

# 桑樹に於ける微量元素含有量と桑葉中に於ける其の形態\*

志波清時・見平文雄

(昭和27年9月5日受理)

Kiyotoki SHIHA AND Tsumio KODAIRA : STUDIES ON THE CONTENTS OF THE MINOR ELEMENTS IN THE MULBERRY TREE AND THEIR FORMS IN THE MULBERRY LEAF.

## 緒 言

著者等は目下桑樹に対する微量元素の栄養生理について水耕法によつて研究中であるが、之等研究の予備研究として、桑樹の各部位並に発育程度を異にした桑葉中に於ける微量元素 Cu, Zn, Mn, 及び B の含有量について分析を行い、且つ桑葉内に於ける之等微量元素の形態について研究したので、茲に報告する。

## 実 験 方 法

供試材料は本学部農場に於て普通の如く栽培した桑樹を用いた。之等材料は採取後熱乾し粉碎して分析に供した。各要素の分析法は Cu に就ては HIBBARD<sup>(1)</sup>, Zn は森田法<sup>(2)</sup>, B は BERGER & TROUG<sup>(3)</sup>, Mn は灰化後蒼塩酸曹達法<sup>(4)</sup>によつて夫々分析した。

## 実 験 成 績

### (1) 桑樹各部位に於ける微量元素含有量

桑樹を地上部と地下部とに區別し、又地上部は更に葉肉、葉脈、新梢皮部、新梢木質部、古條皮部、古條木質部とに區別して、之等各部に於ける微量元素の含有量を比較した。其の結果は次の如くである。

第1表 桑樹地上部と地下部に於ける微量元素含有量比較 (乾物中 P. P. M)

要素別 部別	Cu	Zn	B	Mn
地上部 葉	10	16	35	270
地上部 茎	9	8	13	29
地下部 (根)	23	22	20	445

備考 供試材料は小型ポット栽培による魯桑実生 一年生9月10日採取のもの。

第2表 桑樹地上部に於ける微量元素含有量比較 (P. P. M)

要素別 部別	Cu		Zn		B		Mn	
	乾物中	生物中	乾物中	生物中	乾物中	生物中	乾物中	生物中
葉 肉	15.0	4.2	12.6	3.5	34.5	9.7	52.7	14.8
葉 脈	13.8	3.9	3.2	0.9	37.2	10.6	25.1	7.7
新梢皮部	9.6	2.8	13.9	2.6	24.8	7.1	2.4	0.7
新梢木質部	4.1	1.3	7.3	2.1	14.5	4.2	3.3	1.0
古條皮部	10.5	3.4	11.5	3.4	31.8	9.3	13.3	3.9
古條木質部	6.5	3.1	5.8	2.5	14.2	7.5	15.2	6.2

備考 供試材料は普通施肥の中刈仕立、桑品種魯桑を1950年8月10日採取せるもの。

\* 信州大学繊維学部土壤肥科学研究室業績

上記成績によれば Cu は根に最も多く存在し莖に最も少ない。葉は其の間である。葉肉には葉脈より多く含有され、皮部は木質部より其の含量が多い。Zn も Cu と殆んど同様な関係にある。B は葉に最も多く含有され、莖及根に少ない。葉肉と葉脈は稍同程度の含有量を示すが皮部は木質部に比して多く含有される。Mn は根に最も多く含有され、葉、莖の順序に減少する。又葉肉に多くて葉脈に少ない。木質部は皮部に比して含量多く、此の点は他の要素と趣きを異にする点である。尙従来の文献に於て PITCAICHLY & WORLEY<sup>(6)</sup> (1933) は或る植物の分析に於て樹皮と葉の中の Cu 含量を比較して樹皮に少なく葉に多い事を報じ、BERTRAND<sup>(7)</sup> (1933) は一般に葉の中の Zn 含量はクロロフィルの含量と正の相関々係を有し、各部位によつて異なる事を報じ、又 Mn は一般に葉に最も多く含有されるものと考へられ、LATSHAW & MELLER<sup>(8)</sup> (1924) は玉蜀黍の場合には幹よりも葉の中に多く Mn が含まれることを報じ、KELLY<sup>(9)</sup> (1914) はパイナップルでは葉は幹の10倍量の Mn を含むことを報告している。桑樹に就ても Mn 含量について数種の研究発表があり鈴木<sup>(6)</sup> (1926) は皮部と材部を比較して、皮部に少く材部に多い事を報じ、尾藤<sup>(10)</sup> (1927) は葉肉には葉脈より Mn 含量の多い事、桑品種によつて含量に差のある事を既に報告しているが著者の成績も之等の成績と一致する。又山崎氏<sup>(11)</sup> (1933) は桑葉中の Cu 含量について調査した。

### (2) 發育程度を異にした桑葉中の微量要素含量

發育程度を異にした桑葉中の微量要素の含量について分析した結果は次表の如くである。

第3表 發育程度を異にした桑葉中の微量要素含有量 (P. P. M)

發育別	要素別	Cu		Zn		B		Mn	
		乾物中	生葉中	乾物中	生葉中	乾物中	生葉中	乾物中	生葉中
一の瀬	1~3葉	18.7	3.4	12.5	2.4	36.3	6.7	45.7	8.4
"	5~6"	14.2	3.7	11.5	2.9	37.3	9.7	44.4	11.5
"	10~11"	13.4	3.7	10.0	2.8	37.5	10.4	50.7	14.0
"	14~15"	13.1	3.6	9.1	2.5	38.0	10.5	55.0	15.0
魯桑	1~3葉	14.2	3.1	12.1	2.6	32.9	7.1	22.2	4.8
"	5~6"	12.5	3.2	11.4	3.1	36.3	9.2	51.2	13.0
"	10~11"	12.2	3.2	12.2	3.3	37.9	10.3	50.2	13.7
"	14~15"	12.3	3.2	11.5	3.1	39.0	10.6	52.5	14.3

備考 供試桑は中刈仕立1950年7月11日採取のもの。

上記成績によると Cu と Zn は何れも乾物中では若い葉に多く、成熟葉に少ない。生葉中では若い葉に少なく成熟葉に多い傾向がある。B と Mn は何れも乾物及生葉中に於て若い葉に少なく成熟葉に多い。従来の文献に於て MAQUNE & DEMOUSSY<sup>(12)</sup> (1920) は Cu の含有量は成育旺盛なる細胞に多い事を報じ、JACOBSON & SWANBAEK<sup>(13)</sup> (1930) は煙草の葉では最上葉に Cu 少なく中央の葉に最も多く含まれることを報告している。尾藤<sup>(10)</sup> (1927) は桑葉中の Mn は成熟と共に増加する事を報告しているが著者の成績も之に一致する。

### (3) 桑葉中の微量要素の形態

桑葉中に存在する微量要素は如何なる形に於て存在するかについては、未だ一般的植物についての研究は極めて少ない様である。然し微量要素の植物生理との関係を明かならしめるには極めて重要な問題である。著者等は之等微量要素の形態に関する予備的実験として、桑葉を各種溶剤を以て処理した場合、其の溶解度について研究した。即ち風乾桑葉を各種の溶剤を以て抽出分別して、之等抽出物中の微量要素を分析定量し且分別物を膀胱膜を用いて透析を行い微量要素の透析の有無を検した。

(a) 95%温酒精，温水処理と微量要素の溶解

風乾桑葉に3倍量の95%酒精を加え，逆流冷却器を附して湯煎上にて1時間浸出を行い，濾過後残渣は再び同様の浸出を行う。然して浸出液が殆んど着色せざる迄繰り返し，酒精浸出液と残渣とに分別する。残渣には更に5倍量の水を加え逆流冷却器を附して湯煎上にて1時間浸出を行い後濾過す。同様の操作を3回繰り返して温水浸出物と，残渣とに分別する。斯くの如くにして分別したものに就て微量要素を分析定量した。其の結果を桑葉中の全量に対する%で示すと次の様になる。

第4表 95%温酒精，温水に対する微量要素の溶解度（桑葉中の全量に対する%）

溶剤別	要素別	Cu	Zn	B	Mn
95% 温酒精		40	31	微量	5
温 水		33	27	31	33
残 渣		27	42	69	62
計		100	100	100	100

備考 供試桑は普通施肥の中刈，桑品種魯桑，1950年8月10日採取のもの。

本成績によれば桑葉中のB，Mnは95%温酒精には極めて溶解し難いが，水には可成り溶解する。然し大部分は残渣中に残る。Cu，Znは95%温酒精，温水の何れにも可成りよく溶解する。残渣中にも可成り残留しておるようである。

(b) 各処理による微量要素の溶解

上記の如くにして得た分別物を更に次の如く各種の処理を行つて分別し，各分別物中の微量要素を分析定量した結果は第5表の如くである。分別法は次の如し。

桑葉の95%温酒精浸出物を酒精可溶物と沈澱物とに分別する。（温酒精浸出物を冷却放置する時は綿状の浮遊沈澱物を生ずる）酒精可溶物の方は酒精を揮発せしめた後温水を以て処理して温水可溶物と，不溶物とに分別する。温水不溶物は更にエーテルを以て処理して，エーテル可溶物と不溶物とに分別し，エーテル可溶物はエーテルを揮発除去した後アセトンで以て処理して，アセトン可溶物と不溶物とに分別した。95%温酒精で浸出せしめた残渣は温水を以て前記の如く処理して，温水可溶物と温水不溶物とに分別し，温水可溶物には50%に達する迄酒精を加えて沈澱する部分と，沈澱せざる部分とに分別する。何れも膀胱膜を以て透析の有無を検した。温水不溶の残渣は更に5%苛性曹達液を用いて処理し，之を可溶物と不溶物とに分別した。可溶物には酸を加えて中和し沈澱する部分と沈澱せざる部分とに分別して，各について膀胱膜による透析の有無を検した。最後に残つた残渣については膀胱膜による透析の有無を検した。

第5表 各種処理による微量要素の溶解

浸出処理別	要素別	Cu	Zn	B	Mn	
95% 温酒精浸出物	可溶物	94	20	微量	微量	
	不溶物	エーテル可溶	0	25	同上	同上
		エーテル不溶	5	4	"	"
	冷却沈澱物	微量	微量	"	"	
95% 酒精浸出物中全量		100	100	"	"	

浸出処理別	要素別	Cu	Zn	B	Mn
温水浸出物	50%酒精沈澱物	73 (透析されない)	微量	62 (透析される)	99
	沈澱せざるもの	27 (透析される)	100 (透析される)	38 (透析される)	1
温水浸出物中の全量		100	100	100	100
5%苛性曹達浸出物	酸中和沈澱物	38 (透析されない)	25 (透析されない)	4 (透析される)	5
	酸中和可溶物	40 (透析されない)	15 (透析されない)	86 (透析される)	50
残 渣		22 (透析されない)	59 (透析されない)	10 (透析される)	45
合 計		100	100	100	100

備考 各数字は95%酒精浸出物、温水浸出物、5%苛性曹達浸出物と残渣中の微量要素を100とした場合の指数を以て示す。

上記成績によつて

- (イ) 95%温酒精浸出物について見れば B と Mn は殆んど浸出されない事を知る。Zn は酒精浸出—冷却沈澱物中に多量に存在し、酒精可溶—水不溶—エーテル可溶—アセトン不溶物、及び酒精可溶—水不溶—エーテル可溶—アセトン可溶物中に可成りの量が存在する。然して酒精可溶—水不溶—エーテル不溶物と、酒精可溶—水可溶物中には殆んど存在しない。Cu は酒精不溶—水不溶—エーテル可溶—アセトン可溶物中に多量に存在し、他の部分には極めて少ない。NEISH<sup>(13)</sup> (1939) は Cu がクロロプラスト中に多量に存在することを報告しているが著者の実験による95%温酒精可溶物中の Cu は恐らくクロロプラスト中のものであると考える。
- (ロ) 温水浸出物について見ると、B は50%酒精沈澱物中に大部分存在し、沈澱せざる部分には少量存在するに過ぎない。何れの場合も膀胱膜で処理する時容易に透析される。このことから B と他の物質との結合は弱いものと考えられる。Cu も B と同様に50%酒精沈澱物中に多量に存在する。之は B と異なり透析されない。之は Cu が他の物質と結合して存在するとすれば其の結合は可成り強いものと考えられる。然して50%酒精によつて沈澱せざる部分に少量の Cu が存在するが之は容易に透析される。Zn は50%酒精に沈澱する部分には殆んど存在せずして、50%酒精に沈澱せざる部分に多量に存在する。然して之は容易に透析される。Mn は50%酒精沈澱物中に主として存在する。
- (ハ) 5%苛性曹達浸出物について見るに、B は苛性曹達可溶—酸中和沈澱物中には殆んど存在せずして、苛性曹達可溶—酸中和沈澱せざるものの中に多量に存在する。何れのものも容易に透析される。Cu は酸中和沈澱物、及び酸中和沈澱せざる物中に存在するが之等は透析されない。Zn は Cu と同様各分別物中に存在し且つ透析されない。Mn は酸中和沈澱物中には少量存在するに過ぎずして酸中和沈澱せざるものの中に主として存在する。
- (ニ) 残渣について見るに B, Zn, Cu, Mn の何れも可成りの量が残渣中に存在する。然して B のみは容易に透析されるが Zn, Cu は透析されない。

微量要素中 Cu の形態についての文献として KUBOWITZ<sup>(14)</sup> (1938), DALTON<sup>(14)</sup> (1938), KLEILN & MANN<sup>(15)</sup> (1938) 等は酸化酵素に Cu の存在することを報告している。

### 総 括

微量要素 Cu, Zn, B, Mn の桑樹各部に於ける含有量並生育程度を異にした桑葉中に於ける之等微

量要素の含有量を分析し且桑葉中に於ける微量元素の形態について予備実験をなした。其の結果を総括すると次の如くである。

(1) Cu は根に最も多く莖に最も少なく葉は其の間にある。葉肉は葉脈より多く、皮部は木質部より多い。Zn は Cu と殆んど同様な 係にある。B は葉に最も多く莖及根に少ない。葉肉よりも葉脈に多く、皮部は木質部よりも多い。Mn は根及葉に多く莖に少い。葉肉は葉脈より多く、木質部は皮部より多い。此の点は他の要素と異なる所で興味のある点と考えられる。

(2) Cu と Zn は何れも乾物中では若葉に多く成熟葉に少ない。然し生桑中では若葉に少なく成熟葉に多い。B と Mn は乾物生葉何れ中に於ても若葉に少なく成熟葉に多い。

(3) 桑葉中の B, Mn は95%温酒精には極めて溶解し難いが温水には可成り溶解する。然し大部分は残渣中に残る。Cu と Zn は何れも95%温酒精及水に溶解するが一部残渣中に残る。桑葉を95%温酒精、温水、5%苛性曹達等を以て処理し其の分別物中の微量元素の含有量を分析し、或は膀胱膜による透析の有無を検した結果、各要素によつて夫々異なつた興味ある結果が得られた。

## 文 献

- (1) HIBBARD, P. L. (1937) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 9, 127.
- (2) 森田修二 (1948) : 日化会誌, 69, 174.
- (3) BERGER, K. C. & TRUOG, E. G. (1939) : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 11, 150.
- (4) 石橋雅義:基礎容量分析中巻
- (5) PITOATHILY, N. P. & F. P. WORLEY, (1930) : J. Agr. Sci., 23, 204.
- (6) BERTRAND, G. & M. ANDERTCHEVA, (1933) : C. R. Acad. Sci. Paris., 197, 1374.
- (7) LATSHAW, W. I. & E. C. MELLER, (1924) : J. Agr. Res., 27, 84.
- (8) KELLEY, W. P. (1914), Hawai Stat. Bull., 26.
- (9) 鈴木広吉, (1926) : 佐久良会誌, 19号.
- (10) 尾藤省三. (1927) : 日農化誌, 3, 921.
- (11) MAQUENE, L. & E. DEMOÛSSY, (1920) : C. R. Acad. Sci. Paris., 170, 87.
- (12) JACOBSON, H. G. M. & T. R. SWANBACK, (1930) : J. Am. Soc. Agr., 24, 237.
- (13) NEISH, A. C. (1939) : Biochemical J., 33, 300.
- (14) DALTON, H. R. (1938) : J. Am. Chem. Soc., 61, 2946.
- (15) KLEILN, D. & T. MANN, (1938) : Proc. Roy. Soc., 135B, 187.
- (16) KUBOWITZ, F. (1937) : Biol. Chem. Z., 292, 22.
- (17) 山崎寿 外一名 (1933) : 日蚕誌, 4, 83.

### S u m m a r y

We studied on the contents of minor elements Cu, Zn, B, Mn in the mesophyll, the leaf vein, the stem, the bark and the wood of the mulberry tree, and the leaves which were in different stages of growth. The forms of these elements in leaves are also studied. The results of these experiments are as follows.

Cu is distributed in the root more than in the stem. Its content in the mesophyll is larger than in the leaf vein and that in the bark is larger than in the wood.

The contents of Zn in the above-mentioned portions of the mulberry tree stand in the same relationship with those of Cu in them. The content of B in the leaf is larger than in the stem and the root, and that in the mesophyll is larger than in the leaf vein, and that in the bark is larger than in the wood. The Mn contents in the root and the leaf are larger than in the stem; the Mn content in the mesophyll is larger than in the leaf vein and that in the bark is larger than in the wood. Cu and Zn contents in the younger leaf are larger than in the older leaf but B and Mn contents in the younger leaf are smaller than in the older leaf.

B and Mn in the leaf are not soluble in 95% hot alcohol but fairly soluble in hot water. But more than half quantities of these elements are left in the residue. Cu and Zn in the leaf are soluble in 95% hot alcohol and in hot water but small portions of these elements are left in the residue.