

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 총 함량, 상대 함량, 탈취량 및 상호비율 변화에 미치는 영향

鄭 連 圭

Effects of Combined Application of Micronutrients on these Total and Relative Contents, Uptake Amounts, and Mutual Ratios in Orchardgrass and White Clover

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. The fifth part was concerned with the changes in the total and relative contents, uptake amounts, and mutual ratios of micronutrients in forages. The results obtained are summarized as follows:

1. The relative contents(total contents of 6 micronutrients = 100%) of Fe and Mn were considerably influenced by the antagonism between Fe and Mn, and also were influenced by the differences in Mn-absorption between orchardgrass and white clover. Compared with pure culture, orchardgrass showed high relative contents of Mn, and low relative contents of Fe and B in mixed culture. White clover, however, tended to be exactly opposed to the above trends. In relative contents, the T₆ resulted generally in decrease of Fe. However the T₇ resulted in increase of Mn and B. In addition, the T₇ resulted in decrease of Cu and Zn in orchardgrass, and Mo in white clover.

2. In general, there were differences in the tendency between the yield changes and the uptake amounts of micronutrients. General differences have been showed in the uptake amounts and mutual ratios of micronutrients based on the forage species, pure/mixed culture, additional fertilization, and antagonism. The uptake amounts of total micronutrients were generally increased by the treatments with increased combination. In uptake amounts, the T₇ resulted in the increase of Mn and B, and decrease of Mo.

3. The mutual ratios of Fe/Mn, Fe/Cu, and Mn/Cu were considerably influenced by the antagonism between Fe and Mn. At the T₇, very low ratio of Fe/Mo affected by the T₆ tended to be somewhat improved because of the decrease of Mo content. The poor growth of forages at the T₆ was improved by the T₇. This fact was likely to be caused by the adequate B/Mo ratio.

(Key words: Orchardgrass, White clover, Total contents, Uptake amounts, and Mutual ratios of micronutrients; Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B)

I. 서 론

필수 微量要素는 植物이나 家畜에 중요한 생

리기능을 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 시용되고 있으며 이에 따라서 作物/飼料 및 家畜에 미량요소 결핍이 자주 발생되고 微量要素 시비의 필요성이 증대되고 있다.

多量 및 微量要素 양분의 조화된 시비는 飼料作物的 수량과 품질의 향상을 이루고 이로서 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 결부되어져야 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, 根量이 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 농도뿐만 아니라 이들간 相互作用도 중요한 생리기

능의 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 微量要素들의 특성과 연관하여 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), IV報(미량요소 함량)에 이어서 본 V報에서는 미량요소들의 총 함량, 상대 함량, 탈취량 및 상호당량 비율에 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 배지용기는 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 시용된 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

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

Unit	Anions(A)				Cations(C)				Total ions
	N	S	P	Σ	K	Ca	Mg	Σ	(A)+(C)
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), respectively.

당 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 67me, epsomsalt($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 23me, KH_2PO_4 45me, KNO_3 61me, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 44me이였으며 이를 예취별로 나누어 分施 하였다. 이들 다량요소 肥料의 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 分施하였으며 多量要素 양분 총 합계 450me/pot를 시험기간 중 시비하였다. 시비 시 양분 화합물의 침전을 방지하기 위해서 3개 群, 1) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3 + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 3) KH_2PO_4 로 나누어 水溶液을 만들었고 따로 따로 分施 하였다.

播種전 석회시비로 산도를 조정된 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 2참조) 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)이었다. 예취는 5cm 높이로 하였다.

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), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Mn은 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Cu는 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Zn은 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Mo은 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 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.

Table 2. Application amounts and combinations 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
T1	0.025	0.025	0.0125	0.0125	0.0750	0.015	0.06	0.075
T2	0.250	0.025	0.0125	0.0125	0.3000	0.015	0.06	0.075
T3	0.250	0.250	0.0125	0.0125	0.5250	0.015	0.06	0.075
T4	0.250	0.250	0.1250	0.0125	0.6375	0.015	0.06	0.075
T5	0.250	0.250	0.1250	0.1250	0.7500	0.015	0.06	0.075
T6	0.250	0.250	0.1250	0.1250	0.7500	0.150	0.06	0.210
T7	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.

III. 결과 및 고찰

2. 총 함량 중 각 미량요소의 상대함량(%)

1. 총 미량요소의 함량

총 微量元素의 함량(Fe + Mn + Cu + Zn + Mo + B μ g/g DM)은 일반적으로 orchardgrass가 상대적으로 많은 Mn-흡수량 때문에 white clover보다 다소 높았다. 그러나 orchardgrass의 총 함량은 예취 회수가 진행될수록 크게 낮아졌으며 반면에 white clover는 거의 변화가 없었다. 대조구 총 함량(T₁=100%)과 비교한 각 처리별 상대적 총 함량의 변화를 보면 표 3과 같다. orchardgrass는 Mn, Mo 및 B 그리고 white clover는 Mo과 B가 施肥된 組合施肥가 총 미량요소의 함량에 크게 영향을 주었다.

표 4에서 보논바와 같이 각 미량요소의 상대함량(총 미량요소 함량=100%로 한 각 養分の 상대함량, %)을 보면 일반적으로 Zn-상대함량이 상대적으로 높았으며 Mn-상대함량에 비해서 Fe-상대함량이 낮았다. 混播栽培에서 orchardgrass는 單播栽培에서보다 Mn-상대함량이 더 높았으며 B와 Fe-상대함량은 더 낮았다. white clover의 경우는 이와 반대경향을 보였다. 이에 비해서 Cu 및 Zn-상대함량은 單播 및 混播栽培 간에 단지 경미한 차이를 보였다.

orchardgrass 중 각 미량요소의 상대함량(%); T₂에서는 單播 및 混播栽培 공히 상대적으로 낮은 Mn-상대함량과 높은 Fe-상대함량을 보였

Table 3. Relative total contents(%) of 6 micronutrients in forages as influenced by the application of combined Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B

Treatments	Relative total contents(%) ¹⁾ of 6 micronutrients by cut					
	Orchardgrass			White clover		
	1st	3rd	5th	1st	3rd	5th
	Pure culture					
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	102.1	99.6	101.6	95.6	87.1	109.0
T ₃ (Fe + Mn)	115.1	128.5	127.6	87.3	91.0	95.1
T ₄ (Fe + Mn + Cu)	117.3	128.7	126.3	92.0	88.8	93.7
T ₅ (Fe + Mn + Cu + Zn)	131.2	125.9	117.0	94.9	89.3	99.7
T ₆ (Fe + Mn + Cu + Zn + Mo)	124.4	148.5	146.1	101.6	103.1	116.0
T ₇ (Fe + Mn + Cu + Zn + Mo + B)	133.7	136.6	166.1	121.9	117.9	138.0
	Mixed culture					
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	105.0	103.2	93.2	92.6	93.6	112.4
T ₃ (Fe+Mn)	121.7	128.5	139.3	92.8	98.2	83.6
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	128.0	143.5	123.4	95.0	103.9	87.6
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	135.5	154.9	142.8	89.3	93.4	83.1
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	130.7	183.0	178.2	105.8	107.5	101.2
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	139.2	162.0	196.1	108.8	122.1	113.1

¹⁾ Relative total contents(%) of 6 micronutrients over each control(T₁=100.0%).

다. 이와는 대조적으로 Mn이 함유된 組合施肥에서는 Mn-상대함량이 확연히 증가하였다. 이 결과(拮抗作用)로 Fe-상대함량은 크게 낮아졌다. Cu가 함유된 T₄ 처리에서는 Cu-상대함량이 증가하였으나 다른 상대함량에 미치는 영향은 경미하였다. T₅ 처리에서는 모든 경우 Zn-상대함량뿐만 아니라 다른 함량비율에도 영향을 미치지 않았다. T₆ 처리에서는 Mo-상대함량의 증가를 보였고 이에 비해서 Fe-상대함량의 감소를 가져왔다. 완전 組合施肥(T₇)에서는 B와 Mn-상대함량의 증가를 보였고 Cu와 Zn-상대함량의 감소를 보였다.

white clover 중 각 미량요소의 상대함량(%); 混播栽培에서 T₂ 처리는 Fe-상대함량의 증가를

보였으며 이와 관련하여 Mn-상대함량의 감소를 보였다. 반면에 單播栽培에서는 이런 경향을 보이지 않았다. T₃ 처리에서는 모든 경우 Mn-상대함량이 높아졌으며 이 영향으로 다소 낮은 Fe-상대함량을 보였다. 그러나 Mn 施肥가 Fe-상대함량에 미치는 부정적인 효과(拮抗作用)는 orchardgrass의 경우보다 경미하였다. T₄와 T₅ 처리의 효과는 상술한 orchardgrass의 경우와 같은 경향을 보였다. T₆ 처리에서는 Mo-상대함량이 증가하였고 混播栽培에서는 Fe과 B-상대함량의 감소를 가져왔지만 單播栽培에서는 변화를 확인할 수 없었다. T₇ 처리에서는 B-상대함량의 증가와 더불어 Mo-상대함량의 감소를 보였다.

Table 4. Relative contents(%) of micronutrients in forages as influenced by the application of combined Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B

Treatments ¹⁾	Relative contents(total=100.0%) ²⁾											
	Orchardgrass						White clover					
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
	Pure culture											
T ₁	31.2	26.9	4.1	27.9	1.7	8.2	27.2	17.4	2.5	26.3	1.8	24.8
T ₂	29.6	27.3	4.3	29.1	1.2	8.5	28.0	19.0	2.3	23.1	1.2	26.4
T ₃	18.1	36.4	4.7	32.8	1.0	7.0	21.4	24.8	2.3	23.6	1.3	26.6
T ₄	19.1	34.5	7.1	31.6	0.8	6.8	21.1	24.3	3.9	21.1	0.9	28.7
T ₅	18.8	35.7	7.3	30.7	0.9	6.7	20.0	25.3	3.5	24.5	1.4	25.3
T ₆	16.8	33.4	6.6	29.5	7.2	6.5	19.0	24.0	3.2	21.7	7.1	25.0
T ₇	16.8	36.4	4.6	24.5	4.6	13.1	21.0	24.0	3.3	16.7	5.2	29.8
	Mixed culture											
T ₁	31.0	28.3	4.3	27.6	1.5	7.3	25.2	14.2	2.2	27.4	1.8	29.2
T ₂	27.2	20.7	4.9	38.7	1.3	7.2	31.9	9.6	2.2	23.5	1.4	31.4
T ₃	16.2	39.2	4.3	33.4	1.3	5.6	28.4	17.4	2.0	20.8	1.6	29.8
T ₄	16.6	38.3	6.7	32.4	0.9	5.0	27.6	16.0	3.5	18.9	1.1	32.9
T ₅	15.3	39.4	6.8	32.4	1.0	5.1	27.7	17.0	3.2	19.8	1.7	30.6
T ₆	13.9	38.5	5.6	32.3	5.7	3.9	24.1	18.2	2.8	21.8	9.0	24.1
T ₇	14.7	42.5	4.2	23.8	5.0	9.8	23.8	17.0	3.0	16.2	6.5	33.5

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⁾ Relative contents(%) of each micronutrient based on the total contents of 6 micronutrients(100.0%), averaged over the 1st, 3rd, and 5th cuts, respectively.

3. 미량요소의 탈취량

표 5와 6은 微量元素의 총 탈취량과 각 미량요소별 탈취량을 각 대조구(T₁ = 100.0%)를 기준으로 대비한 처리별 상대적인 탈취량(상대탈취량, %)을 보여주고 있다. 일반적으로 미량요소의 탈취량 변화는 乾物收量の 증감과 다른 특성을 보였다. 각 미량요소의 탈취량은 草種, 單播/混播栽培, 追肥 및 拮抗作用의 특성에 따라서 뚜렷한 차이를 보였다.

가. 각 미량요소별 탈취량 변화

Fe-탈취량은 單播栽培에서는 모든 경우 T₂ 처리에서 Fe-함량의 변화가 경미한 것과 같이 Fe-탈취량도 거의 영향을 받지 않았다. 이에 비해서 Mn을 시비한 組合施肥에서는 Fe/Mn 간

拮抗作用에 의한 Fe에 대한 부정적인 영향이 收量の 감소보다 Fe-탈취량 감소가 상대적으로 더 크며 뚜렷하였다. 混播栽培에서는 T₁에 비해서 T₂ 처리는 orchardgrass의 Fe-탈취량을 감소시켰고 white clover는 증가된 경향을 보였다.

Mn-탈취량은 Mn을 施肥한 組合施肥에서 收量の 변화보다 상대적으로 더 증가되었다. 混播栽培에서 Mn-탈취량은 T₂ 처리에서는 T₁보다 收量이 증가하는 특성보다 상대적으로 더 부정적인 영향을 보였다. 그러나 單播栽培에서 Mn-탈취량은 수량증가와 일치하는 경향이었다. B가 시비된 T₇ 처리에서는 Mn-탈취량이 확연히 증가하였고 이는 Mn-함량 및 收量の 증가와 연관된 것으로 보였다. 그러나 이러한 Mn-탈취량의 증가는 상대적으로 Mn-함량 및 수량의 증가보다는 더 높은 경향이었다.

Table 5. Relative uptake amounts(%)¹⁾ of micronutrients by forages in pure culture as influenced by the application of combined Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B

Treatments	Relative uptake amounts(%)							Relative DM yields ²⁾
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	Σ	
Orchardgrass in pure culture								
T ₁ (control)	100	100	100	100	100	100	100	100
T ₂ (Fe)	99	94	111	110	76	110	105	105
T ₃ (Fe+Mn)	68	157	134	138	70	101	117	95
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	72	151	206	134	58	99	118	96
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	74	162	218	135	67	101	122	97
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	67	154	203	132	527	99	124	90
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	78	195	165	128	390	234	145	105
White clover in pure culture								
T ₁ (control)	100	100	100	100	100	100	100	100
T ₂ (Fe)	99	105	90	84	66	102	96	100
T ₃ (Fe+Mn)	71	129	83	81	64	97	91	100
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	73	130	147	75	48	108	93	102
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	74	146	142	93	78	103	101	107
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	77	151	138	91	439	111	110	103
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	112	199	190	92	418	173	144	115

¹⁾ Relative uptake amounts(%) of each and total micronutrients over the each control(T₁=100%), related to the 1st, 3rd, and 5th cuts.

²⁾ Relative dry matter yields(%) over each control(T₁=100%), related to the total yields of 1st, 3rd, and 5th cuts.

Cu-탈취량은 Cu가 시비된 組合施肥에서 높아졌으며 이는 收量의 증가폭 보다 상대적으로 더 높았다. 그러나 T₇ 완전 組合施肥에서는 Cu-탈취량이 함량변화와 유사하게 뚜렷한 감소를 보였다. 이는 B와 Mn의 증가와 연관성이 있는 것으로 보였다. Zn-탈취량은 orchardgrass에서는 Zn-함량의 변화와 비슷한 경향으로 T₂(Fe) 組合施肥에서 증가하였으며 반면에 Zn이 시비된 組合施肥

에서는 변화가 적었다. 이에 비해서 white clover의 경우는 수량변화의 특성에 비해서 낮았다.

Mo-탈취량은 Mo이 시비된 T₆ 처리에서 크게 높아졌으나 B가 시비된 T₇ 처리에서는 확연히 감소되었다. B-탈취량은 T₆ 처리까지의 B-탈취량 변화는 수량성 변화와 비슷하였으나 T₇ 처리에서는 수량성 향상보다 상대적으로 더 큰 탈취량을 보였다.

Table 6. Relative uptake amounts(%)¹⁾ of micronutrients by forages in mixed culture as influenced by the application of combined Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B

Treatments	Relative uptake amounts(%)							Relative DM yields ²⁾
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	Σ	
Orchardgrass(G)+white clover(L) in mixed culture								
T ₁ (control)	100	100	100	100	100	100	100	100
T ₂ (Fe)	93	68	104	117	79	102	95	94
T ₃ (Fe+Mn)	77	164	118	129	100	97	117	100
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	91	166	199	131	80	138	131	107
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	83	170	194	130	96	118	126	99
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	83	189	182	149	603	104	142	100
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	100	233	170	128	571	207	165	114
Orchardgrass(G) in mixed culture								
T ₁ (control)	100	100	100	100	100	100	100	100
T ₂ (Fe)	81	68	105	130	78	92	93	90
T ₃ (Fe+Mn)	66	175	126	153	106	97	127	99
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	66	166	192	144	74	84	122	91
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	62	173	197	146	82	86	124	85
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	62	189	182	163	534	75	139	85
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	75	238	154	148	526	213	159	100
White clover(L) in mixed culture								
T ₁ (control)	100	100	100	100	100	100	100	100
T ₂ (Fe)	128	68	100	87	81	108	101	107
T ₃ (Fe+Mn)	107	116	85	73	88	97	95	103
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	163	168	230	103	92	168	149	152
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	142	154	185	94	123	136	129	144
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	140	188	182	117	735	121	146	138
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	168	212	239	106	658	204	178	153

¹⁾ Relative uptake amounts(%) of each and total micronutrients over the each control(T₁=100%), related to the 1st, 3rd, and 5th cuts.

²⁾ Relative dry matter yields(%) over each control(T₁=100%), related to the total yields of 1st, 3rd, and 5th cuts.

나. 총 미량요소의 탈취량

orchardgrass의 총 미량요소 탈취량은 수량구성 특성과는 달리 증가되는 組合施肥 처리에 따라서 일반적으로 증가하였다. 그러나 Fe과 Mn 간의拮抗作用에 의한 경합으로 인하여 예외적으로 混播栽培에서 T₂ 처리는 T₁보다 감소된 특성을 보였다. 이 탈취량의 증가는 우선적으로 Mn과 B가 함유된 組合施肥가 큰 영향을 주었다.

white clover의 총 미량요소 탈취량은 orchardgrass와는 달리 처리별 수량증가와 비슷한 경향을 보였다. 모든 경우 T₇과 T₄ 처리가 混播栽培에서 收量뿐만 아니라 이 탈취량의 증가를 보였다. 그러나 單播栽培에서는 이러한 특성은 단지 T₇ 처리에서만 볼 수 있었다.

4. 미량요소 간 상호비율(當量 기준)

각 처리별 미량요소의 평균함량을 當量 기준으로 환산하여 조사한 미량요소 간 相互比率은 표 7과 같다. 이들 상호비율은 처리, 草種, 單播/混播 및 미량요소 특성별 차이를 보였다. 混播栽培에서는 특히 草種별 Mn과 B의 흡수 경합력의 차이 때문에 單播栽培와는 다른 특성을 보였다.

Fe/Mn 비율은 Mn이 시비된 組合施肥에서는 낮아졌으며 특히 orchardgrass는 높은 Mn-흡수량 때문에 더 크게 낮아졌다. 이에 비해서 Fe이 시비된 처리에서는 경미한 영향만 주었다. 混播栽培에서는 Mn-흡수가 더 우세한 orchardgrass가 많은 Mn-흡수로 單播栽培보다 이 비율

Table 7. Mutual ratios of micronutrient contents in forages as influenced by the application of combined Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B

Treatments ¹⁾	Mutual ratios ²⁾									
	Orchardgrass					White clover				
	Fe/Mn	Fe/Cu	Mn/Cu	Fe/Mo	B/Mo	Fe/Mn	Fe/Cu	Mn/Cu	Fe/Mo	B/Mo
	Pure culture									
T ₁	1.14	8.8	7.7	95	85	1.53	12.4	8.1	78	248
T ₂	1.06	7.8	7.3	124	123	1.45	13.6	9.4	118	385
T ₃	0.49	4.4	9.1	91	121	0.85	10.6	12.5	88	379
T ₄	0.54	3.1	5.6	118	145	0.85	6.1	7.2	118	554
T ₅	0.52	3.0	5.7	104	128	0.78	6.5	8.3	75	326
T ₆	0.49	2.9	5.9	12	16	0.78	6.9	8.8	14	63
T ₇	0.45	4.1	9.1	19	51	0.86	7.3	8.5	21	103
	Mixed culture									
T ₁	1.07	8.2	7.7	107	87	1.74	12.8	7.4	73	293
T ₂	1.29	6.4	4.9	111	102	3.27	16.3	5.0	116	392
T ₃	0.40	4.3	10.7	66	80	1.61	16.1	10.1	89	322
T ₄	0.43	2.8	6.6	95	98	1.69	9.1	5.4	129	533
T ₅	0.38	3.6	6.7	80	92	1.60	9.8	6.1	84	322
T ₆	0.35	2.8	8.0	12	12	1.30	9.9	7.6	14	48
T ₇	0.34	4.0	11.8	15	35	1.37	9.0	6.5	19	91

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⁾ Mutual ratios of micronutrient contents(meq. basis), averaged over the 1st, 3rd, and 5th cuts, respectively.

이 더 낮았다. 이 Mn 경합차이의 영향으로 white clover는 반대로 더 높았다. 이와 같은 이유로 混播栽培에서 white clover는 T₂ 처리에서 Fe/Mn 비율이 單播栽培에서 보다 뚜렷이 높아졌으나 이 결과는 수량감소를 초래한 특성과도 연관된 것으로 보였다.

Fe/Cu 비율은 우선적으로 Cu가 施肥된 組合 施肥에 따라서 변화를 보였다. Fe의 시비에도 불구하고 상대적으로 경미한 Fe-함량의 변화에 따라서 T₂ 처리는 Fe/Cu 비율에 영향을 미치지 않았다. Fe-함량에 영향을 미치는 Mn의 拮抗作用뿐만 아니라 混播栽培에서 Fe과 Mn 간의 경합에 따라서도 Fe/Cu 비율이 영향을 받았다. orchardgrass에서는 T₇ 처리에서 Fe/Cu 비율이 다시 높아졌는데 이는 Cu-함량의 감소와 연관된 것이었다. white clover에서 상대적으로 높은 Fe/Cu 비율은 우선적으로 낮은 Cu-함량에 기인된 것이었다.

Mn/Cu 비율은 Mn과 Cu 施肥로 영향을 받았다. 混播栽培에서 Fe의 拮抗作用과 Mn에 대한 경합력 차이로 인한 Mn-함량의 변화는 Mn/Cu 비율에 영향을 주었다. 이외에 T₇ 처리에서 orchardgrass의 감소된 Cu-함량과 white clover에서 증가된 Cu-함량은 Mn/Cu 비율에 뚜렷한 영향을 주었다.

Fe/Mo 비율은 T₆ 처리에서 크게 낮아졌으며 이는 orchardgrass에 심한 Fe 결핍 黃化現象을 유발한 원인이 되었다. 그러나 T₇ 처리로 Mo-함량이 감소되었으며 이에 따라서 다소 이 비율이 높아졌다. 모든 경우 T₂와 T₄ 組合 施肥로 이 비율은 긍정적인 상승을 보였다. T₄ 처리는 Mo 함량에 다소 부정적인 영향을 보였다. 두 草種 간 Fe/Mo 비율은 B/Mo 비율에 비해서 상대적으로 경미한 차이를 보였다.

B/Mo 비율은 주로 Mo과 B 시비조건에 따라 변화를 보였다. 특히 white clover의 높은 B-흡수의 특성 때문에 orchardgrass보다 확연히 이 비율이 높았다. T₆ 처리에서 나타난 생육불량/黃化現象이 T₇ 처리에서는 없어지고 양호한 생

육을 보인 것은 B/Mo 비율의 상승과도 연관된 것으로 보였다.

5. 組合 施肥가 牧草 중 미량요소의 총 함량, 상대함량, 탈취량 및 상호비율에 미치는 종합고찰

植物體내 양분이온은 각 이온의 농도뿐만 아니라 이온간 相互作用도 중요한 생리기능을 한다. 養分の 흡수, 이동 및 생리기능 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 상대비가 중요한 의미가 있고 이들 간에는 한 養分이 결핍 또는 과다조건일 경우 동시에 상대 養分の 과다 또는 결핍을 초래하는 결과를 가져온다고 하였으며 이러한 특성은 모든 경우 불균형된 그리고 相互比率이 부적합한 양분공급 상태를 나타낸다고 하였다.

white clover는 N-追肥에도 단백질 및 미네랄 함량이 일반적으로 적게 영향을 받는다는 보고(Barbier, 1964)와 같이 무추비 5차 예취에서 orchardgrass와는 달리 조단백질 함량이 낮아지지 않았으나 미네랄 함량에서는 追肥 시 보다 Fe과 B-함량은 증가, Mn과 Zn-함량은 감소, 그리고 Cu와 Mo-함량은 변화가 경미한 특성을 보였다. 이런 특성들은 미량요소의 총 함량, 상대함량, 탈취량 및 상호비율에도 다소간의 영향을 준 것으로 보였다.

Fe/Mn 비율; Fe-결핍은 微量要素의 불균형에 유발된다고 보고된 바 있으며(Brown et al. 1959), 많은 연구보고에서는 Fe/Mn 비율이 Fe과 Mn의 결핍 또는 과다에 서로 拮抗的으로 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-과다

를 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 交互作用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 交互作用으로 인하여 T₃(Fe+Mn) 組合施肥에서 Mn의 Fe에 대한 拮抗作用으로 두 草種 공히 (특히 orchardgrass) 낮은 Fe-함량 및 Fe/Mn 상호비율과 더불어 미량요소의 총 함량, 상대함량, 탈취량 및 상호비율에도 영향을 주었다. 이러한 특성들은 열세한 생육과 수량감소를 가져왔고, 또한 white clover에 대해서는 낮은 植生構成比率을 보인 요인이 된 것으로 보였다. 특히 混播栽培에서 orchardgrass가 white clover보다 더 강한 Mn 흡수생리는 단파보다 더 낮은 Fe-함량과 Fe/Mn 상호비율을 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 交互作用을 심화시킨다는 보고(Moore et al., 1957) 등을 고려할 때 본 시험에서 追肥 질소(NO₃-N)가 사용되었고, T₆(Fe + Mn + Cu + Zn + Mo) 처리는 Mo의 Fe에 대한 拮抗作用(낮은 Fe/Mo 상호비율)과 음이온 붕소간의 B/Mo 상호비율의 불균형(B 부족) 등의 요인으로 두 牧草(특히 orchardgrass) 공히 生育의 열세와 더불어 收量의 감소를 가져왔고, 또한 미량요소의 총함량, 상대함량, 탈취량 및 상호비율에 영향을 준 것으로 보였다. 더불어 white clover에 대해서는 낮은 植生構成比率 및 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량을 보였다. 이는 B/Mo 상호비율의 조화로

Mo 毒 기능이 경감된다는 보고(Matin, 1966)와 B × Mo × N 간의 多重 交互作用(MacKay, 1964) 과도 연관된 것으로 보였다. 그리고 Fe-결핍에 따른 收量의 감소와 混播栽培에서 white clover의 식생구성비율의 저하는 항시 부적합한 Fe/Mn과 Fe/Mo 比에 기인되지 않고 양이온간(Fe/Mn/Cu/Zn), 음이온간(B/Mo), 그리고 總양이온/總음이온간과 이들의 총 농도의 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 Fe/Mn, Fe/Mo 상호비율의 개선에 기여한 것으로 보였다. 그리고 Fe × Mn × Mo × B 간 多重 交互作用이 있으며 이 때 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 식생구성비율 등에 미치는 영향을 구명하였다. 多量要素 양분을 동일량 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 V報에서는 조합시비가 牧草 중 미량요소의 총 함량, 상대함량, 탈취량 및 상호비율의 변화 등에 미치는 영향을 검토하였다.

1) Fe과 Mn-상대함량(총 미량요소 함량=100% 대비)은 이들간의 拮抗의인 흡수생리와 草種간 Mn-흡수경합의 차이에 크게 영향을 받았다. orchardgrass는 단파에 비해서 混播栽培에서 Mn-상대함량이 더 높았고 B와 Fe-상대함량은 더 낮았으나 white clover는 이와 반대의

경향을 보였다. T₆ 처리에서는 일반적으로 Fe-상대함량의 감소를 보였다. T₇에서 orchardgrass는 B와 Mn-상대함량의 증가와 Cu와 Zn-상대함량의 감소를 보였으나 white clover는 Mo-상대함량의 감소만 보였다.

2) 미량요소의 탈취량은 일반적으로 收量の 증감에 따른 특성과는 차이를 보였다. 각 미량요소의 탈취량과 미량요소 간 상대함량(當量 기준)은 草種, 單播/混播栽培, 追肥 및 일부 拮抗作用의 특성에 따라서 차이를 보였다. 총 미량요소의 탈취량은 일반적으로 증가되는 組合施肥 처리에 따라서 증가하였다. Mn을 시비한 組合施肥에서는 收量の 변화보다 Fe-탈취량이 상대적으로 더 낮았고 Mn-탈취량은 더 높았다. T₇ 처리로 Mn과 B-탈취량은 증가하였고 Mo-탈취량은 감소되었다.

3) Fe/Mn, Fe/Cu와 Mn/Cu 비율은 拮抗的인 Fe과 Mn 간의 흡수경합에 따라서 크게 영향을 받았다. T₆ 처리에 의해서 Fe/Mo 비율은 크게 낮아졌고 이 비율은 T₇ 처리로 Mo 함량의 감소와 더불어 다소 높아졌다. B/Mo 비율은 orchardgrass보다 특히 white clover에서 높았고 T₆에서의 생육불량/黃化現象이 T₇ 처리에서 양호해진 것은 높아진 B/Mo 비율과도 연관된 것으로 보였다.

V. 인 용 문 헌

1. Barbier, S. 1964. Einfluss der Stickstoffduengung auf Ertrag, Artenszusammensetzung und Qualitaet einer Kleegrassmischung im Gefassversuch, Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd. 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., 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, Berlin 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. Pflanzenernaehr., Bodenkd. 134: 56-65.
17. Matin, A. 1966. Minderung der Molybdaen-

- Toxizität an Pflanzen durch andere Nährstoffe. 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.