

土壤特性對於磷測定值間相關之影響¹

林家茶 張愛華 吳懷國²

摘要 從20種土壤特性差異懸殊的中部土壤樣本與7種標準磷測定法所得測定值，經用直線及曲線複迴歸統計分析結果顯示各法所得磷測定值間之關係，可因參與土壤特性因子於其迴歸方程式中而獲得改善。在供試土壤中，受土壤特性因子影響最大者為 pH, Clay, Exch. Ca, 及 Extractable Al, 因而推測，若考慮土壤特性，則以上各法所得磷測定值對於檢定土壤中含磷狀況均具有同等功效。從而今後對於磷測定值之田間校正公式，似應包括有關影響土壤磷供應與作物對於磷吸取之土壤特性因子，藉可提高磷測定值的可靠性。

引 言

狹義的土壤磷速測乃檢定土壤中「有效態」磷含量，其測定值的高低乃視土壤含磷數量與所使用的抽取劑而異，假定各種抽取劑均可抽取土壤中一定份量的磷，則所得磷測定值雖有高低之別，但其彼此間之相關仍必高。

本省若干土壤用不同方法所得磷測定值間之相關，有者偏低，甚至未達顯著平準，其原因當與土壤特性有關，諸如 pH、粘土、鐵鋁水化氧化物 (hydrous oxides of iron and aluminium) 以及鈣鎂氫氧化碳酸鹽 (hydroxy carbonates of calcium and magnesium) 等，此等特性因子均可影響土壤中磷的溶解度與吸着 (sorption) 程度⁽⁶⁾。各種土壤，特性不同，對於各種抽取劑之影響亦異。

本文之目的在探討土壤特性因子對於各法所得磷測定值間相關之影響，藉以瞭解各法所得磷測定值間之差異情形，俾供改進磷測定值田間校正之參考。

試 驗 方 法

供試土壤：在本省中部南投、臺中、彰化及雲林4縣選取20地點土壤樣本，其中包括砂頁岩沖積土、粘板岩老沖積土、粘板岩新沖積土及混合沖積土，各種土壤特性之分析方法詳於前報⁽¹⁰⁾。茲將各特性因子之平均值、變異係數、變異範圍及其彼此間之關係示於表1，其中顯示所選用土壤樣本中，其個別特性因子間之差異甚大，因而更具有代表性。

表 1、土壤特性因子平均值變異係數變異範圍及其彼此間之相關係數

Table 1. Sample means, coefficients of variation, ranges of the characterizing analyses, and correlation coefficients between the values obtained for the constituents ($r > 0.444$, $P < 0.05$; $r > 0.561$, $P < 0.01$)

	pH	Clay %	Organic matter %	Exchangeable			Free Fe oxides %	Extractable Al ppm
				K	Ca me/100gm	Mg		
pH		0.13	0.26	- 0.21	0.79**	0.21	0.16	- 0.77***
Clay			0.58**	0.63**	0.11	0.59**	0.56*	0.23

本文係第一作者承國家科學委員會獎助研究及中國農村復興委員會補助試驗經費之部份試驗資料，統計程式承李技正蘭蒂設計，作者等深致謝忱

1. 試驗報告農試字第七九七號

2. 臺灣省農業試驗所技正、技術員

O. M.				0.53*	0.43	0.63**	0.23	0.08
Ex. K					-0.003	0.64**	0.34	0.45
Ex. Ca						0.40	0.25	-0.40
Ex. Mg							0.65**	0.16
Free Fe oxides								0.12
Mean	6.27	28.6	2.77	0.17	12.2	1.75	0.93	1 7.9
C. V.	15.6	32.0	21.3	42.1	83.3	41.8	38.3	49.3
Range	4.7—	13.9—	1.5—	0.07—	2.69—	0.75—	0.21—	6.23—
	7.6	43.9	4.0	0.32	34.4	3.62	1.56	36.6

土壤中有效態磷之測定方法：其摘要如表 2。

表 2、土壤磷測定法

Table 2. Soil P-test methods

	Extractant	Soil/solution	Shaking time	Temperature	Reducing agent
Olsen-P (3,4)	0.5 M NaHCO ₃ pH 8.5	1 : 20	30min.	Room	SnCl ₂
Bray-P (3,4)	0.025N HCl-0.03N NH ₄ F	1 : 10	40sec.	Room	1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid
Resin-P (7)	Dowex 1×4-50 anion exchange resin Particle size ≥0.59mm	1gm soil+ 2.9gm resin +50ml H ₂ O	16hr.	25°C	Ascorbic acid
EDTA-P (2)	5mM EDTA	1 : 20	1hr.	Room	Ascorbic acid
H ₂ O-P (8)	Demineralized water	1 : 50	1hr.	Premoistened for 22 hr. at 20°C.	ditto
Al-Abbas-P (1)	17ml 0.3N NaOH+ 3ml 0.5N Na ₂ C ₂ O ₄	1 : 20	5min	Room	ditto
N. Carolina-P (3,4)	0.05N HCl-0.025N H ₂ SO ₄	1 : 4	5min	Room	

統計分析：本文之目的乃求土壤特性因子對於磷測定值間相關之影響，所用迴歸 (Regression) 與變方 (variance) 之分析步驟如下^(6,9)：

迴歸方程式 Regression equations	決定係數 Coefficients of determination	自由度 Degree of freedom
$P_1 = a_0 + a_1 P_2 \dots\dots\dots$ I	r_1^2	$n-2$
$P_1 = b_0 + b_1 P_2 + b_2 P_2^2 \dots\dots\dots$ II	R_1^2	$n-3$
$P_1 = c_0 + c_1 X_1 + c_2 X_1^2 \dots\dots\dots$ III	R_3^2	$n-3$
$P_1 = d_0 + d_1 P_2 + d_2 P_2^2 + d_3 X_1 + d_4 X_1^2 + d_5 P_2 X_1 \dots\dots\dots$ IV	R_4^2	$n-6$

將IV式，予以微分得：

By differentiating equation IV : $dP_1/dX_1 = d_3 + 2d_4 X_1 + d_5 P_2 \dots\dots\dots$ V

F-值測定：

F-test between :

$$1. R_1^2 - r_1^2 \quad F = \frac{R_2^2 - r_1^2 / 2 - 1}{1 - R_2^2 / n - 3}, \quad 2. R_4^2 - R_2^2 \quad F = \frac{R_4^2 - R_2^2 / 5 - 2}{1 - R_4^2 / n - 6}$$

式中 P_1 為某種磷測定法所得測定值， P_2 為其他磷測定法所得測定值； X_1 為土壤特性因子之測定值， r 為直線相關係數， R 為曲線相關係數， n 為樣本個數。a, b, c, d, 均為常數。

為瞭解土壤特性因子的影響為正效應抑為負效應，將VI式予以微分，求其接近數據中心位置之斜率如式V，其中 X_1 與 P_2 為該數據之平均值。斜率為正時，表示在某種特性因子之下，溶於第一法抽取劑中之磷較第二法為多，或在某種特性因子之下，第一法所抽取磷受土壤吸着的影響較第二法為少；反之，若斜率為負時，表示第一法抽取土壤中磷時，因受某種特性因子的影響，所抽出磷較第二法為低，或因土壤中磷吸着的關係，較第二法不易抽出。兩種磷測定值間之相關，係屬直線或曲線關係，則由 $R_2^2 - r_1^2$ 求得之，而土壤特性因子的影響則由 $R_4^2 - R_2^2$ 求得之，其顯著性則由F值測定之。

以上統計概用 Monroe 1860 型程式計算機計算，其 CPU (Central processing unit) 為4k 記憶組。

結果與討論

土壤磷測定值間之關係：表 3 示各法所得磷平均值，變異係數及其測定範圍，從而知土壤測定值，可因方法不同而相差甚大，其中除 N. Carolina-P, Al-Abbas-P 與 Resin-P 及 Al-Abbas-P 與 EDTA-P 外，其他方法所得磷測定值間之關係，多達到顯著乃至極顯著平準。但其相關係數仍偏低。從表 4 曲線關係而言， R_2^2 多較 r_1^2 值為高，兩者間相差達到顯著平準者，如 Olsen- P_1 與 Bray- P_2 之 r_1^2 值為 0.624，而 R_2^2 值則 0.740 為；又 Bray- P_1 與 Olsen- P_2 之 r_1^2 值亦為 0.624，而 R_2^2 則為 0.810。此外，Bray- P_1 與 Water- P_2 之 r_1^2 值為 0.372，而 R_2^2 值則為 0.593。由此顯示若干方法所得磷測定值間之關係，可因參與曲線部分 (P^2) 而獲得改善。

表 3、各種方法所得磷測定值之平均值變異係數變異範圍及其彼此間之相關係數

Table 3. Sample means, coefficients of variation, ranges of the P-tests, and correlation coefficients between the twenty values obtained by different procedures. All analyses as ppm

(r>0.444, P>0.05; r>0.561, P<0.01)

	Olsen P	Bray P	Resin P	EDTA P	Water P	Al-Abbas P	N. Carolina P
Olsen-P		0.79**	0.74**	0.62**	0.73**	0.80**	0.11
Bray-P			0.53*	0.64**	0.61**	0.78**	0.42
Resin-P				0.83**	0.70**	0.33	0.17
EDTA-P					0.48*	0.27	0.41
Water-P						0.50*	0.07
Al-Abbas-P							0.14
Mean	19.7	17.7	36.7	22.3	3.64	102.7	55.6
C. V.	58.1	108.8	67.9	63.0	43.3	84.8	78.9
Ranges	4.5—	0.1—	10.6—	5.8—	1.25—	25—	0.3—
	52.0	93.4	92.5	60.6	7.38	354.0	128.0

土壤磷測定值與土壤特性因子之關係：從表 4. 頂行各法所得磷測定值與土壤特性因子之相關 R_3^2 值與 R_2^2 值比較時，顯示 R_3^2 值多較 R_2^2 值為低，意即土壤磷測定值與土壤特性因子間之相關不若磷測定值間相關之密切。但有例外，如 Resin-P 與粘土之 R_3^2 值為 0.410*，而 Resin-P₁ 與 Al-Abbas-P₂，或與 N. Carolina-P₂ 之 R_3^2 值各為 0.176 及 0.032，顯然 $R_3^2 > R_2^2$ ，由此顯示 Resin-P 與粘土上吸着磷之關係較 Al-Abbas-P 或 N. Carolina-P 為密切。又 Al-Abbas-P 與 pH 之 R_3^2 值為 0.423*，而 Al-Abbas-P₁ 與 Resin-P₂，或與 EDTA-P₂ 或與 N. Carolina-P₂ 所得之 R_3^2 值均較其與 pH 之 R_3^2 值為低，且未達顯著平準。土壤 pH 乃土壤許多特性因子綜合影響的結果，其原因可能由於 Al-Abbas-P 乃用 NaOH-Na₂C₂O₄ 液，以抽取土壤中 Fe-P 為主，而土壤中 Fe-P 的存在與土壤 pH 有密切的關係所致⁽¹⁰⁾。此外，N. Carolina-P 與 Exch. Ca 之 R_3^2 值為 0.325*，而 N. Carolina-P₁ 與 Olsen-P₂ 或 Bray-P₂，Resin-P₂ EDTA-P₂，Water-P₂，Al-Abbas-P₂ 之 R_3^2 值均較其與 Exch-Ca 所得 R_3^2 值為低，且未達顯著平準，此似由於 N. Carolina-P 係用 HCl-H₂SO₄ 酸性混合液，所抽出之磷多與 Ca-P 有關，因此，Exch. Ca 之測定值可代表部分磷溶解於酸性混合液中。以上數例顯示土壤特性因子的測定有助於說明磷測定法間之差異。

表 4、迴歸方程式 I 至 IV 所得之決定係數 (r^2 或 R^2)Table 4. Coefficients of determination (r^2 or R^2) for the regressions I to IV

P_1	P_2	r_1^2	R_2^2	R_3^2 or R_4^2 for X =							Al
				pH	Clay	O. M.	K	Ca	Mg	Fe	
Olsen				0.212	0.260	0.084	0.212	0.0004	0.058	0.036	0.048
	Bray	0.624**	0.740**	0.757**	0.723**	0.689**	0.723**	0.740**	0.774**	0.792**	0.640**
	Resin EDTA	0.548** 0.384**	0.548** 0.384**	0.922** 0.723**	0.723** 0.504	0.608** 0.384	0.593* 0.533*	0.723** 0.490	0.672** 0.384	0.672** 0.436	0.640** 0.640**
Bray	Water	0.533**	0.563**	0.723**	0.593*	0.640**	0.578**	0.563*	0.640**	0.578*	0.640**
	Al-Abbas	0.640**	0.672**	0.903**	0.810**	0.689**	0.757**	0.792**	0.792**	0.689**	0.792**
	N. Carolina	0.012	0.032	0.348	0.303	0.194	0.314	0.123	0.152	0.068	0.084
				0.144	0.096	0.078	0.073	0.116	0.221	0.270	0.096
Resin	Olsen	0.624**	0.810**	0.846**	0.828**	0.828**	0.828**	0.865**	0.828**	0.865**	0.846**
	Bray	0.281*	0.281	0.884**	0.410	0.336	0.410	0.828**	0.640**	0.689**	0.706**
	EDTA	0.410**	0.423**	0.922**	0.593*	0.436	0.563*	0.792**	0.608*	0.774**	0.584**
	Water	0.572**	0.593**	0.740**	0.640**	0.706**	0.608**	0.723**	0.774**	0.672	0.723**
	Al-Abbas	0.608**	0.608**	0.828**	0.672**	0.846**	0.792**	0.608**	0.774**	0.865**	0.884**
	N. Carolina	0.176	0.221	0.436	0.397	0.336	0.397	0.250	0.360	0.449	0.281
				0.203	0.410*	0.221	0.221	0.185	0.048	0.0009	0.116
Bray	Olsen	0.548**	0.578**	0.903**	0.774**	0.689**	0.624*	0.828**	0.624*	0.608*	0.865**
	Bray	0.281*	0.325*	0.828**	0.740**	0.504	0.462	0.810**	0.535*	0.640**	0.624*
	EDTA	0.689**	0.689**	0.740**	0.828**	0.740**	0.774**	0.740**	0.757**	0.740**	0.689**
	Water	0.490**	0.490**	0.689**	0.740**	0.672**	0.533*	0.706**	0.504	0.578*	0.578*
	Al-Abbas	0.109	0.176	0.903**	0.593*	0.336	0.397	0.608*	0.397	0.260	0.640**
	N. Carolina	0.029	0.032	0.360	0.518*	0.260	0.325	0.410	0.462	0.044	0.221

EDTA	Olsen	+	***	+	***	+	***	+	***	-	***	-	***
	Bray	+	***	+	***	+	***	+	***	+	***	+	***
	Resin												
	Water												
	Al-Abbas	+	*	+	*	+	*	+	*	+	*	+	*
	N. Carolina												
Water	Olsen												
	Bray												
	Resin												
	EDTA												
	Al-Abbas	+	***	+	*	+	*	+	*	+	*	+	*
	N. Carolina												
Al-Abbas	Olsen												
	Bray												
	Resin												
	EDTA												
	Water												
	N. Carolina												
N. Carolina	Olsen												
	Bray	+	*	+	*	+	*	+	*	+	*	+	*
	Resin												
	EDTA												
	Water												
	Al-Abbas												

* and ** stand for significance at 0.05 and 0.01 level, respectively.

土壤特性因子對於磷測定值間相關之影響：表 4. 中 R_4^2 與 R_2^2 值乃分別從迴歸方程式 IV 及 II 求得之，因而由 $R_4^2 - R_2^2$ 之差，經顯著性 F 值測定後，若達到顯著水準，則認為係受該特性因子的影響。至於其影響係屬正效應或負效應，則由斜率 (dP_1/dX_1) 決定之 (表 5)。

Olsen-P 從表 4 與 5. 顯示 Olsen-P₁ 與 Bray-P₂ 或 Bray-P₁ 與 Olsen-P₂ 所得 R_4^2 值與其 R_2^2 值比較時，無論參與本文所列任何土壤特性因子 (X) 之測定值，其 R_4^2 與 R_2^2 之差異均未達顯著水準，表示該兩種磷測定值的曲線關係極為接近。但 Olsen-P₁ 與其他磷測定值 (P₂) 間之關係，顯然因參與土壤特性因子如 pH 而獲得改善。例如 Olsen-P₁ 與 Resin-P₂ 或 EDTA-P₂ 之 R_2^2 值各為 0.548 及 0.384，而其 R_4^2 值則各為 0.922 及 0.723，顯然各較其 R_2^2 值為高 (表 5)，其中土壤 pH 係屬負效應；但 pH 對於 Olsen-P₁ 與 Al-Abbas-P₂ 間關係之改善則呈正效應，其原因可能由於 Olsen-P 乃用 0.5M NaHCO₃，pH 8.5 之抽取劑，其目的在控制 CaCO₃ 溶解積中 Ca⁺⁺ 的活性，在酸性之下，當碳酸根活性增強時，鈣與碳酸形成碳酸鈣沈澱，因而 Ca⁺⁺ 活性降低，又由於 Ca-P 溶解積的關係，使部分磷溶出。但在鹼性或中性下，由於部分 CaCO₃ 溶於碳酸中，使 Ca⁺⁺ 活性提高，而降低 Ca-P 的溶出，又在 pH 8.5 緩衝之下，使部分 Fe, Al 沈澱，而析出磷，換言之，在 pH 低的土壤，使用 NaHCO₃ 可促進部分 Ca-P 的溶出，在 pH 高的土壤則抑制 Ca-P 的溶出；而 Resin-P 乃與土壤溶液中磷及固相表面吸着磷發生交換取代作用，其與吸着磷存在多寡及吸着位置較有關係。EDTA-P 乃利用 EDTA 在酸性之下，與 Fe, Al 等金屬結合，而在鹼性之下，與 Ca Mg 等金屬結合而析出磷，且其作用隨 pH 提高而增強。Al-Abbas-P 乃用 NaOH-Na₂C₂O₄ 液，以抽取土壤中 Fe-P 及 Al-P 為主，而 Fe-P 與 Al-P 在 pH 高的土壤含量較低，在 pH 低的土壤則較豐，因此土壤 pH 對於 Olsen-P₁ 與 Resin-P₂ 或 EDTA-P₂ 之關係而言，呈負效應，而與 Al-Abbas-P₂ 則呈正效應。

Bray-P：由表 4. 與 5. 示參與土壤特性因子可改善 Bray-P₁ 與 Resin-P₂, EDTA-P₂ Water-P₂ 或 Al-Abbas-P₂ 間之關係，受土壤特性因子顯著影響者，有 pH、交換性鈣鎂、游離鐵及可抽出鋁等，其中 pH 對於 Bray-P₁ 與 Resin-P₂ 或 EDTA-P₂ 間關係之影響最大，且呈負效應，可能由於 Bray-P 乃用 0.3N NH₄F-0.025N HCl 抽取液，其目的在抽取土壤中 Al-P, Fe-P 及部分 Ca-P，由於所用鹽酸極為稀薄，易被 pH 高的鈣質土壤所中和，而難將 Ca-P 抽出，而 Resin-P 與 EDTA-P 如前述，則不受此影響。Bray-P₁ 與 Water-P₂ 間關係之改進，受交換性鎂的負效應影響最大，表示 Water-P 之來源與交換性鎂有關，而 Bray-P 則否。Bray-P₁ 與 Al-Abbas-P₂ 間之關係受可抽出鋁的負效應影響甚大，兩者間磷測定值的差異可能由於 Bray-P 用 0.03N NH₄F 酸性溶液以抽取土壤中 Al-P 與 Fe-P 而 Al-Abbas-P 則用 0.3N NaOH 鹼性溶液抽取之，此外，前者土壤與溶液的接觸時間為 40 秒，而後者則達 5 分鐘，並在溶液中加入 0.5N Na₂C₂O₄ 以減少磷的再吸着，因而鋁對於磷的吸着在 Bray 抽取液中較在 Al-Abbas 中為強。

Resin-P：從表 4. 與 5. 可知 Resin-P₁ 與其他各法所得磷測定值 (P₂) 間之關係，亦可因參與土壤特性因子而獲得改善，受特性因子顯著影響者有 pH, Clay, Exch. Ca, Mg, 以及 Fe, Al 等，其中值得注意者為粘土對於 Resin-P₁ 與 Olsen-P₂, Bray-P₂, EDTA-P₂, Water-P₂, 或 Al-Abbas-P₂ 等關係間均呈正效應，換言之 Resin 對於粘土表面吸着磷的取代較其他化學藥劑為強，但粘土對於 Resin-P₁ 與 N. Carolina-P₂ 關係時，則呈負效應，可能由於 N. Carolina-P 乃用酸性混合液 (HCl-H₂SO₄) 以抽取土壤中 Ca-P 為主，此可由 N. Carolina-P 與 Exch. Ca 所得 R_3^2 值為 0.325* 達到顯著水準顯示之。朱文光與張守敬兩氏⁽⁵⁾ 認為 Ca-P 多吸着於土壤較粗粒部分，因而減低接觸面，不易為 Resin 所取代。

EDTA-P：從表 4. 與 5. 示 EDTA-P₁ 與 Olsen-P₂, Bray-P₂ 或 Al-Abbas-P₂ 之關係，可因參與土壤特性因子如 pH, Clay, Exch. Ca 及 Al 而獲得改善。其中 Al 均呈負效應，意即 EDTA-P₁ 與 Olsen-P₂ 或 Bray-P₂, Al-Abbas-P₂ 間之差異，主因 Al 對於磷的吸着在 EDTA 法中較在

Olsen, Bray或 Al-Abbas 法中為強所致。EDTA-P₁與 Resin-P₂ 間原有較密切關係，即使參與土壤特性因子分析後，其 R₄² 值雖有提高，但與 R₂² 值比較時，差異不明顯，意即 EDTA-P 與 Resin-P 甚為接近。又 EDTA-P₁ 與 N. Carolina-P₂ 間原無明顯關係，但經參與 Exch. Ca 分析後，所得 R₄² 值則達到顯著平準。

Water-P：表4.與5.示Water-P₁與Olsen-P₂, Bray-P₂, Resin-P₂, EDTA-P₂ 或Al-Abbas-P₂ 均有相當的關係，但前四者間不因參與特性因子分析而改進其關係，而後者 Water-P₁與Al-Abbas-P₂ 之關係則因參與 pH, Clay 或 Al 分析後，所得 R₄² 值顯然較其 R₂² 值為高，其中 pH或 Clay 為正效應，而 Al 則為負效應。

Al-Abbas-P：表4.與5.示 Al-Abbas-P₁ 與 Olsen-P₂或 Bray-P₂之R₂² 值均達到顯著平準，其與 Resin-P₂, EDTA-P₂ 或 Water-P₂ 間之關係多不明顯，但經參與土壤特性因子如 pH或 Al 後，其 R₄² 值顯然較其 R₂² 值為高，其中 pH 為負效應，而 Al 為正效應，意即 Al 對於磷的吸着在 Al-Abbas 法所用強鹼性 NaOH 液中較其他方法者為弱。

N. Carolina-P：表4.與5.示 N. Carolina-P₁ 與其他 6 種磷測定值 (P₂) 間所得 R₂² 值均未達顯著平準，其中僅 N. Carolina-P₁ 與 Bray-P₂ 或與 EDTA-P₂ 間之關係，可因土壤 pH, Fe 或 Ca 之參與而改善其關係。

綜上而言，本文所用 7 種磷測定法中，除 N. Carolina 方法外，所得磷測定值間之關係，經採用迴歸方程式 IV，參與土壤特性因子分析後，均可獲得改善，換言之，各法磷測定值間之差異主受土壤特性因子的影響，若考慮土壤特性因子在內，則以上各種磷測定值對於檢定土壤中含磷狀況均具有同等功效。

過去本省舉辦土壤磷速測田間校正時，多未注意土型 (soil type) 或土壤特性，僅列單獨磷測定值估計作物磷肥需要量，因而其相關程度往往不高，就本文結果顯示磷測定值受土壤特性因子的影響甚大，尤其 pH、粘土、交換性鈣及可抽出鋁等，因而推測今後對於磷速測值的校正公式中，除磷速測值外，尚應包括影響作物磷吸取的其他特性因子，藉可提高磷速測的可靠性。

參考文獻

1. Al-Abbas, A. H., & Baber, S. A. 1964. A soil test for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28 (2) : 218-224.
2. Alexander, T. G., & Robertson, J. A. 1972. EDTA extractable phosphorus in relation to available and inorganic phosphorus forms in soil. *Soil Sci.* 114 (1) : 69-71.
3. Bingham, F. T. 1962. Chemical soil tests for available phosphorus. *Soil Sci.* 94 (1) : 87-95.
4. Black, C. A. (Ed.) 1965. *Methods of soil analysis, Part 2, Agronomy 9, American Society of Agronomy.*
5. Chu, W. K., & Chang, S. C. 1966. Surface activity of inorganic soil phosphorus. *Soil Sci.* 101 (6) : 459-464.
6. Colwell, J. D., & Donnelly, J. D. 1970. Effects of soil composition on the relationships between soil test values for phosphorus fertilizer requirements. *Aust. J. Soil Res.* 9 : 43-54.
7. Hislop, J., and Cooke, I. J. 1968. Anion exchange resin as a means for assessing soil phosphorus status. *Soil Sci.* 105 (1) : 8-11.
8. Paauw, F. van Der. 1971. An effective water extraction method for the determination of plant available soil phosphorus. *Plant and Soils.* 34 : 467-481.
9. Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. 1975. *Biometry (3rd Ed.)* Reprinted by Mei-Ya Publication Inc., Taipei, Taiwan.
10. 林家榮、張愛華、吳懷國 1977、中部土壤所含磷形態與稻谷收量與磷吸取量之關係 *中華農業研究* 26卷1期，臺灣省農業試驗所。

EFFECTS OF SOIL COMPOSITION ON THE RELATIONSHIPS BETWEEN SOIL TEST VALUES FOR PHOSPHORUS FERTILIZER REQUIREMENTS

C. F. Lin, A. H. Chang, and W. K. Wu

Summary

The purpose of this paper was to find out the effects of soil composition on the relationships between soil test values obtained by different procedures. Twenty soil samples including four categories covered a wide ranges in soil composition were taken in Central Taiwan where field trials were to be conducted. Soil P-test methods including Olsen, Bray, anion exchange resin, EDTA, water extract, Al-Abbas & Baber, and North Carolina, were selected to cover a wide range of testing procedures.

The results indicated that the correlation between the P-test values obtained by various procedures were found to be improved by allowing for the effects of soil composition, particularly with respect to pH, clay, exchangeable Ca and extractable Al. The high correlations thus obtained suggest that most of the P-test procedures will be of about equal of variation in soil composition. They also suggest that P test calibration equation should not only include the actual P-test value but also the variables representing soil factors which affecting the solubility of soil phosphorus and P-uptake of the crop.