

北海道網走地方にみられる麦類の 生育異常に関する研究

第2報 醸造用大麦に対する硫酸銅施用効果と土壌化学性との関係

長谷部俊雄[†] 宮 脇 忠[†] 水野直治[†]

STUDIES ON THE ABNORMAL GROWTH OF BARLEY, WHEAT AND OATS IN THE ABASHIRI DISTRICT OF HOKKAIDO

2. Relation between the Effect of Copper Sulfate on Barley for Malt and the Soil Chemical Properties

Toshio HASEBE, Tadashi MIYAWAKI & Naoharu MIZUNO

19点の土壌に銅施用有無の2系列を設け醸造用大麦でポット試験を行なった。銅施用により収量に対する負効果がうかがわれた3点を除き、供試土壌の0.1 NHCl 可溶 Cu 含量は0.18~0.55 ppmの範囲にあり、土壌の可溶性銅含量と銅施用効果（銅施用区と無施用区との穂収量の差または比）との間に高い有意な相関関係が認められ、銅施用効果が現われる土壌の境界値は0.1 NHCl 可溶 Cu として0.33 ppmと推測された。

I 緒 言

網走地方にみられる葉身先端の異常や、不稔を主体とする麦類の生育異常について、筆者らは第1報¹⁾において発生地分布とその土壌的特性に関する調査ならびに予備的な対策試験の結果からここにみられた生育異常は主として土壌中の可給態銅含量の不足に基因するものであり、硫酸銅の施用により異常症状が解消され、著しく子実収量の増加することを報告した。

さて銅は微量元素として作物の正常な生育に対しては極く少量で足りる成分であるから、土壌中に可給態銅が少量あれば欠乏症の発生がみられないものであり、多量の場合は銅障害の場合にみら

れるように逆に生育障害が起きるものである。筆者らは、第1報で過去に銅欠乏が主因と考えられる異常生育がみられた土壌の0.1 NHCl 24時間浸出液中のCu含量について、およそ0.35 ppmの値をえ、堤ら¹⁰⁾が0.1 NHCl 4時間浸出液で0.25 ppmの値を銅欠乏を引き起こす境界値としているのと近似の結果を得た。しかし異常生育の発生有無が主として聴取りを中心としていることから対象麦類の種類や発生年次の気象条件が一定していないなどの問題があるほか、結果の具体的な応用にあたっては、銅施用効果に及ぼす土壌化学性・作物の種類・併用するほかの要素との関係など検討すべき点が多い。

したがって、本試験ではとくに生育異常症状の発生、さらに銅施用効果に及ぼす土壌化学性の影響について検討することとした。なお銅について

[†] 中央農業試験場

は、土壌中では腐植と結合し固定されるほか、アルカリ側で不溶性となり易いなど、土壌中の銅が植物に利用される程度には多くの土壌因子が影響を及ぼすものである。従って銅欠乏対策としての銅施用量も土壌有機物含量の多少に応じて異なることが知られているが、ここでは同一量の銅施用時の効果として検討することとした。

本試験の実施にあたり、ご指導、ご助言を与えられた歴代の北見農業試験場長 楠 隆・小山八十八・中山利彦の諸氏に厚く感謝する。

II 試験方法

第1報に示した調査地点の中から、過去における異常生育の発生の有無をもとに19点の土壌を採取した(表土15点・心土4点)。これらの土壌の乾土2.5 kg 相当量を5千分の1aのワグネル鉢につめ、硫酸銅施用の有無により2系列を設けて試験を行なった。供試土壌の地質・母材・土性を示すと次のとおりであり、これらの化学分析の結果は第4表にかかげた。

共通肥料としてポット当り0.3 gのNを硝安で、0.5 gの P_2O_5 を苦土入り過石で、0.3 gの K_2O を

硫加で施し、また硫酸銅施用系列には $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ を0.5 g施した。

供試品種として醸造用大麦「春星」を用いポット当たり10粒播種して発芽後6本立とし、伸長期・出穂期・成熟期の各期に2株ずつ採取した。補給水分はイオン交換樹脂法による脱塩水を用いた。

III 試験結果

1. 生育調査

1964年5月27日に播種したが、発芽は順調であった。しかし銅欠乏の著しい区は早くも本葉4枚目より異常がみられ、漸次葉色・葉身の形状・草丈・分けつなどの様相に土壌間差が明白となった。第1表に成熟期の生育調査結果を示した。表中番号の配列については銅施用効果をもとにA・B・Cの3群に大別した。A群は穂・茎葉の両収量に対して明らかに銅施用効果のみられるもの、B群は銅施用効果の明らかでないもの、C群は収量に対し負効果のうかがわれるものとし、各群について銅無施用系列の穂重の低いものから高いものへの順にならべた。

供試土壌別の生育概況を銅無施用系列のそれを中心として述べると次のようである。No. 1と2は生育異常が最も早く6月17日よりみられだし、その後節間伸長は全く行なわれず、葉色やや淡く、最上位の葉先によじれと折れがみられるほか、分けつはするが有効穂は皆無であった。No. 3と4は節間伸長が若干の茎でみられるが、すべて未出穂で終わり、止葉先は白黄色化し、よじれた。分けつも最上位葉は白色化・針状化を示して枯死し有効穂は皆無であった。No. 5と6は生育はやや不良で、分けつの最上位葉に異常がみられ、銅施用区と比べ葉色・草丈は劣り、有効穂数は $\frac{1}{4}$ と少なく、1穂における稈実粒数も少なかった。No. 7では葉先の異常はないが、銅施用区と比べ葉色やや淡く下葉の黄緑化が多く、有効茎歩合・1穂稈実歩合が低い。No. 8～10は銅施用区と比べ葉色やや淡く有効茎歩合は劣るが、1穂粒数は大差なかった。No. 11～19は銅施用区と比べ葉色・草丈は大差なく、有効穂数は劣るが、1穂の稈実粒

	地 質	母 材	土 性	表土・心土の別
1	第4紀古層	凝灰岩質	L	心 土
2	〃	〃	L	表 土
3	〃	〃	LiC	〃
4	〃	〃	〃	心 土
5	〃	〃	SiL	表 土
6	〃	〃	LiC	〃
7	第3紀層	凝灰質砂岩	L	〃
8	第4紀古層	凝灰岩質	LiC	心 土
9	第3紀層	凝灰質砂岩	CL	表 土
10	第4紀古層	凝灰岩質	〃	〃
11	〃	〃	L	〃
12	〃	〃	SiCL	〃
13	〃	〃	CL	〃
14	〃	〃	L	〃
15	〃	〃	LiC	〃
16	〃	〃	〃	〃
17	第4紀新層	風積火山灰	FSL	心 土
18	〃	—	SCL	表 土
19	〃	風積火山灰	SL	〃

第1表 生育調査結果

生産形質 土壌番号		草丈 (22/7月)		莖数 (22/7月)		穂数 (4/8月)		1 穂 総 実		粒 数 不 稔	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
A	1	11	60	3.7	3.8	—	3.0	—	17.9	—	1.7
	2	19	63	5.7	5.5	—	3.0	—	18.5	—	3.1
	3	35	63	3.5	3.2	—	2.5	—	15.5	—	1.3
	4	44	66	5.5	4.7	—	3.5	—	16.7	—	1.5
	5	47	61	3.9	4.7	0.5	2.5	12.0	19.3	6.0	1.3
	6	56	62	5.7	5.2	1.0	4.0	16.5	17.9	4.5	1.6
	7	50	61	4.0	4.5	2.0	3.5	18.3	18.0	3.8	2.0
	8	61	61	4.8	4.9	3.0	3.8	19.8	20.6	1.6	1.7
	9	63	61	3.5	4.2	2.5	4.0	21.2	20.3	1.5	1.5
	10	58	60	5.2	4.5	3.0	3.0	18.7	18.7	1.9	1.0
B	11	60	56	5.0	6.7	2.5	3.0	20.4	18.4	1.0	2.0
	12	56	63	4.4	5.4	2.5	3.5	21.2	20.4	1.3	1.7
	13	60	56	5.7	5.5	3.0	4.5	19.8	19.3	1.2	2.1
	14	56	65	4.3	4.4	2.0	4.0	20.0	18.9	1.5	1.5
	15	61	55	4.0	4.2	2.5	3.5	18.3	17.7	0.6	2.0
	16	59	60	4.7	5.5	3.0	4.0	20.2	18.5	2.0	1.3
C	17	59	63	3.2	3.4	2.5	3.0	17.5	17.5	2.9	1.5
	18	66	68	6.0	4.2	6.0	3.5	16.6	18.5	1.0	1.0
	19	65	53	4.2	5.5	2.5	3.0	20.1	19.0	1.1	0.5
平均値 変異係数 (%)		53	61	4.6	4.7	2.0	3.4	14.8	18.5	1.7	1.6
		6.3	5.5	4	4	16	4	12	2	21	7

備考 X、Yはそれぞれ銅無施用系列と銅施用系列を示す。

数はかえって優る傾向がみられた。

2. 収量調査

各処理区の穂重・莖重・両者の比ならびに銅無施用区の銅施用区に対する収量比率を第2表にかかげた。収量は生育の良否を反映し、穂重について銅無施用区ではNo. 1～3は皆無であり、No. 4～6はNo. 7以降の区と比べて著しく小さく、穂重の莖重に対する比率も小さい値を示した。生育調査の項で示したように収量に対する銅施用効果をもとに類別した群別の平均値をみると銅無施用系列では穂重でA群<B群・C群、莖重でA群<B群<C群と順次していたが、銅施用系列では無施用系列ほど群別の差は明らかでなくむしろC群はB群より収量が劣る傾向にあった。収量の変異係数は穂重>莖重であり、両者とも

に銅無施用系列の値は銅施用系列より大きかった。群別ではA群が大きい値を示し、銅無施用系列のA群の穂重について供試土壌間に大きな差のあることが知られた。

いま銅無施用系列の穂重を X_1 、銅施用系列の穂重を Y_1 とし、両者の間の相関係数を求めると、A群で0.749^{*}、A・B・C各群こみで0.688^{*}の値を得た。さらに銅施用効果として土壌別に $(Y_1 - X_1)$ を求め X_1 との間の相関係数を求めると、A群で-0.456、A・B・C各群こみで-0.688^{*}の値を得た。同様に (X_1/Y_1) の値と X_1 との間にはA群で0.949^{**}、A・B・Cの各群こみで0.838^{**}の相関係数が得られた。

次に穂重と生産形質との相関係数を第3表に示した。銅無施用系列では穂数、1穂穂実粒数、草

第 2 表 収 量 調 査 結 果

土壌番号	収 量	総 重 (g/ポット)			茎 葉 重 (g/ポット)			総重/茎葉重 (%)	
		X	Y	X/Y	X'	Y'	X'/Y'	X/X'	Y/Y'
A	1	—	0.25	0	0.45	3.25	14	—	8
	2	—	0.28	0	0.93	3.35	28	—	8
	3	—	0.68	0	1.00	4.28	23	—	16
	4	0.10	0.85	12	3.18	5.68	56	3	15
	5	0.28	0.60	47	3.35	3.75	89	8	16
	6	0.48	0.75	64	4.70	5.18	91	10	15
	7	0.68	1.03	66	5.43	5.78	94	13	18
	8	0.75	1.00	75	5.03	5.48	92	15	18
	9	0.73	0.85	86	5.08	5.48	93	14	16
	10	0.95	1.30	73	5.63	7.78	72	17	17
平均値		0.40	0.76	42	3.48	5.00	65	8	15
B	11	0.50	0.48	104	5.53	6.80	81	9	7
	12	0.73	0.50	146	3.90	4.25	92	19	12
	13	0.75	0.70	107	4.33	5.10	85	17	14
	14	0.95	0.95	100	5.60	5.43	103	17	18
	15	1.05	0.95	111	6.15	6.20	99	17	15
	16	1.25	1.25	100	6.35	7.03	90	20	18
平均値		0.87	0.81	111	5.31	5.80	92	17	14
C	17	0.75	0.58	129	5.23	4.35	120	14	13
	18	0.83	0.80	104	6.23	5.78	108	13	14
	19	1.05	0.80	131	5.70	5.23	109	18	15
平均値		0.88	0.73	121	5.72	5.12	112	15	14
変異係数(%)		14	9	—	9	5	—	—	—

備考 X, X' は銅無施用系列を, Y, Y' は銅施用系列を示す。

第 3 表 総重と生産形質との相関係数

系列	群	草 丈	茎 数	穂 数	1 穂粒実粒数	茎 葉 重	穂重/茎葉重
X	A	0.840**	0.043	0.972**	0.947**	0.935**	0.987**
	A. B. C	0.815**	0.006	0.767**	0.871**	0.901**	0.958**
Y	A	0.108	0.012	0.285	0.163	0.954**	0.858**
	A. B. C	0.100	0.056	0.335	0.070	0.803**	0.846**

丈との間に大きい値が得られ、A・B・Cをこみにした場合よりもA群だけの場合により大きい値が得られた。一方、銅施用系列では有意な値を示す

生産形質はみられず、穂数がほかの形質より若干大きい値を示すにとどまった。両系列とも穂重は茎葉重ならびに両者の比との間に高い相関が認め

第4表 供試土壌の化学性

化学性		pH	腐植	可給態	磷酸吸	置換		性	0.1N-HCl可溶	全	Cu	0.1N-HCl可溶
土壌番号			(%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	収係数	CaO	MgO	K ₂ O	Cu	Cu	可溶率	Zn
					／	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)
A	1	5.6	8.5	2.9	1,651	231	24	70	0.25	19	1.3	5.0
	2	5.7	9.7	14.6	1,602	382	27	13	0.28	31	0.9	7.5
	3	5.0	14.7	2.7	1,237	382	105	25	0.18	36	0.5	7.2
	4	5.0	9.4	0.9	1,674	505	83	32	0.18	40	0.5	2.1
	5	5.2	10.2	8.2	1,707	482	43	43	0.30	36	0.8	3.0
	6	5.4	7.8	4.7	1,238	573	77	82	0.30	31	1.0	9.0
	7	5.2	7.6	13.4	1,694	345	27	13	0.32	25	1.3	5.4
	8	5.3	17.1	8.6	1,498	764	104	25	0.25	42	0.6	24.0
	9	5.6	15.4	10.2	1,718	446	56	30	0.18	45	0.4	12.0
	10	5.2	16.0	12.5	1,474	795	109	38	0.15	39	0.4	2.5
平均値	5.3	11.6	7.9	1,555	497	66	37	0.24	34	0.8	7.8	
C.V.(%)	(5)	(32)	(62)	(11)	(34)	(48)	(61)	(26)	(38)	(45)	(99)	
B	11	5.4	9.1	8.4	2,174	300	37	63	0.53	38	1.4	22.0
	12	5.2	5.2	10.7	1,541	240	10	43	0.48	34	1.4	2.7
	13	5.0	11.9	—	1,696	578	52	82	0.55	25	2.2	6.3
	14	5.2	7.3	8.8	1,080	335	26	48	0.39	40	1.0	3.4
	15	5.2	14.2	10.8	1,684	593	71	28	0.33	34	1.0	6.2
	16	5.2	17.3	5.3	1,884	831	105	38	0.33	45	0.7	9.6
	平均値	5.2	10.8	8.8	1,676	480	50	50	0.44	36	1.3	8.4
C.V.(%)	(2)	(42)	(13)	(12)	(47)	(68)	(39)	(23)	(19)	(41)	(85)	
C	17	5.3	6.6	9.6	1,164	279	17	36	2.03	45	4.5	11.4
	18	4.7	9.8	9.1	1,603	240	65	33	4.00	52	7.7	8.0
	19	5.3	9.0	—	1,699	301	25	35	0.53	38	1.4	22.0
	平均値	5.1	8.5	9.4	1,489	273	36	35	2.19	45	4.5	13.8

られた。

3. 供試土壌の化学性と銅施用効果

供試土壌の pH, 腐植, 可給態磷酸(BRAYNo. 2法) 磷酸吸収係数, 置換性塩基, 0.1 NHCl 可溶の銅・亜鉛, 全銅などの化学性について, 作物収量との関係を見易くするため, 前項の生育収量調査表にかかげた順序にしたがって分析結果を第4表に示した。群別の平均値を求めると pH, 腐植, 置換性石灰・苦土は A>B>C の順に, 可給態磷酸, 可溶態銅・亜鉛, 全銅, 銅可溶率は A<B<C の順にあり一定の傾向がうかがわれるが, 各成分とも群別に求めた変異係数はかなり大きく, 群平均

値としてでなく供試土壌を個別に比較した場合は含有量の大小の順位は必ずしも一定しない。ただ 0.1NHCl 可溶の Cu については変異係数も比較的小さく, しかも A・B・C の各群の間で互いにだぶるような数値を示す場合が少なく, 供試土壌を A・B・C の各群に類別する上の 1 つの基準となりうるように考えられた。

供試土壌の化学性と作物収量との相関係数を第5表にかかげた。この計算に当って C 群では銅施用は収量に対して負効果がうかがわれることからこの群を除いて A・B の両群だけをこみにして相関係数を求めた。

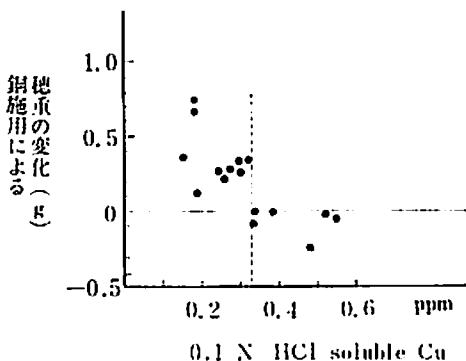
第 5 表 土壌の化学性と収量との相関係数

化学性	収 量	穂 重					茎 葉 重			
		X*	X	Y	Y-X	X/Y	X'	Y'	Y'-X'	X'/Y'
pH		-0.246	-0.231	-0.456	-0.178	-0.207	-0.241	-0.303	0.060	-0.243
腐 植		0.249	0.359	0.564*	0.111	0.005	0.256	0.447	0.083	0.035
磷酸吸収係数		0.051	0.068	-0.132	-0.252	0.186	0.196	0.260	-0.033	0.077
可給態磷酸		0.363	0.367	0.195	-0.374	0.376	0.295	0.134	-0.391	0.350
置換性石灰		0.320	0.518*	0.724**	0.058	0.280	0.467	0.577*	-0.126	0.283
ク 苦土		0.105	0.214	0.642**	0.416	-0.132	0.221	0.515*	0.224	-0.012
ク 加里		-0.040	0.001	-0.274	-0.315	0.213	0.021	0.045	-0.088	0.069
0.1 N HCl可溶銅		0.201	0.281	-0.276	-0.735**	0.642**	0.275	0.009	-0.461	0.395
全 銅		0.318	0.273	0.359	0.004	0.183	0.320	0.345	-0.145	0.262
銅 の 可 溶 率		0.179	0.053	-0.407	-0.545*	0.366	0.003	-0.203	-0.243	0.125
0.1NHCl 可溶亜鉛		0.223	0.104	-0.008	-0.165	0.167	0.245	0.233	-0.148	0.159

- 注 1. X*はA群のみについて求めた値でn=10。
 2. その他はA, B群をこみにして求めた値でn=16。
 3. **, *はそれぞれ5%, 1%水準で有意なことを示す。

穂重は銅無施用系列において置換性石灰と、銅施用系列では置換性石灰、苦土ならびに腐植との間に有意な相関係数を得た。一方、銅施用効果を示す($Y_1 - X_1$)ならびに(X_1/Y_1)の値はともに可溶銅含量と有意な相関を示し、可溶銅含量の低い場合に銅施用効果の高いことが知られる。第1図に($Y_1 - X_1$)と可溶銅含量との関係図を示し、銅施用効果を示す境界値は0.1 N HCl 可溶Cuとして0.33 ppmと推測された。

茎葉重について、銅施用系列で置換性石灰・苦土との間に有意な相関値を得たほかは有意な値を示す組合せはなく、($Y'_1 - X'_1$)または(X'_1/Y'_1)については可溶銅含量が、ほかの土壌化学性と比べて最も高い相関値を示した。



第1図 可溶銅含量と銅施用効果との関係

C群については凝灰岩質土壌を主体とするA・B群と異なり、No.17, 19は砂壤土の風積火山灰土であり、またNo.18は砂質壤土の酸性の沖積土であり、いずれもCu 50 ppm相当量の硫酸銅施用により作物の生育に害作用を与えるほどの可溶性銅の増加があったため、収量に対し負効果がうかがわれる結果となったものと考えらる。

IV 考 察

生育異常症状の発生と土壌化学性

作物は各種の微量要素が欠乏するとそれぞれに特有な異常症状の現われることが知られており、多量要素の場合と同じく微量要素欠乏の有無を判定するにあたって特異症状の観察は有力な1つの手段となりうるものである⁷⁾¹⁵⁾。

筆者らは前報⁷⁾において、網走地方の農家は場でみられる変類異常生育の状態、異常発生地分布、土壌化学性との関連について報告し、この異常生育の症状は外国において描写的な名前としてYellow tip または Wither tip と呼び、銅欠乏としているものと同一症状であること、さらにこの症状発現の時期や作物体の部位、さらにその程度にかなりの差のあることを認めた。本試験においても、銅無施用系列の場合に、供試土壌間に異常症状の発現や生育状況さらに穂収量について大き

な差異を認めた。この中でも、肉眼的に銅欠乏症として識別容易な葉先の白黄色化やよじれが認められたNo. 1～6の土壤は、かかる症状が認められなかったNo. 7～19の土壤と比べて草丈の伸長は不良であり、有効穂数は少なく、1穂における稃実粒が少なく、穂重や莖葉重さらに両者の比も小さいことが知られた。No. 1～6の0.1N HCl可溶Cu含量は0.18～0.30ppmと普通土壤の値と比べて著しく少なく銅欠乏発生の可能性が推測されるが、No. 7～10の土壤も0.15～0.32ppmと同程度の含量を示し、銅施用効果は認められるものの、肉眼的な葉先の異常は認められなかった。一方、第5表によって銅無施用の場合における穂重と土壤化学性との相関係数をみると、No. 1～10の土壤を含むA群について5%水準で有意なものはないが、可給態燐酸・置換性石灰・全銅とはやや高い値が得られることから、肉眼的に識別しうる銅欠乏症の発現に対しては、上述の0.1N HCl可溶銅含量は、必要条件であっても十分条件ではないと考えられる。

たしかに水耕試験では銅濃度と銅欠乏症の発現はかなり単一な関係として把握されるものと考えられ、古くはSTILSはその著書¹⁰⁾の中でえん麦について培養液の銅濃度を11当り0～3mgまでと、欠乏段階から過剰段階に及ぶ広い範囲で試験を行ない、0～50μgの範囲では濃度が薄いほど欠乏症が早く、しかも激しく起こることを認めている。しかし土耕試験では土壤中の銅が植物に利用される程度は土壤のpH、有機物含量、粘土鉱物の量と種類、ほかの微量要素の量などが色々と組合わさって関係するものである。BLEVINS¹¹⁾がmilletを用いて行なった試験では、葉先の顕著なクロロシスは置換性アルミニウムの多い土壤で強くあらわれ、しかもこれらは可給態銅含量もきわめて少ないことから、異常症状は高いアルミニウム含量、低い銅含量または両者と関連をもつと考えるべきであるとしている。このように土耕栽培における欠乏症の発現は、土壤可給態銅含量だけに規制されるものとはいえないのであって、さらに根から吸収された銅の体内移動状態や異常部位の顕微化学的な調査など、体内生理との関連からの検

討が加えられるべきものとする。

銅施用効果と土壤の化学性

No. 1～6の土壤のように、肉眼的に銅欠乏症が明らかな場合は、銅施用により欠乏症の解消とともに生育の回復がみられ、穂収量の増加が著しく、かかる例は黒沢ら⁵⁾、堤ら¹²⁾により報告されているものと軌を一にしていると考えられる。さらにNo. 7～10の土壤では肉眼的に識別容易な欠乏症がみられないものの銅施用効果がみられており、かかる例は藤原²⁾、森田³⁾、高田ら¹⁰⁾によっても報告されている。銅は葉緑体の中にも多く含まれ、銅欠乏は葉緑素を減少し、光合成能の低下をきたすとともに、銅酵素として作物体内の酸化触媒としての役割りを果たす。また光合成産物の穂への転流にも関連をもつなど、作物体内生理と関係が深く、肉眼的に欠乏症を示さなくても潜在的に不足し、そのために銅施用効果の現われる場合があるのは当然と考える。

銅施用効果と土壤化学性との相関係数をみるに0.1N HCl可溶銅含量との間に有意な相関がみられ、両者の関係図から銅施用効果の有無に対する境界値として0.1N HCl可溶Cuとして0.33ppmの値が推測された。この点について堤ら¹⁰⁾は変種に銅欠乏をおこす腐植質火山灰土壤を対象として試験し、可給態銅の定量法として0.1N HCl抽出法が好適であると述べ、4時間抽出で0.09ppmの土壤では、未出穂で葉先が枯死し、稈収量も著しく低く銅施用効果が高かったが、0.25ppmの土壤では銅施用の有無にかかわらず正常に出穂をみせ、銅施用区と穂収量・稈収量ともに差がみられず、0.25ppmあたりが銅欠乏を引きおこす境界値に相当するのではないかとしており、筆者らが得た値と近似している。

本試験の結果から求められた銅施用効果有無に関する上記の土壤の境界値は、Cuとして50ppm相当量を各土壤に一律に施した場合を前提としている。施用銅の可給度は土壤化学性との関係が深く諸外国では有機物含量の多少に応じて施用量を変えており、施用適量に大きな開きがみられる。本邦で行なわれた銅施用量についての土耕ポット試験の結果をみると、徳岡¹³⁾は小麥に対し砂岩頁

岩質細壤土で 20 ppm までは銅施用効果を認め、50 ppm では害作用がわずかわられるとし、三井³⁾は榛名火山浮石土で大変を用い、pH 5.5 の酸性側で 200 ppm まで施用効果を認めている。筆者の 1 人が銅欠乏を示す凝灰岩質土壌で 30 ppm と 120 ppm の両段階でえん麦を用いて試験をし、120 ppm 施用区の方が優る場合と逆に劣る場合のあることを認めていたことから、安全と効果を考へて、本試験では 50 ppm の施用量としたのである。しかし C 群でみられるように、銅施用により負効果のうかがわれる場合があり、この原因として、これらの土壌では可溶性銅含量がそもそも多いことと共に、施用した銅が作物の生育を害するほどの高濃度に保たれるような土壌条件にあったためと考えられる。たしかに銅の施用適量は土壌により異なるべきものと考えられ、本試験のように同一施用量では必ずしもその土壌に対する銅施用による最大効果が示されていない場合のあることを指摘するとともに、土壌別の施用適量については今後の問題としたい。

なお銅施用効果の有無にかかわらず、両系列とも穂重と置換性石灰・苦土との間に高い相関関係がみられている。この点については、醸造用大麦は麦類の中でも耐酸性が弱く石灰施用効果の高いこと⁴⁾が知られており、さらに土壌中に置換性石灰の多いことは pH 7 位までは土壌中の可溶性アルミニウム濃度を低下させ、銅の吸収を助長するといわれており、これらのことが関連して上記結果を与えたものと考えられる。したがって、この地方にみられる麦類の生育異常については、銅欠乏対策として銅の施用と共に、置換性石灰や苦土の富化について十分な考慮を払うべきものと考えられる。

V 摘 要

本試験では、過去における麦類の生育異常発生の有無をもとに集められた 19 点の土壌に硫酸銅施用有無の 2 処理を設け、醸造用大麦「春星」を播種して、生育収量を調査し、生育異常の発生ならびに銅施用効果に及ぼす土壌化学性の影響を検討した。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 銅無施用系列で 6 点の土壌に肉眼的な銅欠乏症の発生を認め、欠乏症の程度に差はあるが、いずれも収量構成要素が小さく穂収量が劣った。これらの土壌も銅施用系列では正常な生育を示した。3 点の土壌では銅欠乏症はみられなかったが銅施用区に比し葉色やや淡く有効茎歩合が劣った。

2. 収量に対する銅施用効果をもとに、供試土壌を銅施用効果の明らかな A 群 (10 点)、明らかな B 群 (6 点)、負効果のうかがわれる C 群 (3 点) に類別し、銅施用有無の両系列について生育、収量、土壌化学性の平均値を求め、群間の比較を行なった。

3. 生育収量については銅無施用系列の A 群において供試土壌間の変異幅が大きかった。A B C 各群をこみにした場合に、銅無施用系列の穂重は銅施用系列の穂重との間に、さらに銅施用効果を示す両者の比または差との間にも有意な相関係数を得た。

4. 土壌化学性の群別平均値について pH、腐植、置換性石灰・苦土は A 群 > B 群 > C 群の順に可溶性リン酸、可溶性銅・亜鉛、全銅・銅可溶率は A < B < C の順にあった。しかし各項目とも群内の変異係数が大きく、ただ 0.1 N HCl 可溶 Cu だけが変異係数も比較的小さく、しかも A・B・C の各群の間で、互いにだぶるような数値を示す場合が少なく、供試土壌を A・B・C の各群に類別する上の 1 つの基準となりうると考えた。

5. 穂収量と土壌化学性との相関係数を求めると、銅施用の有無にかかわらず両系列とも置換性石灰との間に有意な値を得た。負効果のうかがわれた C 群を除いて、穂収量に対する銅施用効果と土壌化学性との間では、0.1 N HCl 可溶 Cu だけに有意な相関係数が得られた。両者の関係図から Cu 50 ppm 施用を前提として銅施用効果の有無に対する境界値は 0.33 ppm と推測された。

文 献

- 1) BLEVINS, R. L. & H. F. MASSEY, 1959; Evaluation of two methods of measuring available soil copper and the effects of soil pH and extractable aluminum on copper uptake by plants. Soil Sci. Soc. Amer.

- Proc. 23, 4, 296-298.
- 2) 藤原彰夫, 1964; 黒く土壌における作物の銅欠乏症について, 開拓地土壌調査資料, 13, 230.
 - 3) GILBERT, FRANK, A. 1952; Copper in nutrition Advances in Agronomy IV.
 - 4) 長谷部俊雄・水野直治, 1969; 北海道網走地方にみられる麦類の生育異常に関する研究, 第1報, 発生地の分布とその土壌的特性ならびに予備的対策試験, 道農試集, 19, 63-79.
 - 5) 黒沢順平ほか, 1965; 銅欠乏土壌に関する調査研究, 第1報, 岩手県農試研究報告, 8.
 - 6) 楠 隆, 1954; 土壌酸性の抵抗性に関する大麦・裸麦の品種間差異, 北農, 21, 1, 13-16.
 - 7) 前田正男, 1968; 作物の要素欠乏・過剰症, 農山漁村文化協会.
 - 8) 三井進午・矢崎仁也・熊沢喜久雄, 1960; 作物の鉄・マンガン代謝に及ぼす銅の影響について, 第3報, 麦に及ぼす影響, 土肥誌, 31, 455-458.
 - 9) 森田修二, 1964; 黒土に対する微量要素の効果について, 開拓地土壌調査資料, 13.
 - 10) STILS, W. (木村健二郎訳), 1953; 微量要素, 朝倉書店, 94-95.
 - 11) 高田 亨, 平島利昭, 川原祥司, 1966; ろ土の改良と施肥法の確立試験, 北海道立道南農業試験場成績書, 33-34.
 - 12) 徳岡松雄, 徐水 泉, 1940; 小麦の生育に対する銅の影響について, 土肥誌, 14, 622.
 - 13) 堤 道雄, 大平幸次, 藤原彰夫, 1967; 腐植質火山灰土壌における銅欠乏について, 第2報, 層位別土壌における作物生育と銅などの施用効果, 土肥誌, 39, 2, 121-125.
 - 14) ———, ———, 1968; 腐植質火山灰土壌における銅欠乏について, 第3報, 層位別にみた銅及びカリウムの状況, 土肥誌, 39, 2, 126-130.
 - 15) 山崎 伝, 1966; 微量要素と多量要素—土壌・作物の診断と対策, 博友社.

Summary

The writers had conducted a series of experiments about the abnormal growth of spring barley, wheat and oats in the Abashiri district. The purpose of this experiment was to make clear the relation between the appearance of the copper deficiency symptom on barley for malt and the soil chemical properties, and that

between the effect of applied copper sulfate to the soil and the soil chemical properties. The 19 soils and barley for malt (variety : Shun-sei) were used in this study. The results were summarized as follows:

1) The symptoms of copper deficiency were observed in six soils in the series without Cu. These crops showed clearly the reduced growth and the low yield of ear in comparison with that at the other soils. The 0.1 N HCl soluble Cu content of these soils ranged from 0.15 to 0.32 ppm, but the appearance of Cu deficiency symptom was not ascribable to this soluble Cu content of soil only.

2) From the effect of Cu to the yield of crops, the tested soils were classified into the three groups : A, B, C. A group showed clearly the positive effect on both yield of ear and culm. B group did not show any effect on the ear yield and on the contrary, the effect was somewhat negative in the C group.

3) The mean value of the soil chemical properties was calculated separately for each of the three groups, and only the 0.1 N HCl soluble Cu content could distinguish the three groups clearly.

4) The correlation coefficients between the soil chemical properties and the yield were calculated separately in the series with Cu or without the one, and the ear yield correlated significantly to the exchangeable CaO content of soil.

Then the correlation coefficients between the soil chemical properties and the effect of Cu that were shown as the ear yield ratio or difference of no Cu plot to Cu plot, were calculated and the significantly high value was gained at the 0.1 N HCl soluble Cu content of the soil.

5) The boundary content of the 0.1 N HCl soluble Cu about the effect of Cu, was estimated as 0.33 ppm.