

## 水稻の生育に對する銅の影響に就て(第二報) 水耕試験結果

徳岡松雄・徐水泉

### Ueber den Einfluss des Kupfers auf das Wachstum der Reispflanze II.

von

M. TOKUOKA und S. DYU.

(昭和13年2月5日受理)

#### 緒 言

銅の微量が作物の増收を來す事<sup>1,2)</sup>は既<sup>3)</sup>に認められた處にて特に水稻の土耕試験に於て穀實の増收を來す事は本研究の第1報<sup>4)</sup>に報告せる處である。然し土耕と水耕とに於ては他の栽培條件が凡て同一でも全く異なる結果の生ずる事<sup>5)</sup>は屢々認めらるゝ現象である。それ故一方に於て水耕試験に依りても土耕試験と同様の結果を得らるゝや否やを明にし、他の一方に於ては前回の試験に於て試料の關係上確める事の出来なかつた銅施用量と穀實の銅含量との關係を明確にし穀實増收の機構闡明の上に一步を進める目的で此試験を行つたのである。

#### 實 驗 之 部

供試作物としては水稻臺中65號の約10cmに伸びた20日苗を用ゐた。培養器は内容2.2Lの硝子圓筒にして水耕液としては大體春日井氏<sup>6)</sup>の處方に從ひ其1L中に含まるゝ各種の栄養素の量は次の如くである。

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.1447 g	CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.0109 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.0333 g	FeCl <sub>3</sub>	0.0003 g
KCl	0.0324 g	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.00014 g
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.0366 g		

尚液の稀釋には水道水を用ゐたる故 Si 其他の諸元素の混入せる事も確實である。以上の培養液に1:3のHClの適量を加へて其pHを大體5.5附近に保ち水稻苗は1本宛竹筴の上に清淨なる石英片にて保持した。銅は硫酸銅として與へ其施用量は次の如くである。

區別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cu.(p.p.m.)	0	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5	1	5	10	20

水耕液の更新は大體 3 日毎に行ひ收穫前 2 週間は水道水に微量の HCl を添加して、pH を 5-6 の間に保てるものゝみを與へた。試験は 2 箇宛平行に施行し、次に示す各表中の數字は其平均値である。各培養器は全生育期間中硝子室の中に靜置した。

實驗結果の概要を示せば次の如くであつて昭和 12 年 7 月 9 日に移植し 11 月 28 日に收穫した。

1. 生育調査 生育中草丈根長等に就ての調査結果を第 1 表に示す。

第 1 表 (a) 生育調査表 (其一)

區別	11 (7月19日)			29 (8月6日)			50 (8月27日)			68 (9月14日)		
	草丈 cm	根長 cm	分蘖	草丈 cm	根長 cm	分蘖	草丈 cm	根長 cm	分蘖	草丈 cm	根長 cm	分蘖
1	16.25	14.05		24.25	15.15	1	53.7	18.2	3	65.8	19.9	3.5
2	15.7	14.1		30.1	14.6	1	65.5	18.4	3	70.9	19.0	3.5
3	15.8	14.7		28.4	17.2	1	57.7	21.1	3	67.6	21.7	4.0
4	15.1	13.3		20.7	14.3	1	50.2	15.6	2	61.7	16.8	2
5	15.5	10.6		16.3	15.4	1	43.9	17.7	1	62.4	18.2	2.5
6	15.75	13.7		16.1	14.0	1	34.2	14.7	1	47.7	16.8	1
7	8.1	11.6		14.6	11.4	1	16.4	12.3	1	20.3	13.3	1
8	6.4	10.6		12.8	10.9	1	13.4	13.3	1	13.9	13.4	1
9	7.0	10.6		10.5	11.3	1	13.6	12.1	1	—	—	—
10	6.8	12.7		10.7	12.5	1	—	—	—	—	—	—

第 1 表 (b) 生育調査表 (其二)

區別	84 (9月29日)			96 (10月11日)			115 (10月30日)			134 (11月18日)		
	草丈 cm	根長 cm	分蘖	草丈 cm	根長 cm	分蘖	草丈 cm	根長 cm	分蘖	草丈 cm	根長 cm	分蘖
1	67.4	19.7	3.5	75.4	24.6	5	78.4	23.4	12	83.3	29.7	14
2	71.0	19.7	4	77.3	27.3	4	78.9	23.9	9.5	84.4	29.6	13.5
3	72.3	22.0	4.5	76.2	29.9	5.5	78.6	29.2	12.5	79.8	30.6	13.5
4	66.1	17.6	2	73.2	19.6	2	77.1	20.9	6	82.4	28.4	6.5
5	64.0	18.8	2.5	66.0	25.3	2.5	68.8	17.4	4.5	72.2	29.6	5.5
6	51.3	10.3	1	53.5	10.3	1	57.2	7.2	3.5	59.4	23.3	3.5

生育状態に於ては第 1 表で明かであるが 8 月 6 日に 10, 8 月 27 日に 9, 9 月 14 日には 7, 8, の諸區は完全に枯死した。分蘖に就ては 8 月 6 日の調査迄は何れも増葉を見ず 1 本であつたが、8 月 27 日調査以後は大體に於て銅の微量施用區 (0.005-0.01 p.p.m.) の増葉は標準區に比し勝るとも劣らぬ成績を示したが 4, 5, 6, の 3 區は何れも標準區に比し増葉が少い。

次に草丈に就ては 2, 3 兩區が最も高く標準區が之に次ぎ、その後は大體に於て銅施用量と反比例してゐる様である。根長に就ては 10 月 30 日の調査迄は大體草丈の場合に於けると同様の關係を認め得るが 11 月 18 日に於ける根長の飛躍的伸長は特に注目し得る事柄である。

次に生育中出穂期日に就て調査した結果を集録すれば第 2 表の通りである。

第 2 表 出穂期日調査表

區別	1	2	3	4	5	6
出穂期						
期日	10月31日	10月22日	10月30日	11月1日	11月1日	無出穂

上表によれば出穂の遲速に及ぼす銅の影響は明かに現はれて居り、即ち 0.005 p.p.m. の時が最も出穂早く 0.01 p.p.m. の時も標準區より稍早い。然し 0.05 p.p.m. 以上になれば出穂は明かに遅れて居る。

II. 生育中に於ける水耕液 pH の變化

水耕液交換の際に施用後の液に付き測定せる pH の結果を第 3 表に集録した。

第 3 表 pH 値 (ケンヒドロン電極法に依る)

區別	移植後経過日數	19	32	43	65	80	100	112
		(7月27日)	(8月9日)	(8月20日)	(9月11日)	(9月25日)	(10月15日)	(10月27日)
1		6.07	4.51	3.75	3.65	3.81	3.03	3.14
2		5.39	3.97	3.61	3.75	3.92	3.07	4.38
3		5.28	3.94	3.60	3.65	3.91	3.14	3.30
4		5.02	4.55	3.69	3.71	3.95	3.25	3.40
5		5.51	4.82	3.73	3.73	4.10	3.35	3.56
6		5.90	4.11	3.79	3.72	4.20	3.41	3.60
7		6.11	4.22	3.84	3.82	—	—	—
8		5.79	4.34	3.86	3.80	—	—	—
9		5.42	5.77	3.87	—	—	—	—
10		5.13	—	—	—	—	—	—

pH に就ては移植後 32 日迄は大體 4-6 の範囲内にあるが以後は 3-4 に下つてゐる。尙此場合銅施用量に基く pH の著しき變化は認められなかつた。

III. 收穫物調査 收穫の中有効分蘗數と穀實收量を示せば次の如くである。

第 4 表 . 有効分蘗數と穀實收量

區 別	有効分蘗數	穀實收量 (g)
1	4	4.1
2	4	4.8
3	3.5	3.5
4	1	1.0
5	1	1.3
6	0	0

上表を見るに有効分蘗數及穀實收量共に相當良く生育狀況と平行して居り、即ち 0.005 の區が穀實收量に於て標準區に優り 0.01 p.p.m. 以上になると著しく有効分蘗數と穀實收量の減少を來し、0.5 p.p.m. の時には結實を見なかつた。

次に乾物量に付き調査した結果を第 5 表に示す。

第 5 表 乾 物 量 (g)

區 別	根	莖	合 計
1	3.8	12.3	16.1
2	3.7	12.5	16.2
3	3.0	11.5	14.5
4	1.4	5.6	7.0
5	1.1	3.5	4.6
6	0.4	0.0	1.3
7	0.016	0.041	0.057
8	0.013	0.0271	0.0401
9	0.01	0.0165	0.0265
10	0.014	0.0217	0.0357

上表に於て 1 p.p.m. 以上の區は枯死したものに就きて調べた。

乾物量に付き総合的に見て銅を微量施用した場合は標準區と同等な成績を示して居り、0.05p.p.m. 以上になると著しく乾物量の減少を來した事はよく穀實收量の場合と平行して居る。

#### IV. 窒素及銅の分布

1) 窒素 ガンニング氏變法により定量した結果は次の如くである。

第 6 表 窒素分布表 (氣乾物中%)

區 別	葉	根
1	1.30	1.51
2	1.22	1.73
3	1.32	1.48
4	1.44	1.77
5	1.51	1.65

窒素の含量は同一區にて根の方が葉より大なる點は前報<sup>7)</sup>と同様であるが、銅施用量の多い區には大體に於て窒素含量も多い傾向を示してをる。

2) 銅 C. A. ELVEHJEM 及 C. W. LINDOW<sup>7)</sup> 法により定量した結果を第 7 表に示す。(此分析の大部分は諸岡等君の行つたもので同君の助力を感謝す)

第 7 表 銅分布表 (氣乾物中%)

區 別	葉	根	穀 實
1	0.00055	0.00295	0.0005
2	0.00165	0.00535	0.0018
3	0.00185	0.0046	0.0021
4	0.00375	0.0112	0.0063
5	0.00345	0.0126	0.0070

第 7 表に於て明かなる如く葉、根、穀實の何れの場合も銅施用量の多い區には銅含有量も多い。尙同一個體に就ては葉の銅含量より根の方が著しく高い事は志方<sup>7)</sup>氏等の實驗結果と一致する。

### 考 察

以上の實驗結果を綜合して見ると部分的には異なる點もあるが、大體に於て前回の土耕試驗と同様の結果を得てをる。即ち銅の微量を施せば葉や根の收量は變化しないが穀實の收量は増加

する。而して穀實收量の最高は銅の施用量 0.005 p.p.m. 内外の時に得られ銅施用量を更に増加すれば穀實は勿論他の部分の收量も減少し、0.5 p.p.m. に至れば結實不能となり、更に増加して 1 p.p.m. となれば各植物は其成熟期に達せざる中に枯死する。

銅の微量が生育を促進する事は出穂期に對する影響から考へても容易に肯定し得る事である。本試験には水道水を使用せる關係上銅が水稻生育上必須の要素なりや否やを斷定する事は不可能であるが水道水の銅含量は普通の定性反應では檢出し得ない程度であるから、假りに水稻生育上必須のものとしても其必要量は極めて微量で足るものと推定せらる。

銅の害作用は既に 0.05 p.p.m. に於ても現はれてをるが 0.5 p.p.m. に至りて其影響は極めて著しい。此點は亞鉛の害作用が 0.5 p.p.m. に至つて急激に増加して來た<sup>9)</sup> のと類似してをる。此 2 元素の毒作用に就ては BURSTRÖM<sup>10)</sup> が *Tilletia-Sporen* に就て比較し n/1000 の濃度に於ては Cu の 69 に對して Zn が 95 を示し、後者の方が約 30% 毒性が強い事になつてをる。著者等の場合には栽培條件が兩者に於て多少異つてをるが兩元素の毒作用は大體同一である。

收穫物の窒素含量は土耕試験に於ては銅施用量を増加しても殆んど増加しなかつたが、水耕試験に於ては餘り明瞭ではないが窒素含量は幾分増加の傾向を示してをるが、之を Zn<sup>11)</sup> の場合に比すれば其程度は劣つてをる。恐らく Cu も窒素同化の作用を有してをるが其力微弱にして土耕試験程度の窒素施用量では其効果は殆んど認められないので、水耕試験程度に與へて漸く其影響が現はれるのであらう。

銅施用に依る穀實の増收は理論的に實際的に見て最も重要な事柄であつて、前報に於ては其機構は窒素同化作用に基くものではなく、Ewert<sup>12)</sup> の説の如く銅の澱粉沈積速度の増加に因るものと推論して置いたが本研究に於ては穀實中の銅含量を定量して、大體銅施用量に平行する事を認めた。然し他の一面に於て銅施用量の増加は植物體に對する害作用を増加する故に穀實全體の收量は却つて減少する。それ故に穀實收量は其銅含量とは必ずしも平行するものではなく銅施用量 0.005 p.p.m. 内外の時に最高量を示す結果となる。

窒素の供給量と根の生長に關しては森田桂次氏<sup>13)</sup> は *スズメノテツボウ* を實驗材料として極めて興味ある研究を發表してをる。著者等は此水耕試験の末期に於て水耕液の施用を中止して水道水のみを施した場合に根の急激なる伸長を見たのである。普通根の伸長は榮養素特に窒素の供給量に或程度迄比例する様に考へられ、又森田氏は實際に於て之を實證したのであるが著者等の觀察した事實は寧ろ之と正反對である。著者等は此事實を單に微量要素の存在に歸する事なく次の如き生態的理由が存在し得るのではないかと考へるのである。即ち榮養素を十分に含有せる水耕液の存在に於ては植物根は培養器内の上方の比較的小なる容積内より十分なる榮養素を吸收し得るを以て植物根は多數の淺根の存在にて足る譯である。然るに榮養素不十分なる水

道水内に於ては十分なる栄養素を得るためには勢從來よりも廣大なる空間内に求むる必要を生ずる故植物根は此目的遂行上立體的に急激なる伸長をなす様に考へる。勿論根の重量増加其者は恐らく栄養素供給多量の場合の方が大であると考へられるが、根の生長を舊空間内に於る密生と新空間への延長とに別けて考へた方が一層根の生長の意義が明瞭になると思ふ。之等の點に就ては此方面の専攻者より垂教を賜るを得ば著者等の幸とする處である。

### 總 括

水稻臺中 65 號を用ひて其生育及收量等に對する銅の影響を水耕法によりて検討し、結果の概要は次の通りである。

- 1) 銅の微量施用區 (0.005 p.p.m. 迄) は標準區よりも水稻の生育、出穂、有效分蘗數、及穀實收量共に優つて居るが 0.05 p.p.m. 以上施用した區には害作用が現はれて著しく標準區に劣り、1 p.p.m. を越すと何れも成熟期に至らずして枯死した。
- 2) 生育中に於ける水耕液 pH の變化は銅施用量に依り殆んど影響がない。
- 3) 葉及根に於ける窒素の分布は同一區に於ては根の方が葉より含量高く、又銅施用量の多い區には窒素含量も高い傾向を示す。
- 4) 葉、根及穀實に於ける銅の分布も銅施用量の多い區には銅含量も多く、同一區に於ては根の方が葉よりも含量高く、穀實の場合はその中間に介在する。
- 5) 水稻に對する銅の最適施用量は以上の結果から水耕液重量に對し 0.005-0.01 p.p.m. の範圍内にある。

(臺北帝國大學理農學部土壤肥料學教室)

### 引 用 文 獻

- 1) R. V. ALLISON, O. C. BRYAN and T. H. HUNTER, Florida Agr. Exp. Stat. Bul. 190, 1927.
- 2) O. C. BRYAN, J. Amer. Soc. Agr. 21, 923-933, 1929.
- 3) A. L. SOMMER, Plant Physiol. 6, 339, 1931.
- 4) 徳岡、諸岡、熱帯農學會誌, 9, 339, 1937.
- 5) S. YAMAGUCHI, J. Fac. Sc. Hokkaido Imp. Univ. Ser V. Vol. IV. No. 1, 25, 1935.
- 6) 春日井、日本土壤肥學雜誌, 8, 401, 1934.
- 7) C. A. ELVEHJEM, C. W. Lindow, J. Biol. Chem, 81, 435, 1929.
- 8) 志方、節、保崎、日本農藝化學會誌, 10, 368, 1934.
- 9) 徳岡、諸岡、熱帯農學會誌, 10, No. 1, 1933.
- 10) H. LUNDEGARDH, Die Nährstoffaufnahme der Pflanze, 317-318, 1932.
- 11) 徳岡、諸岡、熱帯農學會誌, 9, 358, 1937.
- 12) R. EWERT, Pflanzenkrankheiten, 22, 257, 1912.
- 13) 森田桂次、生態學研究, 3, No. 4, 349, 1937.