

Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White Clover 중 이들의 함량에 미치는 영향

鄭 連 圭

Effects of Systematic Variation Application of Fe, Mn, Cu and Zn on these Contents in Orchardgrass and White Clover

Yeun Kyu Jung

ABSTRACTS

This pot experiment was conducted to investigate the effects of systematic variation applying 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 70% in main-element and 10% in other 3 sub-elements, respectively.

1. Compared with orchardgrass, white clover showed relatively consistent differences in the contents of micronutrients as influenced by treatments of the systematic variation. The contents of Mn and Cu in the forages were significantly influenced by the application rates of Mn and Cu, respectively. The contents of Fe and Zn in the forages, however, were not significantly different among these treatments.
2. Compared with orchardgrass in the Fe/Cu trial, white clover had not only the low content of Cu but also the Cu content and yield of white clover were greatly decreased by the low rate of application of Cu. In the Mn/Zn trial, the 0/100% resulted in the severe decrease of Mn-content in both forages. The low content of Mn in white clover tended to be negatively correlated to the Mn-chlorosis, inferior growth and flowering, and low yield.
3. In the Fe+Cu/Mn+Zn trial, the application with 0/100% and 100/0% resulted in the relatively great decrease of Cu and Mn contents, respectively. These traits in white clover tended to be negatively correlated to the inferior growth and flowering, and low yield.
4. In the Fe/Mn/Cu/Zn trial, the content of every main-elements in the forages were increased especially in Mn. In addition, the contents of sub-elements were likely to be somewhat negatively influenced by the treatment of main-element, respectively.

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

I. 서 론

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

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

결부되어져야 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, 이들 간 상호작용도 중요한 생리 기능의 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 대조적인 두 초종 간 다양한 생육특성에 미치는 효과를 비교·검토하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시배지 및 재료

(1) 공시배지와 초종

함유양분이 매우 척박한 점유질 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 배지용기는 플라스틱 제품으로 높이 19cm, 직경 20cm인 pot를 사용하였다. 공시초종은 orchardgrass (*Dactylis glomerata* L. var. Potomac)와 white clover(*Trifolium repens* L. var. NFG Giant)를 단과 하였다.

(2) 다량요소 양분과 시비기준

각 처리별 동일하게 사용된 초지조성 및 유지관리 비료인 다량요소 양분의 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 분시기준은 총 합계 300 me/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.

(3) 목초의 재배관리

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 시험설

Table 1. Amounts of macronutrients used for establishment and maintenance of the orchard-grass and white clover swards

Unit	Anions(A)				Cations(C)				Total ions (A)+(C)
	N	S	P	Total	K	Ca	Mg	Total	
me/pot	115	15	30	160	50	45	45	140	(160) + (140) = 300
% ¹⁾	71	10	19	100	36	32	32	100	(53) + (47) = 100

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

제된 처리수준(표 2 참조) 전량을 배지와 잘 섞어서 pot에 넣었다. 파종은 발아율이 약 70%에 달하는 각 종자를 단파재배로 각각 200 mg/pot를 구멍이 있는 파종 보조판을 이용하여 고루 파종하였다. 목초는 이동식 케도시설이 된 식물생장온실(glasshouse)에서 자연광 조건에서 재배하였다. 물주기는 미량요소 시험의 정밀성

을 높이기 위해서 이온교환수를 이용하였다. 파종은 5월 10일, 1차 예취는 6월 14일(5주 생육), 2차 예취는 7월 5일(3주 생육), 3차 예취는 7월 26일(3주 생육), 4차 예취는 8월 16일(4주 생육), 5차 예취는 9월 13일(4주 생육) 이었다. 예취는 5cm 높이로 하였다.

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"					

2. 처리내용

미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn을 systematic variation 방법으로 시험설계 한 4개 시험군의 처리내용은 표 2와 같다. 시험군-1, 2, 3은 5처리수준, 시험군-4는 4처리수준으로 하였으며, orchardgrass와 white clover 모두 동일하게 시비하였다. 미량요소 시비비료의 종류는 Fe는 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 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. 처리수는 4개 시험군, 2 초종, 5/4 처리, 4 반복으로 총 152개 pot로 실시하였다. 시료분쇄는 미량요소의 정밀성을 고려하여 마노 분쇄기를 이용하였고, 목초 중 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 함량은 AAS(Unicum SP 1900) 분석기기로 정

량 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반적인 Fe, Mn, Cu 및 Zn-함량의 변화

Fe-함량은 white clover가 orchardgrass 보다 약 20% 정도 더 높은 함량을 보였다. 목초 중 Fe과 Zn-함량은 이들의 시비에도 불구하고 일반적으로 차이가 경미하였다. 이에 비해서 Mn과 Cu-함량은 처리조건에 따라서 함량 변화가 뚜렷하였다. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 총 함량은 특히 orchardgrass에서 Mn 처리조건에 따라 크게 영향을 받았다. 반면에 다른 3개 미량요소는 상대적으로 경미한 영향을 주었다.

Table 3. Contents($\mu g/g$ DM) of Fe, Mn, Cu, and Zn in forages as influenced by the systematic variation of Fe/Cu

Treatments (Fe/Cu) ¹⁾	Micronutrient contents($\mu g/g$ DM)							
	Orchardgrass				White clover			
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
1st cut								
0/100	59.5	89.2	9.3	37.3	79.2	78.5	5.6	34.8
25/ 75	62.2	81.1	9.8	39.5	75.6	78.5	5.6	40.4
50/ 50	63.0	89.6	7.7	36.6	83.0	69.8	5.0	36.1
75/ 25	62.3	97.7	7.7	35.5	78.9	67.5	4.6	34.3
100/ 0	68.4	98.8	4.1	37.7	83.0	72.1	3.4	33.2
3rd cut								
0/100	55.9	66.0	10.2	39.7	62.4	59.9	8.2	56.0
25/ 75	55.1	78.1	10.8	42.7	60.8	61.7	7.7	55.0
50/ 50	55.1	78.7	9.3	41.4	66.4	53.9	5.7	53.5
75/ 25	54.2	93.1	8.2	40.3	63.9	58.5	4.6	53.0
100/ 0	58.6	84.0	5.7	38.6	64.6	55.7	3.9	51.1
5th cut								
0/100	58.6	54.7	13.9	69.3	76.4	46.0	9.8	51.8
25/ 75	59.5	62.0	13.4	66.2	76.4	59.6	9.9	59.5
50/ 50	57.7	63.1	13.9	69.9	79.0	52.6	9.8	55.1
75/ 25	59.5	57.5	13.4	69.9	74.6	57.9	9.0	60.5
100/ 0	59.5	59.6	10.8	64.7	77.7	55.5	8.0	52.8

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

2. Fe/Cu 비율시험에서 Fe, Mn, Cu 및 Zn-함량의 변화

Fe/Cu 비율시험에서 단지 Cu-함량만 Cu 처리수준에 따라서 변화를 보였다. 반면에 Fe-함량뿐만 아니라 Mn과 Zn-함량은 경미한 변화를 보였다. 표 3에서 보논바와 같이 orchardgrass는 일반적으로 Fe/Mn=<1 비율인데 비해서, white clover는 Fe/Mn=>1 비율로 두 초종 간 차이를 보였다. white clover는 orchardgrass에 비해서 Cu-함량이 상당히 낮을 뿐만 아니라, Cu의 낮은 시비처리 조건에서는 Cu-함량이 상대적으로 더 감소를 보였고 또한 상대적으로 큰 수량 감소를 가져왔다. 이와 관련하여 white clover에 양호한 Cu 시비는 수량 증가에 크게 기여하였다. 이러한 white clover의 Cu 시비에 대한

민감한 함량변화 특성은 생육, 개화 및 수량성 과도 상호 밀접한 연관성을 보였다.

3. Mn/Zn 비율시험에서 Fe, Mn, Cu 및 Zn-함량의 변화

Mn/Zn 비율시험에서 Mn-함량은 처리별 큰 차이를 보였지만 Zn, Fe 및 Cu-함량은 경미한 차이를 보였다. 표 4에서 보논바와 같이 0/100% 처리에서 Mn-함량은 크게 감소되었고 예취 횟수가 갈수록 더 심해졌다. 이와 관련하여 본 시험의 정(2004a), 정(2004b)에서 언급한바와 같이 특히 white clover는 Mn-결핍 황화현상과 더불어 근원적인 수량 감소를 보였다. white clover는 orchardgrass보다 Mn-결핍에 따른 수량 감소가 더 크게 나타났으며 이는 두 초종

Table 4. Contents($\mu\text{g/g DM}$) of Fe, Mn, Cu, and Zn in forage as influenced by the systematic variation of Mn/Zn

Treatments (Mn/Zn) ¹⁾	Micronutrient contents($\mu\text{g/g DM}$)							
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
	Orchardgrass				White clover			
	1st cut							
0/100	63.9	54.0	6.2	40.5	78.9	52.0	4.5	34.5
25/ 75	60.4	72.0	6.2	36.8	74.0	54.9	4.4	31.4
50/ 50	62.2	67.4	6.2	33.1	73.1	63.1	4.9	32.4
75/ 25	59.2	82.9	7.5	31.5	75.6	66.2	4.4	33.5
100/ 0	61.3	98.4	6.4	25.8	73.4	64.4	4.2	29.9
	3rd cut							
0/100	56.8	17.6	7.2	45.3	73.8	22.3	6.2	68.9
25/ 75	58.6	38.8	8.0	43.4	68.7	52.2	5.9	63.6
50/ 50	54.2	62.4	7.6	39.7	65.6	63.3	7.0	55.0
75/ 25	49.7	81.5	7.4	36.8	62.1	64.0	5.4	52.5
100/ 0	54.2	104.1	7.5	32.2	60.6	68.9	6.2	44.4
	5th cut							
0/100	64.8	13.4	13.4	77.3	92.8	9.6	11.7	74.4
25/ 75	60.4	35.4	13.9	75.4	86.1	43.6	10.3	67.7
50/ 50	57.7	56.4	12.4	66.2	80.4	55.5	9.5	63.6
75/ 25	59.5	86.1	12.4	65.5	81.7	65.9	10.6	67.0
100/ 0	61.3	113.2	12.9	62.0	85.2	73.9	10.6	52.5

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

간 Mn의 영양생리 특성에 큰 차이가 있음을 보여주었다. Zn을 시비하지 않은 100/0 처리뿐만 아니라 Zn이 시비된 처리에서도 Zn-함량과 수량의 차이는 경미하였다. 이는 목초 중 Zn-함량이 상대적으로 높은 것과 연관된 것으로 보였다. 또한 상대적으로 높은 Zn 시비비율(Mn-결핍)은 수량에 부정적인 영향을 주었다.

4. Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험에서 Fe, Mn, Cu 및 Zn-함량의 변화

표 5와 같이 처리에 따라 Mn과 Cu-함량이 상대적으로 크게 변화하였다. 그러나 Fe과 Zn-함량은 단지 경미한 변화를 보였다. 일반적으로 0/100과 100/0 처리에서는 Cu와 Mn-함량이 각각 크게 낮아졌으며, 또한 Fe/Mn 비율이 불균형을 나타냈다. 이에 따라서 수량감소를 가져

왔다. 이러한 Cu 및 Mn-함량의 저하는 특히 white clover에서 황화현상과 더불어 불량한 생육, 개화 및 수량을 가져왔으며 이들 특성간에는 상호 연관성을 보였다. 또한 이들 함량 저하에서 나타난 수량감소는 white clover가 orchard-grass보다 상대적으로 더 크게 나타났다.

5. Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험에서 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 함량변화

표 6과 같이 각 주성분 처리(70%)에서 Mn-함량만 상대적으로 크게 차이를 보였고 Cu, Zn 및 Fe-함량은 다소 양호한 함량을 보였다. 각 주성분 처리는 각 주성분 양분의 함량상승과 더불어 다른 양이온 미량요소의 함량에는 다소 부정적인 영향을 준 것으로 보였다. 단독적인 Fe과 Mn의 높은 시비비율(70%)은 이들의 편향

Table 5. Contents($\mu\text{g/g DM}$) of Fe, Mn, Cu, and Zn in forages as influenced by the systematic variation of Fe+Cu/Mn+Zn

Treatments (Fe+Cu/Mn+Zn) ¹⁾	Micronutrient contents($\mu\text{g/g DM}$)							
	Orchardgrass				White clover			
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
	1st cut							
0/100	72.1	109.4	2.6	40.5	73.4	67.5	3.7	35.5
25/ 75	64.8	103.4	6.7	36.8	68.6	58.5	4.2	30.6
50/ 50	61.3	97.0	6.2	30.3	69.9	60.5	4.2	31.2
75/ 25	61.3	79.0	7.2	29.4	71.1	61.5	4.2	31.9
100/ 0	62.2	52.6	8.0	25.8	68.2	46.9	5.3	29.1
	3rd cut							
0/100	55.9	111.5	3.6	35.1	64.8	68.9	3.0	59.1
25/ 75	56.8	104.1	6.2	36.8	66.5	63.3	4.6	55.6
50/ 50	55.9	90.9	7.2	35.3	70.8	61.2	6.3	52.5
75/ 25	54.2	42.7	7.5	30.5	68.9	46.6	6.6	47.5
100/ 0	56.8	17.3	8.7	31.1	72.1	19.5	7.2	40.8
	5th cut							
0/100	62.2	138.6	10.3	67.5	85.2	85.0	8.1	63.9
25/ 75	63.9	117.5	11.9	67.1	86.6	71.7	9.8	59.0
50/ 50	69.3	68.1	11.9	64.4	82.6	61.6	10.6	57.2
75/ 25	65.7	14.5	14.4	77.4	84.8	9.2	12.5	60.5

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

Table 6. Contents($\mu\text{g/g DM}$) of Fe, Mn, Cu, and Zn in forages as influenced by the systematic variation of Fe/Mn/Cu/Zn

Treatments (Fe/Mn/Cu/Zn) ¹⁾	Micronutrient contents($\mu\text{g/g DM}$)							
	Orchardgrass				White clover			
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
	1st cut							
Fe-70%	61.3	66.0	4.6	28.1	64.7	55.4	4.3	24.7
Mn-70%	57.7	99.1	5.7	28.3	61.5	68.5	4.1	25.5
Cu-70%	55.1	64.6	8.2	26.9	58.3	51.8	4.8	27.0
Zn-70%	56.8	57.5	4.6	35.7	58.3	52.8	4.1	29.9
	3rd cut							
Fe-70%	58.6	30.7	6.2	33.5	74.5	41.1	4.9	40.1
Mn-70%	55.9	103.7	6.7	30.5	66.3	80.0	4.5	41.4
Cu-70%	53.3	30.3	8.8	32.7	71.3	46.6	7.0	44.7
Zn-70%	55.1	26.8	6.2	41.4	70.1	46.3	5.9	63.6
	5th cut							
Fe-70%	63.0	21.1	10.8	56.5	85.2	29.4	9.3	49.4
Mn-70%	61.3	141.1	11.9	62.7	80.5	84.6	9.0	50.9
Cu-70%	56.8	27.2	13.4	64.0	79.9	29.1	10.8	51.2
Zn-70%	61.3	26.8	12.4	78.0	82.6	30.9	10.3	72.4

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

적인 높은 함량으로 상호 불균형(Fe/Mn 비율)을 심화시켰으며, 이에 따라서 이들 처리가 Cu 및 Zn의 높은 비율의 주성분 처리보다 불량한 생육, 개화 및 수량을 보인 요인이 된 것으로 보였다.

Fe, Mn, Cu 및 Zn의 총 함량은 Mn-70% 처리를 제외하고는 다른 시험군에 비해서 상대적으로 크게 낮았다. 이는 Mn 시비량이 총 함량에 미치는 비중이 높고, 한 양분만의 과다 시비는 상호 길항적인 작용으로 다른 양분의 함량에 영향을 주어 이 특성이 총 함량에 부정적인 영향을 준 것으로 보였으나 이는 더 검토해야 할 과제로 생각되었다.

6. 목초 중 Fe, Mn, Cu 및 Zn 함량 등에 미치는 종합고찰

식물체내 양분이온은 각 이온의 농도뿐만 아

니라, 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 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 따라서 이들 함량의 변화가 더 민감하였다. 이와 연관하여 white clover는 미량요소 함량의 변화에 따라서 뿌리생육, 근류생성, 개화 및 수량이 크게 영향을 받았고 이들 간은 상호 밀접한 연관성을 보였다. orchardgrass는 처리별로 단지 경미한 차이를 보였는데, 이는 두 초종 간 미량요소에 대한 생리적 특성의 차이에 기인된 것으로 보였다.

Gupta and Chipman(1976)은 Fe 시비($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)에 Mn과 Zn 함량이 감소되었지만, Fe-함량의 증가는 볼 수 없었다고 한 바 있다. Fe 시비시 산성토양에서는 Fe-phosphate로, 염기성 토양에서는 Fe-oxide 형태로 고정되고(Finck, 1969), 통기성 개량으로 Fe^{2+} 가 Fe^{3+} 형태로 변환되어(Venkat Raju and Marschner, 1972) 고정/침전되므로 이용도가 떨어진다고 하였다. 이런 보고들과 비슷한 경향으로 본 시험에서도 Fe 시비($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)에도 불구하고 Fe-함량은 증가되지 않고, 처리간 경미한 차이를 보였다. 일반적인 특성을 볼 때, Fe 시비효과는 식물체내 Fe 형태뿐만 아니라, 식물체내 다른 미량요소의 양에 따라서도 영향을 받는 것으로 보였다. Fe의 단백질 함량에 미치는 영향이 명확하지 않은 것도 이와 연관된 것으로 보였다.

Mn 시비처리에 따라서 목초 중 Mn의 함량

과 생육에 미치는 효과는 Fe의 경우와는 달리 차이가 있었다. Finger(1951)는 많은 식물에서 Mn 시비가 뿌리생육에 긍정적 이라고 하였고, 이에 비해서 Vose and Jones(1963)는 white clover에서 Mn 시비가 뿌리생육에 부정적인 영향을 주었다고 보고한 바 있다. 본 시험에서 white clover는 낮은 Mn 시비조건에서 Mn-함량의 심한 저하를 보였고, 이러한 낮은 Mn-함량은 본 시험의 정(2004a), 정(2004b)에서 언급된바와 같이 white clover의 뿌리생육, 근류생성, 개화 및 수량이 불량해진 요인이 된 것으로 보였다. 또한 본시험 정(2004b)에서 검토된 수량감소는 이에 따른 농축효과에 의해서 N-화합물의 함량이 다소 높아진 경향을 보였다. 이러한 특성은 white clover에 Mn 결핍 피해가 쉽게 유발되는 생리적 특성이 있는 것과 연관된 것으로 보였고, 이는 Bussler(1958)와 Woodhouse(1964)의 연구보고와도 일치하는 경향이였다. 이에 비해서 orchardgrass는 Mn 처리별 Mn 함량이 다소 큰 변화를 보였음에도 불구하고 본 시험의 정(2004a), 정(2004b), 정(2004c)에서 언급된 바와 같이 뿌리생육, 수량 및 단백질 함량이 처리별 경미한 차이를 보였다.

Mn은 가축영양에서 생리대사 및 생식기능에 중요한 기능을 갖는 필수양분이며(Balks, 1955), 가축사료에 적어도 50ppm, 적정 함량은 100 ppm 함유되어야 한다고 하였다(Balks, 1955; Schmitt, 1971). 본 시험에서는 Mn 시비에 수량과 단백질 함량의 큰 변화가 없이(특히 orchardgrass) Mn 함량은 다소 차이를 보였고, 이 처리수준에 따라서 일부 가축영양과 연관된 사료 중 Mn 적정 함량에 크게 미달되기도 하였다.

Cu 함량은 Cu 시비에도 불구하고 경미한 상승을 보였다. 뿌리에서 지상부위로 Cu^{2+} -이동은 매우 적다. 그러므로 Cu는 Cu 시비시 뿌리부위에 우선 집적되는 경향이 있고, 반면에 지상부위 앞에는 단지 느리게 함량증가를 보인다(Bergmann and Neubert, 1976). 본 시험의 Fe/Cu=100/0% 시비처리에 white clover는 Cu-함

량이 크게 낮아졌고 이와 연관되어 본 시험의 정(2004a)와 정(2004b)에서 언급된바와 같이 뿌리생육, 근류생성, 개화 및 수량이 크게 불량해졌다. 이런 특성들을 고려할 때 white clover는 orchardgrass와는 대조적으로 Cu 결핍에 매우 민감한 생리특성을 보인 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 경향 이었다.

가축건강과 연관된 사료 중 적정 Cu 함량은 8-10 ppm(건물기준)이다(Amberger, 1979). 본 시험에서 특히 white clover는 비록 Cu 시비에 따라서 높은 수량을 보였지만, 이 기준 함량에 미달되었다. N-시비량이 증가할수록 Cu 함량도 증가하므로(Thiel and Finck, 1973; Gladstones et al., 1975) 이에 따라서 Cu의 수량 임계 함량은 적정 N-양분의 범주에 연관되어야 한다. 따라서 N 시비량 증가를 통한 수량증가와 연관된 Cu 시비가 필요하다(Thiel and Finck, 1973). 따라서 이러한 Cu-함량의 다양한 변화특성은 더 검토되어야 할 과제로 보였다.

IV. 적 요

Orchardgrass 및 white clover에서 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 systematic variation 시비가 목초의 생육, 개화, 수량, 양분 함량 등에 미치는 영향 등을 구명하였다. 다량요소 양분을 동일량 시비한 조건에서 Fe/Cu(시험군-1), Mn/ Zn(시험군-2) 및 Fe+Cu/Mn+Zn(시험군-3) 시험에서는 systematic variation 방법으로 각 시험군 처리별 총 시비량을 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0% 비율로 나누어 시비처리 하였고, Fe/ Mn/Cu/Zn(시험군-4) 시험에서는 각 주성분의 처리 70%, 기타 성분의 처리는 각각 10% (합계 100%) 비율로 시비처리 하였다.

1. 처리별 목초 중 미량요소 함량은 일반적으로 white clover가 orchardgrass 보다 더 영향

을 받았다. 목초 중 Mn과 Cu-함량은 각 처리에 따라 뚜렷한 차이를 보였지만 Fe과 Zn-함량은 경미한 차이를 보였다.

2. Fe/Cu 시험에서 white clover는 orchardgrass에 비해서 Cu-함량이 낮을 뿐만 아니라, 낮은 Cu 비율의 처리에서 Cu-함량과 수량이 심한 감소를 보였다. Mn/Zn 시험에서 0/100% 처리는 두 초종 공히 Mn-함량이 크게 감소되었고, 예취 회수가 갈수록 더 심해졌다. 특히 white clover는 본 I과 II보에서 언급한 Mn-결핍 증상과 더불어 생육, 개화 및 수량이 불량한 것과 연관되었다.

3. Fe+Cu/Mn+Zn 시험에서는 처리별 Mn과 Cu-함량만 상대적으로 크게 차이를 보였다. 0/100과 100/0 처리에서 Cu와 Mn-함량이 각각 크게 낮아졌고, 이와 연관하여 특히 white clover는 생육, 개화 및 수량이 불량하였다. 낮은 Cu 및 Mn 시비의 부정적인 영향은 white clover가 orchardgrass보다 더 크게 나타났다.

4. Fe/Mn/Cu/Zn 시험에서는 처리된 각 주성분의 함량이 증가하였으며 특히 Mn-함량이 크게 증가하였다. 또한 각 주성분 처리(70%)에 따른 이들 함량의 증가는 다른 부성분(10% 처리)들의 함량에 다소 부정적인 영향을 준 것으로 보였다.

V. 인 용 문 헌

1. 정연규. 2004a. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White clover의 생육, 뿌리/근류 및 개화에 미치는 영향. 한초지 24(2):105-114.
2. 정연규. 2004b. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White clover의 질소화합물(조/순단백질) 함량에 미치는 영향. 한초지 24(3):183-192.
3. 정연규. 2004c. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White clover의 건물수량에 미치는 영향. 한초지 24(3):193-200.
4. Amberger, A. 1979. Pflanzenernaehrung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

5. Balks, R. 1955. Mangan in der Tierernaehrung. Die Phosphorsaure, 15:162-171.
6. Bergmann, W. and P. Neubert. 1976. Pflanzen-diagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
7. Bolle-Jones, E.W. 1957. Copper, its effects on the growth and composition of the rubber plant. Plant and Soil, 4:160-178.
8. 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.
9. Brown, J.C., R.S. Holmes and L.O. Tiffin. 1959. Hypotheses concerning iron chlorosis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:231-234.
10. Bussler, W. 1958. Mangan mangelsymptome bei hoeheren Pflanzen. Z. f. Pflanzenernaehr. Dueng. Bodenkd. 81:225-242.
11. 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.
12. Finck, A. 1969. Pflanzenernaehrung in Stickworten, 1. Aufl. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
13. Finger, H. 1951. Die Wirkung von Bor, Mangan, Kupfer und steigenden Kalkgaben auf rohhumushaltigem Heidesandboden. Landw. Forschung, 3:89-112.
14. Gladstones, J.S., J.F. Loneragan and W.J. Simmons. 1975. Mineral elements in temperate crop and pasture plants. III. Copper. Aust. J. Agric. Res., 26:113-126.
15. 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.
16. 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.
17. Hiatt, A.J. and J.L. Ragland. 1963. Manganese toxicity of burley tobacco. Agron. J. 55:47-49.
18. 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.
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. Rahimi, A. 1972. Kupfer mangelsymptome und ihre Entwicklung bei hoeheren Pflanzen. Dissertation, D83, Nr. 14, TU Berlin.
23. Rahimi, A. and W. Bussler. 1973. Der Einfluss unterschiedlicher Zink-Gaben auf die Entwicklung von Mais. Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd. 135:267-283.
24. 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.
25. Schmitt, L. 1971. Die Hauptelemente und die Spurenelemente. Landw. Forschung, SH 26/2: 209-220.
26. Somers, I.I. and J.W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in the plant metabolism. Plant Physiol. 17:582-602.
27. Thiel, H. and A. Finck. 1973. Ermittlung von Grenzwerten optimaler Kupfer-Versorgung fuer Hafer und Sommergerste. Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd. 134:107-124.
28. 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.
29. Woodhouse, W.W. Jr. 1964. Nutrient deficiencies in forage grasses. In; Hunger signs in crops, 3rd edit. David Mackay Comp., New York. 181-218.