

磷礦粉施用法試驗結果初步報告

周正浩 劉同仇

(華 中 農 學 院)

近年來農作物的單位面積產量已逐步提高，並且將繼續不斷提高，以滿足日益增長的人民需要。在單位面積產量相當高的情況下，磷肥在增加農業生產中的作用將愈來愈重要。

隨着國家工業化的發展，農業的商品產品的比重勢必日益增加，因此僅靠當地農家肥料，尚難滿足這一要求。目前骨肥的供應很有限，過磷酸鈣尚未大量製造，廣泛而有效的利用磷礦粉，是值得十分注意的問題。

磷礦粉在酸性土壤中的良好作用是肯定的，各國試驗的結果及農業實踐都已證明；但它是一種遲效肥料，當年能否表現肥效？最少的用量究應多少？以及如何施用效應最高？這一系列的問題，從經濟核算的觀點，在農業生產合作社內便顯得尤為突出。如果一種肥料施入土壤要等二、三年才表現效應，在應用或推廣時便不會沒有困難。

因此我們研究這一問題，不僅是去比較磷礦粉與過磷酸鈣肥效的百分率，也不僅是去研究它在施用後第幾年肥效最大，更重要的是希望通過一些辦法(技術措施)來提高或加速其效應，以便能在當年見效，而降低生產成本。

如果能加強作物本身攝取難溶性磷的能力，對利用磷礦粉將是有利的條件，第一作者在怎樣施用磷肥一文(新科學，1954，第4期)中曾經指出：

(1) 植物在不同的發育階段對磷的要求和攝取磷的能力是不同的，一般作物需磷約有兩個高峯，即幼苗時期與開花時期，幼苗期需要量小却最關重要，如能突破這一難關，滿足其營養需要，則作物後期對磷的需要問題，較易解決。

(2) 磷在土壤中的運動性極有限度，只有當植物根系發達、搜羅面廣、根毛與土壤接觸的面積很大時，植物才能更好地攝取較難溶解的磷質。

我們的試驗設計就是根據這樣的原則而擬訂的。

一、 試 驗 方 法

由於農場條件的限制和便於管理起見，試驗是在盆鉢中進行，每鉢盛篩過土壤 30 斤，試驗方法用裂區設計，即分別用棉花和水稻作指示作物，每一作物均種在兩種不同土壤上，一種是紅壤，採自武昌卓刀泉，pH 4.8，速效 N、P、K 含量均極貧乏，有機質

亦極少；另一種是本院農場內的石灰性沖積土，pH 7—7.5，相當肥沃，栽種作物沒有缺磷的現象，有機質也較富。

處理計10種，即：

- (1) 對照(N、K 照施，不施磷肥)；
- (2) 過磷酸鈣粉末集中施放(每盆 5 克)；
- (3) 磷礦粉*單獨施用(每盆 7 克)；
- (4) 過磷酸鈣 1 分與堆肥 4 分製成的顆粒肥料 5 克；
- (5) 1% 過磷酸鈣溶液噴施(每二週一次)；
- (6) 磷礦粉(7 克) + 有機無機顆粒磷肥 3 克(1 分過磷酸鈣與 4 分堆肥製成)；
- (7) 磷礦粉(7 克)，並每二週噴施 1% 過磷酸鈣溶液一次；
- (8) 磷礦粉(7 克) + 有機無機顆粒磷肥(3 克)，並每二週噴施 1% 過磷酸鈣溶液一次；
- (9) 磷礦粉(7 克)與堆肥 50 克混合施用；
- (10) 磷礦粉(7 克)混堆肥(50 克) + 有機無機顆粒磷肥(3 克)並噴施過磷酸鈣溶液。

以上處理均會施用足量的氮、鉀肥，重複二次，共計 80 盆。

棉花因防汛關係無法進行到底，這裏僅談水稻結果。

四月八日泡種，育秧，五月十三日移栽，每盆一穴，每穴 10 支，均選均勻的秧苗。每鉢施硫酸銨 5 克，氯化鉀 3 克，在移栽時施用。水稻品種是勝利秈。

八月五日因防汛關係撤離本院，當時水稻尚未成熟，但已抽穗的籽粒或正灌漿或已硬粒，根據我們的經驗推斷是可以成熟的。以下結果即八月五日前所觀察記載者。

二、試驗結果

缺磷土壤中(紅壤)，磷肥的效應在本試驗中表現得非常明顯。從移栽轉活後一直到抽穗結實，磷的作用逐步顯著。比較過磷酸鈣處理與對照，很明顯的水稻的生長不正常，完全是沒有滿足它對磷的要求的緣故(圖 1)。

凡是未能充分滿足作物對磷的正常營養需要的處理，例如不施磷肥(對照)，單獨施用磷礦粉，磷礦粉 + 噴

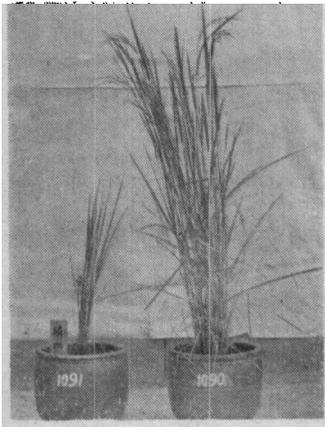


圖 1 滿足了磷的正常要求便能抽穗結實，表明這種土壤中水稻生長發育不良是缺磷的緣故

1091—對照(不施磷肥)

1090—過磷酸鈣

(8 月 1 日攝)

* 為農業部擬交華中農科所進行研究的“國產磷礦粉”，含 P_2O_5 35%，下同。

施過磷酸鈣溶液，以及噴施過磷酸鈣，水稻生長始終惡劣，葉色暗綠，葉片狹小，現蒼老模樣，沒有分蘖，直到八月三日尚無一抽穗者，株高不到 50 厘米。

但這四種處理在程度上不是沒有差異的，對照的植株最矮小，磷礦粉+噴施過磷酸鈣者稍高，其餘二處理與對照者相若。各處理的孕穗百分率也有不同，對照最少，穗最小，磷礦粉+噴施過磷酸鈣者孕穗數較多，穗亦較大；前者在八月三日穗始分化，後者可能在八月中旬抽出幾個穗子。孕穗的程度也不一致，對照極不整齊，部分滿足磷者比較整齊。

凡是適當滿足了作物對磷的要求的處理(如過磷酸鈣，顆粒磷肥，磷礦粉混合堆肥，磷礦粉+顆粒磷肥等)，生長都很正常，每穴分蘖數約為 30 左右，八月三日株高達 100

表 1 水稻主要性狀記錄(紅壤上)

處 理	每盆總分蘖數	每盆穗數*	抽穗期(日/月)	每盆平均穀粒數**	全盆穀粒數	生長勢(六月中)	株高(厘米)
不施磷肥.....	11	1 孕穗	—	(15)	—	劣	40
過磷酸鈣.....	31	31	20/7	67.3	2087	優	100
磷礦粉(單用).....	10	4 孕穗	—	(20.0)	—	劣	40
顆粒磷肥.....	32	32	20—22/7	69.1	2003	優	101
噴施磷肥.....	10	4 孕穗	—	(27.0)	—	劣	39
磷礦粉混合堆肥.....	29	29	21—23/7	85.1	2468	優	104
磷礦粉+顆粒磷肥.....	32	32	23/7	82.8	2649	優	105
磷礦粉+噴施磷肥.....	10	8 孕穗	—	(14—37)	—	劣	45
磷礦粉+顆粒磷肥+噴施磷肥.....	32	32	18/7	67.1	2147	優	101
磷礦粉+堆肥+顆粒磷肥.....	28	28	18—19/7	79.7	2152	優	108

* 沒有抽穗期的處理，是由葉鞘內剝出的穗子，有很多是退化花。

** 上部是腫熟穀粒，下部是乳熟粒，空壳很少。括號內的數字是剝出來未抽穗的小花數。

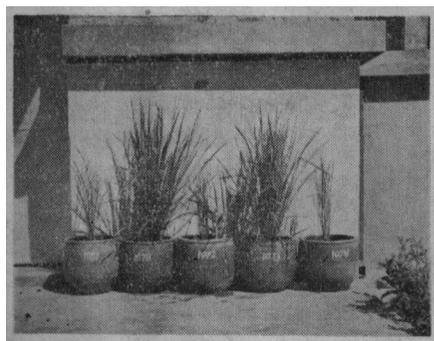


圖 2 紅壤上各處理水稻地上部分的差異

- 1081—噴施過磷酸鈣
- 1078—磷礦粉混合堆肥
- 1072—對照(不施磷肥)
- 1073—過磷酸鈣
- 1074—磷礦粉

(六月卅日攝)

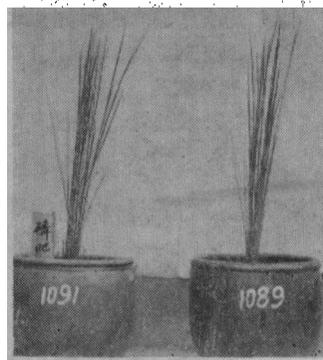


圖 3 直到八月一日單獨施用磷礦粉仍無顯著肥效

- 1091—對照(不施磷肥)
- 1089—磷礦粉

(八月一日攝)

厘米以上。

上述差異在六月中旬已非常顯著，一直保持到抽穗後。

現將各處理的水稻主要性狀記錄如表 1；圖 2 則示明各處理水稻地上部分的差異。

四種生長不良的處理和六種生長良好的處理比較，不僅地上部分差別顯著，地下部分差異亦大（圖 4）。

磷礦粉單獨施用，沒有表現任何肥效（圖 3），雖然這一處理中個別孕育的穗子也許稍大一些（與對照比較），表示它可能有些微的可給性，但就實用觀點看來，沒有什麼很重要的意義。

在這試驗中可以看到磷礦粉施用得當，是可以在當年表現良好的肥效。例如磷礦粉只要在施用前與優良的腐熟堆肥混合，然後施用即可表現效應。處理中每盆單獨施用 7 克磷礦粉沒有效應，而將 7 克磷礦粉與 50 克堆肥混合後施用，卻能滿足水稻對磷的要求，使它生長正常並結了 2,468 粒稻子（圖 5），以千粒重為 25 克計，這一處理每盆將收 60 餘克稻穀。

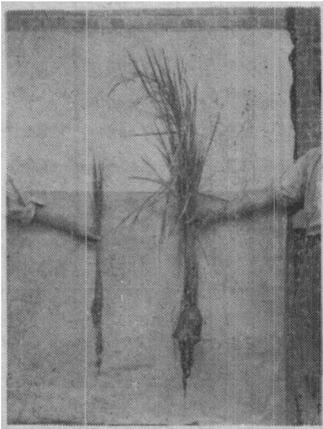


圖 4 滿足了磷的要求的作物不僅地上部分有差異，地下部分也有差異
左—磷礦粉 右—過磷酸鈣
(八月一日攝)

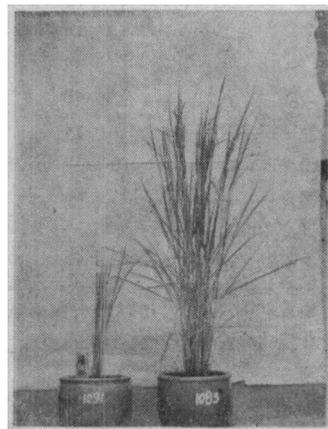


圖 5 磷礦粉混合堆肥施用能供水稻結 2468 粒種子
1091—對照(不施磷肥)
1085—磷礦粉混合堆肥
(八月一日攝)

磷礦粉與過磷酸鈣和堆肥的顆粒肥料施用的結果也很有趣，這一處理的籽實總數最多(每盆 2,649 粒)，各種情況都表明水稻對磷的要求是適當地滿足了。由於每盆施用了 3 克有機無機顆粒磷肥(含過磷酸鈣 0.6 克)，使不能結實的水稻(磷礦粉單獨施用)結了 2,649 粒稻穀，這些種子在八月一日都已達乳熟期，估計均能完全成熟，以千粒重 25 克計，成熟的種子將有 66 克。0.6 克的過磷酸鈣在有磷礦粉存在的情況下，發揮了增產 66 克稻穀的作用。

噴施過磷酸鈣溶液對提高磷礦粉肥效的結果不能肯定，因為在試驗期中，由於天氣

及防汛關係，沒有完全按計劃如期噴施，不過從孕穗相對的百分率以及孕育穗子的大小看來，給我們一個不壞的印象，若能如期的多噴幾次是可能有良好效應的。

顆粒肥料這一處理也給我們提供了極有價值的資料(圖 6)。每盆只要施用 1 克過磷酸鈣(和堆肥製成顆粒肥料)，就可增產稻穀 50 克(2,003 粒，以千粒重 25 克計算)，也就是說在含磷極貧乏而固結作用又嚴重的紅壤上，如果能在栽秧時每窩的根系附近施用很少量的過磷酸鈣與有機質混製的顆粒肥料，並栽上從曾充分施用速效磷肥的秧田中移植來的秧苗，本來由於缺磷而不能結實的水稻可以正常地生長結實。

多數在本田施用過磷酸鈣的效應並不十分明顯，很多試驗報告和農民的經驗都有同一反映，主要的問題可能還是磷肥的施用法存在着缺陷。

這裏表明了速效性磷肥(過磷酸鹽)混合堆肥內施用更能表現效應。將過磷酸鹽直接地撒在田中作基肥或追肥都難以發揮高度肥效，因而使人們對化學肥料可減低農業生產成本及提高勞動生產率的作用認識不足。

本院農場沖積土上進行的水稻磷肥試驗表明，各處理間水稻的生長發育都無顯著的異差，它們的分蘗數、生長勢、株高、穗大、及抽穗期等幾乎都是一樣，磷肥的效應完全沒有表現(表 2)。這表明土壤中原來並不缺磷。

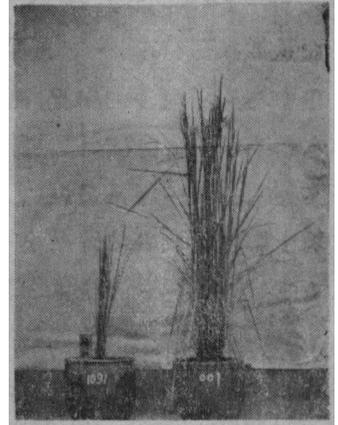


圖 6 僅用一克過磷酸鈣製成的顆粒肥料能使水稻結 2003 粒種子
1091—對照(不施磷肥)
001—顆粒肥料
(八月一日攝)

表 2 各處理水稻的重要性狀(沖積土)

處 理	性 狀	分 蘗 數	抽 穗 期 (日/月)	株高(厘米)
對照		30	23/7	105
過磷酸鈣		29	22/7	106
磷礦粉(單用)		34	23—25/7	104
顆粒磷肥		28	19—22/7	106
噴施過磷酸鈣		34	19—23/7	102
磷礦粉混合堆肥		29	21—22/7	101
磷礦粉十顆粒磷肥		28	22/7	105
磷礦粉十噴施磷肥		29	21/7	103
磷礦粉十顆粒磷肥十噴施磷肥		28	21/7	105
磷礦粉十堆肥十顆粒磷肥十噴施磷肥		27	19—23/7	106

三、討論與結論

根據以上的說明，使我們對幾個問題感到興趣。

(1) 顆粒肥料爲什麼會發揮這樣大的效應，僅從化學的觀點是不可能理解的，因爲 5 克顆粒肥料中只有 1 克過磷酸鈣，根據國內外的材料，每生產 1,000 斤稻穀須攝取 P_2O_5 9.2—12.4 斤(據華東農科所分析資料，每生產 1,000 斤中農四號稻穀要向土中攝取 9.6 斤 P_2O_5 ，蘇聯的資料爲 12.4 斤)，那麼每生產 50 克的稻穀必須攝取 480—620 毫克的 P_2O_5 ，而一克過磷酸鈣僅含有 200 毫克的 P_2O_5 ，其餘的 P_2O_5 從那裏來？一方面是從秧田帶來，一方面可以攝自土壤，因爲凡是有顆粒肥料的處理，所用的秧苗，在秧田中均施了較多的磷肥，植物的組織測定也證明這種秧苗所含的磷的濃度要高很多，除它帶來了一部分磷外，可能是由於滿足了作物早期的磷的營養，因之生長發育比較正常，生長勢旺，根系發達，它向土壤搜羅面較廣，而攝磷力也增強。因此能從含磷極貧乏的土壤中攝取其他秧苗不能攝取的磷質來滿足自身對磷的營養要求。這一事實爲我們更有效的施用磷肥提供了經濟而可行的途徑。

(2) 秧田中多施速效性磷肥，則幼苗的組織中含有較高的磷的濃度，這一情況，我們已經證實，在各發育階段中作物組織汁中磷的濃度是不同的，而以幼苗及生殖器官最高，所以在秧田中多施速效性磷肥以增加水稻幼苗組織中磷的濃度，是符合作物發育的規律的，因而也是合理的。

這一時期，水稻的需磷量不多，因而也最易滿足，如能滿足了這一時期作物對磷的要求，就能提高作物後期攝磷的能力；那麼這一時期施用速效性磷肥將是較經濟的施肥法。

滿足作物早期對磷的營養要求所起的作用的大小，也隨其後期的營養情況不同而變異，如果本田的可給態磷比較豐富(例如本農場的沖積土)，這一作用將相對的降低，相反的在本田可給態磷很貧乏的情況下(例如紅壤)，秧田多施過磷酸鈣的作用却非常突出，而且上面已經提到，大多數在本田施用過磷酸鈣的效應是不十分顯著的，從經濟上說不很合算，所以農民對過磷酸鈣的推廣不大歡迎，因此在我們施肥水平尚不能很高的目前情況下，避免大量過磷酸鈣在本田施用，而在秧田中廣泛使用，是經濟過磷酸鈣用量、提高其效應的經濟方法。

根據以上分析，利用速效性磷肥來提高磷礦粉的肥效是很易理解的，我們只要用很少量的過磷酸鈣來滿足作物的早期營養就可以加強作物的攝磷能力，因而也就提高了磷礦粉的肥效。

(3) 磷礦粉與堆肥混合施用的優良效果是明顯的，但是很遺憾地，由於本試驗設計缺少一個僅用堆肥的處理，因此不能直接證明磷礦粉與厩肥混合施用是提高磷礦粉的方法之一。不過有一點是可以肯定的，決不是堆肥中的磷滿足了水稻生長過程中所需要全部磷質，因爲根據分析結果，堆肥中的含磷量爲干物質重的 0.6%，50 克堆肥僅含 216 毫克的 P_2O_5 (堆肥含水分 28%)，即使能全部爲水稻所利用也不能滿足全部需

要，所以水稻一定從堆肥以外攝取了磷質，其中最可能的便是利用了磷礦粉。

磷礦粉混合堆肥施用爲什麼會發揮如此大的肥效，可能是微生物活動的結果，也可能是堆肥中含有的可給態磷滿足了作物早期對磷的需要，因此後期攝取利用磷礦粉中的磷的能力增加了，也可能兩個因子都發生作用，根據本試驗我們無法得出結論，將待更進一步的研究。

(4) 石灰性沖積土上的處理沒有明顯差異，更強化了紅壤上結果的可靠性，因爲沖積土內含磷較多，基本上能滿足作物要求，所以再施磷肥沒有肥效，這正是我們選擇兩種含磷量不同的土壤作裂區處理的目的。

這一試驗的結果非常明顯，凡是磷肥沒有發揮作用的，作物不能完成其生活過程或發育階段，凡是磷肥產生效應的都能抽穗結實，簡直可說是質的差別，因此雖是盆栽試驗仍可給我們若干結論。

(1) 這一試驗證實了磷礦粉是可以當年見效的，這在推廣時是極重要的，但其肥效決定於施用方法，所以施用方法的好壞是值得研究的。我們不能概括的將它的肥效與過磷酸鈣相提並論。正確的施用磷礦粉，其肥效並不比過磷酸鈣壞。

(2) 磷礦粉與堆肥混合施用是發揮磷礦粉效應的重要可行的方法之一。如果能摻入少量的速效磷肥(過磷酸鈣)更能提高磷礦粉的肥效。根據這一試驗以及其他試驗的結果，十斤磷礦粉若能與 50—100 斤的堆肥或厩肥及 1—2 斤過磷酸鈣混合施用，在經濟觀點上或發揮最高肥料效應的觀點說，可能是最有效的，也是目前條件做得到的。

A PRELIMINARY STUDY ON THE METHOD OF APPLICATION OF POWDERED ROCK PHOSPHATE

(ABSTRACT)

C. H. Chow and T. C. Leu

(Central China Agricultural College)

Pot culture experiments for the investigation of methods of application of powdered rock phosphate were conducted on a red earth and a slightly calcareous alluvial soil. The former is extremely deficiency in phosphatic nutrients, having a pH of 4.8, while the latter is a very fertile soil of about neutral reaction. Both soils received pretty supply of nitrogenous and potassic fertilizers with following variations of phosphorus treatment. Rice was used as an indicating crop.

- (1) No phosphorus;
- (2) Superphosphate;
- (3) Powdered rock phosphate;
- (4) Powdered rock phosphate mixed with compost;
- (5) Powdered rock phosphate with the admixture of a minute amount of granulated fertilizer, composed by 1 part of superphosphate and 4 part of compost;
- (6) Powdered rock phosphate, in addition, crops were sprayed with 1% solution of superphosphate biweekly.

Present experiments revealed following significances:

- 1) Rice plants grown on red earth, received either rock phosphate alone or rock phosphate with the spray of phosphate solution (treatment 3 and 6), were stunted in growth. The plants gave no tillers and did not attain maturity.
- 2) Rock phosphate mixed with compost and with the admixture of a minute quantity of granulated phosphate manure (treatment 4 and 5) gave good yields.

The experiments show that presence of a minute quantity of available phosphorus at the earlier stage of plant growth led much better utilization of phosphorus from rock phosphate by the plant later on. Microbiological activities of the organic manure may also play an important role on the availability of rock phosphate to plant. Spray of phosphatic solution on rice gives no beneficial effect to the plant.