

Fe, Mn, Cu 및 Zn의 Systematic Variation 施肥가 Orchardgrass 및 White Clover의 질소화합물(조/순단백질) 함량에 미치는 영향

鄭 連 圭

Effects of Systematic Variation Application of Fe, Mn, Cu, and Zn on the Contents of N-compounds(Crude/Pure Protein) in 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% for main element and 10% for other 3 elements, respectively.

1. The contents of N-compounds in forages tended to be in inverse proportion to the yields. In the Mn/Zn trial, the 0/100 to white clover resulted in the relatively high contents of soluble N-compounds and low ratio of pure protein/soluble N-compounds in company with a severe yield decrease.

2. In the Fe+Cu/Mn+Zn trial, the 0/100 and 100/0 resulted in the somewhat high contents of N-compounds in white clover. It was likely to be caused by the concentration effect derived from yield decrease. In addition, the 100/0 resulted in the relatively high content of soluble N-compounds and low ratio of pure protein/soluble N-compounds. The protein synthesis in white clover was likely to be negatively influenced by the 100/0.

3. In the Fe/Mn/Cu/Zn trial, white clover showed the low contents of crude and pure protein at the 1st cut. It was likely to be caused by the unbalanced mutual ratios derived from the high application levels of each single element.

4. In white clover at the 5th cut, the 0/100 of Mn/Zn and 100/0 of Fe+Cu/Mn+Zn resulted in the relatively high content of K. It was likely to be caused by the concentration effect derived from yield decrease.

(Key words : Orchardgrass, White clover, N-compounds<crude/pure protein and soluble N-compounds>, Systematic variation application of Fe, Mn, Cu, and Zn)

I. 서 론
료작물의 수량과 품질의 향상을 이루고 있음으로써 축산물 증산에 기여할 것이며, 이들의 부
다량 및 미량요소 양분의 조화된 시비는 사 조화는 사료와 가축에게 미량요소의 결핍을 초

래할 것이다(Nieschlag, 1966). 초지에서 질소와 다량요소의 시비에는 미량요소의 공급문제와 결부되어야 한다. 이는 사료의 수량증수 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 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 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 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 30me이었으며, 이를 예취별로 나누어 분시 하였다.

이들 다량요소 비료의 예취별 분시 기준은 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.

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 시험설계 된 처리수준(표 2 참조) 전량을 배지와 잘 섞어서 pot에 넣었다.

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	(53.3) + (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	0.08
	Mn	0.08	0.56	0.08	0.08	0.08
	Cu	0.08	0.08	0.56	0.08	0.08
Zn	0.08	0.08	0.08	0.56	0.08	
Mo	"0.1 me/pot constant for all trials and treatments"					
B	"0.7 me/pot constant for all trials and treatments"					

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. 물 주기는 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 4처리 수준으로 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 실시하였다.

목초 중 미량요소 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 함량과 다량요소 K, Ca 및 Mg 함량은 AAS (Unicum SP 1900) 분석기기로 정량하였고, 조단백질 함량은 Kjeldahl 방법으로 그리고 순단백질 함량은 TCA 방법(trichloroacetic acid: 건물시료를 증류수에 넣어 가열, 냉각 후 10%

TCA 넣어 순단백질 응결, 여과 후 잔존물 Kjeldahl 분석)으로 분석하였으며, 수용성 N-화합물은 조단백질 함량에서 순단백질 함량을 감하여 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조/순단백질 및 수용성 N-화합물 함량

(1) Fe/Cu 비율시험

Fe/Cu 비율시험(시험군-1)에서는 표 3에서와 같이 두 초종 공히 조/순단백질 및 수용성 N-화합물의 함량은 Fe/Cu 처리에 따라서 단지 경미한 차이를 보였다. Mn/Zn 비율시험(시험군-2)에서는 표 4와 같이 orchardgrass는 처리간 이들 함량이 경미한 차이를 보였다. 그러나 white clover는 이들 함량이 수량성과는 일반적으로 반비례적인 상호 연관성을 보였으며 0/100 처리에서 Mn 부족으로 white clover의 수량이 크게 감소되었는데, 이 경우 수용성 N-화합물 함

Table 3. Contents of crude/pure protein and soluble N-compounds in forages as influenced by the systematic variation of Fe/Cu(trial-1)

Treatments (Fe/Cu) ¹⁾	Contents of N-compounds(mg/g DM) ²⁾ by cuts								
	1st cut			3rd cut			5th cut		
	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble
Orchardgrass									
0/100	152	128	24	139	112	27	142	119	23
25/ 75	160	131	29	144	115	29	142	120	22
50/ 50	157	126	31	142	114	27	141	121	20
75/ 25	152	123	29	140	111	28	149	121	28
100/ 0	158	124	34	132	108	24	145	118	27
White clover									
0/100	162	111	51	224	147	77	226	172	54
25/ 75	177	121	56	220	156	64	229	171	58
50/ 50	166	113	53	193	141	52	230	176	54
75/ 25	167	111	56	194	140	54	226	171	55
100/ 0	181	127	54	195	142	53	221	172	49

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

²⁾ Crude/pure protein and water soluble N-compounds.

Table 4. Contents of crude/pure protein and soluble N-compounds in forages as influenced by the systematic variation of Mn/Zn(trial-2)

Treatments (Mn/Zn) ¹⁾	Contents of N-compounds(mg/g DM) ²⁾ by cuts								
	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble
	1st cut			3rd cut			5th cut		
Orchardgrass									
0/100	150	117	33	146	122	24	188	130	58
25/ 75	151	117	34	143	119	24	161	121	40
50/ 50	153	118	35	138	117	21	153	115	38
75/ 25	151	116	35	130	108	22	149	115	34
100/ 0	148	114	34	133	110	23	161	125	36
White clover									
0/100	163	114	49	188	147	41	262	192	70
25/ 75	168	117	51	186	149	37	245	186	59
50/ 50	155	111	44	181	146	35	247	188	59
75/ 25	158	111	47	160	129	31	244	183	61
100/ 0	154	108	46	164	133	31	247	186	61

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

²⁾ Crude/pure protein and water soluble N-compounds.

량이 다소 높았고(특히 3차 예취), 순단백질/수용성 N-화합물 비율이 다른 처리에 비해서 낮은 특성을 보였다.

(2) Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험

Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험(시험군-3)에서는 표 5와 같이 orchardgrass는 처리별 단백질 및 수용성 N-화합물의 함량 차이는 경미하였다. 그러나 white clover는 두 0% 처리인 0/100과 100/0에서 이들 함량들이 다소 높았다. 이는 이들 처리에서 다소 큰 수량감소를 보였는데, 이에 따른 농축효과에 기인된 것으로 보였다. orchardgrass는 순단백질 및 조단백질 함량이 예취별 비슷한 반면에 white clover는 1-5차 예취 회수가 증가할수록 이들 함량은 크게 증가하였다. 그리고 5차 예취시 100/0 처리(Mn+Zn=0%)에서 수량이 크게 감소되었는데, 이 때 수용성 N-화합물 함량은 더 높아졌다. 이 영향으로 white clover는 순단백질/수용성 N-화합물

비율이 다른 처리에 비해서 더 낮았다. 또한 이 처리에서 수량감소와 더불어 단백질 함성의 생리대사가 크게 부정적인 영향을 받은 것으로 보였다.

(3) Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험

Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험(시험군-4)에서는 표 6과 같이 두 초종 공히 처리별 수량변화는 경미하였던데 비해서, 1차 예취에서 특히 white clover가 다른 시험군과는 대조적으로 다소 낮은 조단백질 함량을 보였고, 이는 순단백질 함량이 상대적으로 크게 낮은 것과 연관되었다. 아마도 단일 양분의 다량 시비비율에 따른 다른 양분과의 불균형에 따른 영향인지는 더 검토해야 할 과제로 보였다.

2. K, Ca 및 Mg 함량 변화

일반적으로 Fe, Mn, Cu 및 Zn의 systematic

Table 5. Contents of crude/pure protein and soluble N-compounds in forages as influenced by the systematic variation of Fe+Cu/Mn+Zn(trial-3).

Treatments ¹⁾ (Fe+Cu/ Mn+Zn)	Contents of N-compounds(mg/g DM) ²⁾ by cuts								
	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble
	1st cut			3rd cut			5th cut		
Orchardgrass									
0/100	158	120	38	132	107	25	151	121	30
25/ 75	163	128	35	133	112	21	152	122	30
50/ 50	149	115	34	131	109	22	152	123	29
75/ 25	156	121	35	142	116	26	156	126	30
100/ 0	157	123	34	141	118	23	164	132	32
White clover									
0/100	198	142	56	195	154	41	252	195	57
25/ 75	159	110	49	177	140	37	248	191	57
50/ 50	151	104	47	188	149	39	240	186	54
75/ 25	158	115	43	164	130	34	245	190	55
100/ 0	154	109	45	172	138	34	269	199	70

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

²⁾ Crude/pure protein and water soluble N-compounds.

Table 6. Contents of crude/pure protein and soluble N-compounds in forages as influenced by the systematic variation of Fe/Mn/Cu/Zn(trial-4)

Treatments ¹⁾ (Fe/Mn/Cu/ Zn)	Contents of N-compounds(mg/g DM) ²⁾ by cuts								
	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble	Crude	Pure	Soluble
	1st cut			3rd cut			5th cut		
Orchardgrass									
Fe-70%	136	105	31	140	114	26	157	125	32
Mn-70%	138	105	33	136	114	22	160	128	32
Cu-70%	141	108	33	136	112	24	153	122	31
Zn-70%	132	104	28	141	113	28	158	125	33
White clover									
Fe-70%	147	96	51	174	139	35	249	193	56
Mn-70%	150	95	55	176	140	36	253	194	59
Cu-70%	140	94	46	169	134	35	248	192	56
Zn-70%	140	91	49	170	135	35	248	192	56

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

²⁾ Crude/pure protein and water soluble N-compounds.

variation 처리는 K, Ca 및 Mg 함량에 미치는 영향은 경미하였으나, 5차 예취에서 white clover는 Mn/Zn=0/100, Fe+Cu/Mn+Zn=100/0 처리에서 K-함량이 다른 처리에 비해서 상대적으로 높은 수준을 보였다. 이는 Mn-결핍에 따른 white clover의 수량이 크게 감소된 특성과 연관된 것으로 보이며, 이에 따른 농축효과로 K 함량이 높았고 또한 Mn-결핍에 따른 K 생리대사가 영향을 받았던 것으로 보였다.

3. 목초 중 N-화합물 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 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,

Table 7. Contents of K, Ca, and Mg in forages as influenced by the systematic variation of Fe, Mn, Cu, and Zn at the 5th cut

Treatments ¹⁾	Contents of K, Ca, and Mg (mg/g DM)					
	Orchardgrass			White clover		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
Trial-2(Mn/Zn)						
0/100	28.8	5.6	5.3	36.6	20.8	3.6
25/ 75	29.1	5.5	5.1	27.3	20.9	3.7
50/ 50	28.8	5.3	4.9	25.5	19.0	3.6
75/ 25	28.2	5.9	4.7	25.0	19.2	3.7
100/ 0	28.6	5.7	5.4	25.5	20.3	3.6
Trial-3(Fe+Cu/Mn+Zn)						
0/100	29.1	5.7	4.9	26.5	20.2	3.7
25/ 75	29.4	5.8	5.1	25.8	19.9	3.6
50/ 50	30.6	6.0	4.8	26.0	20.1	3.6
75/ 25	28.3	5.7	5.1	24.7	19.8	3.7
100/ 0	30.4	5.9	5.3	37.1	20.3	3.6

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

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(Sommers 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 민감하였다. 이에 따라서 white clover는 뿌리생육, 근류생성, 개화 및 수량이 크게 영향을 받았고 이들 간은 서로 밀접한 연관성을 보였다. 이런 조건에서 white clover의 N-화합물 함량은 수량성과 일반적으로 반비례적인 특성을 보였고, 또한 일부 단백질/수용성 N-화합물 비율도 낮아지는 경향을 보였다. 이러한 반비례 특성은 수량감소에 따른 농축효과에 기인된 것으로 보였다. Orchardgrass는 처리별 단지 경미한 차이를 보였는데, 이는 두 초종간 미량요소에 대한 생리적 특성의 차이에 기인된 것으로 보였다.

또한 본 시험에서 Fe의 시비에도 불구하고 Fe-함량은 증가되지 않았다. Gupta and Chipman (1976)은 Fe 시비(Fe-sulfate)에 Mn과 Zn 함량이 감소되었지만, Fe-함량의 증가는 볼 수 없었다고 한 바 있다. 본 시험에서도 Fe 함량은 경미한 차이를 보였고, 일반적인 특성을 볼 때 Fe 효과는 식물체내 Fe 형태뿐만 아니라 식물체내 다른 미량요소량에 따라서도 영향을 받는 것으로 보였다. Fe의 단백질 함량에 미치는 영향이 명확하지 않은 것도 이와 연관된 것으로 보였다.

Mn의 함량과 시비효과는 Fe의 경우와는 달리 Mn 처리에 따라서 차이가 있었다. Finger (1951)는 많은 식물에서 Mn 시비가 뿌리생육에 긍정적 이었다고 하였고, 이에 비해서 Vose and Jones(1963)는 white clover에서 Mn 시비가 뿌리생육에 부정적인 영향을 주었다고 보고한 바 있다. 본 시험에서 white clover는 Mn 결핍

조건에서 매우 불량한 뿌리발육, 근류생성, 개화 및 수량을 보였다. 이 결과 수량감소에 따른 농축효과에 의해서 N-화합물의 함량이 다소 높은 경향을 보였다. 이러한 특성은 white clover에 Mn 결핍이 쉽게 유발되는 생리적 특성이 있는 것과 연관된 것으로 보였고, 이는 Bussler(1958)와 Woodhouse(1964)의 보고와도 일치하는 경향이였다. Mn 처리별 Mn 함량의 큰 변화에도 불구하고 orchardgrass는 뿌리생육, 수량 및 단백질 함량이 처리별 경미한 차이를 보였다.

Cu 함량은 Cu 시비에도 불구하고 경미한 상승을 보였다. 뿌리에서 지상부위로 Cu^{2+} -이동은 매우 적다. 그러므로 Cu는 Cu 시비시 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 수량 뿐만 아니라 뿌리, 근류, 개화 및 수량 특성들이 크게 불량해졌다. 그러나 처리별 N-화합물의 함량 차이는 경미하였다. 반면에 orchardgrass는 다소 양호한 수량을 보였다. 이런 특성을 고려할 때, white clover는 orchardgrass와는 대조적으로 Cu 결핍에 매우 민감한 생리특성을 보인 것으로 보였다. white clover에서 Cu는 뿌리, 근류, 개화 및 수량에 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. 요 약

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 동일 양 시비한 조건에서 Fe/Cu(시험군-1), Mn/Zn(시험군-2) 및 Fe+Cu/Mn+Zn(시험군

-3)의 처리는 systematic variation 방법으로 시험군별 총 시비량을 각각 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0% 비율로 나누어 시비하였고, Fe/Mn/Cu/Zn(시험군-4)에서는 각 기준처리 70%, 기타 처리는 각각 10%(합계 100%) 비율로 시비하였다.

1. N-화합물들의 함량은 일반적으로 수량과 반비례적인 경향을 보였다. Mn/Zn 비율시험에서 white clover는 0/100 처리에서 큰 수량감소와 더불어 수용성 N-화합물 함량이 다소 높았고(특히 3차 예취), 또한 순단백질/수용성 N-화합물 비율은 낮았다.

2. Fe+Cu/Mn+Zn 비율시험에서 white clover는 0/100과 100/0 처리에서 이들 함량들이 다소 높았다. 이는 큰 수량감소와 이와 연관된 농축효과에 기인된 것으로 보였다. 또한 white clover는 5차 예취 시 100/0 처리에서 큰 수량감소와 더불어 수용성 N-화합물 함량이 상대적으로 더 높아졌다. 이 결과 순단백질/수용성 N-화합물 비율이 더 낮아졌다. 100/0 처리는 white clover의 단백질 함성 생리대사에 부정적인 영향을 준 것으로 보였다.

3. Fe/Mn/Cu/Zn 비율시험에서 white clover는 특히 1차 예취에서 조단백질의 함량이 매우 낮았다. 이는 순단백질 함량이 상대적으로 크게 낮은 것과 연관되었고, 아마도 단일 양분의 다량 시비비율에 따른 이들 양분간 불균형에 따른 것으로 보였다.

4. 처리별 K, Ca 및 Mg의 함량은 일반적으로 차이가 경미하였으나 5차 예취에서 white clover는 Mn/Zn=0/100과 Fe+Cu/Mn+Zn=100/0 처리에서 K-함량이 상대적으로 높은 수준을 보였다. 이는 Mn-결핍에 따른 white clover의 수량감소와 이와 연관된 농축효과에 기인된 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., Bodenk.* 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.
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. 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.