

水稻田施用石灰之初步研究

陳 振 鐸 張 仲 民

一 緒 言

華南一帶及臺灣北部，水田多呈酸性，其酸度多者，往往阻礙水稻生育，故施用適量石灰，以中和酸性並以改良土壤理化及微生物學性質，而提高肥料效應與土壤生產力，實為改善施肥與土壤肥培上不可容緩者。

施用石灰以改良土壤，遠在羅馬時代已有之。吾國自古亦曾沿用以為農田肥料。歷來關於石灰肥料與土壤及作物間的問題研究頗多，且其記載已成爲土壤肥料學上之重要文獻，惟施用石灰於稻田及其與水稻之生育關係，研究者尙少，是所以亟待注意也。

石灰若在臺灣東部，福建省將樂明溪，永安連城，上杭，永定一帶與廣東省北部，清源，連縣，曲江，樂昌，仁化一帶均有廣大分佈，而沿海又可以貝殼製成石灰，故就資源上言，各地石灰之供給，尙不虞缺乏，要在明瞭各地土壤所需要石灰的情形，及施用方法，並同時開發石灰資源，改善儲運，庶幾石灰供應可以裕如，此不獨對吾國目前糧食增產有所裨益，且亦為恢復農地肥沃度之根本設施也。

本文係作者等於抗戰最後一年間（民國三十三年至三十四年）在福建永安省立農學院所進行試驗之一部，因試驗設備有限，時間短促，內容不免有缺漏處，惟就中檢討及石灰對水稻與稻田之影響，在肥荒之今日，似可稍供參考，故謹發表於後，尙祈讀者指正。

本試驗承福建省農業改進處補助辦理，復蒙前處長宋增榘及前福建省農事試驗場場長孫育萬技正繆進三諸先生贊助，誌此謹表謝忱。

二 前 人 研 究

Lyon 與 Buckman氏(3) 於其著作中，敘述 Kelley, W. P.; Albrecht, W. P.; Pierre, W. H. 等氏之研究，證明石灰為改良酸性土壤與匡正植物在酸土中所呈異常生長之優良物質，並總括 McIntire, W. H.; Jenny, H.; Gilligan, G. M. 諸氏研究，將石灰之效果分爲三種：(1)理學的效果：其重要者為石灰促進有機物分解與腐植質之生成，使粘土變成疎鬆的優良構造；施用較多量石灰後，由於石灰之直接作用，亦可生成優良構造。(2)化學的效果：石灰不獨中和酸度，且可減低土壤中鐵，鋅，錳等之容解度，而增加磷之容解度(在pH5.6—5.5時)及有效鉀之分量。(3)微生物效果：在發生土壤中，他含營養細菌 Heterotrophic bacteria 之有機物分解作用，因加用石灰而促成，並增加土壤中可利用氮量，同時石灰能則殺除毒素，使之促成腐植質，並去除對植物有害之中間產物，俾銨化，硫化，氮固定等得以發揮其機能。

就石灰對作物收量上效應而言，Lyon 與 Buckman 二氏曾示石灰對荳科植物中如甜三葉草

苜蓿，紅三草等之效應顯著，但胡枝子，藜苳，野豌豆等則否。在非苳科植物中，石灰對石刁柏，菠菱菜，甜菜，芥菜，甘藍菜，花椰菜等之效應顯著，對大麥，禾草，小麥等微有顯著趨向，但對玉蜀黍，燕麥，粟，裸麥，蘆粟等則無直接效應云。惟石灰對作物栽培上效果，除供給植物養料外，尚可消滅土壤中無機與有機毒質，防除病蟲害等，其間接效果甚大，故吾人不可忽視之。

(267)

各種作物及各種土壤所需的石灰量，當視作物種類及土壤性質如何而定，例如施用過量石灰於緩衝作用微小土壤時，其毒害概大。作物中如杜鵑花，越橘，月桂冠，西瓜等對施用過量石灰特為敏感。Midgley, A. R. (4), Drake, m. (1), Natfel, J. A. (5) 等氏曾示銅，硼等微量元素在土壤中溶解度，可因施用過量之石灰而減低，同時並影響及植物生機與微生物作用，由此可知土壤中石灰消長對植物生長有極微妙的影響矣。

關於施用石灰與水稻栽培問題，則有川島祿郎氏之研究(8)，據示，加用少量石灰以使土壤含適量置換性石灰，則可增加水稻產量，但如加用多量石灰而使呈鹽基性，則將減低收量，唯磷酸及鉀之肥效可因之而增加云。人交氏(9)在其以石灰為水稻追肥試驗中示，在除草期中施用石灰可增加收量。松本媿氏(10)在施用石灰與氮氣對水稻稻熱病感受性之試驗中示，稻田施用石灰後能使水稻維管束之外圍組織細胞膜肥厚，而增加水稻之抗稻熱病云。

三 試 驗 方 法

1. 土壤：試驗地在福建永安福建省立農事試驗場地上，土壤屬於一都粘質壤土()，由紅壤及溪流沖積物發育而成，表土為棕灰色粘質壤土，必土為黃色粘土，心表土間夾有藍色粘干蓋實之粘土層，各層均含銹色流紋，有效養分，腐植質均缺乏。

2. 石灰：本試驗所用之石灰係產自永安大湖附近者(無水物中含有鈣43.36%)

3. 水稻品種：中稻(小南粘與南京早)為永安一帶推廣之品種。

4. 試驗地之處理：試驗處理共分四種：

(1) 不施石灰區：(即對照區，僅施用農家習用之肥料)。

(2) 少量石灰區：(加用相等於石灰需用量*之半數石灰)。

(3) 中量石灰區：(加用相等於石灰需用量之石灰)。

(4) 多量石灰區：(加用相等於石灰需用量之一倍半石灰)。

本試驗所用之三要素肥料種類與分量如下表：

肥 料 種 類	使 用 分 量 (每 市 畝、公 斤)
氮 肥 (茶 子 餅)	101.0
磷 肥 (米 糠)	36.7
鉀 肥 (草 木 灰)	22.0

*石灰需用量測定法與每區需用量例下：

a. 石灰需用量測定法依 Firman E. Bear: Theory and practice in the use of fertilizer p. 306, 1929, 行之。(本試驗未使用 LiMe Factor)

b. 各小區石灰用量如下：

對 照 區	不 施
少 量 石 灰 區	31.7公斤(每市畝)
中 量 石 灰 區	63.5公斤
多 量 石 灰 區	95.2公斤

(註：石灰係於插秧前一星期一次施用，三要素則依農家習例使用之，即第一次基肥於五月十五日施用，第二次補肥於六月二十四日施用。

5. 田間排列：採用複因子隨機排列，本試驗計有品種二，處理四，重複四，共三十二小區，每區集合八個小區，試驗小區為五行區，行長十二尺，行距一尺，小區面積 $1/100$ 畝(12×5=60平方尺)，另設邊行保護行，水溝(寬一尺)，四塊(小區與小區間寬五寸，區集與水溝間寬八寸)。

6. 整地及管理：試驗地整理與管理均照農家習例辦理，惟對灌水及排水之出入，特加注意以期勿影響及試驗結果。

7. 田間記載

(1) 色澤：插秧後十日，將幼苗色澤分為三級記載，第一級色濃綠，次之者列為第二級，而色淡綠或微帶黃色者，則列為第三級。

(2) 分蘗數：在記載抽穗期時，由每小區中隨意抽出十叢測定，取其平均數記載之，惟此皆為有效分蘗者，其無效分蘗則捨而不記。

(3) 抽穗期：每小區抽穗期達到十分之七八時記載之。

(4) 植株高度：於記載抽穗期時，由每小區中隨意抽出十株測定之。

(5) 倒伏程度：自出穗日起至黃熟期止，每區逐一分別記載，依程度之輕重，分為 0, 1, 2, 3, 4等五級，凡禾稈與田面角度在 80° 度以上者為 0，在 $60^\circ-80^\circ$ 者為 1，在 $30^\circ-60^\circ$ 者為 2，在 $10^\circ-30^\circ$ 者為 3，在 10° 以下者為 4。

(6) 病害：於抽穗期一次記載之，依程度分為三級，無病者列為第一級，病害輕者第二級，重者第三級。

(7) 蟲害：其記載法亦分三級，第一級為未受蟲害者，第二級為輕度受害者，第三級為受害甚烈者。

(8) 成熟期：俟每區水稻達到黃熟時，而分別記載之。

8. 土壤樣本之採集及各性質之測定：土壤之採取，均以土鑽行之，自每區數個不同位置處，各取 500 克，經風乾及混合後供用。本試驗共取樣三次，在插秧前整地後行第一次土樣採集

(五月十三日)，第二次採土日期為施用石灰後兩星期(五月二十八日)，第三次採土日期在水稻收穫後(八月十六日)。本試驗測定事項，計分水分，PH值，石灰需用量，假比重，孔隙與燃燒損失等。

四 試驗結果與討論

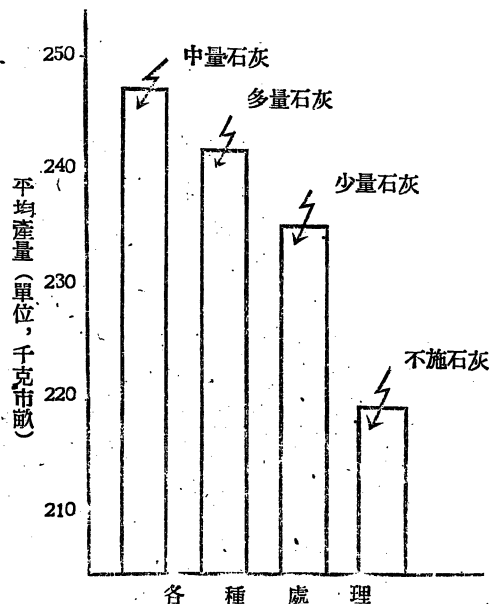
1. 水稻生育狀況之記載：為明瞭石灰施用對水稻生長有無直接反應計，曾在水稻生長期中於每試驗小區內，就上列各項目，行觀測記載。茲將觀測結果之平均值臚列如下：

表一 水稻生育狀況記載表

品種	處理	色澤	分蘗數	抽穗期	植株高度 (市尺)	倒伏程度	病害程度	蟲害程度	成熟期
小南粘	不施石灰	淡	18.6	七月二十日	3.57	中	中	中	八月七日
	少量石灰	濃淡之間	20.2	七月二十日	3.63	微	中	中	八月八日
	適量石灰	濃	19.8	七月二十日	3.78	輕微	中	中	八月八日
	多量石灰	濃	19.7	七月二十日	3.77	微	中	中	八月八日
南京早	不施石灰	濃	21.5	七月三十一日	4.02	微	中上	中下	八月二十五日
	少量石灰	濃	23.4	七月三十一日	3.99	微	中上	中	八月二十五日
	適量石灰	濃	22.0	七月三十一日	4.10	輕微	中	中	八月二十五日
	多用石灰	甚濃	22.6	七月三十一日	4.16	輕微	中	中	八月二十六日

由上表觀之，植株色澤以施用石灰者較不施用者為綠，分蘗數亦以施用石灰者較多，倒伏程度則施用石灰者可以減少，至於其他若病蟲害，抽穗期，成熟期，植株高度似無顯著差異存在。

2. 水稻收量：俟黃熟期屆即行分區收穫，取其中間三行，分別脫粒，各加牌號，記其產量，由結果示施用中量石灰者收量最高(其四區平均數小南粘為244.4，南京早為249.7，單位，公斤/市畝以下同此)，多量石灰次之(小南粘244.2，南京早239.7)，少量石灰區更次之(小南粘230.4，南京早240.1)，不施用石灰區最少(小南粘218.3，南京早221.6)。復由本試驗之區集，處理，品種，處理×品種等經變量分析，由F值類示其處理，處理×品種間差異均顯著，故施用石灰對於水稻收量之確有影響，可足證明矣，茲將各處理間收量差異顯著性列於下表中：



圖一：土壤經施用各種合量石灰後之平均產量

表三 各種處理下水稻產量差異比較表：
(單位：公斤/市畝)

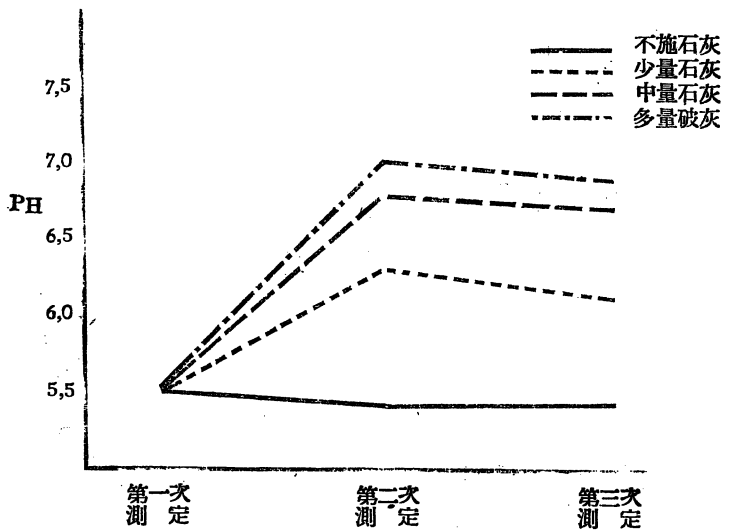
處 理	平 均 數			
中量石灰	246.93			
多量石灰	242.01	4.92		
少量石灰	235.80	11.63	6.71	
不施石灰	219.95	26.98**	22.06*	15.35

註：表中**表示極顯著、*表示顯著
Sd為7.981 5%t為2.080 1%t為2.831

中量石灰區，在生育期中之PH各為5.4, 6.3, 6.8, 而多量石灰區則達7.0, 由此可知多量石灰區產量之遞減與土壤反應，確有直接關係。

3. 酸度PH之變化：
施用不同量石灰於各小區後使之發生顯著酸度PH差異，為本試驗設計之一，惟其差異是否在水稻栽培期中接續存在，且此等差異是否將影響及水稻生長，乃吾人亟待明瞭者。

(1) 據本試驗第一次，第二次，第三次各區測定結果(表四)所示，施用石灰各區之第一次與第二次及第一次與第三次PH值差異極為顯著。



圖二：土壤中施用石灰前後之PH值。

表四 土壤處理前後PH值顯著性測定

處 理	第一次測定	第三次測定	一 二 兩 次 差 異		第三次測定	一 三 兩 次 差 異	
			P	顯 著 性		P	顯 著 性
不 施 石 灰	5.5	5.4	<.05	不 顯 著	5.4	<.05	不 顯 著
少 量 石 灰	5.5	6.3	>.01	極 顯 著	6.1	>.01	極 顯 著
中 量 石 灰	5.5	6.8	>.01	極 顯 著	6.7	>.01	極 顯 著
多 量 石 灰	5.5	7.0	>.01	極 顯 著	6.9	>.01	極 顯 著

註：各測定數均為八區平均值

由上表可知，(1) 不施用石灰與施用中量，(2) 不施用石灰與施用多量區間之收量差異顯著；而，(3) 不施用石灰與施用少量，(4) 施用少量與施用中量，(5) 施用中量與施用多量區間差異不顯著。此等結果顯示施用中量石灰於水稻時收量確可增加10.9%左右，但施用少量，則效果不顯著，而施用多量，則水稻收量亦未必能隨石灰之用量增加而且高，多數文獻謂水稻急微酸性，故加用石灰使土壤反應趨向鹼性，無疑能阻礙其生育，本試驗中不施用石灰區，少量石灰區，

(2) 第二次與第三次各處理區PH值間亦有顯著差異，(處理間F值極顯著，次數間F值亦極顯著)，但該差異隨時間經過，遂有減少傾向，故可知依施用不同量石灰所生之土壤酸度差異，在水稻栽培期中仍接續存在，而影響及水稻收量，惟水稻栽種滲濾作用之進行，肥料之分解等，均對酸度減低有影響焉。隨各區PH值變化，土壤石灰需用量亦有變異，各次測定之結果，經差異顯著性之測定與變量分析，證明甚與變化有關，其理由不難明瞭，蓋於本次試驗中，石灰需要量之決定，即以PH為依據也。

4. 燃燒損失之變化：燃燒損失中除有機物外，尚包括有水分，碳酸及其他揮發性之化合物等，故在化合水及其他碳酸鹽類含量多之土壤中，不能以燃燒損失測知有機物之確實含量，但燃燒損失中大部分確為有機物乃無疑義，本土壤無含碳酸鹽類，故在本試驗中，曾測定各區乾土之燃燒損失，以期明瞭其變化情形。測定結果列於下表中：

表五 土壤經處理前後燃燒損失之變化(%)

處 理	第一次測定	第二次測定	一 二 兩 次 差 異		第三次測定	一 三 兩 次 差 異	
			P	顯 著 性		P	顯 著 性
不 施 石 灰	3.36	3.27	<.05	不 顯 著	3.23	>.05	顯 著
少 量 石 灰	3.36	3.26	<.05	不 顯 著	2.96	>.01	極 顯 著
中 量 石 灰	3.36	3.25	<.05	不 顯 著	2.92	>.01	極 顯 著
多 量 石 灰	3.36	3.23	<.05	不 顯 著	2.81	>.01	極 顯 著

註：各測定數均為八區平均值

由上可知，因加用石灰，燃燒損失漸有減少，而其減少量在栽培後期更甚，該時各區差異亦殊明顯，即石灰加用量多者，燃燒損失量小也。本試驗中亦曾就各區水分含量，作三次測定，惟各區未有差異存在，其他若各區之假比重，孔度，在每期中測定，表示加用石灰者，隨時間經過，假比重略有增加，而孔度微有減少，此等事實，足證土壤有機物常隨石灰加用量與時間，而有遞減之勢。前人謂於酸土中施用石灰，可促成細菌分解作用，而增加有機物消耗，殆無疑義。由本試驗結果，可知石灰之施用，可引起大量有機物損失，以華南及臺灣土壤大概乏有機物，是無論其在土壤改良上或作物栽培上，均為今後所應加注意者。

五 結 論

1. 加用適量石灰於水稻田中，以匡正酸性，使達於PH 6.8時，可增加水稻收量，惟施用多量石灰，收量並不因石灰之加用而增多，少用其效果亦不顯著。
2. 施用石灰之水田，可增加稻株色澤，減少倒伏程度，並增加葉數，然對病蟲害，抽穗期成熟期等似無影響。
3. 加用不同量石灰於各處理區所現PH值差異，在水稻栽培期中，仍然存在，但其數值則有減少，亦即示石灰中和遊離酸或酸性緩衝物質之作用，隨時間而漸減也。
4. 加用石灰時，土壤中燃燒損失物量與孔度減少，而假比重增加，可知土壤中有機物消耗

增多也。

5. 由本試驗表示，在施用石灰於水稻田前，須就土壤性質，混用肥料種類分量，及農耕方式等，加以周密考慮，然後決定其施用方法，以期發揮其最大效果。

參 攷 文 獻

- (1) Drake Mack, Dale H. Sieling and G. D. Scarseth, Calcium-boron ratio as an important factor in controlling the boron starvation of plants. Jour. Amer. Soc. Agron, 33:454-462, 1941.
- (2) Fischer, P. L, Physiological studies on the pathogenicity of [fusarium lycopersici sacc.] for the tomato Plant, Bulletin of the University of Maryland Agricultural Experiment Station, No. 374, 1935.
- (3) Lyon and Buckman, The nature and properties of soils. The Macmillan Co., New York, 1943.
- (4) Midgely, A. R. and D. E. Dunklee The effect of lime on the fixation of borates in soils. Proc. Soil Sci. Soc. Amer, 4: 302-307, 1939.
- (5) Natfel, James A. Soil liming investigation. 5. The relation of boron deficiency to over-ling injury. Jour. Amer. Soc. Agron, 24: 761-771, 1937.
- (6) Rose J. T. Truck crop plants. McGraw Hill Book Co. New York, 1928.
- (7) 陳振鐸 張先大, 土壤酸度與水分含量對蕃茄青枯病之抗病試驗, 福建省立農學院新農季到第三卷第三, 四期: 260—271, 1943,
- (8) 川島祿郎, 土壤反應及石灰含量對於作物生育之影響 (第三報水稻), 日本土壤肥料學會誌, 第十卷, 第一號: 53—62, 1937,
- (9) 入交正豐, 施用石灰於水稻之時期試驗成績(一), 日本土壤肥料學雜誌第十七卷, 第四號: 167—171, 1943,
- (10) 松本巍, 氮氣與石灰對稻熱病感受性之試驗, 日本病蟲害雜誌第三卷: 854—857, 1916
- (11) 周昌蕓, 沈梓培, 福建永安, 三元兩縣之土壤, 福建省地質調查所報告第四號, 1942,

本報增收貼補費啓事

本報訂閱費原定半年六冊，收貼補費臺幣二百四十元，全年十二冊，收貼補費臺幣四百八十元，(臺幣與國幣之比價，則依時價計算)邇來紙價工價郵費莫不飛漲，前定數目，與實際相差甚遠，故自第七期起(第二卷第一期)改收貼補費如下：另售每冊八十元；半年六冊，改收臺幣五百元；全年十二冊，改收臺幣一千元，特此啓事。