韓草誌 (J. Korean Grassl. Sci.) 24(4) : 281~292, 2004

Fe, Mn, Cu, Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White Clover 중 이들의 상대 함량, 탈취량 및 상호비율에 미치는 영향

鄭 連 圭

Effects of Systematic Variation Application of Fe, Mn, Cu, and Zn on These Relative Contents, Uptake Amounts, and Mutual Ratios in Orchardgrass and White Clover

Yeun Kyu Jung

ABSTRACTS

This pot experiment was conducted to investigate the effects of systematic variation appling 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, Mn/Zn, and Fe+Cu/Mn+Zn trials, respectively. The treatments of Fe/Mn/Cu/Zn trial were 70% in main-element and 10% in other 3 sub-elements.

1. General differences had been showed in the relative contents, uptake amounts, and mutual ratios of Fe, Mn, Cu, and Zn between orchardgrass and white clover. The effects of Fe application on the all traits were generally insignificant. The Mn and Cu applications, however, showed consistent differences in the all traits. At the high relative content of Mn in the forages influenced by the Mn application, the relative contents of Fe, Cu and Zn were greatly decreased without the significant differences in common content.
2. The increase of uptake amount of each micronutrient was not positively correspond to the yield increase. In some cases, the uptake amount of micronutrient was greatly increased without the significant increase of yield. At the Mn application, the Mn uptake amount was relatively much more increased than increase of the yield. The uptake amount of each element was significantly increased by the application with Mn and Cu. However, it was not in the case of Fe and Zn.
3. The mutual ratios of micronutrients were more influenced by the applications of Mn and Cu, especially Mn, than those by the applications of Fe and Zn. In the Fe/Cu trial, the ratios of Fe/Cu showed 6.0~10.5 in orchardgrass and 10.2~16.4% level of difference in white clover. In the Fe+Cu/Mn+Zn trial, the ratios of Mn/Cu, Mn/Zn, and Fe/Mn were greatly influenced by the treatments. It has been also found that the poor growth of white clover was caused by the unbalanced ratios of Fe/Mn, and it tended to be enhanced by the good applications and mutual ratios of other elements.

(**Key words** : Orchardgrass, White clover, Relative content, Uptake amount, Mutual ratio of micronutrient, Systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn)

순천대학교 농업생명과학대학(College of Agric. & Life Science, Sunchon Nat'l Univ., Sunchon 540-742, Korea. E-mail; ykjung@web.sunchon.ac.kr)

Ⅰ. 서 론

다량 및 미량요소 양분의 조화된 시비는 사료작물의 수량과 품질의 향상을 이루고 있음으로써 축산물 증산에 기여할 것이며, 이들의 부조화는 사료와 가축에게 미량요소의 결핍을 초래할 것이다(Nieschlag, 1966). 초지에서 질소와 다량요소의 시비에는 미량요소의 공급문제와 연관되어져야 한다. 이는 사료작물의 수량증가 문제와 더불어 가축의 미량요소 요구도와 연관되기 때문이다.

Orchardgrass와 white clover는 양분흡수에서 초종 특성상 뿌리의 CEC가 다르고 양분 전유능력에 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 농도뿐만 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 시비처리가 대조적인 생리특성을 갖는 두 초종의 다양한 생육특성에 미치는 효과를 비교·검토하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 공시배지 및 재료

(1) 공시배지와 초종

함유양분이 매우 척박한 섬유질 peat soil(품질규격 〈독일〉 : 17S DIN 11540)을 배지로 사용하였으며, pot에 가볍게 누르면서 담았다. 배지인 peat soil 의 pH를 조정하기 위해서 20g의 $CaCO_3$를 pot당 혼합하여 원래의 pH 3.0 수준을 6~7 수준으로 개량하였다. 사용된 배지용기는 프라스틱 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.

(2) 다량요소 양분과 시비기준

각 처리별 동일하게 시용 된 초지조성 및 유지관리 비료인 다량요소 양분의 시비기준은 표 1과 같다. 표 1에 상응하는 다량요소 비료의 종류와 이들 비료의 시비량은 pot당 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 45me, epsomsalt($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 15me, KH_2PO_4 30me, KNO_3 40me, $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 30me 이였으며, 이를 예취별로 나누어 분시 하였다. 이들 다량요소 비료의 예취별 분시기준은 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) $Ca(NO_3)_2 \cdot$

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

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

$4H_2O+KNO_3+Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, 2) $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 3) KH_2PO_4로 나누어 수용액을 만들었고 따로 따로 분시 하였다.

(3) 목초의 재배관리

파종 전 석회시비로 산도를 조정한 배지에 초지조성 및 1차 예취(수확)를 위한 다량요소의 분시량과 병행하여 Fe, Mn, Cu 및 Zn 필수 미량요소를 systematic variation 방법으로 시험 설계 된 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. 목초는 이동식 궤도시

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"				

설이 된 식물생장온실(glasshouse)에서 자연광 조건에서 재배하였다. 물주기는 미량요소 시험의 정밀성을 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.

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 시비 비료의 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_3을 시비하였다. 처리수는 4개 시험군, 2 초종, 5/4 처리, 4 반복으로 총 152개 pot로 실시하였다. 시료 분쇄는 미량요소의 정밀성을 고려하여 마노 분쇄기를 이용하였고, 목초 중 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 함량은 AAS(Unicum SP 1900) 분석기기로 정량 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 상대 함량(%)

각 시험 및 처리별 1, 3 및 5차 예취의 평균 함량을 기준 한 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 각 상대 함량(Fe + Mn + Cu + Zn = 100% 기준)은 표 3과 같다.

(1) Fe/Cu 비율시험

Fe-상대 함량은 Fe 시비처리에도 불구하고 두 초종 공히 경미한 변화를 보인 반면에 Cu-상대 함량은 Cu 시비처리에 따라서 일관성 있는 차이를 보였다. Cu 시비 비율의 증가에 따라서 orchardgrass는 Mn-상대 함량이 다소 감소되었지만, white clover는 경미한 차이를 보였다. Zn-상대 함량은 Fe/Cu 시비 비율의 변화에 두 초종 공히 차이가 경미하였다.

(2) Mn/Zn 비율시험

두 초종 공히 처리별 Mn 및 Zn-상대 함량(특히 Mn)이 비례적으로 차이를 보였다. Mn 시비비율의 증가에 따라서 Mn-상대 함량이 크게 증가하였고 이 조건에서 처리별 Fe과 Cu-함량의 변화가 거의 없이 Fe과 Cu-상대 함량만 더욱 낮아지는 특성을 보였다. 또한 처리에 따라 orchardgrass는 white clover보다 Mn-상대함량이 큰 변동/차이를 보였는데, 이는 두 초종간 Mn-함량이 큰 차이를 보이는 생리특성과 연관된 것으로 보였다.

(3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

Mn 시비처리에 따라서 Mn-함량의 변화뿐만 아니라 이와 연관된 Mn-상대 함량도 다른 3개 미량요소와 비교해서 크게 차이를 보였다. Mn 시비 비율의 증가로 Mn-상대 함량이 크게 증가하였고, 이 조건에서 Fe과 Zn-함량은 경미한 차이를 보였음에도 불구하고 Fe과 Zn-상대 함량은 더욱 낮아지는 특성을 보였다. Cu-상대 함량은 두 초종 공히 Cu 시비 비율에 따라서 비례적으로 영향을 받았다. 전술한 Mn/Zn 시험에서와 같이 white clover보다 orchardgrass에서 처리별 각 상대 함량의 변화가 다소 더 크게 나타났다.

(4) Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험

Mn-70% 처리에서 Mn-상대 함량이 다른 처리의 경우보다 상대적으로 더 크게 증가하였다. Fe, Cu 및 Zn-상대 함량은 각 주성분 70% 처리에 따라서 비슷한 비율로 상승하는 경향을 보였다. 각 주성분 처리에 따른 주성분의 상대

Table 3. Relative contents of Fe, Mn, Cu, and Zn in forages as influenced by the systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn

Treatments[1)]	Relative contents (Fe + Mn + Cu = Zn = 100%)							
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
	Orchardgrass				White clover			
				Fe/Cu(trial-1)				
0/100	31.1	37.4	5.9	25.6	38.1	31.8	4.3	25.8
25/ 75	30.4	38.7	5.8	25.1	36.1	33.3	3.7	26.0
50/ 50	30.0	40.0	5.2	24.8	39.8	30.5	3.7	26.0
75/ 25	29.2	42.3	4.8	23.7	37.9	31.9	3.4	26.8
100/ 0	31.5	41.4	3.4	23.7	39.7	32.0	2.9	25.4
				Mn/Zn(trial-2)				
0/100	40.8	18.9	5.6	34.7	46.0	16.6	4.0	33.4
25/ 75	35.8	29.1	5.4	29.7	40.5	26.6	3.7	29.2
50/ 50	33.3	36.1	4.9	25.7	38.0	31.5	3.8	26.7
75/ 25	29.2	43.9	4.5	22.4	36.8	33.2	3.5	26.5
100/ 0	27.8	49.9	4.1	18.2	37.8	36.1	3.7	22.4
				Fe+Cu/Mn+Zn(trial-3)				
0/100	27.0	51.2	2.2	19.6	35.8	25.7	2.4	26.1
25/ 75	27.7	48.7	3.5	20.1	38.2	33.4	3.2	25.2
50/ 50	30.9	44.2	4.1	20.8	39.2	32.1	3.7	25.0
75/ 25	37.1	33.2	5.6	24.1	42.3	27.9	4.1	25.7
100/ 0	43.6	20.0	7.1	29.3	49.4	17.8	5.2	27.6
				Fe/Mn/Cu/Zn(trial-4)				
Fe-70%	41.9	27.5	4.7	25.9	46.5	25.8	3.8	23.9
Mn-70%	26.9	51.9	3.6	17.6	36.0	40.5	3.0	20.5
Cu-70%	38.2	28.5	6.8	26.5	43.4	26.5	4.7	25.4
Zn-70%	38.3	24.6	4.8	32.3	39.9	24.5	3.8	31.8

[1)] Percent application rates of micronutrients by the systematic variation(see the Table 2).

함량 증가는 다른 3개 성분의 상대 함량을 서로 교호적으로 낮추는 경향을 보였다. 두 초종 공히 Fe, Cu 및 Zn-상대 함량은 Mn 주성분 처리에, Mn-상대 함량은 Zn과 Fe 주성분 처리조건에 부정적인 영향을 크게 받았다.

2. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 총 탈취량 변화

각 시험 및 처리별 1, 3 및 5차 예취를 기준하여 각 대조구(각 양분의 0% 또는 0/100) 처리의 총 탈취량을 100%로 한 상대적인 총 탈취량의 증감량을 보면 표 4와 같다. 일반적으

Table 4. Relative uptake amounts of Fe, Mn, Cu, and Zn of forages as influenced by the systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn

Treatments[1]	Relative uptake amounts[2]									
	Fe	Cu	Mn	Zn	Total	Fe	Cu	Mn	Zn	Total
	Orchardgrass					White clover				
					Fe/Cu(trial-1)					
0/100	100	157	100	100	100	100	168	100	100	100
25/ 75	100	158	106	100	102	98	150	109	108	104
50/ 50	102	146	113	102	106	108	149	99	104	103
75/ 25	101	136	121	99	107	112	147	113	117	112
100/ 0	112	100	122	102	110	95	100	95	90	91
					Mn/Zn(trial-2)					
0/100	100	100	100	124	100	100	100	100	120	100
25/ 75	102	110	179	123	116	99	103	181	118	113
50/ 50	103	109	242	116	126	103	117	237	120	125
75/ 25	98	111	318	109	137	108	117	268	128	135
100/ 0	104	112	406	100	153	103	114	271	100	125
					Fe+Cu/Mn+Zn(trial-3)					
0/100	100	100	416	109	100	100	100	275	130	100
25/ 75	99	153	381	108	96	112	138	270	132	105
50/ 50	98	181	193	96	72	121	173	220	131	102
100/ 0	99	197	100	100	61	100	154	100	100	73
					Fe/Mn/Cu/Zn(trial-4)					
Fe-70%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mn-70%	98	115	288	104	152	87	89	176	96	112
Cu-70%	89	139	101	99	97	96	126	105	110	103
Zn-70%	94	105	93	129	103	92	109	102	143	108

[1] Percent application rates of micronutrients by the systematic variation(see the Table 2).

[2] Relative uptake amounts(%) of Fe, Mn, Cu, and Zn over each control(0%) or 0/100 treatment, related to the 1st, 3rd, and 5th cuts.

로 처리별 수량 증가율과는 달리 탈취량의 증가율은 다른 특성을 보였고, 또한 처리별 수량의 뚜렷한 차이가 없이 탈취량이 큰 차이를 보이기도 하였다.

(1) Fe/Cu 비율시험

두 초종 공히 수량 변화성과는 관련이 없이 Cu 시비 비율의 증가에 따라서 Cu-탈취량은 상대적으로 크게 증가하였다. 반면에 Fe-탈취량은 상대적으로 경미한 변화를 보였다. 본 시험에서 Mn과 Zn-탈취량은 우선적으로 수량과 연관되었다. 두 초종의 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 총 탈취량은 일반적으로 수량증가 특성과 일치하는 경향이었다.

(2) Mn/Zn 비율시험

두 초종 공히(특히 orchardgrass) Mn 시비의 증가에 따른 Mn-탈취량 증가는 수량 증가보다 상대적으로 더 증가하였다. 반면에 Zn 처리간에는 수량 변화가 있었으나 100/0 처리에서 Zn-탈취량의 감소를 제외하고는 처리간 경미한 차이를 보였다. Fe-탈취량은 처리별 유의성 있는 수량 변화를 보였음에도 불구하고 경미한 차이를 보였다. 반면에 Cu-탈취량은 일부 수량성과 연관성을 보였다. 양이온 미량요소의 총 탈취량은 Mn/Zn 시비 비율의 증가에 따라 증가되었으며, 이는 Mn-탈취량 증가와 밀접한 연관이 있었다.

(3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

Fe과 Zn-탈취량은 우선적으로 수량성과 연관성을 보였다. 이에 비해서 orchardgrass의 Mn-탈취량은 수량성과는 무관하게 Mn-시비량 증가에 따라서 크게 증가되는 경향을 보였다. 그러나 white clover는 상대적으로 경미한 차이를 보였다. Cu 시비량의 증가에 따른 Cu-탈취량의 증가는 수량의 증가율보다 더 높았다. Fe, Mn, Cu 및 Zn의 총 탈취량은 orchardgrass는 수량성과 무관하게 Mn+Zn 비율이 증가할수록 비례적으로 증가하였고, 이에 비해서 white clover는 Mn+Zn=0% 수준을 제외하고는 총 탈취량 증가는 수량성과 비슷한 경향을 보였다.

이상의 3개 시험군의 결과를 보면 Mn과 Cu 시비조건이 수량증가와 더불어 미량요소 탈취량의 증가에 중요한 영향을 보였고, 반면에 Fe 시비는 두 초종 공히 경미한 영향을 보였다. Zn은 대조구(0%)에서도 식물체내 다소 충분한 함량을 보였고, 이에 따라 Zn 처리별 시비효과가 경미하였다.

Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험: 각 주성분 처리별 주성분의 탈취량 증가율은 일반적으로 두 초종 공히 Mn 〉 Zn ≒ Cu 〉 Fe 순으로 상대적으로 높았다. Cu-탈취량은 Cu 시비량에 밀접한 연관성을 보였지만, Fe-탈취량은 처리 간 차이가 경미하였다.

3. Fe, Mn, Cu 및 Zn 간 상호비율의 변화

표 5와 6에서 보는바와 같이 양이온 미량요소간 상호 함량 비율은 두 초종간 다양한 차이를 보여주었고 특히 Mn 처리 수준에 따라서 크게 영향을 받았다. 이에 비해서 Cu, Zn 및 Fe의 함량은 이들 비율에 상대적으로 경미한 영향을 주었다.

(1) Fe/Cu 비율시험

처리에 따라서 Fe/Cu 비율은 orchardgrass에서는 6.0～10.5, white clover에서는 10.2～16.4 수준의 차이를 보였다. Fe/Mn 비율은 orchardgrass는 〈1, white clover는 〉 1 수준을 보였다. Fe/Zn 비율은 변화가 경미하였고, Mn/Cu 및 Zn/Cu 비율은 Cu 시비처리에 따라서 다소 영향을 받았다. white clover는 orchardgrass보다 Mn/Zn 비율만 약간 낮았고, 다른 비율은 크게 차이를 보이며 높았다.

(2) Mn/Zn 비율시험

처리에 따라서 Mn/Zn 비율이 orchardgrass가 white clover보다 더 크게 차이를 보였으며, Mn 시비처리에 따라서 큰 영향을 받았다. 다른 비율은 Mn과 Zn 처리수준에 따라서 변화를 보였으나 Zn 보다 Mn 시비처리에 따른 각 비율 변화가 더 크게 나타났다. white clover는 orchardgrass보다 Mn/Zn 비율만 약간 낮았고, 다른 비율은 크게 차이를 보이며 높았다.

(3) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

처리별 orchardgrass는 Mn/Cu 〉 Mn/Zn ≒ Fe/Mn 〉 Zn/Cu 순으로 상대적으로 큰 비율 변화를 보였으며, Fe/Zn은 처리별 차이가 없었다. white clover는 Mn/Cu 〉 Fe/Mn 〉 Zn/Cu ≒ Mn/Zn 〉 Fe/Cu 〉 Fe/Zn 순으로 상대적으로 큰 비율 변화를 보였다. white clover는 orchardgrass

Table 5. Mutual ratios of Fe, Mn, Cu, and Zn in orchardgrass as influenced by the systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn

Trial group	Treatments[1)]	Mutual ratios[2)]					
		Fe/Mn	Fe/Cu	Fe/Zn	Mn/Cu	Mn/Zn	Zn/Cu
Trial-1 (Fe/Cu)	0/100	0.8	6.0	1.4	7.3	1.7	4.2
	25/ 75	0.8	5.9	1.4	7.7	1.8	4.2
	50/ 50	0.7	6.6	1.4	8.9	1.9	4.7
	75/ 25	0.7	7.0	1.4	10.3	2.1	4.9
	100/ 0	0.8	10.5	1.5	14.0	2.1	6.8
Trial-2 (Mn/Zn)	0/100	2.1	8.3	1.4	3.9	0.6	6.1
	25/ 75	1.2	7.6	1.4	6.3	1.2	5.5
	50/ 50	0.9	7.9	1.5	8.7	1.7	5.2
	75/ 25	0.7	7.3	1.5	11.1	2.3	4.8
	100/ 0	0.6	7.7	1.8	14.2	3.2	4.4
Trial-3 (Fe+Cu/Mn+Zn)	0/100	0.5	13.9	1.6	27.0	3.1	8.7
	25/ 75	0.6	9.0	1.6	16.1	2.9	5.6
	50/ 50	0.7	8.6	1.7	12.6	2.5	5.0
	75/ 25	1.1	7.6	1.8	6.9	1.6	4.2
	100/ 0	2.1	7.0	1.7	3.3	0.8	4.1
Trial-4 (Fe/Mn/Cu/Zn)	Fe-70%	1.5	10.1	1.9	6.7	1.3	5.4
	Mn-70%	0.5	8.6	1.8	16.9	3.5	4.9
	Cu-70%	1.3	6.5	1.7	4.9	1.3	3.9
	Zn-70%	1.5	9.1	1.4	6.0	0.9	6.6

[1)] Percent application rates of micronutrients by the systematic variation(see the Table 2).
[2)] Mutual content ratios, averaged over the 1st, 3rd, and 5th cuts, respectively.

보다 Mn/Cu와 Mn/Zn 비율만 약간 낮았고, Fe/Cu 비율은 다소 높았으며 Fe/Mn, Fe/Zn 및 Zn/Cu 비율은 비슷하였다.

(4) Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험

두 초종 공히 Fe=70% 처리에서 Fe/Cu와 Fe/Mn 비율이 다소 높아진 효과를 보였고, white clover에서는 Fe/Zn 비율도 다소 높았다, Mn=70% 처리에서는 Mn/Cu와 Mn/Zn 비율이 크게 높았으며, Fe/Mn 비율은 크게 낮았다. Cu=70% 처리에서는 Fe/Cu, Mn/Cu 및 Zn/Cu의 비율이 낮았다. Zn=70% 처리에서는 Fe/Zn과 Mn/Zn 비율이 낮았고 Zn/Cu은 높았다.

본 시험의 정(2004)에서 검토된 white clover의 Fe과 Mn 결핍증상(chlorosis)은 일차적으로 Fe/Mn 비율의 불균형에 큰 영향을 받았음을 보여주었다. 그러나 불량한 생육특성은 비슷한 Fe/Mn 비율의 조건임에도 불구하고, 다른 양이온 미량요소의 시비량 또는 상호비율에 따라서 경감되거나 양호해지는 것을 볼 수 있었다. 또한 이들 결핍증상이 나타나는 두 초종간 이 비율은 서로 차이가 있음을 알 수 있었으나, 더

Table 6. Mutual ratios of Fe, Mn, Cu, and Zn in white clover as influenced by the systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn

Trial group	Treatments[1)]	Mutual ratios[2)]					
		Fe/Mn	Fe/Cu	Fe/Zn	Mn/Cu	Mn/Zn	Zn/Cu
Trial-1 (Fe/Cu)	0/100	1.2	10.2	1.7	8.6	1.5	5.9
	25/ 75	1.1	11.1	1.6	10.4	1.5	7.2
	50/ 50	1.3	12.3	1.8	9.6	1.4	6.9
	75/ 25	1.2	13.0	1.6	11.1	1.4	7.9
	100/ 0	1.2	16.4	1.8	13.3	1.5	8.9
Trial-2 (Mn/Zn)	0/100	2.7	13.0	1.6	4.8	0.6	8.2
	25/ 75	1.5	12.6	1.6	8.5	1.1	7.8
	50/ 50	1.2	11.5	1.7	9.7	1.4	7.0
	75/ 25	1.1	12.0	1.6	11.0	1.5	7.5
	100/ 0	1.0	11.8	2.0	11.5	1.9	6.0
Trial-3 (Fe+Cu/Mn+Zn)	0/100	1.0	16.8	1.6	17.0	1.6	10.5
	25/ 75	1.1	13.6	1.8	12.1	1.6	7.7
	50/ 50	1.2	12.1	1.8	10.1	1.5	6.6
	75/ 25	1.5	11.7	1.9	7.9	1.3	6.1
	100/ 0	2.7	10.9	2.1	4.0	0.8	5.3
Trial-4 (Fe/Mn/Cu/Zn)	Fe-70%	1.8	14.0	2.3	7.9	1.3	6.2
	Mn-70%	0.9	13.8	2.0	15.8	2.3	6.7
	Cu-70%	1.6	10.6	2.0	6.6	1.2	5.4
	Zn-70%	1.6	11.9	1.5	7.4	0.9	8.2

[1)] Percent application rates of micronutrients by the systematic variation(see the table 2).
[2)] Mutual content ratios, averaged over the 1st, 3rd, and 5th cuts, respectively.

연구 · 검토되어야 할 과제로 생각되었다.

4. 목초 중 미량요소의 상대 함량, 탈취량 및 상호비율 등에 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/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 상호 비율이 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 Fe의 시비에도 불구하고 Fe-함량은 증가되지 않았다. 이런 특성은 Fe의 상대함량, 탈취량 및 상호 비율에도 연관된 특성을 보였다. Gupta and Chipman(1976)은 Fe 시비(Fe-sulfate)에 Mn과 Zn 함량의 감소는 가져오면서도, Fe-함량의 증가는 볼 수 없었다고 한 바 있다. 본 시험 경향을 볼 때, Fe 효과는 식물체내 Fe 형태뿐만 아니라 식물체내 다른 미량요소량에 따라서 영향을 받는 것으로 보였다.

Mn의 효과와 함량은 Fe의 경우와는 달리, Mn 처리에 따라서 달랐다. 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 경향이었다. 또한 상대적으로 Mn-함량의 큰 변화는 이에 따른 Mn의 상대 함량, 탈취량 및 상호비율 등의 변화에 직접적인 연관성을 보였다.

Cu 함량은 Cu 시비에 다소 경미한 상승을 보였다. Fe/Cu=100/0% 시비처리에서 white clover는 여러 생육특성에서 orchardgrass와는 대조적으로 Cu 결핍에 매우 민감한 생리특성을 보였다. white clover에서 Cu는 뿌리, 근류 및 개화에 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 경향이었다. 또한 Cu는 절대 함량은 상대적으로 낮으나 시비량에 따라 일관성 있는 변화를 보였고, 이에 따라서 상대적으로 상대함량, 탈취량 및 상호비율 등도 직접적인 영향을 받았다.

본 시험에서 white clover의 여러 생육특성은 orchardgrass에 비해서 상대적으로 미량요소 시비(처리)에 크게 민감하였으며, 이는 두 초종간 미량요소에 대한 생리적 차이에 기인된 것으로 보였다. 정(2004)보에서 검토된 white clover의 생육불량은 일차적으로 Fe/Mn 비율의 불균형에 큰 영향을 받았음을 보여주었다. 그러나 이러한 불량한 생육특성은 비슷한 Fe/Mn 비율에도 불구하고 다른 양이온 미량요소의 시비량 또는 상호 비율의 특성에 따라서 경감되거나 양호해지는 것을 볼 수 있었다. 또한 두 초종간 적합한 비율은 서로 차이가 있음을 알 수 있었으나 더 연구·검토되어야 할 과제로 생각되었다.

Ⅳ. 적 요

미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 systematic variation 시비가 orchardgrass 및 white clover의 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 각 시험군 처리별 총 시비량을 systematic variation 방법으로 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 및 100/0% 비율로 시비처리 하였고, Fe/Mn/Cu/Zn(시험군-4) 시험에서는 각 주성분을 70%, 기타 성분의 처리를 각각 10%(합계 100%) 비율로 시비처리 하였다.

1. 처리별 미량요소의 상대 함량, 탈취량 및 상호비율은 두 초종간 차이를 보였다. Fe 처리별 Fe-함량, 상대 함량 및 탈취량의 차이는 상대적으로 경미하였고, 반면에 Mn과 Cu의 경우는 이들의 처리에 따라서 다소 일관성 있는 차이를 보였다. 일반적으로 Mn 시비에 따른 높은 Mn-상대 함량에서는 Fe, Cu 및 Zn은 함량의 변화가 없이 상대 함량이 낮아졌다.

2. 미량요소 탈취량의 증가는 수량 증가와는 다소 다른 특성을 보였고, 처리별 수량 차이가 없이 탈취량의 증가만 보이기도 하였다. Mn 시비에 따른 Mn-탈취량의 증가는 수량의 증가율보다 상대적으로 더 높았다. 각 미량요소 탈취량의 증가는 Mn과 Cu 처리에서는 뚜렷하였으나, Fe과 Zn의 처리에서는 경미한 차이를 보였다.

3. Fe과 Zn보다 Mn과 Cu(특히 Mn)의 처리에 따라서 여러 상호 비율들이 큰 차이를 보였다. Fe/Cu 시험에서 처리별 Fe/Cu 비율은 orchardgrass는 6.0～10.5, white clover는 10.2～16.4 수준의 차이를 보였다. Fe+Cu/Mn+Zn 시험에서 처리별 Mn/Cu, Mn/Zn 및 Fe/Mn 상호 비율이 상대적으로 뚜렷한 차이를 보였다. 일반적으로 Fe/Mn 비율의 불균형이 white clover의 불량한 생육특성과 연관성이 있고, 이 조건에서도 다른 양이온 미량요소의 시비 비율 또는 상호 비율에 따라서 다소 양호해졌음을 보여주었다.

V. 인 용 문 헌

1. 정연규. 2004. 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. Bergmann, W. and P. Neubert. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
3. Bolle-Jones, E.W. 1957. Copper, its effects on the growth and composition of the rubber plant. Plant and Soil, 4:160-178.
4. 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.
5. Brown, J.C., R.S. Holmes and L.O. Tiffin. 1959. Hypotheses concerning iron chlorosis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:231-234.
6. Bussler, W. 1958. Manganmangelsymptome bei hoeheren Pflanzen. Z. f. Pflanzenernaehr., Dueng., Bodenkd. 81:225-242.
7. 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.
8. Finck, A. 1969. Pflanzenernaehrung in Stickworten, 1. Aufl. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel.
9. 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.
10. 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.
11. Hiatt, A.J. and J.L. Ragland. 1963. Manganese toxicity of burley tobacco. Agron. J. 55:47-49.
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. 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.
14. Nieschlag, F. 1966. Versuche ueber den Einfluss einiger Spurenelemente auf die Leistung von Milchviehweiden. Landw. Forschung. 19:191-195.
15. Osullivan, M. 1969. Iron metabolism of grasses. I. Effect of iron supply on some inorganic and organic constituents. Plant and Soil. 31:451-462.

16. 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. Somers, I.I. and J.W. Shive. 1942. The iron-manganese relation in the plant metabolism. Plant Physiol. 17:582-602.
20. Woodhouse, W.W. Jr. 1964. Nutrient deficiencies in forage grasses. In; Hunger signs in crops, 3rd edit. David Mackay Comp., New York. 181-218.