煤在肥料上之利用

（第一報）

泥炭固體肥料及粉炭固體肥料對於小麥之肥效

許新民　顏滄濤

一、緒　　論

煤之用途頗廣，除了可作燃料或供合成有機化合物或液體燃料時所需原料外，在肥料製造上亦有利用者。以煤製造合成氨而製造氮肥。另一則爲利用煤特別爲泥炭之收着性，以收着保持肥料要素而防止其流失之方法也。本報告乃以後者爲對象而旨在製造具有機質肥料優點之肥料。

煤爲古代植物在地下受長時間之熱及壓力作用，經分解重合縮合諸作用而生成之複雜化合物之混合物，此作用卽所謂石炭化作用。關於此複雜物質化學成分之研究雖屬不易，惟現今利用溶煤抽出，熱分解及種種化學藥品之作用，而得以探究煤之大致成分。一般言之，煤炭化作用程度愈高，則其分子組成愈複雜，分子愈大，又對于化學藥品之作用亦愈安定(卽分解困難)。

泥炭及亞炭之埋藏年齡均較短，煤炭化作用幾無進行，故往往具有原植物之性狀，其性質與土壤有機物頗類似。故自土壤肥料之見地觀之實爲良好之有機物。因其可改良土壤之物理性質，又在分解之際可解放其中可供植物吸收利用之肥料要素，又以收着性强，有保持水分並防止土壤中肥料要素流失之性能。此等性能在煤炭化作用進行頗著之場合如褐炭、瀝青炭等均減弱。故爲土壤肥料方面之利用以泥炭、亞炭較爲適當。此等幼年炭在工業上之價值雖低，惟如用於肥料，則其在應用上之價值實值得注目。以煤製造有機質肥料或類似有機質肥料之方法早經研究，其最簡單者爲在泥炭中混以化學肥料，以防止肥料要素之流失。或以泥炭用爲厩肥之原料或接種炭素固定菌、硝化菌以製成“細菌肥料”(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 22)，又有在高溫高壓之下使泥炭收氨以製成氨化泥炭者，其N含量可達15%(11, 13, 14, 15, 18, 21)。

據 Foost Hudig(15) 之研究，如添加鐵錳時可促進氨化作用。又據 S. S. Dragunov 之研究，氨化或尿素化泥炭可增加其可溶性有機物量。

S. S. Dragunov 曾用氨水抽出泥炭中之腐植酸復以磷酸沉澱之以製造含有氮、磷之肥料。J. Monteith & K. Walbem(12) 曾施用泥炭並栽培作物一年後，研究土壤之性質，其結果示施用泥炭時土壤之灼熱減量及風乾時水分含量均顯著增加云。

最近在園藝方面盛用泥炭與堆肥製造育苗鉢，用以育苗後直接移入園圃，可減少移植時損害種苗之虞。

據日本之研究結果示，泥炭與氮肥、磷肥、鉀肥混合後製成固體肥料，其肥效較三種肥料混合物爲優，又可防止水田之秋落現象云。

泥炭可用爲肥料之原料，係以其含有腐植質，故有收着性，因而可以改良土壤之性質。臺灣亦有各種煤之生產，在澎湖更有泥炭。著者等自42年10月受石炭會之補助開始就泥炭、粉炭在肥料上利用法加以研究。本研究首就日本製及自製泥炭固體肥料之肥效加以觀察，同時爲明瞭粉炭與泥炭之效果是否相同起見用粉炭製成“固體肥料”就其肥效亦加以試驗。關于泥炭、粉炭在肥料上比較有效之利用法及各種“固體肥料”對于水稻之肥效則目前正在進行試驗中者。

本研究承所長徐水泉博士，肥料研究室技正林國謙先生之指導，附此謹申謝忱。

實驗部分：

二、供試煤之化學成分及其特性

煤之化學成分甚複雜，且組成依種類而不同。茲首將供試煤之一般成分分析以爲判斷其是否爲優良肥料之依據[23, 24, 26]表一示工業分析及若干無機成分之分析結果。風乾時水分含量表示煤固有之吸濕能力灰分，則視岩石與泥土之混雜程度而定。在若干工業多有依灰分量多寡而定取捨者，揮發分指煤中之腐植酸及 Bitumen 經加熱分解後所生成之氣體而言。固定碳素爲純碳素量，煤炭化作用之程度常由揮發分與固定碳素量判斷之。在煤氣製造上則視揮發分較高而固定碳素少者爲宜。

表一　供試煤之一般成分表

煤種類	泥炭	亞炭	粉炭	煤種類	泥炭	亞炭	粉炭
	%	%	%		%	%	%
水分	20.99	18.27	4.87	總磷	0.034	0.032	0.025
灰分	30.76	9.72	14.34	總鉀	1.24	1.29	1.13
揮發分	38.69	53.25	41.86	有效氮	0.024	0.011	0.033
固定炭素	9.56	18.74	38.93	有效磷	trace	trace	trace
硫黃	1.12	1.99	2.04	有效鉀	trace	trace	trace
總炭	0.57	0.69	1.4	pH	4.2	4.6	2.4

註：表中有效性氮以加入氧化鎂直接蒸溜而生之氮量計之。

有效性磷及鉀指溶於醋酸鈉溶液（pH 4.8）中者而言。

據一般學者之意見煤係由 Bitumen 及 Humin 兩部物質構成，Bitumen 爲植物之樹脂、脂肪、蛋白質等經煤炭化作用生成者 Humin 則係由碳水化合物、木質素變化而成。惟兩者之含量比率則視煤炭化作用進行程度而定。

茲依 Fischer 氏之示性分析法[22, 25, 26]加以分析所得結果如表二所示。

表二　供試煤之示性分析表

煤種類	泥炭	亞炭	粉炭	煤種類	泥炭	亞炭	粉炭
水分(%)	20.99	18.29	4.99	Humin 酸	9.82	16.25	0.23
Bitumen	0.22	0.27	0.57	不揮發性酸	3.80	5.53	1.30
纖維素	13.00	10.11	10.65	木質素	9.98	15.32	1.33
1% NaOH 可溶物	13.62	21.18	1.53	Hunus 炭	41.43	32.29	80.14

由上表可知一般幼年炭對化學藥品之抵抗力較弱而老年炭則否。從而可以推知老年炭在土壤中之分解必遲緩無疑。

三、固體肥料對小麥之肥效試驗

1. 供試固體肥料計三種：
   （1）日製泥炭固體肥料
   （2）泥炭固體肥料
   （3）粉炭固體肥料

第 (ii) (iii) 種均係由澎湖產泥炭及粉炭混以硫酸鋅、過燐酸鈣、硫酸鉀及 5 %之粘土製成粒狀後乾燥（100°C）2 小時而成者，茲示供試固體肥料之成分於表三：

表　三

成分＼肥料種類	泥炭固肥	粉炭固肥	日製固肥
	%	%	%
水分	4.45	2.96	2.81
灰分	56.24	47.87	54.35
總氮	6.99	6.88	7.35
總磷	2.78	2.68	3.15
總鉀	4.48	4.32	4.02
水溶性氮	6.28	6.48	6.32
水溶性磷	2.16	1.97	2.16
水溶性鉀	3.63	3.34	3.33

2. 本試驗所用之土壤爲臺北農試所農場土壤，其一般理化性質如下表四，又每盆所用土壤爲15公斤。

表　四

pH	土壤質地 Soil texture	有機質 %	有效氮 P. P. M.	有效燐 P. P. M.	有效鉀 P. P. M.
5.96	Silt losm 粉砂壤土	3.5	95	15	100

表中 pH 使用 Quinhydron 法測定，土壤質地用 Pipet 法測定，有效性氮、磷、鉀，均指溶於醋酸鈉溶液（pH 4.8）中者而言。

3. 試驗方法：試驗中共包括六處理，即泥炭、粉炭、泥炭固肥、粉炭固肥、日本泥炭固肥及三要素混合原料，每處理共有三個量之變級，重覆二次在溫室內以盆栽法行之。所用單質肥料爲硫酸銨、過燐酸鈣和硫酸鉀，各處理施肥量如表五所示：

表五　各處理施肥量表

處理無肥區	量 gr	固體肥料中水溶性要素 gr			單質肥料 gr			三要素含量 gr		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
粉炭區少量(CQ_1)	30.00	—	—	—	—	—	—	0.420(T) 0.010(A)	—	—
粉炭區中量(CQ_2)	60.00	—	—	—	—	—	—	0.840(T) 0.020(A)	—	—
粉炭區多量(CQ_3)	90.00	—	—	—	—	—	—	1.260(T) 0.030(A)	—	—
泥炭區少量(PQ_1)	30.00	—	—	—	—	—	—	0.179(T) 0.013(A)	—	—
泥炭區中量(PQ_2)	60.00	—	—	—	—	—	—	0.342(T) 0.026(A)	—	—
泥炭區多量(PQ_3)	90.00	—	—	—	—	—	—	0.513(T) 0.039(A)	—	—
泥炭固肥區										
少量(PFQ_1)	6.34	0.398	0.136	0.230	—	—	—	0.398	0.136	0.230
中量(PFQ_2)	12.69	0.796	0.274	0.460	—	—	—	0.796	0.273	0.460
多量(PFQ_3)	19.03	1.194	0.411	0.690	—	—	—	1.194	0.410	0.690
粉炭固肥區										

少　量 (CFQ_1)	6.15	0.398	0.121	0.205	—	0.015	0.024	0.398	0.136	0.230
中　量 (CFQ_2)	12.30	0.796	0.242	0.410	—	0.021	0.059	0.796	0.273	0.460
多　量 (CFQ_3)	18.45	1.194	0.362	0.616	—	0.049	0.073	1.194	0.410	0.690
日本固肥區										
少　量 (JFQ_1)	6.33	0.398	0.136	0.210	—	—	0.010	0.398	0.136	0.230
中　量 (JFQ_2)	12.66	0.796	0.273	0.421	—	—	0.039	0.796	0.273	0.460
多　量 (JFQ_3)	18.99	1.194	0.410	0.632	—	—	0.058	1.194	0.410	0.690
三要素區										
少　量 (FQ_1)	1.90	—	—	—	0.398	0.136	0·230	0.398	0.136	0.230
中　量 (FQ_2)	3.80	—	—	—	0.796	0.273	0.460	0.796	0.273	0.460
多　量 (FQ_3)	5.70	—	—	—	1.194	0.410	0.690	0.410	0.410	0.690

T＝總量　　A＝有效量

小麥品種：臺中二號

播種日期：42年11月11日

收穫日期：43年 3 月10日

每一盆播種小麥種子20粒，等到發芽生長後即行間苗留11株，其收穫後穗重及莖葉重如下：

表　六

處　　理	處理代號	穗　重			莖　葉　重		
		(1) gr	(2) gr	平均(gr)	(1) gr	(2) gr	平均(gr)
無　　肥	0	34.3	36.4	35.35	54.2	57.2	55.70
粉炭少量	CQ_1	46.6	42.9	44.75	73.6	72.0	72.81
中　　量	CQ_2	41.8	39.9	40.90	68.8	68.6	68.70
多　　量	CQ_3	46.5	44.8	45.65	79.0	82.6	80.80
泥炭少量	PQ_1	45.8	45.7	45.75	75.0	82.6	78.80
中　　量	PQ_2	45.7	43.2	44.45	69.5	69.3	69.40
多　　量	PQ_3	44.0	48.3	46.15	73.0	74.3	73.65
泥炭固肥少量	PFQ_1	46.8	48.6	47.70	80.0	82.0	81.00
中　　量	PFQ_2	49.2	50.4	19.80	82.8	94.0	88.40
多　　量	PFQ_3	58.5	55.0	56.75	89.6	85.0	87.30
粉炭固肥少量	CFQ_1	48.1	45.2	46.65	85.3	86.8	86.05
中　　量	CFQ_2	49.8	49.2	49.50	83.0	90.8	86.90
多　　量	CFQ_3	53.6	50.2	51.90	85.8	81.8	83.85
日本固肥少量	JfQ_1	41.9	46.4	44.25	80.4	88.7	84.55
中　　量	JfQ_2	53.4	49.4	51.40	86.2	87.7	85.45
多　　量	JfQ_3	52.3	57.7	55.00	86.7	87.0	86.85
三要素少量	fQ_1	51.6	52.8	52.20	83.0	88.3	85.65
中　　量	fQ_2	55.0	54.9	54.95	76.8	79.3	78.05
多　　量	fQ_3	57.7	57.0	57.35	77.3	86.1	81.70

就穗重行簡單變方分析所得結果如下：

表　七

變異原因	自由度	SS	MS	F　值	理　論	F　值
					%	%
總　和　(T)	37	1,220.90	—	—	5	1
處　理　(t)	18	1,161.40	64.52	20.61	3.92	2.11
機　差　(E)	19	59.50	3.13	—	—	—

$$\begin{matrix} D\,5\%\ 2.086 \\ D\,1\%\ 2.845 \end{matrix} \times \sqrt{2x \times 3.1312} = \begin{matrix} 3.69 \\ 5.03 \end{matrix}$$

A.　施用泥炭與粉炭之效果比較

		平均收量	D					
無　　肥	0	35.35	0					
粉炭中量	CQ_2	40.90	5.55**	CQ_2				
泥炭中量	PQ_2	44.45	9.10**	3.55*	PQ_2			
粉炭少量	CQ_1	44.75	9.40**	3.95*	0.40	CQ_1		
粉炭多量	CQ_3	45.65	10.30**	4.75*	1.20	0.80	CQ_3	
泥炭少量	PQ_1	45.75	10.40**	4.95*	1.40	1.10	0.2	PQ_1
泥炭多量	PQ_3	46.15	10.83**	5.25*	1.70	1.30	1.5	0.3

由上表可知施用適當之泥炭或粉炭均可使小麥產量增加，(與無肥區對照)此或係泥炭或粉炭可以改良土壤之物理性質使然，惟其用量過多時，對於小麥產量之增加並無效果，又泥炭之效果較粉炭爲著。

B.　不同固體肥料間肥效比較

處理項目代號	平	均	產	量								
日本固肥少量 JFQ_1	44.25	JFQ_1										
粉炭固肥少量 CFQ_1	46.65	2.40	CFQ_1									
泥炭固肥少量 PFQ_1	47.70	3.45**	1.05	PFQ_1								
粉炭固肥中量 CFQ_2	49.50	5.25**	2.85	1.80	CFQ_2							
泥炭固肥中量 PFQ_2	49.80	5.55**	3.15*	2.10*	0.30	PFQ_2						
日本固肥中量 JFQ_2	51.40	7.15**	4.75**	3.70*	1.90	1.60	JFQ_2					
粉炭固肥多量 CFQ_3	51.90	7.65**	5.25**	4.20*	2.40	2.10	0.5	CFQ_3				
三要素少量 FQ_1	52.20	7.95**	5.55**	4.50**	2.70**	2.40**	0.8	0.3	FQ_1			
三要素中量 FQ_2	54.95	10.70**	8.30**	7.25**	5.45**	5.15**	3.55	3.05	2.75	FQ_2		
日本固肥中量 JFQ_2	55.0	10.75**	8.35**	7.30**	5.50**	5.20**	3.60**	3.10*	2.80*	0.05	JFQ_2	
泥炭固肥多量 PFQ_3	56.75	12.50**	10.10**	9.05**	7.25**	6.95**	5.35**	4.85**	4.55**	1.80	1.75	PFQ_3
三要素多量 FQ_3	75.36	13.10**	10.70**	9.65**	8.75**	8.55**	6.95**	6.45**	6.15**	3.40	3.35	1.60

註：上表 *符號爲P＜5％顯著　　**符號爲P＜1％顯著

由上表可知施用同量要素時，日本固肥、泥炭固肥、粉炭固肥，對於小麥產量並無差異，又三要素少量區之產量較固體肥料少量區爲高，惟如三要素及固體肥料之用量俱增時則二者產量間無大差異。

C. 以三要素中量區收量爲100時其他各區之收量指數：

定性方面之分析已如上述，在定量方面可由表八看出；以三要素中量區收量爲100時無肥區收量指數約爲65，泥炭、粉炭區之收量指數約在7484之間，至固體肥料之收量指數約爲90。

表八　以三要素中量區收量爲100時其他各區之收量

處理	平均收量	指數	處理	平均收量	指數
無肥區	35.35	64.3	粉炭固肥少量	46.65	84.9
粉炭少量	44.75	81.3	中量	49.50	90.1
中量	40.90	74.4	多量	51.90	94.4
多量	45.65	83.0	日本固肥少量	44.25	80.4
泥炭少量	45.75	83.3	中量	51.40	93.5
中量	44.45	80.9	多量	55.20	101.0
多量	46.15	84.0	三要素少量	52.20	95.0
泥炭固肥少量	47.70	86.8	中量	54.90	100.0
中量	49.80	90.6	多量	57.35	104.4
多量	56.75	103.3			

D. 栽培前後土壤之分析結果：

栽培前後之土壤經測定pH分析，水分，灼熱減量，及有效性氮、磷、鉀之結果如下表：

表　九

處理＼分析事項	pH	水分 %	灼熱減量 %	有效性氮 P.P.M.	有效性磷 P.P.M.	有效性鉀 P.P.M.
栽培前土壤	5.95	1.84	3.04	15	15.0	100
栽培後土壤無肥	5.93	1.61	3.25	10	25.0	75
粉炭少量	5.74	1.62	5.53	10	7.5	60
中量	5.90	1.64	5.75	15	12.0	75
多量	5.48	1.66	6.23	15	12.0	75
泥炭少量	5.85	1.94	4.01	35	6.5	100
中量	5.61	1.98	4.60	30	6.2	100
多量	5.36	2.25	5.09	35	6.5	125
粉炭固肥少量	5.54	—	—	12	7.5	100
中量	5.14	—	—	10	6.5	125
多量	4.94	—	—	15	6.5	125
泥炭固肥少量	5.45	—	—	12	12.5	100
中量	5.07	—	—	10	12.5	150
多量	4.85	—	—	15	15.0	150
日本固肥少量	5.69	—	—	12	5.0	200
中量	5.08	—	—	10	6.5	200
多量	4.90	—	—	14	4.0	200
三要素少量	5.63	—	—	12	4.0	70
中量	5.14	—	—	15	12.5	100
多量	4.68	—	—	15	12.5	125

泥炭及粉炭區土壤經栽培後其水分含量及灼熱減量之增加頗著，是泥炭可以增加土壤之保水性至爲明顯。

四、摘　　要

（1） 由供試煤之一般分析結果獲知粉炭與亞炭、泥炭之成分不同，粉炭對一般化學試藥甚爲安定，如鹼可溶性的腐植酸爲量甚少，泥炭及亞炭之腐植質則多爲鹼可溶性者。對一般化學試藥比較脆弱，故如施用前於土壤中則其分解速度必遲緩無疑，以煤爲肥料製造之原料要在利用其腐植質，故煤之選擇素以 (1)水分含量高 (2)灰分少 (3)鹼可溶性腐植多者爲宜。

（2） .小麥盆栽試驗結果示施用泥炭或粉炭時均可使小麥產量增加，其原因有二：其一爲泥炭或粉炭中含有少量之有效性養分可供小麥利用；其二爲泥炭或粉炭均有改良土壤物理性質之作用，故可間接促進小麥之生長。

（3） 比較泥炭和粉炭之效果知前者較後者爲優。

（4） 施用同量 N, P, K 三要素時，三要素區之小麥產量較粉炭或泥炭固體肥料區者爲高，又泥炭固體肥料區之產量較粉炭固體肥料稍高。

參 考 文 獻

(1) Chemical Abstract 1930 p. 4578
(2) Chemical Abstract 1930 p. 4352
(3) Chemical Abstract 1931 p. 4968
(4) Chemical Abstract 1931 p. 5496
(5) Chemical Abstract 1931 p. 4076
(6) Chemical Abstract 1931 p. 2800
(7) Chemical Abstract 1932 p. 3866
(8) Chemical Abstract 1932 p. 3606
(9) Chemical Abstract 1934 p. 4385
(10) Chemical Abstract 1933 p. 1702
(11) Chemical Abstract 1933 p. 4339
(12) BULL, M. S. GALF. Assoc. Green. Sect. 1933 p. 13. 90-110
(13) Tourspplies Chem. 1934.7: 1055-63
(14) Chemical Abstract 1936 p. 1499
(15) Chemical Abstract 1936 p. 3546
(16) Chemical Abstract 1937 p. 4039
(17) Chemical Abstract 1937 p. 5096
(18) Ind. Eng. Chem. 1939. 31 185-9
(19) Chemical Abstract 1948 p. 4368
(20) Ind. Eng. Chem. Vol. 42 p. 707
(21) Chemical Abstract 1952 p. 8794
(22) Chemical Abstract 1953 p. 810
(23) 香坂要三：礦の化學
(24) 西田坂三、三浦伊八郎：木材の化學
(25) GRITTIN: Technical Methods of Analysis
(26) 岡新六：石炭

STUDIES ON THE UTILITY OF COAL AS A RESOURCE OF FERTILIZER

(Preliminary Report)

The Availabilities of Peat and Low Grade Coal and Their Ball Fertilizers on Wheat

by

H. M. HSU and T. T. YEN

SUMMARY

Efforts has been laid in order to introduce peat and low grade coal as a fertilizer resource. Former researches carried in foreign countries were investigated and it was found that preperation of ball fertilizer seems preferable in Taiwan. In 1953, a salient availability of the ball fertilizer was indicated in Japan. This fertilizer having a size as an olive was prepared by moltening the mixture of peat and Chemical fertilizers. It was learned that peat was used as an organic adsorbent to hold N, P, & K elements, thus can prevent their loss from leaching. In this experiment both Japanese ball fertilizer and self-made ball fertilizer as well as peat and low grade coal were studied on the growth of wheat. The results obtained may be summarized as following;

1) The general properties of coal and peat used in this experiment were quite different in their constitutes and stabilities. Bituminus coal was quite stable in chemical reagent. In other hand, however, lignite and peat are relatively soluble in the alkaline solutions, such as NaOH, NH_4OH etc. to produce colloidal humic substances which were contributing on the adsorption of fertilizer elements and also were available as the soil humus. The analitical data suggest us, that coal with high water content, low ash content and abundant in alkaline soluble substances are favorable for the preparation of ball fertilizer.

2) The green house culture experiment show that both bituminus coal and peat used in this experiment may cause the increase of yield of wheat. This may be due to the available elements contained in these substances and also they can improve the soil physical properties.

3) Peat was more available on the growth of wheat in comparision with bituminus coal.

4) The availabilitiy of ball fertilizers had no significant effect in comparision with N, P, K, fertilizers applied in powder from.

（第 二 報）

煤炭固體肥料對水稻之肥效

一、前　　言

利用煤炭類之腐植膠質性，收着保持肥料要素而做成之固體小粒卽所謂固體肥料，以防止要素之流失而持續肥效爲目的。原料以泥炭或低級炭混以化學肥料與少量粘着劑而製成。有關此種肥料試驗在第一報中已將原料煤之性質加以檢討，並對旱作小麥之肥效試驗結果提供報告。本報告是爲對水稻之肥效試驗結果，期將施用於幾種土壤時之效果提供參考。試驗在玻璃室中以盆栽法栽培水稻，一面分析土壤浸透液中三要素含量藉以探究要素流失量，一面觀察水稻生長情形，用以判斷其肥效持續性。爰將所得結果報告於後。

本報告承所長徐水泉博士肥料研究室技正林國謙先生惠予校閱，又試驗期間多承李蘭帝君之幫助謹申謝忱。

二、實　驗　部　份

1. 供試固體肥料之製造：

本實驗所用固體肥料計三種：(1)泥炭固體肥料，(2)粉炭固體肥料，(3)日製泥炭固體肥料。第(1)及(2)種係由泥炭及粉炭混以硫酸鏸石灰，硫酸鉀及5％之粘土製成，各成分之配合量乃由日製固體肥料分析結果，以計算量混合製造。製成之粒狀肥料經100°C乾燥兩小時後供於實驗。茲示供試肥料之三要素分量於表一。

表一　供試固體肥料成分分析表

成分＼肥料種類	泥炭固肥	粉炭固肥	日製固肥
	%	%	%
水分	4.12	3.38	2.81
灰分	55.34	50.23	54.35
全氮量	6.72	6.88	7.13
全磷量	2.54	2.74	3.15
全鉀量	4.02	3.86	4.02
水溶性氮	6.48	6.45	6.32
水溶性磷	2.03	2.33	2.16
水溶性鉀	3.65	3.42	3.33

2. 供試土壤之一般分析：

本試驗使用五種土壤，其一般理化性經分析結果示如下表。

表二　栽培用土壤之一般理化性

分析項目＼土壤種類	採取地點	pH	有機物	土壤質地	有效成分 (P. P. M.)			
					N	P	K	Ca
砂岩頁岩質冲積土	臺北	5.95	3.50	粉砂壤土	35	7.5	75	750
紅壤	平鎭	4.81	1.26	壤質粘土	10	2.5	12.5	120

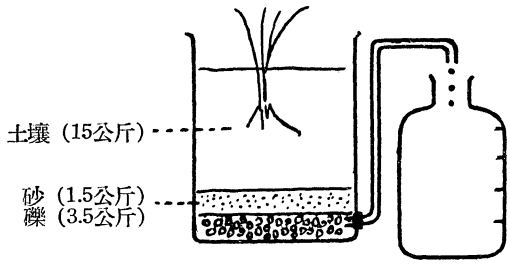
粘板岩冲積土壤	員林	6.60	2.71	壤質粘土	32	5.0	25.0	1,760
看天田土壤	新營	7.73	2.05	粘土	10	2.5	62.5	1,760
鹽鹼土	布袋	8.32	0.79	砂質壤土	10	2.5	200	1,250

註：表中 pH 使用 Quinhydron 法測定，土壤質地用國際吸管法測定；有效成分指溶於醋酸鈉溶液 pH 4.8 者而言。

五種土壤中紅壤於栽培前先以石灰中和至 pH 7，然後播種，石灰使用量爲每盆土壤15公斤中使用石灰 8 公分。

3. 試驗方法：

本試驗於玻璃室內以盆栽試驗法舉行之。每一種土壤均有七項處理。卽(1)無施肥區 (O)，(2)泥炭單用區 (P)，(3)粉炭單用區 (C)，(4)粉炭固肥區 (Cf)，(5)泥炭固肥區 (Pf)，(6)日製固肥區 (Jf)，(7)三要素撒施區 (f)。每處理重覆兩次，故每一種土壤有14盆，總共有 70 盆。栽培用盆於盆底另裝一彎曲玻璃管以便於土壤滲透液之流出。栽培後以加水調節，其流出液量使其每二星期流出約 2 公升，供於分析流失三要素量。栽培用盆裝置如下圖：



本試驗使用水稻品種爲臺中65號，於民國43年 3 月16日種植，43年 7 月10日收穫，每一盆栽苗各五株。栽培期間除按時分析其流失三要素外，並調查其生育狀況，收穫後就其風乾物重比較其產量。又每處理中肥料施用量如表三所示。

表三　不同處理肥料施用量表

處理	肥料用量 gr	三要素含量			單質肥料用量			三要素總量		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
無肥區(O)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
粉炭單用區(C)	90	1.260(T) 0.030(A)	—	—	0	0	0	1.260(T) 0.030(A)	0	0
泥炭單用區(P)	90	0.513(T) 0.039(A)	—	—	0	0.4	0	0.513(T) 0.039(A)	0	0
泥炭固肥區(Pf)	13.32	080	0.25	0.45	0	0	0.03	0.80	0.29	0.45
粉炭固肥區(Cf)	12.40	0.80	0.29	0.42	0	0	0.03	0.80	0.29	0.45
日製固肥區(Jf)	12.66	0.80	0.27	0.42	0	0.02	0.03	0.80	0.29	0.45
三要素撒施鉀(f)	硫銨 3.688 過磷 0.92 硫鉀 0.80	0.80	0.29	0.45	0	0	0	0.80	0.29	0.45

註：T＝總量　　A＝有效量

4. 試驗結果：

本試驗結果可分爲兩部份表示。一爲肥料要素流失量藉以觀察肥料要素流失情形。另一爲栽培期中生育情形及收穫量用以檢討固體肥料之肥效，及泥炭、粉炭本身對於水稻栽培之影響。茲分別

示結果於後。

(一) 肥料要素流失量：

土壤滲透液的分析於每隔三星期分析一次。全期栽培中對紅壤分析五次，其他四種土壤因中途發生堵塞，流出液不均勻，故僅行三次，由紅壤滲液分析結果知第四次以後養分含量極少，不易檢出，茲將結果合併示於表四中。氮、磷、鉀之分析依 Benjamin Walf 氏的土壤及植物養分迅速分析法測定。

表四 肥料三要素流失量表(表示每兩盆之平均流失量)

土壤	分析次數 / 三要素 / 處理	第一次(4月3日) N	P	K	第二次(4月24日) N	P	K	第三次(5月15日) N	P	K	第四次(6月6日) N	P	K	第五次(6月27日) N	P	K	共計 N	P	K	對無肥區鬱100之流失指數 N	P	K
		(mg)			(mg)			(mg)			(mg)			(mg)								
紅壤	無肥	10	0	27	7	0	70	4	0	74	2	0	20	0	0	10	20	0	201	100	—	100
	粉炭	10	0	38	7	0	60	5	0	62	0	0	35	0	0	10	22	0	205	96	—	102
	泥炭	9	0	35	7	0	90	5	0	49	0	0	20	0	0	30	21	0	224	91	—	112
	粉固	12	0	45	9	0	120	8	0	91	3	0	30	0	0	15	32	0	301	140	—	150
	泥固	9	0	30	7	0	120	8	0	108	2	0	25	0	0	15	26	0	293	111	—	146
	日固	10	0	28	9	0	90	9	0	69	2	0	25	0	0	20	28	0	232	122	—	116
	三要素	14	0	20	13	0	86	8	0	100	2	0	40	0	0	30	39	0	246	161	—	125
砂岩頁岩質沖積土	無肥	10	0	47	6	0	30	4	0	56							20	0	133	100	—	100
	粉炭	6	0	38	8	0	25	6	0	74							20	0	137	100	—	103
	泥岩	6	0	38	4	0	25	7	0	46							17	0	109	85	—	78
	粉固	10	0	15	12	0	32	15	0	96							37	0	143	185	—	107
	泥固	13	0	32	12	0	35	12	0	44							37	0	111	185	—	83
	日固	6	0	20	11	0	35	14	0	56							31	0	111	155	—	83
	三要素	20	0	37	15	0	38	16	0	72							51	0	149	255	—	111
鹽土	無肥	9	0>120		4	0>120		3	0>120								16	0>360		100	—	—
	粉炭	8	0>120		4	0>120		2	0>120								14	0>360		88	—	—
	泥炭	10	0>120		6	0>120		3	0>120								19	0>360		119	—	—
	粉固	11	0>120		13	0>120		4	0>120								28	0>360		175	—	—
	泥固	12	0>120		15	0>120		3	0>120								30	0>360		187	—	—
	日固	12	0>120		15	0>120		2	0>120								29	0>360		181	—	—
	三要素	19	0>120		21	0>120		2	0>120								42	0>360		262	—	—
看天田土	無肥	6	0	18	4	0	10	4	0	14							14	0	42	100	—	100
	粉炭	3	0	13	6	0	14	8	0	16							17	0	43	121	—	102
	泥炭	6	0	15	6	0	16	2	0	13							14	0	44	100	—	104
	粉固	6	0	15	8	0	20	4	0	20							18	0	55	128	—	131
	泥固	2	0	14	8	0	18	4	0	25							14	0	57	100	—	135
	日固	4	0	13	9	0	14	4	0	28							17	0	55	121	—	131
	三要素	5	0	15	11	0	20	2	0	20							18	0	55	128	—	131
粘	無肥	9	0	50	10	0	115	4	0	83							21	0	248	100	—	100
	粉炭	6	0	75	11	0	106	5	0	85							22	0	266	105	—	107

板岩土壤	泥炭	8	0	60	4	0	113	3	0	88				15	0	261	71	—	105
	粉固	10	0	50	11	0	142	10	0	76				31	0	268	147	—	108
	泥固	11	0	64	12	0	145	11	0	92				34	0	301	161	—	121
	日固	12	0	72	11	0	115	11	0	98				34	0	285	161	—	115
	三要素	10	0	73	12	0	156	14	0	91				36	0	320	171	—	129

由表四得知肥料要素以氮之流失爲較顯著，且依土壤質地而不同。鉀流失量較多。由總結果觀之，固體肥料區之肥料流失量較之三要素撒施區有較少之趨勢，但不甚明顯。磷則完全無流失可言。

氮對加入肥料量之總流失量固體肥料區均3%，而三要素撒施區爲5%。

(二) 栽培試驗結果：

水稻於栽培期間按期舉行生育調查，茲摘其要者列如表五，由實地觀察，固體肥料區肥效之表現均較之三要素撒施區迅速，其分蘖、出穗均較之提早。

表五 生育調查表

土壤	調查日期	無肥區				粉炭區				泥炭區				粉炭固肥區				泥炭固肥區				日本固肥區				三要素撒施區			
		重覆				重覆				重覆				重覆				重覆				重覆				重覆			
		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
		株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖	株高	分蘖
紅壤	月 日 5 5	43	6	45	5	47	5	41	5	44	6	40	5	63	13	65	14	60	13	69	15	64	13	61	13	57	5	44	5
	6 20	100	11	90	11	90	10	93	10	98	10	85	7	120	20	118	18	120	17	120	20	120	18	113	20	110	11	95	10
	7 10	108	11	108	13	113	10	109	11	108	9	105	9	123	18	118	18	123	17	120	20	120	16	112	20	121	12	112	15
砂質岩土頁岩壤	5 5	64	10	65	10	66	12	69	11	62	13	66	12	79	19	72	13	76	20	76	18	75	20	65	21	62	16	75	17
	6 20	100	10	103	10	105	10	100	11	100	12	100	12	110	22	118	22	114	23	120	20	130	22	105	22	118	21	120	22
	7 10	106	10	108	10	123	12	100	11	101	12	101	12	115	24	114	22	121	24	124	23	129	23	109	22	118	21	123	23
鹽土	5 5	43	5	35	4	43	5	40	5	43	5	40	5	70	17	70	15	67	16	68	11	67	11	65	10	63	10	66	7
	6 20	80	5	50	4	80	5	90	5	80	5	76	5	110	21	110	16	110	18	115	17	114	69	114	18	114	16	114	16
	7 10	92	5	75	4	100	5	96	5	86	5	78	5	110	19	112	13	109	18	119	17	118	19	121	18	115	15	122	16
看天田土壤	5 5	57	7	50	8	65	8	62	7	64	9	59	11	55	5	65	14	70	20	64	16	76	19	75	21	70	15	71	14
	6 20	105	9	100	10	100	10	105	9	80	10	105	10	10	15	125	16	120	20	118	18	125	20	120	21	123	18	120	20
	7 10	107	9	104	10	102	10	108	10	105	12	104	11	122	16	128	18	115	20	118	18	125	21	117	22	124	19	118	21
粘板岩土壤	5 5	63	6	60	9	50	5	55	5	60	7	55	6	63	10	68	16	70	16	65	12	77	16	68	12	75	15	70	14
	6 20	90	11	100	12	104	11	115	11	110	11	105	12	120	20	114	19	110	20	118	15	114	19	120	19	120	19	120	20
	7 10	90	11	100	12	111	11	104	11	110	11	118	12	122	20	115	19	122	17	118	15	109	16	122	19	116	19	117	21

水稻於收穫後經風乾，就所得穗重及藁重以三要素肥料撒施區爲100，計出各區之收量指數，所得結果如表六。

表六 水稻收穫量表

土壤	處理	穗重				藁重			
		重覆		平均	指數	重覆		平均	指數
		1 (克)	2 (克)	(克)		1 (克)	2 (克)	(克)	
紅壤土	無肥	16.9	16.0	16.45	82	27.2	26.2	26.7	87
	粉炭	15.8	13.3	14.55	73	20.0	19.5	20.15	65
	泥炭	16.4	12.6	14.50	73	19.8	20.2	20.0	65
	粉固	27.6	29.8	28.90	145	47.7	40.9	42.8	139
	泥固	28.1	29.3	28.70	144	42.0	42.5	42.2	137
	日固	30.0	30.2	30.10	151	46.7	46.5	46.6	152
	三要素	19.6	20.0	19.90	100	30.0	31.3	30.65	100
砂岩頁岩質土壤	無肥	12.4	17.7	15.05	38	18.2	20.5	19.35	39
	粉炭	15.4	16.8	16.10	41	19.7	23.5	21.60	44
	泥炭	16.7	18.4	17.55	45	19.2	20.0	19.60	40
	粉固	42.8	43.4	43.10	110	50.7	50.0	50.35	102
	泥固	42.0	41.0	41.5	106	56.8	46.2	51.50	104
	日固	46.4	40.5	43.45	111	56.2	43.5	49.85	101
	三要素	39.4	38.8	39.10	100	43.2	55.5	49.35	100
鹽土	無肥	—	3.2	3.2	22	6.4	8.4	7.4	29
	粉炭	4.8	4.6	4.7	32	10.7	12.2	11.45	43
	泥炭	4.4	—	4.4	30	10.5	8.3	9.4	35
	粉固	27.7	27.5	27.60	189	40.5	41.5	41.0	154
	泥固	29.9	25.2	27.55	189	36.0	37.0	36.5	137
	日固	28.7	27.5	28.1	192	43.0	36.5	39.75	149
	三要素	14.7	14.5	14.6	100	27.7	25.5	26.6	100
看天田土	無肥	10.0	9.7	9.85	31	16.2	18.7	17.45	37
	粉炭	15.7	16.2	15.95	50	17.7	16.2	17.95	37
	泥炭	11.2	16.5	13.85	43	20.3	19.2	19.71	41
	粉固	34.7	32.6	33.65	104	48.7	49.2	48.95	102
	泥固	38.4	31.0	34.70	108	50.5	49.2	49.85	104
	日固	40.2	33.0	36.6	114	50.2	52.5	51.35	107
	三要素	34.8	29.5	32.15	100	45.7	50.0	47.85	100
粘板岩冲積土	無肥	17.2	16.7	16.95	68	20.2	20.8	20.5	52
	粉炭	13.5	13.8	13.65	55	20.5	18.6	19.55	50
	泥炭	17.0	15.5	16.25	65	19.5	23.5	21.8	55
	粉固	20.2	27.0	28.10	112	44.0	42.2	43.1	109
	泥固	25.5	26.3	25.9	104	38.5	39.5	39.0	99
	日固	28.9	25.2	25.55	108	41.2	36.7	38.95	99
	三要素	26.0	24.0	25.00	100	37.5	41.2	39.35	100

表五示固體肥料施用於鹽鹼土時其肥效就穗重言之將近三要素撒施區之一倍，藁草重將近半倍。

施用於紅土穀粒收量增加約半倍，藁草重增加30%，其差異均較顯著。施用於砂岩頁岩質土壤，看天田土、粘板岩土時收量亦有增加之傾向，然爲量不大。

至於粉炭、泥炭本身之肥效，就泥炭、粉炭、無肥三區之藁桿收量（因鹽鹼土穗重缺少兩區故不以此計）依裂區試驗分析法所得變量分析結果如表七。分析中以土壤種類爲副處理，泥炭、粉炭無肥三處理爲主處理。

表七 變量分析表

變異原因	自由度	平方和	均方	F 值	理論	F 值
副處理(土壤種類)	4	618.48	154.62	133.29**	5% 1%	6.26 15.52
機差 Ea	5	5.82	1.16			
主處理	2	0·60	0.30	0.12	5% 1%	19.37 99.36
副處理×主處理	8	93.23	11.65	4.41*	5% 1%	3.44 6.03
機差 Eb	10	26.12	2.61			
綜合	29	744.25				

表七結果示主處理之 F值甚小，均不及 5 % 1 %之顯著水準，而副處理之 F值甚大，是爲水稻產量發生之差異大都由土壤種類而來，而粉炭與泥炭影響水稻之產量甚微小。

5. 討論：

本實驗結果分爲三部分，一爲土壤滲透液中要素含量，二爲固體肥料區與三要素肥料撒施區之水稻產量，三爲泥炭與粉炭單獨使用結果對水稻產量之影響。茲就所得結果加以試驗中之觀察檢討如下：

本試驗使用五種土壤，以質地分之有粘土、壤質粘土、粉砂壤土、砂質壤土等四種。分析其土壤滲透液，結果示滲透液中三要素含量依土壤種類肥料處理而有顯著的差異。此外流液速度分析日期亦有差異。試驗中之土壤流液量用加水法控制，分期限制流量，流液速度雖盡量使其一致，但同量流液而於同一重覆中往往發生之差異較大，結果表仍以兩重覆之平方值示出之。由綜合的結果觀之，固體肥料區的要素流失量，無論泥炭固肥區粉炭固肥區日製固肥區，於施肥後50天內均顯明的較三要素撒施區爲少。水稻的生長亦於播種初期則發生明顯的差異，其後分蘗、出穗均以固體肥料區爲旺盛。考慮要素流失量以氮言之，每兩公升流液中所含氮量對所施用氮素百分率，則三要素撒施區爲 1 %，而固體肥料區爲 0.5 %。全期試驗中氮之流失量三要素撒施區約爲10%，而固體肥料區約爲其半，此當然依土壤質地不同而稍異。磷則可謂殆無流失，鉀流失較多，然減去無肥區之流失量後鉀之流失量亦不超過15% 。由本實驗可知土壤保持養分之能力相當强大。再由水稻之產量言之，固體肥料區之增產量在鹽鹼土與紅壤分別爲 2 倍與 1.5 倍。對砂岩頁岩質冲積土壤，粘板岩冲積土壤，看天田土壤產量亦均有提高。對紅壤與鹽鹼土之效果可推想原來土壤中所含有效養分較少，而且理化性不良，經使用固體肥料後要素集中易爲植物之吸收利用，此爲主要原因。三要素撒施區則要素撒佈於土壤全體，部份流失，部份被固定，而供爲植物利用者自然不能充分。

肥料要素實際在田間之流失情形，由本實驗結果可推知施肥初期最易流失，流失量隨流失液量之增加而增加。固體肥料則於此初期防止流失有很大的效果，此外土壤中所含有機或無機膠質物量關係亦甚大。本實驗中屬於土壤質粘土與粘土之粘板岩冲積土與看天田土壤滲透液中要素含量較少亦可以明瞭。

總之，除去土壤質地，以及可能影響之其他各因素外，固體肥料區之肥效仍甚明瞭，而固體肥

料之肥效如於施肥初期對於防止要素流失有很大幫助，同時可推想因要素集中易爲植物之利用。

此種肥料對於鹽鹼土、紅壤或其他砂質地或傾斜地以及貧瘦地中之施用實值得考慮。

再就泥炭與粉炭本身對水稻之肥效在本實驗中並無明顯的結果。泥炭與粉炭在水田狀態下之分解情形難以獲知，不過由其對化學試藥之性質可推知其在田間短期內可能分解甚微，當繼續使用幾年後才能徐徐分解，而泥炭當較粉炭容易分解，是無可疑問的。泥炭如欲在土壤中使其分解甚速，當更考慮施用前加以適當的處理。

泥炭對於鹼類較爲脆弱的性質，如可溶於氨溶液，但是否經濟合用須加試驗。

三、摘　　要

本試驗爲探究固體肥料防止肥料要素流失情形及其肥效，同時欲明瞭泥炭、粉炭單獨對水稻之影響而舉行。在玻璃室中栽培水稻，一面分析土壤滲透液，用以判斷固體肥料防止肥料要素流失情形；一面觀測水稻生長與收穫量以求其肥效。茲將試驗結果摘要如下：

1. 本試驗中肥料要素流失量，依肥料處理、土壤質地、施肥經過日期而有差異。施肥初期土壤滲透液中之三要素量，固體肥料區顯明的較三要素區爲少，每二公升滲透液中氮鉀量對施用肥料量之百分率言之，三要素撒施區爲1％，而固體肥料區約0.5％，滲透液中要素含量隨植物生長而減少，約經過50天後則要素含量甚少，且處理間差異亦趨於不明顯。

2. 就水稻之產量比較之，產量依土壤種類、肥料處理而異。鹽鹼土使用固體肥料之增產量最大，穀重較三要素撒施區之增收量將近一倍，而藁草則將近半倍；紅壤使用固體肥料之增產量將近半倍。砂岩頁岩質土壤、粘板岩冲積土壤、看天田土壤使用固體肥料之增產量雖爲值不大，但均有提高之傾向。三種固體肥料間之產量差異不甚明顯。

3. 泥炭與粉炭對水稻之影響在本試驗中無明顯之效果。

4. 固體肥料之肥效，於施肥初期，對於防止肥料之流失仍有較大效果，且要素集中，易爲植物之利用，因此在肥料缺乏的瘠地肥效特別明顯。

A STUDY ON THE AVAILABILITIES OF PEAT, LOW GRADE COAL AND THEIR BALL FERTILIZERS ON RICE

(No. 2)

by

H. M. Hsu and T. T. Yen

SUMMARY

The availability of ball fertilizer, especially its ability of prevension on loss of elements by leaching, had been studied with a aid of self-imposed equipment in a green house. Seven treatments had been examined in every kind of 5 different soils with 2 replications. The leaching solution in all pots were analized at intervals of two weeks during the experiment and the growth conditions were observed simultanously. The results obtained may be summarized as following:

1) The amounts of elements leached depends upon the treatment as well as on the soil texture and the time after the fertilizer application. In earlier period the amount of elements leached from the pots of ball fertilizer were conspicuously smaller than those from the other pots in which the fertilizers were applied in powder form. In the ball fertilizer pots, the amount of elements contained in 2 liters of leaching solution corresponds to 0.5% of its original amount applied, but 1% in other pots. After fifty days the amount of leached elements become less than before, and the differences among the treatments become insignificant.

2) The yields of rice were greatly affected both by treatments and soils. The effects were most significant in saline soil and latelitic soil. With the application of ball fertilizer, the yield increased in saline soil was nearly 80% in grain and 50% in straw and in latelitic soil about 50% increments were observed both in grain and straw. In the other three kinds of soils the same calculation was carried out. Little differences were observed in the effects of the three kinds of ball fertilizer adapted in this experiment.

3) The availability of peat and coal on the growth of rice were not significant in this experiment.

4) The availability of ball fertilizer may be considered due to its ability to prevent the loss of elements and beeing to its concentrated fertilizer delivers neutrients effectively, thus give the plant to secure a quick stand from the early stage of grcwth. It is therefore in the lean and sandy soil the effect appears to be most significant.