

各種土壤並に各種緑葉中の微量要素含有量に就いて

志波清時*・兒平文雄*

(1951年11月30日受理)

Kiyotoki SHIHA AND Fumio KODAIRA : STUDIES ON THE MINOR ELEMENTS
CONTAINED IN THE SOIL AND SOME GREEN LEAVES.

緒 言

Cu, Zn, Mn, B, は微量要素 (Trace elements 又は minor elements) として植物栄養上必要不可欠のもので、植物培養液中一般無機栄養素を如何に多く含んでいても之等微量要素の一つを欠除する場合は、植物は平常の生育をなし得ないと考えられ、此の事は種々の植物について証明された。即ち Cu は SOMMER,¹⁾(1931), LIPMAN & MACKUNEY²⁾(1931), により、又 Zn は MAZE³⁾(1915), LIPMAN⁴⁾(1926), SOMMER⁵⁾(1928), により、B は BERTRAND & AGULHON⁶⁾(1913), により、Mn は BERTRAND⁷⁾(1921), Mc HARGUE¹⁰⁾(1922), 等によつて各種植物について証明されている。Mo も最近其の必須性が一般に認められるようになった。即ち Mo は ARNON & STOUT¹¹⁾(1939), PIPER¹²⁾(1940), HOGGLAND¹³⁾(1941), BRENCHLEY, & WARRINGTON¹⁴⁾(1942), 等が其の必須性を認めた。Ni は未だ一般には認められていないが SCHARRER & SCHROPP¹⁵⁾(1933), 藤原及び菊地¹⁶⁾(1950) 等は其の必須なる事を唱えている。尙之等微量要素の土壤中に於ける分布、植物体内に於ける含有量、各要素欠亡による病状、植物生理学的意義に関しては多数の研究発表を見る。著者等は之等微量要素が桑樹の發育、葉質並に蚕体生理等に及ぼす影響を検討するのが目的であるが、此の研究着手前に上田地方の各種土壤及び本学部農場に栽培した各種植物の緑葉中の微量要素含有量を分析調査する必要を感じたので、その分析を行つた。茲に発表する成績は目下日本土壤肥料学会誌に発表中のものを総括したものである。

実 験 方 法

(1) 分析試料の採取

土壤は上田市及び其の近傍を踏破して1949年地質系統別に採取した。特に未耕地を選び表土2寸内外を除いて其の下部より採土した。植物は本学部農場に栽培又は生育したものを1950年8月8日に緑葉のみを採取して、70°~80°Cの湯煎乾燥器中で乾燥した後粉碎して分析に供した。

(2) 各微量要素の定量方法

各微量要素の定量法は次の様な原著者の方法を用いたが或る場合には之等の組合せ又は多少改良した方法を用いた。即ち土壤中の全 Cu は HIBBARD¹⁷⁾の方法により、又可給態 Cu は HIBBARD¹⁸⁾の方法によつて得た土壤浸出液に就て HIBBARD¹⁷⁾の方法によつて定量した。植物中の Cu は灰化後 HIBBARD¹⁷⁾の方法によつて定量した。土壤中の全 Zn は BOGG, & ALBEN¹⁹⁾の方法によつて Zn 浸出液を調製したものについて SANDELL²⁰⁾法を森田氏²¹⁾が改良した方法によつて定量した。可給態 Zn は HIBBARD¹⁸⁾の方法によつて浸出した土壤溶液について森田氏²¹⁾の方法を用いて定量し、植物中の Zn は灰化後森田氏法によつて定量した。土壤及び植物中の全 Mn は WILLARD²²⁾の方法により、又土壤中の活性 Mn は BREWER & CARR²³⁾の方法によつて定量した。B は土壤及び緑葉の何れの場合も、PERGER & TRUOG²⁴⁾の方法によつて定量した。Ni は SANDELL & PERLICH²⁵⁾の方法により、Mo は SANDELL²⁰⁾の方法を用い、V は同じく SANDELL²⁰⁾の方法を用いて定量した。

* 信州大学繊維学部土壤肥料学研究室

実 験 成 績

(1) 土壤中の微量元素含有量について

上田市を中心として其の近傍の土壤中の含有分析成績は第1表の如くで之を地質系統別に見ると第2表の如くである。

(a) 各土壌別微量元素含有量

第1表 各種土壌別微量元素含有量表(未耕土風乾物中P.P.M.)

土壌 番号	所 在 地	地 質 系統別	PH	Zn		Cu		Mn		B	Ni	Mo (MoO ₃)	V (V ₂ O ₅)
				全	可給	全	可給	全	活性				
1	塩尻村	沖積層	7.0	120	0.3	106	4.3	874	384	0.45	19.4	0.46	9.9
2	"	凝灰岩	6.0	20	0.4	112	1.6	2,437	1,815	0.50	5.2	0.37	6.6
3	"	凝灰岩	6.4	80	0.4	70	3.5	1,050	934	0.20	8.0	0.32	6.4
4	上田市	沖積層	6.6	180	1.4	59	3.5	1,060	205	0.57	24.7	0.25	6.6
5	"	砂岩	6.8	100	0.3	72	0.9	1,004	—	0.30	10.7	0.23	19.8
6	殿城村	安山岩	—	80	1.0	72	0.9	681	183	0.15	13.7	0.34	49.5
8	上田市	沖積層	6.2	160	0.4	134	1.3	740	233	0.25	26.3	0.26	1.6
10	神科村	頁岩	6.2	20	0.2	70	0.5	270	105	0.02	15.1	0.28	2.0
11	"	頁岩	6.0	20	0.4	80	1.3	330	61	0.25	13.0	0.42	4.5
12	"	安山岩	6.4	40	0.3	150	8.8	820	381	0.15	17.5	0.43	6.6
13	上田市	沖積層	—	—	—	107	1.3	1,120	581	0.50	22.2	—	—
17	神科村	沖積層	5.8	40	1.0	108	1.0	1,140	593	0.07	16.2	0.43	14.9
18	長窪町	洪積層	6.4	140	1.4	215	0.9	1,400	827	0.10	17.6	0.26	2.2
21	和村	火山灰	7.0	100	1.0	136	3.6	1,340	446	0.75	15.9	0.02	11.5
22	"	安山岩	5.2	300	1.4	99	5.1	1,300	374	0.10	16.9	0.35	9.5
23	上山田村	頁岩	6.0	20	0.6	48	6.8	340	155	0.58	11.4	0.28	0.3
24	"	"	6.0	10	2.6	68	1.7	580	153	0.33	11.0	0.43	0.6
25	"	"	5.8	80	2.2	64	2.2	460	148	0.43	12.7	0.32	0.6
26	泉田村	凝灰岩	6.0	60	0.6	72	3.3	121	57	0.25	7.6	0.05	0.9
27	"	頁岩	6.0	40	4.1	26	3.1	160	120	0.07	6.0	0.12	1.6
28	"	閃綠岩	6.8	20	0.2	63	3.0	720	339	0.38	3.1	0.23	0.1
平均				86	1.1	93	3.0	854	405	0.30	14.1	0.29	7.7

本分析成績によると、各土壌によつて著しく含有量が異なる。各微量元素についての含量を統計的に見ると次の様になる。尙茲に各要素についての文献を列挙して見る。

(イ) 全 Zn は最高含量は 306 P.P.M. で最低含量のものは 10 P.P.M. で平均 83 P.P.M. となる。又可給態 Zn は最高 4.1 P.P.M. で最低 0.2 P.P.M. 平均 1.1 P.P.M. である。土壤中の Zn 含量に就ては多くの文献があるが主なるものは、MC HARGUE,²⁷⁾ ALBEN & BOGGS,²⁸⁾ HIBBARD,¹⁷⁾ HIBBARD,²⁹⁾ 森田,³⁰⁾ 等である。

(ロ) 全 Cu は最高含量は 215 P.P.M. 最低 26 P.P.M. 平均 93 P.P.M. で、可給態 Cu は最高 6.8 P.P.M. 最低 0.9 P.P.M. 平均 3.0 P.P.M. である。土壤中の Cu 含量に就ては多くの文献があるが主なるものは MC HARGUE,²⁷⁾ HIBBARD,²⁰⁾ 大杉・小沢,³¹⁾ 森田修一³⁰⁾ 等である。

(ハ) 全 Mn は最高 2437 P.P.M. で最低が 121 P.P.M. で平均 854 P.P.M. である。又活性 Mn は最高 1815 P.P.M. で最低 56.7 P.P.M. 平均 404.8 P.P.M. である。吾が国では荒川・松浦³²⁾ 市川³³⁾ の報告がある。

(ニ) 水溶性 B は最高 0.75 P.P.M. 最低 0.02 P.P.M. で平均 0.30 P.P.M. である。B の含有量について

は SCOTT,³⁴⁾ BERGER,³⁵⁾ SHIVE,³⁶⁾ 平井,³⁷⁾ 森田³⁸⁾等の成績がある。

(a) 全 Mo は MoO_3 として最高含量 0.43 P.P.M. 最低 0.02 P.P.M. で平均 0.29 P.P.M. である。土壤中の含量については TER MEULEN,³⁹⁾ BARSHAD⁴⁰⁾等の成績がある。

(b) 全 Ni は最高含量 26.3 P.P.M. で最低 3.1 P.P.M. 平均 14.1 P.P.M. である。土壤中の Ni 含量に就ては MITCHELL,⁴¹⁾ 森田³⁸⁾等の成績がある。

(c) 全 V は V_2O_5 として最高含量は 49.5 P.P.M. で最低 0.1 P.P.M. 平均 7.7 P.P.M. である。土壤中の V の含有量に就ては THOMAS,⁴²⁾ 小西・柘植,⁴³⁾ 澁谷,⁴⁴⁾ 平井⁴⁵⁾等の成績がある。

(d) 各要素の平均含量の多少によつて順序をつければ Mn(254 P.P.M.), Cu(98 P.P.M.), Zn(86 P.P.M.), Ni(14.1 P.P.M.), V(7.7 P.P.M.), Mo(0.29 P.P.M.) の順序に少くなる。

(b) 地質系統別に見た微量要素含有量

前記の各種土壤に就いての分析成績を地質系統別に観察して見ると次の如くである。

第 2 表 地質系統別に見た微量要素含量 風乾上 P.P.M.

地質別	Zn		Cu		Mn		B	Ni	Mo	V
	全	可給	全	可給	全	活性	水溶	全	全	全
沖積層土壤	156	0.7	102	2.6	1,114	356	0.44	21.6	0.32	6.0
安山岩土壤	107	0.9	113	5.4	834	336	0.15	16.0	0.37	21.9
頁岩土壤	34	2.3	60	2.6	350	123	0.27	11.3	0.31	1.6
凝灰岩土壤	53	0.4	85	2.7	1,203	935	0.32	6.9	0.25	4.6

本表より見ると、全 Zn は頁岩土壤に最も少なく、沖積層土壤に最も多い。可給態 Zn は頁岩土壤に最も多く、凝灰岩土壤に最も少ない。全 Cu は頁岩土壤に少なく、安山岩並沖積層土壤に多い。可給態 Cu は安山岩土壤に特に多く、其の他の土壤では大差ない。全 Mn は凝灰岩土壤、沖積層土壤に多く、頁岩土壤に最も少ない。活性 Mn は全 Mn に於ける場合と全く同じ。水溶性 B は安山土壤に最も少なく、沖積層土壤に最も多い。全 Ni は凝灰岩土壤に最も少なく、其の他に於ては余り大差がないようである。全 Mo は地質系統的に殆んど差異がなく、全 V は頁岩土壤に著しく少なく安山岩土壤に著しく多い。之等の結果からすると、沖積層土壤は全 Mn, Zn, Cu 及び Ni 等何れの要素にも富んでいて安山岩土壤は全 Cu 及び V に富んでいる。然して頁岩土壤は全 Cu, Zn, Mn 及び V 等何れの要素も其の含量が少なく、凝灰岩土壤は Mn 及び V に富む外は何れの要素も其の含量は少ない方である。

(2) 綠葉中の微量要素含有量に就て

第 3 表 各種綠葉中の微量要素含有量 (P.P.M.)

植物名	Zn		Cu		Ni		Mn		B		Mo	
	乾物中	灰分中	乾物中	灰分中	乾物中	灰分中	乾物中	灰分中	乾物中	灰分中	乾物中	灰分中
銀 杏	15	209	18	256	0.46	6.48	55	505	83	734	0.00	0.00
柿	12	242	23	242	0.49	5.11	262	2,358	84	755	0.00	0.00
栗	18	531	19	554	0.39	11.48	135	2,653	84	1,633	0.01	0.37
葡萄	8	128	20	317	0.55	7.97	82	1,027	31	411	0.00	0.04
胡椒	16	203	42	530	0.60	7.70	70	613	96	848	0.01	0.14
林檎	32	536	33	527	0.57	9.49	41	513	35	436	0.00	0.01
茄子	34	178	28	146	1.64	8.53	155	649	17	69	—	—
ト 卜	28	127	40	181	1.07	4.86	118	682	70	400	—	—
馬 鈴 薯	12	78	29	188	—	—	63	265	36	149	0.06	0.38

南		瓜	62	323	40	323	0.99	8.25	140	521	21	77	0.06	0.47
牛		蒟	38	275	17	121	0.79	5.64	42	214	21	114	0.02	0.18
キ	ヤ	ツ	10	131	36	478	0.87	10.24	—	—	—	—	—	—
胡		瓜	16	111	47	324	0.24	1.68	36	155	41	177	0.05	0.33
大		豆	14	170	29	356	0.18	2.25	64	1,208	42	800	0.06	0.56
豌		豆	16	99	32	197	0.56	3.50	17	65	33	122	0.01	0.09
大		麻	16	84	39	205	1.15	5.45	66	273	64	265	0.01	0.06
稻		藁	8	43	8	42	0.96	4.68	21	98	2	10	0.01	0.03
小	麦	藁	4	45	5	61	0.54	5.56	11	100	4	40	0.00	0.03
桑	葉	(改 鳳)	12	133	12	133	1.04	11.55	17	172	34	373	0.00	0.03
平		均	20		26		0.82		78		44		0.02	

緑葉中の微量元素の含有量は植物の種類により又要素の種類によつて著しく異なる。今各要素に就て乾燥物中の含量を見ると次の如くである。尙従来植物体中の含量に就て報告された文献を挙げる。

(イ) 緑葉中のZnは南瓜の62 P.P.M.が最高で小麦藁の4 P.P.M.が最小で平均含量は20 P.P.M.である。Znに関する文献の主なるものはROBINSON,⁴⁶⁾ HIBBARD,⁴⁷⁾等である。

(ロ) 緑葉中のCuは胡桃42 P.P.M.が最高で、小麦藁の5 P.P.M.が最小で平均26 P.P.M.である。Cu含量に関してはMc HARGUE²⁷⁾の成績がある。

(ハ) 緑葉中のMnは柿の262 P.P.M.が最高で、小麦藁の11 P.P.M.が最小で平均78 P.P.M.である。Mn含量に関しては麻生⁴⁸⁾の成績がある。

(ニ) 緑葉中のBは胡桃の96 P.P.M.が最高で稲藁の2 P.P.M.が最小で平均44 P.P.M.である。B含量についてはCook,⁴⁹⁾ 平井³⁷⁾の報告がある。

(ホ) 緑葉中のMoは大豆、南瓜、馬鈴薯等の0.06 P.P.M.が最高で銀杏外数植物の0.00 P.P.M.が最小で平均0.02 P.P.M.である。Mo含量に就てはHOOGLAND,⁵⁰⁾ BARSHAD⁵¹⁾の成績がある。

(ヘ) 緑葉中のNiは茄子に於ける1.64 P.P.M.が最高で大豆の0.16 P.P.M.が最小で平均0.82 P.P.M.である。

(ト) 緑葉中に於ける各要素の平均含量の多いものから順位をとればMn(78 P.P.M.), B(44 P.P.M.), Cu(26 P.P.M.), Zn(20 P.P.M.), Ni(0.82 P.P.M.), Mo(0.02 P.P.M.)の順位に少くなる。

更に各植物別に微量元素含量を総括すると次の様である。

(チ) 銀杏はBに富むも、Moの含量が著しく少ない。他の要素含量は普通である。

(リ) 柿はMn及Bに富みMoの含量は少ないが其他は普通である。

(ヌ) 栗は柿と全く同様な関係にある。

(ル) 葡萄は特に富んだ要素をもたない。ZnとMoは少ない。

(ロ) 胡桃はCuとBに著しく富んでいる。Moは少ないが其他は普通である。

(リ) 林檎はCuとZnに富んでいる。Moは少ないが其他は普通である。

(ハ) 茄子はZn, Niに富んでいる。其他は普通。

(ニ) 馬鈴薯はMoに富んでいる。其他は普通である。

(ホ) 南瓜はCu, Zn, Ni, Mo, Mn等殆んどの要素を豊富に含む。

(ヘ) 牛蒟はZn, Niに富み、Moは少ないが其他は普通である。

(ト) 胡瓜はCuとMoに富んでいるが其他は普通。

(チ) 大豆はMoに富んでいるが其他は普通である。

(リ) 豌豆はMo含量は少ないが其他は普通である。

- (4) 大麻は Cu, Ni, B に富むが其他は普通である。
- (5) 稻藁は Ni に富むが其他の要素は何れも含量が少ない。
- (6) 小麦藁も稻藁と同様に何れの要素含量も著しく少ない。吾が国主要農作物である稻、小麦藁に微量要素含量の少ないのは極めて興味ある事である。
- (7) 桑葉では Ni 含量が比較的多いが其他の要素は普通か或は少ない方である。

総 括

上田市を中心として其近傍の各種土壤中及び本学部農園に栽培した各種綠葉中に含まれる Cu, Zn, Mn, B, Mo, Ni, V 等の微量要素について其の含量を分析調査した。其の結果、同一土壤及び綠葉に於ても微量要素の種類によつて著しく其の含量を異にするのみならず、同一微量要素に於ても土壤及び綠葉の種類が異なれば其の含有量は著しく異なることを知つた。

文 献

1. SOMMER, A. L. (1931) : Plant Physiology, 6, 339—354.
- * 2. LIPMAN, & MAORUNY, (1931) : Plant Physiology, 6, 593—599.
- * 3. MAZE, P. (1915) : Compt. Rend., 160, 27.
- * 4. LIPMAN, C. B. (1926) : Plant Physiology, 1, 231.
5. SOMMER, A. L. (1928) : Plant Physiology, 3, 217.
- * 6. BERTRAND, G., & AGULHON, H. (1913) : Compt. Rend., 157, 1433.
- * 7. MAZE, P. (1914) : Ann. Inst. Pasteur, 28, 1—48.
- * 8. WARRINGTON, K. (1923) : Ann. Bot., 37, 629.
- * 9. BERTRAND, G. & ROSENBLATT, M. (1921) : Ann. Inst. Pasteur, 35, 815—819.
10. Mc HARGUE, J. S. (1922) : J. Ame. Chem. Soc., 44, 1590—1598.
- * 11. ARNON, D. I. & STOUT, P. R. (1939) : Plant physiology, 14,
- * 12. PIPER, C. S. (1940) : Australian Inst. Agr. Sci., 6, 162.
- * 13. HOOGLAND, D. R. (1940) : Proc. Ann. Soc. Hort. Sci., 38,
- * 14. BRENCHLEY, W. E. & WARRINGTON, K. (1944) : Nature, 149—196.
- * 15. SCHARRER, & SCHROPE, (1933) : Z. Pflanz. Düng. Bödl., A, 31.
16. 藤原, 菊地. (1950) ; 土. 肥 21, 37.
17. HIBBARD, P. L. (1937) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 9, 127.
18. HIBBARD, P. L. (1940) : Soil Science, 49, 63—72.
19. BOGG, H. M. & ALBEN, A. B. (1936) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 8, 97.
20. SANDELL, E. B. (1937) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 9, 464.
21. 森田 (昭和23年) : 日本化学会誌, 69, 174.
22. WILLARD, H. H. (1919) : J. Am. Chem. Soc., 39, 2366.
23. BREWER, P. H. & CARR, R. H. (1927) : Soil Science, 23, 165.
24. BERGER, K. C. & TRUOG, E. C. (1939) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 11, 540.
25. SANDELL, E. B. & PERLICH, R. W. (1939) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 11, 309.
26. SANDELL, E. B. (1936) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 8, 336.
- * 27. Mc HARGUE, J. S. (1925) : J. Agr. Research, 30, 193.
28. ALBEN, A. O. & BOGGS, H. M. (1936) : Soil Science, 41, 329.
29. HIBBARD, P. L. (1940) : Soil Science, 49, 63—72.
30. 森田修一, (1948) ; 土. 肥, 19, 31.
31. 大杉, 小沢, (1938) : 農. 園, 13, 1791.

32. 荒川, 松浦, (1933) : 鳥取農学報, 4, 337.
33. 市川, (1934) : 日. 農. 化. 10, 323.
34. COTT, W. W. & WALL, S. K. (1932) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 4, 180.
35. BERGER, K. C. & TRUOG, E. (1939) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 11, 540.
36. SHIVE, J. W. (1945) : Soil Science, Vol. 60, No. 2.
37. 平井, (1943) : 土. 肥., 17, 302.
38. 森田修一, (1948) : 土. 肥., 19, 31.
- * 39. TER MEULEN, H. (1935) : Proc. K. Acad. Wetenschappen Amsterdam, 38.
40. BARSHAD, J. (1948) : Soil Science, 66, 187.
41. MITCHELL, R. L. (1945) : Soil Science, Vol. 20, No. 1.
42. THOMAS, W. (1923) : Soil Science, 15, 1.
43. 小西, 栢植. (1933) : 日. 農. 化., 9, 124.
44. 濫谷, (1933) : 熱帯農学, 6, 64.
45. 平井, (1937) : 土. 肥., 11, 279.
46. ROBINSON, W. O. (1945) : Soil Science, 60, 15—24.
47. HIBBARD, P. L. (1943) : Soil Science, 56, 6.
48. 麻生, (1950) : 農. 園., 25, 3.
- * 49. COOK, F. C. (1916) : J. Agr. Research, 5, 877—891.
50. HOOGLAND, D. P. (1945) : Soil Science, 60, 63.
51. BARSHAD, L. (1948) : Soil Science, 66, 187.

*印は未だ原著を直接見得なかつた。

Summary

We studied on the contents of minor elements such as Cu, Zn, Mn, Ni, Mo, and V both in several kinds of soil in Ueda district and in some green leaves which grow up in the farm of Textile College of Shinshū University. The result was that the contents of these minor elements are not only different in each quantity but in each kind of soil and green leaves.