

## 複合肥料粒子中の結晶物質とその畑土壤中での変化

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
巻/号	532
掲載ページ	p. 151-154
発行年月	1982年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## ノ ー ト

複合肥料粒子中の結晶物質と  
その畑土壤中での変化\*

長谷川和久\*\*

キーワード 粒状複合肥料, 結晶物質, X線回折,  
肥料粒子の水溶解, 火山灰土壌

## 1. 緒 言

複合肥料中の各種肥料成分がおもに複塩および結晶性物質の形で存在することは安藤<sup>1)</sup>, 早瀬<sup>2)</sup>, 池野<sup>3)</sup>らによって報告されている。しかし土壌へ施肥された複合肥料の変化を調べた例は少ない。そこで筆者は複合肥料を畑状態に施肥した場合の土壌における結晶物質の存在状況について検討した。

## 2. 実験方法および結果

1) 複合肥料および施肥土壌中の結晶物質の定性分析: 供試複合肥料としては高度化成として尿素リン加安(三要素成分比 18:18:18)と, 普通化成として硫酸化成(8:8:8)を用いた。

複合肥料中の結晶物質の定性分析は, めのうの乳鉢で粉状にしたものについてX線回折法によって行なった。

複合肥料を施肥した場合の土壌(以下施肥土壌とする)中の結晶物質の定性分析は次のように行なった。土壌は東京大学農学部付属田無農場表土(火山灰土壌, pH 6.31(H<sub>2</sub>O), 5.37(KCl))を風乾し, 100メッシュの篩を通過したものを用いた。この土壌 4.0g を直径 40mm, 深さ 20mm の円形ガラス容器に入れ, これに尿素リン加安 2.0g, 硫酸化成 1.0g を加え, ガラス棒でよく混合した。ここで肥料量が異なるのは土壌容積に占める肥料容量の割合を揃えるためである。次に最大容水量の 60% 相当量の蒸留水を土壌に加え, 畑水分状態にした。容器の口はパラフィルムで封じ, これを 26.5°C の恒温・恒湿室に入れ 70 日間放置した。その後開封して土壌を風乾し, 粉末にしてX線回折を行なった。

X線回折は理学電機製X線回折装置を用い, 次の条件で測定した。管球 CuK<sub>α</sub>, 電圧 30kV, 電流 16mA,

スリット幅 D.S 1mm, R.S 0.3mm, S.S 1mm。

第1表に原土, 供試複合肥料および施肥土壌の回折角度 2θ 6.1° から 38.4° までの格子面間隔と反射の結果を示した。原土には主要鉱物のアロフェンのほか石英と長石の存在が確認された。

2種類の供試複合肥料にはともに多くの反射がみられ, 回折ピークがオーバーラップしているようにみうけられるところもあった。肥料についての既知回折データから, 存在が認められる物質は次のとおりであった。なお物質の表示法は安藤<sup>1)</sup>の方法に準じた。

2種類の供試複合肥料に共通して認められるものは 23.7° の反射を示す (NH<sub>4</sub>, K) H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (1:1), 30.5° および 35.5° の反射物質である。これらの物質は施肥土壌中では反射が消失することから, 畑状態下で結晶が変化するものと考えられる。

複合肥料を個別にみると高度化成では (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>, K) H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> および CaSO<sub>4</sub> が同定された。普通化成では (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>, K)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1), CaSO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>・1/2 H<sub>2</sub>O および K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub>・H<sub>2</sub>O などである。

安藤<sup>1)</sup>は普通化成と高度化成に共通して含有される塩として, (NH<sub>4</sub>, K) H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> と NH<sub>4</sub>Cl をあげている。しかし本実験では NH<sub>4</sub>Cl (2θ: 相対強度 32.6°:100, 22.9°:34, 46.8°:24) についてみると普通化成, 高度化成ともに 22.9° には反射がみられず, また 39° 以上は測定しなかったため定性できなかった。

施肥土壌についてみると, 高度化成の場合供試肥料と共通して認められるものは 10.9° と 14.9° の反射物質である。普通化成の場合は (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>・1/2H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub>・H<sub>2</sub>O および 18.3°, 24.9° と 36.5° の反射物質などが共通してみられた。施肥土壌のみにみられた反射物質は γ-CaSiO<sub>4</sub> と推定されたが, 判然とは定性しがたかった。

以上の結果から, 畑状態で 70 日間放置後の土壌に残存する肥料由来の主要な結晶物質についてみると, 本実験のような施肥条件下では, 供試複合肥料中にみられた結晶物質, たとえば固溶体 (NH<sub>4</sub>, K)H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (1:1), (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub>, 固溶体 (NH<sub>4</sub>, K)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1), CaSO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub> は消失し, CaSO<sub>4</sub>・1/2 H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>・CaSO<sub>4</sub>・H<sub>2</sub>O などの石こう類や (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> などが残存するにすぎないといえる。

複合肥料中のリン酸塩が施肥後 70 日に土壌中では結晶として判然と定性されないことから, この間にリン酸塩は無定形あるいは非結晶の形態に変化したものと考えられる。

\* 本報告の一部は日本土壤肥料学会中部支部例会・研究会(1980年金沢)において発表した。

\*\* 石川県農業短期大学(921 石川県石川郡野々市町末松) 昭和 56 年 10 月 23 日受理  
日本土壤肥料学雑誌 第 53 卷 第 2 号 p.151~154 (1982)

第 1 表 供試複合肥料および施肥土壤中の結晶物質\*

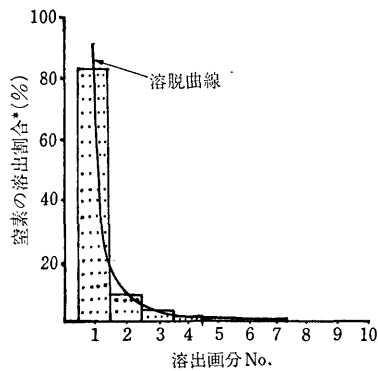
回折角度 $2\theta$	格子面間隔 $d(\text{\AA})$	原土	供試肥料		施肥土壤		物質
			尿素リン加安 18・18・18	硫安化成 8・8・8	尿素リン加安 18・18・18	硫安化成 8・8・8	
10.9	8.11		⊙		⊙	⊙	
11.5	7.69			○			
12.3	7.19				○		
12.4	7.13					○	
12.5	7.08	○					
13.2	6.70					○	
13.6	6.51		○				$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$
13.9	6.37				○		
14.7	6.02					○	
14.9	5.94		⊙		⊙		
15.4	5.75			○			
15.9	5.57		○				
16.4	5.40				○		
16.6	5.34			○			
16.8	5.27	○				○	
16.9	5.24		○				$(\text{NH}_4, \text{K})\text{H}_2\text{PO}_4$
17.5	5.06		○				
17.9	4.95		○				
18.2	4.90				○		
18.3	4.80			⊙		⊙	
18.6	4.77		○				
18.7	4.74					○	
19.0	4.67			○			
19.6	4.52			○			
19.9	4.46	○					
20.5	4.33	○					
20.7	4.29			○			$(\text{NH}_4, \text{K})_2\text{SO}_4(1:1)$
20.8	4.27	●	●		●	●	quartz
21.1	4.21		○				
21.5	4.13		○				
21.9	4.05	●			●	●	feldspar
22.2	4.00		○				$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
22.3	3.98			○			
22.7	3.91	○					
22.8	3.90			⊙	⊙	⊙	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
23.7	3.75		⊙	⊙			$(\text{NH}_4, \text{K})\text{H}_2\text{PO}_4(1:1)$
23.8	3.73	○					
24.1	3.69					○	
24.6	3.61		○				
24.9	3.57			⊙		⊙	
25.3	3.52		○				
25.4	3.50			○			$\text{CaSO}_4, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$
26.6	3.35	●			●	●	quartz
29.3	3.04		○				$\text{CaCO}_3$
29.6	3.01				⊙	⊙	$\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$
29.8	2.99		○				
30.1	2.96				○		
30.2	2.95	○					
30.4	2.94					○	
30.5	2.93		⊙	⊙			$\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$

第1表 (つづき)

回折角度 2θ	格子面間隔 d(Å)	原土	供試肥料		施肥土壌		物質
			尿素リン加安 18・18・18	硫酸化成 8・8・8	尿素リン加安 18・18・18	硫酸化成 8・8・8	
30.7	2.91		○				
30.8	2.90				○		
31.1	2.87			○			
31.3	2.85		○				CaSO <sub>4</sub>
31.4	2.84			○			
31.7	2.82		○				
31.8	2.81			◎		◎	CaSO <sub>4</sub> ・1/2H <sub>2</sub> O
32.1	2.78				○		
32.6	2.74			◎		◎	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ・CaSO <sub>4</sub> ・H <sub>2</sub> O
33.3	2.70			○			
33.4	2.68		○				
33.7	2.66			○			
33.8	2.65		○				(NH <sub>4</sub> , K)H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
34.3	2.61		○				

\* 回折角度 10.9° 以下, 25.4°~29.3° および 34.3° 以上の反射の表示は省略した.

○, 反射を示すもの; ◎, 肥料および施肥土壌で反射を示すもの; ●, 原土, 肥料および施肥土壌共通に反射を示すもの.



第1図 尿素リン加安粒子からの窒素成分の溶出状況

\* 溶出全量を 100% とする.

2) 水の滴下による複合肥料粒子からの窒素成分の溶出: 尿素リン加安1粒を少量の脱脂綿で包むようにして、漏斗台に固定した口径 75mm のガラス漏斗の中心に置いた。この肥料粒子の真上約 4cm から、内径 1mm のビニール管によって毎分 2.5 ml の速度で蒸留水を滴下させた。肥料成分の水溶液は1画分 10ml とし、合計 10 画分 100ml を連続的に試験管に取った。溶出液中の窒素は尿素態窒素をウレアーゼ法<sup>9)</sup>でアンモニア態窒素に変えたのち、コンウェイの微量拡散分析法<sup>4)</sup>で定量した。

尿素リン加安からの窒素成分の溶出割合を第1図に示した。見かけ上第7画分までの 70ml の水で窒素成分がほぼ溶出した。その保証成分量から窒素成分の回収率

を概算してみると約 87% であり、第1画分の 10ml で保証成分量の約 80% が溶出した。

一方供試複合肥料の平均一粒重は前報<sup>5)</sup>のとおり 10.8 mg であったが、この実験には粒重 30.7mg の大きい粒子を供試した。このことから考えて、1個の尿素リン加安粒子に含まれる窒素成分の大部分は、通常約 10ml の水と比較的短時間接触することによって溶出するものとみなされる。

また畑へ複合肥料を施用する場合、分施するのが一般的である。供試複合肥料を 10a 当り窒素成分で 6kg を表面散布するとき、1m<sup>2</sup> 当り 33g となり、粒数に換算すると 1cm<sup>2</sup> 当り約 3粒となる。したがって雨量あるいは散水量が 30mm に達すると、施肥した複合肥料がほとんど溶解するものと考えられる。ちなみに北陸地方(金沢・富山)の春・秋の平均月間降水量<sup>6)</sup>は畑作物の生育旺盛な 5, 6月で 130~200mm, 9, 10月で 100~300mm である。したがって施肥された土壌表面の複合肥料粒子は 5, 6月で約 4~7日, 9, 10月で 3~10日経過すると粒径がほとんど崩壊し、肥料成分が溶解することになる。

### 3. まとめ

粒状複合肥料を施肥し、畑条件に保った火山灰土壌における肥料由来の結晶物質について検討した。施肥後 70 日目において、土壌に見出される肥料由来の結晶物質は石こう類および硫酸であり、リン酸塩は検出されなかった。しかし窒素成分の水による溶出はきわめて速

く、最初の 10 ml で 1 粒子に含有される窒素量の約 80 % が溶出された。

謝 辞 本研究を行なうに当り結晶物質の定性に際し、ご教示とご便宜をいただいた農水省農業技術研究所北川靖夫博士および金沢大学理学部地学科教授杉浦精治博士に深謝致します。

#### 文 献

- 1) 安藤淳平：肥料の結晶学的諸問題，化学と工業，17，209～218 (1964)
- 2) 安藤淳平：化成肥料の研究，p. 269，日新出版 (1965)
- 3) 安藤淳平：化成肥料の研究，p. 147，日新出版 (1965)
- 4) BREMNER, J. M.: Methods of Soil Analysis, p. 1206, American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Madison (1965)
- 5) 長谷川和久：粒状複合肥料の粒径組成，硬度および比重，土肥誌，53，35～38 (1982)
- 6) 早瀬達郎・吉田信雄・田中房江：複合肥料の組成々分に関する研究 (第 2 報)，農技研肥料化学科資料，100 号，1～25 (1965)
- 7) 池野亮当：磷酸塩の化学と応用，p. 96，化学工業社 (1968)
- 8) 東京天文台編：理科年表，第 52 冊，頁 18 (1979)
- 9) 山添文雄・越野正義・藤井国博・三輪審太郎：改訂詳解肥料分析法，p. 54，養賢堂 (1973)