

陸稻生育に對する銅の影響に就て

徳岡松雄, 徐 永泉, 魚川秀辰

(臺北帝國大學理農學部)

緒 言

銅の微量が作物の増收を來す事は從來から認められた事實^{1,2,3)}であり又嘗つて當教室では水稻^{4,5)}及び蔬菜⁶⁾の栽培に於てその微量施用は増收を來すが多量を施せば害作用の現はれる事を認めた。

然るに陸稻 (*Oryza sativa* Linn) に於ては微量物質關係の研究が殆どない事と又近時盛んに叫ばれてゐる山地開發と、食糧確保等の問題と相結んで考へる時陸稻は將來必然的に重要な作物として登場して來るものと思はれる。

其故之れに對する微量物質の作用を明かにする目的の下に微量物質の一である Cu の施用と陸稻生育との關係に就て研究した結果を報告する。

實 験 の 部

- 1) 土壤、本學附近の丘陵地より得たる第3紀砂岩頁岩質細壤土 (pH=6.5) を Wagner 鉢當り 12 kg 及び磑 2 kg 宛を使用した。
- 2) 肥料、N: 0.5 g (21%三井硫安 2.3809 g); P_2O_5 : 0.5 g (19.5%住友過磷酸肥料 2.5641 g); K_2O : 0.5 g (市販硫酸加里 1.1111 g) 宛を鉢當り施用した。
- 3) 銅: 硫酸銅として施用し、各區に對する Cu 施用量 (p. p. m) は次の如くである。

區別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cu	0	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0

- 4) 播種管理及び收穫、昭和15年4月1日に浦三の種子を鉢當り30粒宛播種し、同月16日間引して5本宛となし、同年8月19日之れを收穫した。栽培期間中は鉢は硝子室内に置き適宜に灌水し、除草驅蟲に努め、其間適當なる日を定めて、草丈、分蘖數並びに出穂等に就て調査した。

I. 生育調査 調査結果は第1及び第2表の如くである。表中の數字は同一區の2鉢に對する値を平均したものである。

草丈は全生育期間を通じ大體に於て2-8區迄は標準區に優るも9, 10の兩區

第1表 生育調査

區別	播種後45日 (5月15日)		播種後69日 (6月8日)		播種後95日 (7月4日)	
	草丈 cm	分蘗數	草丈 cm	分蘗數	草丈 cm	分蘗數
1	55.0	85	85.3	130	98.9	130
2	57.2	90	77.4	110	103.2	115
3	55.2	90	86.9	105	104.5	105
4	59.7	90	85.6	105	103.3	95
5	55.3	85	86.9	100	105.9	100
6	57.2	11.0	85.8	110	104.0	110
7	55.6	9.5	85.3	110	98.9	110
8	53.4	7.0	86.9	85	98.6	80
9	48.3	5.0	77.4	55	92.2	5.5
10	39.8	5.0	72.6	6.5	88.9	5.5

第2表 生育調査

區別	播種後117日 (7月26日)			播種後141日 (8月19日收穫)		
	草丈 cm	分蘗數	出穂數	草丈 cm	分蘗數	出穂數
1	97.0	14.0	6.5	97.4	15.0	11.0
2	99.8	17.5	9.0	99.9	17.5	11.5
3	104.5	15.5	8.5	105.1	16.5	10.5
4	103.6	16.5	9.5	107.7	16.0	11.0
5	104.6	16.5	10.0	104.8	16.5	13.0
6	102.7	18.5	7.5	103.1	17.5	12.0
7	95.8	13.0	9.5	98.6	14.5	11.0
8	99.5	8.5	6.5	99.8	10.0	9.5
9	90.3	7.5	5.0	91.8	12.0	10.5
10	88.3	7.5	4.5	91.2	11.5	10.0

は稍劣り、此現象は特に7月4日以降に於て稍顯著に現はれてゐる。尙生育初期に於ては明瞭ではないが生育後期即ち7月26日以降の調査結果から見れば草丈に對するCuの最適施用量は土壤重量に對し0.5—5 p. p. m. にあるものと見られる。

次に分蘗數は7月4日の調査迄はCu施用區は何れも標準區より少いが、7月26日以後は2-6區は標準區に優り7-10區は依然として標準區に劣つてゐる。

其故分蘗數に對するCuの有効作用は生育後期に現はれるものの如くその施用適量は0.1-10 p. p. m. にあると認められる。最後に出穂數は2-7區が何れも標準區より多く、就中5區が一番多い。尙9, 10兩區の出穂數も標準區に比し著しく劣つてゐない點は特に收穫當日の數字によりて明かである。

II. 出穂期 出穂は各區共7月中に行はれ其平均出穂日は次の如くである。上記の期日は2鉢の出穂日の中間日を示したもので最も早いのは8區の7月

第3表 出穂日

區別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
出穂日	14日	8日	7日	11日	8日	11日	10日	6日	8日	10日

6日で次は3區の7月7日にして最も遅いのは標準區の7月14日である。全體的に見てCu施用區は何れも標準區より出穂は早い。Cu施用量と出穂日とは必ずしも平行してをらない。

III. 收穫物調査 收穫物に就て調査した結果を第4表に集録する。表中の數字は全て同一區の2鉢に對する値の平均で重量は風乾物の重量を意味する。

第4表 收穫物調査表

區別	穀實		地上部(g)			地下部(g)		T/R
	總數	重量(g)	穂	葉	合計	根	總計(g)	
1	894	10.9	11.5	26	37.5	6.5	44.0	5.77
2	887	12.6	13.7	27	40.7	8.1	48.8	5.02
3	740	16.8	17.7	16	33.7	5.9	39.6	5.71
4	925	12.4	13.0	24	37.0	4.1	41.1	9.02
5	630	14.2	15.0	23	38.0	4.5	42.5	8.44
6	858	10.9	11.8	29	40.8	5.2	46.0	7.84
7	960	13.5	14.7	29	43.7	3.6	47.3	12.14
8	795	11.8	12.8	19	31.8	3.4	35.2	9.35
9	528	7.0	7.9	18	25.9	1.0	26.9	25.90
10	528	5.5	5.3	15	20.3	1.5	21.8	13.53

穀實數の最も多いのは7區の960で9, 10兩區の528は最も少い。重量では3區の16.8gが最高で全體的に見て2-8區迄は標準區に優つてゐる。次に收穫物全量に就て觀察すると2區の48.8gが最高にして3區の39.6gを除けば2-7區迄は皆40g以上になつてゐる。然るにCu施用量30 p. p. m. に於ては40g以下に下り40 p. p. m. 以上に達すれば30g以下に減收してゐる。葉の收量は3, 8, 9, 10の諸區を除けば略標準區と等しく根は2區の8.1gが最高で外は何れも標準區に劣るに反し穂は2-8區迄は皆增收となつてゐる結果から考へれば全收量に於ける2, 6, 7區の增收は主として穂の增收に基因するものにして此の點Cu施用は穂の增收延ひては穀實の收量をも高める事を證明するものであつて従來の結果⁴⁾と一致する。

T-R率は上記の結果からCu施用量に平行して上昇の傾向を取る事は表によりて明かである。最後に根の收量に就て見れば恰もCu施用は微量と雖も根の發育を害する如く見られるが併し根發育の餘り良くない。4, 5, 6, 7の諸區が

穀實，地上部收量に於て相當な增收を示せるところにより 20 p. p. m.迄の Cu 施用量では根系全體として吸收作用には餘り悪影響はない様である。然るに Cu 施用量が 30 p. p. m. 以上特に 40 p. p. m. 以上に達すれば Cu 夫自身の害作用に依り根發育の抑制される事は勿論の事延ては地上部發育，收量に悪影響を及ぼす事は生育調査並に收穫物調査兩結果から見て明かである。

IV. 炭素含量 收穫物各部の炭素含量を濕式クロム酸法で定量した結果を第5表に示す。熱乾物中%とは 110°C で乾燥したる試料に對しての%を意味する。

第5表 炭素含量(熱乾物中%)

區別	葉	稈	根	區別	葉	稈	根	區別	葉	稈	根
1	41.01	42.09	39.96	5	40.28	40.02	40.89	9	41.37	41.61	39.98
2	40.74	41.51	39.14	6	41.41	40.25	40.49	10	42.31	41.91	39.81
3	39.93	43.90	39.71	7	43.98	43.30	40.35				
4	40.99	41.44	40.31	8	39.79	40.31	39.76				

葉部に於ける炭素含量は 7,10 兩區の 43.98 及び 42.31 %を除けば他の諸區間の差異は甚だ僅少であつて 39.79-41.41 %の間に在る。稈部に於ては 3,7 區を除けば他の諸區間もその差異著しくなく 40.02-42.09 %の値を示してゐる。葉部及び稈部に於ける炭素含量は大體同様であるに反し根部 (39.14-40.89 %) の場合は一般に稍低い結果を示してゐる。

V. 窒素含量 ガンニング氏變法に依つて定量した。

第6表 窒素含量(熱乾物中%)

區別	葉	稈	根	區別	葉	稈	根
1	0.94	0.67	1.20	6	0.83	0.62	1.89
2	1.10	0.92	1.26	7	0.97	0.79	1.11
3	1.05	0.73	1.54	8	0.96	0.61	1.15
4	1.06	0.78	1.43	9	1.14	1.29	1.49
5	0.97	0.75	1.23	10	0.89	0.99	1.35

窒素含量に於ては葉は 0.83-1.14 %, 稈は 0.61-1.29 %, 根は 1.11-1.89 %の間に在つて各部間の比較では稈が最小で根に最も多く葉は之等の中間に位してゐる。Cu 施用量と窒素含量との關係に就て觀察すると比例的關係になつてゐないが大體各部とも Cu 施用によつて何れも窒素含量の増加を來し、特に微量施用に於て稍著しい上昇を示してゐる。之れを換言すれば施用は明かに窒素同化作用に好影響を及ぼすものと考へられる。

尙上記の傾向は水稻と Cu との場合にも認められた事實で特に根部に於ける

窒素含量の高い事は土耕⁴⁾、水耕⁵⁾兩試験結果と一致する。

VI. 炭素率 前記の炭素及び窒素含量より各部各區に於ける炭素率を計算して第8表の如き結果を得た。

區別	葉	稈	根	區別	葉	稈	根
1	43.63	62.82	33.30	6	49.89	64.92	21.42
2	37.04	45.11	31.06	7	45.34	54.81	36.35
3	38.03	60.14	25.78	3	41.35	66.08	34.57
4	33.67	53.12	28.18	9	36.28	32.25	26.83
5	41.53	53.36	33.24	10	47.54	42.33	29.48

前述の炭素定量の際には Cu 施用の影響は各區に就て殆ど現はれず、又葉部及び稈部の炭素含量は大體相等しく根部に於て稍低下する傾向を見た。又窒素定量の際には全般の傾向として比例的ではないが Cu 施用は窒素含量の増加を來し、根部に最も多く、稈部に最も少い事を認めた。

其故炭素率の値は大體 Cu 施用區に於て低く且つ稈部に大きく根部に小さく現はれ、Cu 施用量に比例しない理であつて之らの諸關係は第8表より容易に分る。尙各部を比較して見ると大體稈(32.25-66.08%)に於て最も高く、葉(36.28-49.89%)が之に次ぎ、根(21.42-36.35%)の場合が最も低い。

VII. 銅含量 Cu 施用量の相異によりて陸稻の各部の發育が異なる事は前記の生育及び收穫物調査の結果により明かであつて之れは施用した Cu が植物根に吸収せられ更に他の部分に移動蓄積し Cu 特有の作用を呈した結果に他ならない。其故陸稻の各部に於ける Cu 含量を調べる事は上記の關係を一層明かにする上に役立つものと信ずる。Cu の定量は C. A. ELVEHJEM 及び C. W. LINDOW の法に依つた。

區別	葉	稈	根	區別	葉	稈	根
1	0.0005	0.0004	0.0002	6	0.0099	0.0088	0.0043
2	0.0034	0.0004	0.0022	7	0.0100	0.0084	0.0094
3	0.0023	0.0011	0.0007	8	0.0040	0.0024	0.0179
4	0.0037	0.0025	0.0047	9	0.0045	0.0024	0.0117
5	0.0035	0.0039	0.0045	10	0.0034	0.0040	0.0094

Cu 施用量と各部の Cu 含量との關係を觀察すると全般的に見て Cu 施用區は標準區よりも Cu 含量高く又 Cu 施用量の増加に連れて Cu 含量も増加し或量以上を施用すると却つて Cu 含量の低下を來す結果となつてゐる。此の Cu 含量の最高點は葉と稈では略相等しく Cu 施用量 10-20 p. p. m. に於て現はれ、

根では 30 p. p. m. 前後である。

Cu 施用量の多い 8, 9, 10 區に於ける Cu 含量は根に比し葉及び稈に於て著しく低いのは最初から限度を越えたる Cu 施用量に於て生育せる根は著しくその生理機能を害され、爲めに養分吸収並びに Cu 吸収に異常を來し、根に於ける Cu 含量の低下と生理機能の衰退によりて起るものであらう。

尙同一區に於て全般的に見て根の方が葉及び稈の場合よりも Cu 含量の高い事は一般に認められた結果^{4, 5, 8, 9)} とよく一致する。

VIII. 土壤の pH. 收穫當日に各區の土壤を採集しアンチモン電極を以て蒸留水懸濁液及び N-KCl 懸濁液の pH を測定して次の如き結果を得た。

第 9 表 土 壤 の pH

區別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H ₂ O	6.8	6.8	6.7	6.8	6.7	6.4	6.3	6.1	5.8	5.2
KCl	5.6	5.4	5.3	5.3	5.4	5.3	5.0	5.1	5.1	4.7

之れに依れば明かに Cu 施用は pH を低下せしめる。陸稻生育に對する最適 pH は 4.96¹⁰⁾ なる故上記の傾向は寧ろ好都合である。其故 Cu 多量施用區に於ける害作用は pH によるよりも Cu 自身の直接害作用によるものであらう。

考 察

以上の實驗結果を綜合して考へると 20 p. p. m. 迄の Cu 施用は陸稻の生育に良好なる影響を與へ特に穀實の增收を來すが、30 p. p. m. に至れば部分的に Cu の悪影響が現はれ、稈、分蘖數、が稍減少する。40 p. p. m. に達すれば Cu の悪影響は顯著となり特に穀實及び根に於て著しき減收を示した。水稻⁴⁾の場合には Cu 20 p. p. m. に至れば殆ど穀實の增收を示さず之に反し陸稻に於ては 30 p. p. m. に至りても尙穀實では增收を示してゐる事と比較的 Cu の多量施用區でも生育收量共にその悪影響は水稻⁴⁾の場合程著しくない事實から考へて陸稻は水稻よりも Cu に對しその抵抗性稍強きものと考へられる。其故陸稻に對し Cu の施用し得る範圍は水稻よりも稍廣く従つて Cu 施用に對する安全性は水稻よりも比較的大きいと信ずる。

最後に Cu 施用區に於ける收穫物各部の窒素含量が一般に標準區の夫より高い事から 30 p. p. m. 迄の Cu 施用による穀實增收の機構は窒素同化作用に基づくものの様である。

總 括

本研究は陸稻の生育並びに收量に對する Cu 施用の影響を明かにする目的で行つた土耕試験であつて品種は浦三、土壤は第3紀砂岩頁岩質細壤土である。研究結果を擧ぐれば以下の如くで栽培期間は昭和15年4月1日—同年8月19日である。

- 1) 土壤重量に對し0.1—50 p. p. m.迄の Cu を硫酸銅として與へその結果20 p. p. m.迄の施用量では何れも生育に良好なる影響を及ぼし30 p. p. m.に至りて部分的に悪影響が現はれ、40 p. p. m.を越すと該悪影響益々顯著になる事を認めた。
- 2) 草丈に對して20 p. p. m.迄の施用量では大體に於て生育初期から標準區より高くそれ以上の Cu 施用區では稍劣る。
- 3) 生育初期に於ける分蘗数は Cu 施用區に於ては何れも標準區に劣るが生育後期即ち7月26日以降では10 p. p. m.迄の Cu 施用區は皆之れに優る。
- 4) 出穂數では明かに Cu の好影響を認め得べく即ち20 p. p. m.迄の Cu 施用區は皆標準區より多いが之れ以上の施用量では稍低下する。
- 5) 出穂期は Cu 施用區では一般に標準區より早いが Cu 施用量との間には直接の關係はない様である。
- 6) 穀實の收量に對しては Cu 施用量30 p. p. m.迄は增收となつてゐるが40 p. p. m.以上では著しく減收となる。
- 7) 稈及び根に對する Cu 施用の好影響は殆ど認められず却つて根に於ては減收を來してゐる。
- 8) 炭素含量は葉は39.79—43.98%，稈は40.02—43.90%，根は39.14—40.89%であつて根部が他の2部より稍少く葉及び稈は略同様である。此の場合も Cu 施用の影響は殆ど認められない。
- 9) 窒素含量は葉は0.83—1.14%，稈は0.61—1.29%，根は1.11—1.89%で稈が最も低く、根部に於て最も高い。一般に Cu 施用は窒素含量を高めるも Cu 施用量との間には比例的關係は存在しない。
- 10) 炭素率は一般に Cu 施用によつて減少の傾向を示し、各部の炭素率は葉は36.28—49.89%，稈は32.25—66.08%，根は21.42—36.35%の間に在る。

11) Cu 施用區に於ける各部の Cu 含量は一般に標準區より高く Cu 施用量の増加に連れて Cu 含量も増加するが葉と稈では 10-20 p. p. m., 根は 30 p. p. m. にその最高點の現はれる事を認めた。

12) 土壤 pH は Cu 施用區に於て一般に低く Cu 施用量の多い程低下してゐる。

— (昭和 16 年 6 月 6 日 受理)

文 獻

- 1) ALLISON, E. V., O. C. BRYAN and T. H. HUNTER: Florida Agr. Exp. Stat. Bul., 190, 1927.
- 2) BRYAN, O. C.: J. Am. Soc. Agr., 21, 923-933, 1929.
- 3) SOMMER, A. L.: Plant Physiol., 6, 339, 1931.
- 4) 徳岡, 諸岡: 熱農, 9, 339, 1937.
- 5) 徳岡, 徐: 熱農, 10, 9, 1938.
- 6) 徳岡, 諸岡: 熱農, 9, 350, 1937.
- 7) ELVEHJEM, C. A. and C. W. LINDOW: J. Biol. Chem., 90, 111, 1931.
- 8) 志方, 館, 保崎: 日本農化誌, 10, 368, 1934.
- 9) 石塚: 日本土肥雜誌, 14, 260, 1940.
- 10) 小野寺伊勢之助著: 肥料學汎論, 153, (昭和 15 年 5 版).

Abstract

Ueber den Einfluss des Kupfers
auf das Wachstum der Bergreispflanzen.

von

Matsuo TOKUOKA, Suisen DYO und Hidetatsu UOKAWA.

Es wurde der Einfluss des Kupfers auf das Wachstum und den Ertrag der Bergreispflanzen durch Gefässversuch untersucht. Der Boden ist feinehmiger mit pH 6.7 und die Varietät der Pflanzen ist Urazo. Die Vegetationszeit dauert 1. IV, 1940-19. VIII, 1940. Das Kupfer wurde als Sulfat zugegeben, und die Kupfermenge variierte sich von 0.1 bis 50 v. M. (p. p. m.). Im allgemeinen haben die Kupfergabe von bis 20 v. M. einen guten Einfluss gezeigt. Die Kupfergabe darüber bis 30 v. M. ist schon teilweise nachteilig. Bei 40 v. M. ist die Schädigung sehr beträchtlich.

(Aus dem Institut für Bodenkunde und Düngerlehre, Taihoku Universität).