

人工腐植と其應用に就て(第2報)

徳岡松雄・徐水泉

Ueber den „Kunsthumus“ und seine Anwendung (II).

von

M. TOKUOKA und S. DYO

(昭和14年5月22日受理)

緒 言

著者等は前報⁽¹⁾に於て蔗糖と鹽酸とより常壓に於る腐植酸生成に對する諸條件に就て報告したが本報に於ては加壓下に於る腐植酸生成並びに腐植給與栽培試験結果及び之れら腐植の分解試験結果等について報告する。

實驗 I. 加壓下に於る蔗糖と鹽酸とより腐植酸の生成。

著者等は蔗糖と酸鹽とより腐植酸の生成に及ぼす壓力の影響について研究した。

實驗方法 即ち蔗糖 50 g. を 1 L 入りのビーカーに採り 500 c.c. の 2N-HCl で溶かし磁製皿で覆ひ Autoclave の中に置き、壓力(過壓)、時間を夫々 1-4 atm, 1-4 hrs に於て處理した。

實驗結果及考察

上述の如く處理して得たる腐植は濾別し鹽素イオンの無くなる迄水洗して全腐植とした。次に之れを 3% のアムモニヤ水溶液 100 c.c. で 2 回浸出した液に 1N-HCl で酸性にすると一次腐植酸が沈澱する。アムモニヤ液に不溶なる殘渣は 3% H_2O_2 100 c.c. で 24 時間酸化して二次腐植酸を回收した。二次腐植酸を除去した残りを全部 Humin とした。

次に之等の結果を示す。

第 1 表 (1 atm の場合)

時間	温度 °C	全 腐 植		一次腐植酸		二次腐植酸		Humin	
		g	%	g	%	g	%	g	%
1	121	5.2	10.4	1.7	3.4	3.2	6.4	0.3	0.6
2	120	6.4	12.8	2.0	4.0	4.2	8.4	0.2	0.4
3	122	7.0	14.0	1.9	3.8	4.6	9.2	0.5	1.0
4	121	7.0	14.0	1.9	3.8	4.5	9.0	0.6	1.2

第 2 表 (2 atm の場合)

時間	温度 °C	全 腐 植		一次腐植酸		二次腐植酸		Humin	
		g	%	g	%	g	%	g	%
1	132	6.1	12.2	1.3	3.6	4.1	8.2	0.2	0.4
2	133	6.6	13.2	1.3	3.6	4.4	8.8	0.4	0.8
3	132	6.9	13.8	1.6	3.2	3.4	6.8	1.9	3.8
4	134	7.1	14.2	1.6	3.2	3.2	6.4	2.3	4.6

第 3 表 (3 atm の場合)

時間	温度 °C	全 腐 植		一次腐植酸		二次腐植酸		Humin	
		g	%	g	%	g	%	g	%
1	141	7.7	15.4	0.9	1.8	4.5	9.0	2.3	4.6
2	143	8.0	16.0	1.2	2.4	4.3	8.6	2.0	4.0
3	142	8.3	16.6	1.1	2.2	4.2	8.4	3.0	6.0
4	143	8.4	16.8	0.9	1.8	4.0	8.0	3.5	7.0

第 4 表 (4 atm の場合)

時間	温度 °C	全 腐 植		一次腐植酸		二次腐植酸		Humin	
		g	%	g	%	g	%	g	%
1	150	8.0	16.0	0.9	1.8	4.7	9.4	2.4	4.8
2	151	8.1	16.2	0.9	1.8	4.7	9.4	2.5	5.0
3	151	8.2	16.4	0.8	1.6	4.4	8.8	3.0	6.0
4	150	7.9	15.8	0.7	1.4	3.0	6.0	4.2	8.4

以上の結果を綜合するに 1 atm に於て加熱時間の長い程一般に全腐植、一次腐植酸、二次腐植酸、Humin 共にその收量の増加を來してゐるが 3 及 4 時間の場合は略同收量であつた。2 atm に於ては全腐植は 1 atm の場合より稍多く、やはり加熱時間の長い程增收して居り、一次及び二次腐植酸は共に 1 atm の場合より少いが Humin は増加して居る。3 atm 及び 4 atm に於ては大體 2 atm に於ける傾向の更に著しい場合にして全般的に見て加熱時間の同じ場合は壓力の高い程全腐植及び Humin は増加して居るが一次腐植酸は減收する。又二次腐植酸は加熱時間の短い間は壓力の高い程增收するが加熱時間が長くなると減收となる。

次に同壓に於ては加熱時間の長い程全腐植及び Humin の量増加するが一次及び二次腐植酸は減收する。要するに加壓して腐植を製造する場合の著しき特色としては二次腐植酸の極端に多い事である。尙 Humin の量も壓力の高い程増加して居る點から見れば蔗糖と鹽酸より腐植の生成する過程は嘗て BOTTOMLEY⁽²⁾ の認めたる如く蔗糖から一先づ腐植酸が出來之れが更に Humin に變化して行く事は確からしい。此の Humin に變る Humin 化作用は如何なる機構に基くかは断定は出來ないが Humin の酸化に依りて腐植酸の得られる事實からすれば恐らく一種の還元作用らしく思はれる。即ち加壓の下では此の Humin 化作用が著しくなりその爲め多量の二次腐植酸及び Humin を生成するものと見られる。

然れども壓力に伴つて必然的に温度が上昇する故高壓に於ける Humin の增收は單に壓力そのものに基因するのみでなく高壓に伴ふ温度の上昇も影響するものと考へられる。尙上記の結果文について見れば蔗糖と鹽酸とより腐植酸の生成に於ける最適壓力は 1-3 atm にあるらしい。

最後に加壓により腐植が增收する理由については勿論之れ位の實驗史では結論し兼ねるが恐らく壓力は加速的に腐植生成速度を促進するものと推察される。

摘 要

以上の結果を要約すれば次の通りである。

1. 同加熱時間に於ては壓力の高い程全腐植及び Humin の增收を來すが一次腐植酸は減收する。又二次腐植酸は加熱時間の短い間は壓力の高い程增收するが加熱時間長くなると減收する。

2. 同圧の下では加熱時間の長い程全腐植、Humin は増収するも一次及び二次腐植酸は減収する。

3. 加圧の下に於ける腐植製造の著しき特色としては常圧に比し全腐植、二次腐植酸及 Humin の極端に多い事である。

實 験 II. 腐植給與栽培試験に就て。

腐植は地力維持、土地改良上極めて重要なる故その研究も相當廣範圍に亘るが今その中栽培試験方面の文献丈に付き二、三をあげる。

即ち STURGIS, M. B. 及 J. F. REED⁽³⁾ (1937) は有機物 (大豆) の添加により著しく米の収量を増加する事を圃場試験に依りて確め、又 NIKLEWSKI, B. 及 J. WOJCIECHOWSKI⁽⁴⁾ (1937) は泥炭厩肥等から得られる腐植は著しく大麦、甘藷、豌豆、燕麥等の根の發達を促し増収を來す事を土耕、水耕兩法に依りて認め且之れら腐植の効果の極めて短期間であるのは土壤中でゾルの状態からゲルの状態に變ずる爲めであると結論した。尙 SESSONS, G. 及 H. SCHELL⁽⁵⁾ (1937) は牧草に對して Nettolin は調合肥料に比し遙かに優秀なる事を認め又厩肥と Nettolin とはその肥效及殘效上優劣なき事を小麥甜菜等について確めた。その他 Nettolin の優秀性を認めた者として REINHOLD, J.⁽⁶⁾ (1937) の蔬菜栽培の研究をあげる事が出来る。

之れを要するに腐植は肥效上極めて優秀なる性質を具備せる事とその優秀性は腐植の種類に依りて異なる事は確實である。それ故著者等は我國の重要作物たる水稻を用ひ化學的方法で調製した砂糖腐植及他の二、三の人工腐植につきて之れらの關係を土耕法によりて比較研究して見る事とし本報は其豫報的發表である。

栽培條件

1. 土壤、本學附近の丘陵地より得たる第三紀砂岩頁岩質の細壤土を小植木鉢一個に對し 5 kg 宛使用した。

2. 肥料、鉢當り三井硫安 1.9 g. 竹印 15% 過磷酸肥料 2 g. 硫酸加里 0.55 g. 宛施用した。尙腐植添加に依る酸性化防止のため鉢當り CaCO_3 を 7.5 g. 宛施用した。

3. 移植、昭和 13 年 4 月 12 日稀培養液にて發芽した莖中 65 號の 20 cm. 苗を同年 4 月 19 日に鉢當り 3 本宛移植した。尙試験は硝子室内で行つた。

4. 腐植の種類及用量、各種腐植の用量は何れも 150 g. 宛にして腐植の種類と各區別とを示せば次の如し。

區別	1	2	3	4	5	6	7	8
腐植	—	オガ屑腐植	ツンドラ腐植	ツンドラ	バガス腐植	廢液腐植	砂糖腐植	土壤腐植

5. 各種腐植由來

砂糖腐植：前報⁽¹⁾ に従つて蔗糖と鹽酸とより調製す。

オガ屑、ツンドラ、バガスの腐植：夫々オガ屑、ツンドラ (樺太産)、バガスを鹽酸で砂糖腐植調製と同條件で處理したるものを用ひた。

亞硫酸蒸餾廢液腐植：亞硫酸蒸餾廢液から濃硫酸で分離す。

土壤腐植：七星登山口附近の腐植土壤から分離す。

6. 各種腐植の分析結果

各種腐植についてその水分、炭素 (改良クロム酸法に依る)、窒素 (ガンニング氏法に依る)、灰分及灰分中諸成分を分析した結果を第 5 表に示す。

尙表中本試験には直接關係なき數字は將來の研究の爲めであり、又本試験に使用せる亞硫酸蒸餾廢液腐植及土壤腐植は試料不足の爲め分析しなかつた。

第 5 表

區 別	砂糖腐植	オガ屑腐植	バガス腐植	ツンドラ腐植	ツンドラ	オガ屑	バガス	ツンドラ残渣	リグニン	
水分 %	10.23	6.22	8.31	10.58	18.34	12.63	12.04	5.57	10.74	
炭素 %	59.96	33.44	48.97	49.20	42.57	—	—	—	—	
窒素 %	0.00	0.11	0.22	0.99	1.33	0.17	0.26	1.38	2.53	
灰分 %	0.00	0.75	3.21	6.69	15.88	1.18	1.18	15.56	7.81	
灰分中諸成分 (%)	砂	—	73.13	48.81	84.66	73.09	17.04	40.37	43.03	34.22
	SiO ₂	—	14.59	38.23	8.80	5.32	4.41	35.24	7.27	10.46
	SO ₃	—	5.52	1.25	1.33	2.52	8.94	3.54	1.86	9.62
	CaO	—	3.74	4.91	2.47	4.94	35.69	4.98	1.32	17.06
	MgO	—	0.00	1.36	0.27	1.27	3.88	3.36	0.80	3.16
	Fe ₂ O ₃	—	0.57	4.43	2.11	10.03	2.78	1.69	40.02	10.95
	P ₂ O ₅	—	0.48	0.34	0.00	0.37	0.84	2.27	0.00	0.29
	K ₂ O	—	0.89	0.29	0.12	0.53	10.63	3.93	0.23	1.87
	NH ₃ O	—	0.75	0.31	0.11	0.51	9.66	1.99	0.19	12.34
	Mn ₂ O ₃	—	0.00	0.00	0.05	1.14	3.62	1.54	0.43	0.00
Cl	—	0.29	0.06	0.05	0.14	2.63	0.20	0.00	0.00	
CO ₂	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.03	0.00	0.00	
合 計	—	99.96	99.99	99.95	99.80	100.63	100.11	100.15	99.97	

備考 (a) 炭素窒素灰分は何れも無水物中%である。

(b) リグニンは⁽⁷⁾ 稀硝酸法によりバガスより分離す。尙リグニン中の窒素含量が相當高いのは恐らく窒素はニトロ基⁽⁸⁾ として強く結合せるに依るらしい。

(c) ツンドラ残渣： ツンドラ腐植から腐植酸を分離せる残渣。

栽培試験結果

1. 生育調査

生育中適當に日を定めて草丈、分蘖等につき調査した結果を第 6 表に示す。第 8 區(土壤腐植區)は第 1 回生育調査迄に既に枯死したる故(4 月 29 日)その調査結果がない。尙生育調査と共に生育中各區の出穂状態についての調査を第 7 表に示す。第 6 表の草丈は三本草丈の平均値である。

第 6 表 (a)

區 別	移植後 35 日 (5 月 23 日)		移植後 47 日 (6 月 4 日)		移植後 63 日 (6 月 20 日)		移植後 78 日 (7 月 4 日)	
	草丈 cm	分 蘖	草丈 cm	分 蘖	草丈 cm	分 蘖	草丈 cm	分 蘖
1	45.6	3	65.2	8	87.5	9	97	17
2	47.6	5	68.3	12	87.0	16	93.5	20
3	62.4	8	82.4	14	94.2	16	95	16
4	63.0	5	78.2	12	92.6	15	100	15
5	45.0	3	58.1	5	80.0	7	93	12
6	34.2	3	46.6	3	66.0	3	80	4
7	61.8	10	82.4	18	100.0	22	103	25

第 6 表 (b)

區 別	移植後 96 日 (7 月 22 日)			移植後 109 日 (8 月 4 日)			移植後 124 日 (8 月 19 日)		
	草丈 cm	分蘗	穂 數	草丈 cm	分蘗	穂 數	草丈 cm	分蘗	穂 數
1	112.2	17	0	119.0	17	8	119.0	17	15
2	119.2	23	5	119.2	23	16	119.4	23	17
3	103.2	16	10	103.5	16	10	103.2	16	10
4	106.0	15	15	106.8	15	15	106.8	15	15
5	93.0	12	4	93.2	12	7	93.2	12	7
6	93.0	4	0	93.8	4	1	93.0	4	3
7	118.0	27	20	118.5	29	22	119.0	29	25

第 6 表の結果を見るに各區とも 7 月 22 日以後は草丈、分蘗に於て大なる變化なく殆んど同じ結果を示してゐる。全般的に見て大體のところオガ屑腐植、ツンドラ腐植、ツンドラ、砂糖腐植の 4 區は何れも標準區より生育良好にして就中砂糖腐植區が最も良好であつた。バガス腐植、廢液腐植の 2 區は共に標準區に劣り殊に廢液腐植の結果に於て著しい。

第 7 表

區 別	出穂期	區 別	出穂期
1	7 月 26 日	5	7 月 14 日
2	7 月 18 日	6	7 月 29 日
3	6 月 28 日	7	7 月 9 日
4	7 月 9 日		

出穂期について見ればツンドラ腐植の 6 月 28 日を除けば後は皆 7 月中に出穂して居り特に遅いのは廢液腐植の 7 月 29 日である。

2. 收穫物調査

收穫氣乾物に付き調査した結果を第 8 表に示す。

收穫物の場合もツンドラ腐植區を除けば他區の傾向は殆んど生育狀況の傾向に比例してゐる。即ち 2, 4, 7 區

第 8 表 (a)

區 別	地上部 (g)	地下部 (g)	計	T/R
1	43.8	14.2	63.0	3.43
2	67.4	20.9	88.3	3.22
3	39.0	14.0	53.0	2.78
4	43.9	18.4	67.3	2.65
5	23.7	10.4	34.1	2.27
6	11.9	3.4	15.3	3.50
7	111.5	26.9	133.4	4.14

は何れも標準區より收量多く 5, 6 區は標準區に比し劣つてゐる。併し一穗當割實收量について見れば 6 區を除く他の區は何れも標準區に優つてゐる。就中優秀なのは同じく砂糖腐植區で最も結果の悪いのも廢液腐植區であつた。

3. 土壤反應

收穫當日各鉢の土壤を蒸溜水及 N-KCl 溶液で処理し其の pH を測定した。第 9 表はこれらの結果である。

第 8 表 (b)

區 別	有效分蘗數	割實收量 (g)	一穗當割實收量 (g)
1	15	13.1	0.87
2	17	22.2	1.30
3	10	10.5	1.05
4	15	16.5	1.10
5	7	6.9	0.93
6	3	2.2	0.73
7	25	40.5	1.62

第 9 表
pH 値 (キンヒドロソ電極法に依る)

區 別	蒸 溜 水	N-KCl
1	5.45	4.70
2	6.78	5.78
3	6.84	5.78
4	6.91	6.07
5	6.94	6.56
6	5.93	4.72
7	6.11	5.03

上表に依れば腐植施用區に於ては何れも標準區に比し pH が高い。之れは腐植酸中和の目的で加へた CaCO₃ に基因するものと思ふ。

考 察

以上栽培試験の結果を綜合考察するに生育狀況、出穂期、收穫物收量等に於て何れも相關聯した傾向を有してゐる。即ち腐植施用區の中 2, 3, 4, 7 の諸區が何れも標準區に優る成績を示すに反し 5, 6 區の方は劣つてゐる。而して之れら腐植の中砂糖腐植最も優秀にして廢液腐植最も劣り他はその中間に位してゐる。

次に之れら腐植優秀性の差異を支配する因子は極めて複雑ではあるが併し窒素、灰分を全然含まない砂糖腐植が之れらを含む他の腐植に比し遙かに優秀なる効果を來してゐる點から考へれば腐植の優秀性は腐植それ自體の特性に歸すべきであると考へる。

然れども腐植優秀性の差異を支配する因子が複雑である以上此の最後の結論は勿論之れ丈の實驗資料からは得られないが少くとも腐植は肥效上優秀なる性質を具備してゐる事は確かである。

摘 要

1. 生育狀況、收穫物收量に於て腐植施用區の中 2, 3, 4, 7 區は何れも標準區に優り就中 7 區の砂糖腐植が最も優秀なる事を認めた。
2. バガス腐植、廢液腐植は他の腐植に比し著しく劣り特に後者に於て著しかった。
3. 腐植の優秀性は腐植それ自體の特性に歸すべきである。
4. 出穂期に對しては僅かではあるが腐植施用區は一般に早い。

實驗 III. 腐植分解試験に就て。

腐植が農業上大切なる事は實驗 II の諸文獻によりて明かである。然るに腐植は特に熱帶地に於てその分解旺盛にして著しく消耗する事も又明かである。HUTCHINGS, I. J. 及 T. L. MARTIN⁽⁹⁾ (1934) は此方面に就て研究し炭素率は有機物分解に對し影響なく、問題となるのは用ひる有機物自體の組成如何にあると結論し、MILLON, H. C., F. B. SMITH 及 P. E. BROWN⁽¹⁰⁾ (1936) は炭素含量略等しく窒素含量の種々異なる作物 (麥類綠肥作物及纖維作物) につき試験せるに窒素含量大なる時は分解によりて發生する全炭酸ガス量が少き事を見た。SAUERLANDT, W.⁽¹¹⁾ は Biohum, Nettolin, Huminal, Kalklignin 等の分解に於て Nettolin 及 Biohum は Huminal 及 Kalklignin より早い事を植木鉢及圃場兩試験によりて明かにした。尙我國に於ても大杉、青木⁽¹²⁾ 等の研究によれば有機物分解に對して窒素の添加は著しく之れを促し P. K の添加は影響少く、全般的に見て土壤が酸性よりも中性の方が分解が著しい。又腐植消耗量の數字的調査としてはロータムステット農事試験場と西ヶ原農事試験場の兩調査報告⁽¹³⁾ をあける事が出来る。即ち前者に於ては 1 箇年 1 エーカー當りの腐植消耗量は無肥料地で百萬大カロリー、厩肥 14 噸施用區は千五百萬大カロリーであつて後者によれば水田の 1 箇年 1 反步當りの腐植消耗量は無肥料地で 50 貫、糞物質肥料施用区では 20 貫であつた。

斯くの如く腐植は刻々と分解消耗して行くがこの分解消耗の狀態が腐植の種類及性質によりて如何に相違するか且又生育狀況と如何なる關係にあるかをより明かにする爲めに實驗 II の栽培試験に用ひた腐植について栽培試験と平行に無栽培鉢を設け (4 月 19 日)、同狀態に放置して

観察した。而して 11 月 20 日（放置後約 7 箇月分経過）に各鉢の土壤を均一に混合してその一定量（100 g. 宛）を採り、炭素（改良クロム酸法）、窒素（ガンニング氏變法）及び水分等につき測定した。第 10 表 (a) (b) はこれらの結果である。尙表 (a) の數字は各鉢土壤中の C. N 百分率（無水物中）を示し、表 (b) の數字は計算によりて求めた鉢當りの全炭素量と炭素消耗量を示す。又表 (a) 中の分解前の數字は皆計算によりて求め分解後の方は分析で得たまゝの値である。

第 10 表 (a)

區別	水分	分 解 前			分 解 後		
		炭 素(%)	窒 素(%)	C/N	炭 素(%)	窒 素(%)	C/N
1	3.67	0.351	0.101	3.84	0.331	0.037	3.80
2	2.44	1.332	0.103	12.79	1.333	0.027	50.23
3	3.89	1.836	0.132	13.91	1.245	0.055	22.53
4	2.87	1.035	0.139	11.76	1.475	0.053	25.53
5	3.66	1.826	0.111	16.45	1.525	0.043	31.95
6	4.23	1.356	—	—	1.325	0.092	14.42
7	3.65	2.173	0.105	20.74	1.346	0.075	17.95
8	3.85	1.433	—	—	1.115	0.096	11.64

上表によれば明かに腐植の分解によりて炭素の消耗と共に窒素も消耗してゐる。又 C/N が腐植施用區に於て何れも大きくあるのは添加腐植の炭素に因るものにして全般的に見て分解後の C/N は分解前に比し大である。

第 10 表 (b)

區別	鉢 當 り 全 炭 素 量 (g)		鉢 當 り 炭 素 消 耗 量	
	分 解 前	分 解 後	(g)	全 C に対する消耗割合 (%)
1	16.90	16.55	0.35	2.07
2	66.43	65.30	1.13	1.73
3	83.45	59.85	23.60	32.39
4	78.65	71.65	7.00	8.90
5	87.81	73.50	14.31	16.23
6	65.20	63.45	1.75	2.69
7	104.74	64.85	39.89	38.03
8	71.33	53.40	17.93	25.13

即ち炭素の消耗量は明かに腐植の種類によりて相異し砂糖腐植の場合最大にしてオガ屑腐植最も少い。

考 察

第 10 表に於て砂糖腐植の消耗量最大にしてオガ屑腐植最も小さく又ツンドラ腐植とツンドラが前者に於て炭素消耗量著しく大きい等の點から見れば炭素消耗に及ぼす因子は腐植の特性に歸すべきであると思ふ。

然れども前述せる如く腐植の分解が複雑なる因子の綜合結果によりて起ると考へられる故、腐植の特性に基因する第二次的因子特に土壤微生物の活動をも考慮せねばならない。それ故將來これらの點について試験を重ねて綜合的結果を得たいと思つてゐる。

次に著量の炭素消費區たる砂糖腐植區と最小消費區であるオガ屑腐植區とが共に良好な生育を示してゐる點と、割合に炭素消費量の多い土壤腐植區に於て枯死したり又炭素消費量の少い廢液腐植區が最も生育に於て劣つてゐる點から考へれば腐植消費量と植物生育との間には本試験の範圍内では確實な相關關係は認められない。

摘 要

1. 炭素消費量は腐植の種類によりて著しく異り砂糖腐植區の 38.08% (全炭素量に對し) が最高にしてオガ屑腐植區の 1.73% 最も低く其他はツンドラ腐植區、土壤腐植區、バガス腐植區、ツンドラ區、廢液腐植區の順に小となる。
2. 一般に炭素消費量の大きなものは小なるものに比し該鉢土壤の C/N 小く、且分解前よりも分解後の C/N が大きい。
3. 本實驗の範圍内では炭素消費量の大小と植物生育との間には確實な相關關係がない。

文 獻

- (1) 徳岡、徐、臺北農林學會報 第 8 卷、第 1 號、72, 1933.
- (2) BOTTOMLEY, W. B. J. Biochem. 9, 263, 1915.
- (3) STURGIS, M. B. and J. F. REED. J. Amer. Soc. Agron. 29, 360, 1937.
- (4) NIKLEWSKI, B. und J. WOJCIECHOWSKI. Bod. u. Pflanzenernähr. 4, 294, 1937.
- (5) SESSONS, G. und H. SCHELL. Bod. u. Pflanzenernähr. 3, 239, 1937.
- (6) REINHOLD, J. Bod. u. Pflanzenernähr. 4, 72, 1937.
- (7) PAYNE, J. H., E. FUKUNAGA and R. KOJIMA. J. Amer. Chem. Soc. 59, 1210, 1937.
- (8) 八濱、大西、竹村、工業化學雜誌、38, 1491, 1935.
- (9) HUTCHINGS, I. J. and T. L. MARTIN. J. Amer. Soc. Agron. 26, 333, 1934.
- (10) MILLAR, H. C., F. B. SMITH and P. E. BROWN. J. Amer. Soc. Agron. 23, 914, 1936.
- (11) SAUERLANDT, W. Bod. u. Pflanzenernähr. 3, 219, 1937.
- (12) 大杉、青木、土壤肥科學雜誌、7 237, 333, 1933.
- (13) 川村一水著、土壤學講話、256, 1934.