

銅欠乏土壤に関する調査研究 (第2報)

黒沢順平、内田修吉、中野信夫、
関沢憲夫、高橋良治

目 次

I 緒 言	2) 試験結果並びに考察
II 銅の葉面撒布	IV 施用適量の検討
1 濃度の検討	1 牧草に対する施用適量試験
1) 試験方法	1) 試験方法
2) 試験結果並びに考察	2) 試験結果並びに考察
2 撒布時期の検討	2 とうもろこしに対する施用適量試験
1) 試験方法	1) 試験方法
2) 試験結果並びに考察	2) 試験結果並びに考察
III 土壌処理における銅の形態	V 考察および論議
1 植木鉢試験	VI 要 約
2 圃場試験	引用文献
1) 試験方法	

I 緒 言

前報において銅欠乏の実態すなわち銅欠乏症状の特徴ならびに大小麦の銅欠乏に対する品種間の抵抗性、銅欠乏土壤の県内における分布状況等を明らかにした。また銅欠乏土壤における対策についても土壌施用の適量ならびに葉面撒布の効果等の対策技術を解明したが、しかし、これらの対策技術には未解決の部分も多い。

葉面撒布においては、一応硫酸銅の稀薄溶液を撒布し、その効果のみを云々したが撒布濃度の検討が残された未解決部分である。また銅塩の種類についても入手の容易さ、価格低廉なることを考えれば、当然硫酸塩であろう。しかし他の銅塩についても検討が必要であるし、特に難溶性塩についての検討も加えねばならない。畑作物についても、前報でとりあげなかった作物に対する銅の施用効果等についても、検討を行なわねばならない。従って本報においては、これらの未解決部分について検討を加え、より完全な技術として広く普及すべく種々の条件について検討を行なったので、それらの結果について報告する。

II 銅 の 葉 面 撒 布

葉面撒布については前報において一応効果の顕著なることを明らかにした。しかしながら

その濃度ならびに撒布時期については詳細に検討を加えることができなかったので特に濃度ならびに撒布時期について小麦、牧草を用い検討を行なった。

1 濃度の検討

1) 試験方法

試験は銅欠乏地帯と判明している胆沢郡胆沢町字堰袋において実施した。

試験地土壌の化学的特性は第1表にみる如くで、腐植に富む黒色の火山灰土壌で可溶性銅並びに全銅が極めて少ない。

第1表 試験地土壌の化学的特性

層位	層 厚	P H		Y ₁	腐 植 %	P 吸 収 係 数	置換性塩基 mg/100 g			可溶性 Cu ppm	T-Cu ppm
		H ₂ O	Kcl				'Cao	Mgo	K ₂ O		
I	0~36	6.5	5.2	0.6	9.9	1,820	387	45	40	21.4	37
II	36~55	5.7	4.6	7.1	5.6	2,060	22	13	26	12.8	34
III	55<	5.7	4.6	6.6	1.9	1,740	28	13	21	10.8	34

試験の内容は第2表にみる如く最も稀薄な溶液は0.05%として最高濃度は0.8%とした。供試作物は牧草および小麦で牧草はオーチャードグラス、小麦はナンブコムギである。

第2表 試験の内容

区 分	硫酸銅 g/100 l	備 考
1 無 撒 布	—	基肥
2 硫酸銅液 0.05%	50	小麦 N7.5 P15.0 K8.0
3 " 0.20%	200	オーチャード N8.0 P20.0 K8.0
4 " 0.40%	400	追肥
5 " 0.60%	600	小麦 N2.0
6 " 0.80%	800	オーチャード N8.0 P10.0 K8.0

注 オーチャードの追肥はPは春先1回 刈取毎には N.Kのみ。

撒布は小型噴霧器を用い均一に行なった。オーチャードグラスは刈取前1週間から10日前に撒布を行ない、小麦は越冬前後の2回撒布を行なった。

2) 試験結果ならびに考察

試験結果は第3表に示す通りである。すなわち、オーチャードグラスにおいては収量に及ぼす正の効果は殆んどみられず、収量低下の傾向が認められる。このことは硫酸銅の葉面撒布によって葉害の徴候を発生したことに起因するものと考えられる。いずれの時期に撒布しても、翌日には葉液のかかった部分は赤褐色に枯上った。なお、これらは撒布濃度に関係なく一様に発生が認められたが、葉害の程度については稀薄溶液ほど軽い様に見うけられた。

このような葉害が発生した原因は、牧草は他の作物と異なり密生する条件であるため、特に禾本科のみではこの傾向が強くなり葉面撒布を行なっても葉面全部に撒布することが不可能で、葉先にのみ葉液が撒布するため一層激しく発生したものと考えられる。

撒布濃度については判然とせず、いずれも撒布区において葉害ならびに収量低下という結果

第3表 オーチャード乾草収量

昭39 (kg/10a)

区 名	1 番 草		2 番 草		3 番 草		4 番 草		合 計	
	総 重	指 数	総 重	指 数	総 重	指 数	総 重	指 数	総 重	指 数
1 無 撒 布	410	100	182	100	123	100	197	100	912	100
2 硫酸銅液 0.05%	310	76	182	100	136	110	186	95	814	89
3 " 0.20%	424	103	138	77	119	97	180	92	861	95
4 " 0.40%	386	94	122	67	113	91	177	90	798	87
5 " 0.60%	312	76	135	74	100	81	162	82	709	78
6 " 0.80%	382	93	129	71	95	77	164	83	770	84

となり、無撒布区は銅欠乏の症状は全く認められなかった。従ってかかる牧草に葉面撒布を行なっても、かえって薬害を助長し、ひいては収量低下を来すものと考えられる。

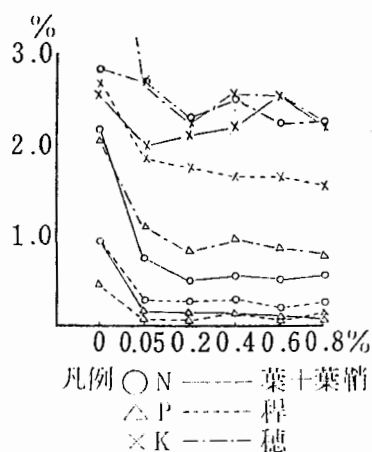
一方小麦について行なった試験結果では第4表にみる如く硫酸銅の葉面撒布の効果は明らかであった。

第4表 小麦に対する葉面撒布の効果

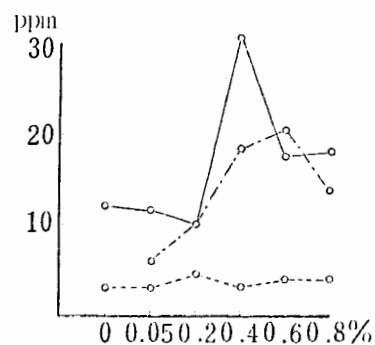
昭39 (10a当)

区 名	全 重 kg	指 数 %	稈 重 kg	子実重 kg	指 数 %	1 ℓ 重 g
1 無 撒 布	178.5	22	159.9	18.6	7	690
2 硫酸銅液 0.50%	816.0	100	545.4	270.6	100	747
3 " 0.20%	780.0	96	493.2	286.8	106	754
4 " 0.40%	759.0	93	475.5	283.5	105	759
5 " 0.60%	705.0	86	444.0	261.0	97	754
6 " 0.80%	720.0	88	455.0	265.0	98	753

硫酸銅液を越冬前後の2回撒布を行なったが薬害は軽微で生育量の増大に従い認められなくなった。第1回撒布後には若干薬害が認められたが、全般的には殆んど影響を認め難く、第2回撒布後においても殆んど薬害は発生しなかった。しかし、収量結果においては薬液の濃度の相違が収量に及ぼした影響は明らかで、薬液の濃度の増大に伴ない収量が低下し銅の体内濃度も次図にみる如く増加した。



第1図 収穫物中三要素含量(乾物)



第2図 収穫物中銅含量(乾物)

2 撒布時期の検討

2) 試験結果ならびに考察

昭40 (10 a ㄴ)

試験の結果は第5表にみる如くである。これによれば濃度については前記同様の0.4%で最高収量に達している。又撒布時期については早期、後期ともに良好な結果が得られ、いずれの撒布時期でも、撒布を行なえば銅欠乏を回避しうることを示した。ただし試験条件としては出穂前の処理であるから出穂後において撒布することの是非については不明であるが、おそらく出穂後の撒布では銅欠乏を回避し得ないと考えられる。又本圃場は前作において銅の葉面撒布を行なっているので本試験においては無撒布区を除き或る程度銅欠乏が緩和されているとみられるので、このような影響のない場所で、銅欠乏の激しく発現する場合には欠乏症状の発現後に撒布したのではどの程度銅欠乏を軽減し得るかは不明である。

III 土壌処理における銅の形態

銅欠乏地における銅の施用効果については従来の試験より明らかなごとく、その効果は顕著なものがある。しかしこれらの試験に用いられて来た銅塩は硫酸銅のみである。これについては硫酸銅は農業上入手についての便利さがあるし、またこれらの銅欠乏地帯における銅施用についても硫酸銅が使用されるべきと考えられる。しかしながら広い観点すなわち、将来肥料への混入等をも考慮に入れてみると他の銅塩についても、その効果の有無について検討すべきと

思われる。

かかる見地から硫酸銅以外の銅塩について検討を行なった。

1 植木鉢試験

1) 設 験 方 法

1/5,000アール ワグネルポット 2連制

供試土壌 花巻市笹間町

使用塩類

硫酸銅 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

水酸化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$

硝酸銅 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

キレート銅 EDTA-Cu

塩化銅 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

銅はCuOとして 47.8mg/Pot

第6表 銅塩の相異が小麦収量に及ぼす影響

昭37

区 名	全 重 g	指 数 %	稈 重 g	穂 重 g	指 数 %	完全粒重 g
無 処 理	16.5	66	7.8	8.8	64	5.6
硫 酸 銅	25.0	100	11.5	13.8	100	5.8
硝 酸 銅	25.3	101	11.0	14.0	101	6.3
塩 化 銅	25.2	101	11.1	14.0	101	8.0
水 酸 化 銅	26.1	104	11.8	14.4	104	6.7
キ レ ー ト 銅	23.6	94	11.6	11.6	84	3.9

使用した塩類はいずれも効果が顕著であったが、キレート銅のみは他の塩類に比較しやや劣った。又難溶性の水酸化銅についても他の塩類に比し劣らず効果は顕著であった。本試験より殆んど銅塩が硫酸銅と同等の効果を期待できることが明らかとなった。

2 圃 場 試 験

前記試験において多くの銅塩が使用しうることが判明した。本試験においては特に難溶性について再度検討を行なった。

1) 設 験 方 法

試験は前記Ⅱの1と同じ胆沢郡胆沢町において行なった。

供試作物 えん麦(前進) 規 模 1区10 m^2 2連制

第7表 試 験 内 容

区 名	硫 酸 銅	水酸化銅	備 考
無 処 理	—	—	N 8+2
硫 酸 銅	CuO 1kg/10a	—	P 20
	" 2 "	—	K 10
	" 3 "	—	
水酸化銅	" 1 "	1.23	
	" 2 "	2.45	
	" 3 "	3.68	

2) 試験結果ならびに考察

第7表の試験内容を以て実施したが、施用量の差異による植害は認めずほぼ順調な生育を示した。

第8表 難溶性銅塩の施用効果

昭40 (10a当)

区	名	全 重 _{kg}	指 数 _%	稈 重 _{kg}	子 実 重 _{kg}	指 数 _%
無	処 理	1,020.0	100	709.6	310.4	100
硫 酸 銅	CuO 1 kg/10 a	1,065.0	104	673.9	391.1	126
	" 2 "	975.0	96	567.4	407.6	131
	" 3 "	975.0	96	541.5	433.5	140
水 酸 化 銅	" 1 "	1,035.0	102	588.1	446.9	144
	" 2 "	960.0	94	555.4	404.6	130
	" 3 "	1,035.0	102	569.2	465.8	150

前報におけると同様にえん麦に対する銅の施用効果は高く26%~50%の増収を示した。硫酸銅と水酸化銅との効果の差については第8表にみる如く難溶性塩とみられる水酸化銅においても硫酸銅と同等の効果を期待しうることが判明した。この試験の範囲内では施用量の過剰による障害は全くみられなかった。収かく物の分析結果は第9表にみるごとく銅使用により植物体内の銅含量は増加しており、特に穂における増加が著しい。

第9表 収 かく 物 分 析 結 果

昭40

区	名	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CuO ppm	区	名	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CuO ppm
茎	無 処 理	0.62	0.28	4.43	7.0	穂	無 処 理	1.97	0.98	1.18	1.9
	硫 酸 銅 CuO 1 kg	0.79	0.27	4.73	9.5		硫 酸 銅 CuO 1 kg	2.01	1.09	1.12	4.2
	" " 2 "	0.67	0.35	4.50	9.0		" " 2 "	1.90	0.87	1.10	5.1
	" " 3 "	0.59	0.19	4.65	4.5		" " 3 "	1.91	0.83	1.21	5.3
	水酸化銅 " 1 "	0.53	0.25	4.03	12.3		水酸化銅 " 1 "	1.87	0.88	1.30	6.0
	" " 2 "	0.74	0.25	4.13	10.5		" " 2 "	2.01	0.94	1.20	5.8
葉	" " 3 "	0.62	0.25	4.25	8.3		" " 3 "	1.94	0.93	1.18	8.0

水溶性銅と難溶性銅との関係は、水酸化銅を使用した場合の方がむしろ作物体内の銅含量を増加している傾向がある。このことは次表に示す跡地土壌の分析結果からも明らかで、施用量の増加に応じて跡地土壌の可溶性銅含量は増加しており、特に水酸化銅施用の場合が顕著である。

第10表 跡 地 土 壌 分 析 結 果

昭40

区	名	P H		Y ₁	置換性塩基 mg/100 g			可 溶 性 CuO ppm
		H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O	
無	処 理	5.1	4.5	7.2	176	16	28	34
硫 酸 銅	CuO 1 kg	5.3	4.6	4.4	156	14	27	39
"	" 2 "	5.3	4.6	4.2	162	18	31	94
"	" 3 "	5.1	4.5	10.1	131	22	25	117
水酸化銅	" 1 "	5.0	4.3	7.6	150	21	29	120
"	" 2 "	5.0	4.5	5.4	171	22	27	127
"	" 3 "	5.3	4.5	5.3	123	16	30	86

IV 施用適量の検討

硫酸銅の施用適量については前報において明らかにしたごとく、麦類では10a当 4 kgである。しかし麦以外の作物に対する施用適量については不明であるので、本報においては牧草ならびにとうもろこしについて検討を加えた。

1 牧草に対する施用適量試験

1) 試験方法

試験はⅡの1と同一場所にて実施した。

供試牧草 禾本科オーチャードグラス

規模 1区12m² 3連

第11表 試験内容

(kg/10a)

区名	硫酸銅	備考	区名	硫酸銅	備考
無処理	—	N=8.0 P=20.0	硫酸銅添加 C	6.0	
硫酸銅添加 A	2.0	K=8.0	〃 D	8.0	
〃 B	4.0		〃 E	10.0	

2) 設験結果並びに考察

第12表 オーチャード乾草収量

昭39 (kg/10a)

区名	1 番 草		2 番 草		3 番 草		4 番 草		合 計	
	総重	指数	総重	指数	総重	指数	総重	指数	総重	指数
無 処 理	331	100	171	100	123	100	69	100	694	100
硫 酸 銅 添 加 A	305	92	179	104	146	118	100	144	730	105
〃 B	325	98	178	104	133	108	103	148	739	106
〃 C	318	96	171	100	136	110	95	138	720	104
〃 D	342	103	183	107	139	113	147	212	811	117
〃 E	311	94	184	107	144	116	139	201	778	112

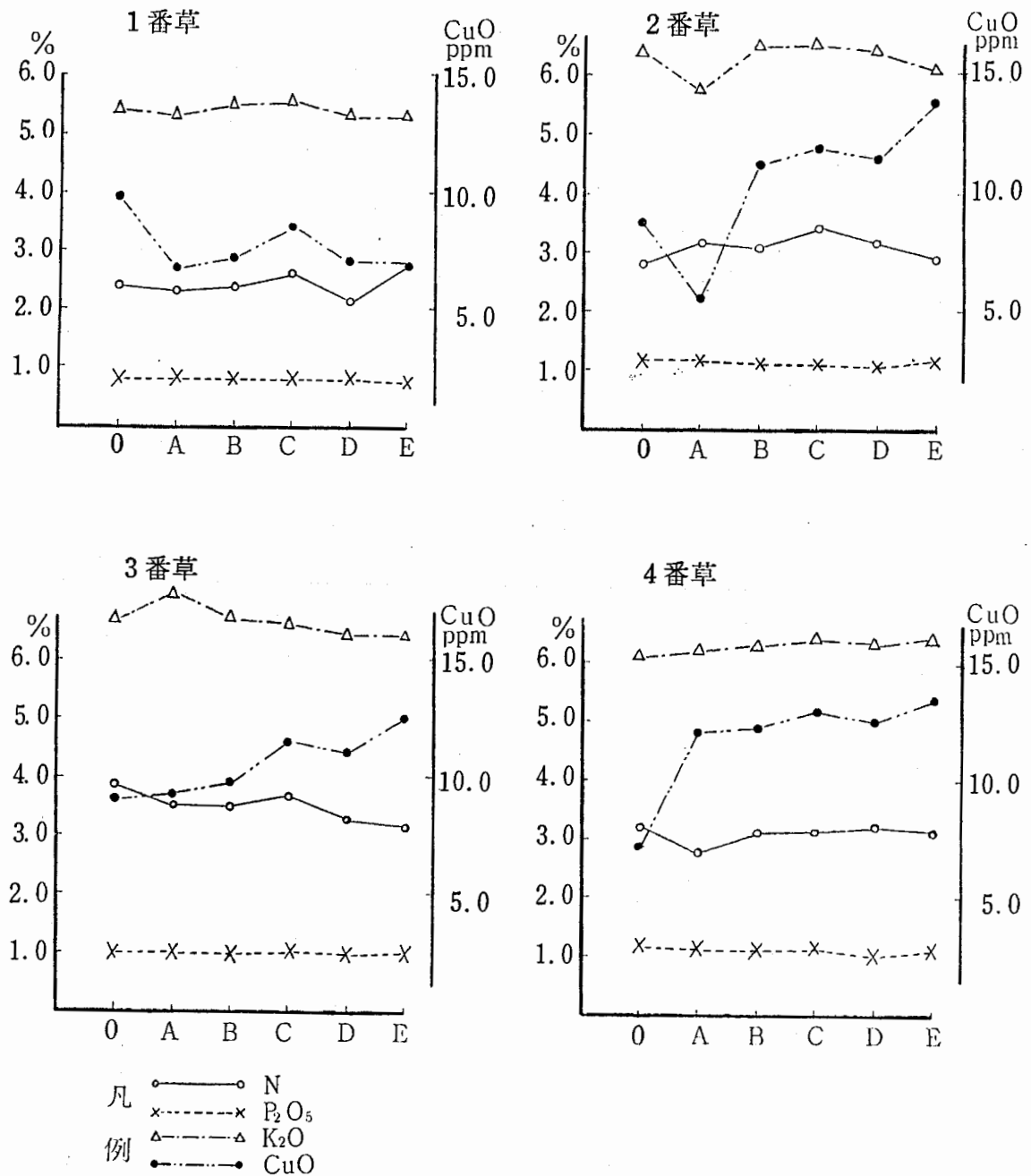
第13表 オーチャード乾草収量

昭40 (kg/10a)

区名	1 番 草		2 番 草		3 番 草		4 番 草		合 計	
	総重	指数	総重	指数	総重	指数	総重	指数	総重	指数
無 処 理	164	100	279	100	142	100	133	100	718	100
硫 酸 銅 添 加 A	176	107	380	136	168	118	165	124	889	124
〃 B	172	105	349	125	186	131	167	126	874	122
〃 C	168	102	388	139	180	127	174	131	910	127
〃 D	167	102	391	140	169	119	152	114	879	122
〃 E	146	89	386	138	175	123	134	101	841	117

収量結果は第12、13表にみるごとく2ヶ年の成績で、これによれば硫酸銅の施用効果は明らかである。無処理区には銅欠乏症状の発生はみられなかったが、しかし結果的には銅の不足の状態にあったために銅の施用により収量が増加した。特に2年目においてはより増収率が高い結果となっている。従ってこのような銅欠乏地においては牧草オーチャードに対しても銅の施用効果のあることが判明した。しかしその有害限界量については麦類とはやや異なりやや高く6~8 kg程度まで施用してもさして植生には障害を与えないようである。

銅の施用量の増加に従って銅の吸収も増加していることは次図により明らかで1番草においては判然とした傾向は認められないが、2番草以降においては明らかに施用量の増加に伴ない体内への吸収増加がみられる。特に2番草、4番草においてその傾向が著しい。



第3図 収穫物中三要素ならびに銅含有率

2 とうもろこしに対する施用適量試験

1) 設 験 方 法

試験はⅡの1と同一場所にて実施した。

供試品種 とうもろこし交1号

規 模 1区10m² 2連制

第14表 試 験 内 容

(kg/10 a)

区 名	硫 酸 銅	備 考	区 名	硫 酸 銅	備 考
無 処 理	—	N=5.0+5.0	硫 酸 銅 条 施 B	6.0	
硫 酸 銅 全 面 A	4.0	P ₂ O ₅ =20.0	〃 〃 C	8.0	
〃 条 施 A	〃	K ₂ O=10.0			

2) 試験結果並びに考察

試験結果は第15表に示すとおりである。無処理区には特に銅欠乏らしき症状は認めがたく、生育に異常はなかった。しかし最終的に収量において銅施用区に比較し減収を示した。銅施用区は無処理区に比し全重において3～21%の増収を示し、とうもろこしに対しても効果が顕著であることが判明した。

第15表 とうもろこしに対する銅の施用効果

昭41

区 名	収 か く 時		収 量 kg/10 a					
	稈 長 cm	着 穂 高 cm	全 重	指 数	稈 重	指 数	♀ 穂 重	指 数
無 処 理	249	112	3,509	100	2,408	100	1,100	100
硫 酸 銅 全 面 A	251	117	4,259	121	3,067	127	1,192	108
〃 条 施 A	244	117	3,934	112	2,792	116	1,142	104
〃 〃 B	246	118	3,800	108	2,683	111	1,117	102
〃 〃 C	232	102	3,600	103	2,550	106	1,050	95

施用適量は条施した場合4～8kgの範囲では施用の増加に従い減収を示し、とうもろこしにおいては麦類と異なり銅の施用適量は低い水準にあるものと考えられる。一方施用量は同一であるが、施用方法の差異においては全面に撒布した方がより増収を示しており、施用適量が麦類より低い水準であることを示唆していると考えられる。

葉身の分析結果は第16表に示す通りで、これによればN, P, K, Ca, Mg, には一定の傾向は認め難いが、銅については、硫酸銅の施用量の増加に伴ない、葉身中の銅の含有率も高まる傾向を示す。

第16表 収 か く 物 分 析 結 果

区 名	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	CuO ppm
無 処 理	1.71	0.45	1.81	1.68	0.38	6.67
硫 酸 銅 全 面 A	1.53	0.37	1.45	1.61	0.35	8.58
〃 条 施 A	1.59	0.44	1.51	1.52	0.36	10.40
〃 〃 B	1.71	0.39	1.69	1.47	0.43	11.77
〃 〃 C	1.69	0.50	1.57	1.61	0.37	11.59

この傾向は跡地土壌における分析結果にも明らかに見られ、施用量の増加に従って土壌中の可溶性銅の含量が増加の傾向にある。

第17表 跡地土壌分析結果

区 名	P H		置 換 性 塩 基 <i>mg/100g</i>			可 溶 性 CuO ppm
	H ₂ O	Kcl	CaO	MgO	K ₂ O	
無 処 理	5.1	4.5	191	2	20	16.0
硫 酸 銅 全 面 A	5.3	4.3	191	4	20	41.4
〃 条 施 A	5.4	4.6	203	3	17	22.1
〃 〃 B	5.2	4.5	181	4	19	35.4
〃 〃 C	5.3	4.5	188	6	20	30.1

V 総合考察および論議

本県における銅の欠乏地帯の分布は前報にてほぼ明らかにされた。これらの畑地に導入される作物は非常に雑多であるが、これら種々の作物の銅欠乏土壌の対応、すなわち銅施用効果の有無、施用限界量等について充分なる検討がなされなければならない。

しかしながら、これら作物についてはその栄養生理ならびに体内代謝等から考えれば、何れの作物も銅欠乏土壌に対して麦類の如き反応を呈するとは限らないであろう。このことは前報にて行なった大豆、なたね等に対する銅の施用によっても明らかな様にこれらの作物は銅欠乏に対して、あまり鋭敏な反応を示さなかった。このように作物の種類によって銅欠乏に対する反応が異なる。従って麦以外の作物で何れが銅欠乏に対してより鋭敏に反応を示すかを検討する必要があるし又畑地での輪作を考慮するならばより急がれる問題でもあらうと考えられる。このようなことから現在までにとりあげられなかった作物を対象として銅の施用効果の有無並びに葉面撒布についてその濃度と撒布の時期等について検討するとともに銅の施用形態についても検討を行なった。

撒布濃度については大体0.4%硫酸銅溶液が適当と考えられる。0.4%以上になると葉害は顕著にみられないが、結果的には減収となる様である。牧草に対する葉面撒布は効果なく、むしろ撒布によって減収を来し又、葉害も顕著である。従って銅欠乏土壌における牧草栽培においては土壌施用の方がより効果的と考えられる。銅欠乏土壌において麦類に銅欠乏症状が端的に出現するのは出穂期直前頃からであることはすでに前報により明らかである。そこで硫酸銅をこの時期に撒布し、これより以前に撒布したものと比較すれば、前者がやや優る収量となったが、これは後期撒布が早期撒布に決定的に優るものとは考えられず、むしろ後期撒布によっても充実した穂の出現を期待することができるものと解さるべきであらう。このことはこれ等の実験結果からも明らかで、銅が穂の生育並びに稔実に重要な役割を有しているものと考えられる。銅の施用形態については何れの塩でも硫酸銅と同等の効果のあることが判明した。中でも難溶性とみられる水酸化銅についても効果が極めて顕著であることが認められた。しかし硫酸銅を除く銅塩については肥料等への混入はともかく、銅欠乏土壌に対する対策資材としては入手、価格等から実用には供しがたいであらう。

銅欠乏土壌における麦には硫酸銅 4 kg/10a で充分改良を果すことが出来ることは前報にて明らかにした。しかし他の作物への適用については、その作物の銅欠乏に対する反応等が明ら

かにされない限りにおいてはその効果を判定するにはやや明確さを欠いたものとなるであろう。しかし銅欠乏土壤において銅欠乏症が発現しなくても銅施用によって収量的にどのような影響があるかを検討することは畑地という多くの作物が入る培地において、より重要なことと考えられる。牧草（オーチャードグラス）に対しては銅の施用効果は明らかで、かつ麦と異なり施用適量はより高い水準と考えられる。又逆にとりもろこしについては麦類より低い水準とみられる。しかしこれら施用量は施用方法にも関連のあることで一概には律し得ないが、オーチャードグラスについては $6 \sim 8 \text{ kg}/10a$ ととりもろこしについては $2 \sim 4 \text{ kg}/10a$ の硫酸銅の施用が適当と考えられる。但しこれら飼料作物に対する微量要素の施用については収量のみを論ずることは甚だ一方的で家畜の存在を無視することはできないであろう。

Ⅵ 要 約

- 1 硫酸銅を用い葉面撒布の効果について検討した。その結果オーチャードグラスについては効果なく、小麦については効果は顕著であった。
- 2 葉面撒布の濃度は 0.4% が適当であろう。撒布の時期は出穂期直前においてもより充実した穂の出現を期待しうる。
- 3 銅の施用形態の相異による小麦収量への影響は少なく、いずれの形態にても効果があることが判明した。中でも難溶性とみられる水酸化銅にても同様の効果があった。
- 4 オーチャードグラスに対する硫酸銅の施用適量は $6 \sim 8 \text{ kg}/10a$ と考えられる。
- 5 とりもろこしに対する硫酸銅の施用適量は麦類におけるそれより低い水準とみられ、 $2 \sim 4 \text{ kg}/10a$ と考えられる。

引 用 文 献

- 1 黒沢順平ら (1965)
岩手農試研究報告第8号
- 2 中野信夫、黒沢順平 (1962)
岩手県における麦類に対する銅欠乏の被害状況とその対策 農園37: 1738~1742
- 3 中野信夫 (1967)
銅欠乏地帯の土壤改良とその対策農園 42: 353~356
- 4 堤道雄、大平幸次、藤原彰夫
腐植質火山灰土壤における銅欠乏について (第1報) 土肥誌 (1968) 38: 459~463