

有機質肥料を添加した畑土壌における無機態リン酸の動態

吉川 義一・西本 孝

(農学部土壌学・肥科学研究室)

Status of Inorganic Phosphorus in the Upland Field Soil Treated with Organic Fertilizer

Giichi YOSHIKAWA and Takashi NISHIMOTO

Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture

Abstract : Status of inorganic phosphorus in the soil incubated aerobically with the addition of organic fertilizer or organic phosphorus compound was studied. Calcium, aluminium, and iron phosphates (Ca-P, Al-P, and Fe-P) of the incubated soil were determined by Sekiya's method, and the available phosphorus was determined by Bray's No. 1. and No. 2. methods.

In the soil incubated with the addition of rape-seed meal, the amounts of Ca-P, Al-P, available phosphorus, and inorganic nitrogen increased gradually with time. The amount of Fe-P was kept approximately constant throughout incubation period. The rate of mineralization of rape-seed meal phosphorus was about 40% after 9 weeks incubation.

In the soil incubated with the addition of konnyaku-tachiko, the amounts of inorganic phosphorus (sum of the amounts of Ca-P, Al-P, and Fe-P) and available phosphorus decreased initially and then gradually increased. Inorganic nitrogen content of the soil was kept at a lower level for initial 2 or 3 weeks, and increased correspondingly with the increase of the amount of inorganic phosphorus.

The amounts of inorganic phosphorus and available phosphorus in the soil incubated with the addition of coffee-extraction residue decreased slightly with time. Inorganic nitrogen content was kept at a lower level throughout incubation period.

The levels of inorganic phosphorus, available phosphorus, and inorganic nitrogen in soil increased markedly by the incubation with yeast ribonucleic acid. Within a week, the rate of mineralization of nucleic acid phosphorus reached about 100%. It was suggested that Ca-P was at first formed in the soil and this was changed gradually to Al-P with time. The mineralization of phytin phosphorus in soil was much slower than that of nucleic acid.

緒 言

有機質肥料を施用した畑土壌における無機態窒素の動態については、多くの研究があるが、無機態リン酸の動態についてはほとんど検討されていない。本研究は、畑土壌における無機態リン酸の動態に対する有機質肥料施用の影響を明らかにするための一研究として、土壌に有機質肥料あるいは関連有機リン化合物を添加して、畑状態におけるインキュベーション実験をおこない、これらの添加が、土壌の無機態リン酸の含量と組成、可給態リン酸含量、および無機態窒素含量にどのような影響をおよぼすかを検討したものである。

試料と実験法

1. 試料

有機質肥料として、肥効が高く、代表的有機質肥料と考えられる菜種油かす（普通肥料）、窒素ならびにリン酸の含有率が菜種油かすに比べて低いのみならず、易分解性の炭水化物を多く含むこ

とを特徴とするこんにゃく飛粉（特殊肥料），難分解性で肥効は著しく低いことが知られている¹⁾ コーヒーかす（特殊肥料），関連有機リン化合物として核酸およびフィチンを供試した。

菜種油かす 日本興油・水島工場製「菜種油かす粉末」をさらに 1mm 以下に粉碎して供試した。

こんにゃく飛粉 清水万蔵商店三原工場製のを供試した。こんにゃく飛粉は，こんにゃくいもを原料としてこんにゃく粉を製造する際に多量に副産される，ぬか様の細粉である。その肥料的性質については，既に予備的な検討をおこなっている²⁾。

コーヒーかす 喫茶店の廃棄コーヒーかすを風乾後 1mm 以下に粉碎して供試した。

核酸 P-L Biochemicals Inc. (Milwaukee) 製の酵母リボ核酸を供試した。

フィチン 和光純薬工業製のフィチン酸カルシウムを供試した。

各試料の化学組成は，Table 1. にしめすとおりである。なお，分析法は次のとおりである。

全炭素 腐植含量の低い土壌の風乾粉碎物と，これに一定量の試料を添加し，よく混和したもののについて，全炭素を簡易滴定法（Tyulin 法）で定量し，両者の値から計算によって求めた。

全窒素 硫酸分解液について水蒸気蒸留法（ホウ酸で受ける方法）

全リン酸 硫硝酸分解液について光吸収分析法（硫酸・モリブデンブルー法）

全カリ 灰化物を塩酸に溶解し，炎光分析法

全カルシウム 灰化物を塩酸に溶解し，EDTA を用いるキレート滴定法（逆滴定法）

全マグネシウム 灰化物を塩酸に溶解し，EDTA を用いるキレート滴定法（逆滴定法）で（Ca + Mg）および Ca を定量し，計算によって求めた。

2.5%酢酸可溶性リン酸 土壌のカルシウム型リン酸定量（後述）の場合とほぼ同様に，2.5%酢酸を添加して 2h 往復振とうし，浸出されたリン酸を光吸収分析法（塩酸・モリブデンブルー法）で定量した。

Table 1. Chemical composition of the materials used

Material	Rape-seed meal	Konnyaku tachiko	Coffee extraction residue	Nucleic acid	Phytin
Total C %	35.3	33.2	41.5		
Total N %	5.68	2.01	1.96	14.0	0.21
Total P ₂ O ₅ %	2.55	0.78	0.16	18.3	35.3
2.5% Acetic acid soluble P ₂ O ₅ %	0.29	0.32			6.37
Total K ₂ O %	1.45	3.00	0.27		0.18
Total CaO %					25.9
Total MgO %					2.54

2. 土 壤

南国市物部，高知大学農学部付属農場内放牧地で採取した土壌の風乾細土を供試した。その一般の性質は Table 2. にしめすとおりである。なお，分析法は次のとおりである。

土 性 国際土壤学会法

全炭素 簡易滴定法（Tyulin 法）

全窒素 硫酸分解液について水蒸気蒸留法（ホウ酸で受ける方法）

全リン酸 硫硝酸分解液について光吸収分析法（硫酸・モリブデンブルー法）

pH ガラス電極法

酸度 Kappen 法

交換性 (Ca+Mg) N 塩化カリウム浸出液について EDTA を用いるキレート滴定法 (逆滴定法)

カチオン交換容量 N 酢酸アンモニウムで飽和させ、95%アルコールで洗浄する方法

リン酸吸収係数 本邦土性調査法、液温を 30°C 定温とし、リン酸を光吸収分析法 (塩酸・モリブデンブルー法) で定量した。

Table 2. General properties of the soil* used

Soil texture	Coarse sandy loam
Total C %	1.14
Total N %	0.117
Total P ₂ O ₅ %	0.131
pH (H ₂ O)	5.8
pH (N KCl)	4.7
Exchange acidity y ₁	0.3
Hydrolytic acidity y ₁	11.5
Cation exchange capacity meq/100g	8.6
Exchangeable (Ca+Mg) meq/100g	5.7
Phosphate absorption coefficient	280

* Air-dried fine soil

3. インキュベーション法

100 ml のビーカーに土壌 50g と一定量の試料を入れ、よく混和した後、蒸留水 11.0 ml (容水量* の50~55%に相当) を添加し、小サジでよく混ぜ、アルミ箔でおおって 30°C の恒温器に入れた。1週ごとに減量相当の蒸留水を添加し、小サジで混ぜ、水分均一化と通気を図った。

* 25 ml 容のグーチルツボの底面に濾紙を密着させ、風乾細土を静かに充填した。水深 0.5 mm の水中に 24 h 放置後、土壌の一部を秤皿ピンに採った。以下、農学会法に準じて容水量 (疎状態) を求めた。

4. 無機態リン酸の分別定量法

インキュベーションをおこなった土壌を風乾し、2 mm 以下に粉碎後、関谷の方法³⁾ に準拠して無機態リン酸を次のように分別定量した。なお、分別操作は 25°C 定温でおこない、振トウは 130 往復/min とした。

1) カルシウム型リン酸 (Ca-P)

2.5%酢酸 100 ml を 250 ml のポリエチレン製細ロビンにとり、土壌 1g を添加し、2h 振トウした。小型漏斗を用いて吸引濾過後、土壌をN塩化アンモニウムで洗浄した (1回 10 ml, 計 100 ml)。濾液と洗液を合わせて定容とした後、リン酸を光吸収分析法 (塩酸・モリブデンブルー法) で定量した。

2) アルミニウム型リン酸 (Al-P)

1) の濾紙上の土壌をNフッ化アンモニウム (pH 7.0) 100 ml を用いてもとの容器にもどし、1h 振トウした。小型漏斗を用いて吸引濾過し、濾液についてリン酸を1) と同じ方法で定量した。*

* ホウ酸溶液を添加し、フッ素イオンの影響を除いた。

3) 鉄型リン酸 (Fe-P)

2)の土壤を塩化ナトリウム飽和溶液 100 ml で洗浄した。土壤を 0.1 Nカセイソーダ 100 ml を用いてもとの容器にもどし, 18h 振トウした。濾液について予め活性炭処理をおこなった後, リン酸を光吸収分析法(硫酸・モリブデンブルー法)で定量した。

分別定量は2あるいは3回おこない, 平均値を採用した。なお, 供試風乾細土と試料の混合物についても, 同様の分別定量をおこない, インキュベーション開始時の値とした。

5. 可給態リン酸定量法

インキュベーションをおこなった後風乾し, 2mm 以下に粉碎した土壤について, 可給態リン酸を定量した。可給態リン酸定量法には多くの方法があるが, ここでは, Bray らの第一法 (Bray-1) および第二法 (Bray-2)⁴⁾ に準拠して, 次のようにおこなった。

25°C の Bray の第一液あるいは第二液* 100 ml を 250 ml のポリエチレン製細ロビンにとり, 土壤 2g を添加し, 直ちに 60 sec 振トウ (130 往復/min) した。吸引濾過し, 濾液のリン酸を光吸収分析法 (塩酸・モリブデンブルー法) で定量した**。

* 第一液 0.0250N 塩酸中にフッ化アンモニウムを 0.0300N の濃度を含む液, 第二液 0.100N 塩酸中にフッ化アンモニウムを 0.0300N の濃度を含む液, 両液の調製にあたっては, 特級フッ化アンモニウムを使用し, 便宜上アンモニア態窒素について所定濃度とした。

** ホウ酸液を添加し, フッ素イオンの影響を除いた。

6. pH 測定と無機態窒素定量法

インキュベーションをおこなったビーカー中の土壤を, 蒸留水を用いて 300 ml の共栓三角フラスコに移し, 蒸留水を追加して液全量を 125 ml とした。5min 振トウした後, 懸濁液の pH をガラス電極法で測定し, 次いで Bremner らの方法⁵⁾ に準拠して無機態窒素を定量した。先ず, 塩化カリウム結晶を 2M の濃度になるように添加し, 1h 振トウした後濾過し, 2M 塩化カリウムで洗浄して無機態窒素を浸出した。浸出液について, 酸化マグネシウム添加による弱アルカリ性下で水蒸気蒸留 (ホウ酸で受ける方法) してアンモニア態窒素を定量し, 同様に弱アルカリ性下で, デバルダ合金による還元と水蒸気蒸留 (ホウ酸で受ける方法) をおこない, 無機態窒素全量を定量した。そして, 無機態窒素全量とアンモニア態窒素との差を硝酸態窒素量とした*。なお, 供試風乾細土と試料の混合物についても, 同様に pH の測定と無機態窒素の定量をおこない, インキュベーション開始時の値とした。

* 厳密には硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の合量であるが, ここでは後者を無視した。

結 果

1. 菜種油かす添加と土壤の無機態リン酸および無機態窒素

土壤 50g に菜種油かすを 1.569g (土壤 100g あたり P_2O_5 として 80.0 mg, N として 177.6 mg) 添加してインキュベーションをおこなった。結果は Fig.1. および Table 3. にしめすとおりである。

無添加土壤 (対照) においては, インキュベーションによって Ca-P, Al-P, Fe-P の量およびこれらの合計量 (以下, 「無機態リン酸全量」と呼ぶ) に大きな変化は認められない。しかし, 菜種油かす添加土壤においては, Fe-P 量はほとんど変化しないが, Ca-P と Al-P の量はインキュベーションとともに増大し, 無機態リン酸全量は, インキュベーション開始時に比べ著しく高くな

る。なお、菜種油かす添加土壌の無機態リン酸全量は、インキュベーション開始時において、既に無添加土壌に比べて高い値をしめす。菜種油かすに含まれる無機態リン酸によると考えられ、供試風乾細土の無機態リン酸全量に、添加した菜種油かす中の2.5%酢酸可溶性リン酸の量を加えると、菜種油かす添加土壌のインキュベーション開始時の無機態リン酸全量とほとんど等しくなる。

菜種油かす添加土壌の可給態リン酸の量は、初めより無添加土壌に比べて高く、インキュベーションとともに無機態リン酸全量の増大とはほぼ平行して増大する。無機態リン酸全量の場合と同様に、インキュベーション開始時における可給態リン酸量は、無添加土壌に比べて高い。菜種油かすに含まれる無機態リン酸によると考えられる。

無機態窒素全量も、インキュベーションによって速かに著しく増大し、無添加土壌に比べてそのレベルは著しく高くなる。アンモニア化成、硝酸化成の進行に対応して、土壌 pH は急激に上昇した後低下する。

インキュベーションをおこなった土壌の無機態リン酸全量とインキュベーション開始時の無機態リン酸全量の差から、インキュベーションによる無機態リン酸の増加量を求め、菜種油かす含有有機態リン酸の無機化率を求めた結果は Table 4. にしめすとおりである。また、窒素について同様の計算をした結果は、Table 5. にしめすとおりである。なお、菜種油かすに含まれる有機態リン酸量は全リン酸と 2.5

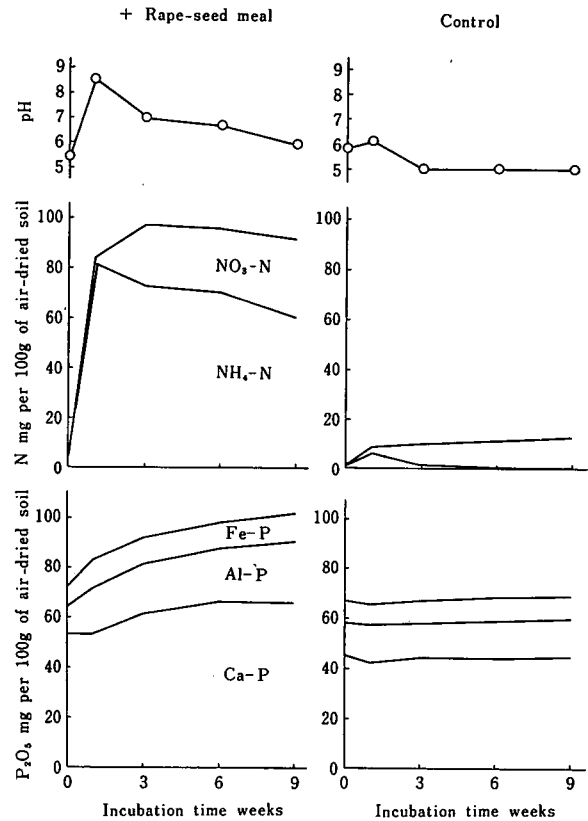


Fig. 1. Amounts of inorganic phosphorus and inorganic nitrogen in the soil incubated aerobically with the addition of rape-seed meal

Table 3. Amount of available phosphorus in the soil incubated aerobically with the addition of rape-seed meal
P₂O₅ mg per 100g of air-dried soil

Incubation time weeks	+Rape-seed meal		Control	
	Bray-1	Bray-2	Bray-1	Bray-2
0	10	22	4	17
1	13	24	4	17
3	22	28	5	17
6	26	34	5	18
9	26	39	5	18

%酢酸可溶リン酸量の差より、有機態窒素量は全窒素と無機態窒素量の差より求めた。

菜種油かすに含まれる有機態リン酸の無機化率は、初め窒素に比べて低く、その後増大して窒素の無機化率に近づく。リン酸の無機化は、窒素に比べてやや遅いことがうかがわれる。しかし、2.5%酢酸可溶リン酸の含量からうかがわれるように、菜種油かすは、全リン酸の1割前後の無機態リン酸を含むと考えられ、実際には、この無機態リン酸と土壤中で無機化したリン酸の両者が肥効を呈することとなる。

Table 4. Increase of inorganic phosphorus in soil by the incubation with rape-seed meal and mineralization rate of organic phosphorus from rape-seed meal

Incubation time weeks	Organic P added mg* (A)	Increase of inorganic P		Mineralization rate $\frac{B-C}{A} \times 100$
		+Rape-seed meal mg* (B)	Control mg* (C)	
1		11	-2	19
3		20	0	28
6	71**	26	2	34
9		30	2	39

* As P₂O₅, per 100g of air-dried soil

** Calculated by subtracting the amount of 2.5% acetic acid soluble phosphorus from the total amount of phosphorus in rape-seed meal added.

Table 5. Increase of inorganic nitrogen in soil by the incubation with rape-seed meal and mineralization rate of organic nitrogen from rape-seed meal

Incubation time weeks	Organic N added mg* (a)	Increase of inorganic N		Mineralization rate $\frac{b-c}{a} \times 100$
		+Rape-seed meal mg* (b)	Control mg* (c)	
1		79	7	41
3		92	9	47
6	175**	92	10	47
9		87	11	43

* Per 100g of air-dried soil before the addition of rape-seed meal

** Calculated by subtracting the amount of inorganic N from the total amount of N in rape-seed meal added.

2. こんにゃく飛粉添加と土壤の無機態リン酸および無機態窒素

土壤 50g にこんにゃく飛粉を 1.990g (土壤 100g あたり P₂O₅ として 31.0 mg, Nとして 80.0 mg) 添加してインキュベーションをおこなった。結果は、Fig. 2. および Table 6. にしめすとおりである。

インキュベーション開始時において、こんにゃく飛粉添加土壤の無機態リン酸全量は、無添加土壤 (Fig. 1.) よりも明らかに高い値をしめている。こんにゃく飛粉に含まれている無機態リン酸によると考えられ、無機態リン酸全量は、供試風乾細土の無機態リン酸全量と添加したこんにゃく飛粉に含まれる 2.5%酢酸可溶リン酸の量の和とほぼ等しい。

インキュベーションにともなう無機態リン酸量と可給態リン酸量の変化は、菜種油かす添加土壤

の場合と著しく異なる。無機態リン酸全量は、初期急減し、次いで増大して約3週間でもとのレベルに回復し、ひき続き増大した後ほぼ一定となる。以上の変化は、主として Ca-P の増減によるもので、Al-P と Fe-P の量はほぼ一定に保たれる。可給態リン酸量は、無機態リン酸全量の変化と対応して、初め無添加土壌よりも高く、急減後増大して無添加土壌よりも著しく高くなる。

無機態窒素全量の変化も、無機態リン酸全量の変化と対応しており、初期減少して無添加土壌よりも低い値をしめし、その後増大して無添加土壌よりも高くなる。硝酸化成速度が大きく、菜種油かす添加土壌に比べ pH 低下が著しい。

こんにゃく飛粉添加土壌における、上記のような無機態リン酸全量、可給態リン酸量、および無機態窒素全量の変化、特にインキュベーション初期におこる減少は、こんにゃく飛粉が易分解性の炭水化物を多く含むこと、リン酸および窒素の含有率が低いこと、リン酸については無機態のものが比較的多いことなど、こんにゃく飛粉の組成に基因すると考えられる。そして、初期の減少は、土壌あるいは添加したこんにゃく飛粉由来する無機態のリン酸および窒素の、微生物的有機化の過程をしめすと考えられる。

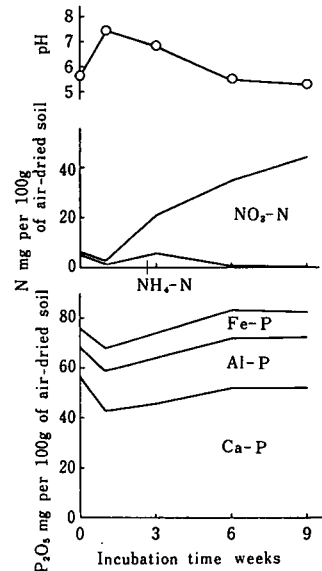


Fig. 2. Amounts of inorganic phosphorus and inorganic nitrogen in the soil incubated aerobically with the addition of Konnyaku-tachiko

Table 6. Amount of available phosphorus in the soil incubated aerobically with the addition of konnyaku-tachiko
P₂O₅ mg per 100g of air-dried soil

Incubation time weeks	Bray-1	Bray-2
0	15	27
1	5	15
3	8	20
6	11	27
9	10	25

3. コーヒーかす添加と土壌の無機態リン酸および無機態窒素

土壌 50g にコーヒーかすを 1.276g (土壌 100g あたり P₂O₅として 4.1 mg, Nとして 50.0 mg) 添加してインキュベーションをおこなった。結果は Table 7. にしめすとおりである。

コーヒーかす添加土壌の無機態リン酸全量および可給態リン酸量は、インキュベーションによって僅かに減少し、土壌の無機態リン酸の有機化、あるいは土壌リン酸の可給性の低下が徐々に進行することが認められる。無機態リン酸全量の減少は、Al-P 量と Fe-P 量の減少による。無機態窒素全量もインキュベーションによって減少し、実験期間中著しく低いレベルに保たれる。コーヒーかすは、リン酸および窒素の含有率が低いのみならず、難分解性で土壌中における分解は極めて緩やかに進行し、これにともなって土壌の無機態リン酸と窒素の微生物的有機化も、緩やかに長期間継続されると考えられる。

Table 7. Amounts of inorganic phosphorus, available phosphorus, and inorganic nitrogen in the soil incubated aerobically with the addition of coffee-extraction residue

	Incubation time weeks	Inorganic P mg*				Available P mg*		Total inorganic N mg**	pH
		Ca-P	Al-P	Fe-P	Sum	Bray-1	Bray-2		
+Residue	0	41	14	9	64	4	15	1.9	5.6
	12	41	12	7	60	2	11	0.8	6.2
Control	0	45	13	8	67	4	17	1.9	5.8
	12	45	17	8	70	5	18	11.9	5.1

* As P₂O₅, per 100g of air-dried soil

** Per .100g of air-dried soil before the addition of coffee-extraction residue

4. 核酸添加と土壌の無機態リン酸および無機態窒素

土壌 50g に核酸を 0.218g (土壌 100g あたり P₂O₅ として 80.0 mg, Nとして 61.1 mg) 添加してインキュベーションをおこなった。結果は, Fig. 3. および Table 8. にしめすとおりである。また, 菜種油かす添加の場合 (Table 4, Table 5.) と同様にして, 核酸のリン酸および窒素の無機化率を求めた結果は, Table 9. にしめすとおりである。

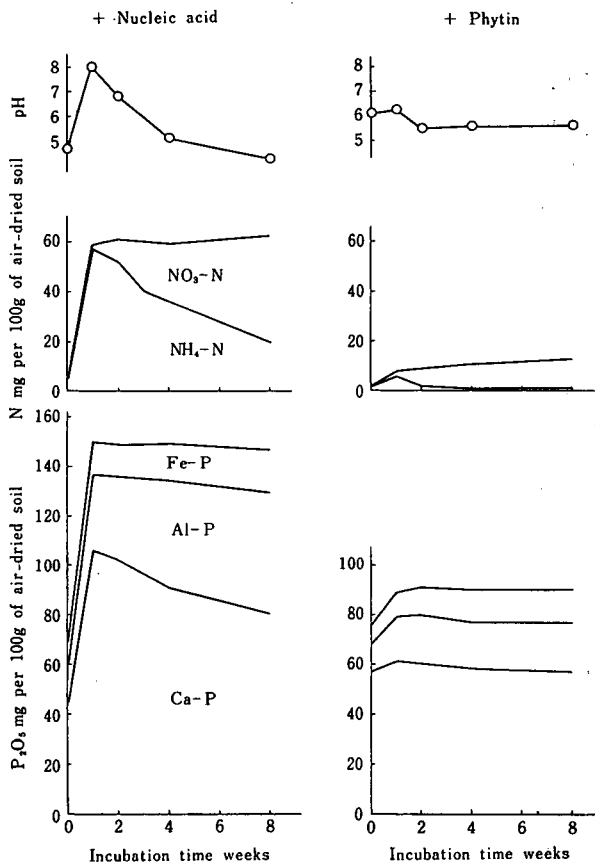


Fig. 3. Amounts of inorganic phosphorus and inorganic nitrogen in the soil incubated aerobically with the addition of nucleic acid or phytin

の無機化率を求めた結果は, Table 9. にしめすとおりである。

インキュベーションとともに, 核酸のリン酸の無機化は急速に進行し, 無機化率から, 無機化は1週間以内にほぼ完了することがうかがわれる。核酸が土壌微生物によって比較的速かに分解され, 無機態リン酸を遊離することについては, Greaves らも報告している⁶⁾。無機態リン酸の増大を形態別でみると, 初め Ca-P が著しく増大し, 次いで Ca-P は次第に減少し, Al-P と Fe-P, 特に前者が増大する。Ca-P から Al-P への形態変化が推察される。

窒素の無機化も急速に進行し, 無機化率は, 速かに85%程度に達した後ほぼ一定となる。アンモニア化とこれに続く硝酸化の速かな進行にともなって, 土壌の pH は急激に上昇, 次いで低下する。上記の Ca-P から Al-P への形態変化には, 土壌 pH の低下が密接な関係をもつと考えられる。リン酸の無機化と対応して, 可給態リン酸も増大し, 著しく高い値をしめす。

Table 8. Amount of available phosphorus in the soil incubated aerobically with the addition of nucleic acid or phytin
 P_2O_5 mg 100g of air-dried soil

Incubation time weeks	+ Nucleic acid		+ Phytin	
	Bray-1	Bray-2	Bray-1	Bray-2
0	4	16	14	25
1	66	81	18	35
2	62	77	18	36
4	54	74	17	33
8	56	75	18	35

Table 9. Mineralization rates of phosphorus and nitrogen of nucleic acid and phytin in soil

	Incubation time weeks	Mineralization rate	
		P	N
+ Nucleic acid	1	102	82
	2	103	82
	4	103	77
	8	97	79
+ Phytin	1	18	
	2	24	
	4	22	
	8	17	

5. フィチンの添加と土壌の無機態リン酸および無機態窒素

土壌 50g にフィチンを 0.113g (土壌 100g あたり P_2O_5 として 80.0 mg) 添加してインキュベーションをおこなった。結果は、Fig. 3. および Table 8. にしめすとおりである。また、フィチンのリン酸の無機化率を計算した結果は、Table 9. にしめすとおりである。

インキュベーション開始時における、フィチン添加土壌の無機態リン酸全量および可給態リン酸量は、無添加土壌 (Fig. 1., Table 3.) よりもかなり高い値をしめている。供試フィチンに含まれる無機態リン酸によると考えられる。土壌の無機態リン酸全量は、インキュベーションとともに速かに増大し、フィチンリン酸の無機化率は、速かに20%前後に達するが、その後の変化は小さく、ほぼ一定に保たれる。可給態リン酸量は、無機態リン酸全量の変化とほぼ対応して変化する。無機態窒素の変化は、無添加土壌 (Fig. 1.) の場合とほとんど同じである。

本実験に供試したフィチンは、その化学組成 (Table 1.) からうかがわれるように、単一組成のものではなく、主成分のフィチン酸カルシウムのほか、無機態リン酸、フィチン酸カリウムのような易溶性フィチン、その他を含む純度のやや低いものであると考えられる。フィチン添加土壌において生成した無機態リン酸は、おそらく主成分であるフィチン酸カルシウムに由来するものではなく、混在するフィチン酸カリウムのような易溶性有機リン化合物に由来するものであると考えられる。Greaves ら⁷⁾ も、土壌微生物によるフィチンの分解について検討し、鉄塩、アルミニウム塩、カルシウム塩のような難溶性フィチンは、ナトリウム塩、カリウム塩のような易溶性フィチンに比べ、土壌微生物による分解を受けにくいことを報告している。

考 察

有機質肥料に含まれる窒素は、大部分が有機態で存在し、土壌中における無機化の速度あるいは過程が、その肥効と密接な関係をもつ。この点について、有機質肥料の炭窒率が重要な指標となることについては、周知のとおりである。

有機質肥料含有リン酸の無機化あるいは有効化についても、炭窒率に対応する炭リン率が重要であり、これによって、窒素の無機化の場合と類似の説明が可能であると考えられる。しかしながら、ここで次のような点に注意する必要がある。1) 有機質肥料は、一般に無機態リン酸をかなり含んでいると考えられる。2) 有機リン化合物の種類によって、土壌中における無機化速度は著しく異なると考えられる。3) 土壌中には、リン酸は窒素と対照的に、無機態でかなりの量が蓄積されている。有機質肥料含有リン酸の肥効を明らかにするためには、有機質肥料の組成と土壌の無機態リン酸レベルとの関係について、詳しい解析が必要であると考えられる。

核酸添加の場合に、土壌 pH の低下にともなって、Ca-P から Al-P への形態変化のおこることが認められた。このような変化は、菜種油かす添加土壌においてもうかがうことができる。予備的に、数種の非火山灰畑土壌について無機態リン酸の形態分析をおこなった所、共通して Ca-P の量に近い Al-P の蓄積が認められた。Fe-P の蓄積は、Ca-P と Al-P に比べてはるかに少なかった。畑土壌においては、硝酸化成、塩基溶脱、生理的酸性肥料施用などによる土壌酸性化の傾向が存在するが、これにともなって、Ca-P から Al-P への形態変化が比較的容易におこり、生成した Al-P は、比較的安定であると考えられる。土壌リン酸の形態とその変化は、リン酸の可給性と密接な関係をもつと考えられ、詳細な検討が必要である。

要 約

有機質肥料または関連有機リン化合物を添加して、畑状態におけるインキュベーションをおこなった土壌について、無機態リン酸の形態別定量（関谷法）、可給態リン酸の定量（Bray 法）、および無機態窒素の定量をおこない、次の結果をえた。

1) 菜種油かす含有リン酸の無機化は、その窒素の無機化に比べるとやや遅いが、比較的速かに進行し、土壌の無機態リン酸、特にカルシウム型およびアルミニウム型のリン酸の量を増大させる。これらの増大とともに、可給態リン酸量も増大する。

2) こんにゃく飛粉を添加すると、含有する無機態リン酸の効果で、当初は、土壌の無機態リン酸全量（カルシウム型、アルミニウム型、鉄型の各リン酸の量の和）および可給態リン酸量は増大するが、インキュベーションとともに急激に減少し、次いで増大する。無機態リン酸全量における上記の変化は、主としてカルシウム型リン酸量の変化による。無機態窒素量も、無機態リン酸全量、可給態リン酸量の変化に対応して、一旦減少した後増大する。

3) コーヒーかすを添加すると、無機態リン酸全量および可給態リン酸量は、インキュベーションとともに僅かに減少する。無機態窒素量は、実験期間を通じて著しく低いレベルに保たれる。

4) 核酸含有リン酸および窒素の無機化は速かに進行し、土壌の無機態リン酸全量、可給態リン酸量、および無機態窒素量を、速かに著しく増大させる。無機態リン酸については、初めカルシウム型リン酸が著しく増大し、次いでカルシウム型からアルミニウム型への形態変化のおこることが認められる。この変化は、硝酸化成の進行にともなう土壌 pH の低下と対応している。

5) フィチンを添加した場合、含有リン酸の一部の速かな無機化がおこる。

文 献

- 1) 林 義三編, 肥料の成分表 p. 59, 肥糧研究会 (1953)
- 2) 吉川義一・西本 孝, こんにゃく飛粉の肥料的性質, 高知大研報 (農学) 24, 35-42 (1975)
- 3) 土壤養分測定法委員会編, 土壤養分分析法, p. 238-239, 養賢堂 (1971)
- 4) Bray, R.H. and Kurtz, L.T., Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils, *Soil Sci.*, 59, 39-45 (1945)
- 5) Bremner, J.M. and Keeney, D.R., Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3, Exchangeable ammonium, nitrate, nitrite by extraction-distillation methods, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30, 577-582 (1966)
- 6) Greaves, M.P. and Wilson, M.J., The degradation of nucleic acids and montmorillonite-nucleic acid complexes by soil microorganisms, *Soil Biol. Biochem.*, 2, 257-268 (1970)
- 7) Greaves, M.P. and Webley, D.M., The hydrolysis of myoinositol hexaphosphate by soil microorganisms, *Soil Biol. Biochem.*, 1, 37-43 (1969)

(昭和52年9月30日受理)

(昭和53年2月3日分冊発行)

