

バガス灰及籾殻灰の化學的成分並 に所含加里の肥効に關する研究

龜田 崧・劉建藩

I 緒 論

加里は植物要素として必要缺くべからざる成分にして、綠葉中にて遊離炭酸の同化に當り炭水化物の合成作用に關與し、同時に共同化合産物の移動を促進する作用あり。窒素、磷酸と等しく土壤中既存の分量を以て足らず肥料として施用を要するは周知に屬す。然れども加里肥料の肥効は、其の化學的形態と土壤及土水の性質等により異なるべく、硫酸加里又は鹽化加里の如く其化學的性質の明かなるものは暫く措き、其他のものは先づ化合の形態並に其物理化學的性質を探求すること肝要なり。

土壤中に於ける加里の給源は、本邦に在りては窒素及磷酸の夫に比すれば、一般に豊富なるを常とすれども、然も作物の栽培に當りては多少は必ず是が補給の途を講ぜざるべからず。現今我が國に於て加里肥料として使用するものは、主として硫酸加里及鹽化加里にして、多く外國産に仰ぎて邦産に因るべきものは殆どなく、厩肥、堆肥及植物灰によりて僅に土壤に還元せらるゝものあるに過ぎず。

竊つて吾が臺灣に於ては、加里の一給源として甘蔗搾殻灰即ち所謂バガス灰 (Bagasse Ash) 及籾殻灰有り。此等は夫々臺灣各地に存在する製糖工場及籾摺工場の副産物にして、甘蔗搾殻及籾殻を補助燃料としたる殘灰なり。此等は從來多少肥料として利用せられたるものもあれど、多くは徒に棄却せられたり。

外國に於けるバガス灰及籾殻灰に關する研究を探求すれば、L. Buntier de Mongoet (1)は籾殻灰の利用方法として、籾殻灰中には K_2O 3.15% SiO_2 93.95% を含有し、珪酸の豊富なる點より此物を硝子工業に利用すれば有望なるべしと論ぜり。又 G. Booberg (2)は糖蜜の利用方法を研究するに當りて、糖蜜は甘蔗作並に稻作肥料として適當なることを述べ、この蜜糖に匹敵

すべき肥効を、バガス灰が有することを述べたり。

茲に於てバガス灰及糠殻灰の肥料の價値を研究するは、臺灣の如く其產出
 地なからざる所に於ては、忽にすべからざるものと認む。而して特に此等灰
 類の化學的性質を詳にし、栽培上肥効の程度を科學的に決定することは肝要
 なりとす。然れども臺灣に在りて、バガス灰及糠殻灰の化學的研究は、單に
 成分の一般分析をなしたるもの有る外未だ精査考究を経たるものなく、全く
 等閑に附せられたる觀あり。唯バガス灰に關しては、大目降(改稱新化)臺灣
 總督府糖業試驗場に於て施行せるバガス灰の甘蔗に對する肥効試驗成績(3)
 によれば、バガス灰單用は甘蔗栽培上效果少なれども之を他の肥料と混用す
 れば效果少しとせず。硫酸アンモン及硫酸加里にバガス灰を加へたるは、單
 に前二種の肥料を施したる場合よりも蔗莖收量並に産糖量多く、この場合バ
 ガス灰は磷酸の効果を發揮したるものと見做すを得べく、又硫酸アンモン磷
 酸一石灰及バガス灰を施用したる時は、硫酸アンモン及磷酸一石灰の場合に
 比し蔗莖收量並に産糖量を増加し、これにありてはバガス灰中の加里の肥効
 に歸因するが如し。尙ほ中央研究所農業部(4)及其他に於て從來バガス灰及
 糠殻灰の分析試験を行ひたる結果を摘録すれば第一表に掲ぐるが如し。

第一表 バガス灰及糠殻灰の一般成分

成 分	バガス灰		糠 殻 灰	
	A	B	A	B
水 分	0.32	—	0.66	1.17
SiO ₂	—	—	88.64	86.33
N	—	0.01	—	—
P ₂ O ₅	1.25	3.48	0.40	0.33
K ₂ O	2.69	4.12	2.03	2.20
CaO	0.18	—	—	—

仍て著者等はバガス灰及糠殻灰の化學的成分、就中加里の化合形態を討究
 すると同時に、水稻に對する肥効を試験し其價値を決定せんが爲めに本研究
 を行ひたり。

本研究を遂ぐるに當り農學博士澁谷紀三郎教授の指示を仰ぎ、又栽培試験
 は中央研究所技手樋口三雄氏の援助を受けたり。茲に深甚の謝意を表す。

II 供 試 灰

本研究に供したるバガス灰は、明治製糖株式會社蒜頭工場産のものにして、籾殻灰は臺北州新莊郡農業倉庫産のものなり。

バガス灰は、外觀灰白色を呈し、多少の黒斑を認む。之を顯微鏡下に檢すれば、硝子質物の中に明に炭素の夾雜するを見る。

籾殻灰は、黒色にしてバガス灰よりも粗硬なる觸感あり。黒色を呈するは、不完全燃焼の爲炭片の夾雜するによる。

一般にバガス灰及籾殻灰の成分は、灰化の條件により著しく異なることあるべし。熱度低く時間短かきときは、植物質は炭化に止まりて灰化すること少なく、同種の溶剤を用ふるも可溶性物質の分量を異にするに至る。供試灰中、バガス灰は略々完全燃焼をなし、僅かに炭末を混するに過ぎざれども、籾殻灰は灰化不完全にして、未だ黒色を帶び炭素の尙ほ多きを證せり。然るに灰化の際高温過熱する時は、多量に含有する珪酸は熔融して、冷却後固結したる硝子質塊状となり、炭末を包藏して、更に灼熱するも到底之を灰化すること能はざることあり。同時に、灰化によりて生成せる加里鹽類も、硝子質珪酸塊に包まれ、化學的若くは機械的に此塊を破壊するにあらざれば、加里鹽を溶出すること能はざる場合あるべし。又加里鹽は低熱に於ては炭酸加里の形態を占むるも、高熱に接する時は炭酸を遊離し、他の珪酸鹽類(5)と複鹽を生じ難溶のものとなることあるべし。又若し遊離石灰の存在に於て高熱するときは、加里は揮發逸散を來すに至るものなり。従て植物灰の肥効は灰化の條件と密接なる關係あることを知るべきなり。

供試灰中、籾殻灰は白金皿に入れ電氣爐中に於て更に燃焼したれども、純白となすこと能はず、炭素の珪酸中に包藏せられたるもの多きを認めたり。

III 化學的分析

バガス灰及籾殻灰を節別混合し、乳鉢にて微細に磨り潰して分析試料に供したり。化學的分析は、吸濕水分及遊離炭素(不完全燃焼炭片)を定量すると共に、次の如き處理を行ひたり。(1)、強熱鹽酸(比重1.15)による浸出

(2)、水による浸出 (3)、熔融劑による分解

(1)、強熱鹽酸による浸出

試料2に強熱鹽酸(比重1.15)を加へ、冷却器を附して加熱煮沸し、常法に依り諸成分を定量したり。鹽酸注加に當り、泡沫を生じたれども、餘り甚だしからず。分析の結果は次の如し。

第二表 強熱鹽酸による分析成績

成分	バガス灰				粉殻灰			
	氣乾物			乾物	氣乾物			乾物
	A	B	平均		A	B	平均	
水分	0.80	0.79	0.80	—	0.90	1.00	1.00	—
不溶物	82.84	82.99	82.92	83.59	90.27	95.94	96.10	97.07
SiO ₂	53.00	54.41	53.71	54.14	92.21	92.41	92.31	93.24
P ₂ O ₅	1.90	2.02	1.96	1.98	0.27	0.25	0.25	0.25
SO ₃	2.17	2.17	2.18	2.20	0.63	0.64	0.64	0.64
K ₂ O	2.77	2.74	2.76	2.78	0.56	0.52	0.54	0.56
Na ₂ O	1.22	1.22	1.22	1.23	0.23	0.22	0.23	0.23
CaO	2.30	2.34	2.32	2.34	0.24	0.27	0.26	0.26
MgO	2.62	2.60	2.61	2.63	1.01	1.08	1.05	1.06
CO ₂	—	—	0.74	0.74	—	—	0.27	0.28
C	0.53	0.53	0.53	0.53	0.27	0.26	0.26	0.26

供試灰は、瑪瑙乳鉢にて微細なる粉末となし、電氣爐にて燃焼したれども、終に純白とならず殊に粉殻灰に於て著しきを見る。

是により、粉殻灰はバガス灰に比すれば、鹽酸可溶物質の著しく少く、加里の含量は、バガス灰中2.78%にして、粉殻灰中0.56%とし、後者は前者の1/5を越えず。

(2)、蒸溜水による浸出

供試灰10gをメスフラスコに取り、蒸溜水約300c.cを加へ暫く振盪して濾過し、殘渣を蒸溜水を以て洗滌して、鹽素の反應を呈せざるに至りて止む。得たる所の浸出液を500c.cに滿らし、之を用ひて常法に従ひ諸成分を定量したり。但し鹽素及アルカリ度は別に浸出液を作りて測定したるものなり。

第三表 蒸溜水浸出による分析成績

成分	バガス灰				糠殻灰			
	氣乾物			乾物	氣乾物			乾物
	A	B	平均		A	B	平均	
水分性物	—	—	0.80	—	—	—	1.00	—
水溶性物	—	—	3.63	3.66	—	—	1.58	1.60
不溶物	91.30	91.64	91.47	92.20	97.27	97.23	97.25	98.23
SiO ₂	0.13	—	0.13	0.13	0.16	—	0.16	0.16
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.12	0.12	0.06	0.05	0.06	0.06
SO ₃	1.48	1.45	1.48	1.48	0.13	0.11	0.12	0.12
K ₂ O	0.75	0.77	0.77	0.77	0.14	0.17	0.16	0.16
Na ₂ O	0.12	0.17	0.15	0.15	0.07	0.08	0.08	0.08
CaO	0.46	0.47	0.48	0.48	0.19	0.18	0.19	0.19
MgO	0.17	0.17	0.17	0.17	0.09	0.09	0.09	0.09
CO ₂	—	—	0.14	0.14	—	—	0.02	0.02
Cl	—	—	0.14	0.14	—	—	0.04	0.04
アルカリ度	—	—	22.37	—	—	—	2.80	—

水溶性成分は、鹽酸可溶性成分に比して、一般に遙かに低く、加里に就て見れば、バガス灰に在りては前者は後者の27.70%、糠殻灰に於ては28.57%なり。此の事實は、灰中の加里が大半難溶のものにして、少くとも速效を表はさざるものと云ふべし。磷酸に關しては、水溶性更に低く、バガス灰のものは僅に6%に過ぎず。糠殻灰中のものは24%なり。何れも總量に於て小なるが故に肥効も亦低かるべし。

此の分析結果に基き、鹽基と酸根との近似的結合を行ひ、溶存する化合物の形態と其量とを察するに、第四表に示すが如し。

第四表 蒸溜水浸出液中の化合物

成分	バガス灰	糠殻灰
K ₂ SO ₄	1.43	0.26
K ₂ CO ₃	—	0.03
MgCl ₂	0.22	0.06
Na ₃ PO ₄	0.28	0.14
CaH ₂ (CO ₃) ₂	0.12	0.55

MgH ₂ (CO ₃) ₂	—	0.23
H ₂ SiO ₃	0.30	0.32
MgSO ₄	0.26	—
CaSO ₄	1.10	—

(3) 熔蝕剤による分解

炭酸加里に對し、炭酸曹達3の割合に混合したる熔蝕剤を用ひ、供試灰を白金皿中にて熔蝕し、分析したるに次の成績を得たり。

第五表 熔蝕剤による分析成績

成分	バガス灰				籾殻灰			
	氣乾物			乾物	氣乾物			乾物
	A	B	平均	平均	A	B	平均	平均
水分	—	—	0.80	—	—	—	1.00	—
SiO ₂	74.95	—	74.95	75.54	94.61	—	94.61	95.56
Fe ₂ O ₃	2.61	2.80	2.71	2.73	0.47	0.47	0.47	0.48
P ₂ O ₅	2.18	2.12	2.15	1.85	0.68	0.66	0.67	0.68
CaO	2.91	3.02	2.96	2.99	1.17	1.21	1.19	1.20
MgO	2.03	2.93	2.93	2.96	1.08	1.93	1.96	1.98

バガス灰は、籾殻灰に比し珪酸含量少く、之に反し石灰、苦土、磷酸及酸化鐵を多く含有す。蓋し蔗莖と籾殻とは、植物の異なる部分にして、其機能も自ら相違するが故に、成分に差違あるも亦怪むべからず。

以上種々なる處理法により分析したる結果を總合するに、バガス灰及籾殻灰は、共に珪酸に富み、植物要素たる加里、石灰、磷酸等は概して少なし。而して加里鹽は鹽酸可溶性の形態を保ち、水溶性のものは至つて少量なり。之を換言すれば、炭酸加里又は硫酸加里の如き可溶性の單鹽は少くして、恐らくは他の珪酸鹽類と結合して複鹽を成すものなるべし。石灰及磷酸も亦、可溶性の形態にあるものは甚だ少なく、難溶のものに屬す。且つ石灰及磷酸の一部分は、強熱鹽酸によるも溶出せず。熔蝕するにあらざれば可溶性となすこと能はざるものあり。

斯の如くバガス灰及籾殻灰は、植物要素の絶対量少なき上、可溶性のもの

甚だ乏しきが故に、肥料として到底濃厚なるものと稱すべからず。

只此等の灰類は、徒に廢棄するよりも、假令僅少の植物要素も之を利用するを勝れりとなす所以なり。又製糖工場及籾摺工場に在りて、バガス及籾殻を補助燃料として燃焼するに際し、成るべく高熱するは熱量を大ならしむる手段なれども、是が爲めに要素の灰成分中に於ける化合形態を愈々難溶性のものに變じ、肥料的價値を減却するものゝ如し。

利用上二の目的を兩立せしむることは、肥料要素の市價の昂騰せざる限り望み難き所なるべし。

尙ほ本研究に用ひたるバガス灰及籾殻灰中の要素の肥料的價値は、夫々工場産のものに就きて吟味したるものなるが故に、若し熱度を加減し比較的低温により焼却したるバガス灰及籾殻灰を用ひ、同様の分析試験を行ふときは肥料的價値に於て稍勝れる結果を見出すべきを推定せらる。

IV 栽培試験

バガス灰及籾殻灰の加里含量は、強熱鹽酸に可溶のもの夫々2.78%及0.56%なるを以て、之を基礎とし水稻に對する肥効を検せんと欲し、栽培試験を行ひたり。

- A 供試土壤 臺北市富田町蔡北水源地附近河砂
- B 供試肥料 バガス灰 籾殻灰 硫酸アンモン 燐酸石灰 硫酸加里
- C 供試作物 水稻 中村種 第一期作第二期作共
- D 栽培試験の準備 土壤を豫め2分5厘目篩にて篩ひ、能く混合したるもの16kgを科取し、ワグナー氏磁製ポットに填充し、水を注ぎて水田状態となし、肥料を次表に従て施用したり。

第六表 試験區の配列並に要素用量

試験區	1ポット當要素用量 (g)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無肥料區	0	0	0
硫酸加里區	1	1	1
無加里區	1	1	0
バガス灰區	1	1	1
籾殻灰區	1	1	1
バガス灰半量區	1	1	1/2
籾殻灰半量區	1	1	1/2

44 バガス灰及糠殻灰の化學的成分並に所含加里の肥効關に於る研究(龜田・劉)

要素用量は、1ポット當N、P、O₂、K₂O共に1gを基準とし、試験區に應じて夫々施用し、バガス灰及糠殻灰は前述の如く強熱鹽酸に可溶性のKの量より計算し、1ポットに就き1g若くは½gに相當する灰量を用ひたり。總て基肥となし、表土約10cmの間に均等に混和したり。施肥の2日後水稻中村種の苗を取り、發育中等にして健全なるものを選び、1ポット當1株5本を挿秧したり。試験結果の正誤を得むが爲め一試験區に就き3ポットを併用したり。

管理 栽培管理は、ポットを中央研究所農業部網室内に置いて之を爲し、毎日一回乃至二回灌水を行ひ、除草は本田に准じて第一期作四回、第二期作三回、又生育調査は第一期作三回、第二期作二回之を行ひたり。

(1) 生育調査

草丈、莖數、穗數の調査は各ポットに就きて行ひ、3ポットの平均數を次に表示す。

第七表 水稻生育調査成績

試験區	第一期作							第二期作					
	草丈			莖數				穗數	草丈		穗數		
	第一回	第二回	第三回	第一回	第二回	第三回	第一回		第二回	第一回	第二回	莖數	
無肥料區	36	45	58	5	5	5	5	73	73	5	5	5	
硫酸加里區	72	90	118	11	27	30	29	116	117	12	16	17	
無加里區	68	78	107	10	23	26	24	79	90	5	6	8	
バガス灰區	82	91	122	14	29	31	27	116	121	11	11	16	
糠殻灰區	74	86	118	11	22	26	23	97	104	7	10	15	
バガス灰半量區	73	88	120	14	26	30	26	101	119	12	13	15	
糠殻灰半量區	69	82	114	10	25	29	26	99	119	11	13	14	

水稻の生育に及ぼすバガス灰及糠殻灰の効果は、概して之を認むることを得。殊に第二期作に於て然るを見るなり。又バガス灰は糠殻灰に勝る傾向あるは分析成績と一致する所なり。

(2) 收量成績

水稻の登熟して收穫の適期に達したるとき、1ポット毎に水稻を根際より刈取り乾燥して、穀實と藁稈とを各別に秤量し、3ポットの平均數を求めたり。

第八表 水稻收穫成績

區別	第一期作		第二期作	
	環	穀	環	穀
無肥料區	(g) 2.2	(g) 1.6	(g) 3.1	(g) 2.3
磷酸加里區	47.4	51.7	34.0	39.9
無加里區	43.0	36.6	8.9	5.6
バガス灰區	44.1	50.7	27.3	30.1
糠殻灰區	42.7	46.7	26.4	25.7
バガス灰半量區	42.2	50.1	26.7	28.2
糠殻灰半量區	41.9	45.9	23.0	25.0

上表によりて判斷するに、供試土壤は植物要素に乏しく、無肥料にて水稻を栽培するときは、分蘖をなます生育を著しく限定せらる。蓋し生育の主要要素たる窒素の不足によるものと察せらる。加里も亦不充分なりと雖も無加里區が無肥料區に比して遙かに優良なるを見れば、既に土壤中に有効性加里の含有すること明かなり。而して第二期作水稻の無加里區が、第一期作水稻の夫に比して不良なるは、一般本田に於ける現象と同一にして、第二期作は同一品種の水稻にても特に加里を要求する所にして、加里肥料補給の要ある所なり。供試土壤には多少加里の天然供給量あるに拘らず、バガス灰及糠殻灰を施すときは常に肥効を奏し、無加里に比して増收を示せり。然れども之を硫酸加里の收量に比するときは、常に及ぼす灰類の肥効の小なるを知るべし。

灰類の加里は、分析結果に徴して明かなる如く、水溶性加里鹽は極めて少量にして1%内外に過ぎず。多くは強熱鹽酸に抽出せらるべき難溶のものとし、恐らくは珪酸アルカリ或は珪酸アルカリ土等と複鹽をなすものなるべし。本試験に在りて水稻に及ぼしたる肥効は、其水溶性加里鹽のみなるや、或は此等の複鹽も肥効を奏するに至りたるやは知るべからずと雖も、穀の收量より見れば、バガス灰は硫酸加里の75%(第二期作)乃至98%(第一期作)、糠殻灰は64%(第二期作)乃至90%(第一期作)の肥効を挙げ、バガス灰の肥効は糠殻灰の夫に比し常に勝れるは、分析結果と一致する所なり。又灰類の施肥量を半減したる場合は、概して肥効も低減するを認めれども、收量は取て半量となることなし。

結論及總括

製糖工場の廢棄物たるバガス灰及籾殻工場より産出する籾殻灰を肥料として利用する爲其等灰類の化學的成分を精査し肥料の價值を決定せんが爲、化學的分析試験と、水稻を用ひ栽培試験とを行ひたり。其結果此等の灰類の特質と稱すべき點は

- (a) 珪酸の多きこと
- (b) 加里、磷酸、石灰等植物要素の少きこと
- (c) 高熱燃焼により、加里の如きは炭酸鹽より更に變化して他の難溶の化合物となり、恐らくは珪酸鹽等との複鹽を形成すべきこと
- (d) 高熱の爲め珪酸が凝結して硝子質塊狀となり、加里鹽の如きものを包藏すべきこと
- (e) 加里は高熱に逢ひ多少揮發損失することあるべし

故にバガス灰及籾殻灰を、肥料とする目的を以て燒却したるものと異なり、肥料の價值は低下せられたることは想像せらる。然れども猶ほ加里、磷酸、石灰等を含み、可溶性の形態に於ても含有せらるゝが故に、徒に廢棄するよりは、之を肥料として利用することは、一良策たるを失はず。仍て分析試験並栽培試験の結果を總括すれば

1. バガス灰の加里含量は2.77%にして籾殻灰の加里含量は0.55%なり。此中水溶性形態のものは至て少なく、加里含量の更に28%内外とす。
2. 灰類の鹽基度一般に低きは、炭酸鹽の少きを證するものにして、高熱の爲めに他の鹽類に變化せるものゝ如し。
3. バガス灰及籾殻灰は、加里肥料として水稻に對し肥效を奏す。然れども之を硫酸加里に比すれば低く、籾殻灰はバガス灰よりも更に劣れり。

(臺北帝國大學理農學部土壤學肥料學研究室)

參考文獻

- (1) L. Buatier De Mongeot. Utilization of rice husks. Chemical Abstract, 24: 5086, (1930).
- (2) G. Boberg. Use of molasses as fertilizer. Facts about Sugar, 37: 177, (1932).
- (3) 石田研著 甘蔗糖製造化學下卷368—371頁(大正十四年版)
- (4) 臺灣農女會發行 臺灣農家便覽714頁(大正十三年版)
- (5) R. J. Nestell and E. Anderson. The nature of cement mill potash. The Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 9: 646-651, (1917).