

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 発生地その分布とその土壌的特性ならびに予備的対策試験

長谷部 俊 雄† 水 野 直 治†

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

1. Distribution, characteristic properties of the soil and some experiments on preparative measures

Toshio HASEBE & Naoharu MIZUNO

北海道網走地方の中で能取湖・網走湖周辺の海成洪積台地において麦類の生育が異常となり子実収量の著しく低下する例が古くから認められていた。この異常発生地その分布とその土壌理化学性について調査を行ない、生育異常地の土壌は可給態銅含量が著しく低く、亜鉛含量もまた低いことが知られた。さらに若干の予備的栽培試験をポットならびにほ場において実施し、硫酸銅の施用により異常症状の解消が見られ、無処理区と比べて著しく子実収量の増加が見られた。

I 緒 言

作物の生育、収量は栽培環境、特に気象条件とともに土壌条件によって影響されるところが大きい。そして窒素、リン酸、加里、石灰、苦土などの多量要素が十分であっても、一部の特定微量元素の過不足によって作物の生育に異常が発生し、農業経営上の支障となる場合が往々にしてある。北海道におけるかかる例は、ニッケルの過剰障害¹⁰⁾と硼素の欠乏障害⁷⁾、さらにマンガンの過剰が原因の1つと考えられるリンゴ粗皮病の発生²⁸⁾などがあげられる。特異な例では炭酸石灰を過剰に施用した場合にえん麦のマンガンの欠乏症(ポット試験)⁹⁾、

てん菜のマンガンの欠乏症(北見農試ほ場)をみている。

一方、オホーツク海に面する網走地方の能取湖と網走湖周辺の洪積層の台地で麦類の生育が異常となり、子実収量の著しく低下する例が古くから認められており、この地帯の農家では輪作経営を行なう上の障害となり、その対策が要望されていた。

著者らはこの問題を取りあげ、異常発生地その分布と、その土壌理化学性の調査と平行して若干の予備的栽培試験を行なった。その結果、これらの土壌中の可給態銅含量は著しく低く、また亜鉛含量も低いことがほぼ明らかとなってきた。

さて作物栄養上の必須微量元素の生理的ならびに農業的意義は平井⁶⁾、藤原⁴⁾、山崎³⁰⁾、堤²¹⁾、

† 中央農業試験場

W. STILES²⁷⁾などの、また銅だけについて F. A. GILBERT³⁾の総説がある。まず、銅の施用効果に重点をしぼり研究のあとをふりかえてみるとつぎのことがいえる。

1900年ころより、すでに欧州で果樹やそ業に使用されていたボルドー液により作物の増収することが観察された。1931年 SOMMER によるトマト、亜麻で行なわれた試験によって、銅は必須要素であることが明らかにされた。これと前後して実際のは場栽培においても欧州諸国の新製泥炭地ではイネ科作物、てん菜、そ業などに開墾地病と名付けられる原因不明の障害が存在して、これは銅欠乏に由来することが明らかにされた。その後、この銅欠乏はアメリカ諸州でも認められ、その対策が報告されている。わが国においては徳岡²⁰⁾により 1940～'41年に小麦ならびに陸稲の生育と収量に対する銅の影響が調査されている。その後、銅の鉍害に関連した試験が多く、欠乏症の明白な報告はみあたらなかった。1957年、岩手県で銅欠乏地の存在が中野、夏井らによって発表されて以後、黒沢⁹⁾、藤原⁵⁾、堤²²⁾、森田¹⁵⁾、高田¹⁹⁾らにより銅施用効果に関して多くの報告がなされてきた。

また亜鉛は、植物体内における生理的な役目について不明な点が多いが、酵素に関係して各種の生理作用に重要な役割りを果たしているといわれ、アミノ酸の合成、葉緑素の生成およびオーキシンの生成²⁶⁾に関係する要素とされている。しかし亜鉛の吸収力は作物によって非常に異なり、亜鉛欠乏に敏感な作物、つまり欠乏をおこしやすい作物としてインゲン、ダイズ、トウモロコシ、ホップ、ブドウ、ヒマワリなどがあげられるのに対して、イネ科作物は欠乏に鈍感であるとされていることから、麦類の生育異常を対象とした本調査においては銅の要因がいっそう不適當であるために、亜鉛の問題はその中にかくれて現われにくいように考えられる。以下試験結果について報告する。

本報告の発表に当たり、ご懇篤な教示ならびに校閲の労をたまわった北海道大学石塚喜明教授に深甚の謝意を表す。また本研究の実施にあたりご指導、助言を与え

られた歴代の北見農業試験場長の楠隆、小山八十八、中山利彦の各位、さらに異常発生地の分布について助言と土壤試料の一部を提供された中央農業試験場高尾敏潔研究職員、ならびに現地における調査と試験に種々の援助をいただいた農業改良普及員ならびに農協技術員の各位に厚く感謝する。

II 試験方法

1 異常発生地分布の調査方法

これらの生育異常は麦類以外には肉眼的に認められず、一度被害を受けた農家は、麦類の作付けを差控えるか、または多量の有機質肥料の施用などにより生育異常の軽減がみられるため、これらの発生地の分布状態を現地の麦類の立毛観察から調査することは困難であったので、1963年に網走支庁管内の各地区農業改良普及所の協力を得て現在もしくは過去において麦類の生育異常が認められた地点、面積、収量について報告を求めた。この結果に基づき現地で農家からの聞き取り、土壤断面調査、土壤試料の採取および異常症状の確認を行なった。

2 異常生育に対する予備的対策試験

1956年に、女満別町湖南地区の秋播小麦が、外観的異常を示さなかったにもかかわらず、子実収量の著しく減少する例があったので、この異常発生地において現地試験を行なうとともに、この土壤を用いてポット試験を行なった。

3 分析法

土壤の一般分析法：土壤粒徑分析、置換容量、置換性塩基、磷酸吸収力は地力保全基本調査における土壤分析法により、腐植はチューリン法、可給態磷酸は Bray No.2 法によった。

全銅、亜鉛の分析の前処理：風乾土壤 2g を白金ルツボにとり、10g の炭酸ナトリウムと良く混合してマッフルにて 900～950°C で熔融する。これを蒸発皿に移して 50ml の塩酸と脱イオン水を加え溶解後蒸発乾固する。これに 10ml の塩酸と 40ml の脱イオン水を加え、10～15分加温して再び溶解して硅酸を濾別する。濾液はさらに乾固し、さきの操作と同じくもう一度硅酸を濾別し、濾液を 100ml に定容して分析に供した。

可給態銅、亜鉛分析の前処理：10gの風乾土壌を100mlの0.1N塩酸に浸漬し、ときどき手で振盪し、24時間後に濾別して分析に供した。

銅の定量法：以上のように処理した分析用溶液を、適当量100ml分液漏斗にとり、CHENGら²⁾の方法を改良し、ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムにより発色後イソプロピルエーテルで抽出し、吸光度を測定する方法で定量した¹⁹⁾。

亜鉛の定量法¹⁹⁾：分析用試料を適当量分液漏斗にとり、酢酸ナトリウムでpH5～5.5に調整し、チオ硫酸ナトリウム存在下でジチゾン-四塩化炭素で有機相に抽出する。有機相を1回水洗後0.05N塩酸で亜鉛を水相に逆抽出する。塩化カリウム、硼酸および水酸化ナトリウムであらかじめ調整しておいた緩衝液を一定量加えてpHを8.5～9.0とする。ジコン液を加え正しく水で25mlに定容し、10分後に吸光度を測定し、あらかじめ用意した検量線より亜鉛量を求める。

III 試験結果

1 変類に見られる異常生育の状態

現地ならびにポット試験で見られた麦類の異常生育の状態は、正常なものに比してわずかに劣る程度から、節間の伸長もなく枯死するほど著しいものまであった。

同一土壌条件の場合、異常徴候の発現程度は作物種類間(春播の裸麦、小麦およびえん麦)に差が見られる。しかしその症状は各種類とも共通で、容易に肉眼的に識別しうる。これらは外国において描写的な名前としてYellow tipまたはWither tipといわれ銅欠乏とされている¹⁶⁾²⁷⁾ものと同一症状であった。すなわち、異常症状がはなはだしい場合の春播麦類は、本葉3枚位まで正常な生育を示しているが、その後にてでくる葉身は先端の白色化が見られる。そして下位の葉身はかなりの間、緑色を残しながら多数分けつし、これら分けつした葉身についても葉先の白黄色化やよじれが見られた。これらの著しいものは、分けつするのみで節間の伸長がなく、ブッシュ状となる。出穂、開花はまったく見られず枯死に至る。軽度になるにしたがって節間伸長が進み、異常葉も上部のみとな

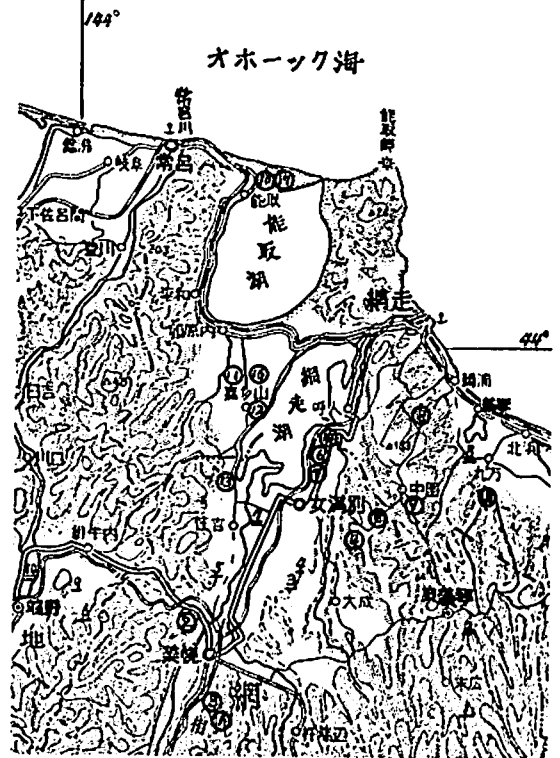
る。

一方秋播小麦は春播麦類のような葉先の白黄色化は見られず、登熟過程の葉色の変化がきたなく感じられるだけで、春播麦類で見られたような特異な症状はみられない。しかし稔実障害が著しくて子実収量の激減する例が多い。

2 生育異常発生地分布

さきに述べたような麦類生育異常症の有無について、農業改良普及所からの回答では、網走市、女満別町、東藻琴町、端野町、美幌町の5市町村で発生が認められるとされ、この報告に基づいて現地調査を行ない、その地点を第1図に示した。

第1図 供試土壌の試穿地点



註) 図中で丸でかこった番号は、銅欠乏が過去にみられたか、またはそれに近接する試穿地点を示し、その他は発生がみられていない試穿地点で2本線を引いた番号は沖積土であることを示す。

現地調査ならびに土壌分析の結果から銅欠乏が主因と考えられる麦類の生育異常症の発生がみられた地点は、能取湖ならびに網走湖の周辺の市町村に多く分布することが明らかとなり、上記町村

のほか津別町でもその後秋播小麦に生育異常がみられている。なお過去に発生がみられていても、都市し尿の施用や、重点的に堆肥を施用したり、馬鈴薯の作付けが多くなったところでは今回の調査で異常の認められない場合があった。

3 調査地土壌の一般理化学性

調査地土壌の断面ならびに理化学性のとりまとめに当たっては、外観的に銅欠乏と考えられる異常生育が過去に見られたといわれる土壌(A₁)、いまだ発生が見られないが、A₁と近接し類似の土壌区で将来発生の可能性のある土壌(A₂)、生育異

常が、その場所のみならず近くの場所にもみられていない土壌で凝灰岩質のものほか、風積火山灰土や安山岩の崩積土を含めた火成岩関係のもの(B)、麦類の生育異常がまったく認められない沖積土壌のほか、泥岩を主とし赤色硅岩を混入した湖成洪積土壌を含めたもの(C)に分けて整理した。第1表には試坑地点の地質、母材および排水状態を、第2表は土壌の理化学性を示した。第3表はこれらの群別、層位別の平均値とその変異係数を示した。

第1表 生育異常地分布に関する調査地点の土壌条件

町村名	農家名	番号	地質	母材	地形	排水	生育異常の発生状況	層厚 (cm)	層序	土性
(A ₁) 銅欠乏によると考えられる異常生育が過去にみられた土壌										
美	西	1	第4紀古層	凝灰岩質	急波状	良	1961年ころ秋播小麦に異常 近くで1956年ころ裸麦に異常 馬鈴薯なら2.5tの収量	0~16 ~40 41~	I II III	L L L
	樋口	2	〃	〃	〃	下層 稍不良	1961年秋播小麦に異常 てん菜なら2.5t	0~21 ~40	I II	LiC CL
幌	小野	3	〃	凝灰岩質	波状	〃	1959年ころ裸麦に異常。しかし跡 作の秋播小麦は正常 1961年に人糞尿を散布	0~18 ~32 ~48	I II III	SiCL SiC SiCL
女	高木	4	〃	〃	緩傾斜	下層 稍不良	1961年秋播小麦に異常 すでに1940年ころからえん麦で草 丈低く不稔となるときがあった	0~16 ~30 ~41 ~70	I II III IV	L L L LiC
	浅見	5	第3紀層	凝灰質砂岩	〃	下層 不良	1962年秋播小麦に異常	0~15 ~30 31~	I II III	L FSL CL
別	岡内(A)	6	第4紀古層	凝灰岩質	緩波状	良	1925年ころから裸麦に時々異常が みられた	0~18 ~23 24~	I II III	CL LiC CL
	石田	7	〃	〃	平坦段丘	良	1961年裸麦に異常	0~23 ~36 37~	I II III	SiL SiL FSL
網走(中央)	井上	8	第3紀層	凝灰岩質 砂岩	波状	下層 不良	1950年ころより裸麦に異常	0~20 ~40	I II	CL CL
	佐藤	9	第4紀古層	凝灰岩質	緩波状	良	1950年ころ裸麦に異常あり 子実収量60kg	0~17 ~30 ~40	I II III	LiC LiC LiC
網	金沢(A)	10	〃	〃	〃	下層 稍不良	1947年ころより裸麦に生育異常が 目立ってきた	0~18 ~30	I II	CL LiC
	谷口	11	〃	〃	波状	良	1959年から裸麦の収量が90kg位と なった	0~17 18~	I II	CL CL

町村名	農家名	番号	地質	母材	地形	排水	生育異常の発生状況	層厚 (cm)	層序	土性
走 (西)	東	12	第4紀古層	凝灰岩質	緩波状	良	1961年秋播小麦に異常がみられた	0~15 ~33 34~	I II III	CL L CL
	浅井	13	〃	〃	傾斜	下層 稍不良	1948年ころ裸麦に異常がみられその後果樹園造成を行なった	0~22 ~33 ~44	I II III	LiC LiC CL

(A₂) いまだ異常の発生はみられていないが、土壌条件がA、と類似し今後の発生が予想される土壌

女満別	岡内(B)	14	〃	〃	平坦段丘	良	6番ほ場に隣接し、これまで麦類の生育異常は見られていない	0~29 30~	I II	L L
網走	198	15	〃	〃	〃	〃		0~18 ~30	I II	SL FSL
	302	16	〃	〃	〃	〃		0~18 ~40	I II	— —
走	金沢(B)	17	〃	〃	緩波状	〃	10番ほ場に隣接し、異常は見られていない	0~20	I	LiC

(B) 未だ銅欠乏によるとされる生育異常が近くにもみられていない火成岩を母材とする土壌

東藻琴	斎藤	1	第4紀新層	風積火山灰	平坦 河岸段丘	〃	1960年ころ小麦の子実収量が非常に低いところがあったといわれるが原因不明	0~14 ~31 ~42 43~	I II III IV	SL L FSL LCOS
	貝瀬	2	〃	〃	急波状	〃	1948年ころに裸麦に異常がみられたというが、苦土欠乏の疑いがある	0~17 ~28 ~43 44~	I II III IV	LCOS FSL S S
女満別	150	3	第4紀古層	凝灰岩質	平坦段丘	〃		0~19 ~30	I II	CL CL
	200	4	〃	〃	波状	〃		0~14 ~27	I II	L S
	183	5	第4紀新層 崩積土	安山岩	傾斜	〃		0~18 ~40	I II	CL CL
端野	北25	6	第4紀古層	浮石質	波状	〃		0~22 ~35	I II	CL FSL

(C) 沖積土ならびに湖成洪積土で、銅欠乏によるとされる生育異常がまったくみられない土壌

女満別	211	7	第4紀新層	—	平坦	下層 稍不良	水田の土壌	0~17 ~30	I II	CL CL
網走	納岐	8	〃	—	〃	良	1953年ころに裸麦に異常をみているが、酸性障害とみなされる	0~15 ~26 27~	I II III	SCL CL —
端野	北25D	9	第4紀古層	泥岩を主とし赤色硅岩を混入	波状	〃		0~25 ~35	I II	SiL CL
	北63	10	第4紀新層	—	平坦	〃		0~24 ~54	I II	FSL CL

備考) 農家名の欄で記号で示したものは、地力保全基本調査における試察地点を示す

		機械的組成 (%)			pH	腐植 (%)	置換容量 (me/100g)	置換性土 苦土 (mg/100g)	可給態 磷酸 (mg/100g)	磷酸 吸収力 (mg/100g)	Cu (ppm)		Zn (ppm)	
		粗砂+ 細砂	微砂	粘土							全	可給態	全	可給態
16	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	0.20	38	14.5
	II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	0.25	42	11.0
17	I	31.5	35.0	33.3	5.0	14.7	39.2	11	2.7	1240	36	0.18	115	7.2

(B)

1	I	73.9	17.1	8.9	5.3	9.0	20.3	25	—	1,700	38	0.53	100	22.0
	II	55.0	37.1	7.7	5.2	10.1	27.9	28	—	1,910	32	0.40	107	20.8
	III	74.6	19.9	5.3	5.2	8.7	24.4	31	1.0	2,030	39	0.27	115	8.7
	IV	89.9	6.7	3.2	5.4	2.1	8.0	24	0.6	1,830	31	0.65	95	2.0
2	I	73.6	17.1	9.1	5.3	6.1	16.8	18	10.2	1,400	48	0.68	79	8.3
	II	74.1	19.9	5.8	5.3	6.6	19.3	17	9.6	1,160	45	2.03	140	11.4
	III	67.4	28.7	3.7	5.3	6.8	21.0	31	1.0	1,890	43	0.44	76	2.1
	IV	77.8	19.0	2.3	4.9	2.6	7.6	32	1.1	2,180	56	0.23	102	4.0
3	I	48.6	28.1	23.3	5.7	8.5	26.8	34	—	—	70	1.22	42	13.0
	II	37.8	40.2	22.0	6.0	4.6	23.8	22	—	—	47	1.10	46	16.2
4	I	64.1	29.0	6.9	5.3	7.4	14.6	8	—	—	44	0.54	33	12.0
	II	72.1	25.2	2.7	6.2	3.6	13.5	26	—	—	47	0.65	34	10.0
5	I	58.9	24.9	16.2	5.5	10.9	36.8	58	22.4	1,070	32	0.58	48	33.0
	II	43.5	34.0	22.5	5.7	12.7	44.9	99	1.1	1,680	28	0.36	44	15.0
6	I	50.0	34.2	15.8	5.9	9.1	29.5	28	8.9	1,870	34	0.74	35	9.0
	II	72.9	20.5	6.6	6.1	4.5	22.7	157	0.1	2,440	44	0.32	37	10.0

(C)

7	I	39.5	39.2	21.3	5.2	2.2	23.7	97	2.3	610	45	4.25	35	24.5
	II	35.9	41.2	22.9	5.9	—	25.9	115	4.6	960	47	4.05	33	19.0
8	I	65.7	18.7	15.4	4.7	9.8	23.7	65	9.1	—	52	4.00	92	8.0
	II	55.9	28.6	15.3	4.4	9.9	21.4	24	8.7	720	36	1.35	50	7.5
	III	13.0	53.7	33.1	4.6	35.5	44.3	46	6.7	500	32	0.75	36	3.7
9	I	49.7	35.8	14.1	6.0	4.9	22.1	60	17.7	890	60	1.40	59	19.0
	II	47.0	31.9	21.1	6.0	2.2	21.0	73	1.6	990	51	1.62	30	12.0
10	I	65.8	23.1	11.1	5.8	2.4	21.0	40	15.7	620	78	6.30	41	21.0
	II	51.7	29.0	19.3	5.8	2.9	27.4	67	15.8	990	43	3.00	40	26.5

注) 表中の—の記号は欠測値を示す。

変類の異常生育が過去に発生し、またはこれに隣接して将来の発生が推測されるところは、凝灰岩質のものを母材とする洪積層の土壌からなり、地形も緩傾斜ないし波状を呈している。排水状態は一部を除けば一般に良好で通根性が良い。

土壌理化学性についてA群の第1層は土性L~CL, pH 5.0~5.7, 腐植 5.2~17.3%, 磷酸吸収力 1,080~2,260, 可給態銅 0.15~0.80ppm (0.50ppm以下が大部分である), 全銅 25~45ppm, 可給態亜鉛 2.7~22.0ppm, 全亜鉛 50~140ppm である。B群はA群と比べて平均値において pH

がやや高いが、腐植、磷酸吸収力は幾分低く、可給態銅は 0.53~0.74ppm と幾分高い値を示した。C群はA、B群とくらべて腐植、磷酸吸収力が著しく低い反面、可給態銅と全銅の含量ならびに後者に対する前者の比率ともに著しく高い。C群の全亜鉛含量はA群より低いが、可給態亜鉛含量は大差ないか幾分高い特色がみられた。第2層は第1層と比べて腐植含量が低いほかB、C群でも大差がなかった。可給態銅と亜鉛は第1層の方が第2層より幾分高かった。

変類の生育異常に大きく影響していると考えら

第 3 表 土壤化学性の群別・層位別の平均値とその変異係数

	第 1 層				第 2 層				
	A ₁ +A ₂	A ₂	B	C	A ₁ +A ₂	A ₂	B	C	
pH	5.3 (4)	—	5.5 (5)	5.4 (11)	5.2 (29)	—	5.6 (7)	5.5 (14)	
腐植 (%)	11.2 (33)	—	8.8 (23)	4.8 (74)	7.3 (60)	—	8.5 (43)	5.0 (70)	
粗砂 + 細砂 (%)	50.8 (20)	—	64.1 (18)	56.5 (22)	51.2 (23)	—	61.4 (21)	47.6 (18)	
磷酸吸収係数 (mg/100g)	1,610 (22)	—	1,510 (23)	680 (21)	1,590 (24)	—	1,800 (30)	910 (14)	
銅	全 (I) (ppm)	36 (18)	34 (18)	38 (19)	59 (24)	36 (25)	31 (27)	37 (23)	44 (15)
	可給態 (II) (ppm)	0.35 (51)	0.36 (47)	0.63 (15)	3.99 (50)	0.31 (36)	0.34 (21)	0.78 (107)	2.51 (50)
	II/I (%)	1.01 (53)	1.05	1.70 (22)	6.88 (45)	0.96 (45)	—	1.95 (147)	5.63 (25)
亜鉛	全 (ppm)	82 (30)	57 (65)	66 (45)	57 (43)	86 (28)	61 (65)	82 (61)	38 (23)
	可給態 (ppm)	8.3 (73)	15.7 (27)	18.1 (65)	18.1 (39)	7.4 (94)	13.6 (57)	14.3 (34)	16.3 (51)
調査点数	15	3	4	4	14	3	4	4	

備考) 表中の括弧内の数字は変異係数%を示す。

第 4 表 可給態銅ならびに亜鉛含量と、ほかの土壤理化学性との相関係数

	第 1 層		第 2 層		第 1・2 層
	A	A・B・C	A	A・B・C	A・B・C
可給態銅 × pH	-0.134	0.088	0.068	0.132	0.086
× 腐植	-0.481	-0.578**	-0.158	-0.433*	-0.332*
× (粗砂+細砂)	0.074	0.169	0.392	-0.085	0.073
× 磷酸吸収係数	-0.233	-0.683**	-0.616*	-0.571**	-0.629**
× 可給態磷酸	0.204	0.192	0.115	0.478*	0.241
× 全銅	-0.080	0.742**	-0.398	0.404	0.639**
× 全亜鉛	-0.259	-0.328	0.277	-0.357	-0.326*
× 可給態亜鉛	-0.053	0.349	0.115	0.488*	0.456
可給態亜鉛 × pH	0.198	0.333	0.022	-0.089	-0.079
× 腐植	0.155	-0.257	0.287	0.118	0.004
× (粗砂+細砂)	0.219	0.234	-0.079	-0.102	0.165
× 磷酸吸収係数	0.701**	-0.154	0.274	-0.267	0.077
× 可給態磷酸	-0.378	0.238	0.288	0.443*	0.331*
× 全亜鉛	0.508	-0.112	0.411	-0.045	-0.212
調査点数	15	23	14	22	45
有意水準に対する { P=0.05 相関係数の値 { P=0.01	0.514 0.641	0.415 0.527	0.532 0.661	0.423 0.537	0.282 0.364

れる可給態銅および亜鉛含量について、ほかの土壌化学性との相関関係を求め、結果を第4表に示した。この表ではA群の第1層と第2層だけの場合とA、B、C群をこみにした場合とにわけ、最後の欄に層位と群をこみにした場合の値を求めているが、この結果ではA群だけの場合よりもA、B、C群をこみにした場合に高い相関が得られており、その項目としては磷酸吸収係数ならびに銻植との間に負の相関、また全銅含量との間に正の相関に有意な値が得られた。一方可給態亜鉛の場

合は、有意な値を得た例は可給態銅の場合よりかなり少なく、第1層A群の磷酸吸収係数と第2層または1、2層のA、B、C群をこみにしたときの可給態磷酸とだけであった。なおA群では、1層2層ともに有意ではないが、全亜鉛含量との間にかかなり高い相関が得られた。

4 異常生育に対する予備的対策試験

現地対策試験-1：1957年の試験設計は春播裸麦の「北見裸」を用い、肥料の種類、微量要素（マンガン、硼素、モリブデン）ならびに堆肥を組合せて

第5表 春播裸麦に対する尿素・熔成磷肥・堆肥・微量要素 (Mn・Mo・B) の効果

No.	肥料処理区別	収穫期の生育調査				収量 (kg/10a)	
		草丈 cm	穂長 cm	穂数 (本/50cm)		子実重	総重
				有効	無効		
1.	原土無肥料区	41	4.2	26	37	26	126
2.	堆肥 (2.25t/10a) 単用区	57	5.1	30	28	56	187
3.	硫酸・過石・硫酸区	59	5.9	12	78	21	167
4.	尿素・熔磷・硫酸区	65	6.0	21	76	42	206
5.	堆肥(1.125t/10a)・硫酸・過石・硫酸・Mn・Mo・B区	63	6.1	20	42	37	187
6.	堆肥(1.125t/10a)・尿素・熔磷・硫酸・Mn・Mo・B区	71	6.5	19	59	38	251

備考) 1. 試験地 網走市豊郷中央 井上氏ほ場
 2. 播種期 5月9日
 3. 施肥量 硫酸・尿素はNとして2.3kg, 過石・熔磷はP₂O₅として6.2kg, 硫酸はK₂Oとして3.8kg, (10アール当り) MnはMn SO₄・7H₂Oで3.8kg, Moはモリブデン酸ソーダで150g, Bは硼砂で750gを施した。

第6表 春播大麦・えん麦に対する微量要素 (Mn・B・Cu) と熔成磷肥の施用効果

供試作物 (品種)	肥料処理区別	収穫期の生育調査				収量 (kg/10a)			千粒重 g
		草丈 cm	穂長 cm	穂数 (本/50cm)		子実重	莖葉重	総重	
				有効	無効				
春播大麦 「アカナムギ」	1) NPK	60	7.6	11	34	35	107	167	38.1
	2) NP ₁ P ₂ K	62	8.0	7	45	19	120	172	37.3
	3) NP ₁ P ₂ K・Mn	56	7.1	5	41	8	83	116	39.3
	4) NP ₁ P ₂ K・Mn・B	67	7.8	10	38	47	129	205	34.9
	5) NP ₁ P ₂ K・Mn・B・Cu	88	9.5	19	34	111	206	371	38.3
えん麦 「前進」	1) NPK	99	17.5	43	45	38	326	432	36.6
	2) NP ₁ P ₂ K	98	16.2	41	49	15	299	369	32.4
	3) NP ₁ P ₂ K・Mn	102	17.8	48	47	27	332	426	30.2
	4) NP ₁ P ₂ K・Mn・B	106	18.0	40	34	43	330	467	37.0
	5) NP ₁ P ₂ K・Mn・B・Cu	115	18.5	41	26	130	404	604	38.8

備考) 1. 肥料処理区別と施肥量 (10a 当たり)
 表中肥料処理区別の記号において、Nは硫酸を18.8kg, Pは過石を30kg, P₁はその半量, P₂は熔磷を15kg, Kは硫酸を7.5kg, Mnは硫酸マンガンを7.5kg, Bは硼砂を750g, Cuは硫酸銅750gを施した。

試験を実施した。第5表に示した結果によると、第3区の「硫安、過石、硫加区」は農家の慣行施肥であるが、「原土無処理」と同じくほとんど収穫皆無の状態であった。また「堆肥2,250kg単用区」は有効莖数が最も多く、最高の子実収量を示したが10a当たり60kg未滿にすぎない状態であった。なお「尿素、熔燐、硫加区」は「硫安、過石、硫加区」と同じく無効莖数が多かった。さらに堆肥1,125kgとマンガン、モリブデン、硼素施用区もほとんど効果は認められなかった。

現地対策試験-2：女満別町湖南の横山氏は場で実施した。前記試験と異なる点は、供試麦の種類を変えた点と肥料処理の中でモリブデンの代わりに銅を用いた点にある。

試験の結果を第6表に示した。これによると、銅併用の第5区においてのみ大麦、えん麦の両種類ともに正常な生育を示した。この区は、ほかの処理区とくらべて草丈、穂長とも長く、無効莖数の減少と有効莖数の増大、千粒重、子実重の増加

がみられたが、普通の単位面積当たり収量としては幾分少なかつた。

現地対策試験-3：ガラス質封入総合微量要素肥料であるFTEと硫酸銅の施用効果を、前回は春播大麦「女系5号」を用いて確認した。試験の結果を第7表に示し、第8表には子実収量の分散分析の結果を示した。

この試験では、穂孕期の観察でも処理間に顕著な差が見られ、子実収量は「FTE、硫酸銅併用区」が最高を示し、このうち銅施用効果が特に顕著であった。FTE施用効果も有意にみられたが、両者の交互作用は有意でなかった。

ポット試験-1：1/5000aのワグネル鉢で微量要素、堆肥、石灰の施用効果を検討した。

第9表に示した結果によると、穂重の増加に対して3者の併用区が最も良く、3者の中では微量要素>堆肥>石灰の順に効果が認められた。三要素区は分けつ葉が最も多いのに、有効穂は皆無であった。

第7表 春播大麦に対する硫酸銅と総合微量要素剤FTEの施用効果

区	別	収 量 (kg/10a)		千 粒 重 (g)
		子 実 重	茎 葉 重	
1)	標準区	26	31	30.5
2)	FTE併用区	68	79	31.9
3)	硫酸銅併用区	92	121	32.3
4)	FTE・硫酸銅併用区	106	144	30.9

備考) 1. 施肥量 (10a当たり)

共通肥料として各区ともN:2.5kgを改安で、P₂O₅:6kgを過石・熔燐の等量混合で、K₂O:3.8kgを改加で施した。FTEは4kgを2区と4区に施した。このものの含有成分はSiO₂(39.0%)、MnO(19.0%)、B₂O₃(9.0%)、Fe₂O₃(6.2%)、CaO(4.0%)、K₂O(4.0%)、ZnO(0.3%)、CuO(0.3%)、MoO₃(0.1%)である。Cuは硫酸銅で600gを3区と4区に施した。

2. 生育期節 5月6日に播種し、7月14日に出穂し8月7日に成熟期となった。

第8表 春播大麦の子実収量に対する分散分析

要 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方	F
ブ ロ ッ ク	1	21	21	
処 理 { F T E	1	1540	1540	16.2*
	1	5460	5460	57.5**
交 互 作 用 (FTE × Cu)	1	406	406	4.3
誤 差	3	284	95	
全 体	7	7711		

第9表 春播大麦に対する総合微量元素・堆肥・炭酸石灰の施用効果 (ポット試験)

No.	肥料処理			収穫期の生育調査				収量 (g/pot)	
	微量元素	堆肥	炭酸石灰	草丈 cm	穂数		未出穂 の莖数	穂重	茎葉重
					有効	無効			
1.	○	○	○	49	3.0	0	0	2.93	1.73
2.	—	○	○	41	1.0	2.3	1.3	0.95	1.68
3.	○	—	○	40	2.7	0.3	0.3	1.17	1.22
4.	○	○	—	39	3.3	0	0.7	1.63	1.33
5.	—	—	—	20	0	2.0	4.7	0.10	0.65

備考) 1. 施肥量 共通肥料として1ポット当たり0.5gのNを改安で、1gのP₂O₅を苦土入り過磷酸で、0.5gのK₂Oを改加で施した。肥料処理の欄において○は施用、—は無施用を意味し、堆肥は200g、炭酸石灰は12g、微量元素はHOAGLANDのA-Z Solutionの12ccを施した。
2. 蒸留水はバレンクスガラス製の蒸留水採取装置で採取した。
3. 播種は5月27日に行なった。

第10表 春播大麦に対する微量元素 (Mg・Mn・B・Cu・Zn) の施用効果

No.	肥料処理					成熟期の生育調査				収量 (g/pot)	
	Mg	Mn	B	Cu	Zn	草丈 cm	莖数			穂重	茎葉重
							有効穂	無効穂	未出穂莖		
1	○	○	○	○	○	35.1	2.5	0.5	3.5	0.25	1.25
2	—	○	○	○	○	40.2	1.0	3.0	3.5	0.23	1.18
3	○	—	○	○	○	39.8	1.5	2.0	1.5	0.20	1.15
4	○	○	—	○	○	38.7	2.0	0.5	3.0	0.32	1.30
5	○	○	○	—	○	31.0	0	1.5	5.5	0.05	0.90
6	○	○	○	○	—	34.3	0	2.0	6.0	0.10	1.20
7	○	—	—	—	—	26.5	0.5	0	13.5	0.10	1.15
8	—	○	—	—	—	24.0	0	0	14.0	0	0.90
9	—	—	○	—	—	24.0	0	0	12.0	0	0.60
10	—	—	—	○	—	31.6	1.0	2.0	6.5	0.20	1.30
11	—	—	—	—	○	29.0	0.7	1.5	11.0	0.13	1.03
12	—	—	—	—	—	24.0	0	0	18.0	0	1.00

備考) 1. Mn・B・Cu・Znについては、HOAGLANDのA-Z Solution中の組成と同じく1鉢当たり8ccを添加した。

ポット試験-2: 効果の高い微量元素の成分を確認するため、苦土、マンガン、硼素、銅、亜鉛について試験を行なった。結果を第10表に示す。

第10表では銅欠除区の穂重が最低で、つぎは亜鉛欠除区であった。単独加用群では銅、亜鉛、苦土について効果がみられ、マンガン、硼素は効果が認められなかった。

IV 考 察

1 麦類の生育異常発生土壌の特徴

試験結果から、網走地方でみられる麦類の生育異常発生土壌は、可給態の銅および亜鉛含量の低いことが明らかになった。以上のことから銅欠乏であるとの疑いのもとに検討を加えてみたい。

GILBERTの総説³⁾によれば、銅欠乏の発生は世界中に見られ、一般に有機物含量の高い土壌、特に新墾の泥炭地が最も欠乏しやすいようであるが、腐植が少ない砂質ないし礫質土壌でも、作物の溝

足な生育には銅が必要であるとしている。わが国においては、黒沢⁹⁾が岩手で、堤²²⁾が宮城県で、森田¹⁵⁾が京都府で、高田¹⁹⁾が北海道渡島地区で銅施用効果を認めた例は、いずれも腐植質火山灰土壌である。本調査においても、腐植質火山灰土壌で発生を多く認めたが、一部に表土が削脱され、腐植含量が少ない場合にも発生例が認められた。一方沖積土や安山岩の崩積土または赤色珪岩混入の湖成洪積土などでは、かかる生育異常がまったく認められなかった。

土壌中の全銅含量：山崎³⁰⁾によると、外国の例では腐植をあまり含まない普通の壤土あるいは埴土で平均25~60 ppm、砂土では平均3~15 ppmで有機質土壌も大体同様であるとし、GILBERTの総説³⁾でも、普通の耕地では1~50 ppmの間にあり、アメリカの多数の土壌で2~67 ppmの範囲で、風化して塩基の溶脱がみられる酸性土壌では著しく少ないという。本道の畑土壌について、著者の1人¹¹⁾¹²⁾は、胆振地方の調査で36~110 ppmの値を得、とくに沖積土(平均値67ppm)ならびに有珠系火山性土壌(平均値81ppm)で高かったとしているほか、蛇紋岩質洪積土の平均値で69 ppm、安山岩質沖積土の平均値は49ppm値を得ている。一方銅欠乏が認められた土壌の分析値をみると、黒沢⁹⁾は岩手県での調査で25~60ppmの範囲の値を得、志波¹⁹⁾が上田市近傍の土壌で得た値26~151 ppmにくらべてかなり少ないとしている。堤²²⁾は、川渡土壌で銅施用の有無にかかわらず、正常な生育を示した第1層は13 ppmであり、この場合に3要素施用のみで健全な生育を示した沖積水田土壌は31.8ppmであったとし、また藤原⁹⁾は、かかる欠乏畑も熟畑化した場合は、馬鈴薯栽培に際してのボルドー散布に起因する銅により、沖積土なみの富化がみられるとしている。森田¹⁵⁾が、銅欠乏症はみられないが、銅施用効果を認めた土壌では20 ppmの値を示した。本調査で得られた値は、A群で25~45ppmの範囲にあり、平均値は36 ppmと府県で示された全銅含量より幾分高いものの欠乏症状がまったくみられていない沖積土などと比べると、低い部類に入るものと考ええる。

土壌中の可給態銅含量：土壌中の可給態銅を定量する良い方法は、まだ十分に確立されていないので、従来の成績においても抽出液の組成を異にする場合が多く、直接の比較は困難であるが、大体の傾向を見ることはできる。古く大杉¹⁷⁾は、果樹園土壌の銅蓄積について検討し、0.2N塩酸可溶銅は、銅剤散布土壌の表土で3~329 ppm、無散布土壌でtrace~26ppmとしており、北海道の畑土壌については、著者の1人¹¹⁾¹²⁾は、0.2N塩酸可溶銅は平均値で沖積土12ppm、蛇紋岩を母材とする洪積土5.1ppm、また胆振地方の土壌で0.1N塩酸可溶銅1.6~26ppmの値を得ている。一方銅欠乏土壌について黒沢⁹⁾は1:10塩酸可溶CuOとして無被害畑が17ppmであるのに対し、被害畑は6~14ppmで、銅欠乏発現土壌ほど含量は少ないとしている。堤²²⁾は、0.1N塩酸の4時間浸出放置で、0.25ppmあたりが銅欠乏を引きおこす境界値でないかとし、BERINGERがドイツのキール地方で得た2%硝酸抽出で0.33 ppm、STEENBERGがデンマーク土壌でpH 2となるような塩酸抽出で得た0.16 ppmなどの値とよく一致しているとしている。本調査で得た値は、生育異常発生地での0.1N塩酸可溶銅の平均値が0.35ppmであり、上記の数値とくらべて十分に銅欠乏発生が推測される含量であった。なお沖積土では4 ppm前後の値を示し、銅欠乏発生の可能性はまったく考えられないが、火山性土や安山岩の崩積土ならびに過去に銅欠乏以外の原因による異常生育がみられた凝灰岩質の洪積層の土壌では、その平均値は0.63 ppmを示し、将来の管理いかんでは銅欠乏の発生が予測されるものと考ええる。

可給態銅含量と土壌の理化学性：土壌中の銅の形態には腐植とキレート化合物を作っているもの、粘土と結合しているもの、陽イオンとして溶けているものなどがあり、土壌中の銅の植物に利用される程度には多くの因子が影響をおよぼすものであるといわれる。すなわちpH、土壌有機物の含量、粘土鉱物の量・種類、以前にあった植物の性質などがあげられ、しばしば数種の因子が同時に影響をもつ場合がある。本調査において可給態銅含量とほかの理化学性との相関係数を求めたところで

は、A群では第2層の磷酸吸収係数との間に有意な負の値を得たにとどまった。BLEVINS¹⁾はケンタッキーの土壤についてEDTA抽出の銅と0.1N塩化カルシウム抽出のアルミナとの間に負の相関を得ており、一般に磷酸吸収係数の高いことは遊離アルミナの多いことを意味していることから、本調査も同様の結果であると考えられるが、その機構的な面についてはさらに粘土鉱物の面からの検討が必要と考える。ついで第1層の腐植との間に、有意ではないがかなり高い相関係数が得られている。この点については、すでに土壤有機物は重金属とくに銅と安定なキレート結合を生成することが知られ、堤²³⁾は層位別可給態銅の調査において、銅が腐植コンプレックスとして固定され、可給態銅含量を著しく低下することを認めており、また有機物含量の高い土壤では、低い土壤と比べて作物の銅欠乏対策として多量の銅を加えなければならないといわれ²³⁾ここで得られた試験結果は、これらのことに対応するものと考えられる。A群だけでなく、A・B・C群をこみにした場合は、有意な相関係数を示した化学性の項目としては全銅・磷酸吸収係数・腐植があげられ、さらに可給態亜鉛とは正のやや高い相関係数が得られている。この場合は、母材を異にする土壤が含まれるが、A群→B群→C群へと移るほど腐植・磷酸吸収係数の減少に対し、全銅含量ならびに銅の可給能率の増加が明らかにみられることから、かかる結果が得られたものと考えられる。なおpHについては各土壤とも5.4前後にあり、変動が少なく可給態銅含量との間に相関はならぬ認められなかった。

土壤中の可給態亜鉛：本調査でみられた有効態亜鉛含量は、銅欠乏土壤と考えられるA群では1層・2層ともに4ppm以下の値を示す場合が幾分みられた。田中ら²⁹⁾がクロカビ法による本邦土壤中有効態亜鉛含量の調査を通じ、作物の満足な生育に必要とされる土壤中有効態含量の最低値、すなわち“しきい値”(threshold value)を求め、コンキョクではおおよそ2.5ppmと3ppmの間、カンキョクでは3ppmと4ppmの間であるとしている。この“しきい値”は測定法により差異のあること

はもとより、作物の種類によりまた土壤や気象の条件によりかなり動くことは当然であるが、田中らはさらに諸外国の成績をも含め、<1ppmは著しい欠乏、1~3ppmは欠乏の障害がおきる範囲とみて差支えないように思われるとしている。これらの数値から推測すると、本調査におけるA群では亜鉛欠乏土壤と考えてよいものがあることになり、とくに第2層の値が第1層より低いことから、一度に深耕したりする場合には亜鉛欠乏の心配は一層深まるのが考えられる。

可給態亜鉛含量と、ほかの理化学性との相関係数をみると、A群の第1層について磷酸吸収係数とは有意な正の、逆に可給態磷酸とは有意ではないが幾分高い負の値が得られたことについては、亜鉛が磷酸イオンと複合体を形成することに関係あると考える。また1, 2層ともに全亜鉛含量と有意ではないが、かなり高い相関係数が得られており、母材そのものの含量が可給態含量に大きく影響していることが知られる。亜鉛の土壤中の有効度は、このほかの土壤条件としてpHの上昇による難溶性の亜鉛水酸化物の生成があげられるが、銅の場合と同じく供試土壤のpHの範囲では問題とならないと考えられ、また微生物による固定については調査はなされていない。

2 変類の生育異常に対する施肥対策

ポット試験ならびに現地試験を通じ、異常症状の解消と子実収量の増加に対して顕著な効果を示したものは、銅の施用であり、苦土・石灰・亜鉛ならびに堆肥・ガラス質封入総合微量要素剤(FTE)については、若干ながら効果がみられたものの、モリブデン・マンガ・ホウ素については効果を確定し得なかった。以下これらの肥料要素別に考察を加える。

銅：銅欠乏土壤に対する硫酸銅施用効果の顕著なことは当然と考えるが、その施用効果はほかの微量要素と異なり、土壤の性質により銅の固定量に著しい差があるほか、共存イオンの相助、拮抗作用があり、また栽培作物の種類によっても左右されることから、施用適量に大きな開きがみられる。すなわち、諸外国では有機物含量の少ない土壤に対し、10a当たり0.5~2kgの硫酸銅で十分

であるが、有機質土壌では5~20kgが必要であるといひ、硫酸銅のほか酸化銅・銅鉱物の粉碎したものをを用いても同じ効果がみられるという⁹⁾。また黒沢ら⁹⁾が岩手県の銅欠乏地に対する改良対策としては、10a当たり4kgの硫酸銅の施用をすすめ、その効果は3~4年継続し、2kg施用では次年度の残効は認められないという。今回の現地試験では10a当たり0.7kgの硫酸銅を施用しており、異常症状の解消ならびに子実重の増加に大きく役立ったが、十分な子実収量ではなかった。この理由は播種期が幾分遅いことと、硫酸銅の施用量が十分でなかったためとも考えられ、今後の検討が望まれる。

亜鉛：現地栽培試験の銅施用だけで、一応異常症状解消がみられたことは、供試作物が亜鉛について鈍感な部類に入っていることが関係していると考えられる³⁰⁾。しかしポット試験における、硫酸亜鉛施用による若干の効果とともに、土壌分析において可給態亜鉛含量がかなり低い場合がみられることから、亜鉛の施用は今後の1つの課題と考える。

石灰・苦土：銅欠乏が発生すると考えられた土壌のpHは、平均して5.3で弱酸性域にあり、酸性矯正効果が幾分あらわれる土壌であって、ポット試験においても、明らかに炭酸石灰施用の効果がみられている。銅欠乏に対する炭酸石灰施用の影響は、pH7位までは土壌中の可溶性アルミナ濃度を低下させ、銅の吸収を助長させる傾向がある。また腐植質土壌では、有機物と銅がキレート結合をしていて、この場合に石灰を施用すると銅の一部を置換し遊離してくると考えられており、これらのことは石灰施用効果の1つの理由と考えられる。苦土については、現地試験における熔成燐肥とポット試験における硫酸苦土施用効果がわずか認められる。苦土欠乏症発現の土壌中の限界含量は、置換性苦土15mgの値とされているが、本調査の中でもこれに近いものがあり、必要量の施用は考慮すべきである。

堆肥、総合微量要素剤：ポットならびに現地試験において、それぞれ堆肥ならびに総合微量要素剤の若干の効果が認められている。堆肥の効果には

養分的な面と土壌物理性改良の面、さらに微生物的な面の効果が総合的に含まれているものと考えられ、微量要素の供給源としての意義も大きい。しかしそれらの含量は、堆肥材料中の微量要素含量に影響される点が大きく、微量要素欠乏土壌で栽培された作物の茎葉をもとに作った堆肥中の微量要素含量は、普通堆肥より低いことが予想され²²⁾、また10a当たり1t前後の堆肥施用では、銅欠乏の顕著にあらわれる土壌に対する銅施用量としては不十分であることが、かかる結果を示した理由と考える。一方総合微量要素剤として市販されているFTEについても、効果が目立たなかったのは、この中における銅含量が0.3%であり、10a当たり4kg施用しても12gの銅が入るにすぎず、しかも硫酸銅と併用した場合にも効果が現われていることは銅以外の微量要素の補給効果があったと考える。しかしこの中のどの要素が効果を示したかは不明であり、ポットならびに現地試験においてもモリブデン、マンガ、硼素の効果を確認し得なかった。

以上述べたように、網走地方でみられた麦類の生育異常に対しては銅の施用によって外観的な異常症状の解消、それにとまなり子実重の著しい増加がみられた。しかし、その子実重の絶対値は播種期の遅れたこともあるが、必ずしも十分な収量であったとは考えられない。たしかに銅施用効果に比較すれば、その施用効果は著しく低いが亜鉛、苦土、石灰も施用による収量増加が見られることから、ここに見られた生育異常は銅欠乏が主因であるものの、ほかの要素欠乏をも含めた複合的なものであると考えるのが妥当である。なお生育異常の発生地は局部的に分散しており、また年によって異常の程度が異なるように感じられることから完全な欠乏症の発現にまでゆかなくても、潜在的な欠乏段階にあるために子実生産の抑制されている場合がかなりあるものと考えられる。

V 摘 要

1. 北海道網走地方にみられる春播麦類(大麦・小麦・えん麦)の生育異常は、諸外国において“Die back”とか“Wither tip”といわれる銅欠

乏症状に類似のものと認められた。

2. 麦類生育異常の有無について、網走支庁管内農業改良普及所の報告をもとに現地調査と土壌理化学性の調査を行なった。異常の発生は、能取湖・網走湖周辺の市町村に多くみられ、その土壌は母材が凝灰岩質のものからなる洪積層の土壌が大部分で、安山岩の崩積土や沖積土では異常の発生は全認められなかった。

3. 異常発生地土壌の化学性は、第1層について平均値で土性L~CL, pH 5.3, 腐植11.2%, 磷酸吸収力1.610, 可給態銅0.35 ppm, 可給態亜鉛8.3 ppmであり、可給態銅含量の著しく低いことが特徴である。可給態銅含量とほかの土壌化学性との相関係数を求めると、第1層については全銅含量との間に正の、また磷酸吸収係数と腐植との間には負のそれぞれ有意な値が得られた。

4. 生育異常の見られたところでの春播麦類の子実収量は、10a当たり0~50kgときわめて低収であり、これに対する予備的な対策試験において硫安・過磷酸石灰・硫酸以外の肥料として尿素・熔成磷肥・硫酸マンガンをモリブデン酸ソーダ・硼砂などの施用はほとんど効果がなく、堆肥やガラス質封入総合微量元素の施用は、若干の効果がみられたが、硫酸銅700gの施用によって初めて外観的生育異常は解消し、子実収量も100kg以上の値を得た。

5. ポット試験において総合微量元素>堆肥>石灰の順に施用効果が高く、微量元素の欠除ならびに加用試験の結果では、銅施用の効果が最も大きく、亜鉛・苦土の効果は若干みられたが、マンガンを硼素についての効果は全く認められなかった。

文 献

- 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.
- CHENG, K. L. & R. H. BRAY, 1953; Two specific methods of determining copper in soil and in plant material. *Anal. Chem.*, 25, 655~659.
- FRANK, A. GILBERT, 1952; Copper in nutrition. *Advances in Agronomy N.*
- 藤原彰夫, 1956; 作物栄養の基礎に関する諸問題(26), *農及園* 31, 7, 1019.
- , 1964; 黒ぼ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.
- 平井敬蔵, 1954; 微量要素の諸問題, *土肥誌*, 25, 1, 41.
- 北海道立中央農業試験場化学部, 1958; 網走支庁調子府町における微量要素(硼素)の欠乏について, *北海道農務部, 農業技術普及資料*, 1, 8, 84~87.
- 石塚喜明, 1956; 麦類のマングアン欠乏症, *農及園*, 31, 8.
- 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.
- 水野直治ほか, 1967; 蛇紋岩質土壌に関する研究, *地力保全研究報告*, 1.
- , 1967; 北海道蛇紋岩質土壌の化学的特性に関する研究, 第2報, 土壌と植物中の亜鉛, 銅, マングアンおよび鉄含有量の差異, *道農試集*, 16, 1~9.
- , 平井義孝, 1968; 微量要素の分布に関する研究, 第1報, 胆振地方における畑作物と土壌のマングアン, 鉄, 銅, 亜鉛およびモリブデン含量の差異, *道農試集*, 18, 86~97.
- , 緒方敏夫, 高尾欽彌, 1969; ジンコンによる土壌および植物中の亜鉛の吸光光度定量, *分析化学*, 18.
- MIZUNO, N., K. HAYASHI & T. HASEBE, 1969; Extraction-spectro-photometric determination of copper in soil and in plant material with *iso*-propyl ether, *Bull. Hokkaido Prefectural Agric. Exp. Station*, 19, 59-62.
- 森田修二, 1964; 黒土に対する微量元素の効果について, *開拓地土壌調査資料*, 13.
- NELSON, L. G., K. C. BERGER and H. J. ANDRIES, 1956; Copper requirements and deficiency symptoms of a number of field and vegetable crops, *Soil sci. soc. Amer. proc.* 20, 1, 70~72.
- 大杉 繁, 小沢潤二, 1938; 銅葉剤使用による果樹園土壌の銅蓄積について, *農及園*13, 1791.
- 志波清時, 1951; 土壌および緑葉中の微量元素含量について(第1報)銅, *土肥誌*, 22, 1, 26.
- 高田 享, 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.

20. 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.
21. ———, ———, 魚川秀辰, 1941; 陸稲の生育に対する銅の影響について, 土肥誌, 15, 385.
22. 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1報) 大麦の生育に及ぼす銅およびその他の微量要素・石灰・堆肥の効果, 土肥誌, 38, 12, 459~465.
23. ———, ———, ———, 1968; ———, (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.
24. ———, 1968; 微量元素を巡る諸問題—特にその生理的役割について, 土肥誌, 39, 3, 179.
25. RUSU, R. M. & J. H. YOE, 1954; Colorimetric determination of zinc and copper with 2-carboxy-2'-hydroxy-5'-sulfoformazyl benzene, Anal. chem., 26, 1345~1347.
26. SKOOG, F. 1940; Relationships between Zinc and Auxin in the Growth of Higher Plants, Amer. Jour. Bot., 27, 939~951.
27. STILES, W. (木村健二郎訳), 1953; 微量元素, 朝倉書店.
28. 高尾欽彌, 1966; りんご粗皮病圃土壌のマンガン含量について, 昭和41年度日本土肥学会道支部秋大会講演要旨.
29. 田中啓文, 谷田沢道彦, 1963; クロカビ法による本邦土壌中有効態亜鉛, 銅, モリブデン含量のしきい値, 土肥誌, 34, 7, 235~242.
30. 山崎 伝, 1966; 微量元素と多量要素—土壌・作物の診断と対策, 博友社.

Summary

For many years, in the Abashiri district, some farmers noticed that the growth of spring barley, wheat and sometimes oats was damaged and their yield was very low, however other crops such as beets, potatoes and beans were not affected. To make clear the reason and adequate measures for this abnormal growth, the authors surveyed their distribution at first and conducted some field and pot experiments. The results were summarized as follows;

1) Symptoms of the abnormal growth of small grain crops which were observed in these

experiments, was similar to that of copper deficiency which has been reported and been called "Die back" or "Wither tip" in Europe. In general, these abnormal symptoms occurred as patches in the field and appeared on the younger parts in the plant body and usually resulted in reduced growth, a change in color to a grayish green or olive green color at the tips of younger leaves, die back of the leaves and shorted internodes. In some cases, though the plants survived throughout the growing season, they died prematurely and either a few chaffy grains or none at all were produced. However, in the extreme case, they died in the middle growth stage.

2) By examining the distribution of soils on which the above mentioned abnormal growth of small grain crops appeared, in the Abashiri district, it was found that their distribution was located mainly in the fields near the "Notori" and "Abashiri" lakes. These soils were derived mainly from the deluvial tufaceous materials and this area was confined to about 20 hectares, but spread to thousands of hectares.

3) On examining some physical and chemical properties of these soils, low contents of available Copper in the soils with the abnormal growth, as compared with that of the soils with normal growth, was very common. And in some cases, the contents of available Zinc were quite low.

4) In the pot experiment, the effect of some fertilizer on the abnormal growth was recognized in the following order; minor nutrient elements > stable manure > calcium carbonate. Among the minor elements, the effect of Copper and Zinc was remarkably high; Magnesia was low; and Manganese, Boron showed no effect.

5) In the field experiment, the grain yields in the standard plot with N·P·K, were 0~50 kg per 10 are, but when 700g copper sulfate

per 10 are was supplied in addition to the three elements, the growth of the small grain crops was accelerated and the grain yields increased above 100 kg.

6) In conclusion, the cause of the abnormal growth of small grain crops which has observed

in the Abashiri district, was chiefly due to the lack of available Copper in the soil. And to obtain a high grain yield, it was necessary to apply the other minor nutrient elements such as Zinc, but not Copper ; and the major nutrient elements such as Calcium, Magnesia.