

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに

不良原因に就て (第一報)

酸度、飽和度及び置換性鹽基

細田 克巳

(鳥取高等農業學校)

緒 論

本邦に於ては北は北海道より南鹿兒島縣の南端に至る迄、到る處所謂黒土と稱する多量の有機物を含有して黑色を呈し、且つ多くは火山灰を混有する水分の吸収力極めて大にして、然も乾燥する時は微風にも飛散する輕鬆なる土壤の分布相當廣大なり。

其の多くは地味豐沃ならざる瘠薄の土壤にして不毛の原野として放棄され、或は僅に牛馬の放牧地並びに山林として利用せらるゝに過ず。從來幾多の資本と勞力を投じて之の種原野地の開拓に従事せるも土地不良の爲め失敗に終りしもの其の例尠からず。

近時内地移民、原野地利用、牧野改良等の聲高まると共に次第に其の實行の機運に向ひつゝあるに鑑み、斯る原野地土壤の研究も漸く盛となり、福島縣⁽²²⁾⁽²³⁾、三重縣⁽²⁴⁾、岐阜縣⁽²⁵⁾、福岡縣⁽²⁶⁾等率先して不良土調査並びに改良試験に着手

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

し、其の結果本土壤の有効態磷酸の缺乏と酸度高き事等明瞭となるに及び、磷酸肥料及び石灰の施用を奨励し、其の改良に大なる曙光を認むるに至れり⁽²⁰⁾。

尙ほ麻生博士並びに今井⁽¹⁴⁾の兩氏は大山原土壤の腐植質に就て研究せられ、植生に有害なる Picolinic acid を發表せられたり。即ち此等有効態磷酸の缺乏、酸度高きこと及び有機毒物の混在等その他、尙ほ鹽基の不飽和、可溶性礬土の存在、石灰の缺乏、植物營養素の缺乏等、その他多くの理化學的性質に於て本土壤の有害原因と目さるゝもの多し。予は全國より二二種の同種土壤を採集し、其の理化學的性質の研究を志し、先づ酸度、飽和度及び置換性鹽基に就き實驗を行ひ、更に植木鉢試驗に依り其不良原因なるや否やを探究せり。

實 驗 (一)

本實驗に使用せる土壤次の如し。

土 壤 略 號	採 集 地	土 地 利 用 狀 況	土 壤 略 號	採 集 地	土 地 利 用 狀 況
夜ノ森	福島縣双葉郡夜ノ森	(原野)	牧ノ原	静岡縣小笠郡河城村牧ノ原	(原野)
干 咲 原	福島縣河沼郡干咲原	(原野)	日 本 原	岡山縣久米郡日本原	(原野)
福 井 森 林	福井縣大野郡下庄村	(森林)	宇 部 野	鳥取縣岩美郡宇部野村	(畑)
福 井 原 野	同 前	(原野)	都 家 野	鳥取縣八頭郡都家村	(畑)
福 井 畑	同 前	(畑)	天 神 原	鳥取縣東伯郡關釜天神原	(原野)

大山原 A	鳥取縣東伯郡赤崎町外大山原	(原野)	宮崎 A	宮崎縣西諸縣郡小林町	(畑)
大山原 B	鳥取縣日野溝口町外大山原	(原野)	宮崎 B	同前	(原野)
宮内	鳥取縣日野郡宮内村	(森林)	笠ノ原 A	鹿兒島縣肝屬郡鹿屋町笠ノ原	(畑)
赤崎	鳥取縣東伯郡赤崎町	(畑)	笠ノ原 B	同前	(原野)
夜須原	福岡縣朝倉郡夜須村夜須原	(原野)	櫻島	鹿兒島縣櫻島	(畑)
熊本	熊本縣阿蘇郡熊小名村	(原野)			

以上二二種の供試土壤中福井畑、赤崎、宮崎 A、笠ノ原 A、櫻島の五種は耕地として相當改良されたるものゝ如し。宇部野は柿園にして殆んど施肥の形迹なく原野の如く荒廢し放棄の状態に在り。又郡家は最近開拓して蔬菜園となせるも、極めて不良を訴るものにして、共に畑地なれども其の改良効果を認めず、原野地と大差なき荒廢地なり。夜の森、干咲原土壤は福島縣農事試驗場柿原尙夫氏により送付を受けたるものなれば、先に岡本氏⁽²⁾が不良土として改良に従事されたるものと同一なるべし。

(一) 酸 度

從來之の種土壤の植生に對する有害原因として有機酸、無機酸並びに酸性鹽の存在に基づく土壤の酸性を擧げられたり、故に先づ前記供試土を以つて PH、置換酸度、加水酸度、ロダン加里反應程度等を測定せり。

其の實驗法次の如し。

一、PHは土壤と水を一對二の割合に混合し、充分攪拌振盪して一夜放置の後、其の儘甘汞電極を標準とするキンヒドロ

本形に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

ン電極法により行ひたり。

二、置換酸度は土壤一〇〇瓦に鹽化加里一規定液二五〇珎を加へて五日間放置し、溶液の二分の一に相當する濾液を○。

一 規定苛性曹達液にて滴定せる珎數を以つてす。

三、ロダン加里反應程度は鴨下氏法¹⁹⁾に従ひたり。

四、加水酸度は置換酸度の鹽化加里液に換ふるに醋酸石灰の一規定液を以つてす。

實驗の結果は次表の如く供試土配列は置換酸度の順を以つてせり。

第一表

土 壤 略 號	置 換 酸 度	ロダソ程 反 應 程 度	加 水 酸 度	PH
家原 A	17.270	775.0	140.63	4.79
野内	16.625	675.3	138.35	5.00
山原	15.700	445.0	111.00	4.55
宮内	15.500	442.0	104.03	4.89
須原	14.070	422.5	102.70	4.68
本原	12.125	450.0	96.25	4.51
除原	10.270	382.0	89.10	4.94
森原	10.270	370.6	96.25	4.68
森原	10.270	370.0	96.50	4.69

野林	野林	野林	野林	野林
本B	本B	本B	本B	本B
原B	原B	原B	原B	原B
畑A	畑A	畑A	畑A	畑A
島A	島A	島A	島A	島A
赤橋	赤橋	赤橋	赤橋	赤橋
宮崎	宮崎	宮崎	宮崎	宮崎
福井	福井	福井	福井	福井
大田	大田	大田	大田	大田
熊山	熊山	熊山	熊山	熊山
福井	福井	福井	福井	福井
福井	福井	福井	福井	福井
筭	筭	筭	筭	筭
10.300	372.0	96.88	5.11	
10.000	320.5	87.08	5.22	
8.125	152.5	105.95	5.00	
4.450	75.0	62.00	4.83	
3.075	90.0	81.50	4.88	
1.255	52.5	48.63	5.87	
1.250	52.5	70.25	5.58	
1.075	34.0	61.28	5.61	
0.875	30.0	50.95	5.78	
0.575	29.0	37.50	5.95	
0.200	49.0	32.50	5.68	
0.250	52.5	41.50	5.70	

上表により本土壤は何れも酸性土壤にしてPH四・五—六・〇の間に在り、PH四・五—五・〇に位する最も酸度高きもの二種は皆不良土と見なさるゝものにして、PH五・五—六・〇の七種は畑として改良されたるもの及び九州南部鹿児島、宮崎の兩縣に分布する比較的良質の土壤なることは本土壤の植生有害原因が、PH價と密接なる關係に在ることを暗示するものなり。

即ち土壤のPHと植物の發芽成育との間に極めて密接なる關係の存在する事は既にOlsen氏⁽¹¹⁾、McIlvane氏⁽¹⁰⁾、Duggar氏⁽⁹⁾、Hoagland氏⁽⁷⁾其の他多くの學者により研究證明せられたる處にして、Trenel氏⁽¹⁵⁾はOswald, Arrhenius, Olsen,

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

三三六

Hiltner, Trénel 等諸氏による作物の土壤最適PHを次の如く一括せり。

	Oswald	Arrhenius	Olsen	Hiltner	Trénel
馬鈴薯		五・二一六・二			
燕麥	五一六	五・六一八・九		五一八	五一六
裸麥		四・五七七・八		四一七・五	四一七
小麥		五一七		六・八一八	六一七
大麥	七一八	七・二一七		六一七	七一八
甜菜		七・七・五		六一八	六一七
豌豆		六・七又八・八		六一七	六一七
赤苜蓿	七以上	六・〇一八・四		六一八	六一七
ルービン		四一六		六・五一七	四一五
ルーサン	七以上	八附近		六・五一七	七一八

以上五氏の實驗を見るに普通の作物はPH六より七位を最適PHとするものゝ如く、PH五以下に最適PHを有するもの極めて稀にして裸麥、ルービンあるのみなり。之を本土壤のPHに比較するに何等改良を施さざる原野地のまゝにては宮崎、笠ノ原の兩者を除き總てPH五・〇以下にして、裸麥の如き特に酸性を好む作物の他明に作物の最適PHの限界外に在り。

然れども作物は多く最適PH限界外に於ても相當良く成育し Russel 氏⁽⁴⁾は其の著書中に Waburn barley はPH四・五の

土壤に能く成育する事を示し、又ロータムステッド農事試験場に於て大麥水耕培養にPH三・八の培養液を連続使用して何等有害作用を認めざりしが如き、更にOlsen氏⁽¹⁾は人工培養基上に於てルーサン(最適PH六・〇一六・七)、裸麥(最適PH六・〇一六・五)、大麥最適PH六・〇一六・七)等はPH四・〇に於て最適PHに成育せる場合の收量に比し、ルーサン一三%、裸麥八二%、大麥九〇%を得たり。Artenius氏⁽²⁾は作物の最適PHは比較的範圍狭きも其の成育し得る範圍は相當に大なることを實驗し、土壤^PHと作物收量の關係を曲線を以つて示せり。即ち最適PHより鹽基度の増加は急に減收を來すに反し酸度の増加は比較的緩漫なる曲線を表せり。

之等の實驗に徴し、本土壤の大部分殊に原野地、荒廢地は作物の最適PH限界外に在り、且つ福井畑、赤崎の如き畑地として改良せるもの及び九州南部の比較的良質土と考へらるゝものが、PH五・五以上にある事は、本土壤作物不作の一因が遊離酸の存在による^PHの低きことに在りと考へらる。然れども最低四・五なるを以て抵抗性作物を選択栽培する時は其の害著しからずとも考へらる。

土壤に中性鹽溶液を反應せしめ其の結果生ずる酸度、即ち置換酸度、ロダン加里反應程度及び加水酸度は^Hと相當密接なる關係ありと雖も、其間に必ずしも相關々係の存在は之を認めず。先に三宅博士、田町、富樫氏⁽³⁾に依り北海道酸性土壤^PH相等しきにかゝわらず置換酸度の著しく相異なる土壤に就き報告せられたり。本土壤も亦かゝる状態を認め得べし。置換酸度は那家の一七・二五〇を最大とし笠ノ原A及びBの〇・二二〇を最小とする其間著しき相異あり。而して原野地荒廢地の大部分は一〇・〇〇以上なるに比較し、畑及び九州南部の土壤は一・二五五最大にして、PH五・五を限界として置換酸度の著しく減少を示す。

ロダン加里反應程度は鴨下氏⁽¹⁹⁾により置換酸度との間に相關々係の存在を報告せられしが、本土壤に於ても亦同様の關係を認む。

加水酸度は置換酸度と大體平行して増減を示せども、其の數値は著しく大にして、且つ置換酸度〇・二〇〇なる笠ノ原Bに於て尙ほ四一・五〇の加水酸度を有し、置換酸度に中性の土壤も加水酸度は相當大なることを示し、PHとの關係も置換酸度の如く急變する點を認めず。

(二) 置換性鹽基及び飽和度

置換性鹽基は Hisink 氏法⁽²⁰⁾を以て定量せり。即ち土壤二五瓦に八〇—九〇度に温めたる鹽化曹達の一規定液一〇〇ccを加へ、一夜放置せる後一立の定量フラスコ中に濾過し、鹽化曹達の一規定液を以て洗滌して、最初の一立と次の一立中の石灰の量の差を以て置換性石灰とし、又別に一規定鹽化アンモン液を以て前同様處理して洗滌液一立中の苦土、加里、曹達を定量し、之を以て置換性のもとなす。其の結果第二表の如し。

第二表

土壤略號	石灰 (CaO) %	加里 (K ₂ O) %	曹達 (Na ₂ O) %	苦土 (MgO) %	鹽基總量 (Base) %
柳家原	0.0760	0.0129	0.0231	0.0036	0.1176
牧ノ原	0.0246	0.0212	0.0220	0.0134	0.0816
大山原 A	0.0258	0.0252	0.0237	0.0181	0.0768

宇野	0.0170	0.0216	0.0288	0.0076	0.0770
宮内	0.0178	0.0237	0.0245	0.0100	0.0780
夜須	0.0168	0.0234	0.0308	0.0168	0.0878
日本	0.0167	0.0148	0.0109	0.0152	0.0576
干咲	0.0362	0.0333	0.0371	0.0174	0.1270
夜ノ	0.0325	0.0278	0.0380	0.0188	0.1171
福井	0.0192	0.0271	0.0385	0.0092	0.0920
福井	0.0150	0.0229	0.0263	0.0084	0.1026
熊森	0.0122	0.0245	0.0271	0.0180	0.0718
山本	0.0303	0.0131	0.0171	0.0180	0.0764
大神	0.0381	0.0228	0.0292	0.0219	0.1130
天福	0.0276	0.0200	0.0250	0.0102	0.4836
宮崎	0.1792	0.0241	0.0250	0.0220	0.2523
宮崎	0.1269	0.0257	0.0250	0.0218	0.2024
宮崎	0.2130	0.0280	0.0381	0.0308	0.2200
茶原	0.1386	0.0101	0.0230	0.0141	0.2062
島ノ	0.1714	0.0155	0.0246	0.0132	0.2197
原ノ	0.1529	0.0100	0.0228	0.0145	0.1991

之を底當量にて表せば次表の如し。

第三表

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

三四〇

土 壤 略 號	石 灰 (CaO)	加 里 (K ₂ O)	過 錳 (Na ₂ O)	苦 土 (MgO)	鹽基總量 (Base)	K ₂ O+N ₂ O		K ₂ O+N ₂ O	
						CaO	CaO	CaO+MgO	CaO+MgO
郡 家	2.711	0.274	0.745	0.278	4.008	0.376	0.341		
ノ 原	0.877	0.454	0.710	0.675	2.715	1.465	0.750		
大 山	0.920	0.585	0.861	0.808	3.214	1.517	0.768		
宇 部	0.638	0.450	0.929	0.377	2.403	2.176	1.367		
宮 内	0.635	0.516	0.792	0.496	2.467	2.104	1.181		
須 原	0.709	0.407	0.993	0.333	2.922	2.487	1.041		
夜 本	0.506	0.314	0.351	0.754	2.015	1.116	0.493		
日 原	1.308	0.701	1.197	0.867	4.159	1.358	0.898		
干 原	1.159	0.590	1.226	0.983	3.908	1.567	0.868		
夜 森	0.685	0.533	1.212	0.456	2.916	2.504	1.556		
福 井	1.102	0.486	0.848	0.417	3.385	1.210	0.878		
福 井	0.435	0.520	0.874	0.307	2.226	3.204	1.675		
熊 本	1.081	0.278	0.548	0.799	2.706	0.746	0.439		
大 山	1.359	0.484	0.942	1.235	4.402	1.019	0.549		
天 原	1.5181	0.444	0.808	0.506	16.909	0.086	0.084		
福 井	6.392	0.554	0.806	1.091	8.843	0.213	0.182		
宮 崎	4.033	0.545	0.806	1.081	7.065	0.291	0.236		
宮 崎	8.675	0.504	1.229	1.032	11.530	0.210	0.188		
赤 松	5.671	0.214	0.742	0.439	7.326	0.168	0.150		

窒ノ原 A	6.114	0.223	0.494	0.652	7.786	0.117	0.103
窒ノ原 B	5.432	0.212	0.255	0.719	7.008	0.174	0.154

右の表により本土壤に於て置換性石灰の量は土壤酸度殊に置換酸度と密接なる關係を有し、 $P_{H5.5}$ 以下の土壤は置換性石灰の量極めて小にして、郡家を除き總て 0.04% 、厩當量として 1.40 以下を示し、之を普通の鑛質土壤特に耕地⁽¹⁷⁾に比較して極めて微量なり。然るに $P_{H5.5}$ 以上の畑並びに九州南部の宮崎、窒ノ原等は宮崎原野の 0.1299% 、 0.633 厩當量を最低とし、普通耕土と殆ど異なる所なし。即ち $P_{H5.5}$ を限界點として明に二大別し得る事は置換酸度、ロダン加里反應程度と能く一致す。

加里、曹達、苦土は共に最高 0.04% にして一般に其量少く、且つ酸度との關係を認めず。曹達は加里に比較し其量多く厩當量として殆んど倍或は其れ以上なり。Comber 氏⁽²⁾は石灰は加里及び曹達に比し一層置換され易く、石灰の缺乏並びに加里、曹達に對する比率の増大は土壤不良の一原因なりと云へり。又 Pearsall 氏⁽³⁾は土壤の *sour condition* の殊特作物とも云ふべき *callum* 及 *rarius* が湖水地方の河礫の間に成育するを發見し、研究せるに其處の水は實際中性なるも石灰及び苦土の加里、曹達に對する比率の大なることを見出し、之を以て *sourness* の原因なりと報告せり。本土壤に就て見るに不良土とも見るべき $P_{H5.5}$ 以下は總て石灰の加里、曹達に對する比率大にして、 0.3761 、 0.320 四石灰、苦土の加里、曹達に對する比は 0.3411 、 0.676 の間に在るに反し、 $P_{H5.5}$ 以上の土壤は 0.08 、 0.08 、 0.291 、 0.0844 、 0.236 の如く小なる事は前記二者の説に一致するものあり。

飽和度は Hisstak 氏バリタ法⁽⁴⁾、原田氏炭酸石灰法⁽⁵⁾の兩者を行へり。先づ Hisstak 氏法が、本土壤に適用し得るや

否やを検し、合せて供試土の最適重量を知らんと欲し、宇部野土壤を用ひて次の如く實驗せり。風乾土〇・二五、〇・五〇、一・〇〇、二・五〇瓦に對し五〇ㄲの種々濃度のバリタ水を加へ、四日間放置せる後、其の濾液をフェノールフタレンを指示薬として〇・一規定鹽酸を以て滴定し、殘留せるバリタの胚當量を量り、次の結果を得たり。

第四表 添加バリタ液50ㄲ中の Ba の胚當量

土體面積	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
0.25	0.30	1.08	1.36	2.03	2.70	3.56	4.54	5.00	6.70	7.50	8.50	9.50
0.50	0.30	0.76	1.10	1.70	2.20	3.16	4.14	5.28	6.12	7.10	8.10	9.06
1.00	0.04	0.25	0.42	1.20	1.56	2.50	3.44	4.50	5.40	6.30	7.30	8.25
2.50	0.00	0.00	tra	0.05	0.12	0.70	1.48	2.46	3.50	4.20	4.96	5.92

之の結果より曲線を求むるに極めて正確なる直線を得べく、從つて本土壤に Hissink 氏は充分適用し得る事を知る。且つ直線の位置より判斷して供試土は二・五瓦を以て最適とすべし。

上記の方法により乾土一〇〇瓦を飽和せしむるに要する鹽基の量(T)と既存置換性鹽基の量(S)の差、即ち置換性水素イオンに相當する(T-S)を求め、之と第三表に記せる置換性鹽基の總量より次式により飽和度(V)を計算せり。(T-S)を求むる際の數値及び曲線は省略す。

$$V = \frac{S}{T} \times 100 = \frac{S}{(T-S) + S} \times 100$$

原田氏は風乾土二五瓦に炭酸石灰一瓦を加へ、之に八〇—九〇度に温めたる鹽化曹達の一規定液一〇〇ㄲを加へ、

一時間之の温度に保ちたる後、一夜放置し、一規定鹽化曹達液にて洗滌し、第一立及び第二立中に溶出する石灰の量の差を乾土一〇〇瓦に就き厩當量にて表せる値(L)より既存置換性石灰の厩當量(L')を引ける差は置換性水素イオンに相當し之れと置換性鹽基の總量(S)との和は土壤の吸收し得る鹽基の總量(T)に相當す。次式により飽和度(V)を計算せり。

$$V = \frac{S}{T} \times 100 = \frac{S}{(L + L') + S} \times 100$$

第五表に於て兩氏法による置換性水素イオンの厩當量及び飽和度を示す。

第五表

土 壤 略 號	置換性水素イオン(厩當量)		飽 和 度		鹽基總量 (厩當量)	置換酸度
	原田氏法	ヒンソック氏法	原田氏法	ヒンソック氏法		
都 家	48.08	272.0	7.767	1.916	4.006	17.270
牧 ノ 原	45.92	185.6	5.784	1.154	2.716	16.625
大 山	45.60	193.6	6.584	1.633	3.214	15.700
字 部	43.21	194.7	4.749	1.274	2.408	15.700
宿 野	45.32	170.0	5.163	1.430	2.467	15.500
須 原	44.52	161.2	6.150	1.781	2.922	14.070
日 本	44.88	172.6	4.207	1.157	2.015	12.125
干 原	44.04	193.0	8.523	2.078	4.159	10.250
夜 咲	43.40	192.0	8.536	2.076	4.070	10.250
福 井	34.61	158.2	7.773	1.810	2.916	10.200

本邦に於ける所謂畢土の組成並びに不良原因に就て、第一報

福井	林本	35.76	150.5	8.573	2.179	3.353	10.000
鹿山	B	37.60	174.0	5.589	1.393	2.223	8.135
大山	B	36.84	168.3	6.843	1.582	2.706	4.450
天神	原畑	43.72	193.2	9.147	2.278	4.402	3.075
福井	畑	25.04	86.4	39.857	16.440	16.099	1.255
宮崎	A	39.32	141.0	18.261	5.902	8.843	1.078
宮崎	B	42.44	148.6	14.271	4.539	7.065	1.250
赤嶺	畑	30.44	100.0	23.832	10.338	11.530	0.875
櫻	島	19.24	85.0	27.277	7.034	7.323	0.575
原	A	21.76	92.1	25.352	7.795	7.786	0.200
原	B	27.20	136.2	20.895	5.211	7.098	0.200

第五表により置換性水素イオンは原田氏炭酸石灰法は Hissink 氏バリタ法の凡そ四分の一の数値を有し、且つ鑛質土壤殊に耕土に比し其の量相當大にして不良原野地に於て一層著し⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾。

飽和度も亦原田氏は Hissink 氏法の凡そ四分の一にして鑛質土壤の二分の一に比し一層其の差大なり⁽¹⁷⁾。飽和度は一般に其の数値少にして、本土壤が極めて不飽和の状態に在ることを物語り、Pierre 氏⁽¹²⁾の酸性土壤不良原因は水素イオン濃度及び可溶性礬土よりむしろ鹽基の不飽和に深き關係ありとの實驗に徴し、殊に本土壤不良原野に不飽和著しき點等より本土壤不良の原因が之の不飽和状態に在る事が一因をなす如く考へらる。

(三) 石灰必要量

置換酸度、加水酸度及び置換性水素イオンを中和するに要する石灰量を土壤一〇〇瓦に對する炭酸石灰の形にて計算せり。又英國に於て最も多く使用せる、Hutchinson and MacLennan 氏法⁽⁸⁾及び米國に於ける Jones 氏法⁽⁹⁾に依る石灰必要量をも同様に實驗せり。

其の方法次の如し。

一、大工原氏法—鹽化加里法による置換酸度の數値を三倍し、大工原氏全酸度⁽²⁾とし、之れを中和するに要する炭酸石灰量は係數〇・〇〇五を乗じて求めたり。

二、加水酸度—醋酸石灰法による加水酸度を二倍し之れに〇・〇〇五を乗じて炭酸石灰量とす。

三、置換性水素イオン—置換性水素イオンを中和する爲め原田氏法、Hinsley 法兩者の數値に〇・〇〇五を乗じたるものを以つて炭酸石灰量とす。

四、Jones 氏法—土壤五・六瓦を醋酸石灰〇・五瓦と少量の蒸溜水と共に乳鉢に磨擦して糊狀となし、水三〇瓦を更に加へて三〇分間充分攪拌して二〇〇瓦定容フラスコに移し、水を以て約一六〇瓦として一五分間靜置の後内容を二〇〇瓦として濾過す。

其の濾液一〇〇瓦に就きフェノールフタレンを指示薬として〇・一規定苛性曹達液にて滴定し、其の讀數に 0.175×1000 を乗じて土壤二〇〇萬封度を有する一エーカーの石灰必要封度数とせり。

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

三四六

之れを更に土壤一〇〇瓦に對する炭酸石灰瓦數に換算せり。

五、Hutchinson and MacLennan 氏法—二〇瓦の土壤を一立の振盪瓶に入れ〇・〇二規定重炭酸石灰液（炭酸石灰飽和濁濁液に炭酸瓦斯を通じて製す）二〇〇珪を加へて三時間振盪器にかけて振盪し、濾過して其の一〇〇珪をメチールレッドを指示薬として〇・一規定硫酸を以て滴定し、其の數値と原液一〇〇珪を同様滴定せる數値との差に〇・〇五を乘じて土壤一〇〇瓦の必要炭酸石灰量とす。

第六表

土壤 畧 號	大工原法	加減法	ジョンソ法	ハッチソンソ マクレンナ法	原田法	ヒソソソ法	PH
種 家	0.230	1.406	0.530	0.738	2.448	10.100	4.70
牧 ノ 原	0.219	1.381	0.437	0.666	2.506	9.280	5.00
大 山 原 A	0.236	1.110	0.429	0.676	2.280	9.680	4.55
宇 部 野	0.233	1.030	0.443	0.563	2.410	9.735	4.80
宮 内	0.233	1.025	0.426	0.562	2.276	8.500	4.68
夜 須 原	0.211	0.963	0.428	0.569	2.223	9.210	4.51
日 本 原	0.182	0.891	0.428	0.639	2.244	8.600	4.94
夜 咲 原	0.154	0.803	0.428	0.631	1.232	9.800	4.68
福 井 森 野	0.154	0.905	0.414	0.439	2.180	9.600	4.89
福 井 原 野	0.153	0.939	0.257	0.530	1.730	7.910	5.11
福 井 森 林	0.150	0.871	0.250	0.571	1.788	7.625	5.22

熊本	0.122	1.093	0.286	0.677	1.880	8.700	5.00
大山原 B	0.067	0.891	0.300	0.519	1.842	8.415	4.83
天神原	0.036	0.815	0.414	0.635	2.136	9.030	4.88
福井畑	0.019	0.483	0.171	0.281	1.282	4.339	5.87
宮崎 A	0.016	0.733	0.314	0.513	1.963	7.070	5.78
宮崎 B	0.019	0.614	0.331	0.481	2.132	7.430	5.61
赤崎	0.013	0.510	0.314	0.397	1.722	5.000	5.38
櫻崎	0.039	0.775	0.143	0.294	0.932	4.270	5.95
笹ノ原 A	0.013	0.325	0.143	0.338	1.088	4.065	5.08
笹ノ原 B	0.003	0.415	0.148	0.281	1.367	6.810	5.70

第六表に示す如く本土壤の酸度を中和し、不飽和状態を飽和せしむるに要する炭酸石灰の理論的數量は各方法に依り著しく相異を有す。大工原氏法最小の値を有し Jones 氏法、Hutchinson and MacLennan 氏法、加水酸度、原田氏法、Hissink 氏法の順に増加し、凡そ平行して増減を示せり。大工原氏法は PH 五・五を境界として其れ以上の PH には石灰必要量極めて僅少なるも、其の他の方法に依る時は相當多量の石灰を必要とす。且つ Jones 氏法及び Hutchinson and MacLennan 氏法による石灰必要量は置換酸度のみならず加水酸度の大部分をも中和する事を知る。

之等の諸方法中何れが最も植生と關係ある石灰量なりやの點に至つては栽培試験に依らざるべからず。

Robinson 氏⁽³⁾は英國ノースウエールズ地方の土壤を分析し其の不良原因は炭酸石灰の缺乏にありと斷じ、Hutchinson and MacLennan 氏法に依る石灰必要量〇・二以上なりと發表せり。之の點より考へ本土壤も亦最低福井畑の〇・二八一

にして畑地として改良せるものにも尙ほ石灰不足と云ひ得べく、其の他は著しき石灰缺乏土なり。

(四) 考 察

以上の實驗より本土壤は不良原野、森林並びに荒廢地なる郡家、牧ノ原、大山原A、宇部野、宮内、夜須原、日本原干咲原、夜ノ森、福井原野及び森林、熊本、大山原B、天神原の一四種土壤と耕地として相當改良されたる赤崎、福井畑、宮崎A、笠ノ原A、櫻島及び九州南部に位置する宮崎B、笠ノ原Bの二原野を合する七種土壤との間には著しき差異ある事を認めれば之の關係を一層明瞭ならしむるため、前記一四種土壤を第一組とし後者七種土壤を第二組とする二組に大別し、以上の測定結果の最高、最低、平均値を比較せり。

第 七 表

	第 一 組				第 二 組			
	最 高	最 低	平 均	最 高	最 低	平 均		
PH	4.51	5.32	4.84	5.70	5.95	5.48		
置 換 酸 度	17.25	3.075	11.051	1.255	0.200	0.776		
ロズノ加里反應程度	755.03	90.03	373.71	52.50	20.00	42.79		
加 水 酸 度	140.62	30.00	101.00	70.25	32.70	48.39		
置換性水素イオン (原 田 氏 法)	48.98	34.63	42.87	42.44	19.24	39.43		

砲	(セツソソク氏法)	292.0	160.5	170.6	148.6	86.4	112.8
和	(原田氏法)	9.147	4.749	6.792	30.897	14.271	24.851
度	(セツソソク氏法)	2.179	1.156	1.686	16.440	4.539	8.308
石	灰 必 要 量						
	(大工原氏法)	0.350	0.636	0.175	0.019	0.003	0.013
	(加水酸度)	1.406	0.890	1.010	0.703	0.325	0.494
	(ジヨソク氏法)	0.539	0.330	0.412	0.321	0.143	0.104
	(ハンチソソク氏法)	0.738	0.519	0.627	0.513	0.304	0.387
	(原田氏法)	2.448	1.730	2.143	2.122	0.962	1.472
	(セツソソク氏法)	10.100	7.525	8.979	7.430	4.005	5.551
	置換性鹽基 (肥効精)						
	石 灰 (CaO)	2.711	0.635	1.044	13.181	4.033	7.442
	加 里 (K ₂ O)	0.701	0.274	0.476	0.794	0.212	0.308
	曹 達 (Na ₂ O)	1.312	0.548	0.875	1.229	0.494	0.811
	若 土 (MgO)	1.235	0.278	0.680	1.091	0.703	0.823
	合 量	4.402	2.214	3.101	13.990	7.005	9.796
	$K_2O + Na_2O / CaO$	3.204	0.376	1.640	0.291	0.086	0.185
	$K_2O + Na_2O / CaO + MgO$	1.675	0.341	0.910	0.236	0.084	0.157

第二組土壤のPH最低五・五〇最高五・九五平均五・六八は本邦耕地として普通に見受けるものなるに反し第一組は最高

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

PH 五・二然も福井原野、森林を除く他の一二種はPH 四・五—五・〇の範圍に屬し、作物の最適PH 限界を脱し、酸度に對し抵抗力の小なる作物には相當遊離酸の有害作用を認めざるべからざる状態なり。

中性鹽溶液によつて生ずる置換酸度、ロダン加里反應程度及び加水酸度等の間にも亦PH 同様二組の間に明なる相違あり。且つ土壤を飽和せしむるに要する鹽基の量即ち置換水素イオン及び飽和度は原田氏法、Hinsley 氏法共に本土壤は極めて不飽和にして、殊に第一組に於て甚しき事を知る。

之等の諸方法に依り測定せる酸度及び飽和度を中和し或は飽和せしむるに要する鹽基は土壤一〇〇瓦に對し炭酸石灰にて表せる數値を見るも本土壤殊に第一組の如何に酸度高く不飽和にして、且つ石灰に缺乏せるかを視ひ得べし。

置換性鹽基に就て見るも原田氏⁽¹⁸⁾が本邦鑛質土壤に就て行はれたる結果と比較し含量に於て著しく少く、第一組に於て特に甚だし。加里、曹達、苦土は兩組の間に殆んど相異なく、石灰のみのため鹽基含量の差を生ずるものなり。加里曹達に對する石灰の比率及び加里、曹達に對する石灰、苦土含量の比率は第一組に大なり。

以上の諸點より考へ第一組と第二組との間には明瞭なる差異あり。第一組を不良土と考ふるならば、本土壤不良の原因として酸度高きこと、鹽基の不飽和なること、石灰殊に置換性石灰の缺乏及び其に伴ふ加里、曹達に對する石灰の比率、加里、曹達に對する石灰、苦土の比率の大なること等を擧げ得べし。

實 驗 (一一)

- (一) 石灰に依る土壤酸度、飽和度の中和の植生に及ぼす影響

實驗(一)により所謂黒土の不良原因として次の三因子を挙げたり、

一、酸度高きこと。

二、鹽基に對し不飽和なること。

三、石灰の缺乏並びに之に伴ふ加里、曹達の石灰に對す比率及び加里、曹達の石灰、苦土に對する比率の大なること。

故に之を確むるため大山原A土壤を使用して其の酸度を中和し、飽和度を飽和し、石灰不足量を充すに要する計算量を炭酸石灰を以て施し、水稻品種強力一號によつて植木鉢試験を行ひ、其の生育並びに收量調査を試みたり。

第 八 表

鉢番號	炭酸石灰施用量 (kg)	測 定 法	鉢番號	炭酸石灰施用量 (kg)	測 定 法
1-2	0.03		15-16	三要素	
3-4	16.52	(大工原氏法)	17-18	三要素+16.52	(大工原氏法)
5-6	31.03	(Jones 氏法)	19-21	三要素+45.92	(Hutchinson and MacLennan 氏法)
7-8	45.92	(Hutchinson and MacLennan 氏法)	21-22	堆肥	
9-10	77.70	(加々藤氏法)	23-24	堆肥+16.52	(大工原氏法)
11-12	150.61	(原田氏法)	25-26	堆肥+45.92	(Hutchinson and MacLennan 氏法)
13-14	477.80	(Chissink 氏法)			

一 植木鉢に七疇の風乾土を入れ、三本を一株とする三鉢を一鉢に植付けたり。實驗は昭和六年及び昭和七年の二年間同様の方法を以て六月二十六日植付け、以後二十日ごとに生育調査を行ひ最後に收量調査を行へり。

實驗結果は兩年を通じて殆んど同様なるを以て此處に第二年度即ち昭和七年の成績のみを發表すべし。

第 九 表

鉢番號	草 丈 平 均 (釐)			一 株 莖 數 平 均 (本)		
	七月十八日	八月八日	八月二十八日	七月十八日	八月八日	八月二十八日
1-2	25.73	27.18	30.00	3.0	3.0	2.3
3-4	32.82	35.51	44.50	3.0	3.0	2.5
5-6	31.80	33.33	45.00	3.0	3.0	2.6
7-8	31.65	32.18	44.50	3.0	3.0	2.6
9-10	31.33	31.33	43.70	3.0	2.0	2.5
11-12	26.35	30.17	45.00	3.0	3.0	2.1
13-14	25.15	27.32	枯死	3.0	3.0	-
15-16	54.38	76.00	117.00	6.3	8.0	9.2
17-18	51.40	73.67	121.70	4.0	8.5	9.7
19-20	48.00	64.10	108.70	5.9	8.3	9.0
21-22	24.07	38.70	79.00	3.0	3.0	3.0
23-24	29.83	38.00	63.70	3.0	3.0	3.0
25-26	31.36	38.47	67.00	3.0	3.0	3.0

炭酸石灰を施して水稻成育状態を見るに少量之れを施せるものは僅に効果を表すも、其の量多きものは却つて有害にして Hissink 氏法の如きついに枯死するに至れり。

然れども一般に石灰を施せるものと、然らざるものとの差異微小にして、石灰單用、三要素加用及び堆肥加用共に石灰の效果無しと云ふを適當とすべき状態なり。

收量調査表の如し。

第 十 表

番 號	子 實 收 量 (匁)	稈 收 量 (匁)	總 收 量 (匁)
1-2	0.28	2.75	3.03
3-4	0.87	5.75	6.62
5-6	0.70	5.25	5.95
7-8	0.60	4.25	4.85
9-10	7.70	4.20	4.90
11-12	0.57	3.75	4.30
13-14	枯死	—	—
15-16	31.25	81.05	112.30
17-18	28.90	80.50	109.40
19-20	52.00	66.75	88.75
21-22	4.21	8.75	12.95

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

23-21	2.57	2.34	13.05
25-28	11.25	7.51	11.10

收量も亦石灰單用に於ては子實、稈、總量共に僅に石灰の効果を示し、殊に大工原氏法に依る石灰量を施せる場合、最も良効にして、石灰の施用量を増すに従ひ漸次收量を減少する傾向あり。殊に三要素及び堆肥に石灰を加用する時は殆んど効果を認めず、却つて有害作用を呈するが如し。又石灰單用の場合無處理に比し効果有りと雖も其の收量は皆實に僅少にして水稻は生命を繼續し得る程度なり。故に前記生育、收量兩調査の結果本土壤は石灰を以て酸度を中和し、飽和度を飽和し、石灰不足量を充すも直接水稻の成育、收量に殆んど効果無しと云ひ得べし。

(二) 各種鹽基に依る土壤飽和の植生に對する影響

土壤の置換性鹽基と植生の關係を知る爲め Gedroiz 氏⁽⁴⁾ にならひ大山原 A を供試土とし之れを一規定の各種鹽基、アンモニヤ、曹達、加里、石灰、苦土、礬土、鐵、滿倦、水素等の鹽化物溶液を以て飽和せしめ、之れを蒸溜水を以て鹽素の反應を認めざるに至るまで洗滌し、又同様に硫酸、硝酸の一規定液を以て處理せる土壤一坩を小型鉢に入れ、三要素加用及び無肥料の兩状態にて水稻を栽培し、其の成育及び收量を比較せり。肥料加用區には供試土一坩に對し硫酸アンモニヤ、過磷酸石灰各一瓦、硫酸加里〇・五瓦を施せり。

其の成育調査の平均値次の如し。

第十一表

鉢番號	飽和鹽基	無肥料狀態			三要素添加狀態		
		七月二十日	八月八日	八月二十八日	七月二十日	八月六日	八月二十八日
1-2	K	31.12	27.15	37.23	38.51	48.21	80.28
3-4	Na	27.21	27.35	27.61	30.32	49.35	82.18
5-6	NH ₄	28.63	25.62	27.83	27.36	27.61	67.21
7-8	Mg	26.28	28.13	28.56	30.16	35.68	70.63
9-10	Ca	31.87	35.28	37.61	35.72	72.33	85.36
11-12	Fe	27.16	28.11	27.94	33.16	51.21	71.62
13-14	Al	27.17	27.37	26.22	31.27	45.62	72.23
15-16	Mn	28.31	26.78	27.64	30.62	46.62	67.22
17-18	H(鹽酸)	28.95	31.63	27.12	35.68	57.82	73.41
19-20	H(硫酸)	28.63	30.98	47.82	35.90	51.86	81.27
21-22	H(硝酸)	27.78	31.27	48.21	34.12	55.25	76.21
23-24	無處理	24.19	24.28	24.43	25.35	51.63	90.25

無肥料状態にては植付けの時と大差なく、却つて草丈を減ずるものあり。たゞ石灰及び水素を以つて飽和せるものは比較的良効なり。鹽基飽和土に三要素を添加せるものゝ生育は加里、曹達、石灰、水素等比較良効なるも無處理のまゝ、三要素を施せるものに比し、何れも成育不良なり。

本形に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

三五六

次に収量調査の結果を示す。

第 十 二 表

鉢 番 號	飽和鹽基	無 肥 料 狀 態 (瓦)		三 要 素 加 用 狀 態 (瓦)	
		子 實 收 量	總 收 量	子 實 收 量	總 收 量
1—3	K	0.075	2.075	4.62	15.62
3—4	Na	0.032	2.132	3.31	9.51
5—6	NH ₄	0.000	1.500	0.52	3.52
7—8	Mg	0.075	2.175	5.45	15.45
9—10	Ca	0.165	2.965	5.05	16.65
11—12	Fe	0.086	2.185	2.78	7.78
13—14	Al	0.005	1.765	1.01	6.10
15—16	Mn	0.058	2.058	2.62	7.62
17—18	H(鹽酸)	0.207	2.467	4.93	13.53
19—20	H(硫酸)	0.301	2.572	5.36	14.93
21—22	H(硝酸)	0.225	2.678	4.79	16.55
23—24	無處理	0.038	1.838	4.01	13.01

無肥料にては子實收量に於て水素、石灰を以て飽和せるもの最もよく、加里、鐵、苦土等之れに次ぎ、アンモニヤ及び曹達最も不良なり。總收量に於ては水素、石灰、鐵、滿俺、加里、曹達等は無處理區より多少良効なり。アンモニヤ

及び礬土は不良なり。

三要素加用状態にては子實收量、總收量共に石灰、加里、苦土、水素を以つて飽和せるものは無處理區に比し多少良効なるも其の差僅少なり。且つアンモニヤ、礬土を以つて飽和せるもの著しく不良なり。

以上を通覽して本土壤を各種鹽基を以つて飽和せしむるに其の植生に對する影響は大ならざるも、水素、石灰、加里苦土等は多少効果を示し、曹達、鐵、滿俺は影響なきか或は僅に有害なるが如く、アンモニヤ、礬土に依る土壤飽和は確に有害作用あり。

即ち鹽酸、硝酸、硫酸等の酸を以つて飽和することの有効にして、アンモニヤ、礬土に依る飽和の有害なることは本土壤の不良原因として、酸度、飽和度を擧げることの當を得ざることを暗示し、むしろ可溶性礬土の存在によるもの、如く酸に依り溶解洗滌せられ礬土減少の爲之の効果を表せるものと考へらる。

摘 要

本邦に於ける所謂黒土の組成並びに不良原因を明かにせんと欲し、先づ其の酸度、飽和度、石灰必要量、置換性鹽基、石灰必要量と植生の關係、各種鹽基に依る土壤飽和と植生の關係等に就き實驗を行ひたり。

供試土は全國より二十一種を採集し、其の内十四種は不良原野及び荒廢地にして残り七種はやゝ改良せる畑地及び九州南部鹿兒島、宮崎兩縣の比較的石灰に富み良質の原野なり。即ち前者を第一組とし後者を第二組として比較考察を試みたり。

一、第一組は第二組に比し P^H 、置換酸度、ロダン加里反應程度、加水酸度の何れの點より見るも著しく酸度高し。

二、原田氏法、Hissink氏法により飽和度を測るに兩組共甚しく不飽和なるも第一組に於て特に著し。

三、置換酸度、加水酸度、原田氏法、Hissink氏法に依る飽和度を充すに足る石灰並びにJones氏、Hutchinson and MacLennan氏法による石灰必要量を測定せるに兩組共に著しき石灰缺乏土なることを知る。殊に第一組に甚だし。

四、酸性不良土の原因は活性石灰の加里、曹達に對する比及び石灰、苦土含量の加里、曹達に對する比の大なる爲なりとの説に基き兩比率を求めたるに第一組は第二組に比し共に其の數値大にして、之れ又不良原因の一因子と考へらる。

五、置換性鹽基を測定せるに加里、曹達、苦土は兩組に於て差を認めず、石灰は第二組に著しく大なり。之れ置換酸度、ロダン加里反應程度が第二組に急減せること、相關聯を有し、兩酸度が置換性石灰の増減に依り左右さるゝことを暗示す。

六、以上より本土壤の不良原因として酸度高きこと、不飽和なること、石灰の不足及び之れに伴ふ石灰の加里、曹達に對する比、石灰、苦土の加里、曹達に對する比の大なる事等三つを考へ得らるゝを以つて、之れを確むるため大山原Aを供試土とし大工原氏法等加水酸度、中性鹽溶液により生ずる酸度、原田氏法、Hissink氏法等による土壤を飽和せしむるに要する鹽基量を炭酸石灰を以つて中和及び飽和せしめ、更にJones氏法、Hutchinson and MacLennan氏法に依る石灰必要量を炭酸石灰を以つて施し水稻を栽培して其の成育、收量兩調査を行ひたるに無肥料にては多少石灰の効果あれども施用量最も小なる大工原氏法に於て最も良効にして石灰量の増加は却つて悪影響ある如く、且

つ三要素及び堆肥に對し石灰の加用も亦何等効果を認めず。

七、本土壤に各種鹽基アンモニヤ、曹達、加里、石灰、苦土、礬土、鐵、滿俺、水素等を以つて飽和せしめ小型鉢にて水稻を栽培せるに石灰、苦土、加里、水素等を以つて飽和せるものは多少効果を認めれども、アンモニヤ、礬土は却つて有害作用ある如し。一般に牧量、成育共に不良にして無處理のものとの差微少なり。依つてかゝる鹽による土壤の飽和は植生上殆んど効果を有せざるが如し。

殊に鹽酸、硝酸、硫酸を以つて飽和せるもの、良効なることは本土壤の酸度の害をは疑しむるものなり。

以上を綜合して本土壤不良の一因と考へらるゝ酸度高きこと、鹽基に對する不飽和、石灰の不足等何れも植生に對し直接の有害原因にはあらざるが如し。

本研究にあたり懇切なる御指導を賜へる恩師大原農業研究所板野博士に深甚の感謝を表す。

参 考 文 獻

1. Arthenius, O. 1927. Kalkfrage, Bodenreaktion u. Pflanzenwachstum. Akad. Verlag, Leipzig
2. Comber, N. M. 1929. An Introduction to the Scientific Study of the Soil p. 108.
3. Duggar, R. M. 1920. Hydrogen-ion concentrations and the composition of nutrient solutions in relation to the growth of seed plant. *Annals Mo. Bot. Gard.*, Vol. 7, p. 1—19.
4. Hedroitz, K. K. 1921. Exchangeable cations of the soil and the plant : 1. Relation of plant to certain cations fully saturating the soil exchange capacity. *Soil Science* V. 32, p. 51—57.

本邦に於ける所製黒土の組成並びに不良原因に就て、第一報

5. Hissink, D. J. 1922. Beitrag zur Kenntnis der Adsorptionsvorgänge im Boden. Internat. Mitt. Bodenkunde, V. 12, p. 81—172.
6. Hissink, D. J. 1925. Base exchange in soils. Trans. Far. Soc., Vol. 21, p. 561—568.
7. Hoagland, D. R., 1918. Effect of hydrogen and hydroxyl-ion concentration on the growth of barley seedlings. Soil Science, V. 3, p. 559—570.
8. Huttenhson, H. B. and MacLennan, K., 1915. Studies on the lime requirements of certain soils. Jour. Agri. Sci., V. 7, p. 75—105.
9. Jones, 1913. Method of determining the lime requirement of soils. Amer. Fertiliser, V. 36, p. 29.
10. Mc Ilvane, W. H., 1920. Nature of soil acidity with regard to its quantitative determination. Jour. Amer. Soc. Agron. V. 13, p. 137—161.
11. Olsen, C., 1923. Studies on the hydrogen-ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants. Compt. Rend. Lab. Carlsberg V. 15, p. 1.
12. Pierre, W. H., 1921. Hydrogen-ion concentration, aluminum concentration in the soil solution, and percentage base saturation as factors affecting plant growth on acid soils. Soil Sci., V. 31, p. 183—207.
13. Robinson, G. W. 1916—17. Studies on the Palaeozoic soil of North Wales. Jour. Agri. Sci., V. 8, p. 335—351.
14. Russel, E. J., 1932. Soil condition and Plant growth p. 491.
15. Trénel, M., 1927. Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Bodensäurefrage p. 54.
16. 藤生慶次郎, 今井勲 土壌中有機物に関する研究 西ヶ原農事試験場報告 第41號
17. 原田光 昭和3年 土壌中の交換性鹽基に就て 日本農藝化學會誌 第4卷 770—9頁
18. 原田光 昭和5年 無機質肥料の土壌に及ぼす影響に就て 盛岡高等農畜學堂學報 第6卷 23—31頁
19. 鶴下寛 昭和5年 ロズン加里に依る土壌酸度測定法に就て 農事試験場報 第1卷 85—88頁
20. 大工原銀太郎 土壌學講義 上卷 150—151頁

21. 三宅廉次、田町以信男、富樫吉郎 昭和5年 北海道に於ける所謂酸性性土壌の性状及成因に就て(第二報) 土壤肥料學雜誌 第4卷 1—36頁
22. 岡本春夫 昭和5年 不良土に及ぼす堆肥の效果に就て(豫報) 盛岡農園畜産會報 第5卷 121—138頁
23. 高崎 卷 昭和4年 不良土に於ける大豆の研究 土壤肥料新報 第222—223號
24. 三重県立農事試験場 昭和4年 不良土調査並試験成績
25. 岐阜縣立農事試験場 大正10年 酸性土壌調査試験成績報告
26. 農藝化學分析書 第1卷

本邦に於ける所謂黒土の組成並ひに不良原因に就て、第一報