

土壌中の燐酸の型態に関する研究、特に燐酸施肥との関係について

高盛内匠・酒匂正雄

Studies on the Types of Phosphorus in Paddy Soils, Especially on the Relation between the Application of Phosphatic Fertilizer and Phosphorus Types

TAKUMI TAKAMORI and MASAO SAKO

広島県農業試験場においては昭和5年より農林省の指定試験として水稻および麦に対する燐酸肥料の効果に関する圃場試験を施行し現在なお続行中である。

この試験の結果は昭和28年および昭和29年に肥料施用方法改善試験成績報告^{3),4)}としてまとめられ詳細に報告されている。

筆者らは永年の燐酸肥料の施用の有無および表作裏作についての施用時期をかえて水稻、麦を栽培した場合に土壌中の燐酸の型態がどのように変化したかを調査し、土壌燐酸の型態と作物の生育、収量との関係を明らかに

する目的で本実験を行なった。

実験の方法

1. 供試土壌の施肥来歴

供試土壌は前記の水稻および麦に対する燐酸肥料の効果に関する圃場試験で燐酸の天然供給量の比較的乏しいと考えられる窒素少量区と、堆肥を併用した標準区の2列のうち硫酸根肥料区より採取した。本試験の土壌条件および施肥設計は前記の報告に記載の通りであるが、本実験の供試土壌の施肥来歴を明らかにするために施肥設計の概要を示すと第1表の通りである。

第1表 施肥施計 (kg/a)

試験区名		水 稻				小 麦				燐酸施肥量	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	堆 肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	堆 肥	年 間	昭34年 まで
窒 素 少 量	各 作 燐 酸	0.75	0.75	0.75	0	1.13	0.75	0.75	0	1.50	45.0
	表 作 燐 酸	0.75	0.75	0.75	0	1.13	0.00	0.75	0	0.75	22.5
	裏 作 燐 酸	0.75	0.00	0.75	0	1.13	0.75	0.75	0	0.75	22.5
	各 作 無 燐 酸	0.75	0.00	0.75	0	1.13	0.00	0.75	0	0.00	0.00
標 準	各 作 燐 酸	1.13	0.75	0.75	75	1.13	0.75	0.75	75	1.50	45.0
	表 作 燐 酸	1.13	0.75	0.75	75	1.13	0.00	0.75	75	0.75	22.5
	裏 作 燐 酸	1.13	0.00	0.75	75	1.13	0.75	0.75	75	0.75	22.5
	各 作 無 燐 酸	1.13	0.00	0.75	75	1.13	0.00	0.75	75	0.00	0.00

供試肥料：N、硫安 P₂O₅、過石 K₂O、硫加

供試土壌の採取は昭和34年11月に水稻刈取り直後に行い、風乾して1mm篩通過の土壌を分析に供した。

2. 土壌中の燐酸の型態別定量法

土壌中の燐酸の型態別定量法は S. C. Change and M. L. Jackson⁵⁾の方法によった。ただし有機燐酸の定量は林の方法で比色定量した。

実験の結果および考察

I 最近4カ年の圃場試験の成績

(水稻昭31~34、小麦昭30~33の平均)

土壌燐酸の分別定量に供した圃場の最近4カ年の水稻

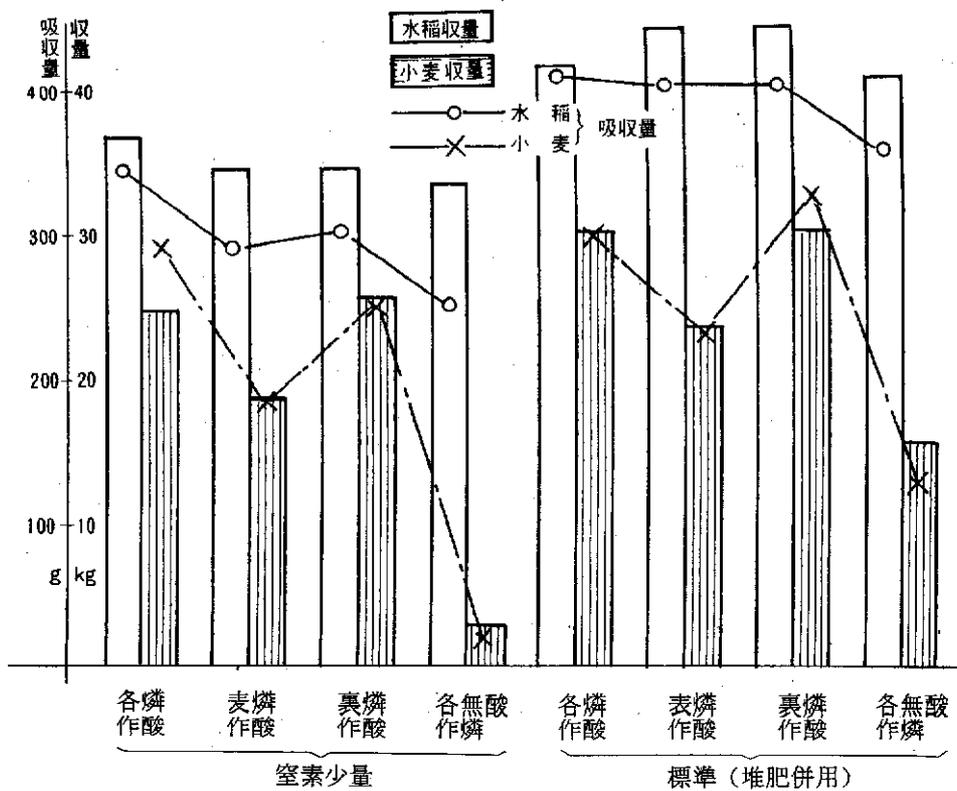
および小麦の平均収量および燐酸吸収量は第2表および第1図の通りである。

第2表および第1図の成績によれば、水稻の収量は窒素少量区においては、各作燐酸区が他の3区に比較してやや高収のようであるが、各作無燐酸区は表作燐酸区、裏作燐酸区と大差がない。標準区においては、表作燐酸区と裏作燐酸区が同収量で高い収量をあげたが、各作無燐酸区と各作燐酸区との間には大差がない。

水稻の燐酸吸収量は堆肥の有無にかかわらず、各作燐酸区が最高で各作無燐酸区が最低であり、表作燐酸区と

第2表 水稻および小麦の平均収量と磷酸吸収量
(kg/a, 吸収量g/a)

試験区名	水 稻		小 麦		年間磷酸 吸収量	
	玄米収量	磷酸 吸収量	玄麦収量	磷酸 吸収量		
窒素 少量	各作磷酸	37.0	320	24.6	290	610
	表作磷酸	34.6	290	18.6	186	476
	裏作磷酸	34.6	300	25.5	251	551
	各作無磷酸	33.2	250	3.0	20	270
標 準	各作磷酸	41.3	410	29.7	297	707
	表作磷酸	43.6	390	23.3	230	610
	裏作磷酸	43.6	390	29.4	320	710
	各作無磷酸	40.1	350	15.6	130	480



第1図 水稻および小麦の平均収量と磷酸吸収量

裏作磷酸区との間には差がない。

次に小麦の収量についてみると、堆肥の有無にかかわらず、各作磷酸区、裏作磷酸区が同一程度で高い収量をあげており、次いで表作磷酸区で各作無磷酸区は最も収量が低い。中でも堆肥無施用の窒素少量各作無磷酸区は事実上収量皆無に等しい。

小麦の磷酸吸収量は上記の収量と全く同様の傾向である。

以上の成績を要約するに、25カ年50作の無磷酸栽培

の各作無磷酸区の水稲は磷酸の吸収量は減ずるが、玄米収量は各作磷酸区および表作磷酸区に比し大差のない事実からみて、水稲に対する磷酸肥料の肥効は僅少であるといえる。しかし小麦においては各作無磷酸区の収量の激減および表作磷酸区の収量低下の事実からみて小麦に対する磷酸肥料の肥効はきわめて顕著であると結論しよう。

II 土壌中の磷酸の型態別定量成績

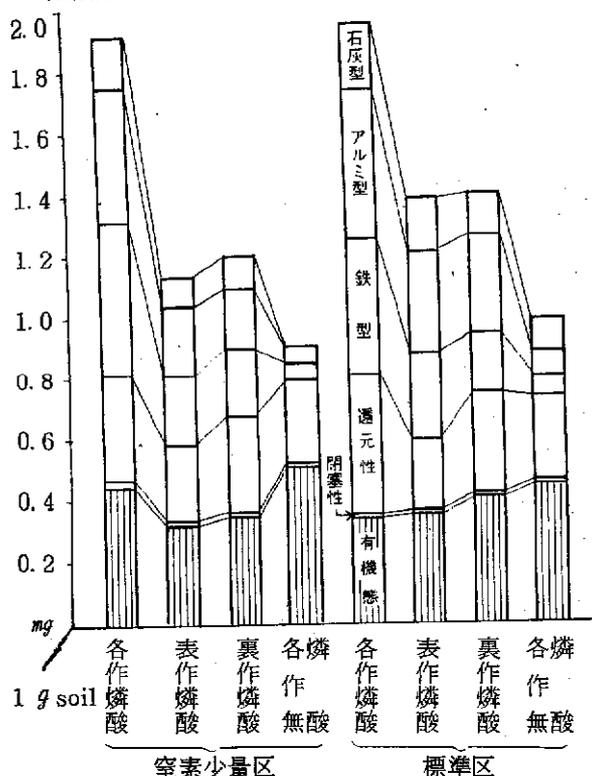
25カ年にわたる磷酸肥料の有無および施用時期の相違

第3表 土壤燐酸の型態別含量 (mg/soil g)

試験区名	無機態燐酸 (A)	無機態燐酸						有機態燐酸 (B)	無機態(A) + 有機態(B) 全燐酸	
		石灰型 燐酸	アルミ型 燐酸	鉄型 燐酸	還元性 鉄型燐酸	閉塞性燐酸	アルミ型			
窒素少量	各作燐酸	1.464	0.160	0.418	0.515	0.344	0.027	痕跡	0.443	1.907
	表作燐酸	0.797	0.086	0.221	0.229	0.252	0.009	〃	0.321	1.118
	裏作燐酸	0.842	0.097	0.198	0.215	0.321	0.011	〃	0.344	1.186
	各作無燐酸	0.392	0	0.049	0.057	0.275	0.011	〃	0.504	0.896
(標準 堆肥併用)	各作燐酸	1.594	0.206	0.487	0.430	0.453	0.018	痕跡	0.336	1.930
	表作燐酸	1.015	0.177	0.321	0.286	0.229	0.011	〃	0.349	1.364
	裏作燐酸	0.967	0.132	0.312	0.193	0.321	0.009	〃	0.410	1.377
	各作無燐酸	0.516	0.097	0.069	0.066	0.275	0.009	〃	0.449	0.965

無機態燐酸(A)：無機各型燐酸の合計

有機態燐酸(B)：別のSampleで定量



第2図 土壤燐酸の型態別含量

する試験各区の土壤中の燐酸の型態別定量結果は第3表および第2図の通りである。

第2図で柱の高さは全燐酸含量(第3表のA+B)を示し、柱の基部より有機態、閉塞性、還元性、鉄型、アルミ型石灰型燐酸の順に各型態の含量に応じて積み重ねたものである。第3表および第2図より燐酸施肥の来歴の異なる土壤中の各型燐酸の含量についてみると。

1. 全燐酸含量

全燐酸含量は窒素少量、および堆肥併用の標準区とも

各作燐酸区が最高含量で、各作無燐酸区が最低である。表作燐酸区と裏作燐酸区の間には殆んど差がなく、前2区の間中に位置している。また標準区は対応する窒素少量の各区に比較して全燐酸含量が高い。

全燐酸含量が上記のような結果になったのは第1表に示す通り、過去の燐酸施肥量(堆肥燐酸をも含めて)の相違に基づくものであることは明らかである。

2. 無機態燐酸

石灰型、アルミ型、鉄型、還元性鉄型、閉塞性燐酸を合計した無機態燐酸の含量は全燐酸含量と全く同様な傾向を示しているが、全燐酸含量の相違より更に燐酸施肥の来歴による影響が顕著に表われている。

a) 石灰型燐酸

無機態燐酸のうち、石灰型燐酸は閉塞性燐酸に次いで含量が少ない。この型の燐酸は各作燐酸区に多く、各作無燐酸区に少ない、特に窒素少量各作無燐酸区には全然検出されなかった。

表作燐酸区、裏作燐酸区は前2区の間にあるが、施用時期の相違によっては一定の傾向はみとめられない。

b) アルミ型燐酸

無機態燐酸の中、アルミ型燐酸は次に述べる鉄型燐酸とほぼ同一含量で割合多い。この燐酸も石灰型燐酸と全く同様な傾向がみとめられる。

c) 鉄型燐酸

鉄型燐酸はアルミ型燐酸と共に無機態燐酸を構成する主要な成分となっている。この型の燐酸も石灰型、アルミ型燐酸と全く同様な傾向を示して燐酸施肥の来歴の相違をよく反映している。

d) 還元性鉄型燐酸

還元性鉄型磷酸は窒素少量区および標準区とも各作磷酸区に多い傾向がある。他の3区間では表作磷酸区が少なく裏作磷酸区に多い、各作無磷酸区は前2区の間中に位している。

以上のようにこの型の磷酸は前3型の磷酸と異なり磷酸の施肥来歴の相違に単純に比例しなくて各作無磷酸区といえどもその含量は低下せず、磷酸施用区(表作)とほぼ同一水準にあること、および堆肥施用の影響が殆んどないことは注目値する。

e) 閉塞性磷酸

閉塞性磷酸の含量は表に示す通り0.009~0.027mg/1g soilで特にアルミ型磷酸は痕跡程度しか検出されず極めて少ない。したがってこの程度の含量の相違を云々することは妥当性を欠くと考えられるが、あえて考察すると各作磷酸区に多い傾向がみとめられるが、他の3区間には相違がない、また堆肥の施用によっても影響がない。

3. 有機態磷酸

有機態磷酸は窒素少量区および標準区(堆肥併用区)の別なく、各作無磷酸区に最も多いことが明らかにみと

められる。他の3区においては磷酸の施肥来歴との関係は一定の傾向としてみとめることは困難である。

窒素少量区と堆肥併用の標準区を比較して有機態磷酸含量と堆肥の関係を見ると、標準区が堆肥無施用の窒素少量区に対応する各区の有機態磷酸含量より高いとは限らず、殆んど同一含量か或いはかえって少ない結果もえられている。したがって堆肥を施用しても有機態磷酸の含量は変わらないと言える。このことは堆肥中の有機態磷酸は比較的速やかに無機化し有機態磷酸のまま集積するものではないことを示唆するものである。また、各作無磷酸区に有機態磷酸が多い事実は恐らく永年の無磷酸栽培のため各作無磷酸区は有機態磷酸を無機化する微生物に対し有効性磷酸が欠乏しているためと推定されるがこの点については更に詳細な研究を要するものと考えられる。

4. 各型態別磷酸の構成割合

第3表を基礎として各々の全磷酸に対する各型態別磷酸の構成割合を算出すると第4表の通りである。

第4表および第3図より磷酸施肥の来歴と土壤中の各

第4表 土壤の各型態別磷酸の構成割合 (%)

試験区名	全磷酸	有機態磷酸	無機態磷酸	無機態磷酸の型態						
				石灰型磷酸	アルミ型磷酸	鉄型磷酸	還元性鉄型磷酸	閉塞性磷酸		
								アルミ鉄型	アルミ型	
窒素少量	各作磷酸	100	23.2	76.8	8.4	21.9	27.0	18.0	1.4	0
	表作磷酸	100	28.7	71.3	7.7	19.8	20.5	22.5	0.8	0
	裏作磷酸	100	29.0	71.0	8.2	16.8	18.1	27.1	0.9	0
	各作無磷酸	100	56.2	43.8	0	5.5	6.4	30.7	1.2	0
(堆肥併用標準)	各作磷酸	100	17.4	82.6	10.7	25.2	22.3	23.5	0.9	0
	表作磷酸	100	25.6	74.4	13.0	22.9	21.0	16.8	0.8	0
	裏作磷酸	100	28.3	71.7	9.6	22.6	14.0	23.3	0.7	0
	各作無磷酸	100	46.5	53.5	10.1	7.1	6.8	28.5	0.9	0

型磷酸の構成割合との関係について次の点が指摘される。

%となる。

b) 還元性鉄型磷酸の構成割合は16.8~30.7%の範囲で各作無磷酸区に高い。

8区平均は24%である。

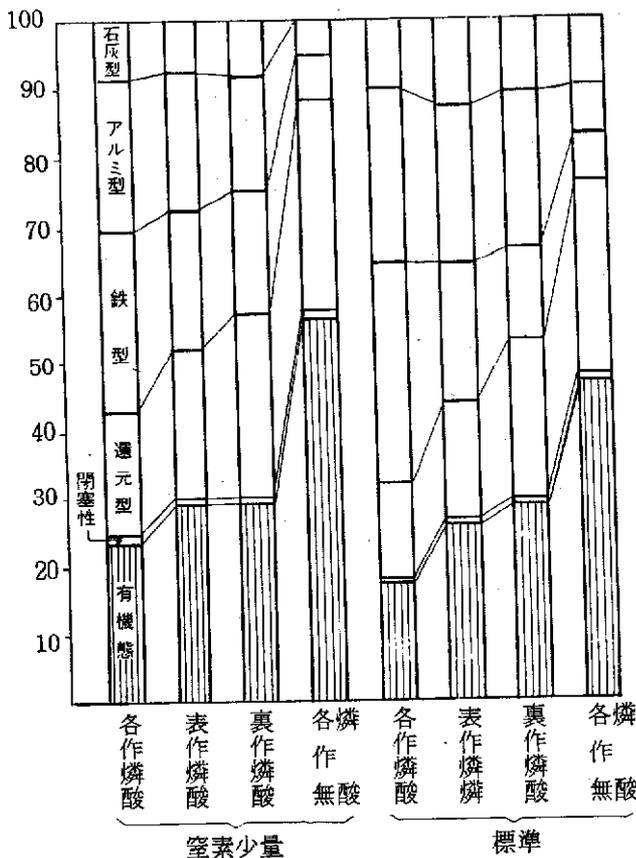
c) 閉塞性磷酸の構成割合は僅少で全磷酸に対して1~2%で磷酸の施肥来歴との関係はみとめられない。

d) 有機態磷酸の構成割合は17.4~56.2%の範囲にあり、各作無磷酸区に高く、各作磷酸区に低い、表作磷酸区と裏作磷酸区は同様の構成割合で前2区の間中にある。堆肥併用の標準区は対応する無堆肥の窒素少量区より低い傾向がある。

a) 石灰型、アルミ型、鉄型磷酸の構成割合は各作磷酸区に高く、各作無磷酸区に低い、特に窒素少量各作無磷酸区では石灰型磷酸は0%であった。表作磷酸区、裏作磷酸区はほぼ同様の構成割合をもち、前2区の間中にある。

石灰型、アルミ型磷酸の構成割合は堆肥併用区の標準区の方が無堆肥区の窒素少量区より高い傾向がみとめられる。

8区平均の構成割合は石灰型8、アルミ型18、鉄型17



第3図 型態別磷酸の構成割合 (%)

有機態磷酸の8区平均構成割合は37%となっている。以上磷酸施肥来歴の異なる土壌中の各型磷酸の構成割合についてのべたが、これを要するに、磷酸年間施肥量の多い区は石灰型、アルミ型、鉄型磷酸の構成割合を高め、逆に有機態磷酸の割合を低下する。一方磷酸無施用で無磷酸栽培を続けると、前記3型磷酸の割合をいちぢるしく低下し、逆に有機態磷酸の割合を増加することが明らかにみとめられる。

磷酸の施用時期（表作、裏作の別）と各型磷酸の割合との間には特記するほどの差はない。

江川、関谷らは Jackson 法を改良した方法で、7種

の鉱質畑土壌の磷酸の分別定量を行ない、その平均構成割合は有機態7%、無機態93%で、無機態磷酸は石灰型1に対し、アルミ型0.9、鉄型0.8、難溶性型0.6の比率であったと報告している。この報告と本報の成績を比較すると、本報の成績は有機態磷酸の割合が高く、無機態磷酸の割合が低い。また石灰型磷酸の割合が低く、アルミ型、鉄型磷酸が高いが、これは水田、畑の相違および過去の磷酸施肥の相違に原因しているものと解される。

5. 水稻および小麦と土壌磷酸との関係

本試験の創設された昭和5年度の土壌の各型磷酸の含量と本実験の結果とを比較すると、水稻および小麦の生育、収量と土壌各型磷酸との関係が明らかにされるが、試験創設時の土壌磷酸の分別定量結果を欠いている。そこで磷酸施肥量と作物の磷酸吸収量とがほぼ等しいとみなされる裏作磷酸区を標準にして各区の各型磷酸を比較すると、作物の磷酸吸収量に比し過剰の磷酸施肥を行なった場合の施肥磷酸の行動の様相および磷酸無施用の場合の水稻および小麦の土壌磷酸の利用の状況をうかがいしることが可能と考えられる。ここで裏作磷酸区を標準に選んだ理由は第1表および第2表より知られる通り、この区は年間磷酸 0.75kg/a 施用に対し、水稻および小麦の磷酸吸収合計量は窒素少量区において0.551kg/a、標準区 0.71kg/a であり、その磷酸吸収率は前区で73%、後区で95%である。この外に根部の吸収磷酸をも考慮すると、その吸収率はほぼ100%前後となり磷酸の施肥量と吸収量とがほぼ相等しいとみられたからである。

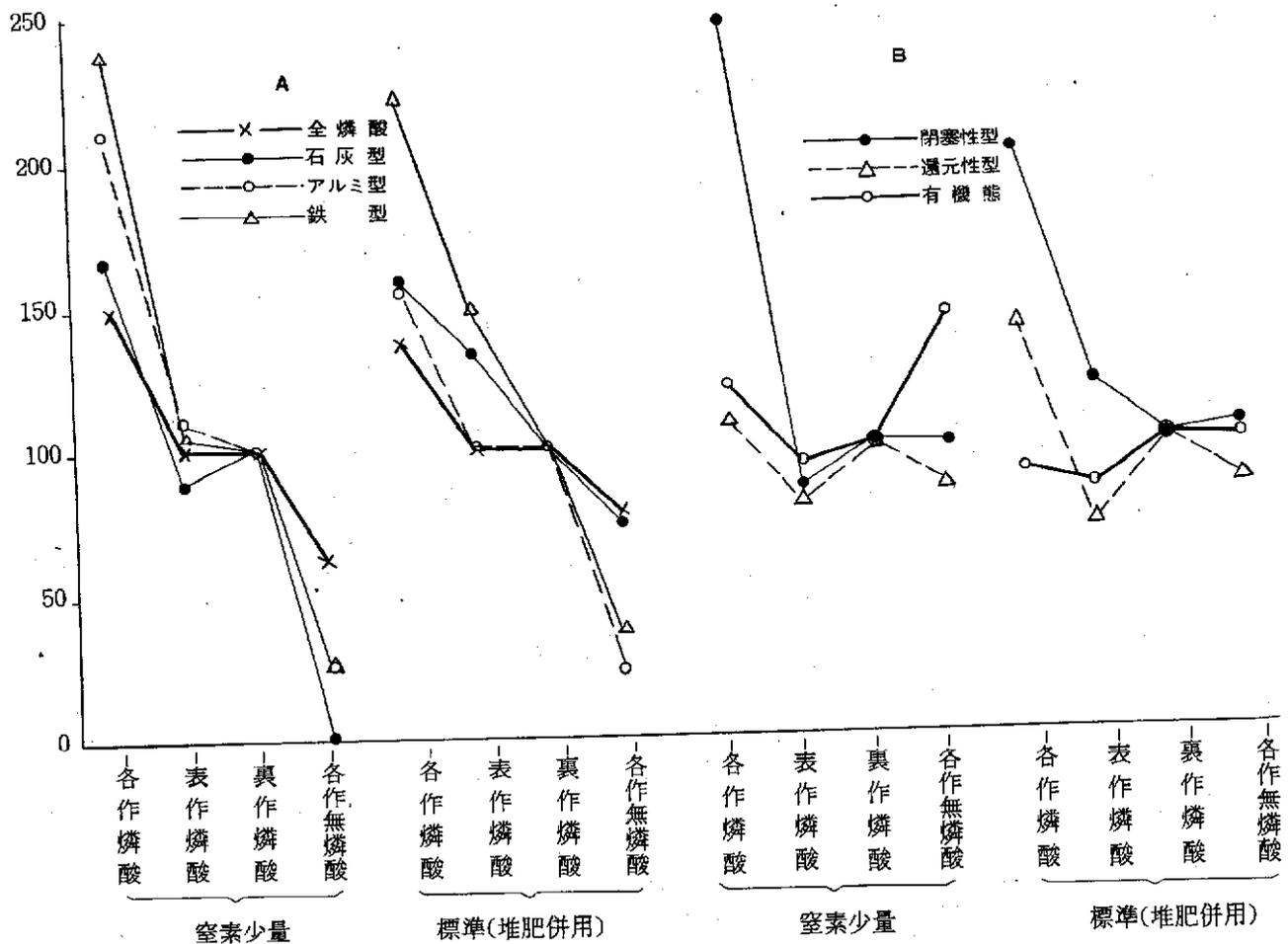
この見地からみると、本試験地の各作磷酸区は磷酸の過剰施用区で磷酸の集積区であり、各作無磷酸区は明らかに土壌磷酸の奪取区となる。

第5表および第4図は第3表の成績を以上の見地および目的のために裏作磷酸区の各型磷酸を標準にして求めた指数である。

第5表および第4図についてみると、すでに記述した

第5表 裏作磷酸区の土壌各型磷酸を基にした各区の指数

試験区名	全磷酸	有機態磷酸	無機態磷酸	無機態磷酸の型態						
				石灰型磷酸	アルミ型磷酸	鉄型磷酸	還元性鉄型磷酸	閉塞性磷酸		
								アルミ型	アルミ型	
窒素少量	各作磷酸	153	120	175	165	210	239	107	246	—
	表作磷酸	100	93	95	89	110	106	79	82	—
	裏作磷酸	100	100	100	100	100	100	100	100	—
	各作無磷酸	62	146	47	0	25	26	86	100	—
(標準) 堆肥併用	各作磷酸	140	90	165	156	156	223	141	200	—
	表作磷酸	100	83	105	134	100	148	71	122	—
	裏作磷酸	100	100	100	100	100	100	100	100	—
	各作無磷酸	75	102	54	73	22	34	86	100	—



第4図 裏作燐酸区の土壌各型燐酸を100とした場合の各区の指数

ように、全燐酸は堆肥の有無にかかわらずバランスシートが比較的平衡に近い燐酸年間 0.75kg/a 施用区の表作燐酸区と裏作燐酸区は全く同量であるが、燐酸年間 1.5 kg/a 区は施肥量が吸収量を超過するため全燐酸含量をいちじるしく増加し、無燐酸区は逆にいちじるしい減少を示している。

次に全燐酸含量の増加および減少は土壌燐酸のどの型態の燐酸の増減によって起っているかについて考察しよう。

a) 石灰型、アルミ型、鉄型燐酸

この3型燐酸は燐酸の集積区である各作燐酸区に増加し、燐酸の奪取区である各作無燐酸区は減少している。特に窒素少量各作無燐酸区では石灰型燐酸は0となっている。

b) 還元性型、閉塞性型燐酸

この2種の燐酸は燐酸の集積区である各作燐酸区に増加しているが、そのうち、閉塞性燐酸は含量が少なく考察することが困難である。燐酸奪取区の各作無燐酸区においては殆んど標準の裏作燐酸区と相異がない。

c) 有機態燐酸

この燐酸はa), b) で述べた各種の燐酸と異なり、集積区の各作燐酸区で減少し、奪取区の各作無燐酸区で増加する。

以上を要約すると、作物の燐酸吸収量に比し、施肥量の多いいわゆる燐酸の集積区においては、全燐酸含量が当然増加するが、増加する部分は石灰型、アルミ型、鉄型、還元性型燐酸であり、施用過燐酸石灰はこれら4型燐酸に移移して貯積されるものと考えられる。このことについては江川、関谷らも洪積火山灰土壌に32Pを含む燐酸を添加して畑状態に保って1ヶ月後および5ヵ月後に Jackson の方法で土壌中の燐酸を分別定量し、添加燐酸の型態変化を研究し、添加燐酸は時日の経過と共に易溶性燐酸を減じ、石灰型、アルミ型、鉄型および還元性型燐酸を増加し、閉塞性型燐酸も僅かながら増加することをみとめている。

燐酸奪取区の無燐酸区においては、全燐酸がいちじるしく減少するが、その減少の部分は石灰型、アルミ型、鉄型の燐酸で、還元性型、閉塞性型燐酸は殆んど増減がなく、有機態燐酸は却って増加する。石灰型、アルミ

型，鉄型磷酸の減少は水稻および小麦の磷酸吸収によって減少したことは明らかであるから，この3型磷酸は水稻および小麦に対して有効態の磷酸である。しかし還元性型，閉塞性型，および有機態磷酸は水稻および小麦が強度の磷酸欠乏を発現するほど土壤磷酸が欠乏していても，なおみるべき減少がない事実から考えて，この3種磷酸は水稻および小麦に対しては非有効態の磷酸であると考へて差支えない。

また第2表の収量成績からみて，25カ年間の無磷酸栽培である窒素少量各作無磷酸区の水稲は生育初期に一時顕著な磷酸欠乏症を現わすが，後には回復し目立った収量の低下を示さない事実は，石灰型磷酸は皆無であるが，僅かに存在するアルミ型，鉄型磷酸が水稻生育の中後期に溶出し，これが水稻の磷酸の給源になっていると考えられるので，石灰型，アルミ型，鉄型磷酸は水稻に対する有効磷酸であると推定される。

山本らも磷酸試験開始後0，12，23，31年目の土壤について，Jackson法およびその一部変法である農研法によって土壤中の磷酸の分別定量を行い，両作磷酸区および無磷酸区は全磷酸がいちじるしく増減し，その増減の主体をなすものは，アルミ型および鉄型磷酸であることをみとめ，このことから沖積水田では鉄型，アルミ型磷酸が有効性が高く，これが磷酸の天然供給の主因であることを推定している。

次に小麦に対する有効磷酸について考えると，窒素少量各作無磷酸区においては少なくとも，水稻の正常収量を維持するに足る磷酸量を供給する程度の土壤磷酸が今なお存在しているが，その磷酸給源はアルミ型，鉄型磷酸で石灰型磷酸は皆無である。もし，小麦が水稻と同じ程度にアルミ型，鉄型磷酸を吸収利用する能力があるならば，小麦の生育，収量は水稻とほぼ同様な収量指数を示さなければならないが，事実は第2表の通り，極度の磷酸欠乏で生育は極めて悪く，収量は皆無の状態となっている。このことから小麦は水稻に比べアルミ型，鉄型磷酸の吸収利用能力が極めて貧弱が，または殆んどないものと考えられ，小麦に対する有効磷酸は主として石灰型で，アルミ型，鉄型磷酸の有効性は低いと考へて差支えなからう。この見地から，窒素少量各作無磷酸区の小麥収量が殆んど収量皆無であるのに対し，堆肥併用の標準各作無磷酸区の収量は各作磷酸区の50%をなお維持している事実は土壤中の石灰型磷酸の存否によって説明することができる。

6. 土壤磷酸の型態に及ぼす堆肥の影響

土壤磷酸の型態におよぼす堆肥の影響は上述の所々に

ふれたが，ここにその影響を総合的にみるため，第3表の成績を無堆肥の窒素少量4区の平均を標準にして堆肥併用の標準4区の平均と比較して第6表に示した。

第6表 堆肥施用の有無と土壤磷酸

堆肥の有無	全磷酸	無機態酸	無機態磷酸					有機態酸
			石灰型	アルミ型	鉄型	還元性型	閉塞性アルミ鉄型	
窒素少量区(無堆肥)	100	100	100	100	100	100	100	100
標準区(堆肥加用)	110	117	178	134	92	108	81	96

第6表によると，昭和5年より堆肥年間150kg/a 施用しつづけてきた標準区は無堆肥の窒素少量区に比し全磷酸を増加している。増加部分は無機態磷酸で有機態磷酸は増加してない。無機態磷酸の中では，石灰型，アルミ型磷酸の増加が顕著で鉄型，還元性型，閉塞性型磷酸は無堆肥区と大差がない。

以上の成績から，堆肥を施用すると，石灰型，アルミ型磷酸を増加すると結論しうる。

要 約

昭和5年以来施行中の水稻および小麦に対する磷酸肥料の効果に関する圃場試験の最近4カ年の成績と，試験地土壤中の磷酸の型態別定量の結果から次の点を明らかにした。

- (1) 本試験地においては磷酸肥料の肥効は水稻に対しては僅少であるが，小麦に対しては極めて顕著である。
- (2) 土壤中の全磷酸含量は磷酸施肥量の多い区ほど高く，無磷酸区は明らかに低い。この全磷酸含量の多少は磷酸施肥量と作物の磷酸吸収量とのアンバランスに基づくものである。
- (3) 石灰型，アルミ型，鉄型磷酸の含量は磷酸施肥量の多い区ほど高い，無磷酸区はこの3種磷酸の含量が甚だ低い。
- (4) 還元性型，閉塞性型磷酸は各作磷酸区に多い傾向があるが，表作磷酸，裏作磷酸，無磷酸区の3区間には差がない。
- (5) 有機態磷酸は無磷酸区に多い。その他の区間には一定の傾向がない。堆肥を施用しても有機態磷酸は増加しないで，かえって減少する傾向がある。
- (6) 全磷酸に対する各型磷酸の構成割合は，磷酸施肥量の多い区ほど無機態磷酸の割合が大で，有機態磷酸の割合は小さい。無磷酸区は無機態磷酸の割合が小で，有機態磷酸の割合が大で全く逆の関係がある。

本試験地土壌磷酸の平均構成割合は石灰型8, アルミ型18, 鉄型17, 還元性型24, 閉塞性型1, 有機態32%であった。

(7) 過石態磷酸の作物による吸収残部は石灰型, アルミ型, 鉄型, 還元性型磷酸として土壌中に貯蓄される。

(8) 水稲および小麦の生育並びに収量と無磷酸区土壌の各型磷酸の定量結果より次のことを推定した。

a) 水稲に対しては石灰型, アルミ型, 鉄型磷酸は有効磷酸である。

b) 小麦に対しては, 石灰型磷酸の有効性は高いが, 鉄型, アルミ型磷酸の有効性は低い。

c) 還元性型, 閉塞性型磷酸は水稲, 小麦に利用されない。

(9) 堆肥を施用すると土壌中の全磷酸含量を増加する

が, 増加は石灰型, アルミ型磷酸部で, 鉄型, 還元性型閉塞性型, および有機態磷酸には影響しない。

参考文献

- 1) 江川・関谷ら：農研報告書（土壌化学第二研究室）（1959）
- 2) 林・滝島：土肥誌, 23 257—260（1953）
- 3) 農林省農業改良局広島県農試 水稲に対する磷酸肥料の効果に関する試験成績第一報（1953）
- 4) 農林省農業改良局広島県農試 水稲に対する磷酸肥料の効果に関する試験成績 第二報（1954）
- 5) S. C. CHANG and. M. L. JACKSON : Soil sci, 84 133—144（1957）
- 6) 山本ら：昭35. 滋賀農試. 肥料施用改善試験成績書（1961）

Summary

The studies of the effect of phosphatic fertilizer on rice and wheat plants have been continued since 1930. In this paper the authors report the results of a field experiment which was conducted for the last 4 years and tell of the extraction and determination of various discrete chemical forms of phosphate in paddy soils. The results obtained are summarized as follows.

(1) The effect of phosphatic fertilizer was little on rice plants and remarkable for wheat.

(2) The total content of phosphorus was great in the plot where a large amount of phosphate was applied in summer and winter-cropping. But it was small in the non-phosphate plot. This difference is considered to be due to the unbalance between the quantity of phosphatic fertilizer applied to soils and that of phosphorus absorbed by crops.

(3) The contents of phosphorus in calcium phosphate, iron phosphate and aluminium phosphate were greater in the plot where a large amount of phosphate was applied in summer and winter-cropping than in both plots where phosphate was applied only in summer-cropping and only in winter-cropping. They were far less in the non-phosphate plot.

(4) The contents of phosphorus in reductant soluble iron phosphate and in occluded aluminium phosphate were great also in the plot where a large amount of phosphate was applied in summer and winter-cropping. However, there was no clear difference among other plots.

(5) The contents of organic phosphorus were great in the non-phosphate plot as compared with other plots. They did not increase in spite of applying rice straw compost.

(6) The ratio of phosphorus of calcium, aluminium and iron type to total phosphorus was high and that of organic phosphorus was low in the plot where a large amount of phosphate was applied in summer and winter-cropping. In the non-phosphate plot the opposite results were obtained. The average ratio of phosphorus of various types in paddy soils was as follows: the phosphorus of calcium type 8%, the phosphorus of aluminium type 18%, the phosphorus of iron type 17%, the phosphorus of reductant type 24%, the phosphorus of occluded type 1% and the organic phosphorus 32%.

(7) The residual phosphorus of calcium super phosphate applied which was not absorbed by crops was accumulated in soils as

the phosphorus of calcium, Aluminium, iron and reductant type.

(8) From the results of the field experiment concerning the growth and the yield of rice and wheat plants and the determination of phosphorus of various types, the following facts can be concluded :

- (a) The phosphorus of calcium and aluminium type was available for rice plant.
- (b) The phosphorus of calcium type was available for wheat plants but that of

iron and aluminium type available only a little

(c) The phosphorus of reductant and occluded type was unavailable for both crops.

(9) When rice straw compost was applied to soils, an increase of total content of phosphorus owing to the increase of the phosphorus of calcium and aluminium type was found. But the phosphorus of iron, reductant and occluded type did not increase, and organic phosphorus also did not.