

施設畑土壌におけるリン酸の集積 I

吉川 義一・吉田 薫

(農学部 土壌学・肥料学研究室)

Accumulation of Phosphorus in Greenhouse Soils I

Giichi YOSHIKAWA and Kaoru YOSHIDA

Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture

Abstract: The status of phosphorus in the soils from greenhouses in Kochi-ken was studied. Total phosphorus content in seventeen soils examined ranged from 363 to 999 mg as P_2O_5 per 100g of air-dried soil. Phosphorus accumulated in the soils was predominantly inorganic phosphorus. Available phosphorus of the soils was estimated by chemical methods. For the extraction of available phosphorus, 2.5% acetic acid, neutral N ammonium fluoride, Bray and Kurtz's solutions, and distilled water were used. Remarkable accumulation of available or readily soluble phosphorus in the soils was observed. The available phosphorus estimated with each extractant was significantly correlated with the inorganic phosphorus content of the soils.

緒 言

施設畑は露地畑と比べて、一般に施肥量が著しく多く、ビニールハウス栽培の果菜類に対するリン酸 (P_2O_5) 施用量については、少ない場合で 10 a あたり 50 kg 前後、多い場合は 200 kg にも及ぶ¹⁾。しかし、実際に作物によって吸収されるリン酸 (P_2O_5) は、10 a あたり 10 kg 前後と推定され²⁾、土壌中に多量のリン酸が残留し、集積すると考えられる。

本研究は、高知県のビニールハウス土壌におけるリン酸の集積を、土壌のリン酸的肥沃度の観点から考察するために、リン酸の集積実態を明らかにするとともに、集積リン酸の溶解性について検討したものである。

供試土壌と実験法

1. 供 試 土 壌

高知県内の17棟のビニールハウスより土壌を採取し、風乾細土として供試した。土壌採取にあたっては、ビニールハウス内の5個所以上から約 20 cm の深さまでの土壌を採取し、これらをよく混合して供試土壌とした。いずれも1978年に採取した。

土壌番号1～8 「灰色低地土・灰色系」に分類される南国市および宿毛市の沖積水田地帯³⁾の、設備後5～10年を経過したビニールハウスより、ピーマンあるいはキュウリ作後に採取した土壌。

土壌番号11～19 「灰色低地土・下層黒ボク」に分類される洪積台地上の水田地帯(香美郡野市町、南国市)³⁾、あるいは河岸段丘上の水田地帯(高岡郡窪川町)³⁾の、設備後5～10年を経過したビニールハウスより、ピーマン作後あるいはニラ作中に採取した土壌。鈹質土壌と腐植質火山灰土壌が混じり合った土壌³⁾。

2. 全リン酸、無機態リン酸、および有機態リン酸の定量

全リン酸 風乾細土 1 g を 550°C で 1 h 焼き、有機物を分解した後、0.5 N 硫酸 100 ml を用いて 250 ml のポリエチレン製細口ビンに移し、5 h 振トウ* した後、浸出されたリン酸を硫酸・モリブデンブルー法**で定量し、「全リン酸」***とした。

無機態リン酸 風乾細土 1 g を 250 ml のポリエチレン製細口ビンにとり、0.5 N 硫酸 100 ml を添加し、5 h 振トウ* した。浸出されたリン酸を硫酸・モリブデンブルー法**で定量し、「無機態リン酸」とした。

有機態リン酸 「全リン酸」と「無機態リン酸」の差を「有機態リン酸」とした。

* 振幅 7 cm、155 往復/min 一般に浸出されるリン酸量は、4~5 h 振トウにより最大となる。

** 日立分光光度計 101 型使用、波長 720 m μ で測定。

*** 厳密にはリン酸全量を示すものではないが、本法で定量されるリン酸を「全リン酸」とした。

3. 集積無機態リン酸の溶解性に関する実験

1) 浸出用液

下記の溶液および蒸留水を用いて、各土壌の集積無機態リン酸の溶解性を調べ、その可給性を検討した。

2.5% 酢酸 本液は、江川と関谷による土壌リン酸の形態分析法⁴⁾において、カルシウム結合型リン酸の浸出用液として用いられている。関谷⁵⁾は、本液によって浸出されるリン酸量と小麦によるリン酸吸収量の間高い相関関係のあることを示し、本液によって土壌の可給態リン酸を浸出、定量しようとした。

塩酸・フッ化アンモニウム溶液 Bray と Kurtz⁶⁾ は、0.025 N あるいは 0.1 N の塩酸中にフッ化アンモニウムを 0.03 N の濃度を含む溶液（それぞれ Bray-Kurtz の第一液、第二液と略称）で、土壌を短時間処理して、可給態リン酸を浸出、定量する方法を提案した。この方法は、わが国でも広く採用されている。庄子ら⁷⁾は、エン麦についての実験で、A value⁸⁾を基にして検討し、第二液を用いる方法が、土壌の可給態リン酸定量法として特に優れていることを指摘した。本実験においては、塩酸の濃度を 0.0250 N（第一液）および 0.100 N（第二液）とし、フッ化アンモニウムについては、特級試薬を使用し、便宜上アンモニウムイオンについて 0.0300 N の濃度になるように調製し、使用した。

N フッ化アンモニウム (pH 7.0) 江川と関谷による土壌リン酸の形態分析法⁴⁾においては、2.5% 酢酸でカルシウム結合型リン酸を浸出後、土壌を本液で処理して、アルミニウム結合型リン酸を浸出し、定量している。山本と宮里⁹⁾は、火山灰質畑土壌についての試験で、アルミニウム結合型リン酸のレベルが、土壌のリン酸的肥沃度の指標となり⁹⁾ることを示した。本液で土壌を直接処理した場合は、アルミニウム結合型リン酸のほかに、カルシウム結合型リン酸の一部も浸出されると考えられる⁴⁾が、本液で浸出されるリン酸は可給性の高い状態で存在するリン酸と考え、浸出用液として使用した。

蒸留水 蒸留水によって浸出されるリン酸の量は、可給性の著しく高いリン酸の量を反映すると考え、浸出用液として採用した。

2) 実験法

25°C に保った浸出用液 100 ml を 250 ml のポリエチレン製細口ビンにとり、風乾細土 1 g (Bray-Kurtz の第一液、第二液を用いる場合は 2 g) を添加し、25°C 定温で振トウ* した。振トウ時間は、2.5% 酢酸の場合は 2 h、N フッ化アンモニウムと蒸留水の場合は 1 h、Bray-Kurtz の第一液、第二液の場合は 60 sec とした。振トウ後直ちに吸引濾過し、濾液のリン酸を塩酸・モ

リブデンブルー法**で定量した。

* 振幅 7 cm, 155 往復/min

** 日立分光光度計 101 型使用, 測定波長 660m μ フッ素イオンを含む場合は, ホウ酸を添加して, その影響を抑えた。

実験結果

1. リン酸の集積実態

Table 1. は, 全リン酸, 無機態リン酸, および有機態リン酸の定量結果を示したものである。供試土壌におけるリン酸の集積は著しく, その全リン酸は, 露地畑土壌の全リン酸, 例えば著者ら¹⁰⁾の分析値と比べて著しく高い。一般に, 全リン酸の 80~90%は無機態リン酸であり, ビニールハウス土壌における主要な集積形態は無機態リン酸であると考えられる。土壌 1-8 と 11-19 で, リン酸の集積状態に著しい差違は認められない。

Table 1. Contents of total, inorganic, and organic phosphorus in soils

Soil No.	P ₂ O ₅ mg per 100 g of air-dried soil			Percent of total phosphorus	
	Total phosphorus	Inorganic phosphorus	Organic phosphorus	Inorganic phosphorus	Organic phosphorus
1	795	631	164	79	21
2	662	603	58	91	9
3	991	877	114	88	12
4	720	665	55	92	8
5	960	865	95	90	10
6	363	331	32	91	9
7	589	542	47	92	8
8	393	293	100	75	25
11	943	750	193	80	20
12	905	711	194	79	21
13	685	553	132	81	19
14	999	854	145	85	15
15	372	271	101	73	27
16	728	636	92	87	13
17	572	429	143	75	25
18	799	697	102	87	13
19	701	509	192	73	27
(Average)	716	601	115	84	16

2. 集積無機態リン酸の溶解性

各種溶液および蒸留水によって浸出されたリン酸を定量した結果は, Table 2. に示すとおりである。浸出されたリン酸量は著しく多く, 供試土壌に易溶性リン酸あるいは可給態リン酸が, 著しく集積していることを示している。

Fig. 2.~Fig. 6. は, 無機態リン酸の集積量と浸出されたリン酸量との関係を示したものである。なお, これらについては回帰式を求め, 相関係数を計算した。一般に, 浸出されるリン酸量は無機態リン酸集積量の増大とともに増大し, 両者の間に有意な高い相関が認められる。この相関は Bray-Kurtz の第二液の場合に特に高い。土壌の無機態リン酸集積量と各種溶液および蒸留水

Table 2. Amounts of phosphorus extracted from soils by several extractants
 P_2O_5 mg per 100g of air-dried soil

Soil No.	Extractant and time of shaking				
	2.5% CH_3COOH 2 h	N NH_4F 1 h	Bray-Kurtz (1) 60 sec	Bray-Kurtz (2) 60 sec	Water 1 h
1	244	275	190	326	17
2	260	280	188	331	19
3	307	372	199	378	14
4	189	277	153	288	12
5	400	410	219	404	26
6	56	155	98	160	9
7	135	238	138	211	11
8	25	185	122	136	7
11	206	438	227	348	20
12	216	525	244	391	17
13	197	313	192	272	18
14	363	460	186	316	26
15	100	154	74	101	9
16	244	267	153	243	20
17	201	251	115	185	20
18	278	388	198	301	38
19	67	364	163	206	7
(Average)	227	333	169	291	18

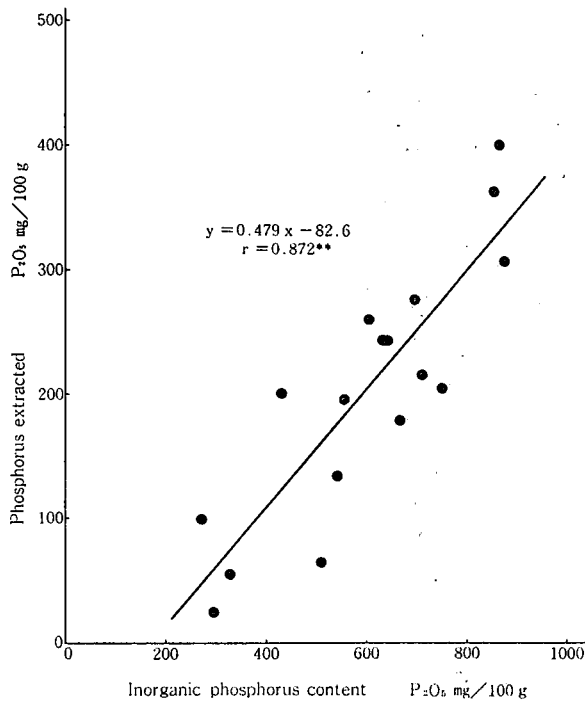


Fig. 1. Relation between the amount of inorganic phosphorus accumulated in soil and the amount of phosphorus extracted from soil by 2.5% acetic acid

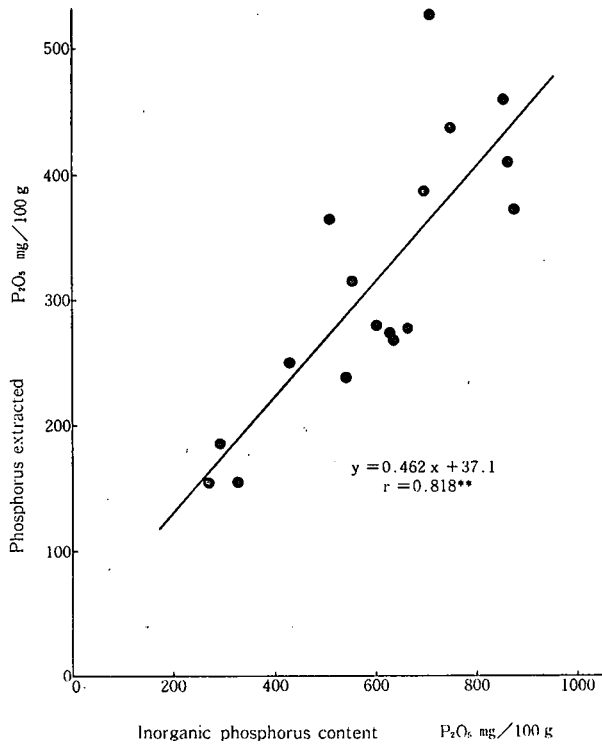


Fig. 2. Relation between the amount of inorganic phosphorus accumulated in soil and the amount of phosphorus extracted from soil by neutral N ammonium fluoride

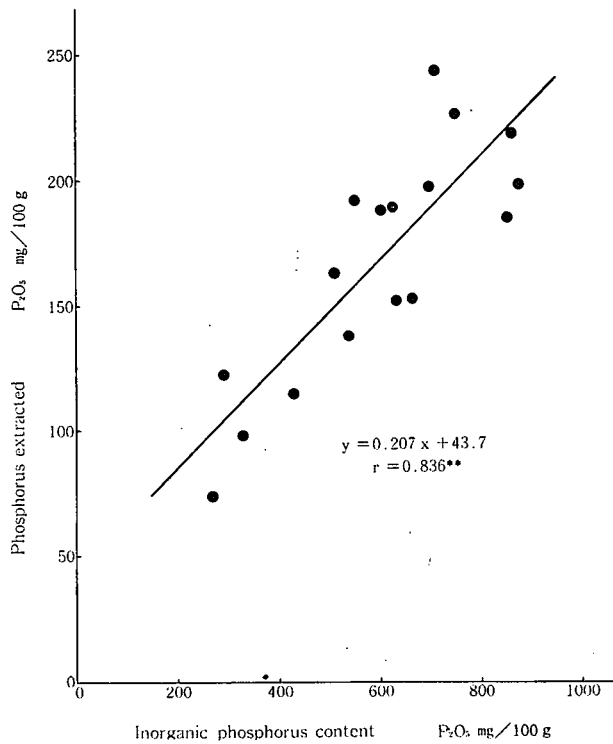


Fig. 3. Relation between the amount of inorganic phosphorus accumulated in soil and the amount of phosphorus extracted from soil by Bray and Kurtz's No. 1 solution

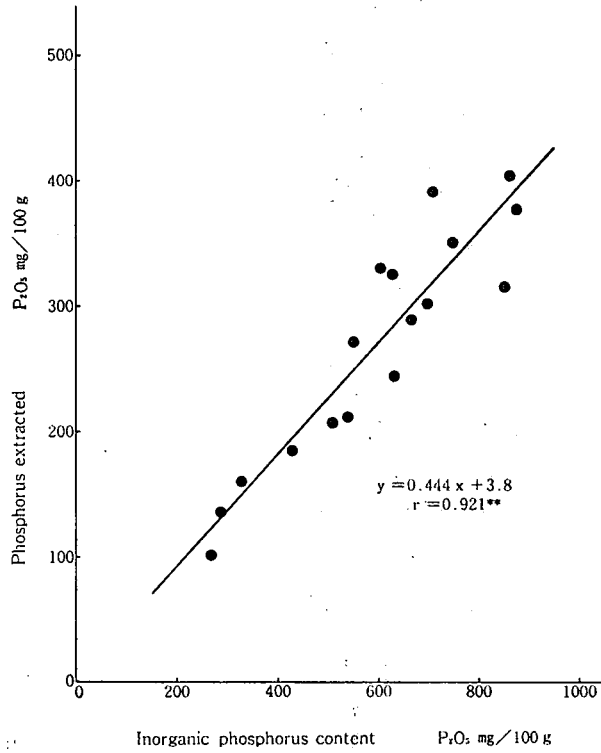


Fig. 4. Relation between the amount of inorganic phosphorus accumulated in soil and the amount of phosphorus extracted from soil by Bray and Kurtz's No. 2 solution

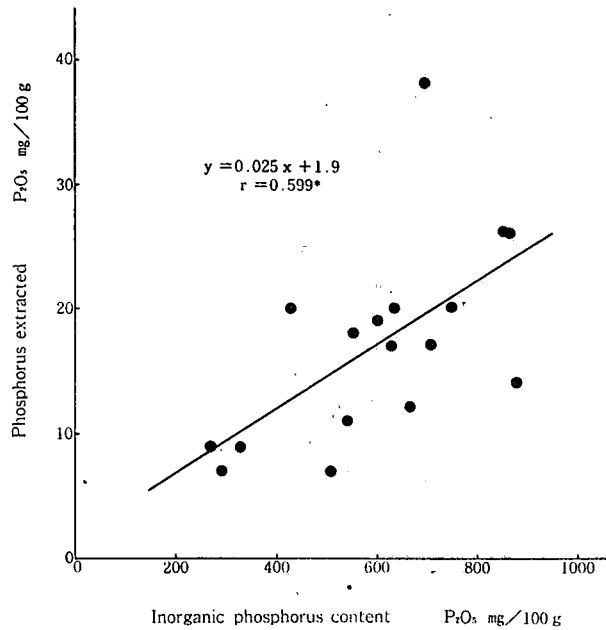


Fig. 5. Relation between the amount of inorganic phosphorus accumulated in soil and the amount of phosphorus extracted from soil by distilled water

によって浸出されるリン酸量の高い相関は、土壌における無機態リン酸の集積が、そのリン酸的肥沃度に直接的なつながりをもつことを示唆している。

考 察

蔬菜栽培、特に施設栽培のような多収穫を目的とした集約化された蔬菜栽培においては、土壌からのリン酸供給において、Friedら¹⁾のいう Intensity factor が高いレベルに保たれ、また、これを維持するための高い Capacity factor が必要であると考えられる。供試ビニールハウス土壌の大部分は、易溶性無機態リン酸を著しく蓄積しており、作物に対するリン酸供給についての上記の必要条件を備えていると考えられる。

畑土壌におけるリン酸施肥については、従来、施用リン酸の土壌による固定防止に力点が置かれていたように思われる。しかし、近年、リン酸質肥料を多量施用して、リン酸を積極的に土壌に固定させ、アルミナ性を抑制し、土壌のリン酸的肥沃度を増大させようとする、いわば土壌改良資材的施用法も考えられている²⁾。ビニールハウス土壌の場合、このような考え方に基づくものではないが、多肥の連続により、結果として土壌のリン酸的肥沃度が著しく増大している。

ビニールハウス栽培においては、施肥法についての検討がじゅうぶんになされないまま、同じような多肥が繰り返されているのが実状である。リン酸については、作物によるリン酸要求性、土壌のリン酸供給性、さらに土壌のリン酸的肥沃度維持も考慮に入れた適正な施肥法について検討すべきであろう。

土壌におけるリン酸の集積は、土壌のリン酸的肥沃度に直接関係するのみならず、微生物活動に対する影響、土壌の物理化学的性質に対する影響などを通じて、作物根の生育環境に大きな影響を与えるはずである。リン酸集積に基因するような影響について、詳しく検討する必要がある。

要 約

高知県内の、施設設備後5～10年を経過したビニールハウスで採取した土壌17点について、全リン酸、無機態リン酸、および有機態リン酸を定量して、これらの土壌におけるリン酸の集積状態を調べた。また、2.5%酢酸、BrayとKurtz³⁾の塩酸・フッ化アンモニウム溶液、Nフッ化アンモニウム(pH 7.0)、および蒸留水による集積無機態リン酸の溶解性を調べ、その可給性を検討した。

1) ビニールハウス土壌におけるリン酸の集積は著しく、その含量は風乾細土 100 g あたり P_2O_5 として 363–999 mg、平均 716 mg であった。

2) 集積リン酸の主体は無機態リン酸であり、全リン酸に対する無機態リン酸の割合は73～92%、平均84%であった。

3) ビニールハウス土壌には、易溶性無機態リン酸が著しく集積している。各溶液および蒸留水によって浸出されるリン酸量と無機態リン酸集積量の間、有意な高い相関が認められ、土壌におけるリン酸の集積は、土壌のリン酸的肥沃度増大に直接的につながることが示唆された。

文 献

- 1) 前田正男, 過剰施肥による土壌障害, 関西土壌肥料協議会講演要旨40, 31–50 (1973)
- 2) 上杉郁夫, 施設野菜の施肥合理化, 楠農報, 25, 19–28 (1971)
- 3) 地力保全基本調査 高知県耕地土壌図, 高知県 (1979)
- 4) 関谷宏三, 無機態リン酸の分別定量法, 土壌養分測定法委員会編, 土壌養分測定法, p. 235–238, 養賢

- 堂 (1971)
- 5) 関谷宏三, 可給態リン酸, 土壤養分測定法委員会編, 土壤養分測定法, p. 239-251, 養賢堂 (1971)
 - 6) Bray, R.H. and Kurtz, L.T., Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils, *Soil Sci.*, 59, 39-45 (1945)
 - 7) 庄子貞雄・三宅正紀・竹内 豊, 各種の可給態土壤磷酸定量法の比較 第2報 各種の可給態磷酸定量法による結果と A-value の相関について, 北海道農試彙報, 84, 32-39 (1964)
 - 8) Fried, M. and Dean, L.A., A concept concerning the measurement of available soil nutrient, *Soil Sci.*, 73, 263-271 (1953)
 - 9) 山本 毅・宮里 忍, 畑土壤の生産力増強に関する研究 岩手火山灰土壤における磷酸質資材多施用の効果, 東北農試研報, 42, 53-92 (1971)
 - 10) 吉川義一・山崎まほ・吉田 薫, 焼成リン肥施用畑土壤のリン酸の形態, 高知大研報 (農学), 27, 45-51 (1978)
 - 10) Fried, M. and Shapiro, R.E., Soil-plant relations in phosphorus uptake, *Soil Sci.*, 90, 69-76 (1960)

(昭和55年7月14日受理)

(昭和55年10月20日発行)