

奈良盆地における施設栽培土壌のリン酸集積形態の特徴およびその診断法の検討

木村 桐、宗林 正

Feature of Accumulated Soil Phosphate in Green House Culture in Nara Basin and an Attempt to Standardize for Their Diagnosis Method.

Hisa KIMURA and Tadashi SORIN

Key words: soil phosphate, accumulated types, greenhouse culture, availability, soil diagnosis method, water-soluble phosphate, garland chrysanthemum.

今日、野菜の施設栽培では土壌中のリン酸集積が顕著となり、生産安定上の問題となっている。これらのリン酸は作物にとって利用しにくい形態で集積し、野菜の品質低下や、様々な生理障害の原因となつており、リン酸を集積させない肥培管理や集積したリン酸の有効利用法が求められている。

土壌中のリン酸には多用な形態があり、対象とする形態により測定法も異なる。一般に、土壌診断ではトルオーグ法により可給態リン酸が測定されている。しかし、高集積土壌では可給態リン酸の測定値と作物のリン吸収量との関連が明確でない場合が多いため、このような集積土壌に適した診断法、診断基準値が求められている。そこで、県下の施設栽培圃場から土壌を採取し、集積リン酸の形態を把握するとともに、それぞれの土壌でシュンギクをポット栽培し、形態別のリン酸測定値とシュンギクのリン吸収量との関係から最も相関の高い測定法を検討した。土壌採取にあたっては、桜井農業改良普及所の協力を得た。記して感謝の意を表する。

1. 施設栽培土壌における集積リン酸の形態の特徴

奈良盆地南部の水田転換畑における施設栽培圃場15カ

所から土壌を平成4年8月に採種し、一般化学性および各種測定法によるリン酸含量を測定した。採取土壌は概ね灰色低地土の水田転換畑であった。全リン酸は過塩素酸分解法により、他の形態別リン酸は成書によつた^{1,2,3)}。浸出温度は特に記載が無い限り室温とした。

化学性は、通常いわれている施設栽培土壌の特徴と同様であり、ECや交換性塩基、特に交換性カルシウムの含量が高い傾向にあった(第1表)。

各種リン酸の測定値(第2表)は、全リン酸が平均で100g乾土あたり(以下同じ)528mgと高い値を示した。無機リン酸ではカルシウム型リン酸が平均で224mgと全リン酸の約半分を占め(第2表)、これまで報告されている鉍質土壌中のリン酸集積の傾向と一致した^{4,5)}。また、EDTA-NaF溶出リン酸は、平均で全リン酸の72.6%と川崎ら⁶⁾、天野ら⁷⁾の低地土における結果と一致し、再生利用可能なリンの割合が比較的高いと考えられた。

2. 現地土壌でのリン吸収量の検討

ノイバウエルポットに供試土壌500gを充填し、シュンギク("大葉春菊"タキイ種苗)を栽培した。ポットあたり3株とし、栽培期間は第1作が1992年9月24日~11月17

- 1) 関谷宏三, 1970, 土壌養分分析法, 養賢堂
- 2) 南条正巳, 1986, 土壌標準分析・測定法, 博友社
- 3) 同上, 1991, 農林水産技術会議事務局, 研究成果259, 11~16.
- 4) 東海林覚ほか, 1970, 土肥誌, 41:353-357.
- 5) 桑名健夫ほか, 1992, 土肥誌, 63:605-609.
- 6) 川崎弘ほか, 1991, 農林水産技術会議事務局, 研究成果259:23-28.
- 7) 天野洋司ほか, 1991, 同上, 28-36.
- 8) 平野隆生ほか, 1974, 大阪農技セ研報, 11:1-7.

- 9) 増井正芳, 1983, 農業技術体系・土壌肥料編, 6:技術78-82, 農文協.
- 10) 吉川義一ほか, 1987, 土肥誌, 58:612-615.
- 11) 郷間光安, 1987, 可給態リン酸の適正水準と上限値に関する研究, 86-91, 関東土壌養分基準検討会.
- 12) 宗林 正ほか, 1993, 奈良農試研報, 24:47-54.

本研究の一部は平成4年度土壌保全対策事業・土壌環境基準設定調査「施設野菜栽培の集積養分の有効利用」で行った。

第1表 土壌の化学性

Table 1. Chemical properties of soil.

	pH	EC	T-C(%)	T-N(%)	ex-CaO mg	ex-MgO mg	ex-K ₂ O mg	CEC me	可給態-N mg	W-Cl mg	W-SO ₄ mg	NO ₃ -N mg
平均値	6.23	0.527	1.612	0.171	325.71	68.98	86.92	17.18	5.40	7.52	94.60	15.02
最大値	7.54	1.230	3.663	0.342	534.47	115.37	253.16	32.38	14.08	16.80	484.21	66.00
最小値	4.73	0.033	0.596	0.068	173.66	28.39	7.52	9.00	2.12	0.26	0.71	0.17
標準偏差	0.76	0.357	0.835	0.075	82.57	26.17	63.00	5.48	3.05	5.76	123.37	17.33

第2表 土壌のリン酸 (P₂O₅ mg/100g乾土)

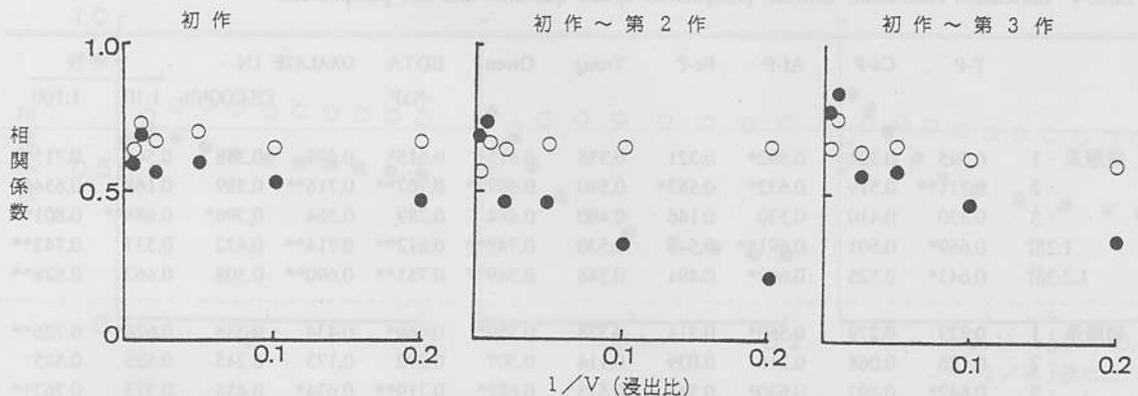
Table 2. Phosphorous of soils..

	T-P	Ca-P	Al-p	Fe-p	Org-P	Troug_P	Olsen-P	1N- CH ₃ COONH ₄	EDTA- NaF	Oxalate	W-P1:10	W-P1:100
平均値	528.01	224.39	69.32	136.06	28.38	168.17	38.33	12.61	375.21	409.10	4.88	12.94
最大値	1083.80	564.92	162.20	505.76	89.39	398.97	76.43	38.73	916.70	938.92	13.74	27.90
最小値	119.91	47.43	7.56	21.73	1.23	14.35	5.98	0.70	63.14	87.11	0.74	1.85
標準偏差	287.50	129.35	42.84	114.76	22.42	97.16	18.27	9.73	206.58	210.01	4.22	6.69

第3表 シュンギクのリン吸収量 (平均、mg/pot)

Table 3. Means of phosphorous uptake quantity by Garland chrysanthemum.

	硫酸系			硝酸系		
	1作目	2作目	3作目	1作目	2作目	3作目
リン吸収量	10.59	14.43	6.15	10.04	11.36	7.86
S.D.	2.71	4.87	2.12	3.37	2.99	3.03



第1図 各浸出比における水溶性リン酸とリン吸収量の関係 (●硫酸系 ○硝酸系)

Fig1. Relationship between water soluble phosphate and uptake quantities.

(●sulphate series ○nitrate series)

日、第2作が1993年2月5日～4月9日、第3作が1993年6月16日～8月18日である。施肥は硝酸アンモニウム、硝酸カリウムを用いた副成分を持たない系（硝酸系）と硫酸アンモニウム、硫酸カリウムを用いた副成分を持つ系（硫酸系）の2系列を設けた。基肥としてそれぞれポット当り N 50mg、K₂O 50mgを施用した。リン酸施用は行わなかった。

生育量は、肥料形態の影響は認められず、ポット当りの乾物重で、初作では1.37～2.52g、第2作では1.00～5.00g、第3作では1.00～1.65gの範囲にあった。また、Na₃及びNa₅の土壌を用いたポットでは、初作で濃度障害が発生し、著しく生育不良となった。

リン吸収量は、初作では施肥形態の違いによる影響はなく、10.04～15.97mg (P/pot) であった。しかし、第2作になると、硫酸系では硝酸系より平均で27%多くなった（第3表）。

シュンギクのリン含有率について、平野らは現地調査の結果、生育段階に関わらず0.5%前後であることを報告している⁸⁾。本実験でも、ほとんどがこれと同様の含有率で、養分の過少による生理障害は認められなかった。生育量（乾物重）とリン含有率の関係では、増井はポット試験ではリン含有率が0.38～0.94%までは収量が増加したことを報告しているが⁹⁾、本実験ではほとんど関係は認められなかった。

3. リン吸収量と各種リン酸測定法の関係

初作で濃度障害のたNa₃及びNa₅を除いた残り13地点の土壌それぞれにつき各種リン酸の測定値とシュンギク

のリン吸収量とを比較し、その関係をみたところ、硫酸系では、EDTA-NaF液法、酸性シュウ酸液法などの比較的難溶性のリン酸³⁾、その他、オルセン法や水溶性リン酸(1:100浸出)で相関が高かった。硝酸系では水溶性リン酸(1:10および1:100浸出)で高かった。（第4表）。

硫酸系、硝酸系の両者で相関が高いのは浸出比 1:100の水溶性リン酸だけであった。水溶性リン酸は浸出が簡便であり、農業改良普及所等での診断法としてきわめて実用的といえる。しかしながら、水溶性リン酸は浸出比率を変えると溶出量もそれにつれ変化することが知られており¹⁰⁾、土壌標準分析・測定法では1:40²⁾、関東地域養分基準検討会では1:200浸出¹¹⁾を採用しているが、公的には一定の浸出比率は定められていない。本実験の場合、第5表に示した結果からも肥料形態の違いによって最適浸出比が異なることが予想されたため、さらに1:5、1:20、1:40、1:200の各浸出比率での溶出リン酸量を求め、同様に相関をとったところ、硫酸系では比率が高いほど相関も高くなり、浸出比1:100で最高となったが、それを超えても相関係数が下がった。硝酸系では比率に関わらず相関係数は0.65前後で推移したが、1:100を超えると硫酸系と同様に低下した（第1図）。

4. 水溶性リン酸の最適浸出比の検討

水溶性リン酸の溶出量と浸出比の関係について、次式が成立することが報告されている¹⁰⁾。

$$\frac{1}{S} = \frac{K}{S_t} \cdot \frac{1}{V} + \frac{1}{S_t}$$

第4表 リン吸収量と各種リン酸との関係

Table 4 Correlation coefficients between phosphorous uptake quantities and soil phosphorous.

	T-P	Ca-P	Al-P	Fe-P	Trough	Olsen	EDTA -NaF	OXALATE	1N- CH ₃ COONH ₄	水溶性	
										1:10	1:100
硫酸系・1	0.395	0.321	0.592*	0.321	0.355	0.615*	0.615*	0.499	0.358	0.543	0.711**
・2	0.711**	0.519	0.632*	0.583*	0.540	0.697**	0.767**	0.716**	0.389	0.168	0.654*
・3	0.330	0.410	0.330	0.146	0.400	0.484	0.289	0.364	0.596*	0.688**	0.801**
1.2計	0.669*	0.501	0.691**	0.548	0.530	0.748**	0.812**	0.714**	0.422	0.337	0.742**
1.2.3計	0.643*	0.525	0.662*	0.494	0.546	0.749**	0.751**	0.690**	0.508	0.462	0.828**
硝酸系・1	0.323	0.279	0.560*	0.314	0.338	0.559*	0.560*	0.434	0.338	0.676*	0.726**
・2	0.126	0.068	0.216	0.039	0.114	0.307	0.292	0.173	0.245	0.525	0.545
・3	0.642*	0.493	0.630*	0.541	0.523	0.682*	0.719**	0.674*	0.455	0.373	0.762**
1.2計	0.237	0.181	0.411	0.184	0.238	0.463	0.454	0.321	0.313	0.648*	0.661*
1.2.3計	0.361	0.276	0.500	0.291	0.327	0.551	0.555*	0.436	0.370	0.614*	0.731**

** 1%, * 5%水準で有意

但し、

- S : リン酸溶出量
- V : 浸出比
- St : リン酸最大溶出量
- K : 土壌固液相間の分配係数

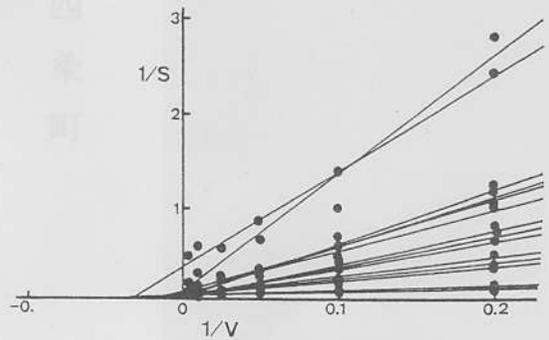
この式は浸出比と溶出量の逆数が直線関係にあることを示しており、今回の供試土壤に当てはめられたところ、概ね直線関係にあることが認められた(第2図)。

前項で示した第1図からは硫酸系、硝酸系に共通な最適浸出比の決定が困難であったため、この式を利用して最適浸出比の推定を行った。リン酸溶出量が求めた直線に従うとして、浸出比率を1:5~1:200まで変動させた場合の各土壤のリン酸溶出推定値と、先に述べたリン吸収量の関係を見ると、相関係数の変化は第1図とほぼ同様の傾向を示した(第3図)。最も相関係数の高い浸出比は、硫酸系では初作で浸出比1:65で相関係数0.647、初作~第2作の合計では1:177で0.702、初作~第3作では1:145で0.753を示した。硝酸系では初作で1:21で0.712、初作~第2作の合計では1:18で0.671、初作~第3作では1:36で0.663を示した。

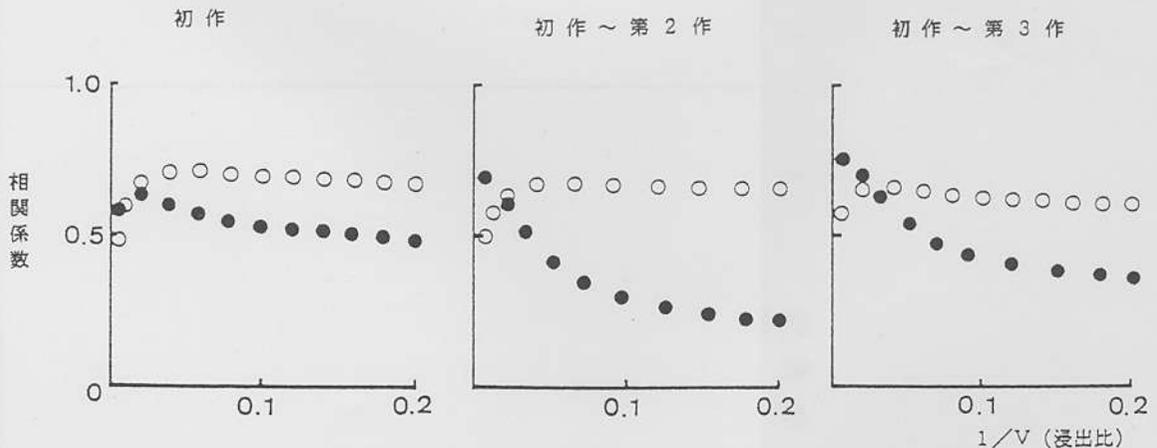
これらのことは、第1図および第4表に示した結果からも、集積リン酸の利用・吸収は施用肥料の形態、特に硫酸あるいは硝酸といった、その構成イオンの影響を強く受けることを示している。著者らは、リン酸3カルシウムからのリン酸の溶出が施用窒素の種類により変化することを報告しているが、本実験の結果もこれを裏付けるものといえよう。現実の栽培条件では施用される肥料

の形態は様々であり、化学肥料のみならず、有機質肥料、有機質資材も多量に使用されている。集積リン酸の診断基準値の策定が困難あるいは混乱する原因の一つとして、栽培作物、土壤条件、集積形態とともに、施肥形態も大きく影響を及ぼしているものと考えられる。

このような条件下では、一概に標準化は困難であるが、集積リン酸の診断法としては第1図および第3図から水溶性リン酸浸出比1:100が最も簡便であると考えられる。本実験の現地土壤を用いた比較では、収量はリン吸収量の増加に応じて増加する傾向を示し、基準値の想定には到らなかった。しかしながら、高集積土壤での土壌リン酸評価法としては水溶性リン酸(1:100)の有効性が示された結果、今後は従来の可給態リン酸測定法に変わり、水溶性リン酸法での診断事例の集積が重要と思われる。



第2図 1/Vと1/Sの関係
Fig2. Relationship between 1/V and 1/S.



第3図 1/V、1/S plotから求めた各浸出比での溶出量推定値とリン吸収量との相関係数の変化(●硫酸系 ○硝酸系)
Fig3. Changes of correlation coefficient between estimated soluble phosphate in each eluent ratio from 1/V, 1/S plot and phosphorous uptake quantities.(●sulphate series ○nitrate series)