

Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White clover의 생육, 뿌리 / 근류 및 개화에 미치는 영향

鄭 連 圭

Effects of Systematic Variation Application of Fe, Mn, Cu, and Zn on the Growth, Root / Nodule, and Flowering 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. In general, the unbalanced applications of Fe and Mn resulted in the Mn and Fe deficiencies(chlorosis) on white clover, respectively, because of the antagonism between Fe and Mn. In white clover, the traits of growth, root/nodule, and flowering, which were influenced by the systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn, were closely correlated to each other. In the Fe/Cu trial, the 0/100 and 25/75 induced a Fe-deficiency on white clover, and the 0/100 also showed poor root growth and flowering. In addition, the 50/50 and 75/25 showed an early flowering of white clover.

2. In the Mn/Zn trial, the 0/100 induced a severe Mn-deficiency(chlorosis) on white clover. The 25/75 and 50/50, however, diminished the chlorosis symptom. The 75/25 and 100/0 showed generally good root growth and flowering of white clover.

3. In the Fe + Cu/Mn + Zn trial, the 0/100 induced a Fe-deficiency, and the 100/0 induced a Mn-deficiency on white clover, which were correlated to the poor root growth and flowering. The 75/25 showed good root growth and flowering of white clover. The flowering of white clover tended to be more influenced by the Fe + Cu than by the Mn + Cu ratios.

4. In the Fe/Mn/Cu/Zn trial, the Fe and Mn deficiencies on white clover, which were influenced by the Mn and Fe treatments, also occurred. The Cu and Zn-deficiency symptoms, however, were not recognized. General differences have been showed in the numbers of flowers as following orders; Zn > Cu > Mn > Fe - 70% treatments.

(Key words : Orchardgrass, White clover, Root growth, Nodule, Flowering, Systematic variation application of Fe, Mn, Cu, and Zn)

I. 서 론

다량 및 미량요소 양분의 조화된 시비는 사

료작물의 수량과 품질의 향상을 이루고 이로서 축산물 증산에 기여할 것이며, 이들의 부조화는 사료와 가축에게 미량요소의 결핍을 초래할

것이다(Nieschlag, 1966). 초지에서 질소와 다량 요소의 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 양분함량과 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 미량요소간 상호 길항작용의 가능성은 Fe/Mn, Fe/Cu, Mn/Cu, Mn/Mo, B/Mo 등을 들 수 있다(Bergmann and Neubert, 1976). 이러한 미량요소들의 특성과 관련하여 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 수준

을 6~7 수준으로 개량하였다. 사용된 배지용기는 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 분시하였다. 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. 시비시 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 조정된 배지에 초지조성 및 1차 예취(수확)를 위한 다량요소 분시량과 병행하여 Fe, Mn, Cu, Zn 필수 미량요소를 systematic variation 방법으로 시험설계된 처리수준(표 2참조) 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. 목초는 이동식 케도시설이 된 식물생장온실(glass-house)에서 자연광 조건에서 재배하였다. 물 주

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 rates(%), related to the total application amount(100%), respectively.

기는 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 생육) 이었다. 예취는 5cm 높이로 하였다.

2. 처리내용

미량요소 Fe, Mn, Cu, Zn을 systematic varia-

tion 방법으로 시험설계 한 4개 시험군의 처리 내용은 표 2와 같다. 시험군 - 1, 2, 3은 5처리 수준, 시험군 - 4는 4처리수준으로 하였으며, orchardgrass와 white clover 모두 동일하게 시비 하였다. 미량요소 시비비의 종류는 Fe는 fetrilon(5% Fe), FeSO₄ · 7H₂O, Mn은 MnSO₄ · H₂O, Cu는 CuSO₄ · 5H₂O, Zn은 ZnSO₄ · 7H₂O, Mo은 (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O, 그리고 B는 H₃BO₃ 을 시비하였다. 처리 수는 4개 시험군, 2 초종, 5/4 처리, 4 반복으로 총 152개 pot로 실시하였

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
NTrial-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"

고 목초 중 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 함량은 AAS(Unicum SP 1900) 분석기기로 정량하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 목초의 생육 및 양분 결핍증상

White clover는 3차 예취 시까지는 식물체 지상부위에 미량요소 결핍증상이 나타나지 않았으나 후반 4, 5차 예취 시에 Fe과 Mn 간의 길항작용의 영향으로 Mn과 Fe 결핍증상이 나타났다. 반면에 orchardgrass는 비록 미량요소의 함량이 white clover와 같이 처리별 뚜렷한 변화를 보였지만 가시적 결핍증상은 볼 수 없었고 단지 경미한 생육차이만 보였다.

Fe과 Mn 처리에 따라 white clover에 나타난 황화현상은 일반적으로 유엽뿐만 아니라 고엽의 엽맥 간 부위에 고르게 담색화(황화현상)가 되었으며 이 특성만으로는 Fe과 Mn-결핍의 황화현상을 구분키 어려웠다. 그러나 Mn-결핍 황화현상이 심해지면서 잎 하변이 감겨지는 증상

까지 나타났다.

(1) Fe/Cu 비율시험

White clover는 0/100 및 25/75% 처리에서 황화현상이 나타났지만 그러나 Fe-함량은 처리별 단지 경미한 차이를 보였다.

(2) Mn/Zn 비율시험

White clover는 특히 0/100% 처리에서 심한 Mn 결핍 증상이 나타났으며 또한 25/75 및 50/50 처리에서도 이 증상이 다소 약화되었지만 볼 수 있었다. 이에 비해서 75/25 및 100/0 처리에서는 정상적인 생육을 보였다. orchardgrass는 75/25 처리에서 후반 예취기에 양호한 생육을 보였다

(3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

White clover는 0/100 처리에서 Fe-결핍 황화현상이 나타났으며 100/0 처리에서는 Mn-결핍 황화현상을 보였다. 25/75 및 50/50 처리에서는 결핍증상을 볼 수 없었다. 100/0 처리에서 나타난 Mn-결핍 황화현상은 0/100 처리에서 나타난

Table 3. Visible chlorosis-symptoms¹⁾ on white clover as influenced by the systematic variations of Fe, Mn, Cu, and Zn

Trial group	Micro-nutrients	Treatments ²⁾				
		0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
Trial-1 (Fe / Cu)	Fe	++	+	-	-	-
	Cu, Mn, Zn	-	-	-	-	-
Trial-2 (Mn / Zn)	Mn	+++	++	+	-	-
	Zn, Fe, Cu	-	-	-	-	-
Trial-3 (Fe+Cu / Mn+Zn)	Fe	+	-	-	-	-
	Mn	-	-	-	-	+++
	Cu, Zn	-	-	-	-	-
Trial-4 (Fe / Mn / Cu / Zn)		Fe-70% ³⁾	Mn-70%	Cu-70%	Zn-70%	
	Fe	-	+	-	-	
	Mn	+	-	+	+	
	Cu, Zn	-	-	-	-	

¹⁾ - ; normal growth. + ; relative grade in relation to the intensity and spread of chlorosis-symptoms.

²⁾ Percent application rates by systematic variation, respectively(see the table 2).

³⁾ Percent application rates of main element(see the table 2).

Fe-결핍 황화현상보다 더 심했다.

(4) Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험

White clover는 처리비율에 따라서 Fe과 Mn 결핍증상이 나타났으며 반면에 Cu와 Zn 결핍 증상은 나타나지 않았다. 표 3에서 보는바와 같이 Fe과 Mn 결핍증상은 이들간 길항작용에 크게 연관되었음을 보였다. 이에 비해서 높은 비율의 Fe과 Mn 시비에 따른 Cu와 Zn 결핍증상은 확인되지 않았다.

2. 뿌리생육 및 근류생성

Orchardgrass의 경우는 모든 시험군에서 처리별 뿌리생육의 차이(색도<갈색>와 밀도 등)가 경미하였다. 반면에 white clover는 표 4와 같이

뿌리의 색도, 밀도 및 근류의 생성 등에서 처리별 차이가 뚜렷하였다.

(1) Fe/Cu 비율시험

White clover는 100/0 처리에서 뿌리생육(색도, 밀도 및 근류형성)이 다른 처리에 비해서 가장 불량하였다. 이러한 특성은 개화와 수량 특성과도 연관성을 보였다. 이는 Cu=0% 수준이 Fe=0% 수준보다 white clover의 뿌리생육에 더 부정적인 영향을 주었음을 보여주었다. 다른 처리간에는 경미한 차이를 보였다.

(2) Mn/Zn 비율시험

White clover는 Mn 비율이 감소될수록(0/100 과 25/75%) 뿌리생육이 불량하였으며, 이는 또한 개화 수와 수량과도 연관성을 보였다. 이러

Table 4. Root growth trends of white clover as influenced by the systematic variations of Fe, Mn, Cu, and Zn

Trial group	Criterion ¹⁾	Treatments ²⁾				
		0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
Trial-1 (Fe / Cu)	Colour	lbr	lbr	lbr	lbr-br	br-lbr
	Density	2+	3+	2+	2+	+
	Nodule	2+	3+	2+	2+	+
Trial-2 (Mn / Zn)	Colour	br	lbr-br	lbr	lbr	lbr
	Density	+	2+	3+	2+	3+
	Nodule	+	+	2+	2+	2+
Trial-3 (Fe+Cu / Mn+Zn)	Colour	br-lbr	lbr	lbr	w	lbr-br
	Density	+	2+	2+	3+	+
	Nodule	+	2+	2+	3+	+
Trial-4 (Fe / Mn / Cu / Zn)	Colour	br	br-lbr	lbr	lbr	lbr
	Density	+	+	+	+	+
	Nodule	+	+	+	+	+

¹⁾ Colour of roots; b(brown), lbr(light brown), w(white).

Density and nodule; relative observation value under the considerations as follows; amount, size, coverage, and distribution of roots on inner surface of pot.

²⁾ Percent application rates by systematic variation, respectively(see the Table 2).

³⁾ Percent application rates of main element(see the Table 2).

한 특성은 또한 Zn=0% 수준이 Mn=0% 수준과는 다르게 뿌리생육에 미치는 영향이 경미하였음을 보여주었다. 이는 식물체 중 Zn 함량이 상대적으로 높은 것과 연관된 것으로 보였다.

(3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

White clover는 75/25% 처리가 상대적으로 가장 양호한 뿌리생육을 보였다. 반면에 두 극단적인 비율(0/100과 100/0% 처리)에서는 매우 불량하였다. 이러한 불량한 뿌리생육 특성은 개화와 수량과도 연관성을 보였다.

(4) Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험

White clover는 일반적으로 다른 시험군에 비해서 뿌리생육이 상대적으로 열악하였다. 또한 처리간 뿌리생육의 차이는 경미하였다. 단지 Fe과 Mn-비율이 단독으로 높은 처리에서는 다른 처리에 비해서 뿌리의 색깔이 더 갈색을 띠고 더 열세한 활성을 보였다.

3. 개화 및 화아 수 변화

처리별 각 예취 시에 조사한 개화 및 화아 수는 표 5와 같다. orchardgrass는 매 예취 시까지 볼 수 없었다. 시험군-1, 2 및 3에서 white clover의 개화 수는 처리에 따라서 차이를 보였고, 또한 이러한 개화 수의 차이는 일반적으로 뿌리생육과 수량과도 상호 밀접한 연관성을 보였다.

(1) Fe/Cu 비율시험

Fe/Cu 비율시험에서 100/0% 처리는 다른 처리에 비해서 white clover의 개화에 다소 부정적인 영향을 보였다. 이 처리는 또한 뿌리생육 및 수량에도 부정적인 영향을 주었다. 이에 비해서 다른 처리간 개화/화아 수 차이는 경미하였다. 그러나 조화된 50/50과 75/25% 비율의 처

리에서는 다른 처리에 비해서 다소 빠른 개화를 보였다.

(2) Mn/Zn 비율시험

Mn/Zn 비율시험에서 white clover의 개화/화아 수는 일반적으로 높은 Mn/Zn 비율에서 증가되었으며 이는 수량증가와 밀접한 연관성을 보였다.

(3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

White clover는 75/25% 처리에서 가장 많은 개화/화아 수를 보였다. 이에 비해서 두 극단적인 0/100 및 100/0 처리에서는 개화/화아 수뿐만 아니라 심한 수량감소를 보였다. 표 5에서 보는바와 같이 두 불량한 비율 중 0/100 처리가 상대적으로 더 불량한 특성을 보인 것으로 보아서 개화에는 Fe+Cu 비율이 Mn+Zn 비율보다 더 큰 영향을 준 것으로 보였다.

(4) Fe/Cu/Mn/Zn 비율시험

Fe/Cu/Mn/Zn 비율시험에서는 Zn > Cu > Mn > Fe-70% 처리 순으로 개화 수가 많았다. 그러나 다른 시험군-1, 2, 3과는 다르게 뿌리생육과 수량특성과의 연관성이 미약하였다. Zn과 Cu-비율이 높은 처리에서 상대적으로 많은 개화/화아 수를 보인 특성으로 보아서 Fe과 Mn이 상대적으로 적은 시비량(10%) 임에도 불구하고 아마도 Fe과 Mn과의 균형된 시비로 다소 양호한 개화/화아 수를 가져온 것으로 보였다.

4. 목초의 생육 및 개화에 미치는 종합고찰

식물체내 양분이온은 각 이온의 농도뿐만 아니라 이온간 상호작용도 중요한 생리기능을 한다. 양분의 흡수, 이동 및 생리기능 면에서 무기양분 이온은 길항작용과 상조작용이 이루어진다(Finck, 1969). Bergmann and Neubert(1976) 보고에 의하면 미량요소간 Fe/Mn, Fe/Cu, Mn/

Table 5. Numbers of flower and flower-bud of white clover as influenced by the systematic variations of Fe, Mn, Cu, and Zn

Treatments ¹⁾	Flower/(flower-bud) by cut ²⁾				Total numbers			
	2nd	3rd	4th	5th	Flower	Flower-bud	Sum	%
Trial-1(Fe/Cu)								
0/100%	0/(1)	5/(7)	39/(5)	2/(1)	46	14	60	100
25/ 75	0/(1)	3/(10)	32/(5)	4/(1)	39	17	56	93
50/ 50	0/(0)	4/(15)	30/(6)	5/(0)	39	21	60	100
75/ 25	0/(0)	5/(13)	33/(7)	3/(1)	41	21	62	103
100/ 0	0/(0)	4/(10)	32/(4)	4/(0)	40	14	54	90
Trial-2(Mn/Zn)								
0/100	0(0)	12/(11)	28/(5)	2/(0)	42	16	58	100
25/ 75	0/(0)	7/(13)	23/(7)	1/(0)	31	20	51	88
50/ 50	1/(3)	7/(15)	27/(8)	1/(0)	36	26	62	107
75/ 25	0/(1)	10/(9)	45/(6)	1/(0)	56	16	72	124
100/ 0	0/(2)	18/(12)	36/(7)	4/(0)	58	21	79	136
Trial-3(Fe+Cu/Mn+Zn)								
0/100	1/(0)	5/(15)	10/(5)	1/(0)	17	20	37	100
25/ 75	0/(0)	6/(10)	34/(6)	3/(0)	43	16	59	160
50/ 50	0/(0)	16/(12)	35/(8)	0/(0)	51	20	71	192
75/ 25	1/(0)	7/(15)	44/(8)	6/(0)	58	23	81	219
100/ 0	0/(0)	15/(14)	25/(5)	0/(0)	40	19	59	160
Trial-4(Fe/Mn/Cu/Zn)								
Fe-70% ³⁾	0/(2)	7/(16)	16/(5)	3/(1)	26	24	50	100
Mn-70%	0/(0)	13/(10)	27/(11)	3/(0)	43	21	64	128
Cu-70%	1/(2)	14/(11)	35/(6)	4/(0)	54	19	73	146
Zn-70%	0/(3)	10/(18)	35/(8)	2/(0)	47	29	76	152

¹⁾ Percent application rates by systematic variation, respectively(see the Table 2).

²⁾ Flowers were not found at the 1st cut.

³⁾ Percent application rates of main element(see the Table 2).

Cu, Mn/Mo 및 B/Mo 상대비가 중요한 의미가 있고 이들 간에는 한 양분이 결핍 또는 과다조 건일 경우 동시에 상대 양분의 과다 또는 결핍을 초래하는 결과를 가져온다고 하였으며 이러한 특성온 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 물질 대사 기능에서 서로 교호작용을 하는 관계가 있다. 이들 양분의 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.

본 시험에서 white clover는 orchardgrass에 비해서 상대적으로 미량요소 시비(처리)에 크게 민감하였으며 이에 따라서 white clover는 뿌리 생육, 근류 생성 및 개화에 크게 영향을 받았고 이들은 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 시비에도 불구하고 Fe-함량은 증가되지 않았다. Gupta and Chipman (1976)는 Fe 시비(Fe-sulfate)에 Mn과 Zn 함량의 감소는 가져오면서도 Fe-함량의 증가는 볼 수 없었다고 한 바 있다. 본 시험의 경향을 볼 때 Fe 효과는 식물체내 Fe 형태뿐만 아니라 식물체내 다른 미량요소의 량에 따라서 영향을 받는 것으로 보였다.

Mn의 효과와 함량은 Fe의 경우와는 달리 Mn 처리에 따라서 달랐다. 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, 근류형성, 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 경향 이었다. Mn 처리별 Mn 함량의 큰 변화에도 불구하고 orchardgrass는 뿌리생육이 처리별 경미한 차이를 보였다.

Cu 함량은 Cu 시비에도 불구하고 경미한 상승을 보였다. 뿌리에서 지상부위로 Cu^{2+} -이동은 매우 적다. 그러므로 Cu는 Cu 시비 시 뿌리 부위에 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 특성들이 크게 불량해졌다. 반면에 orchardgrass는 양호한 수량을 보였다. 이런 특성을 고려할 때 white clover는 orchardgrass와는 대조적으로 Cu 결핍에 매우 민감한 생리특성을 보인 것으로 보였다. white clover에서 Cu는 뿌리, 근류 및 개화에 큰 영향을 준 것으로 보였다. 이런 경향은 많은 연구 결과(Hewitt et al., 1954; Bolle-Jones, 1957; Bond and Hewitt, 1967; Rahimi, 1972; Rahimi and Bussler, 1973)와 비슷한 경향 이었다.

IV. 요 약

Orchardgrass 및 white clover에서 미량요소 Fe, Mn, Cu, Zn의 systematic variations 시비가 목초의 생육, 개화, 수량, 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 총 시비량을 systematic variation 방법으로 각각 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0% 비율로 나누어 시비 처리 하였고, 시험군-4(Fe/Mn/Cu/Zn)에서는 각 기준처리 70%, 기타처리는 각각 10%(합계 100%) 비율로 시비 처리 하였다.

1) White clover에서 Fe과 Mn 간의 길항작용에 의한 Mn과 Fe 결핍 황화현상을 볼 수 있었다. 또한 처리별 뿌리생육, 근류와 개화에 미치

는 영향은 일반적으로 상호 밀접한 연관성을 보였다. Fe/Cu 비율시험에서 white clover는 0/100 및 25/75% 처리에서 Fe-결핍 황화현상이 나타났으며 100/0% 처리는 다른 처리에 비해서 뿌리생육(색도, 밀도 및 근류형성) 및 개화/화아 수가 불량하였다. 그리고 50/50과 75/25% 처리에서는 다른 처리에 비해서 다소 빠른 개화를 보였다.

2) Mn/Zn 비율시험에서 white clover는 특히 0/100% 처리에서 심한 Mn 결핍 황화현상이 나타났으며 또한 25/75 및 50/50 처리에서도 이 증상을 다소 볼 수 있었다. 높은 Mn/Zn 비율의 처리에서 일반적으로 양호한 뿌리생육과 증가된 개화/화아 수를 보였다.

3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험에서 white clover는 0/100% 처리에서 Fe 결핍 황화현상을 그리고 100/0 처리에서는 Mn 결핍 황화현상을 보였고, 모두 뿌리생육의 불량과 개화/화아 수 감소를 보였다. 75/25 비율에서 가장 양호한 뿌리생육과 많은 개화/화아 수를 보였다.

4) Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험에서 white clover는 처리비율에 따라서 Fe과 Mn 결핍증상이 나타났으며 반면에 Cu와 Zn 결핍증상은 나타나지 않았다. Zn > Cu > Mn > Fe-70% 시비처리순으로 개화/화아 수가 많았다.

V. 인 용 문 헌

- Bergmann, W. and P. Neubert. 1976. Pflanzendiagnose 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. Pflanzenemachr., 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.

17. Rahimi, A. and W. Bussler. 1973. Der Einfluss unterschiedlicher Zink-Gaben auf die Entwicklung von Mais. Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd. 135:267-283.
18. 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.
19. Sommers, I.I. and J.W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in the plant metabolism. Plant Physiol. 17:582-602.
20. 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.
21. Woodhouse, W.W.Jr. 1964. Nutrient deficiencies in forage grasses. In; Hunger signs in crops, 3rd edit. David Mackay Comp., New York. 181-218.