

Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White Clover의 건물수량에 미치는 영향

鄭 連 圭

Effects of Systematic Variation Application of Fe, Mn, Cu, and Zn on the Dry Matter Yields of Orchardgrass and White Clover

Yeun Kyu Jung

ABSTRACT

This pot experiment was conducted to investigate the effects of systematic variation application of Fe, Mn, Cu, and Zn on forage performance of orchardgrass and white clover. The treatments of systematic variation were 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, and 100/0% in the Fe/Cu(trial-1), Mn/Zn(trial-2), and Fe+Cu/Mn+Zn(trial-3), respectively. The treatments of Fe/Mn/Cu/Zn(trial-4) were composed of 70% in main element and 10% in other 3 elements, respectively.

1. By the systematic variations of Fe, Mn, Cu, and Zn, the yields were more significantly influenced in white clover than in orchardgrass. In addition, the yields of white clover were closely correlated to the trends of root/nodule growth and flowering. In the Fe/Cu trial, the relatively high yields were obtained at the 100/0% in orchardgrass and at the 75/25% in white clover. The yields of white clover were more negatively influenced by the 100/0(Cu control) than by the 0/100(Fe control). The yields of orchardgrass, however, tended to be opposite to the above trends.

2. In the Mn/Zn trial, both forages showed generally high yields at the high ratios of Mn/Zn. Compared with orchardgrass, the yields of white clover were greatly decreased by the Mn-deficiency(low ratio of Mn/Zn). The effects of Zn on forage yields, however, were not recognized.

3. In the Fe+Cu/Mn+Zn trial, the yields of orchardgrass tended to be slightly different among the treatments. The yields of white clover, however, were relatively high at the 75/25, and showed a severe decrease at the 100/0 in the 2nd half cuts. In the Fe/Mn/Cu/Zn trial, the yields of white clover tended to be relatively high at the Cu and Zn treatments. It was likely to be caused by the balanced Fe/Mn ratio.

(Key words : Orchardgrass, White clover, Yields, Systematic variation application of Fe, Mn, Cu, and Zn)

I. 서 론

다량 및 미량요소 양분의 조화된 시비는 사료작물의 수량과 품질의 향상을 이루고 이로서

축산물 증산에 기여할 것이며, 이들의 부조화는 사료와 가축에게 미량요소의 결핍을 초래할 것이다(Nieschlag, 1966). 초지에서 질소와 다량요소의 시비에는 미량요소의 공급문제와 결부

되어져야 한다. 이는 사료작물의 수량증가 문제와 더불어 가축의 미량요소 요구도와 연관되기 때문이다.

Orchardgrass와 white clover는 양분흡수에서 초종 특성상 뿌리의 CEC가 다르고 양분 전유 능력에 큰 차이점을 보인다. 두 초종은 양분 함량과 요구도에 차이가 있으며 또한 생육리듬(N-고정 등)도 다르다. 이러한 초종 특성과 여러 재배/관리방법에 따라서 목초의 생육, 수량 및 품질 등이 큰 영향을 받는다.

식물체 내 모든 양분이온은 각 이온의 농도 뿐만 아니라 이들간 상호작용도 중요한 생리기능의 특성이다. 이 경우 양분의 흡수, 이동 및 생리기능에 상호간 길항적 또는 상조적 기능을 보인다(Finck, 1969). 필수 미량요소 간 상호 길항작용의 가능성은 Fe/Mn, Fe/Cu, Mn/Cu, Mn/Mo, B/Mo 등을 들 수 있다(Bergmann and Neubert, 1976). 이러한 미량요소들의 특성과 연관하여 Fe, Mn, Cu, Zn의 systematic variation 시비가 초종별 다양한 생육특성에 미치는 효과를 비교·검토하고자 하였다.

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. 배지인 peat soil의 pH를 조정하기 위해서 20g의 CaCO₃를 pot당 혼합하여 원래의 pH 3.0 수준을 6~7 수준으로 개량하였다. 사용된 배지

용기는 플라스틱 제품으로 높이 19cm, 직경 20cm인 크기를 갖는 pot를 사용하였다. 공시초종은 orchardgrass(*Dactylis glomerata* L. var. Potomac)와 white clover(*Trifolium repens* L. var. NFG Giant)를 단파하였다.

각 처리별 동일하게 시용된 초지조성 및 유지관리 비료인 다량요소 양분과 시비기준은 표 1과 같다. 표 1에 상응하는 다량요소 비료의 종류와 이들 비료의 시비량은 pot 당 Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 45me, epsomsalt(MgSO₄ · 7H₂O) 15me, KH₂PO₄ 30me, KNO₃ 40me, Mg(NO₃)₂ · 6H₂O 30me 이었으며 이를 예취별로 나누어 분시 하였다.

이들 다량요소 비료의 예취별 분시 기준은 총 합계 300me/pot를 기비(초지조성 및 1차 예취)로 50me, 2차 예취 75me, 3차 예취 75me, 4차 예취 50me, 5차 예취 50me로 각 전회 예취 직후 분시 하였다. 시비 시 양분 화합물의 침전을 방지하기 위해서 3개 群; 1) Ca(NO₃)₂ · 4H₂O + KNO₃ + Mg(NO₃)₂ · 6H₂O, 2) MgSO₄ · 7H₂O, 3) KH₂PO₄로 나누어 수용액을 만들었고 따로 따로 분시 하였다.

파종 전 석회시비로 산도를 조정한 배지에 초지조성 및 1차 예취(수확)를 위한 다량요소 분시량과 병행하여 Fe, Mn, Cu 및 Zn 필수 미량요소를 systematic variation 방법으로 시험설계된 처리수준(표 2 참조) 전량을 배지와 잘 섞어서 pot에 넣었다.

파종은 발아율이 약 70%에 달하는 각 종자를 단파재배로 각각 200mg/pot를 구멍이 있는 파종 보조판을 이용하여 고루 파종하였다. 목

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

Unit	Anions(A)				Cations(C)				Total ions (A)+(C)
	N	S	P	Σ	K	Ca	Mg	Σ	
me/pot	115	15	30	160	50	45	45	140	(160) + (140) = 300
% ¹⁾	71	10	19	100	36	32	32	100	(53.3) + (46.7) = 100.0

¹⁾ Relative application index(%), to the total amount(100%), respectively.

Table 2. Application amounts of Fe, Mn, Cu, and Zn by the systematic variation used for establishment and maintenance of the orchardgrass and white clover swards

Trial group	Micro-nutrients	Treatments(systematic variation, %)				
		0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
Trial-1 (Fe/Cu)	Fe %	0	25	50	75	100
	Cu	100	75	50	25	0
	Fe me/pot	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
	Cu	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
	Mn	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
	Zn	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Trial-2 (Mn/Zn)	Mn %	0	25	50	75	100
	Zn	100	75	50	25	0
	Mn me/pot	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
	Zn	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
	Fe	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
	Cu	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Trial-3 (Fe+Cu/Mn+Zn)	Fe+Cu %	0	25	50	75	100
	Mn+Zn	100	75	50	25	0
	Fe+Cu me/pot	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
	Fe	0.0	0.135	0.27	0.405	0.54
	Cu	0.0	0.065	0.13	0.195	0.26
	Mn+Zn	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0
	Mn	0.54	0.405	0.27	0.135	0.0
	Zn	0.26	0.195	0.13	0.065	0.0
Trial-4 (Fe/Mn/Cu/Zn)		Fe-70%	Mn-70%	Cu-70%	Zn-70%	
	Fe %	70	10	10	10	
	Mn	10	70	10	10	
	Cu	10	10	70	10	
	Zn	10	10	10	70	
	Fe me/pot	0.56	0.08	0.08	0.08	
	Mn	0.08	0.56	0.08	0.08	
	Cu	0.08	0.08	0.56	0.08	
Zn	0.08	0.08	0.08	0.56		
Mo	"0.1 me/pot constant for all trials and treatments"					
B	"0.7 me/pot constant for all trials and treatments"					

초는 이동식 케도시설이 된 식물생장온실(glass-house)에서 자연광 조건에서 재배하였다. 물 주는 미량요소 시험의 정밀성을 높이기 위해서 이온교환수를 이용하였다. 파종은 5/10일, 1차 예취는 6/14일(5주 생육), 2차 예취는 7/5일(3주 생육), 3차 예취는 7/26일(3주 생육), 4차 예취는 8/16일(4주 생육), 5차 예취는 9/13일(4주 생

육) 이었다. 예취는 5cm 높이로 하였다.

2. 처리내용

미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn을 systematic variation 방법으로 시험설제한 4개 시험군의 처리내용은 표 2와 같다. 시험군-1, 2, 3은 5처리

수준, 시험군-4는 4처리수준으로 하였으며, orchardgrass와 white clover 모두 동일하게 시비하였다. 미량요소 시비비료의 종류는 Fe는 fertilon(5% Fe), FeSO₄ · 7H₂O, Mn은 MnSO₄ · H₂O, Cu는 CuSO₄ · 5H₂O, Zn은 ZnSO₄ · 7H₂O, Mo은 (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O, 그리고 B는 H₃BO₃을 시비하였다. 처리 수는 4개 시험군, 2 초종, 5/4 처리, 4 반복으로 총 152개 pot로 실시하였고 목초 중 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 함량은 AAS(Unicum SP 1900) 분석기기로 정량하였다.

III. 결과 및 고찰

일반적으로 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 systematic variation 시비처리가 수량에 미치는 영향은 orchardgrass와 white clover 간 큰 차이를 보였다. white clover는 orchardgrass 보다 이들 처리에 따라 더 큰 수량변화를 보였다. 이는 두 초종간 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn에 대한 생리적 전유능력 및 요구 특성에 차이가 있는데 기인된 것으로 보였다. 또한 white clover의 수량 변화 특성은 뿌리/근류의 생육 및 개화의 특성과도 상호 밀접한 연관성을 보였다(1보).

1. Fe/Cu 비율시험(시험군-1)의 수량변화(표 3)

처리별 orchardgrass의 수량 차이는 100/0% 처리에서 다소 높은 수량을 보였지만 유의성은 없었다. 반면에 white clover는 일부 처리별 수량 차이가 유의성을 보였다. white clover는 75/25 처리에서 가장 높은 수량을 보였으며 orchardgrass와는 정반대로 100/0 처리에서 가장 낮은 수량을 보였다. 두 0% 처리간 수량을 비교하여 보면 100/0이 0/100 처리보다 상대적으로 더 크게 불량하였다. 이 결과는 white clover의 양호한 생육과 수량 제고에는 orchardgrass와는 반대로 Fe보다 Cu가 더 중요한 생리기능을 나타낸 것으로 보였으며 이러한 특성은 유의성이 있었다.

2. Mn/Zn 비율시험(시험군-2)의 수량변화(표 4)

Orchardgrass는 전반기 예취시에는 50/50 처리에서 그리고 후반기 예취에서는 100/0 처리에서 가장 양호한 수량을 보였다. 이는 예취가 진행될수록 Mn-함량이 낮아지는 특성과 상호 연관성을 보였다. 이에 비해서 Zn-함량의 변화는 경미하였고 Zn 시비량 증가에 따른 수량증가는 볼 수 없었고 오히려 Zn 증가/Mn 감소에 따른 수량감소가 크며 이 특성은 유의성을 보였다. 이는 Zn보다 Mn 수준에 orchardgrass 수량이 더 크게 영향을 받았음을 나타낸 것으로 보였다.

Table 3. Dry mater yields(g/pot) of orchardgrass and white clover as influenced by the systematic variation of Fe/Cu(trial-1)

Treatments (Fe/Cu) ¹⁾	Dry mater yields(g/pot) by cuts							
	Orchardgrass				White clover			
	1+2+3	4+5	total	%	1+2+3	4+5	total	%
0/100	30.94	20.46	51.40	100.0	28.22	27.36	55.58	100.0
25/ 75	30.85	20.09	50.94	99.1	26.74	29.22	55.96	100.7
50/ 50	31.52	20.78	52.70	102.5	28.01	29.41	57.32	103.1
75/ 25	31.27	20.32	51.59	100.4	28.69	29.87	58.56	105.4
100/ 0	31.73	21.79	53.52	104.1	25.94	22.89	48.83	87.9
LSD 5%	—	—	—	—	—	3.29	5.53	—

¹⁾ Percent application rates of Fe/Cu by systematic variation (see the table 2).

Table 4. Dry mater yields(g/pot) of orchardgrass and white clover as influenced by the systematic variation of Mn/Zn(trial-2)

Treatments (Mn/Zn) ¹⁾	Dry mater yields(g/pot) by cuts							
	1+2+3	4+5	total	%	1+2+3	4+5	total	%
	Orchardgrass				White clover			
0/100	30.36	18.33	48.69	100.0	29.32	18.25	47.5	100.0
25/ 75	31.83	18.74	50.57	103.9	28.56	21.94	50.5	106.2
50/ 50	33.06	19.38	52.39	107.6	29.80	25.28	55.0	115.8
75/ 25	32.69	19.91	52.60	108.0	31.06	27.63	58.6	123.4
100/ 0	32.31	20.33	52.64	108.1	30.67	26.69	57.3	120.6
LSD 5%	1.32	0.90	1.72		—	5.40	6.12	

¹⁾ Percent application rates of Mn/Zn by systematic variation (see the table 2).

White clover는 orchardgrass와는 달리 전반기 예취(1-3)에서는 처리별 유의성이 있는 차이를 보이지 않았으며 이는 충분한 Mn-함량과 연관된 것으로 보였다. 그러나 후반 예취(4-5)에서는 Mn/Zn 비율이 높은 처리에서 white clover의 수량이 크게 높아졌다. 75/25 처리에서 제일 높은 수량을 보였다. 두 초종 공히 Mn 수준이 낮은 0/100과 25/75 처리에서 수량이 감소되는 특성은 통계적 유의성을 보였다.

이러한 낮은 Mn/Zn 비율의 처리에서 두 초종이 수량감소를 보이는 특성은 특히 white clover에서 심하였으며 이는 Mn 수준별 Mn-함량이 크게 변화된 것과 밀접한 연관성을 보였

다. 이에 비해서 Zn 함량은 상대적으로 작은 변화를 보였고 수량에 미치는 시비효과를 볼 수 없었다. Mn-결핍조건에서는 white clover가 orchardgrass 보다 더 부정적인 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다. 마지막 2회 예취의 수량을 기준한 systematic variation 방법으로 계산된 적정 Mn/Zn 비율은 orchardgrass는 52/48, 그리고 white clover는 58/42% 수준이었다.

3. Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험(시험군-3)의 수량변화(표 5)

Orchardgrass는 전반 3회 예취에서는 50/50

Table 5. Dry mater yields(g/pot) of orchardgrass and white clover as influenced by the systematic variation of Fe+Cu/Mn+Zn(trial-3)

Treatments (Fe+Cu/Mn+Zn) ¹⁾	Dry mater yields(g/pot) by cuts							
	1+2+3	4+5	total	%	1+2+3	4+5	total	%
	Orchardgrass				White clover			
0/100	31.08	19.57	50.65	100.0	24.28	24.07	48.34	100.0
25/ 75	32.29	18.84	51.13	101.0	28.62	27.67	56.29	116.5
50/ 50	33.26	18.90	52.16	103.0	29.79	28.16	57.95	119.9
75/ 25	31.91	20.30	52.21	103.1	30.67	28.94	59.61	123.3
100/ 0	32.95	18.49	51.44	101.6	29.87	20.09	49.96	103.4
LSD 5%	0.95	—	—		2.05	4.05	4.77	

¹⁾ Percent application rates of Fe+Cu/Mn+Zn by systematic variation (see the table 2).

처리가 가장 양호한, 그리고 0/100 처리가 가장 불량한 수량을 보였다. 그러나 두 처리간 수량 차이는 경미하였다. 후반 4-5차 예취에서는 처리간 수량 차이를 볼 수 없었다. white clover는 orchardgrass와는 달리 처리별 수량차이가 크게 나타났다. 75/25 처리에서 가장 양호한 수량을 보였으며 전반 예취기에는 0/100, 후반 예취기에는 100/0 처리에서 유의성 있는 큰 수량감소를 나타냈다. 이는 예취가 진행되면서 Mn-함량의 심한 감소와 연관된 것으로 보였고 또한 Fe+Cu의 부족도 수량에 크게 영향을 준 것으로 보였다.

4. Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험(시험군-4)의 수량 변화(표 6)

모든 경우 처리별 수량에 미치는 효과는 유의성이 없었다. orchardgrass는 Mn-70% 처리에서 다소 양호한 수량을 보인 반면에 white clover는 오히려 Mn-70% 처리에서 다른 처리보다 다소 낮은 수량을 보였다. white clover에서 Cu와 Zn-70% 처리에서 다소 양호한 수량을 보인 것은 Fe과 Mn이 비록 낮은 비율로 시비되었지만 균형된 Fe과 Mn 시비(Fe/Mn 비율)에 기인된 것으로 보였다.

5. 목초의 수량에 미치는 종합고찰

식물체내 양분이온은 각 이온의 농도뿐만 아니라 이온간 상호작용도 중요한 생리기능을 한다. 양분의 흡수, 이동 및 생리기능 면에서 무기양분 이온은 길항작용과 상호작용이 이루어진다(Finck, 1969). Bergmann and Neubert (1976) 보고에 의하면 미량요소간 Fe/Mn, Fe/Cu, Mn/Cu, Mn/Mo 및 B/Mo 상대비가 중요한 의미가 있고 이들 간에는 한 양분이 결핍 또는 과다조건일 경우 동시에 상대 양분의 과다 또는 결핍을 초래하는 결과를 가져온다고 하였으며 이러한 특성은 모든 경우 불균형된 그리고 상호비율이 부적합한 양분공급 상태임을 나타낸다고 하였다.

Fe-결핍은 미량요소의 불균형에 유발된다고 보고된 바 있으며(Brown et al. 1959), 많은 연구보고에서는 Fe/Mn 비율이 Fe과 Mn의 결핍 또는 과다에 서로 길항적으로 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-시비로 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 물질대사 기능에서 서로 교호작용을 하는 관계가 있다. 이들 양분의 생리적 기능은

Table 6. Dry mater yields(g/pot) of orchardgrass and white clover as influenced by the systematic variation of Fe/Mn/Cu/Zn(trial-4)

Treatments (Fe/Mn/Cu/Zn) ¹⁾	Dry mater yields(g/pot) by cuts							
	Orchardgrass				White clover			
	1+2+3	4+5	total	%	1+2+3	4+5	total	%
Fe-70%	31.47	16.22	47.69	100.0	30.77	26.37	57.14	100.0
Mn-70%	32.13	17.23	49.36	103.5	29.55	25.21	54.76	95.8
Cu-70%	31.60	16.75	48.35	101.4	31.92	28.10	60.02	105.0
Zn-70%	31.53	17.59	49.12	103.0	30.69	28.66	59.35	103.9
LSD 5%	—	—	—	—	—	—	—	—

¹⁾ Percent application rates of Fe/Mn/Cu/Zn by systematic variation(see the table 2).

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.

본 시험에서 white clover는 orchardgrass에 비해서 상대적으로 미량요소 시비(처리)에 크게 민감하였으며 이에 따라서 white clover의 뿌리생육, 근류생성 및 개화에 크게 영향을 받았고 이와 연관하여 수량과도 서로 밀접한 연관성을 보였다. 이에 비해서 orchardgrass는 단지 경미한 영향을 보였는데 이는 두 초종간 미량요소에 대한 생리대사의 차이에 기인된 것으로 보였다.

또한 본 시험에서 Fe의 시비에 다소 양호한 수량을 보였지만 Fe-함량은 거의 증가되지 않았다. Gupta and Chipman(1976)은 Fe 시비(Fe-sulfate)에 Mn과 Zn 함량의 감소는 가져오면서도 Fe-함량의 증가는 볼 수 없었다고 한바 있다. 본 시험의 경향을 볼 때 Fe 효과는 식물체내 Fe 형태뿐만 아니라 식물체내 다른 미량요소량과 병행하여 영향을 받는 것으로 보였다.

Mn의 함량과 시비효과는 Fe의 경우와는 달리 Mn 처리(시비량)에 따라서 큰 차이를 보였다. Finger(1951)는 많은 식물에서 Mn 시비가 긍정적인 뿌리생육을 보였고, 그에 비해서 Vose and Jones(1963)는 white clover에서 Mn 시비가 뿌리발육에 부정적인 영향을 주었다고 보고한 바 있다. 본 시험에서는 white clover에서 Mn 결핍은 뿌리발육, 근류생성, 개화 및 수량의 심한 저하를 초래한 것으로 보였다. 이는 white clover에 Mn 결핍이 쉽게 유발되는 생리적 특성인 것으로 보였는데 이런 특성은 Bussler(1958)와 Woodhouse(1964)의 연구보고와도 일치하는 경향이였다. Mn 처리별 Mn 함량의 큰 변화에도 불구하고 orchardgrass는 뿌리생육이 처리별 경미한 차이를 보였고 이와 더불어 수량도 경미한 차이를 보였다.

Cu 함량은 Cu 시비에도 불구하고 경미한 상승을 보였다. 뿌리에서 지상부위로 Cu^{2+} 이동

은 매우 적어 Cu 시비시 뿌리부위에 우선 집적되는 경향이 있고 반면에 지상부위 앞에는 단지 느리게 함량증가를 보인다(Bergmann and Neubert, 1976). 극단적인 Fe/Cu=100/0% 시비처리에서 white clover는 수량뿐만 아니라 뿌리, 근류 및 개화 특성(1보)들이 크게 불량해졌다. 반면에 orchardgrass는 양호한 수량을 보였다. 이런 특성을 고려할 때 white clover는 orchardgrass와는 대조적으로 Cu 결핍에 매우 민감한 생리특성을 보였다. White clover에서 Cu는 뿌리, 근류, 개화 및 수량에 서로 연관성을 갖고 큰 영향을 준 것으로 보였다. 이런 경향은 많은 연구결과(Hewitt et al., 1954; Bolle-Jones, 1957; Bond and Hewitt, 1967; Rahimi, 1972; Rahimi and Bussler, 1973)와 비슷한 경향이였다.

IV. 요약

Orchardgrass 및 white clover에서 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 systematic variation 시비가 牧草의 생육, 개화, 수량 및 양분 함량 등에 미치는 영향 등을 구명하였다. 다량요소 양분을 동일량 시비한 조건에서 시험군-1(Fe/Cu), 시험군-2(Mn/Zn), 시험군-3(Fe+Cu/Mn+Zn)의 처리내용은 시험군별 처리양분의 총 시비량(100%)을 systematic variation 방법으로 각각 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0% 비율로 나누어 시비처리 하였고, 시험군-4(Fe/Mn/Cu/Zn)에서는 각 기준양분 70%, 기타 양분은 각각 10%(합계 100%) 비율로 시비처리 하였다.

1. 일반적으로 처리별 수량에 미치는 영향은 초종간 큰 차이를 보였으며 white clover는 orchardgrass 보다 더 크게 영향을 받았다. white clover의 처리별 수량변화는 뿌리/근류의 생육 및 개화특성 등과 연관성을 보였다(1보).

2. Fe/Cu 비율시험에서 orchardgrass의 수량은 100/0% 처리에서, white clover는 75/25 처리에서 다소 높은 수량을 보였다. 또한 white clover의 양호한 생육과 수량은 Cu 비율에

더 크게 영향을 받았고 orchardgrass는 Fe 비율에 더 영향을 받는 경향 이었다.

3. Mn/Zn 비율시험에서 두 초종 공히 높은 Mn 비율에서 양호한 수량을 보였다. 그러나 Mn-결핍조건에서는 white clover가 orchardgrass 보다 상대적으로 더 수량감소를 보였다. 이에 비해서 Zn-함량의 변화와 이의 수량에 미치는 영향은 경미하였다.

4. Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험에서 orchardgrass는 처리간 수량 차이가 경미하였다. white clover는 orchardgrass에 비해서 처리별 수량차이가 크게 나타났다. 75/25 처리에서 높은 수량을 보였으며 100/0 처리에서는 후반기에 심한 수량감소를 나타냈다. Fe/Mn/Cu/Zn 비율 시험에서 white clover는 Cu와 Zn 처리에서 다소 양호한 수량을 보였고 이는 아마도 균형된 Fe/Mn 비율과도 연관된 것으로 보였다.

V. 인 용 문 헌

- Bergmann, W. and P. Neubert. 1976. Pflanzen-diagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bolle-Jones, E.W. 1957. Copper, its effects on the growth and composition of the rubber plant. *Plant and Soil*, 4:160-178.
- Bond, G. and E.J. Hewitt. 1967. The significance of copper for N-fixation in nodulated *Alnus* and *Casuarina* plants. *Plant and Soil*, 27:447-449.
- Brown, J.C., R.S. Holmes and L.O. Tiffin. 1959. Hypotheses concerning iron chlorosis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23:231-234.
- Bussler, W. 1958. Manganmangelsymptome bei hoeheren Pflanzen. *Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd.* 81:225-242.
- 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.
- Finger, H. 1951. Die Wirkung von Bor, Mangan, Kupfer und steigenden Kalkgaben auf rohhumushaltigem Heidesandboden. *Landw. Forschung*, 3: 89-112.
- 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.
- Hewitt, E.J., E.W. Bolle-Jones and P. Miles. 1954. The production of copper, zinc and molybdenum deficiencies in crop plants grown in sand culture with special reference to some effects of water supply and seed reserve. *Plant and Soil*, 5:205-222.
- Hiatt, A.J. and J.L. Ragland. 1963. Manganese toxicity of burley tobacco. *Agron. J.* 55:47-49.
- 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.
- 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.
- Rahimi, A. 1972. Kupfermangelsymptome und ihre Entwicklung bei hoeheren Pflanzen. Dissertation, D83, Nr. 14, TU Berlin.
- Rahimi, A. and W. Bussler. 1973. Der Einfluss unterschiedlicher Zink-Gaben auf die Entwicklung von Mais. *Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd.* 135:267-283.
- 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.
- Sommers, I.I. and J.W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in the plant metabolism. *Plant Physiol.* 17:582-602.
- Vose, P.B. and D.G. Jones. 1963. The interaction of manganese and calcium on nodulation and growth in varieties of *Trifolium repens*. *Plant and Soil*, 18:372-385.
- Woodhouse, W.W. Jr. 1964. Nutrient deficiencies in forage grasses. In: *Hunger signs in crops*, 3rd edit. David Mackay Comp., New York. 181-218.