

氏名・(本籍)	その だ よう じ 鹵 田 洋 次 (福岡県)
学位の種類	農 学 博 士
学位記番号	農 第 11 号
学位授与年月日	昭和40年12月9日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和31年3月 東北大学大学院農学研究科修士課程修了
学位論文題目	化成肥料の本態およびその肥効に関する 研究
論文審査委員	教授(主査)藤 原 彰 夫 教授 内 山 修 男 教授 輪 田 潔

論 文 内 容 要 旨

近年、単肥の消費が年々減少の傾向を辿るのに反して、化成肥料の消費量の伸展は実に驚異的であり、肥料工業の分野において化成肥料が占める地位はきわめて重要なものがある。

かかる化成肥料の飛躍的な発展にともない、その銘柄も数多く生産されて、より複雑性を加えているが、一方では肥効、施用法あるいは価格の面などでは多くの問題が残されている現状である。換言すれば単肥に対する相対経費の高低、造粒を施してあるための施肥その他取扱いに対する合理性、単肥、配合肥料に対する肥効上の優劣などそれらの個々について重要な課題が包含されている。

このように複雑化してきた化成肥料を系統立て、かつその肥効の本質を明確にすることは現在直面している肥料製造上ならびに施肥上の諸問題を解決する上にきわめて意

義が大きいと考えられる。

従来、化成肥料に関する文献や資料はその多くが工学的分野で占められており、主として製造法や工程における原料の化学的変化などに関係した研究に限られている。これに反して土壤肥料学的立場からの研究は数少く、しかも最近の化成肥料を対象とし、その性状、肥効について詳細に研究されたものはほとんどない。

肥料の肥効発現については、肥料自体が具有している諸性質、換言すれば内的諸因子による影響と、種々の環境条件たとえば気象、土壤型、作物の種類、または耕種法などの外的諸因子による影響とに分けて考えられる。肥効は、これら内、外両面の因子が明確にされ、栽培試験の結果と相俟つて始めてその真価が決定されるものと考えられ得る。

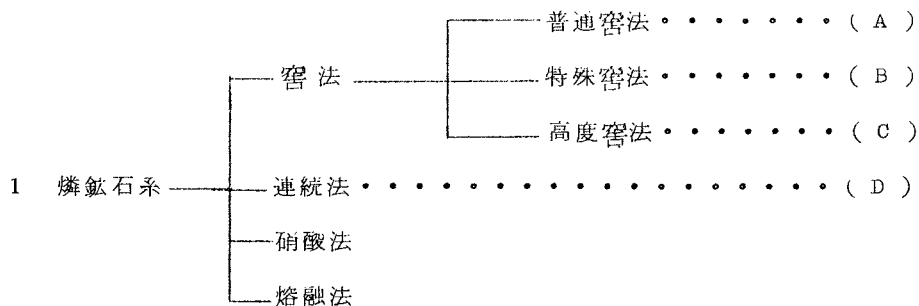
この研究は上記の考え方にしたがひ、土壤肥料学的見地から化成肥料について解析を行い、その本態および肥効発現の理論を明確にしたものである。

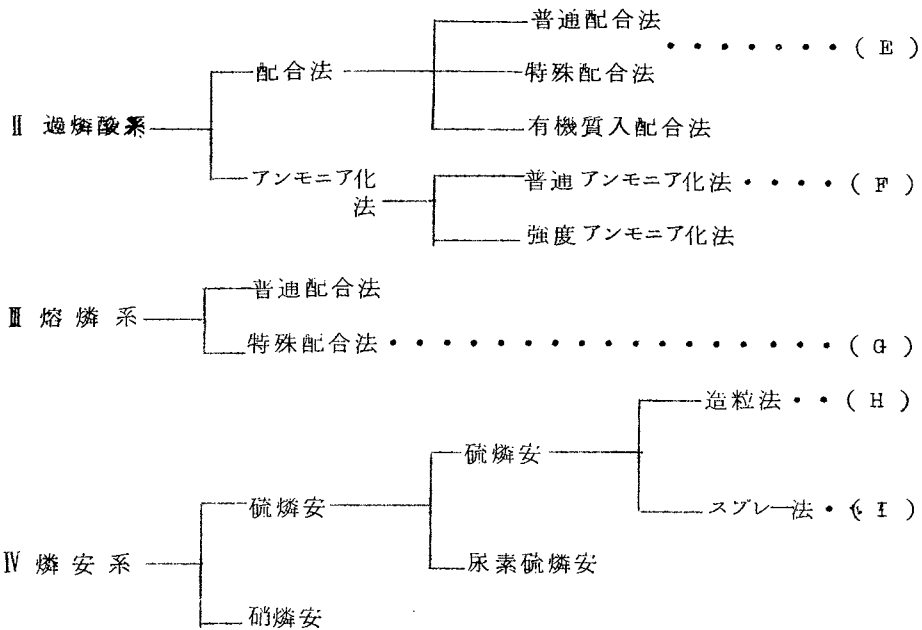
I 低度化成肥料の分類、性質および肥効について（第1～7章）

i) 低度化成肥料の分類

供試した化成肥料は代表的な市販品20余種類であり、これらを使用原料である燐酸源を主体とした面から分類した。

表1 燐酸源を主とした化成肥料の分類





ii) その物理的、化学的性質

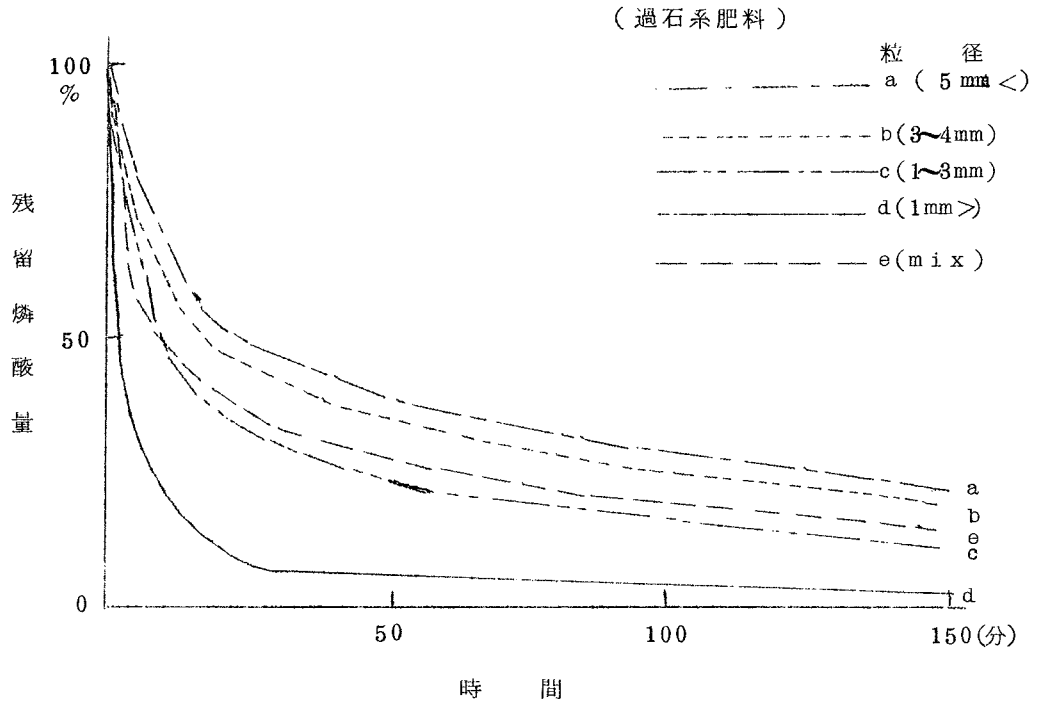
低度化成肥料の肥効を明らかにするため、それが具有する物理的、化学的および生物学の性質について解析を試み肥効と関連性を有すると思われる諸要因を解明した。

まず物理的性質として、粒径の分布、全表面積、硬度、密度および吸湿度などを対象として調べたが、これらの諸性質は個々の間で緊密な相互関係を有しており、かつ肥効との間に深い関連性もたれていることが示された。これら諸性質のうち、特に粒径の大きさ、全表面積および密度は肥料成分の溶出速度を規制するところから、肥効に対して演ずる役割はとくに重要であると考えられる。

また化学的性質として pH 値、含有成分および各種成分の水に対する溶解度などについて調べたが、これらのうち肥料成分の溶解度が肥効と最も密接な関係にあると推察された。

肥料別の水に対する溶解度では全表面積が大きく、密度が小さい試料において最も溶出率が高い。粒度別による比較では一般に粒径の大きなものが溶出し難いという結果が得られた。

図1 粒度別による磷酸溶解速度



このように肥料成分の溶解度は肥料自体の物理的諸因子によつて支配されるが、これは単に土壤中における肥効の遅速を規制するのみでなく、肥料成分の溶脱損失を防止する点からも肥効に対して重要な因子である。

iii) その鉱物学的性質

鉱物学的性質として、肥料の粒子内部における化学構成成分ならびにその構成状態など種々の鉱物学的要素を対象としたが、かかる肥料の粒子内部構造を解析するため x 線 (Debye Scherrer の粉末法) および鉱物顕微鏡による研究方法を採用した。

x 線廻折の結果から、製法別の試料毎に生成が可能と推定される各種の塩類をほぼ同定、確認し得た。

表 2 x線廻折による同定物質

使用肥料名	製法	同定物質	ほぼ同定に近い物質
I A ₂	磷 鉍 石 系 普 通 窖 法	CaSO ₄ ·1/2H ₂ O, KH ₂ PO ₄	CaHPO ₄
I C ₁	高 度 窖 法 "	CaHPO ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄ , K ₂ HPO ₄
I D	連 統 法 過 燐 酸 系	CaSO ₄	—
II F	普 通 アンモニア化法 燐 安 系	CaHPO ₄ ·2H ₂ O	NH ₄ H ₂ PO ₄ , (NH ₄) ₂ SO ₄ NH ₄ H ₂ PO ₄ , KH ₂ PO ₄ (NH ₄) ₂ SO ₄
IV H ₁	造 粒 法	K ₂ HPO ₄	
IV H ₃	同 上 燐 安 系	(NH ₄) ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄ , NH ₄ HSO ₄
IV I	スプレ-	NH ₄ H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄ , (NH ₄) ₂ HPO ₄

このことは各試料とも、製法から推定される化学反応がかなり進行していることを意味し、単に原料を混合、配合した肥料とは化学的に異質であることが明確にされた。鉱物顕微鏡観察の肥料解析への応用は本研究が初めての試みである。化成肥料の内部構造はきわめて複雑な形態を呈しているため、オルソスコープ装置を用いることによつてその光学的吟味を行つた。

観察結果から所含有効成分の均一化の度合は燐安系>燐鉍石系>過燐酸系の順に低く、またその複屈折率は燐安系>過燐酸系>燐鉍石系の順に値が減少した。燐安系の試料が他の系に比較して均一化の度合、複屈折率ともに高い値を示したが、この理由については使用した原料の純度が高いこと、製造過程において化学変化がより高度に當まれていることなどが指摘される。一方、燐鉍石系、過燐酸系では均一度、複屈折率が低かつたが、これは前者においては酸処理後の化学反応が一様に行われていないこと、また後者においては配合操作の良否、アンモニア処理および造粒時期などが化学反応の進行に大きく影響を及ぼしていることが主因として考えられる。

iv) その肥効ならびに肥効発現に關与する理論的要因

2ヶ年にわたつて実施した植木鉢肥効試験の結果、化成肥料の肥効は作物の種類お

よび土壌型によつて、かなりその様相を異にするが、大部分の化成肥料は標準とした配合肥料区に比較して、ほぼ等しいかあるいはそれよりやや優り得る傾向を示した。ことに燐安系の試料は共通して良好な肥効を発現した。この理由については燐安系に特徴とされる燐酸一アンモニア、燐酸二アンモニアなどの有効燐酸塩が主要構成成分であること、また粒子内部における成分均一度が他の製法に比しかなり高いことなどが主因として考えられる。また燐安系のなかでも製法がスプレー方式のものではとくにその効果が顕著に現れた。これは純度の高い製品が生成されていることによるものと思われ、品質面における純度も肥効発現の一因子として数えあげられる。

以上の結果を総合して次のように結論づけられる。

- 1) 化成肥料の肥効は単肥や配合肥料に比し、優る場合が多い。
- 2) 燐安系肥料が一般に肥効が高いようである。
- 3) 肥料の内部組織の均一度の高いものの方が一般に肥効が高い。
- 4) 構成塩類の純度の高いものが肥効の点で良いと考えられる。

燐安系肥料の肥効が高い傾向にある理由について、次に理論的考察を加えてみると

1) 燐安系の主要構成成分である燐酸アンモニアは化学的に微酸性もしくは中性を呈するが、土壌中に施用されると、より塩基性の水溶性燐酸塩を形成するため燐酸は可溶性を長く維持し、たとえ部分的にアルミニウム、鉄塩などを生成しても加水分解の方向へ傾き、燐酸石灰系よりはるかに易動性に富むと考えられる。したがつて土壌中へ広く浸透、移動し、植物根に触れる範囲も広く、かつ吸収され易いと解される。

2) またその燐酸は土壌に吸着されることによつて終局的には Variscite Strangite, Minyulite および Taranakite 様の燐酸塩鉱物として結晶化するが、その前段階においては土壌の陰荷電を増して陽イオンの吸着を向上せしめ、延いては作物の生育に適した望ましい環境を形成するのに役立つものと思われる。

3) 燐酸が土壌に吸着されることによつて燐安の化学的酸性は漸次消去され、アンモニア量の多少によつては部分的にアルカリ性にさえなり得る。このような状況下で吸着されたアンモニアは、硫安などのごとく酸性環境下で吸着されたアンモニ

アよりも強く吸着されるので、アンモニアの肥効が永続することは想像できる。

4) つきに燐酸石灰形態よりも燐酸アンモニア形態が作物にとつて吸収利用され易いことが、最近における32Pの実験によつて明らかにされているが、その理由として潮田らは燐酸一石灰のようなアルカリ土類塩より、燐酸アンモニアのようなアルカリ塩の方が植物細胞の原形質を解膠の方向へもちきらす力が強いので、根の細胞壁を通過し易くなると説明している。

以上の考察は燐安系の肥料でなくても化学反応によつて部分的にでもアンモニアを含むアルカリ燐酸塩を生せしめた化成肥料が単なる配合肥料より有利であろうとの説明にもなる。

II 肥効発現の理論に基づいて試製した化成肥料について(第8, 9章)

以上の結果はすべて市販の化成肥料を対象として得られたものであり、一般にそれらの製造条件が判然としないところから、化成肥料の肥効の本質については未だ明確でない点が多くなく一般的結論を下し難い。そこで、得られた理論的根拠に基づき、種々の製造条件を考慮して実験室的に化成肥料の試製を行い、さらに化成肥料の肥効の本質について検討を加えた。

i) 製造方法

原料として燐安、硫安および塩化加里を使用し、これらをガラス製円筒装置に入れて、アンモニア含量が1および5%になるようアンモニア水を噴霧して回転粒付けを行い、粒径を異にする各種製品を得た。また市販化成肥料の場合、副成分としての石膏が惹き起す影響が少くないと考えられたので、製品に対して石膏量を種々変えて添加し、製品に及ぼす影響について調べた。なお試製品の成分比は $N : P_2O_5 : K_2O = 5 : 4 : 4$ とし、燐安系化成肥料の組成に準じた。

ii) 試製化成肥料の諸性質と肥効との関係

製造条件を種々変更して試製した化成肥料について、低度化成肥料の解析に用いたと同様の方法でその諸性質について調べるとともに植木鉢による肥効試験を実施し、

それら両面から肥効発現の理論を明らかにせんとした。

その結果、試製化成肥料の肥効は粒径の大きさ、密度などの物理的諸因子ならびに粒子内部の構造などによつて大きく支配され、かつ栽培試験での最高収量を与える粒径は、石膏含量やアンモニア処理などの製造条件によつても異なることが明らかにされた。また化学組成の全く同じ試製化成肥料において、このように物理的諸因子によつて肥効に差がみられたことから、土壤、作物別に肥料の至適粒度および密度の存在することが明らかにされた。

Ⅲ 有機質を混入した化成肥料について（10章）

試製化成肥料は製造の際、原料に石膏を添加したが、これは固化を容易ならしめた。肥料粒子を膠結、固化もしくは被覆するのに適した物料としては石膏の他にモンモリロナイトまたはカオリナイト系の粘土、珪酸石灰または苦土、真珠岩、珪藻土および泥炭などが対象とされている。そこで膠結、固化剤としてその効果が比較的高いと評価されている有機物質として、泥炭を化成肥料に添加混入した場合の影響について調べた。

なお試験方法は市販および試製化成肥料の場合と全く同様の方法において行つた。

その結果、泥炭を混入した肥料と不混入のそれとの比較では、概して前者の場合が粒子内部における化学反応が促進されており、かつ均一化の度合の高いことが認められた。これは泥炭が調整剤として吸着の役割をなし、泥炭の組織内へ化学諸成分を滲透せしめ、容易に化学反応を進行させる状態となしたことによるものと考えられる。また泥炭を混入した肥料の肥効を水稻についてみると、対照とした配合肥料区に比して、ほぼ等しいか、またはそれよりやや優る成績が得られた。

表 3 有機質化成肥料の水稲収量調査成績

試験区	穂 長 c m	生 体 重 g m	風 乾 重 g m	葉 重 g m	穂 重 g m	穂 重 指 数
有 機 質 肥 料 A	1 8 0	1 1 8 3	6 4 3	3 0 3	3 4 0	1 0 9
〃 C	1 4 8	1 4 0 5	7 6 5	3 9 2	3 7 2	1 1 9
〃 E	1 8 5	1 3 5 5	7 4 0	4 3 0	3 1 0	9 9
〃 F	1 4 5	1 1 1 0	6 5 5	3 3 2	3 2 3	1 0 3
標 準 区 (0 . 4 : 0 . 3 : 0 . 3)	1 5 5	1 0 3 0	6 5 5	3 4 2	3 1 3	1 0 0
無 窒 素 区	1 5 3	6 8 0	3 9 5	1 7 0	2 2 5	7 2
無 肥 料 区	1 5 8	6 4 5	3 5 8	1 8 3	1 7 5	5 6

肥効は肥料成分の流亡という点から考えて、溶出の難易と流亡の遅速、いかえれば遅効化という点が問題となる。こと点から泥炭混入の固化、膠結の効果が認められたとして良い。すなわち固化されるために燐酸成分の溶け出し方が遅く、生育後期にいたるまでその効果が現れたと考えて良いであろう。

この他に泥炭の Fe、Al などの多価塩基に対するキレート作用によつて燐酸の肥効がより増進されたことなども、また肥効を高めた原因として考えられる。

Ⅳ 高度化成肥料の分類、性質および肥効について（第 11, 12 章）

近年、化成肥料の中でも、とくに高度化成肥料は生産、消費の両面において著しい増加率を示しており、この傾向は今後も益々増大する方向にある。その理由として種々利点があげられるが、未だそれらについての確証は乏しい。

しかるに一方においては高度化成肥料の成分は益々高度化し、その原料は益々多様化する傾向がみられ、種々の面に数多くの早急に解明すべき問題が提出されている。そこで高度化成肥料の肥効の本質を明確にするため、それらを系統別に類別した後、低度化成肥料に応用した研究方法に準じて解析を試みた。

その分類については使用原料である窒素源を主体として行つた。

表 4 窒素源を主体とした高度化成肥料の分類

I	硫 磷 安 系	
I a 磷酸一アンモニアを含有したもの.....	(I a)
I b 磷酸二アンモニアを含有したもの.....	(I b)
I c 磷酸苦土を含有したもの.....	(I c)
II	塩 磷 安 系.....	(II)
III	尿 素 磷 安 系.....	(III)
IV	尿 素 硫 磷 安 系.....	(IV)
V	苦 土 磷 安 系.....	(V)
VI	磷 硝 安 系	

得られた結果から、各試料とも物理的、化学的性質に大差は認められず、かつ低度化成肥料に比して構成塩類の均一度ならびにその純度は高く、使用原料などの存在は殆ど識別されなかつた。しかし各試料別に所含有効成分の構成割合およびその構成状態にかなりの相違が認められた。またその肥効は対照とした配合区に比較して、ほぼ等しいかそれより高いようであつた。しかも火山灰土のように燐酸の肥効が良く現れる土壌において、とくにその効果が認められた。

これらの結果は低度化成肥料の肥効において得られたそれと一致しており、高度化成肥料の肥効が高い理由については前記に示した通りである。ただ試料相互間に肥効の差が認められたことについては、各試料の内部構造による相違がこゝに大きく原因しているものと推察される。すなわち内部構造の差異が各種成分の水による溶出の難易性を規制し、これが肥効に差を生ぜしめたものと考えられる。

V 化成肥料成分の土壌中における行動および土壌との接触反応について (第13章)

前章までにおいては各種の化成肥料について、内外両面から解析を行い、肥効を支配する諸要因を明らかにしてきた。

しかしこの場合、外的面とは単に作物に対する肥効試験を指摘したのみであり、肥料成分が土壤中において如何なる行動を示すかについては未だ明らかでない。そこで化成肥料の肥効発現に関与すると思われる諸要因を、肥料—土壤系における所含有効成分の動態の面から追求してみた。

実験に使用した肥料は 8 2 P で標識した 3 種類の粒状化成肥料であり、過石系 (L)、磷酸一アンモニア系 (H₁) および磷酸二アンモニア系 (H₂) とである。

i) 土壤への拡散

土壤培地での拡散は H₂ > H₁ > L の順に低い値を示したが、とくに L のそれは低かつた。すなわち土壤拡散度は磷酸系が高く、しかもその拡散固定部分は水溶性形態の占める割合の高いことが認められた。

一方、対照として行つた寒天培地での拡散は、いずれの試料ともそれ程の差異はみられなかつたが、土壤培地での拡散に比し著しい相違が認められた。

図 2 沖積土における各種化成肥料中の磷酸の拡散

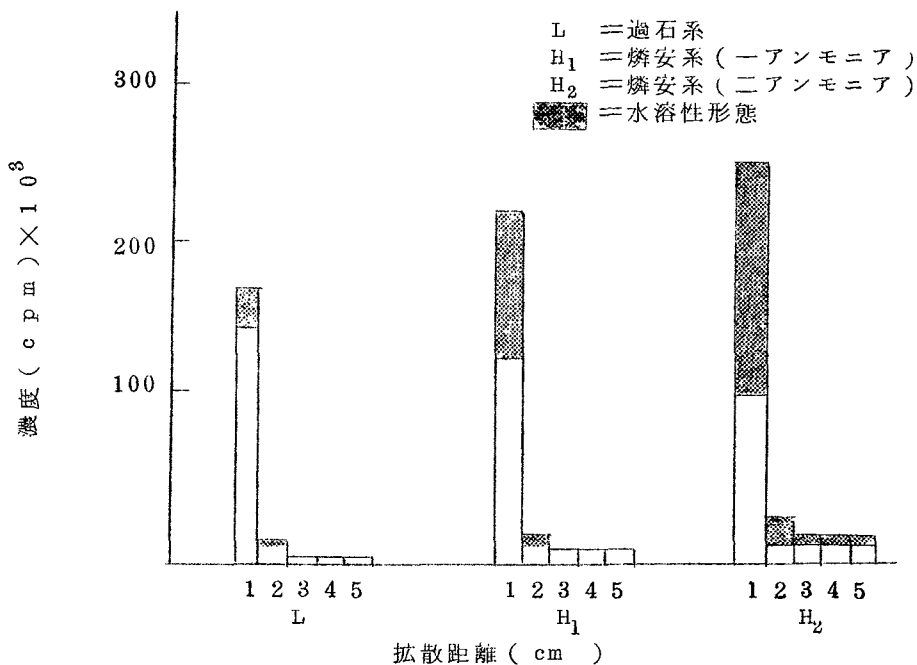
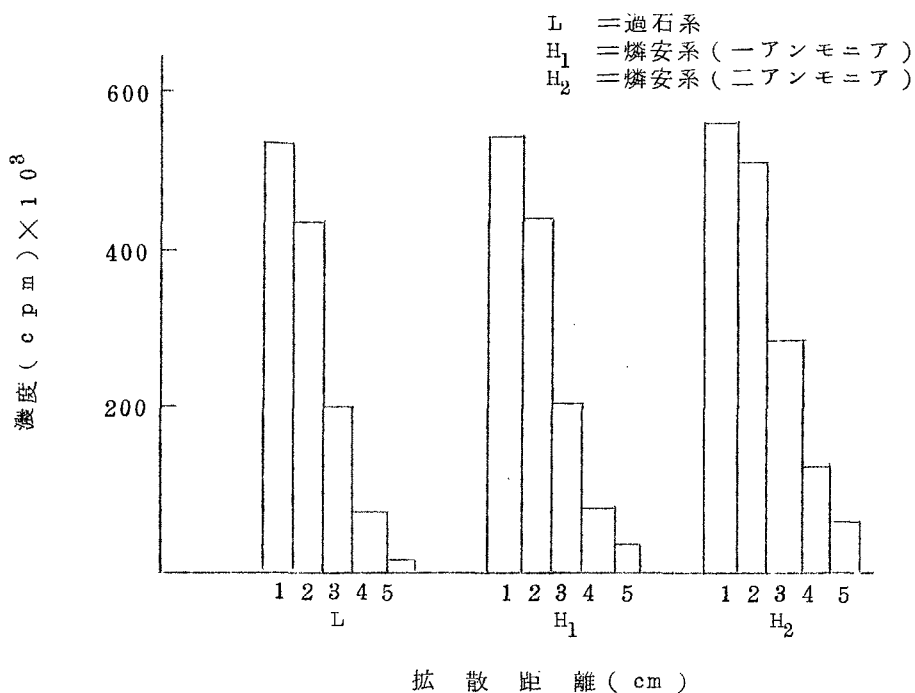


図3 寒天培地における各種化成肥料中の磷酸の拡散



寒天培地での拡散を真の拡散とおいたとき、イオンの吸着、固定が行われた土壌培地でのそれはみかけ上の拡散と考えて良いであろう。このような真の拡散に対するみかけの上の拡散の相違、もしくは試料間における拡散度の差異をより明確にするため拡散に関しての理論式を応用した。この式によつて算出した土壌での拡散度は含有磷酸形態によつて数字的に明らかな相違が認められ、過石系は磷安系よりも低い値を示した。

表5 各種化成肥料の拡散度

肥料名	寒天培地 ($\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$)	沖積土 ($\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$)	火山灰土 ($\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$)
L	8.29×10^{-6}	1.972×10^{-6}	1.933×10^{-6}
H ₁	9.36×10^{-6}	2.538×10^{-6}	2.321×10^{-6}
H ₂	1.132×10^{-6}	2.691×10^{-6}	2.648×10^{-6}

しかしこの場合、燐酸形態による肥料間の相違は、拡散度の大小よりもむしろ、拡散固定部分における水溶性形態の占める割合の方がより重要であるように考えられる。燐安系の試料は過石系よりも水溶性形態の占める割合が大きい。このことから奥田らが述べているように燐安系の試料は位置的肥効の高い場合のあることが推測される。

ii) 土壤による吸着とその構成分布

土壤に吸着された燐酸の形態別分布から、過石系の試料は燐安系に比較してNaOH溶出区分すなわちF₀結合形態の数値がいくぶん高い傾向が得られた。Williamsらが述べているようにF₀結合形態は燐固定の強さを支配するものとして考えると、過石系の試料は燐吸着固定能を強くする因子を具有しているといえよう。このことは残渣区分すなわち閉塞型の燐形態の占める割合が過石系の試料に、より多く認められたことからもうかがえる。

表 6 土壤吸着燐酸の構成割合

(1週間後の場合)

	南 小 泉 沖 積 土			川 渡 火 山 灰 土		
	L	H ₁	H ₂	L	H ₁	H ₂
始めの吸着量 (Cpm×10 ²)	1940	1697	1636	2588	1891	1717
1 N—NH ₄ Cl区 %	0.9	1.6	3.2	0.5	1.2	1.0
0.5 N—NH ₄ F区 %	383	449	463	44.6	55.8	59.7
0.1 N—NaOH区 %	43.4	38.9	34.0	41.9	31.2	26.0
0.5 N—H ₂ S O ₄ 区 %	11.7	10.4	12.5	9.0	8.3	10.6
残 渣	5.7	4.2	4.0	4.0	3.5	2.7

- L : 過燐酸石灰系
- H₁ : 燐酸一アンモニア系
- H₂ : 燐酸二アンモニア系

以上のことから、過石形態と燐安形態とでは土壤によつて吸着固定される状態が異なり、燐酸固定の機構に差異のあることが推測される。これはさらに植物による燐吸収利用の難易性を規制する重要な因子としても考えられ得る。

iii) 各種燐酸塩の粘土鉱物との接触反応

使用した燐酸塩は燐酸一石灰 (MCP)、燐酸一アンモニア (MAP) および燐酸二アンモニア (DAP) の3種類であり、この1M溶液と粘土とを一定期間接触反応させ、結晶化した燐酸塩をガイガーフレックスx線廻折装置により解析し、同定を行った。

同定された塩の相違から結晶化の速度はMCP > MAP > DAP > の順に遅かつた。すなわち燐安形態の中でもDAPの形態の方が粘土によつて固定され難く、したがつて燐酸塩鉱物としての結晶化の度合は小さかつた。

表7 粘土鉱物との生成塩類

(4週間後)

使用粘土	燐酸形態	x線による同定塩
沖積粘土	MCP	$\text{CaHPO}_4, \text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{Basic Al Phosphate Hydrate}$
	MAP	$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	DAP	Basic Fe Phos, Hydrate $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
火山灰粘土	MCP	$\text{CaHPO}_4, \text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{AlPO}_4, \text{FePO}_4, 3\text{FeO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	MAP	$\text{CaHPO}_4, \text{AlPO}_4, \text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Basic Fe Phos, Hydrate
	DAP	$\text{AlPO}_4, \text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
ベントナイト	MCP	$\text{CaHPO}_4, \text{AlPO}_4, \text{AlPO}_4$ Basic Al Phos, Hydrate
	MAP	$\text{CaHPO}_4, \text{AlPO}_4$
	DAP	

M C P : 磷酸一石灰
M A P : 磷酸一アンモニア
D A P : 磷酸二アンモニア

これからみると、磷酸二アンモニアの形態は植物に対する磷酸の有効度がかなり高く、これに反して一アンモニア形態は低いことが察知できる。

このような差異は添加した磷酸塩の溶解度の相違、結合カチオンの種類および保持pHなどの化学的性質に関連することが大きいものと考えられる。

VI 液状化成肥料の試製およびその性状について（第14章）

近年における農業近代化の一環として、その機械化が急速に進められているが、これと相俟つて肥料学、肥料工業の面からは機械施肥を前提とした研究がとくに肥料形態、施肥位置の点からなされてきている。

このうち肥料の形態に関しては粉状から粒状へ、さらには液状へと進展してきている。

最近にいたり、本邦において1、2の液状化成肥料が市販されるに及び、この面での今後の研究と開発に肥料界の関心が寄せられている。

本章では、液状化成肥料を製造する場合、磷酸源として使用する湿式磷酸液の、より効果的利用を図るために、一方法として懸濁剤を添加するところのいわゆる懸濁肥料を試製した。そして製品としての肥料的性状について主に添加懸濁剤が及ぼす影響の面から検討を加えた。

懸濁剤としてベントナイトを使用した場合、その添加量を増加するにともない、懸濁度は比例的に増大した。しかし製品の粘性、流動性という点を考えあわせると、製品に対する添加量2.5%までが実際面における添加適量範囲である。

一方泥炭を使用した場合、製品に対する添加量が0.5%のときに最も望ましい懸濁効果が認められた。しかしそれ以上の添加では懸濁状態を呈せず、むしろ不純物をともない沈降する方向を示した。これは添加した泥炭粒子の半径がベントナイト粒子のそれよりも大きいこと、膨潤性がベントナイトのように大きくないことなどに基因する。

これらの懸濁物を電子顕微鏡下で観察した結果、鉄、アルミニウムなどの燐酸塩を含有した不純物が添加懸濁剤の粒子に化学的に吸着した形態をとりこの粒子を中心として凝集状態を呈して存在していることが判明した。

つきに小麦に対する肥効試験では、標準とした固体配合肥料に比しほぼ等しいかそれよりやや優る成績を示した。しかも一般の混土施肥の場合よりも塊状施肥において効果が現れた。このように機械施肥を想定した塊状施肥において、多少なりとも高い効果が認められたことは、将来における液肥の機械化による深層施肥に対して肥効上の一論拠をあたえるものとして意義深い。

審 査 結 果 の 要 旨

近年における化成肥料消費量の伸展は実に驚異的であり農業及び工業の分野において化成肥料が占める地位はきわめて重要である。このように化成肥料の飛躍的な発展にともない、その銘柄も数多く生産されて、非常に複雑になつてゐるが、一方では肥効、施用法あるいは価格の面などに数多くの問題が残されている現状である。そこで複雑化してきた化成肥料を系統立て、その組成成分を明らかにし、かつその肥効の本質を明確にすることは現在直面している肥料製造ならびに施肥に関する諸問題を解決する上にきわめて意義が大きいので、著者は種々の観点から化成肥料について解析を行なつてゐる。

供試した化成肥料は代表的な市販品 20 余種類であり、これらを先づ使用原料である燐酸源を主体として分類し、各試料について肥効発現に関与すると思われる物理的・化学的性質を解明した。その結果粒徑全表面積密度および肥料成分の溶解度などの諸性質は肥効に対して重要な影響を有するものとの結論を得た。また肥料の粒子内部における化学的構成成分ならびにその構成状態などの鉱物学的諸性質について X 線および鉱物顕微鏡による研究方法を採用して検討を加えた。X 線廻折の結果、各試料毎に生成が可能と推定される各種塩類をほぼ同定確認し得ている。このことは各試料共製法から推定され得る化学反応がかなり進行していることを意味し単に原料を混合したいわゆる配合肥料とは化学的に異質であることが明確にされた。鉱物顕微鏡観察の肥料解析への応用は本研究が初めての試みである。観察結果から燐安系の試料が他の系に比較して所含有効成分の均一化の度合、複屈折率ともに高い値を示した。これは使用した原料の純度が高いこと、製造過程において化学変化がより高度に進行していることが原因として指摘される。

一方、2 年間にわたつて実施した植木鉢および圃場での栽培試験の結果、大部分の化成肥料は標準とした配合肥料区に比較してほぼ等しいか、あるいはそれよりやゝ優る傾向を示した。とくに燐安系の試料は共通して良好な肥効を示している。

次に以上の得られた実験結果とその理論的根拠に基づき実験室スケールで化成肥料の試製を行ない、さらにその肥効の本質について検討を加えた。

その結果、試製化成肥料の肥効は粒径の大きさ、密度などの物理的性質および粒子内部の構造などによつて大きく支配され、かつ栽培試験での最高収量を与える粒径は製造条件によつても異なることが明らかにされた。このように化学組成が全く同じ試製化成肥料において、物理的因子により肥効に差がみられたことから土壌、作物別に肥料の至適粒度および密度の存在することが明らかにされたのである。

更に高度化成肥料についても、一般の化成肥料に応用した研究方法に準じて解析を試みた。

得られた結果は、各試料とも物理的、化学的性質に大差は認められず、かつ低度化成肥料に比して構成塩類の均一度ならびにその純度は高かつた。

しかし各試料別に所含有効成分の構成割合およびその構成状態にかなりの相違が認められた。かかる内部構造の差異が肥料成分の水による溶出の難易性を規制し、肥効に差を生ぜしめるものと結論された。

次に化成肥料の肥効発現に關与すると思われる諸要因を土壌中における有効成分とくに燐酸成分の動態の面から追究している。

これらの実験から、燐安系は肥効が高く、植物に対する燐酸有効度がかなり高いと察知し得る結果を得ている。

次に農業近代化の一環としてその機械化が急速に進められている時にあたり液状化成肥料の一種である懸濁肥料を実験室的に試製し、その肥効についても検討を加えている。

小麦に対する肥効試験では標準とした固体配合肥料に比し、ほぼ等しいかそれよりやゝ優る成績を示し、しかも一般の混土施肥の場合よりも塊状施肥において効果がみられた。

このように機械施肥を想定した塊状施肥において効果が認められたことは、将来における液肥の機械化による深層施肥に対して肥効上の一論拠をあたえるものとして意義深い。

よつて著者に農学博士の学位を与えるのに適當であると審査員一同は結論した。