

韓國土壤의 有效磷酸量 檢定을 위한 化學的 方法에 대한 研究

林善旭 · 鄭鍾培 · 史東珉

서울대학교 農科大學 農化學科
(1986년 3월 5일 수리)

A Comparative Study on the Chemical Methods for the Determination of Available Phosphorus in Korean Soils

Sun-Uk Lim, Jong-Bae Chung and Tong-Min Sa

Dept. of Agricultural Chemistry, College of Agriculture
Seoul National University, Suwon, Korea

Abstract

At present, the definition and chemical analysis method of available soil phosphorus for plants have not been standardized because of the complexity of crop and soil characteristics in Korea and many analysis methods have been suggested with different extraction conditions. Suitable analytical method of available soil P should be established by the trial of various methods based on crop nutrition and soil conditions. To establish the most suitable analysis method of available soil P, a pot experiment with young maize was conducted over 44 different upland soils collected over the land of Korea. The amount of uptaken P by the plant was determined by ten different chemical methods for the available soil P.

The results obtained were as follows:

1. Total phosphorus content in the sample soils ranged 533~4917 ppm, and showed significant positive correlation with the content of organic matter.
2. The P content was relatively low in the acid sulfate soil and very high in the volcanic ash soil although both types of soil contained high level of organic matter.
3. The amount of extractable P determined by ten different methods were varied more or less, and the ratios of the extractable P to the total soil P were in the range of 1~48%.
4. The relative values to the amount of extractable soil P by different methods were in the order of

* 본 연구는 1984年度 學術研究 造成費(大學院 重點育成支援)에 의하여 遂行된 것이므로 이에 謝意를 表합니다.

H ₂ O(5 min.)	< H ₂ O(60 min.)	< NH ₄ HCO ₃	< NaHCO ₃	< Double lactate
1.0	2.27	5.57	7.42	9.71
< Bray No. 1 < Lancaster < Nelson < AcOH < CAL-method.				
12.53	17.63	25.96	27.6	50.27

5. The amount of extractable P determined by all of applied methods was very low in acid sulfate soil, volcanic ash soil and coarse textured soil.

6. Soil pH and total soil P generally showed significant positive correlation with the chemically extracted P, and soil organic matter was negatively correlated with the determined by Nelson-and CAL-method. Olsen method which showed significant correlation with exchangeable calcium seemed to be recommendable for calcareous soils.

7. Total amount of uptaken P by young maize through continous twice cropping was 4.05% of total soil P in average, and the uptake in the second cropping was twice as much as that of the first cropping.

8. Three determination methods, i.e. Soltanpour-, Double lactate-, and Bray No. 1-method seemed to be more suitable than Lancaster method which is widely practiced at present in Korea. However, further study should be carried out with other crops and soils to most adequate chemical method for determination of available soil P.

緒 言

作物에게 必須 多量營養素로 要求되는 磷酸은 每年 每作期에 相當量을 肥料로서 供給하나 肥料中 可溶性 磷酸가운데 실제로 作物에게 吸收, 利用되는 部分의 比率은 매우 낮으며 殘餘分은 비교적 容易하게 土壤成分과 結合 또는 吸着되어 不可給態로 된다.

不可給態로 된 磷酸은 土壤條件의 變化에 따라 有機態 및 各種 無機態 磷酸의 一部가 脫着, 變換 또는 分解되어 作物根이 吸收할 수 있는 有效한 形態로 變換되는 것이나 그 供給力을 定量的으로 正確하고 빠르게 把握하는 일은 매우 어렵고 不確定的인 것이므로 때로는 強度要因과 容量要因 또는 養分의 緩衝力등의 表現으로 有效磷酸의 供給可能性과 形態를 規定하게 된다.^{11,19)}

어느 土壤의 可給態 磷酸量을 어느 時點에서 定量的으로 把握할 수 있다면 이는 施肥量을 決定함에 있어서나 그 土地의 肥沃度 및 環境化學的인 評價를 위하여 매우 有用한 資料가 되는 것이다. 化學的인 方法으로 土壤의 有效磷酸을 定量하려는 考案은 最初近一世紀前(1894 Dyer)⁹⁾에 發表되었으나 그동안 現在에 이르기까지 많은 發展과 改良에 의하여 多數의 方法이 提案되어 있으며 各方

의 適用性和 正確性에는 差異가 있으므로 實用에는 어느 한 方法을 共通의으로 採擇하지는 못하고 있다. 그러므로 現在에는 나라에 따라 또는 機關이나 個人 그리고 土壤條件의 差異에 따라 다른 方法이 適用되고 있다.

各 方法間의 根本的 差異는 “有效磷酸”의 規定과 土壤條件의 영향 그리고 抽出條件에 있다고 말할 수 있다.

韓國에서만도 土壤의 有效磷酸 定量方法이 時代에 따라 變遷하였으며 現在에도 統一된 公用方法이 確定되어 있지 못하다. 畚 또는 田土壤의 磷酸의 形態나 有效磷酸 分析方法을 比較檢討한 것으로는 吳 등^{7,8)}, 尹 등⁹⁾에 의하여 發表된 바 있으나 試驗된 方法의 種類와 供試土壤의 種類가 少數에 不遇하였으며 그 結果가 活用되지 못하는 實情이다.

本 研究은 이미 提案된 土壤의 有效磷酸 定量方法 가운데 10種의 化學的인 方法을 全國 多數 地域(44個所)의 田土壤에 대하여 檢討하였으며 한편 田作物로서 옥수수를 連續 栽培하여 吸收磷酸을 分析하는 生物檢定法으로 얻은 結果를 土壤分析 結果와 對照檢討하여 田土壤의 有效磷酸 定量을 위한 가장 適合하고 實用的인 方法을 確立하기 위하여 追究하였으며 그 結果를 이에 報告한다.

Table 1. Some properties of the soils before experiment

Sample(No.)		pH (1:5.KCl)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (total) (ppm)	CEC (me/ 100g)	Ca-ex (me/ 100g)	Mg-ex (me/ 100g)	K-ex (me/ 100g)	Texture
1. <i>Chack Chun</i>	작천	5.6	2.38	3,200	5.64	4.76	0.62	0.26	L
2. <i>Kim Hae</i>	김해	3.6	7.72	1,467	12.16	1.76	1.16	0.44	SiL
3. <i>Hab Duck</i>	합덕	4.9	0.67	683	2.52	1.76	0.50	0.26	SL
4. <i>Sa Chun</i>	사천	4.5	2.55	2,817	5.41	4.26	0.79	0.36	CL
5. <i>Bo Un</i>	보은	4.9	2.28	2,133	3.21	2.76	0.02	0.44	L
6. <i>Kuang Ju</i>	광주	6.5	1.52	1,567	10.58	8.00	2.37	0.21	CL
7. <i>Ko Ryong</i>	고령	5.4	1.45	1,317	4.28	3.50	0.50	0.28	LS
8. <i>I Ri</i>	이리	5.9	3.46	3,650	11.11	8.40	0.79	1.92	LS
9. <i>An Dong</i>	안동	4.5	0.65	1,650	3.32	2.74	0.37	0.21	FiLS
10. <i>Chung Ju</i>	청주	4.9	1.41	2,050	2.78	2.00	0.20	0.36	LS
11. <i>Chung Ju</i>	청주	5.3	1.29	1,650	3.65	3.00	0.25	0.18	SL
12. <i>Kim Hae</i>	김해	4.3	3.46	1,117	2.77	1.76	0.75	0.26	SiL
13. <i>Sa Chun</i>	사천	4.2	1.59	1,333	4.10	3.26	0.58	0.26	CL
14. <i>Chang Ryong</i>	창령	4.9	1.84	2,367	13.05	10.00	2.25	0.36	SiCL
15. <i>Kum San</i>	금산	4.7	3.29	2,899	4.31	3.26	0.50	0.33	L
16. <i>Bu An</i>	부안	4.5	1.44	1,600	12.06	9.26	2.13	0.23	L
17. <i>An Dong</i>	안동	4.9	0.25	3,417	5.95	5.40	0.45	0.10	S
18. <i>Bal An</i>	발안	4.3	1.57	1,333	4.32	3.00	0.50	0.38	CL
19. <i>Hab Duck</i>	합덕	5.5	0.67	533	4.20	3.26	0.79	0.15	CL
20. <i>Ko Hung</i>	고흥	5.9	4.97	4,399	7.53	5.50	0.75	1.28	CL
21. <i>I Chun</i>	이천	4.9	1.34	1,199	3.05	2.50	0.29	0.26	SL
22. <i>Bu An</i>	부안	5.9	0.49	533	3.37	2.50	0.54	0.33	L
23. <i>Ko Hung</i>	고흥	4.3	2.06	2,350	4.55	2.68	0.41	0.36	L
24. <i>Che Ju</i>	제주	4.6	23.17	4,917	9.83	2.00	0.54	1.35	SiL
25. <i>Kim Chun</i>	김천	6.6	2.32	3,517	4.54	3.76	0.50	0.28	LS
26. <i>Won Ju</i>	원주	4.6	1.70	1,133	4.85	4.00	0.45	0.18	CL
27. <i>Keu Chang</i>	거창	4.1	2.79	1,067	4.75	2.50	0.33	0.38	CL
28. <i>Won Ju</i>	원주	4.5	1.63	1,133	4.23	3.50	0.58	0.15	CL
29. <i>Kong Ju</i>	공주	5.1	0.74	1,583	3.13	2.50	0.25	0.38	SL
30. <i>Seu San</i>	서산	4.3	2.99	2,783	3.83	2.68	0.38	0.77	SiCL
31. <i>Chung Up</i>	청읍	5.4	1.88	1,433	3.59	3.00	0.33	0.26	LS
32. <i>Chung Ju</i>	충주	6.1	1.95	2,550	5.21	4.26	0.33	0.62	SiL
33. <i>Ham Pyong</i>	함평	5.9	1.98	2,300	14.02	11.00	2.38	0.64	SL
34. <i>Chun Ju</i>	전주	5.1	0.87	750	4.72	3.76	0.79	0.17	L
35. <i>Nam Won</i>	남원	6.0	2.22	1,817	8.90	3.26	0.41	0.23	S
36. <i>Chae Chun</i>	제천	6.2	3.32	3,217	2.43	1.72	0.33	0.38	L
37. <i>Kim Hae</i>	김해	3.8	4.48	1,333	8.90	1.50	0.95	0.51	SiL
38. <i>Kang Rung</i>	강릉	5.0	0.63	833	5.33	4.00	1.16	0.17	SL
39. <i>Kim Hae</i>	김해	5.7	1.24	816	3.67	3.00	0.42	0.25	LS
40. <i>Su Won</i>	수원	6.5	2.62	3,433	7.67	6.50	0.65	0.54	SiL
41. <i>Choung Ju</i>	청주	5.8	2.24	1,717	5.64	5.00	0.54	0.10	L
42. <i>Ham Pyong</i>	함평	5.6	2.02	2,133	3.47	2.76	0.54	0.17	CoLS
43. <i>Kuang Ju</i>	광주	6.4	1.46	1,299	8.21	6.76	1.30	0.15	L
44. <i>Chun Chon</i>	춘천	5.1	1.70	1,967	2.52	1.76	0.41	0.13	VFISL

材料 및 方法

結果 및 考察

本 試驗에 使用된 土壤은 全國 44 個地域의 田 土壤을 어느 特定한 性質에 基準을 두지 않고 任意의 것을 蒐集하였으며 分析結果, 生成의 類型土 性 그리고 化學的인 性質등에 廣範圍의 差異를 보 였다. 但, 알카리성 田土壤은 供試되지 않았다.

供試土壤의 分析結果를 綜合하면 表 1 과 같다.

分析方法是 一般的인 化學性質은 常法에 準하 였으며,^{1,5,15)} 全磷酸은 過鹽素酸分解法¹²⁾으로 실 시하였다.

有效磷酸의 分析方法으로는 提案된 많은 方法 가운데 抽出劑와 抽出條件이 다른 10가지 方法을 採用하였으며^{1,5,10,13,14,15,16)} 그 內容을 綜合하면 表 2 와 같다.

植物에 의한 磷酸吸收量의 調査는 옥수수(品種, 水原 19號)를 pot 栽培하여 (pot當 3.0kg의 2.0mm 篩別土壤에 7本の 7日苗 移植, 窒素와 카리 基準 施肥) 6週後에 뿌리를 포함한 全植物體를 乾燥粉 碎하여 分析試料로 하였으며 植物體 全磷酸의 分 析方法是 酸分解法¹⁰⁾으로 실시하였다.

植物의 栽培는 한 土壤試料에 대하여 같은 方 法으로 連續 2回 거듭하여 습한 것을 酸磷 全吸 收量으로 計算하였다.

供試土壤의 土性 및 化學的 性質은 表 1에 提 示된 바와 같이 地域에 따라 多少의 差異가 있었 으며 多數의 普通田이외에 特異酸性土(金海)와 火 山灰土가 포함되었다. 이 特殊類型의 土壤이 갖는 性質로서는 pH와 有機物 含量의 큰 差異가 指摘 되며 전체적으로 陽이온 交換容量이 매우 낮았다.

土壤全磷酸의 量은 533ppm 으로부터 4,917ppm 까지 매우 幅넓은 差異를 보였으며 全體의으로는 有機物含量과 有意性 있는 正의 相關關係를 가지 므로 有機物의 增加는 有機態磷의 增加를 가져오 고 또 한편 많은 有機態磷의 實存을 示唆한다고 볼 수 있다.

土壤有機物 含量(X)과 土壤全磷酸量(Y)과의 相 關關係는 다음 式과 같다.

$$Y=160.7317X+1566.9278 \quad (r=0.5307^{**})$$

兩者關係에 있어서 特記할만한 것은 特異酸性土 와 火山灰土이다. 特異酸性土는 有機物의 含量이 比較的 높으면서(2.6%~7.7%) 全磷酸量은 낮은 편(816~1,467ppm)이었으며 火山灰土에서는 높은 有機物 含量(23.17%)과 높은 磷酸量(4,917ppm) 의 關係를 보였다.

10가지 相異한 方法으로 土壤으로부터 抽出, 測 定한 磷酸量은 表 3 과 같다.

Table 2. Extraction conditions of the various determination methods for available P in soil

Serial No.	Analytical method	Extractant	Ratio	Time	Wave length(nm)
1	Bray No.1	0.03N NH ₄ F + 0.025N HCl(pH 2.5~2.6)	1 : 7	1min	660
2	Nelson	0.05N HCl + 0.025N H ₂ SO ₄	1 : 4	5min	460
3	Burd(modif)	H ₂ O	1 : 10	5min	882
4	Olsen	0.5M NaHCO ₃ (pH 8.5)	1 : 20	30min	882
5	Soltanpour	1M NH ₄ HCO ₃ + 0.005M* DTPA(pH 7.6)	1 : 2	15min	880
6	Lancaster	2% AcOH + 15% lactic acid + 0.111% NH ₄ F + 0.667% (NH ₄) ₂ SO ₄ + 0.85% NaOH(pH 4.2)	1 : 4	10min	525
7	Double lactate (DL-method)	0.02N lactic acid + 0.01N HCl(pH 3.2)	1 : 50	90min	660
8	Willams(modifo)	2.5% AcOH	1 : 100	120min	660
9	Paauw	H ₂ O	1 : 24	60min (moist 22hrs)	882
10	Schiiller (CAL-method)	0.1N Ca-lactate + 0.1N Ca-Ac + 0.3M AcOH(pH 4.1)	1 : 20	120min	406

* DTPA : Diethylene triamine pentaacetic acid

Table 3. P extracted by different methods

Soil sample	Method	Extractable-P ₂ O ₅ (ppm)									
		A1:	A2:	A3:	A4:	A5:	A6:	A7:	A8:	A9:	A10:
1		161	746	13.5	94	50	195	176	1,140	30	1,025
2		0	38	0.5	18	4	10	0	3	1	65
3		26	502	0.3	16	10	49	32	47	6	328
4		627	716	36.5	290	184	810	327	1,037	90	1,270
5		312	592	21.5	218	186	504	201	562	42	1,230
6		186	644	13.2	140	76	239	232	595	43	760
7		144	708	33.5	150	120	350	194	427	63	850
8		779	698	50.5	366	264	1,212	429	240	121	2,030
9		66	494	3.8	40	30	96	33	415	9	515
10		501	612	39.0	250	260	896	335	847	81	1,460
11		390	694	35.5	200	180	612	298	667	68	1,015
12		18	232	0.3	22	8	36	14	59	0	190
13		168	462	6.7	76	28	212	101	180	29	960
14		233	706	35.0	242	102	360	292	1,049	82	1,540
15		578	719	41.0	245	149	480	224	693	76	1,350
16		224	644	43.0	246	168	456	208	471	78	1,230
17		43	716	5.0	24	18	45	49	1,701	12	710
18		19	260	0.2	23	4	22	0	9	3	820
19		15	290	0.3	19	9	18	0	15	3	450
20		799	738	109.0	436	312	1,108	477	2,376	212	2,200
21		554	698	23.0	180	107	418	253	581	48	1,020
22		70	400	0.3	62	29	104	65	121	3	288
23		210	392	19.0	176	91	286	132	299	39	860
24		15	116	0.3	14	8	30	0	27	3	200
25		599	746	45.5	308	266	744	615	229	101	1,990
26		54	372	1.0	40	17	67	31	148	8	904
27		81	288	0.3	38	9	89	26	95	4	890
28		75	396	2.0	60	22	90	53	196	10	420
29		354	659	17.5	157	138	391	214	563	58	1,350
30		340	556	9.5	211	65	387	188	439	28	870
31		182	612	15.0	152	132	318	178	379	39	734
32		452	734	46.0	256	293	504	434	1,031	95	1,800
33		358	685	41.3	260	270	680	482	966	77	1,350
34		63	536	2.8	56	28	72	44	127	11	379
35		578	716	94.0	288	304	860	521	1,508	142	1,110
36		487	734	41.3	310	298	712	562	1,443	80	1,640
37		7	86	0.0	6	5	14	0	3	0	45
38		29	474	0.0	20	9	39	19	160	4	569
39		116	608	6.0	86	75	147	111	219	20	418
40		576	716	37.7	474	392	914	557	2,062	112	1,200
41		166	536	8.6	146	78	194	183	450	32	210
42		414	722	27.5	222	268	648	345	981	85	2,000
43		146	448	9.5	135	44	230	236	498	42	658
44		441	705	7.0	131	73	500	163	593	29	1,130

이 分析結果를 綜合概觀하면 土壤間의 差異와 分析方法間의 差異가 僅少한 것이 있는 反面에 懸隔한 것을 볼 수 있었다.

土壤間의 差異는 特異酸性土, 火山灰土 및 거친 土性의 것은 어느 方法으로도 모두 낮은 편이었으며 特異酸性土와 砂質土는 本來 全磷酸量도 적었으나 火山灰土는 全磷酸量이 높았음에도 抽出性 즉 有效磷酸量이 매우 낮은 狀態임을 示唆한다. 한편 이 結果는 抽出劑의 選擇을 고려할 수 있으나 植物에 의한 吸收量도 다른 土壤에 比하여 낮았으므로 有效磷酸量이 낮은 것으로 解析되며 採用한 分析方法中에서는 Nelson 法(HCl-H₂SO₄ 抽出)과 CAL法(Ca-lactate, Ca-Acetate, AcOH)에 의한 것이 다른 方法보다 抽出量이 높았다.

火山灰土의 insan 利用力에 관하여는 牧草에 대하여 研究된 바 있으나⁹⁾ 그 報告에서도 適合한 分析方法을 提示하지는 않았다.

各種 方法에 의하여 抽出된 磷酸의 量과 몇 가지 土壤의 性質과의 相互關係를 分析한 結果는 表 4와 같다.

檢討된 土壤의 性質로서는 全磷酸量, 交換性 Ca, -Mg 및 -K, 陽이온 交換容量, pH 그리고 有機物 含量 등이었다. 이 가운데 pH와 全磷酸量이 거의 모든 抽出方法의 結果와 高度의 有意性 있는 正의 相關을 보이므로 抽出性 磷酸의 pool 이 되는 全磷酸量이 많을수록 그리고 높은 pH일수록 어느 方法으로나 抽出되는 즉 有效磷酸의 量이 增加하는 傾向이었으나 여기에서 磷酸形態의 分割分布를 檢討하지는 않았다. 한편 CEC, 有機物 含量, Mg 量과 抽出되는 磷酸量과는 有意性있는 相關을 보

이지 않았으며 다만 有機物含量이 Nelson 法과 CAL法에서 負의 相關을 보이므로 有機物에는 非抽出性 磷酸이 含有되며 有機物의 증가는 有機物의 量을 減少시키는 것으로 解析된다.

交換性 Ca量과는 4 가지 方法에서 有意성이 認定되었으며 특히 抽出液의 pH가 높은 Olsen法이 Ca과 相關이 있어 이 方法이 交換性 Ca이 많은 土壤에 適用될 수 있을 것으로 생각되며 本來 이 方法이 石灰質 및 알칼리土壤의 有效磷酸을 測定하기 위한 것이므로¹²⁾ 韓國土壤에서도 交換性 Ca이 많은 土壤에는 이 方法이 有用한 듯하다.

交換性 K과는 Bray-Nol, Olsen 法 및 Lancaster 法에서 抽出性 磷酸과의 사이에 有意성이 認定되었으나 실제로 適用하는데에는 어떤 基準이 되지는 못할듯 하다.

本 試驗에 採用된 10가지 方法의 結果에 대하여 相互關係를 檢討한 結果는 表 5와 같다. 各 方法 相互間에는 어느 경우에나 高度의 有意성이 認定되므로 抽出測定되는 磷酸의 絕對量에는 多少의 差異가 있으나 土壤別 抽出되는 磷酸의 形態와 傾向에는 一貫성이 있음을 示唆한다고 볼 수 있다. 그러나 이 結果는 土壤別 適正方法의 選定에는 어떤 基準이 되지는 못할듯하다.

各 方法으로 抽出된 磷酸量을 全磷酸量에 對比하여 平均 抽出率을 算出하고 또 한편 그 率이 가장 낮은 方法(물로 抽出)을 基準으로하여 各 方法에 대한 平均 相對値는 表 6과 같다.

이 結果에서 보면 平均 抽出率은 1.09%에서 부터 48%까지의 넓은 範圍이며 變形된 double lactate法인 CAL-法에 의한 것이 가장 높았다.

Table 4. Correlation coefficients between extractable soil P and soil properties

Soil property Method	T-P	Ca	Mg	K	C·E·C	pH	OM
A ₁	0.5696**	N·S	0.1200	0.4125*	N·S	0.4447*	N·S
A ₂	0.3502	0.3874*	N·S	N·S	N·S	0.6037**	-0.4150*
A ₃	0.5150**	0.3301	N·S	0.3726	N·S	0.4547*	N·S
A ₄	0.5865**	0.4159*	N·S	0.3928*	N·S	0.5367**	N·S
A ₅	0.5206**	N·S	N·S	0.3200	N·S	0.5899**	N·S
A ₆	0.5623**	0.3090	N·S	0.4570*	N·S	0.4848**	N·S
A ₇	0.5398**	0.3812*	N·S	N·S	N·S	0.6867**	N·S
A ₈	0.5817**	0.3308	N·S	N·S	N·S	0.4619*	N·S
A ₉	0.5647**	0.3967*	N·S	0.4087	N·S	0.5253**	N·S
A ₁₀	0.3885*	0.3305	N·S	0.2666	N·S	0.5245**	-0.2385

Table 5. Correlation coefficients between determination methods of extractable P

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀
A ₁										
A ₂	0.7067**									
A ₃	0.8229**	0.6248**								
A ₄	0.9088**	0.7063**	0.8473**							
A ₅	0.8540**	0.6833**	0.8408**	0.9303**						
A ₆	0.7483**	0.6824**	0.8557**	0.9387**	0.9190**					
A ₇	0.8604**	0.7306**	0.8251**	0.9224**	0.9410**	0.8922**				
A ₈	0.6160**	0.6656**	0.7096**	0.7015**	0.6952**	0.6367**	0.6809**			
A ₉	0.8822**	0.6828**	0.9667**	0.9212**	0.8888**	0.9141**	0.8791**	0.7379**		
A ₁₀	0.7229**	0.7517**	0.6922**	0.7362**	0.7339**	0.7521**	0.7427**	0.4959**	0.7714**	

Table 6. Comparison of the determination results of extractable P by various methods

Method	A1:	A2:	A3:	A4:	A5:	A6:	A7:	A8:	A9:	A10:
P ext/Pt(%)	13.40	27.76	1.09	7.93	6.01	18.07	10.38	29.49	2.44	48.0
Relative value	12.53	25.96	1.00	7.42	5.57	17.63	9.71	27.6	2.27	50.27

Pt : total P.

따라서 方法間의 相對值도 1:50까지의 넓은 幅이므로 抽出條件에 따라서 抽出되는 磷酸量에 큰 差異가 있음을 確認할 수 있었다. 여기에서 各方法別 抽出되는 磷酸의 形態分布는 檢討되지 않았다.

옥수수 的 pot 栽培를 통한 磷酸吸收量을 2回 連續으로 栽培한 植物體를 分析한 結果는 表 7과 같다. 옥수수의 生育相에 土壤別 差異가 있었으나 pot 當 植物에 의한 磷酸吸收量은 土壤의 全磷酸量에 대한 比率로 보아 全體 平均 4.05% 로서

매우 낮았으며 이는 실제로 土壤中 植物이 吸收할 수 있는 磷酸量의 範圍가 낮음을 뜻한다고 볼 수 있으며 土壤에 따라서는 缺乏으로 인한 異象으로 보이는 現狀도 나타났다. 그러나 이 結果만으로 土壤中 有效磷酸量의 足, 不足을 다른 要因의 影響을 고려하지 않고는 完全히 判定할 수는 없을 것이나 全般的인 傾向을 理解하는데 參考資料가 될 것이다. 또 한편 1次 栽培보다 2次 栽培에 의한 吸收量이 全體 平均率로 比較하면 2培 이상 많

Table 7. P uptaken by plant through continuous cropping and their ratio to total P of pot soil

Soil sample No.	P-plant (P ₂ O ₅ ·mg)/pot			P-plant/P-total soil (%)
	1 st. (cropping)	2 nd. (cropping)	Sum	
1	42.9	167.9	210.8	2.19
4	83.0	309.1	392.1	4.64
5	101.7	90.0	199.7	3.12
7	163.3	156.6	319.9	8.09
9	21.5	41.4	62.9	1.27
10	117.9	133.1	251.0	4.08
11	124.2	202.0	326.2	6.58
13	53.4	10.8	64.2	1.61
14	137.4	314.1	451.5	6.36
15	73.0	227.3	300.3	3.45
17	36.2	59.2	95.4	0.93

20	198.0	468.2	666.2	5.04
23	43.2	156.2	199.4	2.83
24	17.1	9.5	26.6	0.54
25	55.9	335.2	391.1	3.71
26	35.6	54.8	90.4	2.66
28	43.9	67.0	110.9	3.26
29	69.9	187.1	257.0	5.41
30	41.4	220.5	261.9	3.13
35	182.4	309.6	492.0	9.03
36	108.0	235.7	343.7	3.56
38	23.1	43.4	66.5	2.66
39	40.7	46.8	87.5	3.57
40	208.8	452.0	660.8	6.42
41	92.1	151.2	243.3	4.72
43	64.8	217.0	281.8	7.23
44	73.0	127.0	200.0	3.39
mean	83.4	183.87	267.27	4.05

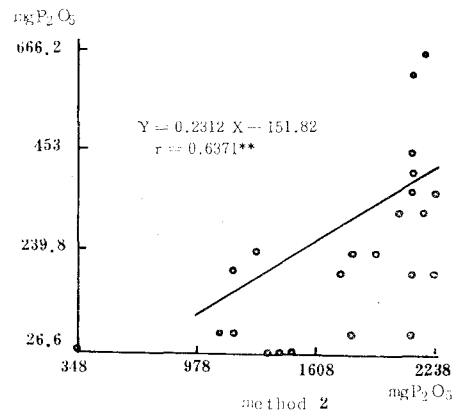
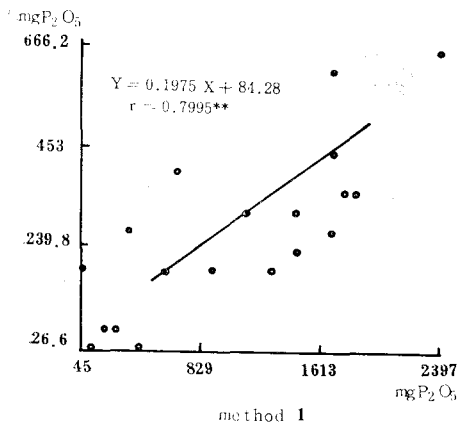
았으며 이는 連續栽培에 의한 不可給態 磷酸의 有效化에 의한 것으로 解釋된다.^{14,17)}

植物에 의한 吸收 磷酸 量의 土壤全 磷酸에 대한 比率을 基準으로하여 土壤의 有效 磷酸 量의 測定을 위한 各種 化學分析 方法에 의한 結果와를 對照, 檢討하여 보면 물로 抽出하는 2가지 方法(方法 2,9)에 의하여는 植物이 실제로 吸收한 量보다 낮게 測定되었으며 方法 10(CAL-方法)에 의하여는 10배가 넘는 結果이었으며 實際適用에는 合當하지 않을 듯 하다. 나머지 다른 方法 가운데 비교적 近似한 測定值를 얻은 것은 方法 5(NH₄HCO₃ 抽出)와 4(NaHCO₃ 抽出)이었으며 그 다음 若干의 餘裕있는 測定을 위하여는 方法 7(Double la-

ctate 法)과 方法 1(Bray No. 1)에 의한 것이나 土壤의 有效 磷酸 測定을 위한 最適 方法의 選定은 土壤의 特性을 考慮하는 한편 作物種의 磷酸要求 性을 어느 程度 區分하여 確定할 問題로 생각된다.

한편 植物(옥수수)이 吸收한 磷酸 量과 10가지 相異한 方法으로 抽出하여 有效 磷酸으로 推定한 量과의 相互關係를 分析하면 Fig. 1 과 같다. 이 結果로는 兩者間의 相關이 全方法에서 高度의 有意性이 認定되었다. 즉 各方法으로 抽出되는 磷酸 量에는 方法間 多少의 差異가 있었으나 옥수수 全植物體가 吸收한 量과는 正의 相關이 成立함을 알 수 있었다.

本 試驗의 現在까지의 結果로는 提案된 多數의



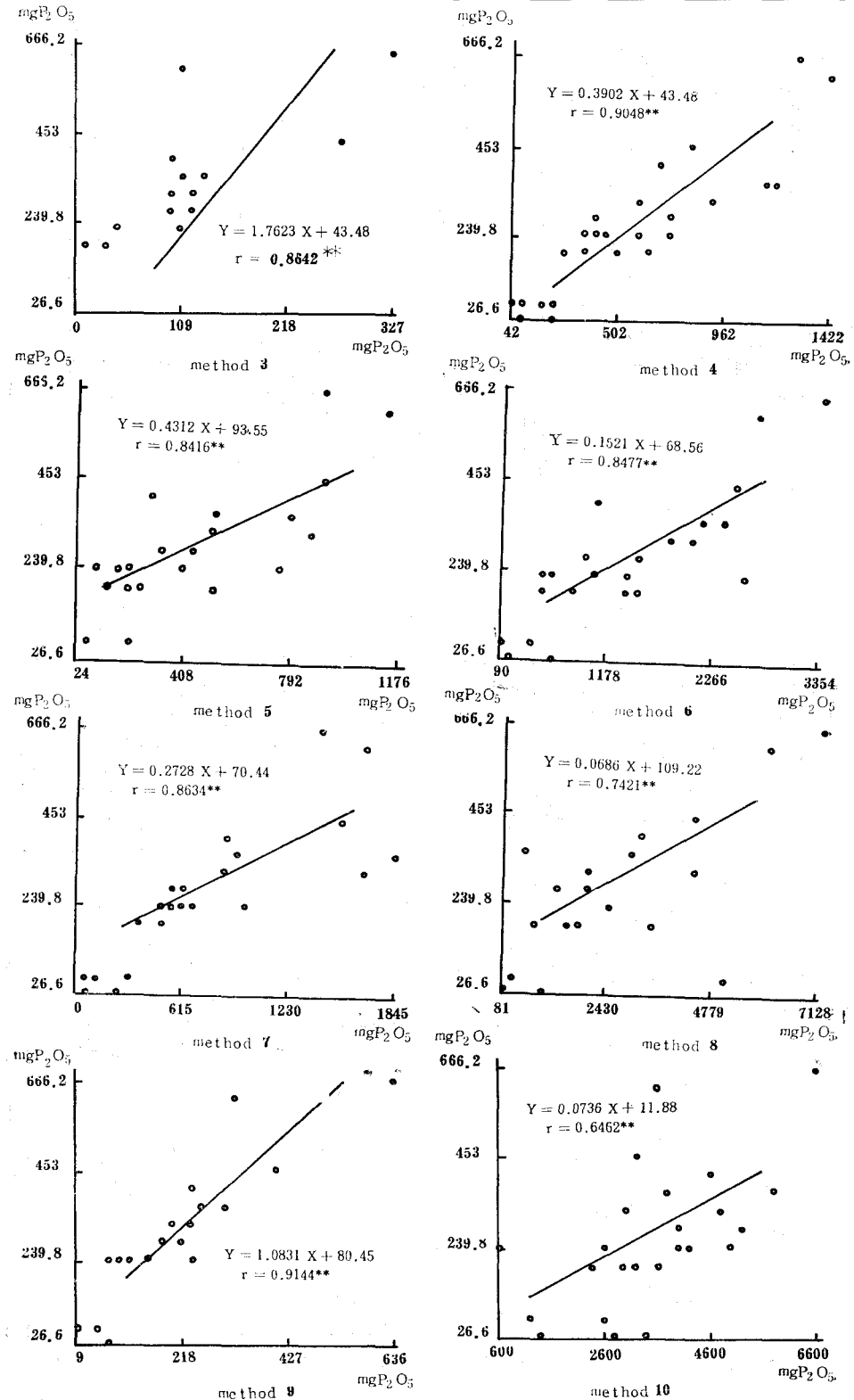


Fig. 1. Relationships between total plant P (Y) and total extractable P (X) of soils.

土壤中 有效磷酸測定方法 가운데 우리 나라에서 現在 가장 널리 使用되고 있는 Lancaster法이 韓國의 田土壤에 대하여는 最適의 方法이 되지 못함을 指摘하며 적어도 4가지 方法($\text{NH}_4\text{HCO}_3^-$, NaHCO_3^- , lactic-HCl-, $\text{NH}_4\text{-HCl}$ 抽出法)을 對象作物의 種類와 土壤의 類型 또는 特性이 相異한 條件에서 再檢討하여 最適의 方法을 確定할 수 있을 것으로 判斷된다.

要 約

作物에 대한 土壤의 有效磷酸量을 化學的인 方法으로 빠르고 正確하게 檢定하는 것은 農耕地 土壤의 化學的 特性과 肥沃度의 調査를 위하여, 또는 磷酸施肥量의 決定을 위하여, 또 한편으로는 環境의 化學的 評價와 土壤成分에 대한 化學的 研究를 위하여 要求되는 課題이다. 現在 土壤의 有效磷酸에 대한 化學的 規定과 그의 測定方法은 여러가지 事情에 의하여 變動되거나 多數의 相異한 方法이 提案되어 있으므로 最適의 測定方法을 確立하기 위하여는 土壤과 作物의 營養의 特性을 基礎로 하여 廣範圍의 實驗的인 結果에서 導出되어야 할 것이다.

韓國에서의 土壤有效磷酸의 化學的 測定方法은 現在 統一되어 있지 못하고 提案된 多數의 測定方法에 대하여 實驗的으로 廣範圍하게 檢討되지 못하였으므로 本 研究는 이러한 目的을 위하여 全國 多數地域(44點)의 田土壤을 供試하여 作物栽培(옥수수)를 통한 磷酸吸收量을 測定하고 한편 相異한 10가지 化學的 方法으로 分析한 結果로써 適合한 方法을 確立하고자 하였으며 現在까지의 試驗結果를 다음과 같이 綜合한다.

供試土壤의 全磷酸量은 533ppm으로 부터 4,917 ppm까지의 넓은 범위에 있었으며 有機物 含量과 有意性있는 正의 相關을 보였다.

特異酸性土와 火山灰土는 共히 有機物含量은 높았으나 全磷酸量은 前者는 比較的 낮았고 後者는 매우 높았다.

抽出條件이 相異한 10가지 化學的 方法으로 測定한 有效磷酸으로 規定되는 量은 方法間에 多少의 差異가 있었고 全磷酸量에 대한 比率에도 큰 差異가 있었으며 1%로 부터 48%의 範圍에 있었다.

各 方法으로 測定한 磷酸量을 相互比較한 相對值는 다음과 같은 順位로 配列된다.

$\text{H}_2\text{O}(5\text{min}) < \text{H}_2\text{O}(60\text{min}) < \text{NH}_4\text{HCO}_3 <$			
1.0	2.27	5.57	
$\text{NaHCO}_3 < \text{Double lactate} < \text{Bray No. 1} <$			
7.42	9.71	12.53	
$\text{Lancaster} < \text{Nelson} < \text{AcOH} < \text{CAL-method}$			
17.63	25.96	27.6	50.27

土壤의 特性의 差異로는 特異酸性土 火山灰土 그리고 土性이 거친 土壤에서는 어느 方法으로도 測定된 磷酸量은 매우 낮았다.

全般的으로 土壤의 pH와 全磷酸은 抽出되는 磷酸과 有意性있는 正의 相關을 보였으며 有機物量과는 Nelson法($\text{HCl-H}_2\text{SO}_4$)과 CAL法에서 負의 相關을 보였다.

交換性 Ca과는 特히 Olsen法(NaHCO_3 抽出)이 有意性있는 相關을 보였으므로 石灰質土壤에는 이 方法을 適用하는 것이 有用할듯 하다.

2回 連續栽培에 의하여 植物(옥수수)이 吸收한 磷酸量을 土壤 全磷酸量에 對比하면 매우 낮아 平均 4.05%에 不過하였으며 2次栽培가 1次栽培보다 平均 2倍 이상의 높은 吸收를 보였다.

各 土壤有效磷酸의 測定方法에 의한 結果와 植物體가 吸收한 磷酸量을 對照하여 韓國田土壤의 有效磷酸量을 化學的으로 檢討하기 위하여는 現在 널리 使用되고 있는 Lancaster法보다는 Solta-npour(NH_4HCO_3 抽出)法, Double lactate法 그리고 Bray No. 1法이 보다 適合할듯하나 이는 土壤의 性質과 作物의 種類를 달리한 條件에서 再檢討하여 確定할 수 있을듯하다.

參 考 文 獻

1. 農村振興廳編, 土壤化學分析法(1977).
2. 尹禎熙, 申喆兩, 柳寅秀, 洪鍾雲: 韓土肥誌, 10, 219~224(1977).
3. 朴 薰, 金炯均, 李春寧: 韓農化誌, 9, 111~118(1968).
4. 李春寧, 朴 薰: 韓農化誌, 13, 73~79(1970).
5. 土壤養分測定委員會(日本)編: 土壤養分分析法 養賢堂, 日本東京, 5(1978).
6. 作物分析法委員會(日本)編: 栽培植物分析測定法 養賢堂, 日本東京, (1975).
7. 吳旺根, 辛相赫: 農振廳 農試研報, 7, 25~30 (1964).
8. 柳寅秀, 申喆兩, 尹禎熙, 柳順吳: 韓土肥誌,

- 10, 211.
9. Dyer, B.: *Tras. Chem. Soc.* 65, 115(1894).
10. Egner, H., Riehm, H.: *Landw. Forsch.*, 6 (1955).
11. Mengel, K., E.A. Kirkby: *Principles of Plant Nutrition* (3rd Ed.) International Potash Inst. Worblaufen-Bern, Switzerland (1982).
12. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean.: *U.S. Dept. of Agric. Circ.* 939 (1954).
13. Paauw, F. van der.: *Plant and Soil* 34 : 467~481(1971).
14. Paauw, F. van der, H.A. Sissingh, J. Ris: *Verlagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 749(1971).
15. *Methods of Soil Analysis, Part 2*(2nd Ed.), edited by A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney: *Amer. Soc. Agronomy & Soil Sci. Soc. America Inc. Madison, Wisconsin USA*(1982).
16. Schüller, H.: *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 123 : 48~63(1969).
17. Werner, W.: *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 122 : 19(1969).
18. Williams, C.H.: *J. Agric. Sci.*, 40 : 233~243 (1950).
19. Williams, E.G. : *Symposium proceedings of Agrochemical Research on the use of Mineral Fertilizers Moscow*(1970).