

臺灣粘板岩質沖積土有效性磷與 水稻生長效應之相關研究⁽¹⁾

(第一報)

曾 憲 鼎⁽²⁾ 王 接 皇⁽³⁾

一、引 言

粘板岩質沖積土為臺灣主要土類之一，分佈於宜蘭、彰化、雲林及屏東區之濁水河流域，此種土壤反應一般呈中性至微鹼性，富含石灰，根據過去田間肥料試驗指示，一般磷肥效果不甚顯著，但有少數地區例外，顯然此等土壤之肥力並非一致，因此用土壤有效性磷之化學速測法測定粘板岩質沖積土之磷肥需要量，有其研究之價值。

測定土壤有效性磷之方法甚多，但各種方法測定土壤磷肥需要量之準確性，因方法或土壤種類之不同差異殊甚，為選擇適合於各種土壤，土壤之有效性磷酸與作物對磷肥之效應或對磷酸吸收之相關程度，常被作為選擇方法之依據。

本研究之目的在探討粘板岩質水稻土壤，所應採取測定土壤有效性磷之方法以及其適用之範圍，作為決定施肥量之依據。

二、試驗之方法及材料

1. 土壤有效磷測定之方法

試驗之土壤於施肥前採取，所用之五種測定方法如下：

(1) 0.1 N NaOH 溶提法

試藥(a) 鉬酸鉍液：溶解 14 gm 鉬酸鉍於 150 ml 水中，加 287 ml HCl 冷卻後，加水至 500 ml

試藥(b) 氟化亞錫還原劑：溶解 2 gm $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 於 5 ml 之濃 HCl 中，溶解後，加水至 20 ml

分析步驟：取 1 gm 之風乾土，加 50 ml 之 1 N NH_4Cl ，振盪半小時後，以離心機分離，取上層清液加 0.3 ml 濃硫酸後，以離心機沉澱其有機質後，取清液 2 ml 於 25 ml 量瓶中，加水若干後，以 Dinitrophenol 作為指示劑，中和復加水至 25 ml 再加試藥 (b) 2 滴，振盪 5 分鐘後，以光電比色計測其磷含量。

(2) Olsen 氏之 0.5 M NaHCO_3 法

試藥(a) 0.5 M NaHCO_3 溶液：以 52 gm NaHCO_3 溶解於 500 ml 之水中，再加 222 ml 之 0.1 N NaOH 後，加水至 1000 ml。

試藥(b) 鉬酸鉍溶液：與上法同。

試藥(c) 氟化亞錫溶液：與上法同。

分析步驟：取土壤 1 gm 加活性碳粉若干後，加 0.5 M NaHCO_3 (pH 8.5) 20 ml，振盪 30 分鐘後過濾，取濾液 10 ml 加 0.5N HCl 10 ml，混合後加水至 25 ml，然後加 3 ml 之鉬酸鉍液，混合後加二滴氟化亞錫溶液，5 分鐘後，以光電比色計用 650 $\text{m}\mu$ 濾光片測定其磷含量。

(3) Bray 氏之 0.025 N HCl + 0.03 N NH_4F 法

①本研究承國家長期發展科學委員會補助

②③臺灣省農業試驗所技正及技士

試藥(a) 配製 0.025 N HCl+0.03 N NH₄F 溶液

(b) 鉬酸銨溶液：溶解 100 gm 鉬酸銨於 850 ml 之水中，另以 160 ml 之水加入 1700 ml 之濃 HCl 中，待冷卻後，再以溶解之鉬酸銨徐徐加入鹽酸中，並予以攪拌。

(C) Amino-naphthol-sulfonic acid 溶液：以 25 gm 之 Amino-naphthol-sulfonic acid 及 5 gm 亞硫酸鈉與 146.25 gm 之偏亞硫酸鈉 (Na₂S₂O₅) 混合研成細粉，取 8 gm 溶解於 50 ml 之溫熱蒸餾水中。

分析步驟：取土壤 1 gm 放入搖瓶內，加抽出液 10 ml 振盪 40 秒鐘，隨即過濾，取濾液 5 ml，注入比色管內，加鉬酸銨 5 滴搖勻，再加 Amino-naphthol-Sulfonic acid 溶液 5 滴，搖勻，放置 30 分鐘，置於光電比色計中，用 600 m μ 之濾光片測定其含磷量。

(4) Bray 氏之 0.1 N HCl-0.03 N NH₄F 法

試藥(a) 配製 0.1 N HCl-0.03 N NH₄F 溶液。

試藥(b) 鉬酸銨液：與上法同。

試藥(c) Amino-naphthol-sulfonic acid 溶液：與上法同。

分析步驟：取土壤 5 gm，加抽出液，20 ml，搖動 5 分鐘，隨即過濾，其他步驟與上法相同。

(5) Mehlich 氏之 0.05 N HCl-0.025 N H₂SO₄法。

試藥 (a) 0.05 N HCl-0.025 N H₂SO₄ 溶液：將 15 公升之水置於 18 公升之瓶中，加入濃硫酸 12 ml 及 73 ml 之濃鹽酸：稀釋至 18 公升。

試藥 (b) 鉬酸銨液：與上法同。

試藥 (c) Amino-naphthol-sulfonic acid 溶液：與上法同。

分析步驟：取土壤 5 gm 加抽出液 20 ml，搖動 5 分鐘，隨即過濾，其他步驟與上法相同。

2. 水稻磷酸吸收收量之測定

在試驗收穫後，於每一處理中，採取稻谷及稻葉樣本，測定其水分量後，以 H₂SO₄-HClO₄-HNO₃ 混合液分解後，以比色分析法測其磷酸含量。

3. 盆栽試驗：

試驗於溫室中進行，每盆鉢裝 5 kg 土壤，處理分為 NPK 及 NK 二種，每處理重複三次，肥料施用量之 N, P₂O₅ 及 K₂O 各為 120 kg/ha，所用之肥料為硫安，過磷酸鈣，及氯化鉀，全部作為基肥。

三、試驗結果及討論

由彰化縣、宜蘭縣、屏東縣及臺東縣所採取十七個地區之粘板岩質沖積土壤於溫室中進行盆栽試驗，其土壤分析，植物分析及產量記錄結果列於下表：

表一 盆栽試驗土壤不同方法測定之有效磷量，水稻之產量及磷酸含量

Table 1. The available soil phosphorus of slate alluvial soils determined by various methods, the content of phosphorus, and the yield of rice in the pot culture experiment.

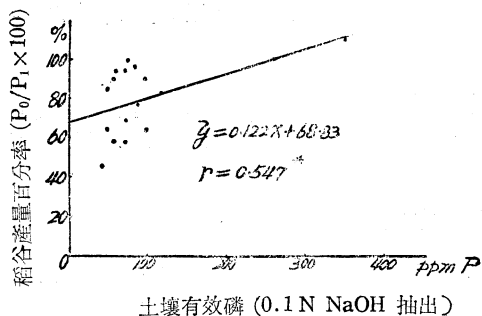
地點 Localities	土質 壤地 Soil Texture	土壤反應 pH	有機 質量 O. M. %	土壤有效磷量 Available soil phosphorus ppm P					水稻磷酸含量 Content of P ₂ O ₅ (%, air-dry basis)				水稻產量 Yield of Rice gm/pot			
				0.1 N NaOH	Olsen 氏法	Bray氏 No. 1法	Bray氏 No. 2法	Mehlich 氏法	稻 谷 Rice Grain		稻 葉 Rice Straw		稻 谷 Rice Grain		稻 葉 Rice Straw	
									NPK	NK	NPK	NK	NPK	NK	NPK	NK
彰化線西	SL	6.4	1.5	85	13	16	55	23	0.629	0.651	0.376	0.396	14.15	13.51	29.8	26.2
屏東市	L	6.8	2.3	87	12	18	76	67	0.620	0.583	0.260	0.241	18.67	14.44	17.2	16.0
彰化溪州	SiL	6.9	2.7	57	5	9	115	67	0.614	0.709	0.351	0.266	13.18	7.77	27.1	27.4
宜蘭市	SiL	5.3	4.5	73	6	5	120	22	0.477	0.614	0.309	0.235	23.11	16.07	38.0	34.4

彰化清水	SiL	7.3	3.8	48	6	9	95	50	0.614	0.550	0.235	0.153	18.65	15.80	31.7	28.3
彰化員林(1)	SiL	6.7	4.0	73	19	10	87	20	0.584	0.669	0.278	0.266	13.37	12.66	25.0	23.8
彰化員林(2)	L	6.8	2.2	260	45	60	150	110	0.614	0.583	0.309	0.287	22.82	22.95	25.8	23.2
彰化永靖	SiL	7.2	3.1	70	12	11	53	32	0.565	0.669	0.247	0.293	15.36	8.97	20.7	20.5
彰化埔心	SiL	7.3	2.6	70	13	14	87	60	0.599	0.614	0.266	0.287	12.67	12.48	19.0	19.5
臺東鎮	SiL	6.6	2.0	50	5	7	112	140	0.669	0.651	0.265	0.238	19.85	12.55	27.0	26.0
彰化花壇(1)	SiL	7.3	4.4	63	12	12	85	33	0.651	0.651	0.238	0.226	16.16	15.21	30.0	31.3
彰化花壇(2)	SiL	6.5	3.3	115	22	18	115	43	0.412	0.727	0.318	0.364	20.40	16.81	24.8	30.1
彰化田尾	L	6.6	1.8	350	37	55	120	68	0.629	0.599	0.333	0.370	19.63	21.47	25.8	25.3
屏東內埔	L	6.5	4.8	58	9	8	75	54	0.629	0.565	0.333	0.159	21.26	19.32	25.4	28.8
彰化北斗	CL	7.4	2.3	43	4	5	58	12	0.629	0.614	0.226	0.156	16.14	7.40	18.3	19.3
彰化溪州	L	6.2	1.9	95	15	27	128	82	0.583	0.583	0.309	0.254	21.46	19.22	30.8	27.1
高雄旗山	L	7.0	3.1	100	20	18	100	48	0.583	0.669	0.241	0.241	20.94	13.31	26.0	25.6

根據五種方法抽出之土壤有效性磷與稻谷產量百分率之相關及直線迴歸方程式列於下列各圖：

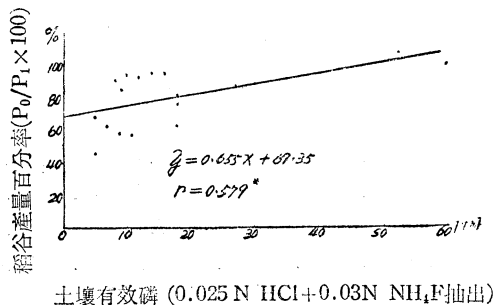
圖一、0.1N NaOH 抽出之土壤有效性磷與稻谷產量百分率之關係

Fig. 1. The relation between the available phosphorus extracted by 0.1 N NaOH and percentage yield of rice grain.



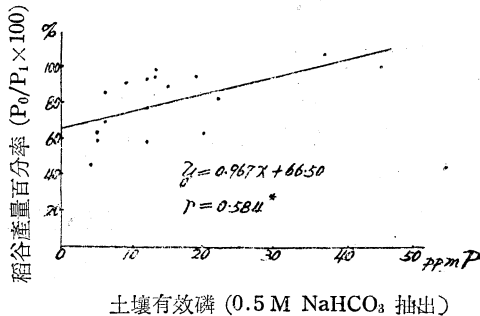
圖三、Bray 氏 No. 1 法抽出之土壤有效性磷與稻谷產量百分率之關係

Fig. 3. The relation between the available phosphorus extracted by 0.025 N HCl and 0.03 N NH₄F and percentage yield of rice grain.



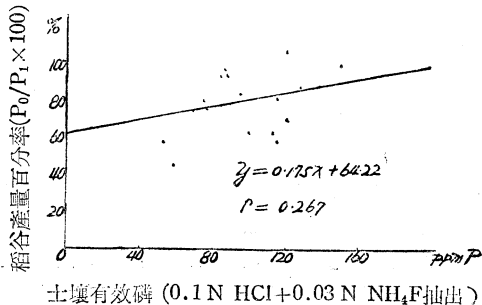
圖二、Olsen 氏法抽出之土壤有效性磷與稻谷產量百分率之關係

Fig. 2. The relation between the available phosphorus extracted by 0.5 M NaHCO₃ and percentage yield of rice grain.

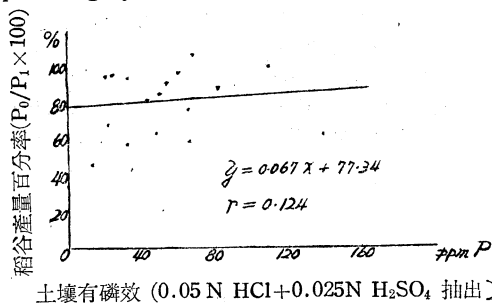


圖四、Bray 氏 No. 2 法抽出之土壤有效性磷與稻谷產量百分率之關係

Fig. 4. The relation between the available phosphorus extracted by 0.1 N HCl and 0.03 N NH₄F and percentage yield of rice grain.



圖五、Mehlich 氏法抽出之土壤有效性磷與稻谷產量百分率之關係

Fig. 5. The relation between available phosphorus extracted by 0.05 N HCl and 0.025 N H₂SO₄ and percentage yield of rice grain.

由以上五種方法測定粘板岩質沖積土壤有效性磷之比較，用 Olsen 氏之 0.5 M NaHCO₃ 抽出法測定土壤之有效性磷量與磷肥施用對稻谷產量百分率之相關，指示如圖二，其相關係數為 0.584 已達於 5% 顯著標準。

應用 Bray 氏之 0.025 N HCl 及 0.03 N NH₄F 混合抽出液測定土壤之有效性磷量與稻谷產量百分率之相關指示如圖三，其相關係數為 0.579，達於 5% 之顯著標準。

應用 0.1N NaOH 抽出土壤之有效性磷與稻谷產量百分率之相關指示如圖一，其相關係數為 0.547，達於 5% 之顯著標準。

應用 Bray 氏之 0.1 N HCl 及 0.03 N NH₄F 混合抽出液測定土壤之有效性磷與稻谷產量百分率之相關指示如圖四，其相關係數為 0.267，相關不顯著。

應用 Mehlich 氏之 0.05N HCl 及 0.025N H₂SO₄ 混合抽出液測定土壤之有效磷與稻谷產量百分率之相關指示如圖五，其相關係數為 0.124，相關不顯著。

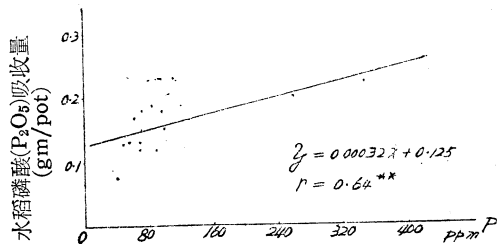
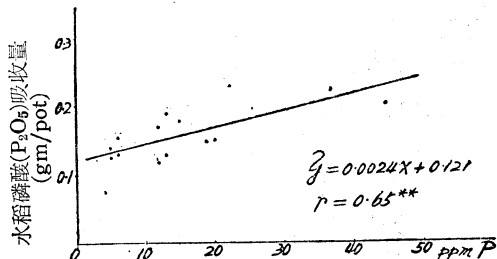
由上五種方法對臺灣粘板岩質稻田土壤有效磷量之測定與稻谷產量百分率之相關情形指示一種趨勢即測定稻田土壤之有效性磷應用濃度較低之酸鹼，可得較高之相關結果，其次應用鹼性抽出液較用酸性者為優，而應用二種強酸混合抽出液測粘板岩質稻田土壤顯然不適合。

就土壤之磷酸型態而言，臺灣粘板岩質稻田土壤之磷酸型態以磷酸鈣為主，但亦含有相當數量之磷酸鐵鋁，如應用強酸抽出液，則所溶解大量磷酸鈣中之磷酸未必即為水稻所利用者。

應用鹼性抽出液所溶解之磷酸，以磷酸鐵鋁為主，而由二種鹼性抽出液測定有效磷的結果，均有較高之相關，因此可推測水稻對臺灣粘板岩質土壤中磷之利用，亦以磷酸鐵鋁之磷酸為主。

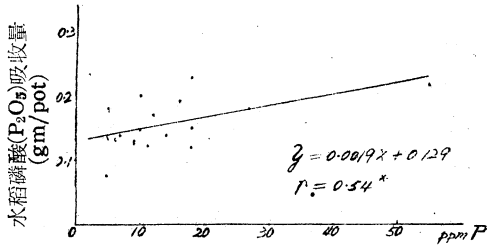
由土壤之有效磷量與水稻對土壤磷酸吸收量之關係亦可決定土壤磷酸測定方法之取捨，根據五種有效磷之測定方法與水稻磷酸吸收量之相關，指示如下列各圖：

圖六、0.1 N NaOH 抽出之土壤有效磷與無磷處理之水稻磷酸吸收量之關係

Fig. 6. The relation between available soil phosphorus extracted by 0.1 N NaOH and the absorption of phosphorus (P₂O₅) of rice from the pots without phosphatic fertilizer.圖七、0.5 M NaHCO₃ 抽出之土壤有效磷與無磷處理之水稻磷酸吸收量之關係。Fig. 7. The relation between available soil phosphorus extracted by 0.5 M NaHCO₃ and absorption of phosphorus (P₂O₅) of rice from the pots without phosphatic fertilizer.

圖八、0.025 N HCl 及 0.03 N NH₄F 抽出之土壤有效磷與無磷處理之水稻磷酸吸收量之關係

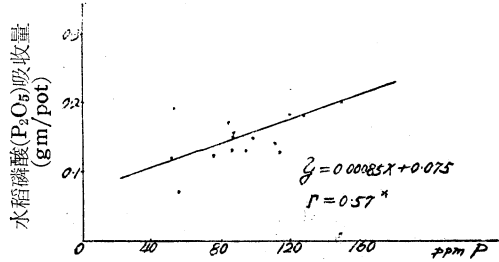
Fig. 8. The relation between available soil phosphorus extracted by 0.025 N HCl and 0.03 N NH₄F and the absorption of phosphorus of rice from the pots without phosphatic fertilizer.



土壤有效磷 (0.025 N HCl+0.03 N NH₄F抽出)

圖九、0.1 N HCl 及 0.03 N NH₄F 抽出之土壤有效磷與無磷處理之水稻磷酸吸收量之關係

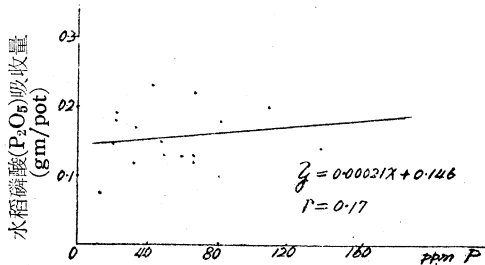
Fig. 9. The relation between available soil phosphorus extracted by 0.1 N HCl and 0.03 N NH₄F and the absorption of phosphorus of rice from the pots without phosphatic fertilizer.



土壤有效磷 (0.1 N HCl+0.03 N NH₄F抽出)

圖十、0.05 N HCl 及 0.025 N H₂SO₄ 抽出之土壤有效磷與無磷處理之水稻磷酸吸收量之關係

Fig. 10. The relation between available soil phosphorus extracted by 0.05 N HCl and 0.025 N H₂SO₄ and the absorption of phosphorus (P₂O₅) of rice from the pots without phosphatic fertilizer.



土壤有效磷 (0.05 N HCl+0.025 N H₂SO₄抽出)

在圖七中指示應用 0.5 M NaHCO₃ 抽出之有效磷與水稻磷酸吸收量之相關性最高，其相關係數為 0.65，達於 1% 之顯著標準，其次為應用 0.1 N NaOH 抽出液，其相關係數為 0.64 (圖六)，亦達於 1% 之顯著標準。

在應用 Bray 氏之方法中，如用 0.025 N HCl 及 0.03 N NH₄F 混合抽出液，測定土壤之有效磷量與水稻磷酸吸收量之相關係數為 0.54，達於 5% 之顯著標準；而用 0.1 N HCl 及 0.03 N NH₄F 混合抽出液，其相關係數 0.57，亦達於 5% 之顯著標準，後者之結果，顯然與稻谷產量百分率之相關 (圖四) 不相符合，其原因難於解釋，尚須繼續試驗證明是否屬於誤差。

在應用 0.05 N HCl 及 0.025 N H₂SO₄ 混合液抽出之土壤有效磷與水稻磷酸吸收量之相關指示如圖十，其相關係數為 0.17，相關不顯著。

由五種土壤有效磷測定方法之比較，可見應用鹼性抽出液無論對稻谷產量百分率或對水稻磷酸吸收量均有較高之相關性，如應用 Bray 氏之 0.025 N HCl 及 0.03 N NH₄F 混合抽出液，對稻谷產量百分率及水稻磷酸吸收量，亦有顯著之相關結果，而在粘板岩質稻田土壤之應用 Mehlich 氏之 0.05 N HCl 及 0.025 N H₂SO₄ 混合抽出土壤有效磷顯然不適合。

在五種方法分析步驟之比較，應用 0.1 N NaOH 法，其步驟較繁，不適於大量樣本速測之用

,Olsen 氏之 0.5 M NaHCO₃ 抽出法,其步驟雖較用 0.1 N NaOH 抽出法為簡單,但測定時間須嚴密控制,而發生之氣泡常易引起差誤。

應用 Bray 氏之 0.025 N HCl 及 0.03 N NH₄F 混合液抽出,其方法簡單迅速而穩定,在粘板岩質稻田土壤且有顯著之相關性,根據初步研究結果,此法可供作為粘板岩質稻田土壤磷酸速測之用。

應用 Olsen 氏或 Bray 氏之 No.1 法所抽出之土壤有效性磷 (P) 量如在 10ppm 以下時,在盆栽試驗中,水稻之生長及產量即可表現差異,如在 5 ppm 以下時,水稻初期生長即受到嚴重之影響,對產量亦表現顯著之差異。

由於供試土壤數目太少,無法根據土壤有效磷值與產量百分率之分類作頻度之分佈,提供分級標準,此尚須予以繼續試驗;由盆栽試驗之粘板岩質稻田土壤之有效磷量與稻谷產量百分率或磷酸吸收量之相關係數一般未能達到 0.8 以上之原因,除供試土壤之數目不足之外,病蟲之為害及溫室溫度無法作有效之控制,亦為增加試驗誤差之原因。

四、摘 要

- 一、為研究臺灣粘板岩質沖積土有效性磷量與水稻生長效應之相關,在臺灣十七個地區採取之粘板岩質沖積土之稻田土壤於溫室中進行水稻盆栽試驗。
- 二、盆栽試驗之處理分為 NPK 及 NK,每處理重複三次,每盆 N, P₂O₅ 及 K₂O 之施用量按照處理各為120公斤/公頃。
- 三、採用五種方法以測定土壤之有效性磷量,即(1)0.1N NaOH 抽出法,(2)Olsen氏之0.5M NaHCO₃ 法,(3)Bray 氏之 0.025 N HCl 及 0.03 N NH₄F 法,(4)Bray 氏之 0.1 N HCl 及 0.03 N NH₄F 法,及(5)Mehlich 氏之0.05 N HCl 及 0.025 N H₂SO₄法。
- 四、五種方法測定之土壤有效性磷量與稻谷產量百分率之相關,其中有三種方法達於相關顯著之標準,三種方法中以 Olsen 氏方法最優,Bray 氏第一法次之,0.1 N NaOH 法略差。
- 五、五種方法測定之土壤有效性磷量與水稻磷酸吸收量之相關,其中有四種方法達於相關顯著之標準,其中以 Olsen 氏方法最優,0.1 N NaOH 法次之,而 Mehlich 氏方法顯然不適合作為測定臺灣粘板岩質沖積土稻田土壤有效磷用。
- 六、根據初步研究結果對臺灣粘板岩質稻田土壤可採用 Olsen 氏方法或 Bray 氏第一法以測定土壤之有效性磷,如按二法所測定土壤之有效性磷 (P) 量均在 10 ppm 以下時,施用磷肥對水稻可獲得增產效果。

五、參考文獻

- (1) 王接皇,曾憲鼎(1962):紅壤有效性磷酸及鉀素與水稻效應之相關研究(中華農學會報新第十四期)
- (2) 趙峻田,陳三堯(1948):土壤中有有效性磷鉀化學速測法之比較研究。(臺灣糖業試驗所研究彙報第三號 195~204)
- (3) 趙峻田,雷通明(1950):土壤中可利用性磷鉀測定法之研究(糖業試驗所38~39年期試驗研究簡報)
- (4) 趙峻田(1952):臺灣蔗田土壤肥力之研究(I),土壤中有有效性磷鉀化學速測法之研究。(臺灣糖業試驗所研究彙報8:70~82)
- (5) 趙峻田,李風文(1954):臺灣蔗田土壤肥力之研究,土壤中各種有效性磷素之相關性。(臺灣糖業試驗所研究彙報12:120~130)
- (6) Bray, R.H. (1948): Correlation of soil tests with crop response to added fertilizer and with fertilizer requirements. Diagnostic Techniques for soils and Crops. Published by Am. Potash Inst.
- (7) Chang, S.C. and Jackson, M.L. (1957): Fractionating of soil phosphorus. Soil Sci. 84
- (8) Chu W.K. and Chang, S.C. (1950): Forms of Phosphorus in the soils of Taiwan. Soils and Fertilizers in Taiwan. Published by the Society of Soil Sci. and Fertilizer Technologist of Taiwan (1960)

- (9) Fitts et al (1956): Soil tests compared with field, green house and laboratory results. North Carolina Agri. Expt St. Tech. Bul, No. 121.
- (10) H.D. Tseng (1959): Solubility Curves of Inorganic Phosphorus in the Paddy Soils of Taiwan Agri. Research Vol. 9 No. 3
- (11) Miller, J.R. and Axley, J.H. (1956): Correlation of chemical soil tests for available phosphorus with crop response, including a proposed method. Soil Sci. 82:117-128
- (12) Olsen, S.R. et al (1953): Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circula 939.
- (13) Saunder, D.H. (1956): Determination of available phosphorus in tropical soils by extraction with sodium hydroxide. Soil Sci 82:457-463

A STUDY ON THE CORRELATION BETWEEN AVAILABLE PHOSPHORUS OF SLATE ALLUVIAL SOILS AND RESPONSE OF RICE (Part 1)

by

H. D. TSENG • C. H. WANG

SUMMARY

1. A pot culture experiment was conducted in greenhouse for the study on the correlation between available phosphorus of slate alluvial soils and response of rice. The soils used in the experiment were collected from the slate alluvial soils at seventeen different localities in Taiwan.
2. Two treatments, NPK and NK, were used in the experiment and three replications for each treatment. The rates of application were 120-120-120 kg/ha and 120-0-120 kg/ha of N-P₂O₅-K₂O. Ammonium sulphate, Calcium superphosphate and potassium chloride were used as carriers of N, P and K.
3. Five methods were used to determine the available soil phosphorus, namely, (1) 0.1 N NaOH extraction method, (2) Olsen's 0.5M NaHCO₃ extraction method, (3) Bray's 0.025 N HCl and 0.03 N NH₄F mixture extraction method, (4) Bray's 0.1 N HCl and 0.03 N NH₄F method, and (5) Mehlich's 0.05 N HCl and 0.025 N H₂SO₄ mixture extraction method.
4. The response of the yield of rice to phosphatic fertilizer was found significantly correlated with the available soil phosphorus determined by either of the three methods, out of which Olsen's method is the best, Bray's No. 1 method the next, and 0.1 N NaOH method the least.
5. The correlation between the available soil phosphorus determined by the five methods and the absorption of phosphorus (P₂O₅) of rice was found significant for four methods, out of which Olsen's method is the best and 0.1 N NaOH method is the next. Mehlich's method is obviously unsuitable for the determination of available soil phosphorus of slate alluvial soils in Taiwan.
6. Based on the result of preliminary study, Olsen's method or Bray's No. 1 method may be used to determine the available soil phosphorus of the paddy of slate alluvial soils in Taiwan. As the available soil phosphorus (P) below 10 ppm, the response of rice to phosphate was found.