

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

II. 草種별 건물수량 및 식생 競合指數의 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

II. Changes in the yields and concurrence index of forage plants

Yeun Kyu Jung

ABSTRACT

This pot experiment was conducted in order to find out the effects of application 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) on forage performance of pure and mixed cultures of orchardgrass and white clover. The 2nd part was concerned with the changes in the forage yields and concurrence index. The results obtained are summarized as follows:

1. The effects of combined micronutrient applications on the forage yields were different according to the forage species, whether it was a pure or mixed cultures, and additional fertilization(especially N). The effects of them on the forage productivity and botanical composition were more obvious in white clover, especially in mixed culture, than in orchardgrass. By the significant role of B as a regulator, the yields of both forages were best in the T₇, respectively.
2. In the pure culture, the high yields of both forages were obtained by the T₇ and T₂, whereas the T₆ and T₃ resulted in the low yields. The best yields of both forages were obtained by the T₇ with relatively optimum ratios among the micronutrients as follows; Fe/Mn/Cu/Zn, Fe/Mo, Mo/B, and Σ cation/ Σ anion. It was observed the multiple interaction of Fe×Mn×Mo×B, and the significant role of B as a regulator. The effects of them on white clover were more distinct at no additional fertilization than at the additional fertilization(especially N).
3. In mixed culture, the optimum applications of them resulted in the positive increase of yield and botanical composition of white clover, whereas orchardgrass tended to be inversely except the T₇.

(Key words : Combined micronutrients, Orchardgrass, White clover, Pure and mixed swards, Yields, Concurrence index, Botanical composition)

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(생육특성)에 이어서 본 II報에서는 牧草의 건물수량 및 식생구성비율/競合指數 등에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시배지 및 재료

공시배지는 함유양분이 매우 척박한 섬유질 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 pot당 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 肥料의 예

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).

취별 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 총 합계 450me/pot를 시험기간 중 시비하였다. 시비 시 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 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 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) 이었다. 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 (me/pot)

Treatments ¹⁾	Cations					Anions		
	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. 微量元素 시비비료의 종류는 Fe는 fetrilon(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, 4반복으로 총 84개 pot로 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 草種 및 재배방법별 건물수량

미량요소 Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B의 組合施肥가 牧草의 건물수량에 미치는 효과는 草種, 재배방법(單播/混播), 追肥의 시비(특히 N) 및 예취 회수에 따라서 차이를 보였으며, 이의 효과는 orchardgrass보다 white clover에서 더 큰 효과를 보였고 다양성을 나타냈다. 미량요소의 組合施肥별 牧草의 건물수량의 변화를 보면 표 3, 4, 5와 같다.

가. 單播栽培에서 草種별 건물수량

Orchardgrass의 收量: T_3 에서 Fe-결핍 黃化現象과 더불어 T_1 보다 수량이 낮았으며 T_2 는 T_1 과 T_3 보다 더 수량이 양호하였다. T_7 에서 가장 收량이 높았다. 모든 불완전 組合施肥는 orchardgrass의 생육불량을 가져왔으며 특히 T_6 에서는 상대적인 Mo 과다로 인하여 주로 Fe/Mo과 B/Mo 간 불균형으로 심한 생육불량과 가장 낮은 收량을 보였다. 일반적으로 收량에 미치는 효과는 T_3 과 T_6 은 부정적 이었으며, 반면에 T_7 과 T_2 는 가장 긍정적 이었다.

White clover의 收量: 組合施肥의 효과는

orchardgrass의 경우보다 상대적으로 더 크게 나타났다. 대조구(T_1)와 대비한 처리별 收量 증가율은 대조구(T_1) 培地의 미량요소 함량감소에 기인하여 예취 전반기에 비해서 후반기에는 더 크게 나타났으며 특히 追肥를 주지 않은 5차 예취 시에 더 큰 증가율을 보였다. 일반적으로 양이온 養分組合이 증가(T_2, T_3, T_4, T_5)할수록 收량의 증가를 보였으나 T_3 에서는 다소 부정적인 收량의 감소를 보였고, T_6 에서는 Fe/Mo과 B/Mo 간 불균형으로 제일 낮은 收량을 보였다. 그러나 T_3 와 T_6 에서 orchardgrass의 경우와 같은 Fe-결핍 黃化現象은 보이지 않았다. 모든 경우 완전 組合施肥 T_7 은 다른 불완전 組合施肥에 비해서 큰 차이로 가장 높은 收량을 보였다.

상술한 組合施肥의 효과를 종합하여 보면 T_3 과 T_6 에서 잎의 黃化現象(orchardgrass의 경우)과 收량의 감소를 보인 부정적인 영향은 양이온 Fe/Mn/Cu/Zn 간의 상호조화(T_5)와 음이온 B/Mo 그리고 Fe/Mo 및 Σ 양이온/ Σ 음이온간의 조화로 경감되거나 개선되었고 이로서 收량의 증가를 보였다(無追肥 5차 예취 orchardgrass 제외: N-결핍). 반면에 無追肥(특히 N) 5차 예취에서 white clover에 대한 상술한 효과는 追肥 시보다 더 크게 나타났다. 완전 組合施肥(T_7)에서 가장 높은 收량을 보인 특성을 고려할 때 본 시험조건에서 붕소(B)가 상대적으로 가장 중요한 역할을 하였으며 white clover뿐만 아니라 orchardgrass에서도 그 효과가 높게 나타났다.

나. 混播栽培에서 草種별 건물수량

混播栽培에서의 組合施肥의 효과는 單播栽培의 경향과는 크게 차이를 보였다. 혼파재배에서 草種별 收량은 표 4 및 5와 같다.

Orchardgrass의 收量: 일반적으로 미량요소가 증가되는 組合施肥(T_2, T_3, T_4, T_5, T_6)의 순서에 비례해서 white clover와는 반대로 收량의

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

(g/pot, DM basis)

Treat-ments ¹⁾	Dry matter yields by cuts								
	1	2	3	4	5 ²⁾	6	1+2+3	4+5+6	1 to 6
Orchardgrass in a pure culture									
T ₁	7.04	15.01	12.94	8.75	2.79	4.50	34.99	15.95	50.94
T ₂	6.82	15.09	13.93	9.53	3.06	4.74	35.84	17.33	53.17
T ₃	6.72	14.12	12.19	7.95	2.54	2.63	33.03	13.12	46.15
T ₄	6.41	13.98	12.33	8.31	2.91	3.87	32.72	15.09	47.81
T ₅	6.33	14.90	12.69	9.10	3.06	3.84	33.92	16.00	49.92
T ₆	6.23	13.61	11.44	7.76	2.75	2.42	31.28	12.93	44.21
T ₇	7.01	16.10	14.22	10.43	2.67	4.48	37.33	17.58	54.91
LSD(5%)	0.42	0.68	0.63	0.68	-	1.14	1.01	1.99	2.68
White clover in a pure culture									
T ₁	6.95	13.45	9.47	6.83	6.14	4.86	31.61	17.83	47.70
T ₂	6.93	13.83	8.94	7.69	6.68	5.19	29.70	19.56	49.26
T ₃	6.56	13.86	8.87	6.89	7.10	4.86	29.29	18.85	48.14
T ₄	7.20	14.70	8.56	6.38	7.33	5.54	30.46	19.25	49.71
T ₅	7.07	12.94	9.05	6.82	7.99	5.67	29.06	20.38	49.44
T ₆	7.19	13.32	9.40	5.56	6.71	5.03	29.91	17.30	47.21
T ₇	7.34	15.43	10.15	9.32	8.55	6.53	32.92	24.40	57.32
LSD(5%)	0.47	1.39	-	1.20	0.69	0.87	2.06	3.01	3.88
Orchardgrass + white clover in a mixed culture									
T ₁	7.30	15.25	12.59	9.00	3.32	4.64	35.14	16.96	52.10
T ₂	7.29	16.16	11.61	7.91	3.01	3.77	35.06	14.69	49.75
T ₃	7.34	13.88	11.60	8.20	4.20	4.02	32.82	16.42	49.24
T ₄	7.07	16.05	12.87	8.77	4.91	4.63	35.99	18.31	54.30
T ₅	7.00	14.30	11.18	8.09	4.90	4.38	32.48	17.37	49.85
T ₆	7.49	14.43	11.86	7.76	3.86	3.38	33.78	15.00	48.78
T ₇	7.81	16.06	13.59	10.73	5.12	5.66	37.46	21.50	58.96
LSD(5%)	-	0.94	1.14	1.09	0.92	1.03	1.86	2.17	2.67

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.

감소를 보였다. 단지 완전 組合施肥(T₇)에서만 대조구(T₁)와 비슷한 收量을 보였다. T₇과 T₁은 가장 높은 收量을 보였다.

White clover의 收量 : orchardgrass와는 반대로 증가되는 組合施肥 순서에 따라 收量은 일반적으로 증가하였다. 대조구(T₁)와 비교한 이러한 수량증가율은 單播栽培의 경우보다는 상대적으로 더 크게 나타났다. 적합한 미량

요소의 組合施肥 즉, 양이온간, 음이온간 그리고 2양이온과 2음이온간 조화된 組合施肥의 조건에 따라서 대조구(T₁)와 대비한 收量의 증가율이 상대적으로 큰 차이를 보였다. 收量에 미치는 T₂와 T₃ 처리간의 효과는 전, 후반기 수확기별 차이를 보였다. 전반기 수확기에서는 T₃이 부정적 이었으나 후반기 수확기에서는 긍정적 효과를 보였고 T₂는 이와 반대적인 효과

Table 4. Percent yield increase¹⁾ of orchardgrass and white clover as influenced by the combined micronutrients(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B) applied

Treatments	Percent yield increase(%) by cut			
	1+2+3	4+5+6	1 to 6	5 ²⁾
Orchardgrass in pure culture				
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	102.4	108.7	104.4	113.3
T ₃ (Fe+Mn)	94.4	82.3	90.6	94.1
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	93.5	94.6	93.9	107.8
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	96.7	100.3	98.0	113.3
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	89.4	81.1	86.8	101.2
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	106.7	110.2	107.8	98.9
White clover in pure culture				
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	99.4	109.7	103.3	108.8
T ₃ (Fe+Mn)	98.1	105.7	100.9	115.6
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	102.0	108.0	104.2	119.4
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	97.3	114.3	103.7	130.1
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	100.1	97.0	99.0	109.3
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	110.2	136.9	119.9	139.3
Grass(G)+clover(L) in mixed culture				
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	99.8	86.6	95.5	90.7
T ₃ (Fe+Mn)	93.4	96.8	94.5	126.5
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	102.4	108.0	104.2	147.9
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	92.4	102.4	95.7	147.6
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	96.1	88.4	93.6	116.3
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	106.6	126.8	113.6	154.2
Orchardgrass(G) in mixed culture				
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	92.1	88.5	90.7	100.4
T ₃ (Fe+Mn)	98.9	80.1	92.0	102.4
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	89.5	83.3	87.2	110.0
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	84.5	75.2	81.1	98.4
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	82.2	72.5	78.6	88.4
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	98.6	102.6	100.1	110.8
White clover(L) in mixed culture				
T ₁ (control)	100.0	100.0	100.0	100.0
T ₂ (Fe)	117.6	69.8	107.6	60.2
T ₃ (Fe+Mn)	80.8	174.4	100.4	198.8
T ₄ (Fe+Mn+Cu)	132.4	225.6	151.9	261.5
T ₅ (Fe+Mn+Cu+Zn)	113.1	224.9	136.5	295.2
T ₆ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo)	126.2	163.0	133.9	100.0
T ₇ (Fe+Mn+Cu+Zn+Mo+B)	125.2	239.9	149.2	284.3

¹⁾ % increase of yield over each control(T₁=100%), respectively.

²⁾ 5th cut without additional fertilization.

Table 5. Yields of grass-clover mixed swards as influenced by the combined micronutrients(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B) applied

(g/pot, DM basis)

Treatments ¹⁾	Dry matter yields by cuts								
	1	2	3	4	5 ²⁾	6	1+2+3	4+5+6	1 to 6
Orchardgrass									
T ₁	4.61	10.00	9.92	7.79	2.49	4.10	24.53	14.38	38.91
T ₂	4.53	9.79	8.26	6.77	2.50	3.45	22.58	12.72	35.30
T ₃	5.00	10.02	9.24	6.57	2.55	2.40	24.26	11.52	35.78
T ₄	4.20	9.25	8.51	6.50	2.74	2.74	21.96	11.98	33.94
T ₅	4.29	8.75	7.69	5.79	2.45	2.57	20.73	10.81	31.54
T ₆	4.41	7.94	7.81	6.06	2.20	2.16	20.16	10.42	30.58
T ₇	4.76	9.90	9.52	7.99	2.76	4.01	24.18	14.76	38.94
LSD(5%)	-	1.06	0.61	0.70	-	0.73	1.04	1.16	1.29
White clover									
T ₁	2.69	5.25	2.67	1.21	0.83	0.77	10.61	2.81	13.42
T ₂	2.76	6.37	3.35	1.14	0.50	0.32	12.48	1.96	14.44
T ₃	2.34	3.87	2.36	1.63	1.65	1.62	8.57	4.90	13.47
T ₄	2.88	6.80	4.37	2.27	2.17	1.90	14.05	6.34	20.39
T ₅	2.71	5.55	3.74	2.31	2.45	1.56	12.00	6.32	18.32
T ₆	3.08	6.50	3.81	1.70	1.66	1.22	13.39	4.58	17.97
T ₇	3.05	6.15	4.08	2.74	2.36	1.64	13.28	6.74	20.02
LSD(5%)	0.45	0.88	1.06	1.00	1.01	0.88	2.40	2.00	2.65

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.

를 보였다. 이러한 두 組合施肥 간 차이는 Fe/Mn 비율의 변화와 混播栽培에서 orchardgrass의 Mn-흡수생리의 차이(orchardgrass가 單播栽培보다 더 많은 Mn 흡수)에 크게 연관된 것으로 보였다. T₆에서 收量이 감소되는 특성은 상술한 單播栽培의 경우와 같은 경향이었다. 완전 조합시비(T₇)에서 두 草種 공히 양호한 물질생산을 통하여 가장 높은 收量을 보였다.

일반적으로 조화된 미량요소의 組合施肥는 混播栽培에서 비록 white clover가 追肥(N)로 인하여 단파재배에서보다 상대수량이 다소 감소되었지만 white clover의 生育과 收量 증진에 더 긍정적 이었으며, 반면에 orchardgrass는 반대적인 경향을 보였다. 본 시험의 처리별 收량을 상대적으로 검토한 결과 white clover가 미량요소 組合施肥에 대한 의존도가 orchardgrass

보다 크게 높았으며, 특히 混播栽培에서 더 크게 나타났다. 이에 따라서 混播栽培에서 植生構成比率이 크게 영향을 받았다.

2. 혼파재배에서 두 草種의 競合指數 및 植生比率

예취 회수가 많아지면서 追肥(특히 N)로 인한 orchardgrass의 양호한 生育과 이에 따른 높은 競合력으로 white clover의 植生構成比率(%) 및 競合指數(상대수량의 지수; 혼파수량/단파수량; >1은 競合력 우세, <1은 競合력 열세)가 낮아졌고, 반면에 orchardgrass는 높아진 경향을 보였다. 無追肥 5차 예취 시 競合지수는 표 6에서 보는바와 같이 orchardgrass는 가장 높았으며 반면에 white clover는 가장 낮았다. 이는

orchardgrass의 수량이 혼파재배의 경우보다 단 파재배에서 상대적으로 더 큰 수량감소에 따른 것으로 보였다. 無追肥 시에 적합한 미량요소의 組合施肥는 white clover에 대해서 생육촉진 및 식생비를 증가에 크게 기여하는 경향을 보였다.

후반기 예취 시에는 追肥(특히 N)로 인한 orchardgrass의 생육호조로 white clover가 열세한 생육과 더 낮은 競爭指數를 보였지만 이 조건에서도 미량요소 組合施肥가 증가됨에 따라서 white clover의 植生構成比率(%)은 일반적으로 증가되었고 orchardgrass는 감소되는 경향을 보였다. 이는 混播栽培에서 white clover의 植生構成比率(%) 및 경합의 힘을 증가시키기 위해서는 미량요소 養分の 적합한 組合

施肥가 더욱 필요하다는 것을 나타냈다. T₂와 T₃간 수량/식생구성비율에 미치는 반대적인 효과는 상술한 바와 같이 뚜렷한 경향을 보였다. 완전 조합시비(T₇)에서는 white clover뿐만 아니라 orchardgrass도 수량증가를 보였기 때문에 white clover의 식생구성비율은 상승되지 않았다.

3. 組合施肥가 牧草의 수량 및 경합지수에 미치는 종합고찰

植物體내 양분이온은 각 이온의 농도뿐만 아니라 이온간 相互作用도 중요한 생리기능을 한다. 養分の 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

Table 6. Concurrence index¹⁾ of orchardgrass and white clover in a mixed culture by the cutting order under the additional fertilization, averaged over all treatments, respectively

Forages	Concurrence index by cut					
	1	2	3	4	5 ²⁾	6
Orchardgrass	1.14	1.06	1.13	1.28	1.50	1.35
White clover	0.99	0.96	0.95	0.66	0.58	0.60

¹⁾ Concurrence index = relative ratio of the yield in mixed/yield in pure culture.

²⁾ 5th cut without additional fertilization.

Table 7. Botanical composition of grass-clover mixed swards as influenced by the combined micronutrients(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, and B) applied

(%, DM basis)

Treatments ¹⁾	Botanical composition(%) by cut							
	Orchardgrass				White clover			
	1+2+3	4+5+6	1 to 6	5 ²⁾	1+2+3	4+5+6	1 to 6	5
T ₁	69.8	54.7	74.2	75.0	30.2	45.3	25.8	25.0
T ₂	64.4	86.7	71.0	83.4	35.6	13.3	29.0	16.6
T ₃	73.9	73.2	72.6	60.7	26.1	26.8	27.4	39.3
T ₄	41.0	65.4	62.4	55.8	39.0	34.6	37.6	44.2
T ₅	60.0	63.6	63.2	50.0	40.0	36.4	36.8	50.0
T ₆	40.4	69.5	63.2	57.0	39.6	30.5	36.8	43.0
T ₇	64.5	68.7	66.0	53.9	35.5	31.3	34.0	46.1

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.

(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.

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 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 부족화도 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 초종 공히(특히 orchardgrass)에 대해서 열세한 생육과 더불어 수량감소를 가져왔고, 또한 white clover에 대해서는 낮은 植生構成比率을 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 사용 되었고, T₆(Fe+Mn+Cu+Zn+Mo) 처리는

Mo의 Fe에 대한 拮抗作用과 음이온 붕소간의 B/Mo비의 불균형(B 부족) 등의 요인으로 두 牧草(특히 orchardgrass) 공히 生育의 열세와 더불어 收量의 감소를 가져왔고, 또한 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 양호한 생육과 높은 收量을 보였다. 이는 B/Mo 비의 조화로 Mo 毒機能이 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 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 濃度の 부족화에도 기인된다는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라서 붕소를 함유한 T₇ 완전 組合施肥의 효과가 큰 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 收量을 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 微量元素 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 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 II報에서는 조합시비가 牧草의 乾物收量 및 식생구성비율/경합지수 특성 등에 미치는 영향을 검토하였다.

1. 조합시비가 수량에 미치는 효과는 草種, 재배방법(단과/혼과), 追肥(특히 N) 및 예취 회수에 따라서 차이를 보였다. 組合施肥의 효과가 orchardgrass보다 white clover(특히 혼과재배)에서 더 크게 나타났다. 두 牧草 공히 T₇에서 가장 높은 收量을 보였으며 붕소(B)가 상대적으로 중요한 조정자 역할을 한 것으로 보였다.

2. 단과재배에서 두 牧草의 收量은 T₇과 T₂에서 높았으며 그리고 T₃와 T₆에서 낮았다. Fe/Mn/Cu/Zn, Fe/Mo, Mo/B 및 Σ양이온/Σ음이온간 비율이 상대적으로 조화된 T₇에서 수량이 가장 양호하였다. 그리고 Fe×Mn×Mo×B 간 多重 交互作用이 있으며 이 때 B의 조정자 역할이 큰 것으로 보였다. white clover에 대한 이러한 효과는 追肥 시보다 無追肥(특히 N) 시에 더 크게 나타났다.

3. 混播栽培에서는 조화된 조합시비는 white clover의 植生構成比率과 수량제고에 상대적으로 더 긍정적 이었다. 반면에 orchardgrass는 반대적인 경향을 보였고(특히 무추비 시), 단지 T₇에서만 대조구(T₁)와 비슷한 收量을 보였다.

V. 인 용 문 헌

- Bergmann, W. and P. Neubert. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Brown, J.C., R.S. Holmes and L.O. Tiffin. 1959. Hypotheses concerning iron chlorosis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23;231-234.
- 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.
- Finck, A. 1969. Pflanzenernaehrung in Stickworten, 1. Aufl. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
- Fischbeck, G., K.U. Heyland and N. Knauer. 1975. Spezieller Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 225.
- 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.
- Hiatt, A.J. and J.L. Ragland. 1963. Manganese toxicity of burley tobacco. Agron. J. 55;47-49.
- 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.
- Kannan, S. and S. Ramani. 1978. Studies on Molybdenum absorption and transport in bean and rice. Plant Physiol. 62;179-181.
- 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.
- Klapp, E. 1971. Wiesen und Weiden. Verlag Paul Parley, Belin und Hamburg. 155. 191.
- 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.
- Massumi, A. and A. Finck. 1973. Molybdaengehalte einiger Acker- und Gruenlandpflanzen Schleswig-Holsteins in Abhaengigkeit von Bodenreaktion. Z. F. Pflanzenernaehr., Bodenkd. 134; 56-65.
- Matin, A. 1966. Minderung der Molybdaen-Toxiditaet an Pflanzen durch andere Naehrstoffe. Dissertation, D 83, Nr. 200, Techn. Univ. Berlin.
- 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.
- 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.
- Nieschlag, F. 1966. Versuche ueber den Einfluss einiger Spurenelemente auf die Leistung von Milchviehweiden. Landw. Forschung. 19;191-195.
- Osullivan, M. 1969. Iron metabolism of grasses. I. Effect of iron supply on some inorganic and organic constituents. Plant and Soil. 31;451-462.
- 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.
- 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.
- Sommers, I.I. and J.W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in the plant metabolism. Plant Physiol. 17;582-602.