 44me이었으며 이를 예취별로 나누어 分施하였다. 이들 다량요소 肥

Table 1. Amounts of macro-elements used for establishment and maintenance of the pure and mixed swards of orchardgrass-white clover

Unit	Anions(A)				Cations(C)				Total ions (A)+(C)
	N	S	P	Σ	K	Ca	Mg	Σ	
me/pot	172	23	45	240	76	67	67	210	(240)+(210)=450
% ¹⁾	71	10	19	100	36	32	32	100	(53.3)+(46.7)=100.0

¹⁾ %; relative percent of application rates, related to the application amounts (me/pot).

料的 예취별 分施 기준은 총 450 me/pot에서 基肥(草地造成 및 1차 예취)로 100me, 2차 예취 100me, 3차 예취 100me, 4차 예취 50me, 5차 예취는 무시비, 6차 예취는 100me로 각 前回 예취 직후 분시하였으며 多量要素 양분 총합계 450me/pot를 시험기간 중 시비하였다. 시비시 양분 화합물의 침전을 방지하기 위해서 3개 群; 1) $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O + KNO_3 + Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, 2) $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 3) KH_2PO_4 로 나누어 水溶液을 만들었고 따로 따로 分施 하였다.

播種전 석회시비로 산도를 조정한 培地에 草地造成 및 1차 예취(수확)를 위한 다량요소 분시량과 병행하여 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo 필수 미량요소의 組合施肥(표 2 참조) 처리별 전량을 培地와 잘 섞어서 pot에 넣었다.

파종은 발아율이 약 70%에 달하는 각 種子

를 單播栽培에선 각각 200mg/pot를 파종하였고 이들의 混播栽培에선 orchardgrass 120mg과 white clover 80mg 합계 200mg/pot를 파종하였다. 이 파종량은 단파재배와 비교한 혼파재배에서 두 草種의 경합지수 산정을 용이하게 하기 위한 적합한 파종량과 비율로 하였다. 播種은 구멍이 있는 파종 보조판을 이용하였다. 牧草栽培는 이동식 패도시설이 된 植物生長溫室(glasshouse)에서 自然光 조건에서 재배하였다. 물 주기는 미량요소 시험의 정밀성을 높이기 위해서 이온교환수를 이용하였다. 播種은 5/11일, 1차 예취는 6/15일(5주 생육), 2차 예취는 7/6일(3주 생육), 3차 예취는 7/27일(3주 생육), 4차 예취는 8/17일(4주 생육), 5차 예취는 9/14일(4주 생육), 6차 예취는 10/12일(4주 생육)에 각각 실시하였다. 예취는 5cm 높이로 하였다.

Table 2. Application amount and combination of micronutrients used for establishment and maintenance of the pure and mixed swards of orchardgrass and white clover

Treatments ¹⁾	Cations(me/pot)					Anions(me/pot)		
	Fe	Mn	Cu	Zn	Σ	Mo	B	Σ
T ₁	0.025	0.025	0.0125	0.0125	0.0750	0.015	0.06	0.075
T ₂	0.250	0.025	0.0125	0.0125	0.3000	0.015	0.06	0.075
T ₃	0.250	0.250	0.0125	0.0125	0.5250	0.015	0.06	0.075
T ₄	0.250	0.250	0.1250	0.0125	0.6375	0.015	0.06	0.075
T ₅	0.250	0.250	0.1250	0.1250	0.7500	0.015	0.06	0.075
T ₆	0.250	0.250	0.1250	0.1250	0.7500	0.150	0.06	0.210
T ₇	0.250	0.250	0.1250	0.1250	0.7500	0.150	0.60	0.750

¹⁾ Treatments of combined micronutrients; T₁; control, T₂; Fe, T₃; Fe+Mn, T₄; Fe+Mn+Cu, T₅; Fe+Mn+Cu+Zn, T₆; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo, T₇; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B.

2. 처리내용

미량요소 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B의 처리내용은 표 2와 같이 7단계 수준으로 하였으며, orchardgrass와 white clover의 單播栽培 및 이들의 混播栽培 모두 동일하게 施肥하였다. 微量要素 시비비료의 종류는 Fe는 fertilon(5% Fe), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, Mn은 $MnSO_4 \cdot H_2O$, Cu는 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, Zn은 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, Mo은 $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, 그리고 B는 H_3BO_3 을 시비하였다. 처리 수는 3 초종/재배, 7 조합시비, 4 반복으로 총 84개 pot로 실시하였다.

미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn은 AAS(Unicum SP 1900) 분석기기로, B는 Hatcher and Wilcox (1950)에 의한 Carmine 분석방법으로 그리고 Mo은 Koch and Koch-Dedic(1974)에 의한 Dithiol 분석방법으로 定量 하였다.

III. 결과 및 고찰

미량요소(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B)의 함량은 일반적으로 조합시비, 초종(grass-clover), 재배 방법(단파혼파), 예취 회수 및 추비 유무별 차이를 보였다. 미량요소 조합시비에 따른 재배 조건별 미량요소의 함량은 표 3과 4와 같다.

1. 牧草 중 철(iron, Fe) 함량

Orchardgrass 중 Fe-함량, Fe과 Mn 간의 拮抗作用에 의해서 $T_3(Fe+Mn)$ 처리에서 현저히 낮아졌다. orchardgrass는 높은 Mn 흡수생리의 특성을 보였고 이에 따라서 T_3 에서 Fe-함량의 감소와 더불어 Fe-결핍 黃化現象과 수량감소를 보였다. 그러나 T_2 에서는 대조구(T_1)에 비해서 Fe-함량의 증가는 보이지 않았다. 비록 T_4 및 T_5 에서 상술한 Fe-결핍 黃化現象이 경감되었고 완전 조합시비(T_7)에서는 黃化現象이 없는 정상생육을 보였지만 증가되는 조합시비 처리에

따른 목초 중 Fe-함량은 경미한 차이를 보였다. 예취 간 Fe-함량은 white clover의 경우와는 반대로 경미한 차이를 보였다. 그러나 혼파재배에서는 Mn을 시비한 조합시비에서 orchardgrass는 white clover보다 더 강한 Mn-흡수생리에 기인하여 단파재배의 경우보다 더 높은 Mn-함량을 보였고 이에 따라서 Fe-함량은 더 낮아졌다.

White clover 중 Fe-함량, Orchardgrass와 같이 $T_3(Fe+Mn)$ 처리에서 Fe 함량은 Fe과 Mn 간의 拮抗作用에 의해서 현저히 낮아졌다. Fe-함량은 orchardgrass보다 조합시비, 단/혼파, 예취 회수, 추비 유무별 더 큰 차이를 보였다. Fe-施肥에 따른 Fe-함량의 변화는 경미하였으나, Mn을 함유한 증가된 조합시비에서는 함량감소를 보였다. 그러나 붕소(B)를 함유한 완전 조합시비(T_7)에서는 Fe-함량의 증가를 보였다. 혼파재배에서는 예취 회수가 증가함에 따라서 Fe-함량이 증가하였다. 이는 orchardgrass가 white clover보다 더 강한 Mn-흡수생리의 특성으로 상대적으로 배지 및 목초 중 Mn-함량이 더 감소된 특성과 연관된 것으로 보였다. 무추비의 5차 예취에서 상대적으로 높은 Fe-함량을 보인 특성으로 보아서 white clover에서는 Fe-함량과 추비(특히 N)간에 상관성이 있는 것으로 보였다. 무추비 5차 예취에서 혼파재배의 white clover는 Fe-함량이 T_2 에서 가장 높은 함량을 보였다. 이는 가장 낮은 Mn-함량과 이와 연관된 가장 낮은 수량과도 상호 연관된 것으로 보였다. 이러한 결과들을 고려할 때 혼파재배에서 T_2 처리는 orchardgrass에 의한 강한 Mn-흡수생리로 예취 회수가 증가됨에 따라서 white clover에 Mn-결핍을 초래한 것으로 보였다. 이에 따라서 크게 식생불량과 수량감소를 보였고 이와 연관하여 Fe-함량의 증가를 보였다. 이런 현상은 단파재배에서는 볼 수 없었는데. 이는 혼파재배와 같은 초종간 Mn 흡수경합의 차이가 없는 특성과 연관된 것으로 보였다.

Table 3. Contents of micronutrients in orchardgrass as influenced by the combined micronutrients(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B) applied

Treatments ¹⁾	Contents($\mu\text{g/g}$, DM basis) of micronutrients in orchardgrass											
 in pure culture in mixed culture					
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
	1st cut											
T ₁	67.5	113.8	7.7	54.5	1.0	18.0	64.6	105.8	7.4	51.5	1.0	15.2
T ₂	65.0	121.3	7.7	55.3	0.8	17.9	60.4	100.8	9.4	68.9	1.2	17.0
T ₃	35.8	156.2	12.0	79.4	0.8	17.9	37.9	149.4	11.2	81.4	0.9	17.9
T ₄	43.3	148.5	18.4	77.6	0.6	19.6	45.4	162.9	17.6	76.0	0.8	11.6
T ₅	46.3	176.5	18.4	84.5	0.7	17.9	46.3	166.2	18.1	84.3	0.8	17.0
T ₆	43.3	160.1	18.1	82.8	2.6	19.6	43.3	166.2	15.8	75.5	3.1	17.0
T ₇	51.3	151.5	15.1	67.8	2.7	62.5	50.4	163.4	13.0	63.0	2.0	50.0
	3rd cut											
T ₁	63.4	25.8	9.8	63.3	4.2	13.2	62.0	35.9	9.5	61.6	3.3	11.4
T ₂	58.8	27.7	9.8	67.0	2.5	13.2	53.2	16.6	10.6	96.1	2.3	10.7
T ₃	50.0	58.6	12.0	93.4	2.7	14.3	40.3	74.6	10.6	97.9	3.4	9.3
T ₄	50.0	55.9	18.8	90.6	2.1	13.9	42.6	81.6	19.8	106.0	2.3	11.4
T ₅	49.1	55.5	20.0	85.4	2.3	13.9	41.7	93.2	21.7	113.9	3.3	10.7
T ₆	49.1	64.8	19.6	92.6	25.1	15.7	44.0	102.7	20.1	135.5	25.4	8.6
T ₇	43.5	78.7	12.5	75.0	12.5	23.2	42.1	116.8	14.1	90.0	16.4	18.2
	5th cut ²⁾											
T ₁	51.0	38.5	6.0	27.9	6.0	27.9	49.5	41.6	6.5	28.5	4.9	24.3
T ₂	51.9	32.4	6.0	29.6	6.1	33.8	51.9	18.4	8.5	36.4	6.0	23.5
T ₃	47.1	71.3	9.7	34.6	6.4	31.6	48.1	87.1	10.2	39.9	6.8	24.3
T ₄	48.1	76.4	12.2	32.3	5.4	24.3	47.1	68.8	11.6	37.9	5.0	21.3
T ₅	45.7	59.2	11.9	33.3	6.1	27.9	48.6	85.2	15.9	44.4	4.9	22.8
T ₆	47.1	62.9	14.8	40.9	39.1	25.0	50.5	116.0	15.6	51.4	24.9	18.4
T ₇	51.4	88.5	8.5	33.1	40.1	39.7	51.0	131.3	9.1	38.9	35.3	39.0

¹⁾ Treatments of combined micronutrients; T₁; control, T₂; Fe, T₃; Fe+Mn, T₄; Fe+Mn+Cu, T₅; Fe+Mn+Cu+Zn, T₆; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo, T₇; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B.

²⁾ 5th cut without additional fertilization.

2. 목초 중 망간(Manganese, Mn) 함량

두 초종 간 Mn-흡수생리의 차이에 따라서 Mn-함량이 큰 차이를 보였다. T₂ 처리는 혼파

재배에서 두 초종 공히 Mn-함량에 부정적 영향을 주었으나 반면에 단파재배에서는 인지할 수 없었다.

Orchardgrass 중 Mn-함량, White clover에 비

해서 과도한 Mn-흡수를 보였고 다른 예취 때 보다 1차 예취 시에 더 높은 Mn-함량을 보였다. Mn을 함유한 조합시비로 Mn-함량이 크게 증가하였지만 이들 조합시비 간에는 Mn-함량의 차이가 경미하였다. 그러나 T₆와 T₇에서는 각각 증가된 Mn-함량을 보였다. 혼파재배에서는 white clover보다 우세한 Mn 흡수생리 때문에 단파재배에서보다 Mn-함량은 더 높았다. 반

Table 4. Contents of micronutrients in white clover as influenced by the combined micronutrients(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B) applied

Treatments ¹⁾	Contents($\mu\text{g/g}$, DM basis) of micronutrients in white clover											
 in pure culture in mixed culture					
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
1st cut												
T ₁	61.3	51.5	4.9	62.9	4.0	64.6	51.3	46.1	4.3	58.8	2.5	70.8
T ₂	71.3	45.3	4.9	46.4	2.6	67.7	66.3	36.4	4.3	39.1	1.6	68.8
T ₃	48.3	50.6	4.6	47.1	2.3	64.6	50.0	50.4	3.6	42.3	1.8	68.8
T ₄	50.4	53.5	9.2	40.3	1.8	74.0	46.7	49.1	7.9	38.1	1.2	79.2
T ₅	55.8	57.5	7.9	49.6	3.2	62.5	46.3	47.6	6.9	39.5	1.8	66.7
T ₆	53.3	61.0	7.9	44.1	19.3	67.7	49.3	56.0	6.6	44.1	20.5	71.9
T ₇	77.5	72.8	9.4	41.4	14.2	88.5	49.6	52.8	7.9	37.1	11.1	95.8
3rd cut												
T ₁	49.0	37.1	5.4	76.0	3.0	46.4	64.5	27.4	5.4	77.5	4.7	58.0
T ₂	31.0	41.6	5.1	71.5	1.4	38.4	69.0	11.3	5.1	66.9	2.9	67.0
T ₃	25.5	50.6	4.8	69.5	2.3	44.6	62.0	38.9	4.6	67.1	3.6	57.1
T ₄	21.0	49.0	8.2	64.8	1.4	48.2	66.5	41.0	8.8	58.8	2.9	68.8
T ₅	15.0	49.8	8.2	75.4	1.4	43.8	57.0	39.1	7.1	57.5	3.2	58.0
T ₆	24.0	54.1	8.0	76.4	12.1	49.1	59.0	47.3	7.4	76.0	22.0	43.7
T ₇	27.5	62.1	10.2	71.6	10.2	74.1	58.0	59.2	8.8	63.4	19.2	81.3
5th cut ²⁾												
T ₁	81.2	29.5	6.8	30.3	5.7	62.1	73.1	14.1	7.4	43.0	7.7	100.0
T ₂	89.9	36.9	5.4	25.8	4.4	72.6	115.4	7.8	7.8	32.0	13.9	98.8
T ₃	63.0	51.8	4.6	23.6	3.2	58.9	81.7	19.5	4.6	20.3	6.2	72.6
T ₄	63.5	48.8	7.1	21.9	2.6	58.1	82.2	13.9	6.8	20.6	3.6	87.9
T ₅	62.5	55.5	6.5	27.8	4.5	58.1	76.4	19.3	6.3	21.7	6.0	74.2
T ₆	67.8	58.6	6.8	27.5	21.8	67.7	86.5	24.8	6.8	25.6	26.4	78.2
T ₇	82.2	70.7	8.2	23.6	20.2	92.7	98.6	17.8	8.2	21.6	24.8	106.5

¹⁾ Treatments of combined micronutrients; T₁; control, T₂; Fe, T₃; Fe+Mn, T₄; Fe+Mn+Cu, T₅; Fe+Mn+Cu+Zn, T₆; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo, T₇; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B.

²⁾ 5th cut without additional fertilization.

면에 white clover는 이의 영향으로 예취 회수가 진행되어 갈수록 Mn-함량이 크게 감소되었다.

White clover 중 Mn-함량, Mn을 함유한 조합 시비로 Mn-함량은 증가하였다. 그러나 orchardgrass에 비해서 증가량은 경미하였다. Orchardgrass의 경우와 비슷하게 Mn-함유 조합시비 간 Mn-함량은 경미한 차이를 보였으며 단지 완전 조합시비(T₇)에서만 일부 Mn-함량의 증가를 볼 수 있었다. 단파재배에서는 예취 간 Mn-함량이 경미한 차이를 보였고 혼파재배에서는 이에 비해서 예취 회수가 진행됨에 따라서 감소되었다. 이 원인은 상술한 Fe-함량의 변화에 언급된 바와 같다.

3. 목초 중 동(copper, Cu) 함량

Cu를 함유한 조합시비로 두 목초 중 Cu 함량이 증가하였다. Cu-함량은 단파 및 혼파재배 간, 예취 회수 간 차이가 경미하였다. 모든 경우 orchardgrass의 Cu-함량은 white clover 보다 높았다. Orchardgrass는 모든 경우 Cu-함량이 T₃에서 다소 증가하였고 완전 조합시비(T₇)에서는 감소하였다. 그에 비해서 white clover는 T₃, T₅ 및 T₆에서 Cu-함량의 감소를 확인할 수 있었다. 일반적으로 두 목초 중 Cu-함량은 증가되는 조합시비에 따라 다소 다르게 영향을 받는 것으로 보였다.

4. 목초 중 아연(Zinc, Zn) 함량

Zn-을 함유한 조합시비에 따른 목초 중 Zn-함량의 변화는 경미하였다. Zn-함량은 Fe과 Mn-함량에 비해서 상대적으로 높은 수준의 함량을 보였다. 그러나 무추비 5차 예취에서는 Zn-함량이 확연히 감소하였다. 모든 경우 orchardgrass 중 Zn-함량이 white clover보다 더 높은 함량을 보였다. Mn-함량의 경우와 비슷하게 white clover의 Zn-함량은 단파재배에서

보다 혼파재배에서 더 낮았고 이와 반대로 orchardgrass의 경우는 반대적인 경향을 보였다. Orchardgrass의 경우 단지 혼파재배에서 T₂ 처리에서 대조구(T₁)에 비해서 Zn-함량이 높았다. 이와는 반대로 white clover는 특히 혼파재배에서 감소되었다.

5. 목초 중 모리브덴(Molybdenum, Mo) 함량

모든 경우 Mo 함유 조합시비(T₆, T₇)에서 Mo-함량이 과다함량 수준까지 증가하였다. T₇에서는 T₆에 비해서 Mo-함량이 다소 경감되었으나 그러나 예취 회수가 진행될수록 이 차이는 경미하여졌다. 단파 및 혼파 간 Mo-함량 차이는 경미하였다. T₅ 처리까지 Mo-함량은 대조구(T₁)에 비해서 경미한 수준의 감소를 보였다. 처리별 Mo-함량의 변화를 볼 때 Mo-과다피해인 황화현상, 생육불량 및 수량감소는 Mo 시비에 의한 함량 증가에 기인될 뿐만 아니라 부적합한 B/Mo 비율과도 연관된 것으로 보였다. 또한 B(붕소) 시비를 통해서 Mo-과다피해를 경감시키거나 방지할 수 있는 것으로 보였다.

6. 목초 중 붕소(Boron, B) 함량

White clover 중 B-함량은 orchardgrass보다 확연히 높았고 두 초종간 B-흡수생리에 큰 차이를 보였다. 모든 경우 두 목초 공히 B 함유 T₇에서 B-함량이 크게 증가하였다. 혼파재배에서는 단파재배의 경우보다 white clover는 더 높은 B-함량을 그리고 orchardgrass는 더 낮은 B-함량을 보였다. 이는 Mn의 경우와 정반대되는 경향 이었다. 상대적 함량 비교의 조건에서 일반적으로 T₇ 처리는 orchardgrass의 경우 Cu, Zn 및 Mo-함량에는 부정적으로 Mn-함량에는 긍정적인 영향을 보였다. 이에 비해서 white clover의 경우 T₇ 처리는 Fe, Mn 및 Cu-함량은 긍정적으로 그리고 Mo-함량에는 부정적인 영향을 보였다.

7. 組合施肥가 牧草 중 미량요소의 함량에 미치는 종합고찰

植物體내 양분이온은 각 이온의 농도뿐만 아니라 이온간 相互作用도 중요한 생리기능을 한다. 養分의 吸收, 移動 및 生理機能 면에서 무기양분 이온은 拮抗作用과 相助作用이 이루어진다(Finck, 1969). Bergmann and Neubert (1976) 보고에 의하면 미량요소 간에는 Fe/Mn, Fe/Cu, Mn/Cu, Mn/Mo 및 B/Mo 相對比가 중요한 의미가 있고 이들 간에는 한 養分이 결핍 또는 과다조건일 경우 동시에 상대 養分의 과다 또는 결핍을 초래하는 결과를 가져온다고 하였으며 이러한 특성은 모든 경우 불균형 된 그리고 相互比率이 부적합한 양분공급 상태를 나타낸다고 하였다.

White clover는 N-추비에도 단백질 및 미네랄 함량이 일반적으로 적게 영향을 받는다는 보고(Barbier, 1964)와 같이 무추비 5차 예취에서 orchardgrass와는 달리 조단백질 함량이 낮아지지 않았으나 미네랄 미량요소의 함량에서는 追肥 시 보다 Fe과 B-함량은 증가, Mn과 Zn-함량은 감소, 그리고 Cu와 Mo-함량은 변화가 경미한 특성을 보였다.

Fe/Mn 비율; Fe-결핍은 微量元素의 불균형에 유발된다고 보고된 바 있으며(Brown et al. 1959), 많은 연구보고에서는 Fe/Mn 比率이 Fe 과 Mn의 결핍 또는 과다에 서로 拮抗적으로 중요한 기능을 한다고 하였다(Riekels and Lingle, 1966; Osullivan, 1969; Gupta and Chipman, 1976; Cumbus et al., 1977; Moraghan and Freeman, 1978). Mn-과다는 Fe-施肥로 식물체내 Fe 함량이 증가되면서 Mn-함량이 감소되어 Mn-과다를 경감시키거나 혹은 배제시킬 수 있다고 하였다(Kirsch et al., 1960; Hiatt and Ragland, 1963; Moraghan and Freeman, 1978). Fe과 Mn 간에는 이들의 物質代謝 기능에서 서로 相互作用을 하는 관계가 있다. 이들 養分의 생리적 기능은 상호 다른 양분간의 비율에

따라서 영향을 받는다(Somers and Shive, 1942). 또한 Brown et al.(1959)은 Fe/Mn+Cu 比率의 부조화도 Fe-결핍의 요인이 된다고도 하였다. 이러한 相互作用으로 인하여 T₃(Fe+Mn) 組合施肥에서 Mn의 Fe에 대한 拮抗作用으로 두 초종 공히(특히 orchardgrass) 낮은 Fe-함량과 더불어 열세한 생육과 수량감소를 가져왔고, 또한 white clover에 대해서는 낮은 植生構成比率을 보인 요인이 된 것으로 보였다. 특히 혼파재배에서 orchardgrass가 white clover보다 더 강한 Mn 흡수생리는 단파보다 더 낮은 Fe-함량을 보인 요인이 된 것으로 보였다.

Fe/Mo 비율; Fe과 Mo 간 拮抗作用이 있다고 보고된 바 있다(Singh and Steenberg, 1975; Kannan and Ramani, 1978; Massumi and Finck 1973). 그리고 NO₃-N 시용은 Fe/Mo 相互作用을 심화시킨다는 보고(Moore et al., 1957) 등을 고려할 때 본 시험에서 追肥 질소(NO₃-N)가 시용 되었고, 이런 조건에서 T₆(Fe+Mn+Cu+Zn+Mo) 처리는 Mo의 Fe에 대한 拮抗作用이 더 크게 나타난 것으로 보였다. 더불어 T₆ 처리는 음이온 B/Mo 비율의 불균형(B 부족) 등의 요인이 중복되어 두 牧草(특히 orchardgrass) 공히 더욱 열세한 생육과 더불어 收量의 감소를 가져왔고, 또한 white clover에 대해서는 낮은 植生構成比率과 收量을 보인 요인이 된 것으로 보였다.

T₇ 완전 組合施肥에서 두 牧草 공히 Fe 부족 및 Mo 과다피해 없이 양호한 생육과 높은 收量을 보였다. 이는 B/Mo 비율의 조화로 Mo 毒機能이 경감된다는 보고(Matrin, 1966)와 B × Mo × N 간의 多重 相互作用(MacKay, 1964)과도 연관된 것으로 보였다. 그리고 Fe-결핍에 따른 收量의 감소와 混播栽培에서 white clover의 植生構成比率의 저하는 항상 부적합한 Fe/Mn과 Fe/Mo 비에 기인되지 않고 양이온간(Fe/Mn/Cu/Zn), 음이온간(B/Mo), 그리고 總양이온/總음이온간과 이들의 총 濃度의 부조화에도 기인된다는 것을 확인할 수 있었다. 이에

따라서 붕소(B)를 함유한 T₇ 완전 組合施肥의 효과가 큰 것으로 보였다. 이 때 또한 Fe 함량이 증가된 것도 이에 기인된 것으로 보였다. 그리고 Fe × Mn × Mo × B 간 多重 交互作用이 있으며 이때 B의 조정자 역할이 큰 것으로 보였다. T₁과 T₂에서 비교적 양호한 生育과 收량을 보였던 특성도 상술한 미량요소간의 相互比率이 다소 조화된 특성과 연관된 것으로 보였다.

IV. 요약

Orchardgrass 및 white clover의 單播 및 混播 재배조건에서 微量要素 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo 및 B의 組合施肥가 牧草의 生育, 開花, 收量, 양분 함량 및 食생구성비율 등에 미치는 영향을 구명하였다. 多量要素 양분을 동일 량 시비한 조건에서 7 수준의 미량요소 조합시비는 T₁; 대조구, T₂; Fe, T₃; Fe+Mn, T₄; Fe+Mn+Cu, T₅; Fe+Mn+Cu+Zn, T₆; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo 및 T₇; Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B로 하였다. 본 IV報에서는 조합시비가 牧草 중 미량요소의 함량에 미치는 영향을 검토하였다.

1. 미량요소의 함량은 일반적으로 조합시비, 초종(grass-clover), 재배방법(단파-혼파), 예취 회수 및 추비 유무별 차이를 보였다. 단파재배와 비교해서 혼파에서 orchardgrass는 더 낮은 B와 Fe-함량, 더 높은 Mn, Zn-함량을 보였고 white clover는 이의 반대경향을 보였다. 그러나 Cu와 Mo-함량은 차이를 보이지 않았다.

2. 상대적인 함량 비교에서 일반적으로 T₇ 처리로 orchardgrass의 경우 Cu, Zn 및 Mo-함량은 낮아졌고 Mn-함량은 높아졌다. 이에 비해서 white clover의 경우는 Fe, Mn 및 Cu-함량은 높아졌고 그리고 Mo-함량은 낮아졌다. 목초 중 Fe-함량은 T₃(Fe+Mn)에서 Fe과 Mn 간의 拮抗作用으로 현저히 낮아졌다. 본 시험재배 조건별 Fe-함량의 변화는 white clover가 orchardgrass보다 상대적으로 더 큰 차이를 보였다.

Mn-함량은 초종 간 큰 차이를 보였고 두 목초 공히 Mn을 함유한 조합시비로 크게 증가하였지만 이들 조합시비 간에는 차이가 경미하였다.

3. Mo-함량은 모든 경우 T₆ 및 T₇에서 다소 높은 수준 이었다. T₇은 T₆에 비해서 Mo-함량이 다소 낮아졌다. Mo-과다피해는 B/Mo 비율의 조화 또는 B-시비를 통해서 경감되거나 방지할 수 있는 것으로 보였다. 모든 경우 white clover가 orchardgrass보다 B-함량이 높았고 T₇에서 B-함량이 크게 증가하였다.

V. 인용 문헌

1. Barbier, S. 1964. Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertrag, Artenszusammensetzung und Qualität einer Klee-Gras-Mischung im Gefassversuch, Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenk. 107:32-40.
2. Bergmann, W. and P. Neubert. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
3. Brown, J.C., R.S. Holmes and L.O. Tiffin. 1959. Hypotheses concerning iron chlorosis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:231-234.
4. Cumbus I.P., D.J. Hornsey and L.W. Robinson. 1977. The influence of P, Zn and Mn on absorption and translocation of Fe in watercress. Plant and Soil. 48:651-660.
5. Finck, A. 1969. Pflanzenernaehrung in Stickworten, 1. Aufl. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
6. Fischbeck, G., K.U. Heyland and N. Knauer. 1975. Spezieller Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 225.
7. Gupta U.C. and E.W. Chipman. 1976. Influence of iron and pH on the yield and iron, manganese, zinc, and nitrogen concentration of carrots grown on sphagnum peat soil. Plant and Soil. 44:559-566.
8. Hatcher, J.T. and L.V. Wilcox. 1959. Colorimetric determination of boron using carmine. Analytical Chemistry, 22.
9. Hiatt, A.J. and J.L. Ragland. 1963. Manganese toxicity of burley tobacco. Agron. J. 55:47-49.

10. Jung, G.A. and B.S. Baker. 1973. Forage grasses and legumes-orchardgrass. In; Heath and Barnes: Forages, 3rd edit. The Iowa State Univ. Press. USA. 285-296.
11. Kannan, S. and S. Ramani. 1978. Studies on Molybdenum absorption and transport in bean and rice. *Plant Physiol.* 62:179-181.
12. Kirsch, R.K., M.E. Harward and R.G. Petersen. 1960. Interrelationship among iron, manganese, and molybdenum in the growth and nutrition of tomatoes grown in culture solution. *Plant and Soil.* 12:259-275.
13. Klapp, E. 1971. *Wiesen und Weiden.* Verlag Paul Parley, Belin und Hamburg. 155. 191.
14. Koch, O.G. and G.A. Koch-Dedic. 1974. *Handbuch der Spurenanalyse.* Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2. Aufl., 825-832.
15. MacKay, D.C., E.W. Chipman and W.M. Langille. 1964. Crop responses to some micronutrients and sodium on sphagnum peat soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:101-104.
16. Massumi, A. and A. Finck. 1973. Molybdaengehalte einiger Acker- und Gruenlandpflanzen Schleswig-Holsteins in Abhaengigkeit von Bodenreaktion. *Z. F. Pflanzenemaehr., Bodenkd.* 134: 56-65.
17. Matin, A. 1966. Minderung der Molybdaen-Toxiditaet an Pflanzen durch andere Naehrstoffe. Dissertation, D 83, Nr. 200, Techn. Univ. Berlin.
18. Moore, D.P., M.E. Harward, D.D. Mason, R.J. Hader, W.L. Lott and W.A. Jackson. 1957. An investigation of some of the relationships between copper, iron, and molybdenum in the growth and accumulations of copper and iron. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21:65-74.
19. Moraghan, J.T. and T.J. Freeman. 1978. Influence of FeEDDHA on growth and manganese accumulation in flax. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 42:455-460.
20. Nieschlag, F. 1966. Versuche ueber den Einfluss einiger Spurenelemente auf die Leistung von Milchviehweiden. *Landw. Forschung.* 19:191-195.
21. Osullivan, M. 1969. Iron metabolism of grasses. I. Effect of iron supply on some inorganic and organic constituents. *Plant and Soil.* 31:451-462.
22. Riekels, J.W. and J.C. Lingle 1966. Iron uptake and translocation by tomato plants as influenced by root temperature and manganese nutrition. *Plant Physiol.* 41:1095-1101.
23. Shingh, B.R. and K. Steenberg. 1975. Plant response to micronutrients. III. Interaction between manganese and zinc in maize and barley plants. *Plant and Soil.* 40:655-667.
24. Sommers, I.I. and J.W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in the plant metabolism. *Plant Physiol.* 17:582-602.