

畑地かんがいにおける蒸発散量と土壌水分との関係

鈴木龍彦・岩倉 昭

本試験は先に報告した畑地かんがいにおける用水量決定に関する試験の補足であって、主として
知水稲の蒸発散量と土壌水分の関係を明らかにするために行ったものである。

試験の結果、蒸発散量は土壌水分がPF 3.0相当から急激に減少し始める。この減少水分量は蒸
散量が支配的であって、作物の正常な生育を阻害する分岐点と見られ、先の用水量決定試験におけ
る作物収量が減収する点と全く一致した。

このことから畑地かんがいの用水量を決定する前提として、有効水分域はPF 2.0 (圃場容水量)
より 3.0 (生長阻害水分点) に採ることが望ましい。

なお、下層土より毛管作用で20および30cmに移動する水分は 4.0mm前後であり、畑地かんがいにお
いては無視する水分量ではない。また過剰水量の移動は、土壌水分が乾燥している場合は垂直移
動が主であって、横移動は認められなかった。

I ま え が き

筆者ら⁽¹⁾は先に畑地かんがいにおける用水量決定の前
提条件として、有効水分の範囲を確定することが必要で
あることから、火山灰性洪積土において数種の畑作物の
栽培結果から、作物収量とPFの関係を示し、そ
の有効水の範囲はPF 2.0 (圃場容水量) よりPF 3.0 (

生長阻害水分点) までが妥当であることを報告した。
本報告においては作物の蒸発散量と土壌水分について
有効水分の範囲について検討を行なった。

II 試験方法

- 1 供試作物 水稲・豊年早生
- 2 栽培様式

作物名	栽培様式		施肥量 kg/a		
	播種期	畦 株 間	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
水 稲	4月24日	60×5.5cm	0.4-0.6-0.4	1.0	1.2

備考 N追肥は6月9日、7月7日

3 蒸発散量の測定

Chamber の改良型により、測定前日に測定框内を40
~50mmかん水し24時間後(圃場容水量) から開始した。
夜間の蒸発散量は 0.1mm程度の少量であることから夜間
の測定は行なわなかった。

4 土壌水分の測定

大起製誘電式土壌水分測定器により、蒸発散量測定框
内に深さ10, 20, 30cmの各々に電極を埋設し、蒸発散量

測定日に土壌水分も測定した。

5 供試圃場

農業試験場環境部・面積10m² (土壌の理化学性につい
ては畑地かんがいにおける用水量決定に関する試験参
照)

III 試験の結果および考察

1 生育概況

生育初期の5月下旬より6月中旬の降雨量は65.4mmで
半年の半量(124.1mm)であり、この期間4回、1回20
mmのかん水を行なった。かん水を行なわない処では、5
月中、下旬の降雨で葉いもちが6月になって多発した。
また、かんがい期間中の降雨量は53.7mmで半年(207.6
mm)の約程度であり、この期間は3日、30mmかん水を行
なった。また、この期間は日照時間が長く好天に恵まれ
たが、9月中旬より雨天が続き、穂発芽の発生が方々で
見られた。すなわち前半は降雨量が少なかったために生
育が圧えられ、6月急激に伸長繁茂したので、畑かんが
いを行なわなかった処では稲熟が多発し、収穫期雨天続
きで乾燥調整等が不十分のため品質は一般によくなか
った。しかし干魃期のかん水、稲熟防除等管理の十分な処
では半年より高い収量をあげている。

2 蒸発散量

蒸発散量の測定は昭和42年8月4日より実施した。そ
の測定結果を第1表に示した。一般に蒸発散量は日射量
および蒸発計蒸発量と高い相関を示すことから、測定の
実測値と比較の基準として用いられている。

畑地かんがいにおける蒸発散量と土壌水分との関係

第1表 蒸 発 散 量

月日	Rmm	EWmm	E T (日合計) mm	ET/EW
8. 4	7.9	4.3	5.72	1.33
8. 5	4.5	2.4	3.23	1.35
8. 7	9.1	4.8	6.56	1.36
8. 9	7.8	4.4	5.41	1.23
8.10	7.2	4.4	5.04	1.15
8.11	7.1	4.7	4.76	1.01
合計	43.6	25.0	30.72	7.43
平均	7.3	4.2	5.12	1.24

備考 R……日射量を水深に換算したもの
 EW……蒸発計蒸発量
 E T……蒸発散量

蒸発散量の日合計で8月7日の6.56mmが最高で、8月5日の3.23mmが曇天のため最低を示し、日合計の平均は5.12mmで測定期間はRmmが示すように好天に恵まれた。

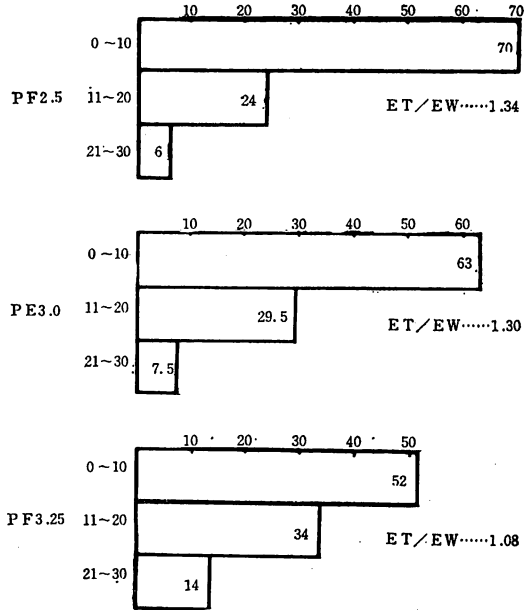
蒸発散量の経日的な変化 (E T/EW) についてみれば、試験頭初の高水分の場合には1.33~1.36と高い数値を示しているが、測定6日目の8月9日には1.23、7日目1.15、8日目の8月11日には1.01に低下が目立つようになる。この時期の蒸発散量⁽²⁾は作物の茎葉の繁茂によって、畦間を覆い直射日光に晒されることが少ないので、作物の蒸散量が支配的に多く、土面蒸発量は僅少である。したがって、この場合の E T/EW の減少は主として、蒸発散量のうち蒸散量の減少であることが推定された。

3 作物の水分消費型

蒸発散量測定期間中の畑水稻の水分消費型と E T/EW の関係を第1図に示した。すなわち土壌水分の高い段階 (PF 2.0~2.5) におけ表層10cmの消費は70%、次の20cmまでが24%、30cmまでは僅か8%に過ぎない。しかしPF 3.0の消費率は表層10cmが63%、20cm29.5%、30cm7.5%となり、表層10cmが減少し、20、30cm部位は逆に増加し、PF 3.25の場合は表層10cm52%、20cm34%、30cm14%と表層10cmの減少が更に大きくなり、その減少分を20および30cm部位で消費が増加している。

また E T/EW は測定日数の経過に伴って減少することは前に述べた通りであり、土壌水分の低い場合においては20cmおよび30cm部位の水分消費が増加し、E T/

EWは逆に減少し、特にPF 3.0を境にして、それ以上のPF (低水分) ではE T/EWの減少が急に顕われている。



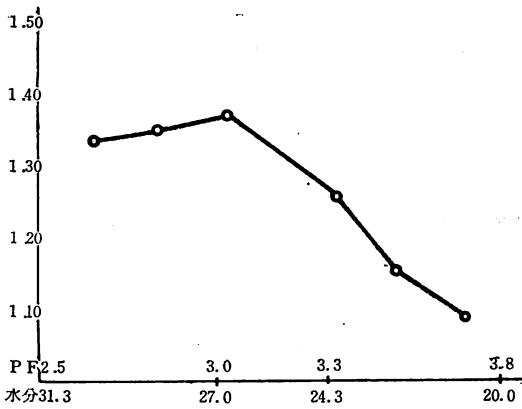
第1図 畑水稻の水分消費型

4 土 壌 水 分

測定期間中の土壌水分の変化を第2表に示した。表層10cmおよび20cmの水分は経日的に減少し、特に表層10cm間の水分の減少は甚だしく、試験開始時より10%の減少を示し、20cmは50%、30cmは2.6%の減少をみた。このように10cm間の表土の水分の急激な減少は、土面蒸発によるものであり、20および30cmの水分が減少しなかった理由の一つは、土面蒸発が抑えられたことは勿論であるが、下層よりの毛管水の移動によるものと推定された。このことは20cmが3日目、30cmが6日目から水分の減少が目立ったこととも一致する。

また測定期間中のE Tの総量は30.7mmであったが、土第2表 土 壌 水 分 の 推 移

月日	土 壌 水 分 (Vol%)		
	10cm	20cm	30cm
8. 4	29.7	29.9	42.6
8. 5	28.5	29.4	42.6
8. 7	26.6	28.4	42.6
8. 9	23.6	25.6	41.6
8.10	22.3	25.0	41.2
8.11	21.0	24.0	40.0



第2図 ET/EWとPFの関係

壤水分測定結果から計算による消費量は15.0mmであり、著しく少ないことから、毛管水の移動によって、土壤水分の補給が行なわれたことを示唆している。

なお、蒸発散量と土壤水分の関係を第2図に示した。表示のごとくPF3.0を境にET/EWは低下している。このことは蒸発散量の低下を示すものであり、特にこの場合、蒸発量が支配的であることから、蒸散量が低下したと思われる。このように蒸散量がPF3.0を境にして低下することは、圃場容量のように適水分を標準としてみれば異状であり、この現象はA, A, ローゼ⁽⁹⁾の提唱している生長阻害水分点と理解してよいものと考えられる。

最近椎名⁽⁴⁾は土壤の水分定数について生長阻害水分点⇨毛管連絡切断含水量⇨PF3.0水量の関係が成立することを明らかにした。

以上のことから火山灰性洪積土壌において、畑地かんがいの有効水分域はPF2.0(24時間圃場容量)より3.0(生長阻害水分点)までを畑作物の収量から適当であることを筆者らは提唱したが、本報告の蒸発散量、水分消費型および土壤水分等の測定結果から、先の報告の妥当であることを再確認することができた。

次に有効水分のPF3.0の簡易識別法として、筆者らは土壤水分の多少によって土色が変わることから、大体のかん水時期の判定に役立つことを提案した。すなわち土壤水分の多い火山灰土壌においては黒褐色が強く顕れ、水分が減少するに従って灰褐～灰色になるので、試験管にPF2.0, 3.0, 3.5に相当する水分の土壌を詰め密栓して、圃場の乾湿を比較するものである。しかし、現在は簡易土壤水分の測定容器が開発されているので、これらの利用することをおすすめしたい。

5 試験圃場の収量

参考のため蒸発散量測定圃場(蒸発散量測定場以外)の畑水稻の収量を第3表に示した。この収量は豊作年次に相当する。

なお、先に畑土壌の保水力調査⁽⁹⁾において、県下の畑地帯には干魃および潜在干魃の被害面積の多いことを指摘した。ここで潜在干魃とはやや正常に近い生育収量を示しながら増収につながらない干魃であって、具体的には畑地かんがいの用水量決定の際にPF2.0~3.8(初期萎調点)に採る場合の減収である。このためにも有効水分域をPF2.0~3.0に採り、畑地かんがいの用水量決定の基本条件にすることを強く要望してやまない。

この試験は関東農政局の畑地かんがい立地区分調査の一環として行なわれたもので、関東農政局資源課、利根水系農業用水調査事務所、県耕地一課、霞ヶ浦土地改良調査事務所のご協力をえた。ここに深く感謝の意を表します。

第3表 試験圃場の収量

全重	わら重	粃重	玄米重
132.5	70.0	62.5	46.9

参考文献

- 1) 酒井：茨城農試研究報告第7号 61, (1965)
- 2) 加藤：畑地かんがいに関する研究集録 1×90 (1967)
- 3) A, A, ローゼ：土壤と水 東京大学出版会 62 (1963)
- 4) 椎名：畑地かんがいに関する研究集録 1×1 (1967)
- 5) 鈴木：茨城農試研究報告第8号 67, (1966)

附：土壌中の水の移動について

1 まえがき

土壤水分は一般に重力水、毛管水、吹着水に大別され、畑地かんがいに関係の深いものは重力水の一部と毛管水である。毛管水は土壤粒子間の間隙が毛細管引力によって保持されている水分であって、地下水の高低、土壤粒子の大小によって異なるものといわれている。

畑地かんがいにおける蒸発散量と土壌水分との関係

畑地かんがいの計画には 1.作物の蒸発散量, 2.作物の水分消費型, 3.土壌の有効水分の範囲などを基本にして決められていて, 下層土からの補給される水分(毛管水の移動)は無視されている。またこれに関係ある試験の行なわれた例は殆どないようである。このため用水を合理的に管理するには必要なことと考えて, この試験を実施した。なお, 過剰降雨の浸透についても測定した。

2 試験方法

1) 1㎡のコンクリート框(無底)に無処理区およびビニール膜を深さ20cm, 50cmに敷き, 無処理同様に框内に土を戻し, その各々に水分測定電極を深さ10, 20, 30

cmに埋め昭和42年7月26日より8月20日まで, 無降雨状態で土壌中の水分を測定した。

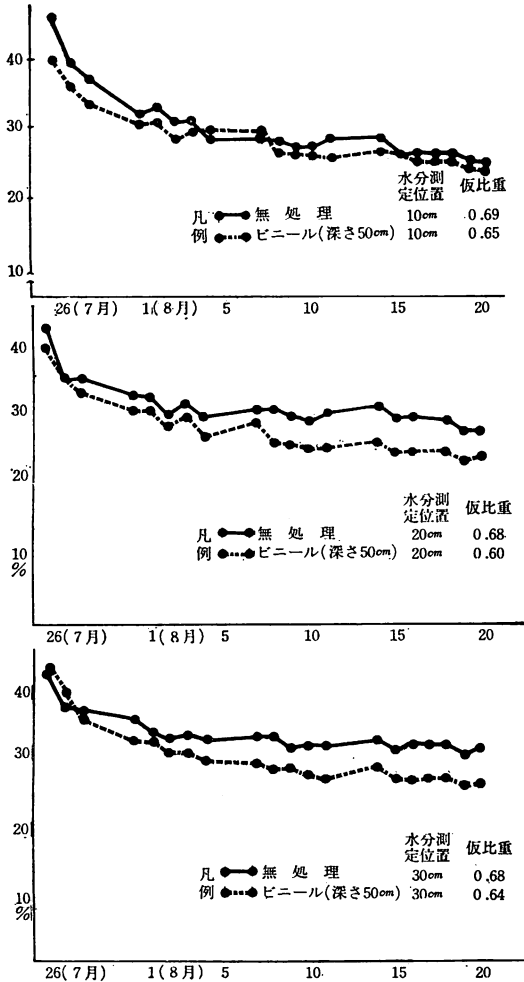
2) 圃場に1㎡の区画に高さ10cmの土盛をして, その中央部に深さ10, 20, 30cmに水分測定用電極を埋め, 更に中央部より50, 100cmの距離の各々に中央部同様に電極を埋め, 浸透水を経時的に測定した。

3 結果の概要

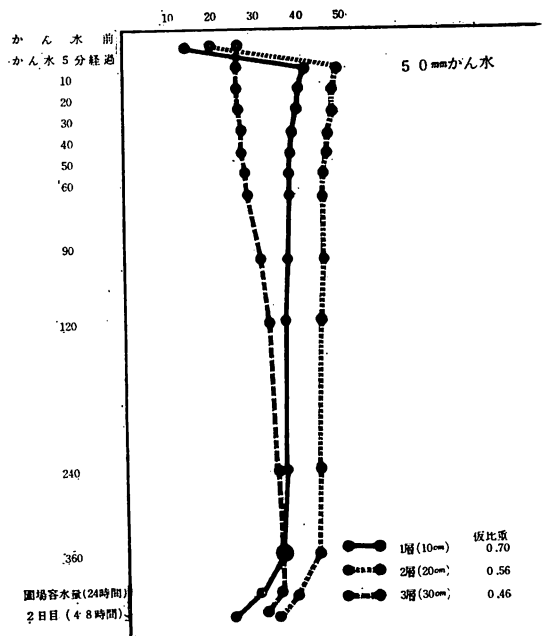
1) 無処理区およびビニール処理区の各10cm毎の水分測定結果を附第1図に示した。表層10cm間の水分の変化は7月26日より8月1日までに急激に減少しているが, それ以後の減量は緩慢であり, 無処理区と処理区の差は僅少であり, 仮比重を調整してみると差は認められない。すなわち, 土面蒸発が毛管上昇水よりも多いことを示している。

20cm部位の水分は明らかに無処理区の水分が常に高く, 仮比重を調整しても平均で1.5mm多いことになる。なお, 30cm部位の水分も無処理区が高く, 毛管水の補給の行なわれていることを示し, 平均2.5mmの差がみられた。

毛管上昇作用によって補給される水分量は表層10cmは土面蒸発量が多く, 無処理, 処理区間の差は殆ど認め



附第1図 毛管水の移動



附第2図 浸透速度と移動

られないが、20および30cm間において合計4.0mmの補給が認められた。

この水分量は畑水稻の蒸発散量の半量に相当し、他のソ菜等の1日分に相当するものであり、これを無視することは畑地かんがいの運営に大きな損失と思われる。

2) 土層の各10cm毎の浸透の経過を附第2図に示し

た。表示のごとくかん水の移動は殆ど普通であり、横の移動は全々認められなかった。このことは、この畑地の土壌構造が特異的なものか、あるいは土壌腐植が少ないためか、あるいは下層、土の水分が低いことによるものかは、更に毛管水との関係において検討が必要である。

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

丹野 貢*・緑川 覚二・橋元 秀教**

近年県下の新開田地は漸増する傾向にあるが、その多くは火山灰土壌を母体とするものである。このような火山灰水田において三要素適量試験を行なった結果、関東地方のような暖地においても燐酸多施の効果が顕著に認められ、燐酸適量は10アール当たり16kg以上に達した。また、新開田のみでなく既存の火山灰熟田の場合においてもほぼ同様な結果がえられた。これらの結果は水稻早植栽培の条件下においてのみ認められるものであり、施肥燐酸が主として早植水稻の初期生育促進、とくに分けつ増大に著しく寄与することを確認した。

さらに、燐酸肥効の増大をはかるため粒状固形肥料ならびに緑草水浸液の施用効果について検討を加え、燐酸少施の条件下においてもそれぞれ肥効発現のきわめて大きいことが認められた。

I 緒言

火山灰水田の燐酸施肥に関する研究は、これまでも数多く行なわれている。しかし、その多くは東北地方のごとき冷涼地において行なわれたものであって¹⁹⁾²⁰⁾⁴⁵⁾、関東地方以南の温暖地における研究はきわめて少ない。東北地方での研究がとくに多いのは、同地方の火山灰水田面積が急速に増加し、これまでの沖積水田対策とは異なる稲作技術の確立が強く要請される事情下におかれたことに基づくものと考えられる。

関東地方における水田は、主として利根川水系その他の河川を中心とする関東平野の沖積地に広範囲に分布しているが、一方火山灰土壌を主体とする水田の分布面積も決して少なくない。すなわち、関東地方における火山灰水田の分布は、関東のほぼ全域にわたっており、とくに栃木、茨城の北関東2県のみでも約16,000haに及ぶことが明らかにされた²⁶⁾。さらに近年では、これら洪積地上の火山灰畑地を水田化する、いわゆる開田事業が各地において進められているが、茨城県内におけるその面積は5,000haに達するとみられている。戦後に増加してきたこのような新開田を、関東地方では沖積土、洪積土の別を問わず一般に陸田と呼称し、これに関する調査も行なわれている³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾。しかし、その多くが土地耕作台帳上では畑地のままであり、その実態を適確には握することは甚だ困難である。農家経営において水稻が最も安定した収益作物である現状では、水田率の著しく低い(約45%)茨城県における陸田面積はさらに増加することが予測される。

県下の火山灰水田は、主として台地間あるいは台地内の谷津田ならび前述のような台地上の陸田として分布している。前者の谷津田は開田年次のきわめて古い熟田であり、後者は開田年次の新しい新開田として区別される。さらに、これらの台地がいずれも火山灰によって被

覆されている洪積土であり、したがって熟田、新開田のいずれも一般沖積水田とはその土壤理化学性において相異していることは容易に想定される。

従来関東地方以南における温暖地火山灰水田に関する研究としては、主として燐酸多施⁷⁾²⁸⁾あるいは燐酸還元⁴⁶⁾に関する試験が行なわれている。しかし、寒冷地における試験結果とは異なって、燐酸多施の効果はほとんど認められていない。これは従来の試験³⁰⁾からうかがわれるごとく、盛夏時における土壤の強還元起因すると考えられる。関東北部における火山灰熟田の多くが湿田であることも、燐酸肥効のあらわれがたいことと関連しているであろう。

著者らは以上のような火山灰熟田ならびに新開田を対象として、その施肥合理化および土壤改良をはかり、温暖地の火山灰水田における水稻作の安定多収技術を土壤肥料学的見地から確立しようとして、現地圃場栽培試験ならびにこれに付随する植木鉢試験を実施した。本研究の実施にあたっては、まず熟田および新開田の土壤理化学性と沖積水田のそれとの差異について考慮を払うとともに、県内における水稻移植期が早期化しつつあることに着目して、早晚植両水稻の場合についても検討を加えた。このようにして各種の検討を加えた結果、県下の火山灰水田に対する施肥合理化対策について一応の結論がえられたのでここにその結果を報告することにした。

なお、本報告の一部は日本土壤肥料学会春季大会¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ならびに関東支部大会¹³⁾においてそれぞれ発表し、その一部を日本土壤肥料学会誌¹⁶⁾に報告した。

終りに、本研究にあたって終始ご激励をいただいた元茨城県農業試験場長森田潔氏、同じく前場長故関川清氏に深く感謝の意を表す。また、現地圃場試験の調査その他にあたって多大のご協力をいただいた各農業改良普及所の職員ならびに新生、那珂中部各開拓農業協同組合

* 富山農試 ** 九州農試

の関係者一同、現茨城県農産園芸課根本弘技師、茨城県農業試験場 猿谷典治主任研究員、同化学部職員一同および試験調査、化学分析等の一部を分担された石川実技師、小坪和男技師の各位に厚くお礼を申しあげる。

II 研究方法と結果ならびに考察

1 火山灰水田における燐酸の肥効

(1) 茨城県下における火山灰土壌²¹⁾

県下の火山灰土壌は、主として関東ローム層と呼ばれる洪積土であって、極めて緩やかな起伏をなす台地を構成している。この地層には、県中部以北の全域にわたって鹿沼土と同系統に属する黄色粒状の火山灰層が存在している。さらに県北部では下層が第三紀層からなり、これら粘土層の存在によって排水不良となり、主として有機物の集積の多い黒色火山灰土壌が多く分布している。県南部では粗粒の砂岩あるいは砂層からなる成田層が下層に存在し、したがって排水が良く、有機物の集積の少ない暗褐色の火山灰土壌の分布が多くなっている。

以上の火山灰土壌はいずれも鉄、アルミナに富み、有効燐酸および塩基に欠乏した土壌であって、著しく軽しゅうであり、したがって風蝕を蒙りやすい。さらにこれらの火山灰洪積台地間あるいは台地内部の低地においては、台地の火山灰土壌の運積された、いわゆる火山灰土壌を母材とする水田土壌が形成されている。これら低地の火山灰水田では一般に排水不良地が多く、有機物の集積が著しい。

新開田は前述の台地上の黒色あるいは暗褐色火山灰土壌からなり、熟田は低地の湿田からなるものであって、いずれも火山灰土壌を母体とする。なお、茨城県における火山灰水田の分布は第7図に示したとおりである。

(2) 火山灰新開田における施肥改善対策

茨城県下では、昭和34年以降火山灰畑地の開田が各地において進められ、とくに一部の開拓地において集団的に水田の造成が行なわれた。新治郡出島村の新生開拓地、那珂郡那珂町の那珂中部開拓地などがその代表的な例であるが、これらの開拓地では畑作の不振から畑地の水田化による水田作への大規模な切り換えが実施された。しかし、これらの開拓地の一部には水稻の生育初期において葉鞘部の黄白化、分けつ伸長の抑制などの燐酸欠乏に類似の生育阻害症状が発生した。また耕作農家も開拓地という特殊事情から水田作の未経験者が多く、栽培管理の不適切なることあって赤枯れ、根腐れ、秋落

ち、倒伏など各種の障害が多発するに至った。

従来茨城県では、このような新開田地に対する対策試験はほとんど行なわれていなかったもので、著者らはまず三要素適量のは握、漏水防止対策、土壌化学性の変化などの基礎調査を行なうため現地栽培試験圃場を設置した。

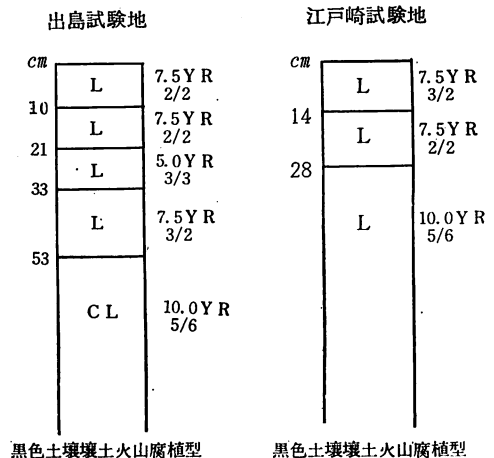
なお、試験圃場は前述の黒色ならびに暗褐色火山灰土壌各一か所、計二か所であって、昭和35年より試験を開始した。

1) 供試水田の概要

出島試験地：前述の新治郡出島村の洪積台地上にある新生開拓地内に位置し、土壌は茨城県中部以北にかけて分布面積の大きい黒色火山灰土壌である。戦後の昭和20年に満洲からの引揚者によって開拓が開始され、当初は畑作酪農に依存していたが、昭和33年営農計画の一環として畑地の開田が開始された。開田前においては主に陸稲、麦類、牧草等の栽培が行なわれ、多年良質の厩肥が投入されており、生産力はかなり高い。

開田作業は20 tonのブルドーザーによって行なわれたが、施工のさいは表土15cmをまず除いてブルドーザーによる均平鎮圧作業を行ない、表土をふたたびもとに戻す、いわゆる表土扱い法がとられた。この場合の鎮圧は減水深が24時間当たり6cmになるように予め計算された。現在新生開拓地およびその周辺の開田面積は約200haに及び、用水はいずれも霞ヶ浦湖水を水源とする畑地かんがい施設に依存している。

江戸崎試験地：稲敷郡江戸崎町佐倉原の洪積台地上に



第1図 試験地土壌の柱状断面図

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

位置し、土壤は茨城県の中部以南にかけて分布面積の大きい暗褐色火山灰土壤である。開田前においては、近くの霞ヶ浦湖水を揚水する畑地かんがい施設によって、主として陸稲の栽培が行なわれていたが、用水量の豊富なために昭和35年から試験的に開田が行なわれた。出島試験地の場合と異なって、良質有機物の施用されていない

瘠薄な土壤であり、開田のさいはブルドーザーを用いず人力のみに頼った。したがって、表層土の鎮圧は行なわれていない。

両試験地土壤の断面図ならびに理化学的性質は第1図ならびに第1表のとおりである。すなわち、出島試験地では腐植層がかなり厚く、これに反して江戸崎試験地では

第1表 試験地土壤の理化学性

1) 出島試験地

(乾土100g当たり)

層位	容積重 g	pH (H ₂ O)	T-N %	T-C %	C/N	腐植 %	CEC me	T-B me	石灰飽和度 %	置換性me		吸収係数mg		N/5HCl可溶mg		乾土効果 mg	NH ₄ ~N 化成率 %	易還元性Mn ppm
										Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O			
I	76.2	6.1	0.57	7.0	12.2	12.0	23.4	13.8	54.9	12.6	1.2	577	2,311	39	17	12	2.0	27
II	74.1	6.1	0.56	6.4	11.4	11.0	27.8	14.6	45.4	12.6	2.0	587	2,347	—	—	—	—	30
III	67.2	5.8	0.42	4.4	10.5	7.6	23.2	7.9	34.1	6.8	1.1	635	2,539	—	—	—	—	45
IV	63.7	5.8	0.35	4.7	13.5	8.1	24.1	9.5	35.3	8.5	1.0	658	2,631	—	—	—	—	226
V	68.4	6.0	0.24	2.3	9.4	3.9	19.8	4.1	15.7	3.1	1.0	626	2,503	—	—	—	—	147

2) 江戸崎試験地

層位	容積重 g	pH (H ₂ O)	T-N %	T-C %	C/N	腐植 %	CEC me	T-B me	石灰飽和度 %	置換性me		吸収係数mg		N/5HCl可溶mg	乾土効果 mg	NH ₄ ~N 化成率 %	易還元性Mn ppm
										Ca	Mg	N	P ₂ O ₅				
I	71.8	5.2	0.47	4.5	9.5	7.5	21.0	3.7	14.3	3.0	0.7	568	1,991	15	13	2.7	217
II	74.1	5.6	0.35	4.0	11.3	6.8	20.6	9.1	36.4	7.5	1.6	536	1,820	—	—	—	225
III	54.2	6.0	0.24	3.5	14.5	5.9	25.5	10.2	35.3	9.0	1.2	771	2,850	—	—	—	438

注) T-Bは置換性CaおよびMgの含量を示した。

薄く、また両土壤ともに磷酸吸収係数では1,900以上を示し、磷酸吸収係数のきわめて大きいことが認められる。さらに、管理来歴の良好な出島土壤では塩基は比較的多いが、江戸崎土壤では石灰、苦土ともに著しく少ないことが特徴的である。

なお、土壤分析法については一般に行なわれている方法³⁾に準拠した。

2) 試験方法

試験期間は出島試験地においては昭和35年から37年まで3か年、江戸崎試験地においては昭和35年の1か年のみである。本試験では早植条件下における三要素適量のは握、堆肥による有機物施用効果、ペントナイトによる漏水防止効果、石灰質肥料施用効果等の検討を行なった。試験設計を示すと第2表のごとくである。すなわち、出島試験地では窒素、磷酸、加里の適量試験ならびに改良資材施用効果試験を主体とし、とくに磷酸用量試験の場合には窒素標準量のほか窒素多量系列を加えた。

ペントナイトについては、作土全層混入区のほか作土直下敷込区を設けたが、これは開田に際してブルドーザーがまず作土を片寄せ、つぎに鎮圧して、ふたたび作土をもとに戻す作業を行なっていることから、鎮圧の際にペ

ントナイトを施す作土下施用を行ない、漏水防止をより有効ならしめようとしたものである。また、炭酸石灰区では石灰の施用によって土壤中活性アルミニウムの抑制による磷酸肥効の増進をはかった。

江戸崎試験地の場合にも、試験内容は出島の場合とほぼ同様であるが、磷酸適量試験は窒素標準量のみとし、改良資材として坪田ら¹⁷⁾によってその効果の認められている大谷石粉を供試した。

3) 試験結果

a) 生育の状況

出島試験地：第3表に示すように初期の生育は、窒素適量試験では各処理区ともきわめて順調であり、障害はほとんど認められなかった。しかし、磷酸適量試験では無磷酸区において茎の下部が磷酸欠乏に特有の、白色味を帯びていることが認められた。茎数および草丈の伸長は窒素施用量に対応して増大し、磷酸の施用量増加ともなって茎数の著しく増加することが認められた。一方加里用量と生育相との関係では、初期においては一定の傾向が認められず、分けつ最盛期において加里増施の場合に草丈、茎数の増加する傾向がうかがわれた。

出穂期は第3表に示すように窒素の増施とともに遅延

第2表 試験設計

1) 出島試験地

(kg/a)

試験の種類	区名		三要素成分量						現物施用量				
			N			P ₂ O ₅	K ₂ O	堆肥	ペントナイト	炭酸石灰			
			基肥	追肥	計								
窒素適量	N	— 0	0	0	0	1.6	1.0	—	—	—			
	N	— 6	0.4	0.2	0.6	〃	〃	—	—	—			
	N	— 10	0.8	〃	1.0	〃	〃	—	—	—			
	N	— 14	1.2	〃	1.4	〃	〃	—	—	—			
燐酸適量	N	— 10	P	— 0	0.8	〃	〃	1.0	0	〃	—	—	—
	N	— 10	P	— 8	〃	〃	〃	〃	0.8	〃	—	—	—
	N	— 10	P	— 16	〃	〃	〃	〃	1.6	〃	—	—	—
	N	— 10	P	— 24	〃	〃	〃	〃	2.4	〃	—	—	—
	N	— 10	P	— 38	〃	〃	〃	〃	3.8	〃	—	—	—
	N	— 14	P	— 8	1.2	〃	1.4	0.8	〃	〃	—	—	—
	N	— 14	P	— 16	〃	〃	〃	1.6	〃	〃	—	—	—
	N	— 14	P	— 24	〃	〃	〃	2.4	〃	〃	—	—	—
加里適量	K	— 0	0.8	〃	〃	〃	1.6	0	〃	—	—	—	
	K	— 6	〃	〃	〃	〃	〃	0.6	〃	—	—	—	
	K	— 10	〃	〃	〃	〃	〃	1.0	〃	—	—	—	
	K	— 14	〃	〃	〃	〃	〃	1.4	〃	—	—	—	
堆肥改良お資材よびの	標準堆肥施用	標準施用	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1.0	〃	—	—	—
	ペントナイト作土下施用	ペントナイト作土下施用	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	75	—	—	—
	ペントナイト作土全層混入	ペントナイト作土全層混入	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	300	—	—
	炭酸石灰	炭酸石灰	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	10

注) 耕種管理の概要

堆肥, ペントナイト, 炭酸石灰施用 5月11日
 移植 5月14日
 刈取 10月3日

2) 江戸崎試験地

(kg/a)

試験の種類	区名		三要素成分量									現物施用量				
			N						P ₂ O ₅	K ₂ O			堆肥	ペントナイト	大谷石粉	炭酸石灰
			基肥	第1回追肥	第2回追肥	第3回追肥	第4回追肥	計		基肥	基肥	追肥				
窒素適量	N	— 0	0	0	0	0	0	1.2	0.4	0.4	0.8	—	—	—	—	
	N	— 12	0.4	0.1	0.1	0.3	0.3	1.2	〃	〃	〃	—	—	—	—	
	N	— 20	0.4	0.2	0.2	0.6	0.6	2.0	〃	〃	〃	—	—	—	—	
	N	— 23	0.7	0.2	0.2	0.6	0.6	2.3	〃	〃	〃	—	—	—	—	
燐酸適量	P	— 0	0.4	〃	〃	〃	〃	2.0	0	〃	〃	—	—	—	—	
	P	— 8	〃	〃	〃	〃	〃	〃	0.8	〃	〃	—	—	—	—	
	P	— 12	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1.2	〃	〃	—	—	—	—	
加里適量	K	— 0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1.2	0	0	0	—	—	—	
	K	— 6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	0.3	0.3	0.6	—	—	—	
	K	— 8	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	0.4	0.4	0.8	—	—	—	
	K	— 10	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	0.5	0.5	1.0	—	—	—	
堆肥改良お資材よびの	標準堆肥施用	標準施用	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	0.4	0.4	0.8	—	—	—	
	ペントナイト作土下施用	ペントナイト作土下施用	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	75	—	—	
	ペントナイト作土全層混入	ペントナイト作土全層混入	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	300	—	
	炭酸石灰	炭酸石灰	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	300	

注) 耕種管理の概要

堆肥, ペントナイト, 大谷石粉, 炭酸石灰施用 5月17日
 移植 5月23日
 刈取 9月13日

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

第3表 生育概況(出島試験地)

試験の種類	区名	6月13日		7月14日		8月17日		出穂期	10月3日		
		草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数		稈長	穂長	穂数
		cm	本	cm	本	cm	本		cm	cm	本
窒素適量	N-0	32.1	8.0	60.9	12.0	97.9	10.1	8.10	75.9	20.6	10.4
	N-6	34.6	12.0	68.7	17.8	107.6	14.9	9	87.1	21.6	15.1
	N-10	35.3	12.4	74.9	22.0	124.9	19.3	10	99.1	22.3	19.4
	N-14	33.2	13.7	80.3	24.1	132.1	20.7	13	105.8	21.6	19.3
燐酸適量	N-10 P-0	35.1	12.0	76.6	21.4	128.2	17.8	8.12	101.7	22.4	18.7
	N-10 P-8	35.6	13.3	78.5	24.3	126.3	20.9	12	102.0	21.4	20.0
	N-10 P-16	35.3	12.4	74.9	22.0	124.9	19.3	10	99.1	22.3	19.4
	N-10 P-24	35.3	17.4	77.5	27.5	121.6	21.9	9	98.5	21.1	21.0
	N-10 P-38	36.1	18.8	78.3	27.0	127.9	21.4	4	101.3	22.0	22.3
	N-14 P-8	32.9	12.9	78.1	23.5	128.6	20.6	13	102.6	21.6	19.4
	N-14 P-16	33.2	13.7	80.3	24.1	132.1	20.7	13	105.8	21.6	19.3
	N-14 P-24	35.9	13.3	79.9	23.2	132.0	21.6	9	108.5	22.5	20.4
N-14 P-38	33.8	17.6	83.3	31.8	135.5	24.2	10	106.6	21.2	21.6	
加里適量	K-0	32.1	14.2	72.5	23.5	118.6	19.8	8.11	95.1	21.2	18.3
	K-6	32.8	15.2	73.3	24.0	118.3	18.3	7	94.1	21.8	17.0
	K-10	35.3	12.4	74.9	22.0	124.9	19.3	10	99.1	22.3	19.4
	K-14	33.7	15.9	78.3	26.5	129.5	21.2	10	104.3	21.6	20.2
堆肥材のよ効果改良	標準	35.3	12.4	74.9	22.0	124.9	19.3	8.10	99.1	22.3	19.4
	堆肥施用	34.8	17.5	78.6	27.7	124.2	21.1	10	102.0	20.7	20.8
	ペントナイト作土下施用	34.1	15.6	79.9	26.9	126.0	21.3	10	101.0	20.4	19.8
	ペントナイト作土全層混入	33.6	15.3	76.6	26.0	118.4	19.4	10	97.6	21.1	18.1
	炭酸石灰	35.1	14.6	76.6	26.9	125.7	21.9	11	101.0	21.9	21.0

し、燐酸の増施とともに早くなる傾向が認められ、ことに燐酸多量(N-10, P-38)区と燐酸少量(N-10, P-8)区とでは約8日もの開きが認められた。

成熟期においては、窒素および加里の多施区ではいずれも倒伏し、燐酸多施区のうちではP-38区が過繁茂のため倒伏寸前の様相を呈した。この間において堆肥、ペントナイト、炭酸石灰の各区はいずれも初期においては無施用区に勝る生育を呈したが、後半においては区間の差異がほとんど認められなくなった。

第3表に示すごとく、窒素多施区は初期より旺盛な生育を呈し、成熟期においては稈長が1m内外になり、それが倒伏の誘因となった。燐酸および加里多施の場合にも窒素多施区とほぼ同一の傾向を示していることがうかがわれる。また、窒素標準量の場合には、燐酸増施とともに茎数、穂数が増大しているが、窒素多量の場合には茎数以上に草丈、稈長の増大が著しく、そのためやはり倒伏の誘因となった。

江戸崎試験地：本試験地では第4表に示すごとく減水

第4表 減水 深

試験地	区名	月 日				
		6月14日	6月18日	6月24日	7月1日	7月3日
出島	標準	25	11	24	22	23
	ペントナイト作土混入	5	39	35	35	11

(mm/24hr)

試験地	区名	月 日				
		5月23日	5月30日	6月7日	6月14日	7月6日
江戸崎	標準	1200	1224	672	720	768
	ペントナイト	480	480	480	480	576

深が著しく大きいため、移植時において苗の活着が悪く、初期生育は出島試験地の場合に比べて著しく劣った。したがって、ペントナイト施用による減水抑制の効果はきわめて高く、300kgの施用によって初期の減水深は無施用の場合に比して約 $\frac{1}{2}$ に減少した。しかし、大谷

石粉の場合には減水深の抑制はほとんど認められなかった。

つぎに、第5表に示すごとく本試験地では出島の場合と同様に窒素、磷酸の増施にともなって草丈、茎数が増大し、ペントナイト区ではとくに旺盛な生育を呈するこ

第5表 生育概況 (江戸崎試験地)

試験の種類	区名	7月8日		7月14日		7月25日		9月13日		
		草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	稈長	穂長	穂数
		cm	本	cm	本	cm	本	cm	cm	本
窒素適量	N-0	40.1	3.9	47.8	4.6	58.5	4.5	61.8	19.5	4.9
	N-12	46.5	5.8	53.5	3.9	67.2	9.4	67.7	21.3	10.0
	N-20	47.0	5.3	58.7	5.9	69.8	9.6	67.8	21.8	9.7
	N-23	49.6	6.4	56.4	6.8	70.9	9.6	70.3	22.9	10.4
磷酸適量	P-0	43.6	4.6	50.0	4.8	63.9	6.5	59.0	20.9	8.0
	P-8	46.2	5.2	54.2	5.3	69.1	8.9	63.7	21.0	9.6
	P-12	47.0	5.3	58.7	5.9	69.8	9.6	67.8	21.8	9.7
	P-24	46.6	6.5	53.2	7.0	70.5	9.9	78.2	22.0	9.8
加里適量	K-0	51.2	7.2	57.7	8.1	73.1	12.0	71.4	22.0	15.2
	K-6	46.2	5.7	53.6	6.2	69.7	8.6	69.1	22.3	9.2
	K-8	47.0	5.3	58.7	5.9	69.8	9.6	67.8	21.8	9.7
	K-10	43.7	5.6	52.5	5.9	67.0	9.1	68.1	21.7	8.9
堆肥改良お資よ材の	標準施用	47.0	5.3	58.7	5.9	69.8	9.6	67.8	21.8	9.7
	堆肥施用	47.4	6.3	55.5	6.8	69.6	10.1	69.9	23.9	11.0
	ペントナイト	50.8	7.6	60.4	8.2	71.1	11.1	77.6	21.4	11.5
	大谷石粉	43.3	5.9	51.6	6.6	66.9	8.6	67.8	21.1	8.7
	炭酸石灰	42.9	5.1	50.3	5.0	66.4	7.6	63.3	21.6	8.2

第6表 収量 (出島試験地)

試験の種類	区名	わら		玄米		屑米	糶	玄米千粒重	もみ	
		kg/a	比	kg/a	比					
					1.8ℓ重	kg/a	kg/a	g	わら	
窒素適量	N-0	67.5	68	42.0	72	1.49	1.0	22.9	0.77	
	N-6	103.5	100	58.3	100	1.49	0.3	23.4	0.68	
	N-10	121.5	121	65.3	112	1.47	0.9	22.4	0.65	
	N-14	146.3	146	54.2	93	1.48	1.7	21.3	0.46	
磷酸適量	N-10	P-0	150.8	112	57.4	95	1.46	1.6	21.2	0.48
	N-10	P-8	134.3	100	60.8	100	1.48	1.0	22.0	0.55
	N-10	P-16	121.5	90	65.3	107	1.47	0.9	22.4	0.65
	N-10	P-24	132.0	98	68.4	113	1.48	0.6	22.0	0.63
	N-10	P-38	146.3	109	61.2	101	1.48	1.1	21.2	0.52
	N-14	P-8	153.5	114	52.0	86	1.47	1.9	21.9	0.43
	N-14	P-16	146.3	109	54.2	89	1.48	1.7	21.3	0.46
	N-14	P-24	151.5	112	59.0	97	1.48	1.2	21.3	0.48
N-14	P-38	165.8	123	58.1	96	1.46	1.4	20.8	0.45	
加里適量	K-0	123.0	96	55.4	84	1.48	1.1	20.6	0.55	
	K-6	127.5	100	65.8	100	1.48	0.9	22.1	0.64	
	K-10	121.5	96	65.3	99	1.47	0.9	22.4	0.65	
	K-14	155.3	122	55.7	85	1.48	1.1	21.4	0.44	
堆肥改良お資よ材の	標準施用	121.5	100	65.3	100	1.47	0.9	22.4	0.65	
	堆肥施用	139.0	114	59.1	91	1.48	1.3	21.6	0.53	
	ペントナイト	140.3	116	57.4	88	1.48	1.4	22.2	0.51	
	大谷石粉	124.5	103	58.2	89	1.48	0.4	23.0	0.58	
	炭酸石灰	139.5	115	61.1	94	1.49	1.0	22.7	0.55	

注) 収量比はN-6, N-10 P-8, K-6, 標準をそれぞれ100とした。

とが認められた。これに反して、加里の場合には施用量の増加とともに生育が劣り、無加里の場合にもっとも勝ることが認められた。大谷石粉および炭酸石灰の施用効果は、生育相からはほとんどどうかかわれなかった。

b) 収 量

出島試験地：第6表に示すごとく、わら重は窒素の増施にともなって顕著に増大し、堆肥、ペントナイトおよび炭酸石灰の施用によっても増大することが認められる。しかし、磷酸の場合には、窒素の多少にかかわらず1.6kgまで減少し、2.4kg以上で再び増加する傾向が認められる。加里との間には一定の傾向が認められない。

一方玄米重は、窒素適量試験においてはN1.0kg、磷酸適量試験では窒素標準量、多量のいずれの場合にもP₂O₅2.4kg、加里適量試験ではK₂O0.6kgの場合にそれぞれ他区に勝ることが認められる。また、堆肥ならびに炭酸石灰の効果はわらの場合と異なりいずれも認められ

ない。さらに、第4表に示すように予期以上に減水深が小さく、ペントナイトの玄米増収効果も認められない。

その他、糞重は窒素、磷酸、加里各多施区において多いことがみうけられ、もみ・わら比は窒素の増施によって減少し、磷酸の増施によって増大する傾向がみられる。また、玄米千粒重は窒素の増施にともなって減少し、磷酸適量試験の窒素標準量系列では磷酸1.6kgまで増大する傾向が認められる。

江戸崎試験地：わらおよび玄米の収量ではいずれも、窒素、磷酸各多量区が勝り、改良資材のなかではペントナイトの効果のもっとも高いことがうかがわれる。(第7表)これらの結果は前述の生育相とほぼ符号している。

c) 養 分 吸 収

出島試験地における成熟期水稻体の各成分含有率を糞、わら別に示すと第8表のごとくである。なお、水稻体の分析はつぎの方法によった。

第7表 収 量 (江戸崎試験地)

試験の 種 類	区 名	わ ら		玄 米			屑 米 kg/a	糞 重 kg/a
		kg/a	比	kg/a	比	1.8ℓ 重 kg		
窒 素 適 量	N—0	13.5	43	13.2	47	1.48	0.1	0.5
	N—12	25.4	82	25.8	92	1.50	0.1	0.8
	N—20	31.0	100	27.9	100	1.50	0.1	1.0
	N—23	31.4	101	28.5	102	1.49	0.1	1.0
磷 酸 適 量	P—0	21.1	68	20.5	73	1.48	0.1	0.8
	P—8	29.2	94	28.3	102	1.49	0.2	0.7
	P—12	31.0	100	27.9	100	1.50	0.1	1.0
	P—24	32.6	105	30.3	109	1.49	0.1	1.0
加 里 適 量	K—0	31.6	102	31.9	114	1.49	0.1	1.1
	K—6	31.8	102	28.8	103	1.49	0.1	0.9
	K—8	31.0	100	27.9	100	1.50	0.1	1.0
	K—10	31.5	102	28.4	102	1.48	0.1	1.0
堆 良 肥 資 材 の 効 果	標 準	31.0	100	27.9	100	1.50	0.1	1.0
	堆 肥 施 用	31.7	102	27.0	97	1.47	0.1	0.8
	ペントナイト	32.6	105	32.8	118	1.49	0.2	1.1
	大 谷 石 粉	30.9	100	28.3	102	1.49	0.1	0.7
	炭 酸 石 灰	26.3	85	23.0	82	1.48	0.1	0.8

注) 収量比はN—20, P—12, K—8, 標準をそれぞれ100とした。

第8表 水稻体内成分濃度 (出島試験地: 成熟期)

(乾物当たり%)

区 名		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	CaO	MgO	Fe mg	Mn mg	
窒 素 適 量	N - 0	粳	1.27	0.60	0.73	4.44	0.09	0.37	7.2	15.3
		わら	0.61	0.10	2.17	13.01	0.35	0.33	19.5	33.8
	N - 6	粳	1.28	0.65	0.75	5.27	0.10	0.35	5.7	11.3
		わら	0.59	0.12	2.15	13.62	0.33	0.32	20.6	37.5
	N - 10	粳	1.42	0.51	0.69	5.12	0.08	0.37	4.2	11.3
		わら	0.60	0.10	2.33	12.88	0.36	0.31	22.1	39.9
	N - 14	粳	1.50	0.60	0.84	4.87	0.07	0.60	6.4	18.2
		わら	0.78	0.17	2.73	13.17	0.31	0.33	21.1	42.6
磷 酸 適 量	N - 10 P - 0	粳	1.49	0.55	0.78	4.89	0.09	0.50	7.4	13.8
		わら	0.76	0.14	2.38	11.00	0.48	0.24	20.6	15.0
	N - 10 P - 8	粳	1.40	0.55	0.78	4.11	0.09	0.37	5.5	14.0
		わら	0.69	0.11	2.50	13.80	0.35	0.32	20.6	41.7
	N - 10 F - 16	粳	1.42	0.51	0.69	5.12	0.08	0.37	4.2	11.3
		わら	0.60	0.10	2.33	12.88	0.36	0.31	22.1	39.9
	N - 10 P - 24	粳	1.44	0.61	0.81	4.91	0.08	0.33	5.3	10.1
		わら	0.62	0.12	2.79	14.60	0.40	0.26	19.8	37.4
	N - 10 P - 38	粳	1.45	0.61	0.79	4.67	0.08	0.32	9.0	16.4
		わら	0.71	0.13	2.57	13.98	0.38	0.29	28.5	38.3
	N - 14 P - 8	粳	1.26	0.58	0.81	4.89	0.07	0.42	6.7	11.3
		わら	0.60	0.12	2.66	13.89	0.36	0.30	22.5	40.0
N - 14 P - 16	粳	1.50	0.60	0.83	4.87	0.07	0.60	6.4	18.2	
	わら	0.78	0.17	2.73	13.17	0.31	0.33	21.1	42.6	
N - 14 P - 24	粳	1.38	0.57	0.89	5.39	0.07	0.37	7.1	9.2	
	わら	0.62	0.10	2.50	14.20	0.34	0.24	23.3	54.0	
N - 14 P - 38	粳	1.47	0.64	0.84	4.59	0.09	0.42	7.7	11.4	
	わら	0.66	0.14	2.73	13.60	0.35	0.33	22.3	40.8	
そ の 他	堆肥施用	粳	1.48	0.64	0.79	5.08	0.08	0.53	9.3	16.9
		わら	0.69	0.13	2.23	13.10	0.33	0.26	21.8	34.9
他	ペントナイト作土下施用	粳	1.33	0.60	0.75	4.22	0.06	0.37	5.8	16.2
		わら	0.70	0.10	2.06	12.78	0.34	0.23	20.2	47.5

水稻体の有機物分解除去；過塩素酸による湿式灰化法

SiO₂；重量法

N；Kjeldahl法

P₂O₅；Ammonium-vanadate法

K₂O；焰光法

CaO, MgO；EDTA滴定法⁵⁰⁾

Fe；o-Phenanthroline比色法³³⁾

Mn；KIO₄比色法

以下各年次，各試験における分析法はいずれも上記の方法によった。

N：窒素適量試験では粃，わらともに窒素の増施にもなって増大する傾向が認められる。また，燐酸適量試験では窒素標準量の粃において，無燐酸を除けば燐酸の増施とともに若干増大する傾向が認められる。しかし，わらの場合ならびに窒素多量の場合には一定の傾向が認められない。堆肥施用によって粃，わらともに僅かに増大するが，ベントナイト作土下施用の場合にはわらにおいて増大し，粃ではむしろ低下している。

P₂O₅：窒素適量試験では一定の傾向が認められない。しかし燐酸適量試験では，窒素標準量施用の場合，粃において施用量の増加とともに僅かに増大している傾向がみられ，わらでは明らかな傾向は認められない。また，堆肥施用区では粃，わらともに高くなっている。

K₂O：窒素適量試験では粃，わらいずれも増施とともに高くなる傾向が認められる。しかし，燐酸適量試験では一定の傾向が認められない。

SiO₂：処理区間に一定の傾向が認められない。

CaO：SiO₂と同様に区間差が認められない。

MgO：窒素多量区ならびに堆肥区の粃において他区より高いことが認められるが，燐酸用量との関係は明らかでない。

Fe：処理区に一定の傾向が認められない。

Mn：わらでは窒素の増施とともに濃度の高くなる傾向が認められる。また，燐酸適量試験の場合にも窒素多量区では燐酸の増施にもなってわらにおけるMn濃度の高くなる傾向がみられる。さらに，無燐酸区のわらの場合，Mn濃度の著しく低いことが特徴的に認められる。

4) 考 察

以上の火山灰新開田地における施肥対策試験の結果について述べるとつぎのごとくである。

① 火山灰を主体とする新開田土壌では，三要素のうち窒素および燐酸の肥効が顕著に認められ，なかでも燐酸増施の効果が大きい。しかし，燐酸の増施によって窒

素適量の増大する傾向は認められなかった。

窒素の肥効は減水深との関連が深く，江戸崎試験地のごとく鎮圧床締めを行っていない場合には，窒素の用量はきわめて大きいのがふつうである。しかし，近年実施されている開田の場合には，いずれも組織的に集団で行なわれており，ブルドーザーなどの機械力利用による開田が多い。この場合には，ブルドーザーの接地圧によって漏水は第4表の出島の例にもうかがわれるようになり抑制されており，窒素施用上の問題点は下層に砂礫層の存する特殊な地帯を除いてそれほど大きくはないと思われる。したがって，火山灰新開田の場合には，土壌の特性からみて燐酸の施用効果について考慮をほらう必要があると思われる。すなわち，本試験では出島，江戸崎の両試験地ともに燐酸アール当たり2.4kg施用区において玄米の最高収量が得られている。このことからみて，火山灰新開田土壌では，管理来歴の良否，減水深の大小にかかわらず，燐酸のresponseの著しく高いことがうかがい知られる。

燐酸2.4kgの適量は，一般沖積水田における場合の約3倍量に相当しており，関東地方以南の温暖地水田ではまだその例は少ないようである。このような燐酸増施の効果については，一か年の試験のみでは明確に結論を下し得ないにしても，主として生育初期における茎数の増加および出穂の促進と密接に関連することが推定された。

出島試験地では，燐酸増施の場合に窒素のresponseの増大することは認められなかったが，これは予期以上に減水深が小さかったことに帰因すると推定される。しかし，水稻体内では窒素と燐酸とは相互に密接な関連を有するものであり，燐酸増施の窒素代謝におよぼす影響については，ひきつづき検討を要すると考えられる。

なお，窒素，燐酸および加里の各増施区はいずれも倒伏し，開田当初においては三要素の天然供給量，とくに窒素供給量のきわめて大きいことが示唆された。また，養分吸収の面において，成熟期における各成分濃度に明確な傾向のない場合の多いのは，倒伏に基づくところが大きいためと考えられる。

② 火山灰畑土壌の開田にあたっては，まず鎮圧，床締めを行なって漏水防止をはかることが肝要である。漏水防止対策については，本谷ら²⁰⁾⁴⁵⁾によってベントナイトの施用効果の大きいことが認められており，このような資材の投入をはかることは，きわめて有効な手段であると考えられる。しかし，恒久的な対策をはかるうえにはまだ問題が残されよう。

本試験の場合は，ブルドーザーによる鎮圧の有無が水

稲収量の高低にきわめて大きく影響しており、鎮圧を行なった出島試験地では、江戸崎試験地に比べて水稲収量が著しく高い。また、漏水の大きい江戸崎試験地ではペントナイト施用の効果は認められるが、出島の収量にはおよばないことも認められた。したがって、鎮圧床締めを前提としない火山灰新開田では、安定多収はほとんど期待され得ないことがうかがい知られた。

なお、出島試験地においてペントナイト施用効果の認められなかったのは、鎮圧によって減水深が著しく低下したためと考えられる。

③ 堆肥および炭酸石灰の施用効果は、開田当初においてはほとんど認められなかった。黒色ないし暗褐色火山灰畑土壌の開田にさいしては、湛水処理によって有機物の無機化が急激に行なわれると考えられ、本試験においても開田初年目では窒素の増施によって倒伏等の障害が認められている。このため、開田当初においては有機物施用の効果が明らかでなかったものと考えられる。

炭酸石灰施用の効果も認められなかったが、本試験において施用した程度の量（アール当たり10~20kg）では、土壌中の活性アルミニウムを抑制しえなかったと考えられる。また、出島の場合には開田前の管理来歴が良好であり、江戸崎の場合には漏水が著しく大きく、したがって施用石灰の流亡損失等の事情も与って大きいと推定される。

以上の結果から、火山灰新開田における施肥対策上の問題点として、まず第1に磷酸肥効の究明を行なう必要

のあることが認められた。したがって、後述のように、昭和36年度以降においては磷酸増施の効果について重点的に検討を加えることにした。なお、新開田のみでなく既成水田（熟田）についても検討を加える必要があると考えられたので、併せて昭和35年から試験調査を開始した。

(3)火山灰新開田における磷酸の肥効

1) 試験方法

前述のように、管理来歴の良好な出島試験地および不良な江戸崎試験地のいずれの場合にも、磷酸増施効果の大きいことが認められた。そこで昭和36年度以降においては、出島のみ試験を継続し、江戸崎は中止した。さらに、昭和35年度においては、出島において窒素過多の傾向が認められたので、施肥設計の一部を変更し、窒素施肥量を各区からそれぞれ0.2kg減じ、磷酸および加里の施肥量は従前どおりとした。試験地土壌の断面ならびに土壤理化学性は前述の第1図ならびに第1表のとおりである。さらにまた、昭和36、37両年度における試験設計を示すと第9表のごとくである。試験処理については、施用効果のほとんど認められなかったペントナイトおよび炭酸石灰の両区を削除し、主に三要素の適量試験とした。また、絶対収量の増加をはかるために、前年度の栽植密度3.3㎡当たり72株を、昭和36年以降においては90株の密植とした。なお、昭和37年度においては増施効果の認められない加里適量試験を中止した。

第9表 試験設計 (昭36~昭37)

(kg/a)

試験名	区名	N			P ₂ O ₅	K ₂ O	堆肥
		基肥	追肥	計			
窒素適量	N-0	0	0	0	1.6	1.0	—
	N-4	0.3	0.1	0.4	〃	〃	—
	N-8	0.7	〃	0.8	〃	〃	—
	N-12	1.1	〃	1.2	〃	〃	—
	堆肥	0.7	〃	0.8	〃	〃	75
磷酸適量	N-8 P-0	0.7	〃	0.8	0	〃	—
	N-8 P-8	〃	〃	〃	0.8	〃	—
	N-8 P-16	〃	〃	〃	1.6	〃	—
	N-8 P-24	〃	〃	〃	2.4	〃	—
	N-8 P-38	〃	〃	〃	3.8	〃	—
	N-12 P-8	1.1	〃	1.2	0.8	〃	—
	N-12 P-16	〃	〃	〃	1.6	〃	—
	N-12 P-24	〃	〃	〃	2.4	〃	—
加里適量	N-12 P-38	〃	〃	〃	3.8	〃	—
	K-0	0.7	〃	0.8	1.6	0	—
	K-6	〃	〃	〃	〃	0.6	—
	K-10	〃	〃	〃	〃	1.0	—
	K-14	〃	〃	〃	〃	1.4	—

注) 耕種管理の概要

	(昭36)	(昭37)
移植	5月16日	5月16日
追肥	7月26日	7月27日
刈取	10月2日	9月26日

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

第10表 生育概況 (昭36)

試験名	区	名	6月22日		7月26日		8月14日		出穂 期	10月2日		
			草丈 cm	莖数 本	草丈 cm	莖数 本	草丈 cm	莖数 本		期 月日	稈長 cm	穂長 cm
窒素 適量		N-0	39.9	8.7	81.6	10.7	93.8	8.5	8.17	83.6	20.5	9.6
		N-4	40.8	11.7	83.9	12.5	101.2	10.9	18	91.5	20.5	11.8
		N-8	42.0	14.2	91.0	14.9	108.7	11.3	18	101.0	21.5	12.6
		N-12	39.4	13.9	91.3	15.7	111.0	14.3	19	107.3	22.3	15.1
		堆肥	41.3	15.5	91.5	16.0	111.1	13.0	17	104.0	21.7	15.2
燐 酸 適 量		N-8 P-0	36.2	6.2	77.3	13.7	99.2	12.1	8.26	92.3	23.8	11.1
		N-8 P-8	37.8	8.3	84.7	13.4	106.3	13.5	21	97.6	22.8	12.6
		N-8 P-16	42.0	14.2	91.0	14.9	108.7	11.3	18	101.0	21.5	12.6
		N-8 P-24	39.9	15.7	92.2	16.5	104.9	11.9	17	103.2	21.2	14.5
		N-8 P-38	42.8	18.9	93.5	17.9	111.7	12.0	14	100.8	21.0	14.9
		N-12 P-8	39.1	10.0	85.6	12.8	107.9	10.2	21	101.7	23.3	12.1
		N-12 P-16	39.4	13.9	91.3	15.7	111.0	14.3	19	107.3	22.3	15.1
		N-12 P-24	41.6	14.8	97.8	18.8	117.5	16.4	18	107.6	21.8	14.4
	N-12 P-38	44.4	19.4	96.5	18.8	116.7	15.7	17	109.0	21.5	16.2	
加里 適量		K-0	38.3	11.7	85.0	15.2	107.7	12.3	2.20	101.7	22.5	11.5
		K-6	39.0	13.2	87.1	16.1	105.5	12.1	18	100.3	20.4	14.1
		K-10	42.0	14.2	91.0	14.9	108.7	11.3	18	101.0	21.5	12.6
		K-14	38.3	14.3	90.3	16.8	112.1	14.6	17	104.3	20.2	15.2

第11表 生育概況 (昭37)

試験名	区	名	6月11日		7月10日		7月27日		出穂 期	9月26日		
			草丈 cm	莖数 本	草丈 cm	莖数 本	草丈 cm	莖数 本		期 月日	稈長 cm	穂長 cm
窒素 適量		N-0	35.1	5.2	52.1	8.8	71.0	8.8	8.14	70.5	20.6	8.2
		N-4	37.2	6.4	55.7	14.0	77.1	11.9	12	75.3	21.9	10.1
		N-8	38.7	7.6	58.9	16.9	78.8	15.7	11	80.2	21.3	13.5
		N-12	37.2	8.2	66.2	21.3	86.5	18.0	10	89.5	21.9	16.4
		堆肥	37.2	10.1	63.7	20.1	82.7	16.7	10	85.5	21.0	15.0
燐 酸 適 量		N-8 P-0	32.0	3.6	52.7	7.0	73.3	9.8	8.23	78.8	20.4	9.0
		N-8 P-8	37.5	6.4	60.2	16.4	80.9	15.3	13	81.6	21.6	12.3
		N-8 P-16	38.7	7.6	58.9	17.8	78.8	15.7	12	80.2	21.3	13.5
		N-8 P-24	38.2	9.6	63.5	23.0	84.7	17.6	9	84.5	20.4	15.4
		N-8 P-38	40.5	11.9	65.2	21.8	81.9	16.3	10	84.9	20.4	16.5
		N-12 P-8	35.3	5.6	58.5	15.2	80.1	14.8	15	83.9	22.6	13.0
		N-12 P-16	37.2	8.2	66.2	21.3	86.5	18.0	10	89.5	21.9	16.4
		N-12 P-24	38.9	8.4	65.3	24.7	86.6	18.3	9	87.8	20.9	17.0
	N-12 P-38	39.7	12.6	69.7	23.2	86.6	21.4	9	92.2	20.5	17.9	

2) 試験結果

a) 生育の状況

昭和36年および37年の2か年にわたる生育調査の結果を示すと、第10表ならびに第11表のごとくである。

昭和36年度：分けつの初期から中期にわたって、窒素、磷酸、加里の各増施によって、差異のあることが認められた。すなわち、これら三要素の増施にともなって草丈、莖数はともに増加する傾向を示し、とくに磷酸施肥量の増加とともに莖数の著しく増加することが認められた。これは前年度においても認められたとおりであり、莖数と磷酸との間に密接な関連のあることが看取された。

無磷酸(N-8, P-0)および磷酸少量(N-8, P-8)の両区では、初期に生育の遅延が甚だしく、いずれの場合も下莖部が白色味を帯び、磷酸欠乏の徴候が認められた。

生育中期以降においても、前半とほぼ同一の傾向を示すことが認められ、分けつ最盛期以降においては窒素、磷酸、加里の各多施区ではそれぞれ過繁茂となり、成熟期に至って倒伏し、あるいは倒伏寸前の様相を呈した。なお、三要素のなかでもとくに磷酸の増施とともに出穂の早くなる傾向が認められた。さらに、成熟期においては窒素の増施にともなって稈長、穂長および穂数は増大する傾向を示し、また磷酸増施にともなって稈長、穂数ともに増大することが認められた。

昭和37年度：窒素適量ならびに磷酸適量の両試験とも、初期から明らかに区間差が認められた。すなわち、前年度までの場合と同様に窒素および磷酸の増施にともなって草丈、莖数は増加し、36年度の場合と同様に磷酸の増施によってとくに莖数の著しく増大することが認められた。無磷酸ならびに磷酸少量区では例年のごとく磷酸欠乏の徴候が認められ、さらに磷酸の多施にともなって出穂が促進され、成熟期において穂数と磷酸施肥量との間に相関のきわめて高いことがうかがわれた。

堆肥施用区は窒素ならびに磷酸多施の各区とほぼ差異のない生育相を示し、堆肥施用の効果が開田3年目においてはじめて生育相に反映することが認められた。

なお、昭和36年度(開田2年目)においては全般的に過繁茂の生育を呈したが、37年度では各要素増施の場合にも稈長の伸長が前年に比して15~20cmも少なく、したがって倒伏はほとんどみられなかった。

b) 収量

収量結果は第12表および第13表のごとくである。

昭和36年度：窒素、磷酸各適量試験においては、いずれも前年と同様の傾向が認められ、窒素、磷酸各多量区のうち(N-8, P-16)区が玄米収量において最高を示した。わら収量は窒素を増すにともなって増大し、(P-38), (K-14)などの磷酸および加里増施区では、過繁茂による倒伏のためにわらのみ増大したにとどまった。加里適量試験においては区間に大差が認められ

第12表 収 量 (昭36)

試験名	区 名	わ ら		精 粃		玄 米		屑 米		もみ わら	収 量 構 成 要 素				
		kg/a	比	kg/a	kg/a	kg/a	比	1 穂 重 g	kg/a		1 穂 完全 粒数	稔実 歩 %	玄米 千粒 重 g	穂数 本	
窒素 適量	N-0	66.1	66	65.9	0.7	53.6	81	795	0.1	0.99	137	89	21.3	9.6	
	N-4	89.0	89	74.6	1.1	60.8	92	791	0.2	0.84	106	90	20.3	11.8	
	N-8	99.5	100	81.2	1.6	66.0	100	791	0.3	0.66	132	90	20.4	12.6	
	N-12	123.0	124	77.0	3.1	62.0	94	789	0.6	0.63	98	82	20.8	15.1	
	堆肥	131.0	132	79.2	2.6	63.4	96	779	0.5	0.61	97	82	20.7	15.2	
磷 酸 適 量	N-8	P-0	99.2	100	66.1	3.8	52.7	80	776	0.5	0.67	123	82	21.1	11.1
	N-8	P-8	103.1	104	72.2	2.5	57.7	87	776	0.6	0.70	120	85	21.0	12.6
	N-8	P-16	99.5	100	81.2	1.6	66.0	100	791	0.3	0.82	132	89	20.4	12.6
	N-8	P-24	104.6	105	77.0	2.0	62.4	95	792	0.3	0.74	96	85	21.3	14.5
	N-8	P-38	126.7	127	72.8	2.9	58.4	89	775	0.5	0.58	99	89	20.0	14.9
	N-12	P-8	98.0	99	76.0	2.6	61.2	93	797	0.5	0.78	106	84	21.0	12.1
	N-12	P-16	123.0	124	77.0	3.1	62.0	94	789	0.6	0.63	98	82	20.8	15.1
	N-12	P-24	109.9	110	75.8	2.8	60.9	92	781	0.7	0.69	132	88	20.2	14.4
N-12	P-38	122.2	123	74.9	2.7	60.5	92	790	0.6	0.61	118	86	19.7	16.2	
加 里 適 量	K-0	104.9	105	79.1	1.8	63.7	96	773	0.4	0.75	112	91	20.6	11.5	
	K-6	94.1	95	76.7	1.8	62.8	95	796	0.2	0.82	101	91	22.1	14.1	
	K-10	99.5	100	81.2	1.6	66.0	100	791	0.3	0.82	132	89	20.4	12.6	
	K-14	113.6	114	84.2	2.3	65.9	100	782	0.5	0.74	122	90	22.4	15.2	

注) 収量比はN-8, N-8 P-16, K-10をそれぞれ100とした。

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

第13表 収 量 (昭37)

試験区名	区名	わら		精 粳		玄 米		屑 米	もみ わら	収 量 構 成 要 素			
		kg/a	比	kg/a	kg/a	比	1ℓ 重 g			kg/a	1粒	穂数	稔実歩 合%
窒素適量	N-0	52.0	69	41.7	33.7	63	818	0.2	0.80	77.5	93.7	22.3	8.2
	N-4	64.2	85	57.7	46.7	88	816	0.3	0.90	93.3	92.9	22.1	10.1
	N-8	76.0	100	65.3	53.4	100	811	0.2	0.86	93.8	95.4	22.4	13.5
	N-12	87.2	115	73.1	60.0	113	813	0.5	0.84	88.4	91.3	21.5	16.4
	堆肥	80.7	106	68.8	56.3	106	825	0.4	0.85	101.3	89.6	21.4	15.0
磷酸適量	N-8 P-0	63.7	87	55.5	44.5	82	789	0.9	0.87	109.4	83.1	21.3	9.0
	N-8 P-8	73.1	100	66.7	54.4	100	817	0.4	0.91	107.8	95.0	21.6	12.3
	N-8 P-16	76.0	104	65.3	53.4	98	811	0.2	0.86	93.5	95.4	22.4	13.5
	N-8 P-24	88.2	120	71.6	58.7	108	825	0.3	0.81	79.9	97.3	22.0	15.4
	N-8 P-38	93.1	127	67.7	55.4	102	825	0.4	0.73	87.7	93.2	22.0	16.5
	N-12 P-8	73.9	101	69.8	56.7	104	807	0.6	0.95	91.8	94.5	22.5	13.0
	N-12 P-16	87.2	119	73.1	60.0	110	813	0.5	0.84	88.4	91.3	21.5	16.4
	N-12 P-24	88.3	120	66.9	54.8	101	822	0.6	0.76	103.9	95.0	22.1	17.0
N-12 P-38	102.6	140	72.7	59.5	109	822	0.4	0.71	92.8	93.9	22.0	17.9	

注) N-8, N-8 P-8をそれぞれ収量比100とした。

ず、加里増施の効果は大きくないようである。

窒素および磷酸の各適量処理区間においてはそれぞれ異なる傾向が認められ、粒重は窒素増施によって増大するが、磷酸増施によって(P-16)区まで減少する。また、もみ・わら比では窒素増施とともに低下する傾向が認められ、磷酸増施によって(P-16)区まで増大することがうかがわれる。稔実歩合も窒素の増施区では低下しているが、磷酸増施とともに(P-16)区まで増大することが認められる。すなわち、磷酸の増施によって、1.6kg施用の場合までは稔実に好影響を与えていることがうかがい知られる。しかし、窒素多施の場合には磷酸増施の効果はあまり認められず、窒素多施条件下においては磷酸の増施によっても窒素の response は増大していない。

昭和37年：わら収量は窒素および磷酸の増施にもなって明らかに増大する傾向を示し、さらに窒素増施の場合における磷酸の増施はこの傾向を助長しているようである。また、堆肥施用によってもわら収量は若干増加していることが認められる。玄米収量は、わらと同様に窒素および磷酸の増施にもなって増大し、窒素では1.2kg、磷酸では2.4kgにおいてピークが認められる。窒素多施の場合における磷酸の増施では、玄米の増収は認められない。さらに、前年度と同様にもみ・わら比は窒素の増施によって低下し、稔実歩合は磷酸の増施にもな

って増大している。

磷酸増施の場合には穂数および玄米千粒重も増加しているが、1穂あたりの稔実粒数は減少し、1穂着粒数と穂数とでは相反的な関係が認められる。また、堆肥施用区では、わらと同様に本年度(第3年目)において若干増収していることがみうけられる。

c) 養分吸収

水稻体の時期別養分吸収状況を示すと、第2図(昭36)および第3図(昭37)のごとくである。なお、昭和36年には水稻体は分けつ期(6月22日)、幼穂形成期(7月26日)、穂孕期(8月14日)、成熟期(10日2日)の4回にわたって採取し、分析に供した。

(昭和36年度)

① 窒素適量試験における体内成分濃度の推移

N：分けつ期においては窒素の増施とともに低下するが、幼穂形成期以降においては逆に高くなって成熟期に至っている。

P₂O₅：分けつ期においては窒素施用によって若干低下するが、幼穂形成期前後においてはその傾向がさらに明らかに認められる。しかし、以後においては一定の傾向が認められない。

K₂O：幼穂形成期に至るまでは、窒素の増施にもなって高い傾向が認められる。しかし、出穂期においては逆転して窒素増施とともに減少し、成熟期のわらにお

いては区間に大差が認められない。

MgO: 分けつ期においては、窒素増施とともに著しく高くなる傾向が認められる。しかし、出穂期以降においては一定の傾向が認められない。

SiO₂, MnO: いずれも初期にやや高く、幼穂形成期には低下し、成熟期には再び高くなっているが、後期に至って窒素施用区で濃度の低下する傾向がうかがわれる。

② 磷酸適量試験 (窒素標準量の場合) における体内成分濃度の推移

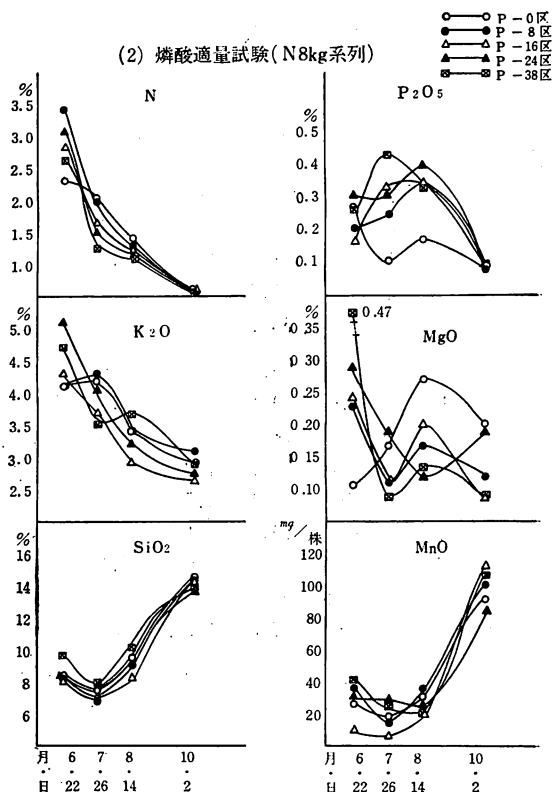
N: 分けつ期においては無磷酸区がもっとも低いが、幼穂形成期になると逆転して無磷酸区が高く、磷酸増施とともに低くなり、穂孕期においても同一の傾向であることがうかがわれる。

P₂O₅: 分けつ期においては区間差が明らかでないが、幼穂形成期から出穂期にかけては無磷酸区の体内濃度は著しく低下し、磷酸増施とともに高くなっていることが認められる。

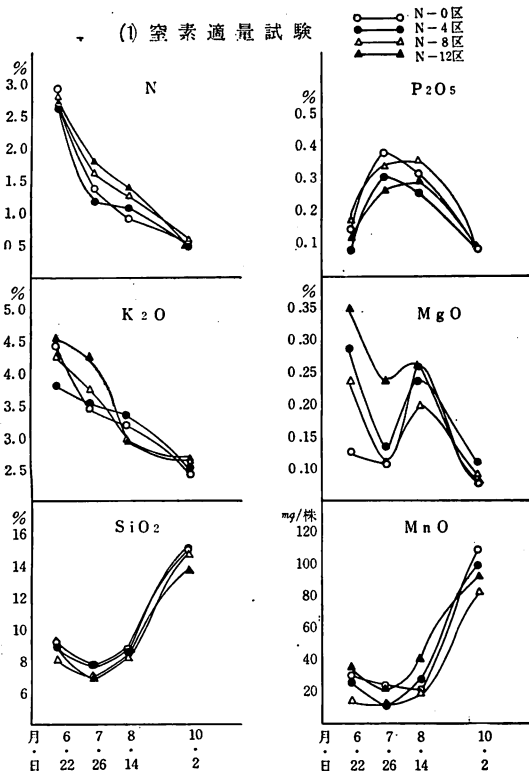
K₂O: 分けつ期においては磷酸増施とともに高くなっているが、幼穂形成期以降においては逆転しており、(P-38) 区を除いては磷酸増施によって低下する傾向が認められる。

MgO: 分けつ期においては磷酸増施とともに著しく

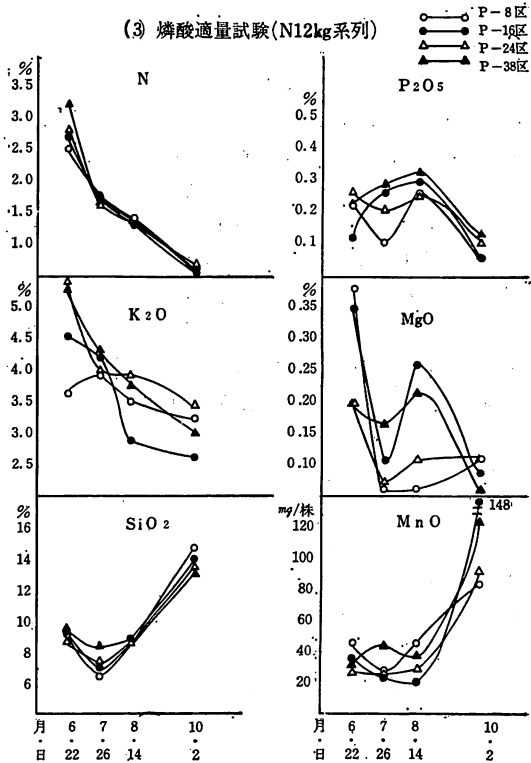
(2) 磷酸適量試験 (N8kg系列)



(1) 窒素適量試験



(3) 磷酸適量試験 (N12kg系列)



第2図 体内成分濃度の推移 (昭36)

高くなっているが、幼穂形成期には低下し、出穂期においては無磷肥区がもっとも高く、磷肥増施とともに低下している。

SiO₂, MnO: 一定の傾向は認められない。

③ 磷肥適量試験 (窒素多量の場合) における体内成分濃度の推移

N: 分けつ期においては、磷肥増施にもなって高くなっているが、以後は作物体の伸長とともに磷肥多施区では減少しており、成熟期では区間の差異がほとんど認められない。

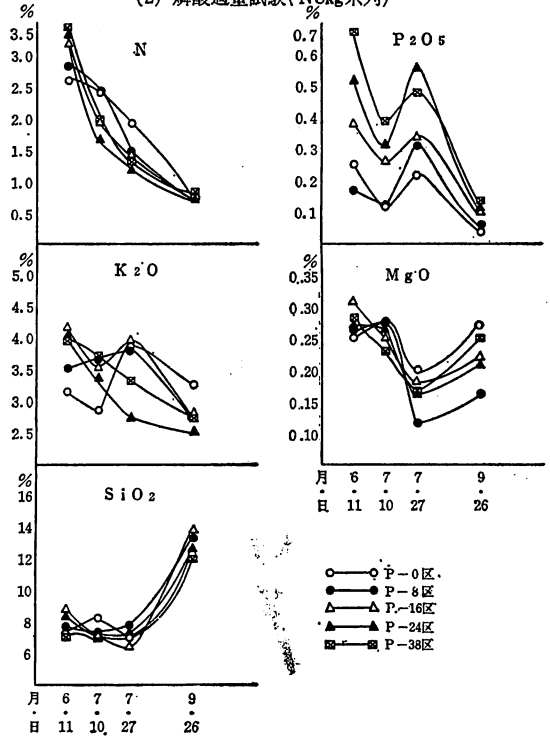
P₂O₅: 磷肥増施区はいずれも全期間を通じて少施区に比して高い傾向が認められる。

K₂O: 分けつ期においては、磷肥増施の場合に高い傾向が認められる。しかし、その後においては区間には一定の傾向が認められない。

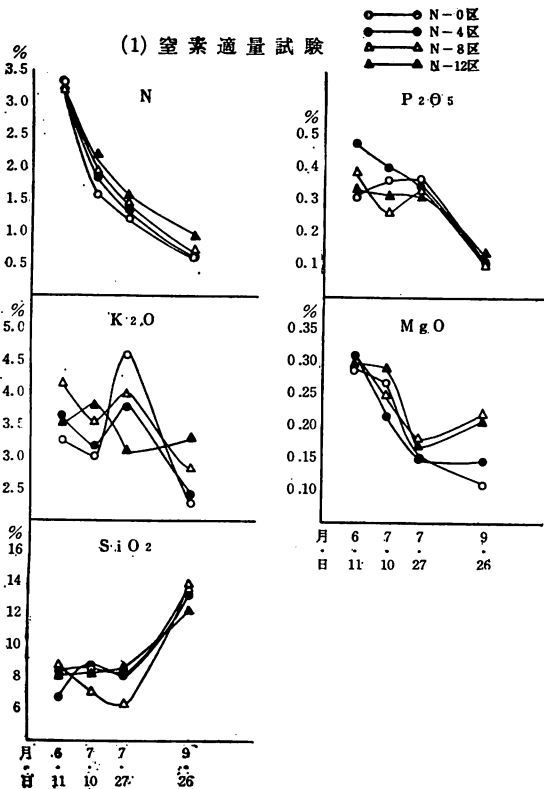
MgO: 分けつ期では磷肥少施区において高いことが認められる。以後は多施の場合に高いが一定の傾向がなく、成熟期においては少施区で高い傾向にあるが判然としない。

SiO₂: 幼穂形成期においては磷肥増施区が高く、成熟期には磷肥増施にもなって低下している。

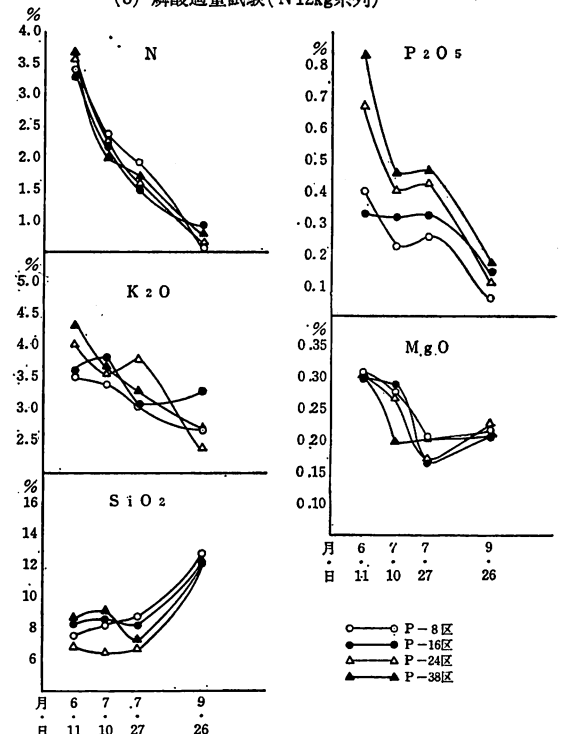
(2) 磷肥適量試験 (N8kg系列)



(1) 窒素適量試験



(3) 磷肥適量試験 (N12kg系列)



第3図 体内成分濃度の推移 (昭37年)

MnO : 区間に一定の傾向は認められないが、少施肥は分けつ期および穂孕期で高く、成熟期にもっとも低いことが認められる。

(昭和37年度)

水稻体は初期(6月11日)、分けつ最盛期(7月10日)幼穂形成期(7月27日)、成熟期(9月26日)の4回にわたって採取し、分析に供した。

① 窒素適量試験における体内成分濃度の推移

N : 初期においては区間差は明らかでないが、分けつ期以降においては窒素増施とともに高くなり、成熟期に至っている。

P₂O₅ : 窒素用量との間には一定の傾向はないが、無窒素区は初期にもっとも低く、その後幼穂形成期にかけて高くなっているのが認められる。

K₂O : (N-12)区のみは7月10日においてピークが認められ、その他の区ではやや遅れて7月22日にピークが認められる。傾向としては初期および成熟期において窒素増施とともに高いことが認められる。

MgO : 後期において窒素増施の場合に高くなっていることが認められる。

SiO₂ : 窒素用量との関係は明らかでない。

② 磷酸適量試験(窒素標準量の場合)における体内成分濃度の推移

N : 初期には磷酸施用区において高く、分けつ最盛期以降の分けつ伸長の増大とともに濃度は低下して、初期の場合とは逆に無磷酸区の高い傾向が認められる。

P₂O₅ : ほぼ全期間を通じて磷酸増施とともに明らかに増加していることが認められる。全般的には、初期から分けつ盛期にかけて生育量の増加とともに減少し、幼穂形成期前後の盛夏時において再び増加し、以後減少して成熟期に至っていることがうかがわれる。

K₂O : 初期には磷酸増施区において高いが、分けつ期より幼穂形成期にかけて磷酸少施肥が漸次高くなって増施肥に勝り、成熟期に至っている。

MgO : 初期には磷酸施用区において高いが、分けつ期以降は逆転して無磷酸区が高くなり、成熟期に至っていることが認められる。

SiO₂ : 一定の傾向は認められない。

③ 磷酸適量試験(窒素多量の場合)における体内成分濃度の推移

N : 窒素標準量の場合と同様に、初期には磷酸増施肥区において高く、分けつ期以降の草丈および茎数の増大とともに逆になら増施肥区において減少している傾向が認められる。

P₂O₅ : ほぼ全期間を通じて、磷酸増施とともに濃度

の高い傾向が認められる。

K₂O : 初期から幼穂形成期に至るまで磷酸増施とともに高くなっているが、成熟期においては一定の傾向が認められない。

MgO : 分けつ期において磷酸増施肥区では少施肥区に比して低い傾向が認められる。しかし、その後は一定の傾向がうかがわれない。

SiO₂ : 明らかな傾向は認められないが、幼穂形成期ごろから少施肥区において高い傾向がうかがわれる。

④ 窒素および磷酸吸収率

成熟期における窒素の吸収量は、窒素および磷酸の増施によってそれぞれ増加するが、吸収率には一定の傾向は認められない。磷酸吸収量も窒素吸収量の場合と同様の傾向を示すが、吸収率は窒素の増施によって増加し、磷酸の増施によって低下する傾向が認められる。

d) 開田後における年次別乾土効果および地温上昇効果

開田直前および開田後3年間における試験地土壌の乾土効果ならびに地温上昇効果を示すと第15表のごとくである。

本試験によれば、開田直前の畑土壌当時においては乾土効果は約12mgであるが、開田1作後には若干減少し、2作後には急激に減少している。しかし、2作後と3作後とは大差が認められず、ほぼ安定することがうかがわれる。一方地温上昇効果は開田後において僅かに増加しているが、その後は年次を経過してもほとんど差異が認められない。

磷酸施肥量と乾土効果との関係では、アール当たり2.4kgまではほとんど差異が認められないが、3.8kg施用の場合に若干減少する傾向が認められ、磷酸の多施によって土壌中における易分解性有機物の無機化の促進されることが示唆される。

3) 考 察

火山灰を主体とする新開田土壌において、早植水稻の窒素および加里の適量では一般洪積水田と大差が認められず、主に磷酸によって生育、収量の規制されることが、昭和35年以降3年にわたる試験結果からうかがい知られた。本試験では磷酸の response は著しく高く、アール当たり2.0kgを越すと考えられ、温暖地水田におけるこのような例はきわめて少ないように思われる。

この場合、磷酸の増施は、生育初期における水稻体内の窒素濃度を高めて分けつを促進し、後期においては穂数、稔実歩合、玄米千粒重などの収量構成要素を増大せ

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

第14表 N および P₂O₅ 吸収率 (成熟期)

試験名	区名	N吸収量 (kg/a)			N 吸収率 %	P ₂ O ₅ 吸収量 (kg/a)			P ₂ O ₅ 吸収率 %
		もみ	わら	計		もみ	わら	計	
窒素 適量	N-0	0.61	0.29	0.90	—	0.16	0.05	0.21	2.5
	N-4	0.87	0.35	1.22	80.0	0.23	0.06	0.29	7.5
	N-8	1.01	0.51	1.52	77.5	0.29	0.06	0.35	11.3
	N-12	1.16	0.74	1.90	83.4	0.33	0.12	0.45	17.5
	堆肥	1.07	0.55	1.62	—	0.33	0.09	0.42	15.6
燐酸 適量	N-8 P-0	0.88	0.45	1.33	—	0.14	0.03	0.17	—
	N-8 P-8	1.02	0.52	1.54	—	0.25	0.04	0.29	15.0
	N-8 P-16	1.01	0.51	1.52	—	0.29	0.06	0.35	11.3
	N-8 P-24	1.08	0.59	1.67	—	0.36	0.08	0.44	11.2
	N-8 P-38	1.06	0.70	1.76	—	0.39	0.14	0.53	9.5
	N-12 P-8	1.11	0.53	1.64	—	0.29	0.04	0.33	20.0
	N-12 P-16	1.16	0.74	1.90	—	0.33	0.12	0.45	17.5
	N-12 P-24	1.06	0.47	1.53	—	0.32	0.09	0.41	10.0
N-12 P-38	1.14	0.73	1.87	—	0.39	0.15	0.54	9.7	

第15表 新開田土壌における乾土効果および地温上昇効果の変化 (mg/乾土100g)

年次	区名	湿潤土 NH ₄ -N		風乾土	乾土 効果	地温上 昇効果
		28°C	40°C	NH ₄ -N 28°C		
開田直前	—	0.4	4.1	12.0	11.6	3.7
1作後(初年目跡土)	P-8	1.6	6.8	9.8	8.2	5.2
	P-0	0.1	5.5	2.2	2.1	5.4
	P-8	1.3	5.0	4.9	3.6	3.7
	P-16	0.4	4.0	4.1	3.7	3.6
	P-24	1.1	7.0	4.5	3.4	5.9
2作後 (2年目跡土)	P-38	0.4	7.1	1.4	1.0	6.7
	P-0	0.8	6.2	3.0	2.2	5.4
	P-8	0.5	6.5	2.7	2.2	6.0
	P-16	0.5	6.9	3.1	2.6	6.4
	P-24	4.8	6.2	3.0	2.2	5.4
3作後 (3年目跡土)	P-38	1.1	8.1	2.8	1.7	7.0

しめていることがうかがわれ、既往の報告²³⁾¹⁷⁾²⁰⁾³²⁾³⁴⁾によって明らかにされているように燐酸による子実生産率のきわめて高いことが確認された。このさい水稻体内における燐酸の濃度は、生育のほぼ全期間にわたって燐酸施用量の増加にもなって高くなっており、これが生育初期における茎数の増加と、後期における登熟作用とに密接に寄与していることがうかがわれた。

すでに寒冷地において認められているような窒素増施にともなう燐酸増施の効果²⁰⁾²⁸⁾は、本試験の結果からは認められなかった。このように燐酸を多施しても窒素の response が増大しないのは、恐らく土壌有機物の無機化量ならびに減水深の相異に帰因していると考えられる。なおまた、分けつ期前後における水稻体内の燐酸濃度は、前述のように燐酸増施にもなって高くなっている

傾向は認められるが、その絶対濃度は年次によって差異がみられ、本谷²⁰⁾が指摘しているように0.45%以上の場合に分けつが旺盛であるとは必ずしもいえないように思われる。

つぎに開田前後における乾土効果では、初年目および2年目において急激に減少することがうかがわれ、これからみると土壤窒素の無機化ならびにその水稻に及ぼす影響は開田2年目まで大きい。開田初年目および2年目における多肥処理区の倒伏が多く、堆肥施用の効果が認められず、3年目においてはじめて堆肥区ならびに窒素増施区の収量が増大していることは、前述の乾土効果の年次別変化とほぼ符合しているように思われる。

このさい乾土効果は磷酸用量と関連しているように考えられ、開田当初においては磷酸 2.4kgの場合に玄米収量はピークを示し、3.8kgでは倒伏による稔実阻害のため減収している。これは磷酸多施によって生育が促進され、したがって施肥窒素の吸収利用が高くなると同時に、前述のように磷酸多施にもなって土壤窒素の無機化が促進されることも窒素過多、ひいては倒伏の誘因になっていると解される。

以上の試験結果を要約するとつぎのごとくである。

① 火山灰土壌の新開田においては早植水稻の磷酸の response は著しく高く、一方窒素および加里については一般沖積水田と大差が認められなかった。

② 上述のような磷酸の肥効は、生育初期における分けつの促進、ひいては穂数の確保に寄与し、さらに登熟を良効にすることに帰因していることを明らかにした。

③ 磷酸増施の場合、窒素の response の増加する傾向は認められなかった。

④ 新開田の場合には、磷酸多施によって土壤窒素の無機化が促進され、水稻の窒素吸収にかなりの影響を及ぼすことが推定された。

(4) 火山灰熟田における磷酸の肥効

前述のように、火山灰新開田では早植条件下において磷酸増施効果のきわめて大きいことが確認された。しかし、県下の火山灰水田では熟田の分布面積が多いので(第7図)、これらの熟田についても検討を加えることにした。

1) 供試水田の概要

試験地として早植栽培圃場および晩植栽培圃場各1か所を現地において選定した。これらの試験地はいずれも火山灰土壌を主体とする水田で、ともに開田年次はきわめて古く不明である。

本試験における早植栽培とは、5月中旬までに中晩稲

を移植して9月下旬に収穫を行なう場合を、また晩植栽培とは6月中旬以降に中晩稲を移植して10月に収穫する場合をそれぞれ意味するものである。茨城県下における水稻の大部分は6月上旬までに移植され、早植栽培の普及が著しいが、一部の二毛作田で麦刈取後に移植が行なわれ、この場合の移植期は6月中旬以降になるのが普通である。したがって、県内における水稻の栽培様式は、主として早植および晩植の両栽培のいずれかに該当すると考えられる。

試験圃場の概要はつぎのごとくである。

友部試験地(早植栽培圃場)：西茨城郡友部町柿橋の黒色火山灰台地縁辺部に位置する台地間谷津田で、県下における火山灰熟田の代表的なものといえる。排水は年間を通じて著しく不良であり、盛夏時には水稻根腐れが多発し、ゴマハガレ病の発生が著しく多い。第16表および第17表に示すとおり、60cm以下に淡褐色のローム層が存在し、その上部には腐植層が堆積している。粘土はきわめて少なく、容積重は著しく小さい。また、作土および作土直下の全窒素、腐植はきわめて多く、磷酸の吸収係数は2,000以上を示し、塩基量は一般水田に比してやや少ない。可給態磷酸含量(N/5 HCl 可溶)は著しく多い。

協和試験地(晩植栽培圃場)：真壁郡協和町にある茨城県農業試験場の協和原種農場内平坦地水田であって、黒色沖積火山灰土壌である。稲作期間中の排水は不良であるが、冬季間には比較的良好乾燥するので、麦類を主とする裏作の行なわれている二毛作田である。したがって、水稻移植期は通常6月20日以降である。第16表および第17表からうかがわれるように、友部試験地の場合に比して粘土がやや多く、容積重も高い。しかし、土壌中有効磷酸の含量および塩基飽和度が低く、磷酸吸収係数の高い火山灰土壌特有の化学性を示している。

2) 試験方法

試験期間は友部試験地昭和36~37年の2か年、協和試験地では昭和36年より38年までの3か年間である。第18表に示すごとく、両試験地ともに磷酸用量試験を主体とし、友部の場合には窒素増量区を加えた。耕種の方法は第19表のとおりである。

3) 試験結果

a) 生育の状況

各試験年次における生育状況を示すと第20表のごとくである。

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

第16表 試験地土壤の断面形態

友部試験地

層界	土性	礫	土色	構造	斑紋結核	密度	可塑性	粘着性	湿り
12cm	L	なし	10Y 1-1	なし	なし	7	弱	弱	潤
20	L	"	10Y 1-1	"	"	12	"	"	"
40	L	"	10Y 1-1 × N 2-0	"	膜状含む	13	"	"	30
60	L	"	7.5Y 2-1	"	なし	13	"	"	"
	L (PLあり)	"	2.5Y 5-4	"	"	-	"	"	"

注) 土壤類型 黒色土壤壤土火山腐植型

協和試験地

層界	土性	礫	土色	構造	斑紋結核	密度	可塑性	粘着性	湿り
17cm	SiCL	なし	10Y R 2-2	なし	糸根状あり	18	弱	弱	湿
25	L	"	5 Y R 2-2	角塊	脈・糸根状 富む	26	"	"	"
40	CL	"	5 Y R 4-2	"	なし	24	"	"	"
	CL	"	10Y R 4-6	団塊状	"	21	中	中	"

注) 土壤類型 黒色土壤粘土火山腐植型

第17表 試験地土壤の理化学性

(乾土100g当たり)

試験地	層位	容積重g	pH	T-N %	T-C %	C/N	腐植%	CEC me	T-B me	塩基飽和度 %	吸収係数 mg		N/5 HCl 可溶 P ₂ O ₅ mg	乾土効果 mg	アンモニア化成率 %
											N	P ₂ O ₅			
友部	I	45.7	5.5	0.999	8.7	8.7	14.5	33.7	14.7	43.7	722	2,058	189	27	3.7
	II	49.0	5.6	0.942	11.4	12.1	19.6	37.2	14.4	38.7	766	2,164	139	—	—
	III	59.0	5.9	0.472	7.0	14.8	12.2	33.2	9.4	28.4	742	2,164	26	—	—
	IV	60.2	5.8	0.405	5.1	12.6	8.8	26.4	8.1	30.7	768	2,296	18	—	—
	V	63.3	6.0	0.218	2.1	9.6	3.8	29.5	8.0	27.1	719	2,248	14	—	—
協和	I	84.3	5.4	0.650	9.1	13.9	15.7	25.2	8.5	33.7	739	2,230	28	28	4.2
	II	82.5	6.1	0.510	7.5	14.5	12.9	28.9	13.1	45.0	775	2,380	—	5	0.9
	III	57.8	6.2	0.430	4.7	11.0	8.1	30.3	13.9	46.0	860	2,842	—	—	—

第18表 試験設計

(kg/a)

試験地	区名	N (塩安)			P ₂ O ₅		K ₂ O
		基肥	追肥	計	(過石)	(熔磷)	
友部	N-6	P-0	0.5	0.1	0.6	0	0.5
	N-6	P-8	"	"	"	0.4	"
	N-6	P-16	"	"	"	0.8	"
	N-6	P-24	"	"	"	1.2	"
	N-8	P-16	0.7	"	0.8	0.8	"
	N-8	P-24	"	"	"	1.2	"
協和	N-6	P-0	0.5	0.1	0.6	0	0.6
	N-6	P-8	"	"	"	0.8	"
	N-6	P-16	"	"	"	1.6	"
	N-6	P-24	"	"	"	2.4	"

第19表 耕 種 の 概 要

試験地	年次	供試品種	栽 植 密 度	施 肥 法	苗代様式	移 植 期	窒素追肥	刈 取 期
友部	昭36	若 葉	30×15×18cm (2条並木植)	植代施肥	ビニール 畑 苗 代	5月10日	7月25日	9月30日
	昭37	クサブエ	同 上	同上	同上	5日11日	7月25日	9月27日
協和	昭36	クサブエ	30×15cm (並木植)	同上	陸 苗 代	6月16日	7月27日	10月16日
	昭37	クサブエ	同 上	同上	同上	6月20日	8月8日	10月11日
	昭38	クサブエ	同 上	同上	同上	7月4日	8月13日	10月21日

第20表 生 育 概 況

友部試験地：早植栽培

年次	区	名	6月20日		7月25日		8月18日		9月30日		
			草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草 丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
昭36	N-6	P-0	42.9	18.5	73.2	15.3	94.2	14.0	81.3	18.8	13.5
	N-6	P-8	41.6	18.1	73.3	16.0	95.1	14.2	80.8	19.3	11.4
	N-6	P-16	42.7	24.9	73.8	18.8	93.6	14.5	80.3	18.3	15.2
	N-6	P-24	42.5	24.6	75.3	18.2	99.7	16.4	83.9	18.1	14.1
	N-8	P-16	47.2	30.3	78.3	19.9	100.5	18.5	83.3	17.9	15.1
	N-8	P-24	45.2	28.6	80.1	21.2	104.3	18.5	84.9	18.5	14.6

年次	区	名	6月8日		7月3日		7月18日		9月27日		
			草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
昭37	N-6	P-0	34.6	7.5	54.6	18.6	68.1	17.0	74.8	20.9	12.2
	N-6	P-8	36.5	10.6	56.9	22.4	66.5	17.5	74.7	20.4	14.1
	N-6	P-16	38.9	16.4	57.2	25.5	67.7	19.7	75.0	19.9	16.2
	N-6	P-24	39.9	15.1	58.5	24.8	69.0	18.9	75.0	20.1	16.3
	N-8	P-16	38.7	17.0	58.4	25.1	70.5	20.1	75.7	20.6	14.8
	N-8	P-24	39.3	18.8	59.6	27.7	70.5	22.5	77.2	19.8	16.3

協和試験地：晩植栽培

年次	区	名	7月11日		8月1日		出穂期 月日	10月6日		
			草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
昭36	N-6	P-0	54.7	10.6	82.9	16.5	8.27	85.3	18.5	12.7
	N-6	P-8	54.4	12.1	86.3	16.3	26	86.4	19.9	12.5
	N-6	P-16	57.9	14.3	84.7	18.4	25	86.5	19.4	12.7
	N-6	P-24	60.2	18.1	85.7	18.8	25	86.6	18.3	12.0

(次表につづく)

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

年次	区	名	7月13日		8月8日		出穂 期 月日	10月11日		
			草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
昭37	N-6	P-0	44.9	9.3	79.6	12.6	8.29	81.4	19.2	9.5
	N-6	P-8	48.6	9.8	81.3	12.5	27	82.0	19.2	10.7
	N-6	P-16	49.7	11.8	83.3	12.9	27	85.3	19.7	12.2
	N-6	P-24	51.1	13.5	83.4	15.6	27	85.7	19.3	13.0

年次	区	名	7月25日		8月13日		10月12日		
			草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
昭38	N-6	P-0	57.8	10.8	81.2	12.8	80.5	19.5	11.2
	N-6	P-8	60.8	11.2	83.0	13.4	81.6	19.4	11.6
	N-6	P-16	57.6	11.2	82.9	13.5	82.6	20.2	12.6
	N-6	P-24	61.9	11.8	81.9	14.5	80.7	19.2	12.1

昭和36年度：早植、晩植ともに生育初期においては燐酸の施用量を増すにつれて茎数の増加する傾向が認められた。処理間の差異は早植において明らかに認められ、燐酸の増施にともなって分けつは促進され、葉色は濃厚となって旺盛な生育を呈した。しかし、両試験地ともに生育期間中における排水はきわめて困難であるため強度の土壤還元障害をうけ、中期以降においては凋落型の生育相を示すに至った。

友部ではとくに障害が著しくあらわれ、ゴマハガレ病が激発し、後述することく後半においては処理間の差異が認められず、収量において大差のない結果を招いた。

協和における還元障害は軽微であったが、中期以降においては無燐酸区は回復して燐酸施用区に追いつき、成熟期においては各区間の差異はほとんど認められなかった。

昭和37年度：前年度とほぼ同様の傾向を示し、初期においては早晩植ともに燐酸増施の効果が認められたが、後半においては区間差がほとんど認められなかった。

昭和38年度：前年度までと異なり晩植の場合には初期から区間差が認められず、燐酸増施の効果はほとんど認められなかった。

b) 収 量

収量調査の結果を示すと第21表のごとくである。

昭和36年度：友部の場合には強度の土壤還元による障害をうけたにもかかわらず、燐酸の増施によってわらは著しく増大し、玄米においても増加する傾向が認められる。しかし、燐酸の増施によっても窒素の response は増大していない。

一方、協和の場合には、生育過程では燐酸増施による生育の促進がみられ、わらにおいて増大しているが、玄米では無燐酸の場合と大差がみられない。

昭和37年度：友部の場合には、わらでは燐酸増施によって増大する傾向が認められるが、玄米の収量は前年度と異なり燐酸増施の効果は明らかでない。

一方、協和の場合には燐酸の増施によってわら、玄米ともに増大する結果が得られ、前年度とは異なる傾向を示している。

昭和38年度：昭和36年度の場合と同様の結果が認められ、燐酸多施の効果は明らかでない。

c) 養分吸収

前述の早植、晩植の各水稻体内における窒素、燐酸、加里、珪酸、苦土、マンガン（昭和36年度のみ）濃度の時期別変化を示すと第4図のごとくである。また、昭和38年度においては窒素、燐酸、加里の三要素成分のみについて実施した。なお、成熟期においてはわらの分析値を示した。

(昭和36年度)

N：燐酸用量との関係は早晩植ともに明らかでない。

P₂O₅：早晩植のいずれの場合にも、生育初期から幼穂形成期に至る間は、燐酸の増施にともなって体内濃度は高い傾向が認められる。しかし、幼穂形成期以降においては、無燐酸区の体内濃度が燐酸施用区の濃度と大差のない傾向を示すことが認められ、盛夏時の土壤還元によって土壤燐酸の可給化の促進されることが示唆される。

第21表 収 量

友部試験地：早植栽培

年次	区名	わら		粳		玄米		米		肩米もみ	収量構成要素			
		kg/a	比	kg/a	kg/a	比	1ℓ重g	kg/a	わら		1穂完全粒数	穂実歩合%	千粒重g	穂数本
昭	N-6 P-0	84.0	93	41.6	34.0	96	784	0.1	0.50	78	87	20.6	13.5	
	N-6 P-8	90.8	100	43.5	35.5	100	787	0.2	0.48	85	87	20.1	11.4	
	N-6 P-16	101.3	111	46.5	38.1	107	789	0.1	0.46	70	80	20.3	15.2	
	N-6 P-24	120.0	132	47.6	39.0	110	790	0.1	0.40	85	91	20.2	14.1	
36	N-8 P-16	111.8	123	46.3	37.8	107	785	0.1	0.41	68	86	20.2	15.1	
	N-8 P-24	126.0	139	48.5	39.8	112	785	0.2	0.39	74	89	19.8	14.6	
昭	N-6 P-0	68.0	105	53.7	43.8	92	805	0.6	0.79	82	93	21.5	12.2	
	N-6 P-8	65.0	100	58.0	47.7	100	812	0.3	0.89	82	92	22.4	14.1	
	N-6 P-16	78.0	120	53.9	43.9	92	806	0.4	0.69	75	92	22.0	16.2	
	N-6 P-24	72.0	111	56.0	45.2	95	792	0.5	0.78	80	95	21.8	16.3	
37	N-8 P-16	82.0	126	56.4	46.0	96	811	0.4	0.69	86	92	21.9	14.8	
	N-8 P-24	76.0	117	61.5	51.2	107	801	0.5	0.81	73	94	21.9	16.3	

協和試験地：晩植栽培

年次	区名	わら		粳		玄米		米		肩米もみ	収量構成要素			
		kg/a	比	kg/a	kg/a	比	1ℓ重g	kg/a	わら		1穂完全粒数	穂実歩合%	千粒重g	穂数本
昭	N-6 P-0	90.4	94	46.5	41.8	95	817	0.1	0.52	89	97	21.4	12.7	
	N-6 P-8	96.7	100	53.6	44.2	100	818	0.1	0.56	101	91	21.7	12.5	
	N-6 P-16	106.7	111	50.8	41.9	95	821	0.2	0.48	101	97	21.5	12.7	
	N-6 P-24	107.9	112	55.8	45.7	103	806	0.2	0.52	102	98	21.8	12.0	
昭	N-6 P-0	78.3	102	45.3	36.3	98	797	0.3	0.58	86	98	23.5	9.5	
	N-6 P-8	76.7	100	48.0	39.0	100	818	0.3	0.63	102	97	23.0	10.7	
	N-6 P-16	89.8	117	52.9	42.9	110	798	0.3	0.59	94	97	22.8	12.2	
	N-6 P-24	83.1	108	52.3	42.3	109	791	0.2	0.63	78	97	22.9	13.0	
昭	N-6 P-0	69.0	97	42.5	36.3	94	790	0.9	0.62	—	—	—	—	
	N-6 P-8	70.6	100	45.6	38.7	100	783	0.9	0.64	—	—	—	—	
	N-6 P-16	65.3	92	42.3	36.1	94	795	0.7	0.65	—	—	—	—	
	N-6 P-24	70.5	100	47.0	39.6	102	789	1.0	0.67	—	—	—	—	

注) 各試験地ともN-6 P-8区を収量比100とした。

K₂O：早植，晩植ともに燐酸用量との間に一定の傾向が認められない。

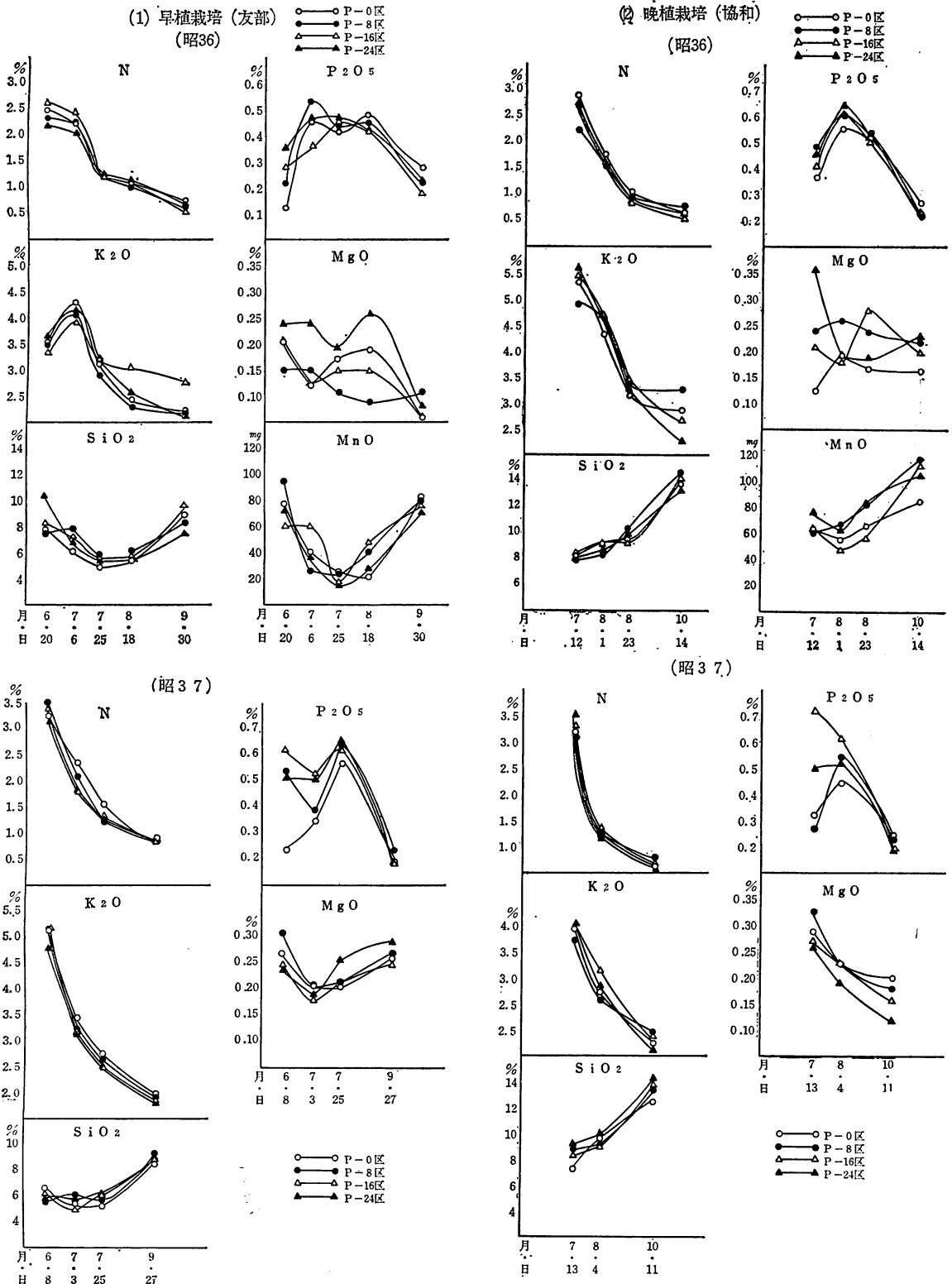
SiO₂：早植では分けつ期において燐酸の増施にともなって高くなっている傾向が認められる。しかし，後半においては区間差が明らかでない。また，晩植では区間に大差が認められない。

MgO：早植では区間に一定の傾向は認められない

が，(P-24)区はほぼ全期間を通じて他区に比し高いことが認められる。晩植では全般的に増施区の高い傾向がうかがわれる。

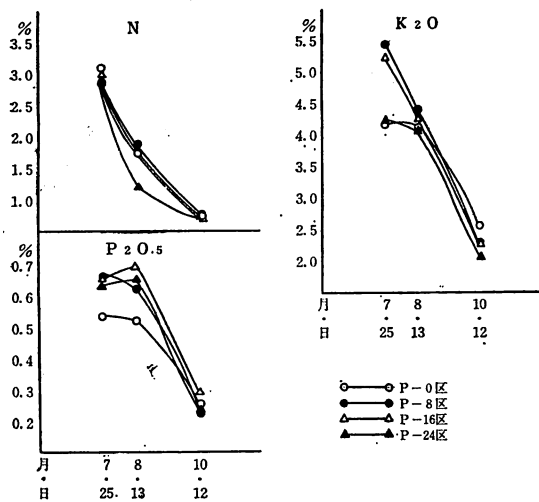
MnO：早植では各区ともに生育前半および後半に高く，幼穂形成期には著しく低下する。しかし，燐酸用量間の差異には一定の傾向が認められない。晩植の場合には，早植に比して濃度の高い傾向がうかがわれるが，区

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究



第4図 体内成分濃度の推移—(1)

昭38)



第4図 体内成分濃度の推移——(2)

間に一定の傾向が認められない。
(昭和37年度)

N : 早植の場合には分けつ期から幼穂形成期頃において磷酸の増施とともに低下しているが、成熟期には区間差はほとんど認められない。また、晩植では一定の傾向が認められない。

P₂O₅ : 早晩植ともに、分けつ期に磷酸増施区の高い傾向を示しているが、成熟期には無磷酸区との間に大差なく、前年度とほぼ同様な結果を示していることがうかがわれる。

K₂O : 早植の場合には、分けつ期以降の生育中期において、磷酸増施区はいずれも低い傾向を示している。また、後期における濃度は新開田の場合に比して著しく低い。晩植の場合には、幼穂形成期に至るまで磷酸増施区が勝り、成熟期においては区間差が認められない。

SiO₂ : 早植では幼穂形成期において磷酸増施とともに若干増大する傾向が認められる。しかし、その他の時期においては区間に大差が認められない。晩植の場合には、初期および成熟期において磷酸増施によって高くなる傾向が認められる。

MgO : 早晩植ともに初期においては磷酸増施区がいずれも低い。しかし、早植の場合には(P-24)区が幼穂形成期以降において他区に勝る傾向を示すのに反して、晩植では(P-24)区は全期間を通じて低く、早植とは相反する傾向が認められる。

(昭和38年度)

N : 初期においては大差ないが、(P-24)区は幼穂

形成期に他区より明らかに低くなっていることが認められる。また、成熟期においても区間差は認められない。

P₂O₅ : 磷酸施用区は無磷酸区に比して幼穂形成期までは高いが、成熟期においては大差が認められない。

K₂O : 区間に一定の傾向は認められない。

磷酸吸収率 : 成熟期における磷酸吸収率を示すと第22表のごとくである。新開田の場合に比して、磷酸吸収量はもみでは大差がなく、わらの場合には著しく勝っている。また、無磷酸区における吸収量は早晩植いずれの場合にも新開田に比して著しく高い。したがって、吸収率では熟田の場合には著しく低く、熟田における磷酸天然供給力のきわめて大きいことがうかがわれる。

なお、早晩植間では吸収量、吸収率のいずれも大差は認められない。

第22表 磷酸吸収率(成熟期)

試験地	区名	P ₂ O ₅ 吸収量 (kg/a)			吸収率 %
		もみ	わら	計	
友部	N-6 P-0	0.32	0.13	0.45	—
	N-6 P-8	0.29	0.13	0.42	—
	N-6 P-16	0.33	0.13	0.46	0.6
	N-6 P-24	0.39	0.12	0.51	2.5
	N-8 P-16	0.34	0.15	0.49	2.5
協和	N-8 P-24	0.38	0.14	0.52	2.9
	N-6 P-0	0.26	0.18	0.44	—
	N-6 P-8	0.29	0.16	0.45	1.3
	N-6 P-16	0.29	0.16	0.45	0.6
N-6 P-24	0.33	0.14	0.47	1.3	

4) 考 察

火山灰熟田における磷酸多施の効果については、生産力別分類試験⁴²⁾においてすでに示唆されている。栃木県では作季移動、すなわち移植の早期化によって磷酸によらずとも増収することが認められている⁴³⁾が、小畑³⁴⁾は早期水稲の場合に磷酸吸収量の大きいことを認めている。しかし、関東以南の温暖地において磷酸多施効果が確認されていないこと³⁰⁾は、すでに緒言において述べたとおりである。

本試験は、火山灰熟田における磷酸の response について検討を加えたものであるが、3か年にわたる試験によって早植栽培の条件下においてのみ磷酸増施の効果のあることが認められた。

熟田におけるこのような磷酸増施の効果発現の理由は、新開田の場合とほぼ同様であって、生育初期における分けつの促進と穂数の確保に帰因すると思われる。

早植の磷酸による初期茎数の増大はつぎのごとき要因によるものであろう。すなわち、茨城県の場合、移植ならびに分けつ初期に当たる5月中～下旬の平年気温は16～18°Cであって、寒冷地の場合と大差がない。このような環境条件下においては、地温が低いために土壤還元は速やかに進行せず、土壤磷酸の多い熟田でも磷酸の有効化は僅少であると考えられる。加えて本試験の供試土壤では、いずれも磷酸吸収係数が2,000あるいはそれ以上を示し、火山灰土壤の特性である施肥磷酸の固定も大きいと考えられる。したがって、磷酸増施の効果は気象ならびに土壤の両要因に基づくものと想定される。

ただ茨城県下の火山灰熟田は、一般にその用水源を溜池あるいは天水に依存し、すでに述べたごとく排水はきわめて不良であり、生育期間中に合理的な水管理を行なうことが困難な場合が多い。そのため盛夏高温時においては、作土の土壤はしばしば強還元状態を呈する。本試験において、磷酸増施の効果について年次的な偏異がみられたのは、このような土壤還元と密接に関連するものと考えられる。すなわち、熟田早植では磷酸増施区の初期生育は旺盛であるが、土壤還元の進行にともなって根腐れを生じ、その結果後半における生育が抑制され、秋落し型となる。一方無磷酸区では、初期生育不良のために根腐れ障害が少なく、盛夏時における土壤有効磷酸の増加にともなって水稻による磷酸の吸収利用が増大するに至る(第4図)。かくして、生育後期においては、磷酸施用区との間に生育に大差がみられなくなるに至るものと思われる。

晩植においては移植時の気温は20°Cを越し、したがって土壤還元の進行も速やかで、土壤磷酸の有効化も増大していると考えられる。すなわち、生育初期において磷酸は十分吸収利用され得る条件下にあるといえる。これは、早植の場合、生育初期における磷酸の体内濃度が無磷酸区では0.2%前後であるのに対して、晩植水稻の無磷酸区が生育初期において0.3%以上を示すこと(第4図)からもうかがい知られる。

なお、昭和37年度においては晩植の場合に磷酸増施の効果が若干認められたが、これは気象条件が水稻生育期の前半(6月第9半旬～7月第4半旬)において例年に比し平均2°C前後も低く、早植に近い条件下におかれたことに帰因すると思われる。

また、同年には早植水稻に対する磷酸増施の効果が認

められなかったが、これは穂数が増大したにもかかわらず1穂当たり着粒数の著しく減少したことに由るところが大きいと思われる。この場合における水稻体の養分吸収をみると、第2図(磷酸適量試験)ならびに第4図(早植栽培)からうかがわれるごとく、生育後期における水稻体内の加里濃度は新開田の場合に比して一般に低く、とくに昭和37年度において劣っていることが認められる。これは生育期において例年にくらべて排水が著しく不良であり、根系障害のために加里吸収が阻害され、生育後期において加里不足をきだし、籾の充実が不良になったものと解せられる。なお、生育後半における加里不足が水稻の稔実にも悪影響を及ぼすことは、木内²⁴⁾²⁵⁾によって指摘されているとおりである。

以上の結果を要約するとつぎのごとくである。

① 火山灰熟田では早植の場合にのみ磷酸増施の効果が認められた。しかし効果の発現は年次によって異なり、土壤の強還元によってかなり減殺された。

② 熟田における磷酸増施の効果は、新開田の場合と同様に初期において分けつを促進し、穂数を確保する点にあることが認められた。

③ 晩植の場合には、磷酸増施の効果はほとんど認められなかった。

(5) 乾田直播水稻に対する磷酸の効果

乾田直播水稻の場合には、移植の場合と異なって稲作期間中における土壤は比較的酸化的に経過するので⁴⁰⁾土壤磷酸の有効化も移植の場合に比して少ないことは容易に推定される。このことから、直播水稻に対する磷酸のresponseは移植水稻に比べてより高いことが予測される。ことに磷酸吸収力の大きい火山灰土壤において、磷酸肥効の発現しやすいことは前述の移植栽培の結果からもうかがい知られる。

また、乾田直播では施肥法とともに発芽、苗立ちの良否の問題が大きい。これについては碎土の容易な腐植質(黒色)火山灰土壤の場合に好適なことが認められており⁴¹⁾、したがって粘土含量の多い一般沖積土に比べて直播栽培導入の可能性はかなり高いといえる。

乾田直播水稻の栽培面積は、茨城県下では現在500haにすぎないが、今後の機械化省力栽培の導入普及に対処するため、火山灰土壤における直播栽培、とくに磷酸施肥に関して一応の検討を加えておく必要があると思われる。著者らは以上のような観点から、火山灰新開田および熟田を対象として磷酸用量試験を実施した。試験の概要はつぎのごとくである。

1) 試験方法

a) 新開田土壌

1区1m², 2連制のコンクリート框試験とし, 新治郡出島村新生開拓地火山灰畑表層土壌を農業試験場本場内水田圃場に埋設してある深さ50cmの無底框に搬入充填して試験に供した。供試水稻は茨城県においてもっとも乾田直播に適すると認められた越南38号を供試し, 条巾25cmの条播とした。供試土壌は第23表に示すごとく磷酸吸収係数の著しく高い, 有効磷酸の少ない火山灰土壌であって, 採取時まで陸稲, 麦類の栽培が行なわれていた。

b) 熟田土壌

圃場試験として, 農業試験場協和原種農場(真壁郡協和町)内洪積火山灰水田に設置した。供試土壌は第23表に示すごとく磷酸吸収係数の高い火山灰熟田土壌であって, 前述の新開田土壌に比して有効磷酸は若干多い。冬季はよく乾燥し, 二毛作が可能であるが, 稲作期間中の排水は不良である。

試験期間は昭和39年1か年のみとし, 試験設計は第24表に示すごとく新開田土壌では磷酸2.0kgまでの用量試験, 熟田土壌では磷酸1.2kgと1.6kgの比較試験とした。

第23表 供試土壌の化学性

(乾土100g当たり)

土 壤 (表 層 土)	pH	T-N %	T-C %	C/N	CEC me	E X - Base me		吸収係数 mg		N/5 HCl 可溶 P ₂ O ₅ mg
						Ca	Mg	N	P ₂ O ₅	
新開田(出島)	6.1	0.57	7.0	12.2	23.4	12.6	1.2	577	2,311	19
熟 田(協和)	5.4	0.65	9.1	14.0	25.2	—	—	739	2,230	28

第24表 試 験 設 計

供試土壌	区 名	三 要 素 成 分 量 (kg/a)					計	P ₂ O ₅ (過石熔磷各1/2)	K ₂ O (塩加)
		N 基肥	(硫 安) 入水 直後	幼穂 形成					
新 開 田	P ₂ O ₅ — 0	0.5	0.6	0.3			1.4	0	1.1
	” — 0.8	”	”	”			”	0.8	”
	” — 1.2	”	”	”			”	1.2	”
	” — 1.6	”	”	”			”	1.6	”
熟 田	” — 2.0	”	”	”			”	2.0	”
	P ₂ O ₅ — 1.2	0.3	0.7	0.2			1.2	1.2	0.8
	” — 1.6	”	”	”			”	1.6	”

注) 1 基肥, 追肥はいずれも全面表層施用した。

2 耕種管理の概要

	新 開 田	熟 田
施肥播種	5月6日	5月4日
灌水開始	6月24日	6月17日
窒素追肥	{ 6月25日 7月16日	{ 6日23日 7日23日
刈 取	9月26日	10月12日

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

2) 試験結果

a) 生育の状況

生育の状況を示すと第25表のごとくである。新開田土壌では、磷酸の増施にともなって草丈、茎数ともに増大

し、後期に至るまで区間差が認められた。とくに磷酸少量区 ($P_2O_5 - 0.8$) では出穂期が多量区に比して3~4日遅延し、穂数も劣ることがみうけられた。なお、無磷酸区の生育は他区に比して著しく劣り、磷酸欠乏症状に特有の、白色を帯びた緑色の下基部であることが認め

第25表 生育概況

区名	6月18日		7月11日		出穂期 月日	9月26日			
	草丈 cm	茎数 本/m	草丈 cm	茎数 本/m		穂長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	
新開田	$P_2O_5 - 0$	13.0	65	38.0	63	8.27	64.1	17.0	270
	" - 0.8	14.5	65	45.0	94	17	69.5	16.6	345
	" - 1.2	15.2	73	46.5	108	13	69.8	16.7	386
	" - 1.6	15.2	67	45.7	103	14	67.1	17.1	404
	" - 2.0	15.8	75	48.2	115	13	69.5	17.7	455

区名	6月23日		7月23日		10月12日			
	草丈 cm	茎数 本/m	草丈 cm	茎数 本/m	穂長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	
熟田	$P_2O_5 - 1.2$	24.0	82	76.9	133	87.9	18.7	434
	" - 1.6	23.1	99	74.5	142	87.8	18.1	477

注) 上記成績はいずれも2連の平均値を示す。

第26表 収量

区名	わら		もみ		しいな g/m ²	1穂完 全粒数	穂歩	実合 %
	g/m ²	比	g/m ²	比				
新開田	$P_2O_5 - 0$	278	60	205	55	4	50	91
	" - 0.8	464	100	372	100	8	56	94
	" - 1.2	524	107	446	120	10	50	91
	" - 1.6	507	104	454	122	17	54	89
	" - 2.0	550	109	510	137	10	55	91

区名	わら		もみ		玄米		1穂重 g	肩米 kg/a	もみ わら
	kg/a	比	kg/a	kg/a	比				
熟田	$P_2O_5 - 1.2$	97.7	100	50.2	36.4	100	816	1.6	0.51
	" - 1.6	96.9	99	51.7	38.3	103	814	0.7	0.53

注) 2連の平均値を示す。

第27表 新開田土壌における養分吸収(成熟期)

区名	わら			もみ			P ₂ O ₅ 吸収量(g/m ²)			P ₂ O ₅ 吸収率%
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	わら	もみ	計	
	%	%	%	%	%	%				
P ₂ O ₅ — 0	0.47	0.07	1.78	1.22	0.35	0.32	0.19	0.72	0.91	—
〃 — 0.8	0.42	0.06	2.33	1.14	0.24	0.39	0.28	0.89	1.17	3.3
〃 — 1.2	0.40	0.08	3.00	1.07	0.30	0.47	0.42	1.34	1.76	7.1
〃 — 1.6	0.43	0.08	2.35	1.08	0.51	0.45	0.41	2.32	2.73	11.4
〃 — 2.0	0.40	0.07	2.35	1.09	0.52	0.60	0.39	2.65	3.04	12.1

られた。一方熟田土壌の場合は、生育初期には区間差が認められなかったが、幼穂形成期以降では磷酸多施肥区が若干勝った。

b) 収量

収量結果は第26表のごとくである。

新開田土壌では、わら、粃ともに磷酸の増施にともなって増加し、生育における傾向とほとんど一致することが認められる。この場合に1穂粒数、稔実歩合には区間に大差がみられず、収量傾向は主として穂数の増大にともなっていることがうかがわれる。

熟田土壌の場合にも磷酸増施肥区の玄米量は若干勝っており、新開田の場合と同様にこれは穂数の増加に帰因すると思われる。

c) 養分吸収

成熟期における水稻体の三要素体内濃度ならびに磷酸吸収量、同吸収率を示すと第27表のごとくである。なお、分析は磷酸増施肥効果の顕著な新開田土壌の場合のみについて実施した。

N：無磷酸および磷酸少量の場合には、多量区に比してわら、粃ともに若干高い傾向が認められる。これは水稻体の伸長がともなわないことによるものと思われる。

P₂O₅：わらの体内濃度はきわめて低く、区間差が認められない。しかし、粃では磷酸の増施とともに増大する傾向が認められる。なお、無磷酸区ではやや高いが、これは窒素の場合と同様に水稻体の伸長が著しく劣るためと考えられ、吸収量ではわら、粃ともに無磷酸区においてももっとも低いことがうかがわれる。

K₂O：磷酸の増施にともなって、わら、粃ともに増大し、とくに粃の場合に明らかに増大することが認められる。

P₂O₅ 吸収率：移植の場合と異なり磷酸施肥量の増加とともに吸収率も増大し、P₂O₅—2.0区では0.8区の

約4倍に達していることが認められる。

3) 考察

火山灰水田での乾田直播水稻における磷酸増施肥の効果は、新開田、熟田のいずれの土壌の場合にもみられたが、とくに新開田の場合に大きいことが認められた。

このような磷酸の肥効は、生育過程からうかがわれるごとく初期生育とくに分けつの促進ならびに後期における穂数の増大に帰因すると考えられる。成熟期において、磷酸の増施にともなって磷酸とともに加里の体内濃度も増加し、磷酸の増施によって養分吸収もまた旺盛になることがうかがい知られた。

熟田土壌の場合には、磷酸の肥効はさほど明らかでなかったが、これはつぎのごとき理由に基づくものであろう。水稻直播栽培では5月上旬に播種し、本葉4〜5枚の時期に灌水するのが茨城県における一応の耕種基準²²⁾であり、本試験もこの基準にしたがった。この場合には直播水稻の生育期は晩植水稻のそれとほとんど差異がないので、初期生育は比較的高温下におかれている。したがって、移植の場合ほど土壤還元が進まないにしても、圃場の立地条件から周辺部の水位が高い影響もあって土壤磷酸の有効化が行なわれやすいと考えられる。

一方新開田土壌では土壤中の有効磷酸が元来少なく、加えて磷酸の土壤による固定も強く、さらにまた生育初期にはほとんど畑地状態で経緯し、入水後も土壤還元は速やかに進行しない条件下におかれたので、施肥磷酸の肥効がきわめて高くなったものと考えられる。

かくして、火山灰土壌新開田の場合には、乾田直播水稻に対する磷酸の response は著しく高くなるものと考えられる。

2 磷酸肥効の増進対策

上述のように、火山灰水田では温暖地でも磷酸増施肥の

効果の高いことが明らかにされた。このような燐酸の効果は、気象的要因のほかに土壌的要因、すなわち火山灰土壌の活性アルミニウムならびに鉄による燐酸固定に起因するところが大きい。従来火山灰畑地では、石灰、堆肥などの施用によって施用燐酸の土壌による固定を防止しているが、水田の場合には盛夏時の土壌還元によって燐酸が有効化するため、とくに燐酸固定の防止については関心が払われていない。しかし、施用燐酸の水稲による吸収率は沖積土、洪積土を問わず一般に低く、その大部分は土壌中に固定残存すると考えられる。火山灰水田のごとくとくに燐酸固定の大きい場合には燐酸増施の効果が大きいとはいえず、その吸収率は10%前後あるいはそれ以下にすぎない。

この場合、土壌による燐酸の固定を防止することによって、燐酸の肥効をさらに高め得ることが期待されるが、その対策として著者らは、つぎの2方法を想定した。

- (1) 土壌中における活性アルミニウムの活性を抑制する。
- (2) 土壌と施用燐酸との接触を防止する。

(1)として、著者らは緑肥水浸液の活用⁹⁾を検討し、(2)としては土壌粒子との接触の少ない形状と考えられる粒状固形肥料を用いて、燐酸肥効の大きい新開田の土壌を対象として検討を加えることにした。

緑肥のごとき新鮮有機物を土壌中に施した場合に、土壌中における無機成分の移行溶脱の促進されることは、すでに指摘されている。すなわち、小西、山崎²⁹⁾は、富山の沖積普通水田と老朽化水田の2種の土壌をライシメーターに充填し、レンゲ水浸区を設けて水稲を栽培し、滲透水の分析から鉄、マンガン、燐酸の可動化することを認めている。

また、原田ら¹⁰⁾¹¹⁾は稲わら水浸液が水酸化鉄の還元溶出に顕著な作用を示すことを認めるとともに、水田に緑肥を施用した場合に土壌中の鉄溶解作用が、緑肥中の水溶性成分による鉄のキレート化に帰因することを指摘し、その強さは緑肥作物のうちマメ科がイネ科より大であったとした。

川口²⁷⁾らも新鮮有機物の水浸液のキレート作用について詳細に検討を加えている。

BLOOMFIELD¹⁾²⁾³⁾⁴⁾は土壌グライ化に関する実験から、種々の針葉樹ならびに闊葉樹の葉や樹皮の水抽出液が、ポドゾル生成過程において無菌的に酸化第2鉄および酸化アルミニウムの溶解を進めることを明らかにしている。

以上の諸研究から、新鮮有機物の水浸成分によって鉄およびアルミニウムのキレート化が行なわれることにより、施肥燐酸の固定量をより少なくすることが可能であると考えられる。著者らはこのような判断のもとに、以下に述べる一連の試験を実施した。

(1) 移植水稲に対する緑肥と固形肥料の施用効果

(その1) 新開田における施用効果

1) 供試水田土壌の概要

新治郡出島村新開拓地の黒色火山灰土壌新開田に現地試験地を設置した。試験地の概要ならびに土壌断面、理化学性については、前述の「1 火山灰水田における燐酸の肥効—(2)火山灰新開田における施肥改善対策」の項に示したとおりである。

2) 試験方法

昭和37年度に実施し、試験設計は第28表に示した。供試肥料は塩安、塩加のほか過石、熔燐を燐酸成分の各

第28表 試験設計 (kg/a)

区名	N			P ₂ O ₅	K ₂ O
	基肥	追肥	計		
P—0	0.7	0.1	0.8	0	1.0
P—8	〃	〃	〃	0.8	〃
P—16	〃	〃	〃	1.6	〃
P—24	〃	〃	〃	2.4	〃
P—38	〃	〃	〃	3.8	〃
緑肥(P—8)	〃	〃	〃	0.8	〃
固形肥料(P—8)	〃	〃	〃	0.8	〃

注) 耕種管理の概要

青刈りライ麦施用	5月10日
田植(三要素施肥)	5月16日
追肥	7月27日
刈取	9月26日

量づつ供試した。緑肥は水田裏作ライ麦を用い、刈取し直ちに灌水した田面に散布し(アール当たり90kg)、6日間そのまま放置後作土中に鋤込んで代掻きを行ない移植した。三要素はいずれも田植当日に表層に施用した。

粒状固形肥料は日本肥糧株式会社製の粒径5mm前後の中粒品を供試し、田植当日全面散布して植代施肥を行なった。なお、緑肥区、固形肥料区ともに燐酸施用量は少量区と同じくアール当たり0.8kgとした。

3) 試験結果

a) 生育の状況

生育調査の結果は第29表に示すごとくである。すなわ

第29表 生育概況

区名	6月11日		7月10日		7月27日		出穂 期月日	9月26日			有効茎 歩合 %
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	
P-0	32.0	3.6	52.7	7.0	73.3	9.8	8.23	78.8	20.4	9.0	92
P-8	37.5	6.4	60.2	16.4	80.9	15.3	13	81.6	21.6	12.3	75
P-16	38.7	7.6	58.9	17.8	78.8	15.7	5	80.2	21.3	13.5	76
P-24	38.2	9.6	63.5	23.0	84.7	17.6	9	84.5	20.4	15.4	67
P-38	40.5	11.9	65.2	21.8	81.9	16.3	3	84.9	20.4	16.5	76
緑肥(P-8)	35.2	6.5	59.3	16.9	82.2	14.4	5	83.8	21.9	14.3	85
固形肥料(P-8)	36.0	5.5	60.2	18.2	80.7	15.6	5	80.2	21.4	14.0	77

第30表 収量

区名	わら		粳		玄		米 1ℓ重 g	屑米 kg/a	もみ わら	収量構成要素			
	kg/a	比	kg/a	kg/a	比	1穂当 粒数				総実歩 合%	千粒重 g	穂数 本	
P-0	63.7	87	55.5	44.5	82	789	0.9	0.87	109	83	21.3	9.0	
P-8	73.1	100	66.7	54.4	100	817	0.4	0.91	108	95	21.6	12.3	
P-16	76.0	104	65.3	53.4	98	811	0.2	0.86	94	95	22.4	13.5	
P-24	88.2	120	71.6	58.7	108	825	0.3	0.81	80	97	22.0	15.4	
P-38	93.1	127	67.7	55.4	102	825	0.4	0.73	88	93	22.0	16.5	
緑肥(P-8)	79.1	108	71.7	58.3	107	823	0.6	0.91	101	95	21.6	14.3	
固形肥料(P-8)	76.4	104	65.2	54.5	100	822	0.3	0.85	88	97	22.5	14.0	

ち、ライ麦の鋤込区では初期生育の抑制される傾向が認められた。しかし、分けつ期以降において回復し、後半は燐酸少量区(P-8)に勝る生育相を呈した。

固形肥料区は生育の初期において草丈、茎数ともやや劣ったが、緑肥区と同様に回復し、燐酸多量区(P-16, 24, 38)に匹敵する生育相を呈することが認められた。

出穂期はライ麦緑肥区、固形肥料区ともに燐酸少量区に比して8日も早く、燐酸多量区とほとんど差異が認められなかった。

b) 収量

収量結果を示すと第30表のごとくである。

すなわち、緑肥の鋤込区はわら、玄米ともに燐酸単肥少肥区(P-8)に勝る結果が認められ、燐酸の肥効を増進せしめる効果のあることが示唆される。しかし、固形肥料区では効果が明らかでない。

c) 養分吸収

時期別養分吸収状況を示すと第5図のごとくである。

N: 無燐酸(P-0)および燐酸少量(P-8)の両区は、初期において他区より低く、分けつ期以降はむしろ勝って成熟期に至っている。

一方緑肥ならびに固形肥料の両区は、全期間を通じて燐酸多量(P-24)区とほぼ同一の傾向を示していることがうかがわれる。

P₂O₅: 燐酸多量区は生育全期間を通じて勝り、緑肥ならびに固形肥料の両区もこれについて濃度の高いことが認められる。これに反して、燐酸少量区および無燐酸区では初期の濃度が著しく低く、その後も全期間を通じて劣っていることがうかがわれる。

K₂O: 分けつ初期においては、燐酸の増施にもなって高いが、幼穂形成期(7月27日)においては逆転し増施区が低下し成熟期に至っている。緑肥区および固形肥料区はともに初期および分けつ期(6月11日~7月10日)において他区に勝り、幼穂形成期以降は燐酸増施区とほぼ同様の傾向を示している。

MgO: 初期においては燐酸の増施にもなって高く、緑肥および固形肥料の両区は燐酸増施区よりさらに高い。しかし、分けつ期以降においては燐酸少施区が最も勝り、成熟期に至っている。

燐酸吸収率: 成熟期における燐酸吸収率を示すと第31表のごとくである。この結果によれば燐酸の増施にも

第31表 磷酸吸収率(成熟期)

区名	P ₂ O ₅ 吸収量(kg/a)			吸収率 %
	もみ	わら	計	
P-0	0.14	0.03	0.17	—
P-8	0.25	0.04	0.29	15.0
P-16	0.29	0.06	0.35	11.3
P-24	0.36	0.08	0.44	11.2
P-38	0.39	0.14	0.53	9.5
緑肥(P-8)	0.30	0.05	0.35	22.5
固形肥料(P-8)	0.37	0.09	0.46	36.3

なって磷酸吸収量は増大するが、吸収率はむしろ減少する傾向を示している。これに対して、緑肥および固形肥料の両区ではいずれも磷酸は少施であるにもかかわらず、その吸収量は磷酸多量区に匹敵し、吸収率は著しく高くなっていることが認められる。ことに固形肥料区では36%の高い値を示し、磷酸の吸収が著しく高くなっていることが看取される。

は磷酸多施区に劣るが、有効茎歩合は他区に比して勝っている。さらに、これらの両区では磷酸吸収量および吸収率が著しく増大し、磷酸単肥少施区の約2倍に達している。これらのことから、緑肥および固形肥料の施用によって、生育全期にわたって磷酸の吸収利用が順調に行なわれ、有効茎の増大に寄与したと考えられる。

さらに磷酸の増施ならびに緑肥、固形肥料の施用によって、生育初期における窒素、加里、苦土の体内濃度の増加していることが認められ、緑肥および固形肥料の施用区は磷酸少施の条件下にあっても増施区とほぼ同様の傾向を示していることがうかがわれる。したがって、以上の結果から磷酸肥効の増進対策として、緑肥ならびに固形肥料の施用効果の期待されることが示唆される。

(その2) 熟田における施用効果

新開田に対する試験と平行して、火山灰熟田の表層土壌を用いて緑肥ならびに粒状固形肥料の施用効果に関する試験を実施した。試験の概要はつぎのごとくである。

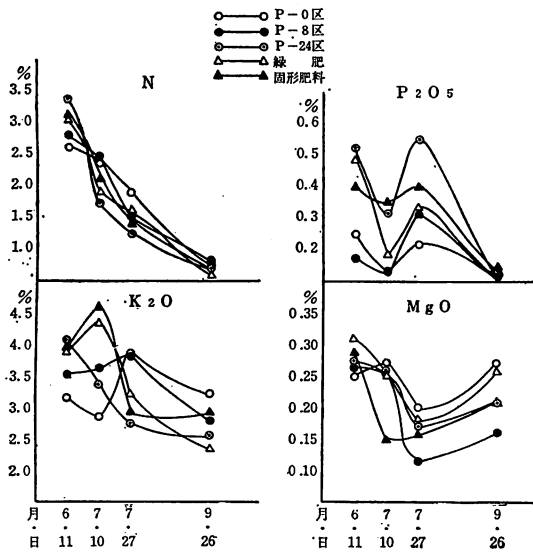
1) 試験方法

茨城県農業試験場協和原種農場内の水田表層土壌(黒色火山灰熟田土壌)を2,000分の1アールワグネルポットに充填し、第32表に示すとき植木鉢試験を実施し

第32表 試験設計

処理区名	三要素成分量(g/pot)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
P-0	2.0	—	1.5
P-2	"	2.0	"
P-4	"	4.0	"
P-8	"	8.0	"
固形肥料(中粒)	"	1.5	"
固形肥料(中粒・小粒各半)	"	"	"
大谷石複合肥料	"	"	"
緑肥水浸鋤込	"	"	"

た。供試土壌の理化学性は第17表に示すとおりである。なお、固形肥料区は中粒の粒径5mm前後の日本肥糧株式会社製の市販品を供試した。固形肥料混合区は前記中粒品均に粒径2~3mmの小粒品を均量混合したものである。また、大谷石肥料は粒径3mm前後の試作品を用いた。緑肥は場内圃場に栽培したオーチャードグラスを刈取後直ちに切断して細片(約2cm)とし、鉢の田面水中に浸漬して放置し、3日後に鋤込み三要素施用後移植し



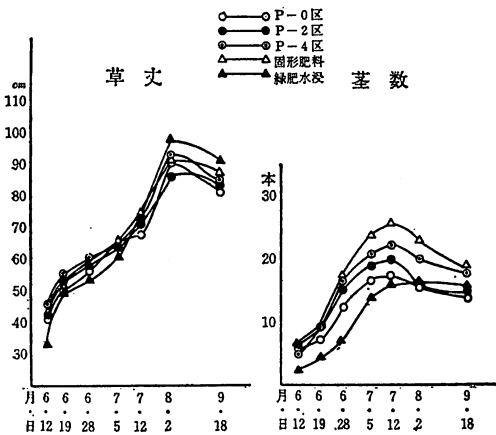
第5図 体内成分濃度の推移

4) 考察

磷酸少施の場合の緑肥ならびに粒状固形肥料の磷酸肥効増進の効果は、生育相から明らかに認められ、固形肥料区の玄米収量を除いてはわら、玄米ともに増加する傾向が認められた。収量増大の要因としては穂数の増加が挙げられ、緑肥、粒状固形肥料の両区ともに最大茎数で

第33表 生育概況

区名	6月12日		6月19日		6月28日		7月5日		7月12日		8月2日		9月18日		
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
P-0	41.2	5.7	50.1	7.3	57.0	12.9	66.1	16.9	68.2	17.8	90.6	16.2	81.9	25.0	14.3
P-2	42.6	6.0	53.2	8.4	57.4	15.3	64.1	18.8	70.3	20.3	87.0	16.7	83.3	20.4	15.2
P-4	45.3	5.9	55.6	8.4	60.4	16.7	66.6	21.0	71.5	22.4	92.2	20.2	85.3	20.0	17.4
P-8	43.8	5.7	54.7	8.1	60.2	16.0	66.5	21.1	67.8	21.9	90.5	19.2	82.9	20.4	16.4
固形肥料(中粒)	43.0	6.9	53.4	9.6	59.6	17.0	67.3	24.3	74.4	25.1	90.7	23.2	87.4	20.5	18.9
固形肥料(混合)	41.9	5.6	53.1	8.4	58.2	15.3	67.0	22.7	74.1	20.4	91.4	18.0	88.0	21.1	16.7
大谷石複合肥料	43.8	4.8	53.5	7.6	59.7	14.3	69.3	19.1	74.0	19.3	89.8	18.0	88.3	19.6	15.4
緑肥水浸鋤込	33.9	2.7	50.8	4.6	53.8	7.3	60.1	14.2	73.7	16.7	99.0	17.0	91.7	19.9	15.9



第6図 生育の状況

た。以上の処理区はいずれも燐酸成分量を少量とした。

2) 試験結果

a) 生育の状況

生育状況を示すと第33表のごとくである。また、そのうちの主要区についてグラフにより示すと第6図のごとくである。すなわち、燐酸用量間では燐酸の増施にともなって生育初期から草丈、茎数は増大し、無燐酸の場合には明らかに劣ることがみうけられた。また、この傾向は後期に至っても認められた。

粒状固形肥料区は初期から草丈、茎数ともに燐酸施用各区(P-2, P-4)に勝り、6月下旬から7月上旬に至る分けつ期においては著しく旺盛な生育を呈することが認められた。とくに茎数では燐酸多施区(P-4)を凌駕し、成熟期に至るまで他区に勝った。しかし、固形肥料の中粒小粒混合区は中粒のみの場合に比べて草丈、茎数ともに若干劣ることがうかがわれた。

大谷石肥料および緑肥水浸の両区においては、初期生育がかなり抑制され、ことに緑肥水浸区においては他区に比して土壌還元が強く、草丈、茎数ともに他区に比べて著しく劣った。しかし、7月中旬の幼穂形成期以降においては急速に回復して他区に追いつき、草丈においては後半ももっとも勝り、茎数においてもP-2区に比して勝ることが認められた。

b) 収量

収量は第34表のごとくである。すなわち、わらでは燐

第34表 収量

区名	わら		もみ	
	g/株	比	g/株	比
P-0	23.6	96	27.8	100
P-2	24.6	100	27.8	100
P-4	29.2	119	34.2	123
P-8	29.8	122	31.7	114
固形肥料(中粒)	29.6	121	38.3	138
固形肥料(混合)	28.3	115	32.3	116
大谷石複合肥料	27.5	112	29.7	107
緑肥水浸鋤込	28.6	117	31.0	111

(3連平均値)

酸増施にともなって増加する傾向が認められる。また、粒状固形肥料、固形肥料中小粒混合、大谷石肥料ならびに緑肥水浸の各区は、いずれも燐酸少量(1.5kg施用)であるが、多量の場合(2gおよび4g)に比して大差が認められない。

稲では、燐酸用量間においてP-4区にピークが認められ、燐酸の response の高いことがうかがわれる。固

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

形肥料区は他区に比して著しく勝り、固形肥料中小粒混合、大谷石肥料、緑肥水浸のいずれもわらの場合と同様に磷酸多量(4g)には劣るが、2g施用の場合に比して明らかに増収していることが認められる。

c) 養分吸収

時期別の養分吸収状況を示すと第35表のごとくである。

N: 磷酸の増施にともなって、生育初期には増加し、中期においては低下する傾向を示しているが、成熟期では区間差が明らかでない。固形肥料および緑肥水浸の各区は、生育の後半において濃度の高くなる傾向を示している。

P₂O₅: 磷酸用量間では生育初期から中期にかけて磷酸増施にともなって高くなる傾向が認められるが、成熟期においてはこの傾向は認められない。緑肥水浸液は磷酸多施の場合とほぼ同様の傾向を示すことがうかがわれるが、固形肥料ならびに大谷石肥料の各区ではむしろ低い傾向を示すことが認められる。

K₂O: 磷酸用量間では生育初期から中期にかけて磷酸の増施とともに高くなる傾向が認められるが、成熟期

においてはこの傾向は認められない。また、固形肥料、緑肥水浸の各区では初期にのみ高く、後半においては他区との間に大差が認められない。さらに、大谷石肥料では生育中期に至るまで他区に比べて低いことが認められる。

SiO₂: 緑肥水浸液が初期において低いほかは区間に大差が認められない。

MgO: 区間差はほとんど認められない。

3) 考察

磷酸 response の高い熟田土壌において、磷酸少施の場合の固形肥料ならびに大谷石肥料、緑肥水浸施用の効果について検討を加え、それぞれ磷酸肥効の増進されることが認められた。固形肥料中粒品のみの施用効果は著しく高く、磷酸多施区よりも増収したが、小粒品の混合区ではやや劣ることがみうけられた。したがって、固形肥料の場合には生育初期における磷酸の吸収促進ならびに後期における施肥磷酸の維持の観点から、粒径5mm前後のものがより合理的であると思われる。

同様の目的で施用した大谷石肥料の効果は、本試験の結果からは固形肥料、緑肥水浸の両区に比して若干劣る

第35表 水稻体内成分濃度の推移

(乾物当たり%)

区名	6月18日					7月5日				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	MgO
P-0	3.74	0.35	3.83	6.89	0.25	3.24	0.41	3.61	6.11	0.33
P-2	4.18	0.72	4.21	7.00	0.33	3.00	0.58	3.79	6.83	0.35
P-4	4.43	0.80	4.20	6.34	0.33	2.71	0.62	3.75	7.58	0.30
P-8	4.16	1.10	5.45	7.93	0.29	3.39	0.79	4.00	7.63	0.28
固形肥料(中粒)	4.14	0.48	4.29	7.69	0.26	3.80	0.57	3.61	7.02	0.30
固形肥料(混合)	4.14	0.62	4.68	7.29	0.32	2.89	0.52	3.51	7.01	0.34
大谷石複合肥料	3.85	0.40	4.05	7.30	0.27	3.41	0.50	3.51	6.66	0.30
緑肥水浸鋤込	4.36	0.81	4.38	5.87	0.29	3.63	0.63	3.79	6.75	0.30

区名	9月18日					わら					もみ				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	MgO
P-0	0.34	0.15	2.52	9.07	0.16	1.09	0.79	0.62	3.30	0.23	1.14	0.73	0.55	2.68	0.26
P-2	0.50	0.10	2.06	8.80	0.22	1.14	0.73	0.55	2.68	0.26	1.11	0.67	0.43	2.65	0.23
P-4	0.33	0.14	2.32	7.50	0.15	1.11	0.67	0.43	2.65	0.23	1.11	0.73	0.52	2.82	0.23
P-8	0.48	0.16	2.48	8.12	0.24	1.11	0.73	0.52	2.82	0.23	1.13	0.72	0.58	3.63	0.26
固形肥料(中粒)	0.62	0.08	2.41	7.51	0.19	1.13	0.72	0.58	3.63	0.26	1.11	0.64	0.52	2.98	0.27
固形肥料(混合)	0.53	0.14	2.58	7.37	0.19	1.11	0.64	0.52	2.98	0.27	1.15	0.69	0.52	2.69	0.22
大谷石複合肥料	0.53	0.14	2.37	7.82	0.16	1.15	0.69	0.52	2.69	0.22	1.27	0.75	0.51	2.29	0.20
緑肥水浸鋤込	0.51	0.13	2.61	7.68	0.22	1.27	0.75	0.51	2.29	0.20					

ことがうかがわれた。この理由は明らかでないが、主として固形肥料に比べて粒径の小さいことによる差異に基づくものであろう。

緑肥水浸区における施用効果については、すでに述べたごとく緑肥水浸液中の有機成分による鉄、アルミニウムのキレート化によって施肥磷酸の固定が減少したものと推定され、体内磷酸濃度も初期には磷酸多施肥区に匹敵することが認められた。ただ、緑肥水浸後緑肥自体を表層土に鋤込んだため、地温の上昇とともに土壤還元が他区に比して強くなり、一時的に生育が抑制された。

これらの結果から、固形肥料および緑肥水浸の両者の場合に、ともに磷酸の肥効を高めうることが認められたが、本試験は植木鉢試験であるため土壤透水のない条件下で行なわれたので、圃場条件下での効果の確認が必要であると思われる。

また、緑肥の土壤鋤込みは土壤還元を助長し、さらに緑肥自体の肥効も考慮されるので、緑肥水浸液のみの施用効果について検討を加える必要があると考えられる。したがって、次項において圃場条件下における粒状固形肥料ならびに緑肥水浸液の施用について検討を行なった。

(その3) 粒状固形肥料および緑肥水浸成分の利用

これまで述べてきたごとく、中粒状の固形肥料および緑

肥水浸液施用のさいの磷酸肥効の増進効果は、かなり大きいことがうかがわれた。そこで、これらの効果を現地の圃場条件下において確認するため現地試験を実施した。

1) 供試水田の概要

那珂郡那珂中部開拓地内の黒色火山灰新開田土壤であって、開田後4年目にあたる。試験地土壤の断面形態は第36表に示すとおりで、腐植層は約25cm前後の厚さである。また、供試土壤の化学性は第37表に示すごとくである。可給態磷酸は著しく少なく、磷酸吸収係数は2,300を示し、茨城県内における代表的な火山灰新開田土壤である。一般に2毛作はごく一部で行なわれているにすぎ

第36表 供試土壤の断面形態

層界	土性	礫	土色	斑紋結核	可塑性
23cm	C L	なし	10 Y R 2-2	—	弱
27	L	"	5 Y R 4-2	—	"
42	L	"	"	雲状斑鉄含む	中
	L	"	10 Y R 4-6	雲状、斑状斑鉄含む	強

注) 土壤類型 黒色土壤壤土火山腐植型

第37表 供試土壤の化学的性質

pH		Y ₁	T-N %	T-C %	C/N	吸収係数 mg		C E C me	N/5 HCl 可溶 P ₂ O ₅ mg
H ₂ O	KCl					N	P ₂ O ₅		
6.2	5.1	0.8	0.516	8.2	15.7	649	2,354	21.7	6.8

ないが、かんがい水源(那珂川)の水量が乏しく、5月下旬に通水されるため移植期もまた5月下旬となり、早植栽培としてはややおそく、磷酸適量もアール当たり1.5~1.6kg程度である。

2) 試験方法

試験設計は第38表に示すとおりである。試験は昭和39年に実施し、前述の植木鉢試験に供試した中粒固形肥料施用と、牧草刈取後田面水にて浸出する田植後施用ならびに牧草浸出液施用の場合とについて検討を加えた。

三要素の肥料は硫酸、熔磷、過石、塩加をそれぞれ用い、熔磷および過石は各1/2量づつ施用した。三要素ならびに固形肥料はいずれも湛水後の植代施肥で施用し、牧草浸出液施用および田植後施用についてはそれぞれつぎのごとく実施した。

第38表 試験設計 (kg/a)

区名	N			P ₂ O ₅	K ₂ O
	基肥	追肥	計		
無磷	0.6	0.2	0.8	0	1.0
熔磷・過石併用	"	"	"	1.6	"
粒状固形肥料	"	"	"	0.8	"
青刈牧草浸出液施用	"	"	"	"	"
田植後牧草施用	"	"	"	"	"

注) 耕種管理の概要

田植 5月26日
 田植後牧草施用区の牧草除去 6月7日
 室素追肥 7月28日(幼穂形成期)
 刈取り 9月22日

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

(牧草浸出液の施用)

ラジノクローバー（茨城県農業試験場本場内沖積水田に栽培したもの）を刈取り後直ちに2~3cmに細断し、その15kgを蒸溜水15ℓに浸漬した。3日間時々攪拌しながら放置後、田植直前に水浸液を田面水に散布した。ラジノクローバーの施用量はアール当たり150kgである。

(田植後牧草施用)

田植直後に2~3cmの大きさに細断したラジノクローバー（前述の浸出液作成原料と同一のもの）をアール当たり150kg田面に散布し、手で田面水中に浸漬させ、12日間放置後牧草体を除去した。

なお、固形肥料、牧草関係の各区はともに燐酸量を慣

行施肥量の半量とした。

3) 試験結果

a) 生育の状況

本試験地は土壤の透水性が大きく、加えて田植後約20日間にわたってかんがい水量が不足したため、初期生育は各区とも著しく抑制され、区間の差異はほとんど認められなかった。しかし、分けつ時において無燐酸区は燐酸施用区に比べて明らかに劣る生育相を呈し、固形肥料区および牧草水浸両区の各区は燐酸半量にもかかわらず、燐酸1.6kgと大差のない生育相を呈して成熟期に至ることが観察された。時期別生育状況を示すと第39表のごとくである。

第39表 生育概況

区名	6月26日		7月15日		9月22日		
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
無燐酸	40.4	8.3	64.0	9.5	84.4	20.4	10.0
熔燐・過石併用	41.1	10.7	67.1	12.8	85.6	20.3	10.6
粒状固形肥料	42.3	10.1	69.1	11.4	86.9	20.8	10.6
青刈牧草浸出液施用	42.0	8.9	67.8	11.0	88.9	21.3	10.0
田植後牧草施用	40.3	11.0	68.7	13.4	89.5	21.5	13.0

b) 収量

第40表に示すごとく、わらでは固形肥料区が、また玄米では牧草浸出液施用区がそれぞれもっとも勝っている

が、処理間に大差は認められない。なお、もみ・わら比では牧草水浸の両区が他区に勝っている。

第40表 収量

区名	わら		籾 kg/a	玄米		1ℓ重 g	屑米 kg/a	もみ わら
	kg/a	比		kg/a	比			
無燐酸	45.5	84	46.2	38.0	86	827	0.2	1.02
熔燐・過石併用	54.5	100	52.8	44.2	100	829	0.5	0.97
粒状固形肥料	57.6	106	53.0	44.6	101	835	0.4	0.92
青刈牧草浸出液施用	54.6	100	51.1	45.3	105	815	0.9	1.01
田植後牧草施用	51.5	94	54.1	44.7	101	838	0.4	1.03

c) 養分吸収

生育初期および成熟期の水稻体の分析結果は第41表のとおりである。本結果によれば、生育初期の燐酸濃度で

は各処理区は燐酸多量区よりやや低く、成熟期においては窒素、燐酸ともに各処理区は多量区にほぼ匹敵するか、あるいはやや高い傾向（籾の場合）が認められる。

第41表 体内成分濃度

区名	6月26日	9月22日(成熟期)			
	P ₂ O ₅	わ	ら	も	み
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
無 磷 酸	0.34	0.55	0.08	1.20	0.26
熔 磷・過 石 併 用	0.46	0.48	0.08	1.23	0.29
粒 状 固 形 肥 料	0.42	0.42	0.06	1.27	0.29
青刈牧草浸出液施用	0.36	0.43	0.07	1.34	0.37
田植後牧草施用	0.36	0.48	0.08	1.32	0.28

(乾物当たり%)

4) 考 察

前述の植木鉢試験においては、火山灰熟田の場合における粒状固形肥料ならびに牧草水浸鋤込の効果が認められたが、新開田圃場の場合においても同様にこれらの処理による磷酸肥効増進の効果がみられた。固形肥料の効果については、すでに著者らが想定したごとく土壌との接触がある程度防止されたことに帰因すると考えられる。

牧草浸出成分の利用に関しては、原田ら¹⁰⁾が緑肥水浸成分の鉄溶解力ではイネ科作物に比してマメ科作物の大きいことを指摘していることから、著者はこれまで用いたイネ科のライ麦およびオーチャードグラスにかえて、本試験ではラジノクローバーを供試した。したがって、牧草水浸液施用によって磷酸半量施肥の場合でも取

量に差異が認められないのは、牧草浸漬液中のα-オキシ酸によるキレート作用によって、土壌中の活性アルミニウムが抑制され、磷酸肥効が高くなったことによると思われる。ただ、作物体分析の磷酸濃度によれば、処理の効果は明らかでなく、生育初期において磷酸の濃度の高くなる傾向は認められない。しかし、成熟期の磷酸濃度からみれば、中期以降において磷酸の吸収が促進されたことが示唆される。

(2) 乾田直播水稻に対する粒状固形肥料の施用効果

これまでに述べた磷酸肥効増進に関する試験成績は、いずれも移植水稻について実施したものであった。しかし、火山灰水田における乾田直播水稻に対する磷酸の response は移植水稻の場合と同様にかなり高いことが認められたので、昭和40年度において乾田直播水稻に対する中粒状固形肥料の磷酸肥効増進効果について検討を加えることにした。

1) 試験方法

本試験は茨城県農業試験場内の水田に埋設してある 1 m²の無底コンクリート框に、前記と同一の新治郡出島村新生開拓地内火山灰畑表層土壌を充填し、移植均一栽培を2か年にわたり実施した。したがって、本試験は開田後第3年目に相当する。試験設計は第42表に示したとおりである。N (硫安), P₂O₅ (過石, 熔磷各1/2量), K₂O (塩加) ならびに粒状固形肥料は作土表層 5 cm の部位に施肥し、直ちに条播 (作土表層 2~3 cm) した。

第42表 試 験 設 計

(kg/a)

区名	N (硫 安)				P ₂ O ₅ (過石熔磷各1/2)	K ₂ O (塩加)
	基肥	入水期	幼 穂 形 成 期	計		
P ₂ O ₅ —0	0.5	0.7	0.2	1.4	0	1.0
" —1.0	"	"	"	"	1.0	"
" —1.5	"	"	"	"	1.5	"
" —2.0	"	"	"	"	2.0	"
固形肥料(P ₂ O ₅ —1.0)	"	"	"	"	1.0	"

注) 耕種管理の概要

施肥 (表層 5 cm), 播種	5月6日
入水開始	6月21日
窒素追肥	7月20日
刈 取	9月28日

2) 試験結果

a) 生育の状況

生育状況を示すと第43表のごとくである。発芽当初においては区間差は認められなかったが、入水開始後は磷

酸の増施にともなって生育の若干勝る傾向が認められた。粒状固形肥料区は磷酸少施の条件下でも磷酸多量の場合と大差のない生育相を示し、単肥区に比べて磷酸肥効の高いことが推定された。

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

第43表 生育概況

区名	6月1日		7月19日		8月3日		出穂期 月 日	9月10日			有効茎歩 %
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	
P ₂ O ₅ —0	8.6	77	43.9	83	58.5	75	8.25	61.3	17.4	79	95.2
” —1.0	8.7	83	53.1	120	63.5	106	15	63.6	16.6	102	85.0
” —1.5	9.1	88	53.3	119	64.7	116	15	63.1	16.4	114	95.8
” —2.0	8.8	81	52.8	119	65.0	118	15	65.3	16.2	111	93.3
固形肥料 (P ₂ O ₅ —1.0)	9.3	85	53.5	116	65.0	109	15	66.1	16.7	112	96.5

出穂期については、無磷酸区が磷酸施用区に比して約10日遅延したが磷酸施用区間の差異は認められなかった。

成熟期においては、磷酸増施にともなって穂長が減少し、穂数では1.5kg区においてピークが認められたが、固形肥料区では穂長において他区に勝り、穂数において磷酸多施区と差異のないことがうかがわれた。

b) 収量

わらでは磷酸の増施とともに減少する傾向が認められるが、もみでは磷酸の増施にともなって増加し、とくに粒状固形肥料区では磷酸少量にもかかわらずもつとも高い収量であることがうかがわれる。もみ・わら比は磷酸増施とともに高くなり、固形肥料区も磷酸少施区に比して高いことが認められる。(第44表)

第44表 収量

区名	わら重		もみ重		枇重 g/m ²	もみ わら
	g/m ²	比	g/m ²	比		
P ₂ O ₅ —0	485	87	206	47	7	0.42
” —1.0	558	100	442	100	6	0.79
” —1.5	521	94	464	105	5	0.89
” —2.0	503	91	472	107	6	0.94
固形肥料 (P ₂ O ₅ —1.0)	565	101	505	114	6	0.90

c) 養分吸収

成熟期における水稻体内のN, P₂O₅, K₂O, MgOの濃度ならびにP₂O₅吸収率を示すと第45表のごとくである。

N: 一定の傾向は認められず、固形肥料ならびにP₂O₅ —2.0区は他区に比してわら、もみともに低い。

P₂O₅: 移植水稻の場合に比べてわら、もみともに低いことがうかがわれる。しかし、磷酸用量間ではわらにおいて磷酸増施にともなって低下し、固形肥料では磷酸多施区と差異のないことが認められる。もみにおいては一定の傾向は認められない。

K₂O: 固形肥料区では他区に比してわら、もみともに若干低いが、その他の区では一定の傾向が認められない。

MgO: わらでは無磷酸の場合を除き磷酸増施とともに

に増大する傾向が認められ、固形肥料区においては磷酸多量区と差異がほとんど認められない。もみでは1.5kgまで増大するが、2.0kgでは若干減少している。固形肥料区においては1.0kg区と差異が認められない。

P₂O₅吸収率: 磷酸用量間では磷酸増施にともなって低下する傾向を示すが、固形肥料区は他区に比して勝ることが認められる。

3) 考察

乾田直播水稻に対する磷酸増施の効果は、予期のごとく顕著に認められ、さらに粒状固形肥料が磷酸少施の条件下で効果の高いことも明らかに認められた。磷酸増施の効果についてはすでに述べたが、粒状固形肥料の効果は移植水稻の場合と同様に施肥磷酸の土壤接触が妨げられたことによるものと考えられる。

水稻体の分析結果からうかがわれるように、固形肥料

第45表 体内成分含量

区名	わら*				もみ*				P ₂ O ₅ 吸収量 (g/m ²)			P ₂ O ₅ 吸収率 %
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	わら	もみ	計	
P ₂ O ₅ -0	0.42	0.01	2.26	0.18	1.09	0.45	0.42	0.16	0.05	0.92	0.97	—
〃 -1.0	0.43	0.04	2.40	0.10	1.06	0.42	0.35	0.27	0.22	1.85	2.07	11.0
〃 -1.5	0.43	0.03	2.26	0.13	1.08	0.45	0.35	0.35	0.16	2.08	2.24	8.5
〃 -2.0	0.40	0.02	2.68	0.22	1.01	0.45	0.35	0.30	0.10	2.12	2.22	6.3
固形肥料(P ₂ O ₅ -1.0)	0.40	0.02	2.12	0.23	1.03	0.44	0.32	0.28	0.11	2.22	2.33	13.6

* 乾物当たり%

区における磷酸吸収率は他区に勝っており、これは磷酸の肥効が生育の初期から後期に至るまで持続したことを示唆するものと考えられる。したがって、乾田直播水稲の場合にも粒状固形肥料の施用によって磷酸の肥効を増進せしめることが可能であると思われる。

3 磷酸肥効および肥効増進対策の確認

以上の試験によって、茨城県の火山灰水田では磷酸増施の効果が早植栽培に顕著に認められるとともに、緑肥水浸出成分および粒状固形肥料による磷酸肥効増進効果の高いことも明らかになった。しかし、現地圃場試験の場合には、灌排水などの管理が十分に行なわれがたい場合もあり、とくに熟田では早晩植による磷酸肥効の差異が年次によって明らかでない場合もあるので、これまで

の試験結果を再確認するために各現地火山灰水田土壌を供試して、場内において植木鉢試験を実施した。

1) 試験方法

供試土壌として、既述の出島村新生開拓地(黒色火山灰土壌)新開田、協和町協和原種農場(黒色火山灰土壌)熟田と、対照として茨城農試本場(沖積粘質土壌)熟田の各表層土壌を用い、これらの土壌をそれぞれ2,000分の1アールワグネルポットに充填した。供試土壌の理化学性は第46表に示すごとくである。すなわち、供試火山灰土壌では、いずれも沖積土壌に比して容積重が小さく、全窒素、全炭素、塩基置換容量、磷酸吸収係数が高い。しかし、塩基飽和度は火山灰土壌では沖積土壌に比して低い傾向が認められる。一方、可給態磷酸含量については土壌間の差異は小さい。

第46表 供試土壌の理化学性

土壌	容積重 g (H ₂ O)	pH	T-N %	T-C %	C/N	CEC me	T-B me	飽和度 %	Ex-Base me		吸収係数 mg		N/5 HCl 可溶 mg	乾土 P ₂ O ₅ 効 mg	土 果 mg
									Ca	Mg	N	P ₂ O ₅			
火山灰新開田	76.2	6.1	0.57	7.0	12.2	23.4	13.8	54.9	12.6	1.2	577	2,311	19	11.6	
火山灰熟田	84.3	5.4	0.65	9.1	13.9	25.2	8.5	33.7	—	—	739	2,230	28	28.0	
沖積熟田	105.1	4.7	0.31	2.6	8.4	18.6	13.5	72.8	10.3	2.1	548	985	25	11.5	

(乾土100g当たり)

つぎに試験設計を示すと第47表のごとくである。すなわち早晩植別の磷酸用量試験とし、早植の場合には粒状固形肥料および青刈牧草の水浸液添加の両区を設けた。早植区はNおよびK₂Oの各成分量を晩植区の倍量とし、P₂O₅は過石および熔燐をそれぞれ半量づつを施用した。また、三要素とも表層10cmに混入後灌水し、移植した。

粒状固形肥料および青刈牧草水浸液施用両区の磷酸量は2.0gの少量とし、牧草水浸液区ではラジノクローバー(場内沖積土に栽培)を刈取り細断後直ちにその3kgを蒸留水9ℓに浸漬し、4日間放置してその500mlを各処理ポットに添加した。その場合三要素は水浸液添加直前に施用した。なお、水浸液中の三要素成分は第48表に示すとおりである。

茨城県下の火山灰水田における燐酸の肥効に関する研究

第47表 試験設計

(g/Pot)

区名	N (塩安)	P ₂ O ₅ (過石、燐各々)	K ₂ O (塩加)
早植 P ₂ O ₅ -0	2.0	0	2.0
" -2	"	2.0	"
" -4	"	4.0	"
" -8	"	8.0	"
植 固形肥料	"	2.0	"
青刈牧草水浸液添加	"	2.0	"
晩植 P ₂ O ₅ -0	1.0	0	1.0
" -2	"	2.0	"
" -4	"	4.0	"
" -8	"	8.0	"

注) 耕種管理の概要

施肥, 牧草水浸液添加	5月18日
移植 (早植)	5月20日
" (晩植)	10月20日
刈取 (早植)	10月3日
" (晩植)	7月3日

第48表 牧草水浸液の三要素成分

T-N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O
66	37	13	1460

(mg/l)

2) 試験結果

a) 生育の状況

i) 早植栽培

第49表に示すごとく、新開田では分けつ期以降の草丈、茎数はP₂O₅ 4gにおいてピークが認められた。さらに、固形肥料および青刈牧草水浸液添加の両区では初期から旺盛な生育相を呈し、とくに固形肥料の場合は燐

第49表 生育概況

(早植)

土 区 名	6月7日		6月17日		6月27日		7月9日		7月27日		9月17日		
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
火山灰新開田 P ₂ O ₅ -0	28.7	2.6	34.2	2.4	41.2	2.6	46.2	2.8	51.9	2.8	55.4	16.4	2.6
" -2	30.2	2.7	37.5	4.9	53.2	13.6	71.9	26.7	80.7	25.4	78.8	16.1	18.0
" -4	29.0	2.3	39.1	5.6	58.3	14.5	76.9	29.0	83.1	27.9	77.8	16.8	17.7
" -8	26.1	2.2	35.9	5.5	55.6	14.0	73.5	28.5	83.4	25.6	80.4	17.3	17.7
固形肥料	32.9	3.4	42.0	7.8	59.9	17.7	77.7	31.3	86.3	27.4	84.0	17.7	21.8
青刈牧草水浸液	30.6	2.8	38.9	5.9	53.8	13.6	71.0	26.5	84.5	26.1	81.6	16.8	20.5
火山灰熟田 P ₂ O ₅ -0	34.3	2.9	42.3	6.0	57.3	11.9	73.3	15.5	97.8	21.5	81.3	18.2	17.3
" -2	35.4	3.3	44.0	8.4	62.2	16.2	83.5	30.7	88.0	26.4	77.3	17.0	18.0
" -4	35.7	3.7	43.0	8.4	61.0	17.9	83.2	30.3	91.0	26.4	76.0	16.6	19.2
" -8	33.5	3.1	42.8	8.4	60.7	16.1	82.5	30.4	89.3	28.5	76.6	16.0	19.6
固形肥料	37.1	3.9	43.5	9.4	63.6	16.9	86.7	32.7	91.4	28.9	77.8	16.6	22.1
青刈牧草水浸液	26.2	1.7	36.7	3.3	53.9	8.3	76.2	22.3	90.9	24.1	78.8	17.4	18.8
沖積 P ₂ O ₅ -0	29.8	2.5	35.5	2.7	52.8	9.6	71.5	18.9	93.0	25.6	77.4	17.6	18.9
" -2	31.6	2.7	39.0	5.1	55.9	11.9	74.8	32.2	88.0	30.1	78.4	16.5	22.7
" -4	27.7	2.6	36.3	4.3	53.7	11.2	75.8	29.6	87.5	28.1	76.3	16.6	20.2
" -8	28.9	2.9	37.9	4.4	55.6	13.4	75.6	33.2	87.5	29.6	77.8	15.9	21.4
固形肥料	35.2	4.0	41.7	8.8	59.8	17.9	82.6	39.8	85.8	31.5	78.4	15.8	25.6
青刈牧草水浸液	24.6	2.7	33.6	5.5	54.7	12.3	71.8	35.5	84.2	31.7	76.2	16.8	23.1

(晩植)

土 区 名	7月27日		8月8日		8月27日		10月4日		
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
火山灰新開田 P ₂ O ₅ -0	42.3	3.1	47.6	3.0	60.0	2.8	55.2	15.7	2.4
" -2	64.5	10.3	79.7	13.9	82.9	12.6	76.8	17.0	11.5
" -4	66.0	10.4	79.4	14.1	79.9	12.6	71.5	16.0	9.6
" -8	63.6	10.1	77.0	15.4	78.9	13.8	73.8	17.0	10.8
火山灰熟田 P ₂ O ₅ -0	58.2	7.7	80.7	12.3	88.7	12.2	71.1	17.3	9.8
" -2	64.3	10.3	82.1	16.0	82.3	14.4	70.6	16.9	11.7
" -4	64.5	10.8	82.0	16.3	82.1	13.4	69.8	16.8	10.9
" -8	63.9	12.6	77.7	17.9	81.2	15.6	70.7	16.8	12.3
沖積 P ₂ O ₅ -0	58.9	8.3	82.6	15.9	90.8	14.9	71.8	17.6	13.3
" -2	61.6	11.1	77.1	18.2	82.3	16.4	70.2	16.3	13.3
" -4	61.3	12.0	78.0	20.3	84.2	16.9	70.2	17.5	14.3
" -8	56.8	9.1	74.3	18.4	82.3	17.4	69.0	17.4	14.6

酸多量区に勝ることが認められた。成熟期においては稈長、穂長、穂数ともに固形肥料区がもっとも勝り、牧草水浸液の添加区がこれについだ。この間無磷酸区は生育全期間を通じて磷酸施用区に劣り、ことに茎数の増加はほとんど認められなかった。

つぎに熟田の場合には、6月下旬において磷酸多量区で茎数の若干勝ることが認められたが、7月に入って少量区は旺盛な生育を呈して追いつき、成熟期には再び磷酸の増施にもなって穂数の増大する傾向が認められた。固形肥料は初期より全期間を通じて他区に勝り、水浸液施用の場合には初期において著しく劣ったが後半回復して、成熟期にはむしろ他区に勝ることがうかがわれた。

沖積水田においては、磷酸の増施による生育量の増大

はほとんど認められず、牧草水浸液の施用効果も認められなかったが、固形肥料施用の場合には初期より草丈、茎数の勝ることが特徴的に認められた。

ii) 晩植栽培

火山灰、沖積両土壌ともに生育初期においては磷酸の増施にもなって生育の勝る傾向が認められ、とくに茎数について差異が認められた。しかし後半においては、磷酸少量区はいずれも多量区に追いつき、成熟期においては区間差がほとんど認められなくなった。

なお、無磷酸区は新開田では早植栽培の場合と同様著しく劣り、熟田では磷酸施用区に比して若干劣ったが、沖積土壌では区間の差異がほとんど認められなかった。

b) 収量

収量結果を示すと第50表のごとくである。すなわち、

第50表 収 量

土 壤	区 名	早 植		晩 植					
		わら重	もみ重	わら重	もみ重				
		g/Pot	比	g/Pot	比				
火山灰新開田	P ₂ O ₅ -0	10.2	9	3.9	5	10.1	15	4.9	9
	" -2	111.1	100	71.5	100	66.1	100	56.6	100
	" -4	115.5	104	82.8	116	56.6	86	47.8	84
	" -8	119.7	108	80.5	113	60.5	92	47.0	83
	固形肥料	145.5	131	97.1	136				
	青刈牧草水浸液	121.0	109	84.5	118				
火山灰熟田	P ₂ O ₅ -0	118.8	93	79.8	108	60.4	86	48.6	77
	" -2	127.8	100	74.1	100	70.0	100	63.5	100
	" -4	143.9	112	87.6	118	64.9	93	53.9	85
	" -8	139.5	109	86.0	110	67.5	96	56.8	90
	固形肥料	150.2	118	82.6	111				
	青刈牧草水浸液	139.2	109	85.8	116				
沖積	P ₂ O ₅ -0	132.4	90	96.6	94	76.8	104	67.5	114
	" -2	147.5	100	102.5	100	74.0	100	59.3	100
	" -4	135.4	92	91.7	90	80.5	109	62.3	105
	" -8	147.0	99	97.5	95	73.2	99	60.4	102
	固形肥料	158.1	107	103.4	101				
	青刈牧草水浸液	143.8	97	98.2	96				

注) 各土壌ごとにP₂O₅-2区を収量比100とした。

火山灰新開田では早植の場合にわら重においてP₂O₅-8, もみ重においてP₂O₅-4のところにピークが認められ、磷酸のresponseの著しく高いことがうかがい知られる。しかし、晩植ではわら・もみともにP₂O₅-2の場合にピークが認められ、磷酸のresponseは早植の

場合に比して低い。

火山灰熟田では早植の場合にわら、もみともにP₂O₅-4に、また晩植の場合にはP₂O₅-2にそれぞれピークが認められ、新開田とほぼ同様の傾向を示していることがうかがわれる。

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

これに反して、沖積土壌の場合には早植でも P_2O_5-2 においてピークが認められ、晩植では一定の傾向がうかがわれず、磷酸の response は火山灰水田に比して低いことが知られる。

固形肥料区では、新開田の場合にもっとも高いもみ・わら収量を示し、熟田でも磷酸多量に匹敵することが認められる。しかし、沖積の場合にはわらにおいて若干増

収しているが、もみの増加は認められない。

青刈牧草水浸液施用区では、新開田、熟田ともにわら、もみにおいて増収しており、 P_2O_5-4 区とほぼ差異のない収量結果を示しているが、沖積土壌ではわら、もみのいずれも増大していない。

c) 養分吸収

生育初期および成熟期における窒素、磷酸、加里の体

第51表 体内成分濃度

(a) N (%)

区	名	火山灰新開田			火山灰熟田			沖積		
		生育初期	成熟期		生育初期	成熟期		生育初期	成熟期	
		茎葉	茎葉	もみ	茎葉	茎葉	もみ	茎葉	茎葉	もみ
早植	P_2O_5-0	3.51	1.19	1.61	3.69	0.41	1.10	3.82	0.46	0.90
	" -2	3.97	0.29	1.12	3.95	0.43	1.00	4.40	0.43	0.84
	" -4	3.85	0.39	1.04	4.17	0.35	1.02	4.47	0.41	1.13
	" -8	4.32	0.31	1.04	3.58	0.39	1.04	4.38	0.40	1.12
	固形肥料 青刈牧草水浸液	4.03	0.32	1.11	4.36	0.42	1.02	4.38	0.38	1.11
晩植	P_2O_5-0	1.98	0.94	1.48	2.56	0.46	1.00	2.95	0.45	1.01
	" -2	1.80	0.43	0.97	1.77	0.43	0.93	1.72	0.44	1.02
	" -4	1.72	0.35	0.87	1.66	0.41	1.02	2.27	0.52	1.06
	" -8	1.82	0.40	0.85	2.07	0.43	1.02	2.31	0.49	1.08

(b) P_2O_5 (%)

区	名	火山灰新開田			火山灰熟田			沖積		
		生育初期	成熟期		生育初期	成熟期		生育初期	成熟期	
		茎葉	茎葉	もみ	茎葉	茎葉	もみ	茎葉	茎葉	もみ
早植	P_2O_5-0	0.41	0.09	0.34	0.39	0.23	0.52	0.60	0.38	0.54
	" -2	0.70	0.10	0.49	0.76	0.32	0.52	0.93	0.34	0.84
	" -4	0.87	0.15	0.52	0.81	0.25	0.72	1.13	0.33	1.14
	" -8	1.04	0.17	0.59	1.05	0.27	0.51	1.28	0.31	1.05
	固形肥料 青刈牧草水浸液	0.67	0.07	0.48	0.63	0.30	0.77	0.94	0.36	0.83
晩植	P_2O_5-0	0.18	0.11	0.27	0.41	0.53	0.79	0.52	0.53	0.87
	" -2	0.35	0.11	0.35	0.49	0.35	0.74	0.68	0.31	0.96
	" -4	0.41	0.21	0.66	0.59	0.27	0.86	0.79	0.29	0.68
	" -8	0.57	0.27	0.49	0.60	0.30	0.88	0.65	0.36	0.69

(c) K_2O (%)

区	名	火山灰新開田			火山灰熟田			沖積		
		生育初期	成熟期		生育初期	成熟期		生育初期	成熟期	
		茎葉	茎葉	もみ	茎葉	茎葉	もみ	茎葉	茎葉	もみ
早植	P_2O_5-0	2.65	1.18	0.48	4.23	1.53	0.30	4.03	1.34	0.33
	" -2	3.95	1.26	0.40	4.83	1.42	0.33	4.33	1.27	0.47
	" -4	4.28	1.44	0.30	5.25	1.30	0.37	4.38	1.27	0.47
	" -8	5.00	1.57	0.33	5.11	1.18	0.33	4.28	1.30	0.44
	固形肥料 青刈牧草水浸液	5.11	1.20	0.32	4.88	1.28	0.33	4.08	1.00	0.36
晩植	P_2O_5-0	2.95	1.00	0.24	3.78	1.42	0.48	3.55	1.28	0.31
	" -2	3.83	1.22	0.28	3.45	1.14	0.27	3.15	1.46	0.36
	" -4	3.78	1.26	0.24	3.35	1.34	0.40	3.45	1.44	0.25
	" -8	3.78	1.42	0.22	3.45	1.38	0.31	3.35	1.44	0.25

内濃度を示すと第51表のとおりである。

N：早植の場合には、生育初期において火山灰新開田では P_2O_5-8 まで、火山灰熟田では P_2O_5-4 までいずれも高くなる傾向が認められる。一方沖積熟田では P_2O_5-2 と P_2O_5-4 とでは差異がほとんど認められず、磷酸増施による窒素体内濃度の増加は認められない。

晩植の場合には、火山灰両土壤、沖積土壤のいずれも生育初期においては磷酸増施の影響はほとんど認められず、むしろ無磷酸区の場合に高いことがうかがわれる。しかし、成熟期においては早晩植ともに各土壤間に一定の傾向が認められない。

一方、固形肥料、牧草水浸液を施用した場合には、生育初期においてそれぞれ火山灰新開田では磷酸多施区に匹敵し、火山灰熟田では明らかに高くなっているが、沖積熟田では区間の差異がほとんど認められない。また、成熟期においては各土壤ともに一定の傾向が認められない。

P_2O_5 ：各土壤とも生育初期においては磷酸の増施とともに高くなっている。さらに成熟期においては、火山灰新開田では磷酸増施にもなって高くなっているが、火山灰、沖積の両熟田では区間に一定の傾向がうかがわれぬ。成熟期における茎葉、もみ中の磷酸濃度は沖積 > 火山灰熟田 > 火山灰新開田の傾向を示し、新開田土壤では磷酸可給量の著しく小さいことが推定される。

固形肥料および牧草水浸液を施用した場合には生育初期、成熟期ともに必ずしも高くなる傾向が認められない。

晩植の場合にも早植と同様に、火山灰水田土壤では生育初期において磷酸増施にもなって高くなっているが、沖積土壤では P_2O_5-4 にピークが認められる。また成熟期においても火山灰土壤では磷酸増施にもなってほぼ高くなっているが、沖積土壤では一定の傾向が認められない。

なお、火山灰、沖積熟田土壤の場合、成熟期の無磷酸区は早植に比して茎葉、もみともに高い傾向を示していることが特徴的にうかがわれる。

K_2O ：早植栽培においては、火山灰新開田では生育初期、成熟期ともに茎葉中の加里濃度は磷酸増施にもなって高くなり、火山灰熟田でも生育初期に茎葉において高くなっていることが認められる。しかし、沖積熟田では各生育期ともに大差がなく、一定の傾向がうかがわれぬ。固形肥料ならびに牧草水浸液施用の場合には、火山灰新開田では生育初期において磷酸多施区に匹敵する濃度を示しているが、火山灰熟田では磷酸多施区にや

や劣り、沖積土壤ではむしろ低くなっている。

晩植栽培の場合には、生育初期における区間の差異は各土壤ともに明らかでないが、火山灰土壤では成熟期の茎葉において若干高い傾向が認められ、沖積土壤では茎葉、もみともに一定の傾向が認められない。

3) 考 察

前記の圃場試験においては、同一土壤において同時に早植、晩植両栽培を実施することが困難であったために、いずれか一方のみの栽培法にとどまり、したがって厳密な意味で磷酸肥効の解析を行ないがたい欠かんがあった。本試験はこのような欠かんを除き、さらに沖積土壤との対比において磷酸の肥効ならびに磷酸肥効の増進法について植木鉢試験により検討を加えたものである。本試験によって、圃場試験の場合と同様に火山灰水田土壤では新開田、熟田の別を問わず早植栽培下において磷酸の response の高いことを立証したが、あわせて粒状固形肥料ならびに牧草水浸液の施用により、少量の磷酸でも磷酸多施に匹敵する増収をもたらすことを確認した。

すでに述べたとおり火山灰水田土壤に対する磷酸の肥効は気象および土壤の2要因に帰因するものと考えられるが、本試験によりまず第一の要因、すなわち気象的要因の大きいことが認められた。すなわち、同一火山灰土壤における早晩植別の磷酸用量試験の結果は、新開田、熟田を問わず早植の場合に磷酸の response の高いことが認められた。この場合水稻の養分吸収についてみると、磷酸の増施にもなって窒素、磷酸、加里の体内濃度の高くなることが認められ、早植の場合には磷酸増施によって各肥料成分の吸収利用が促進されることが示唆された。

晩植栽培において磷酸増施の効果の認められないのは、土壤磷酸の有効化する高温時期に水稻が生育することに帰因することは前に指摘した。本試験における水稻体の分析結果によれば、生育初期における磷酸の体内濃度は晩植栽培では無磷酸区と磷酸施用区との間に大差がないのに反して、早植栽培の場合には無磷酸区における磷酸濃度の低下が著しいことがうかがわれた。

本結果から、火山灰水田土壤における磷酸の肥効が早晩植の移植時期によって明らかに異なるのは、生育初期の気温の差異、ひいては土壤還元の進行速度の相違¹²⁾によるところが大きいのは明らかである。すなわち、生育初期に低温条件下におかれる早植栽培では、高温条件下の晩植栽培の場合に比して土壤の還元は速やかには進行せず、したがって土壤磷酸の有効化も遅延し、そのため施用した磷酸の肥効は高くなることが裏書きされている

と考えられる。なお、土壤磷肥の有効化については後述の第52表に示した。

つぎに、第二の要因である土壤別の差異についてみると、火山灰土壤の場合には新開田、熟田ともに明らかに磷肥効の高いことが認められたが、沖積土壤においてはほとんど認められなかった。

以上の結果から、関東地方のごとき比較的温暖地の火山灰土壤の水田における磷肥増施の効果は、気象および土壤の二要因に帰因するといえることができる。

磷肥少施の条件下における粒状固形肥料および牧草水浸液施用の効果は、火山灰土壤においてのみ認められ、沖積土壤においてはほとんど認められなかった。粒状固形肥料の施用区は火山灰および沖積の両土壤ともに他区に比して初期生育の勝る傾向が認められ、しかも収量において土壤間に著しい差異が生じたのは、つぎのごとき理由によると考えられる。すなわち、火山灰土壤では腐植質物質（泥炭）を基質とする固形肥料を用いることによって、磷肥の固定が防止されて磷肥の吸収が高くなり、初期生育が促進されたものと思われる。

高橋ら⁴⁹⁾は、植物根の養分吸収効率は各種養分の共存する場合にもっとも高いことを認め、土壤腐植が各種無機養分を均一な形で保有している点を高く評価している。粒状固形肥料は腐植質物質を基質として三要素を含有しており、かかる点からすれば、固形肥料は作物の養分吸収にとって望ましい条件を具備しているものといえる。火山灰土壤における上記のような効果には、このような条件も同時に関与しているものと推定される。

一方、本試験に供試した2:1型粘土鉱物を含む粘質の沖積土壤においては、原田ら⁹⁾の指摘しているごとく塩基吸着力の弱い腐植質を基質とする固形肥料中のアンモニアが吸収利用されやすいため、初期生育が促進されたものと考えられる。したがって、固形肥料の初期における生育促進の効果は、火山灰、沖積両土壤では異質的なものであろう。

牧草水浸液の施用効果については、すでに述べたように水浸液中の有機物成分によるキレート作用によって活性アルミニウムが不活性化し、土壤有効磷肥量が增大したためであると推定される。したがって、磷肥吸収係数の低い沖積土壤には、その施用効果はほとんど認められなかったものと思われる。なお、水浸液中の三要素成分は第48表に示すとおりであって、窒素ならびに磷肥の含量はきわめて少なく、本試験の場合に生育、収量にほとんど影響を及ぼしていないと考えられる。

III 論議および結論

1 磷肥増施効果発現の要因

茨城県下の火山灰水田では、新開田、熟田ともに早植栽培（5月上～中旬移植）の条件下において、磷肥増施の効果の高いことが確認された。このような磷肥増施の効果は、従来は冷涼地のように移植時より生育初期にかけて低温に経過する気象条件下において認められているのであるが、この条件は関東地方のような温暖地でも主として早植栽培の場合にはあてはまるものと考えられる。すなわち、早植栽培での移植時の平年気温は、従前の普通栽培における6月上～下旬移植に比べて5°C前後も低く、したがって生育初期においては土壤磷肥の有効化も起りがたい条件にあるといえる。これに反して晩植の場合には、生育初期において気温はすでに20°C以上に上昇しており、土壤還元の色やかな進行によって土壤中の有効磷肥も急増するので、水稻による磷肥の吸収はふつうの磷肥施用量でも順調に行なわれると考えられる。

本研究においては、早植栽培、すなわち5月中旬までの移植の場合における磷肥の適量はアール当たり2.0kg以上であるが、それより移植期が遅れるにもなって適量は順次低下し、6月中旬以降の晩植栽培ではアール当たり0.8kg以下であることが確認された。このことは、前述の事情をよく反映しているものと解される。

なお、土山ら⁴⁸⁾は栃木県下那須地帯の火山灰新開田土壤において一時に磷肥の大量全層施用を試みているが、アール当たり5～10kgの磷肥多施によって高い増収効果を取っている。本研究においても最高3.8kgまで施用したが、いずれの試験年次にもこの区は過繁茂によって倒伏し、2.4kgにおいてピークが認められるにとどまった。この差異は、栃木県における火山灰新開田土壤が熟畑でなく山林の開田であるため土壤中の有効磷肥が茨城の場合に比してさらに少ないこと、磷肥の施用位置の相異なるなどによって生じたものと考えられる。いずれにしても、このような磷肥の一時大量施用と磷肥の毎年次増施との得失については、今後持続効果および経済効果の観点から十分に検討される必要がある。

磷肥増施の効果は、早植水稻の初期生育において明確に認められ、ことに分けつ期において著しく分けつを促進することが認められた。初期における茎数の増加と、水稻体の磷肥濃度とはきわめて相関性が高く、この事実は磷肥の肥効を十分に裏書きするものと考えられる。

窒素の体内濃度は磷肥増施にもなって生育初期には

高くなっているが、幼穂形成期に至ると逆転して無磷酸区がもっとも高くなり、その後は成熟期に至るまで同一の傾向を辿っている。これは、生育初期においては磷酸の増施とともに窒素の吸収利用が増大して体内の窒素濃度が高くなり、そのため分けつは増大してくるが、分けつ、伸長の増大するにもなって体内の窒素濃度は低下し、無磷酸区と逆転するに至るものと考えられ⁴⁾る。

なお、苦土の濃度は磷酸の場合とほぼ同様の傾向を示し、磷酸の施用量の増加とともに生育初期において高く、以後成熟期に至るまでは無磷酸区より低い傾向が認められるが、これは苦土が磷酸の体内移動の carrier として重要な働きをしていることを裏書きするものといえよう。

初期におけるこのような磷酸増施の効果は、栄養生長を促進し、旺盛ならしめることによって出穂をも早め、さらに穂数を増すことによって増収に結びつものも解される。出穂期では、無磷酸と磷多量とは約14日、磷少量と多量とでも約5~7日の開きがみられ、磷酸の増施によって著しく早められているが、これは生殖生長がきわめて円滑に行なわれていることを示すものであろう。したがって、磷酸増施によって登熟に好影響をもたらすことも容易に想定される。

成熟期においては、磷酸の増施によって稔実歩合が高くなり、穂数も増大し、さらには玄米千粒重も増加する傾向を示し、前述の想定を裏書きする結果が得られた。このような磷酸増施と収量構成要素との関係は、現地熟田における早植水稻の場合にはほとんど認められなかったが、これは盛夏時の土壤強還元によって養分吸収が阻害されたことに帰因するものと思われる。さらにまた、熟田の土壤磷酸はかなり多いので、還元ともなう磷酸の有効化もまた施肥磷酸の肥効を相殺していると考えられる。したがって、つぎに磷酸肥効と土壤との関連性について論議を加えたい。

北関東の火山灰畑土壤は一般に有効磷酸および塩基の少ない傾向がみられ、磷酸吸収係数も2,000以上を示す場合が多い。したがって、火山灰水田でも新開田土壤は畑土壤とその理化学性において差異の小さい磷酸欠乏土壤の場合が多い。熟田土壤の場合には、磷酸吸収係数は著しく高いが、土壤有効磷酸はかなり多い場合も認められる。新開田では磷酸増施の効果が明瞭に認められるが、熟田では前述のように夏季高温時において土壤磷酸の可給化が促進され、早晩植のいずれの場合にも磷酸無施用あるいは少施区が磷多施区に追いつく生育様相を呈することが多い。

第52表からうかがわれるごとく、新開田と熟田とでは湛水下に有効化する土壤磷酸の含量に大きな開きがあり、新開田では夏季高温時においても有効磷酸(施肥磷酸を含む)の増加はきわめて僅少にすぎない。熟田の場合には、土壤によって多少の差異はみられるが、有効磷酸

第52表 立毛湛水下における土壤別有効磷酸の変化

土壤および 移植期の早 晩	日	N/5 HCl可溶 P ₂ O ₅ mg/乾土100g		平年 気温 °C
		無 磷 酸 (P ₂ O ₅ -0)	磷 酸 施 用 (P ₂ O ₅ -8)	
新開田早植 (出 島)	5月中旬	13	18	16.2
	6月 "	13	17	20.3
	7月上旬	14	17	22.9
	7月下旬	15	21	25.6
熟田早植 (友 部)	5月中旬	150	163	16.2
	6月上旬	145	176	18.6
	7月 "	142	168	22.9
	7月下旬	184	182	25.6
熟田晩植 (協 和)	6月中旬	54	57	20.3
	7月 "	59	64	24.1
	8月上旬	56	77	25.6

量は新開田土壤に比べれば著しく多く、盛夏時においては施肥当初に比して20~30mg増加することがうかがわれる。友部および協和の両熟田はいずれも排水、中干しなどの水管理を行なうことが困難であり、このような条件下で土壤磷酸の可給化と土壤還元の進行とは相互に密接に関連しているものであろう。しかし、有効磷酸量が著しく多い友部土壤においても生育初期において磷酸増施の効果は明らかに認められており、水管理が自由に実施される条件下にあれば、早植の場合における磷酸増施の効果はさらに期待されると思われる。したがって、これらの熟田において磷酸の肥効を高めるためには用排水施設の完備を前提とすることが必要であると思われる。

なお、新開田の火山灰土壤を用いた乾田直播栽培において磷酸増施の効果が顕著に認められたが、灌排水施設の完備した条件下での乾田直播では生育初期に酸化的な畑地状態で経緯し、入水後の土壤還元も移植ほど速やかに進行しないため、施用磷酸の吸収利用、ひいてはその肥効はきわめて高くなるものと推定される。このことから上記のことは裏書きされるように考えられる。

沖積土壤では早晩植ともに磷酸増施の効果は認められなかったが、これは土壤有効磷酸量の多いことのほか土壤による磷酸固定の小さいことにも帰因することが大き

いと考えられる。

以上を総括して述べればつぎのとおりである。

1) 関東のごとき温暖地水田でも火山灰土壌を主体とする場合には、早植水稻に対する磷肥増施の効果は著しく高い。これに対して、晩植水稻における磷肥の response は低いことが確認された。

2) 上述の磷肥増施の効果は、気象および土壌の二要因によって著しく規制されることが、生育、収量ならびに土壌、作物体の分析結果から確認された。

2 磷肥効の増進対策方法

磷肥の肥効を高める場合、磷肥増施の効果の高いことは上述のとおりであるが、それと同時に少量の磷肥をいかに合理的に有効に水稻に利用せしめるかということは、きわめて重要な課題であると考えられる。かかる意味において、粒状固形肥料および牧草水浸液の施用試験を行ない、その結果少量の磷肥でも多施に匹敵するか、もしくはそれを凌駕する肥効を示すことが明らかにされた。以下粒状固形肥料ならびに牧草水浸液成分の利用効果について言及したい。

(1) 粒状固形肥料の効果

前述のとおり、磷肥増施の効果は磷肥吸収力の大きい火山灰土壌においてのみ認められており、これは土壌中における活性鉄および活性アルミニウムによる磷肥固定に帰因すると考えられる。粒状固形肥料は肥料自体腐植質の基質を有し、したがって施肥磷肥と土壌とが直接に接触しがたい形状であるために、とくに磷肥の肥効が高くなると考えられ、移植ならびに乾田直播のいずれにおいても火山灰水田では磷肥少施の条件下で磷肥多施に匹敵する肥効を示すことが認められた。

もちろん固形肥料中の窒素および加里の効果についても考慮しなければならないが、その施用効果が主として透水性の小さい出島土壌(新開田)および透水のない条件下におかれた有底の鉢試験において認められたものである以上、その肥効は磷肥に基づくことが大きいと考えられる。ただ固形肥料の形状にも差異があり、本研究では市販品(日本肥糧産)のうち中粒(直径約7mm)と小粒(直径約4mm)の二種類を供試したが、中粒区と中小粒混合区では前者の若干勝ることが認められた。これは、粒径の小さい小粒品では中粒品に比べて磷肥固定が大きく、さらに中粒の減量によって磷肥の持続効果もまた小さくなったためであると考えられる。なお、固形肥料の肥効については、窒素、磷肥、加里の三要素が同時に吸収利用される可能性のあることも与っていると推定される⁴³⁾。

大谷石粒状肥料による磷肥効の増進効果については、すでに坪田ら⁴⁷⁾によって認められているが、本研究の場合にもその施用効果が若干みうけられた。しかし、磷肥効の面からみれば粒状固形肥料の場合に比してやや劣るようである。

固形肥料の粒径、肥料中の磷肥源の形態、初期生育促進のための無機磷肥の併用などについて検討を加えることにより、肥効増進の効果はさらに期待されるものと考えられる。また、新開田地では一般に普通栽培に比べて漏水の大きい場合が多いが、このような場合には固形肥料の施用によって磷肥のみならず窒素、加里の効果をも高め得ることが予測される。

(2) 緑肥水浸成分の利用

火山灰土壌において磷肥の肥効を高めるための手段として、前述の粒状固形肥料の場合のように施肥磷肥の土壌による接触固定を防止する対策とともに、鉄およびアルミニウムの活性度を減少せしめて磷肥固定力の減少をはかる方法が考えられる。固形肥料でみられる高い磷肥の肥効には、肥料の基質である有機物(腐植)も関連していると考えられる。

これまで有機物と施肥磷肥との関係については物理的な面、すなわち土壌接触の防止の点から説明されていた。しかし、近年に至ってキレーションの観点からこの問題が取り扱われるようになり、SIELING⁵⁾⁶⁾³⁹⁾らは有機物による磷肥固定防止の効果を有機物の生成に帰因するものとしている。

また、山中ら⁴¹⁾は有機物の水浸液中には $FePO_4$ などの磷肥塩を溶出し得る能力を有する物質の存在することを指摘した。この物質は有機物の分解や腐植化過程によっても生成される有機酸類と考えられ、有機物としてはイネ科の植物よりもマメ科において鉄溶解力の大きいことが認められている¹⁰⁾³⁰⁾。

著者らは、このような有機物の水浸成分、とくに α -Oxy酸が鉄およびアルミニウムとキレートを作ることに着目し、主に新鮮有機物の水浸出液によって土壌中の鉄およびアルミナの活性度を抑制し、それにより磷肥の有効度を高めようと試みた。

本研究においては、主として新鮮な緑肥(ラジノクローバー)の水浸液を供試し、その施用によって施肥磷肥の肥効が著しく高められることが確認された。すなわち、火山灰土壌では新開田、熟田の別なく緑肥水浸液の効果は顕著に認められたが、沖積土壌においてはほとんど認められなかった。したがって、このような緑肥水浸液の効果は、前述のごとき有機酸、すなわちクエン酸、

リンゴ酸、マロン酸などの水浸液中に含有されるオキシ有機酸のキレート作用によって、土壌中の活性鉄および活性アルミニウムが抑制されたことに帰因すると考えられる。

緑肥自体の土壌施用効果¹⁸⁾も考えられるが、本谷²⁰⁾によって指摘されているごとくライ麦施用によって初期生育が抑制され、窒素の分解放出が生育後期に行なわれるところに難点があり、さらに著者らも緑肥施用によって水稻の還元障害を生ずるおそれのあることを認めている。したがって、緑肥を直接に土壌に施用するのは過度の漏水防止を主目的として考えられるべきであろう。

著者らの用いた牧草の水浸液は、上述のごとき牧草自体に含有される三要素成分の水稻生育に及ぼす影響を除くとともに、土壌の酸化還元にもほとんど影響を与えない点で特色があると考えられる。

緑肥水浸成分の利用方法については、移植前と移植後の両施用法が考えられる。移植前の場合には、新鮮牧草を湛水下に施用放置後残渣を除去するか、あるいは水浸液を別に作成後施用すればよいが、移植後施用の場合には水浸液の流入施用法が現実的であろう。また、稲わらなどの施用効果についても、今後磷肥効の面から検討を要すると考えられる。したがって、火山灰水田における有機物施用については、磷肥効との関連において種々の問題を内蔵していると考えられる。

3 経済効果

火山灰水田における早植水稻の磷肥適量は、前述のようにアール当たり2kgを上回ることが認められた。この磷肥量は一般沖積水田の施用量の約3倍量に相当し、著しい多施になるので普及上ではその経済効果が当然問題になると思われる。そこで著者らは第53表に試算の結果

第53表 経 済 効 果 (出 島 試 験 地)

区	名	10a 当たり肥料代 (円)				10a 当たり 磷肥増施肥 料代 (A) 円	3カ年平均		磷肥増施による 玄米増収分 価格 (B) 円	10a 当たり増 加純収益 (B)~(A) 円
		塩安	過燐	石燐	塩加		玄米	玄米価 格 円		
N-8	P ₂ O ₅ -0	651	—	372	1,023	—	515	53,560	—	—
"	"-8	"	670	"	1,693	—	576	59,904	—	—
"	"-16	"	1,339	"	2,362	669	616	64,064	4,160	3,491
"	"-24	"	2,009	"	3,032	1,339	632	65,728	5,824	4,485
"	"-38	"	3,181	"	4,204	2,511	583	60,632	728	(-)
N-12	P ₂ O ₅ -8	974	670	"	2,016	—	566	58,864	—	(-)
"	"-16	"	1,339	"	2,685	669	587	61,048	1,144	475
"	"-24	"	2,009	"	3,355	1,339	582	60,528	624	(-)
"	"-38	"	3,181	"	4,527	2,511	594	61,728	1,824	(-)

注) 1. 玄米価格は1kg当たり104円として計算した。(昭和40年基準)

2. 肥料価格は下記によつた。

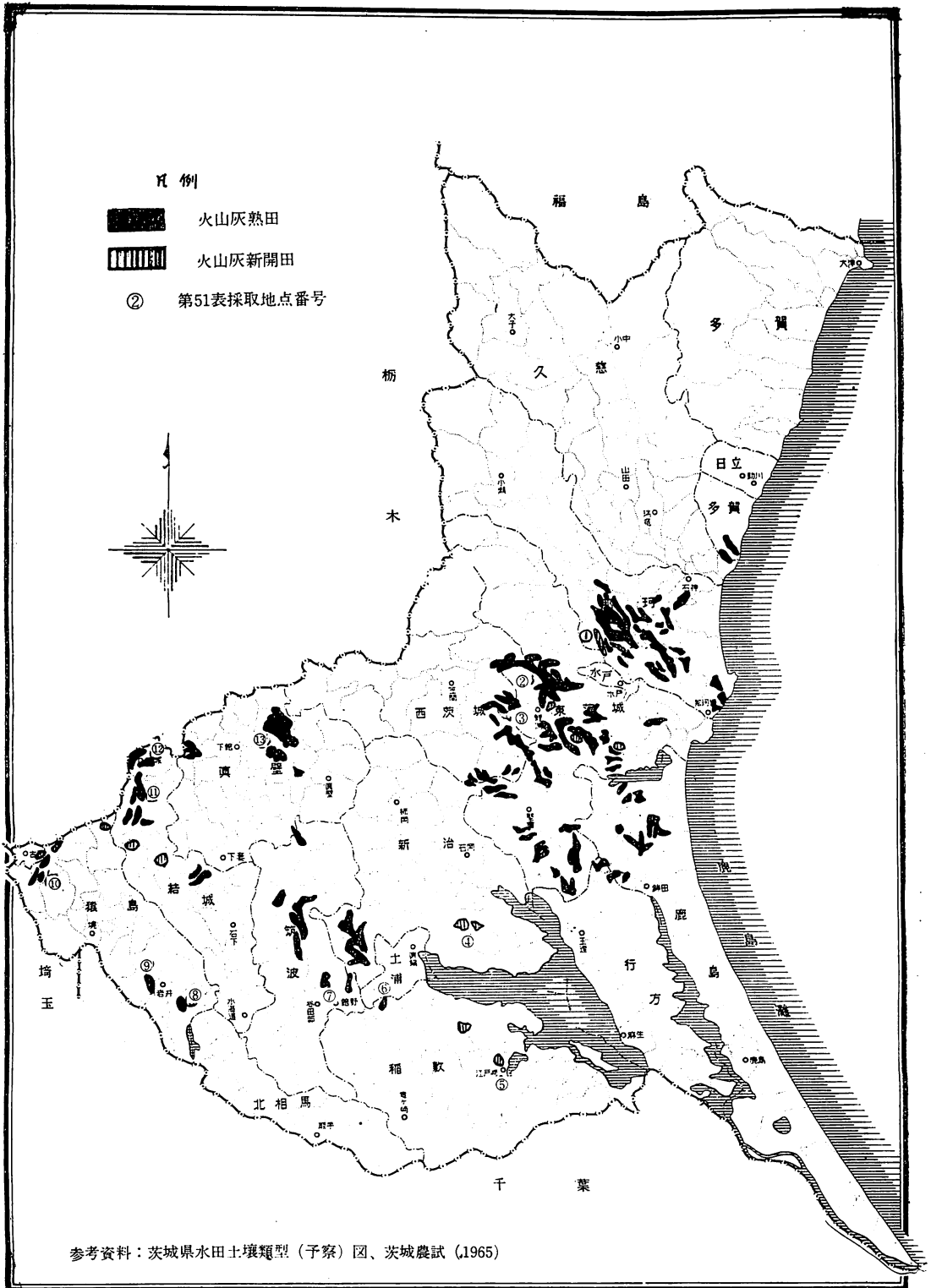
塩安	25%	30kg	610円
塩加	60%	30kg	670円
過石、燐燐	20%	30kg	500円

を示した。これによると、火山灰新開田早植栽培(出島試験地)における磷肥適量と、経済効果とはほぼ一致することが認められ、アール当たり1.6~2.4kgの範囲において経済効果のもっとも高いことがうかがわれた。この場合、磷肥少施の条件で肥効が著しく発揮される粒状固形肥料および牧草浸出液においては、後者について実用上の難点が考えられるにしても、多施の場合以上に経済効果の高いことはいうまでもないであろう。

4 茨城県下における火山灰水田の分布

茨城県内における火山灰新開田地は総面積約1,500ha、火山灰熟田の総面積は4,000ha以上に達すると推定される。したがって、県内における火山灰水田面積は5,500ha以上に達すると見做されよう。近年漸増の一途を辿っている新開田は、今後洪積火山灰地において増加することが予測され、茨城県農地部耕地第一課の土地改良総合調査による20年後の見とおしはつぎのとおりである。

第7図 茨城県における火山灰水田の分布



畑地から水田への転換面積	8,749 ha
未こん地から水田への転換面積	3,390 ha
非耕地から輪換耕地への転換面積	14,999 ha
合計	27,138 ha

その大部分は火山灰土壌であると考えられ、総面積は県内水田面積の約25%に相当する。したがって、本研究の結果の適用範囲については今後漸次増大することが予測される。1965年現在における茨城県内火山灰水田の分布は第7図に示すとおりである。

5 茨城県内火山灰水田土壌の磷酸含量

県内火山灰水田代表土壌の磷酸吸収係数および可給態磷酸含量を示すと第54表のごとくである。また、分析試料の採取地点を示すと第7図のごとくである。

磷酸吸収係数は新開田、熟田の別なくいずれもほぼ2,000以上を示し、著しく高いことがうかがわれる。可給態磷酸は火山灰洪積台地間および台地内の谷津田(熟田)において高い傾向が認められ、友部、小野崎、結城などの各地において60mg前後を示している。

また、那珂中部、出島のごとく新開田地では10mg台であってかなり低い。

第54表 県内火山灰水田土壌の磷酸吸収係数および有効磷酸含量

採取地点番号	採取地点名	P ₂ O ₅ 吸収係数 (mg/乾土100g)	N/5 HCl可溶 P ₂ O ₅ (mg/乾土100g)
1	那珂中部	2,376	14
2	内原	1,700	—
3	友部	2,397	61
4	出島	2,311	19
5	江戸崎	1,991	15
6	小野崎	2,120	61
7	谷田部	2,936	24
8	岩井	2,140	25
9	"	2,776	45
10	総和	2,380	43
11	大戦防	2,538	28
12	結城	1,926	59
13	協和	2,230	28

IV 摘 要

茨城県下の火山灰を主体とする水田において、磷酸増施の効果ならびに磷酸肥効増進対策について検討し、つ

ぎのごとき結果が得られた。

(1) 比較的温暖地の火山灰水田において、早植栽培の条件下では新開田、熟田の別を問わず磷酸増施効果の高いことが認められた。これに反して、火山灰土壌における晩植栽培ならびに沖積土壌における早晩植の条件下では、磷酸増施の効果はほとんど認められなかった。このような磷酸増施の効果は、火山灰土壌による磷酸固定の大きいことならびに早植栽培時における気温、すなわち土壌および気象の二要因に帰因するものであることが明らかにされた。

(2) 乾田直播水稻の場合には、新開田土壌において磷酸増施の効果が顕著に認められたが、この場合の磷酸肥効は主として土壌的な要因、すなわち有効磷酸の少ないことおよび土壌還元の進行が速やかでないことに基づくことが認められた。

(3) 前述のような磷酸多施による方法と併せて、磷酸少施による肥効増進の方法についても検討を加えた。その結果、粒状固形肥料ならびに新鮮牧草(とくにマメ科)の水浸液を施した場合に、移植水稻では磷酸多施に匹敵する効果のあることが認められた。また、乾田直播水稻の場合にも、粒状固形肥料の磷酸肥効は単肥磷酸に比して著しく高いことが認められた。これらの効果は、粒状固形肥料の場合にはその形状が施肥磷酸と土壌と接触しがたいこと、さらに牧草水浸液の場合には水浸成分中の有機酸によって活性鉄および活性アルミニウムの活性度が抑制されたことに帰因するものと考えられる。

(4) 新開田の早植栽培における磷酸適量と経済効果とはほぼ一致し、アール当たり1.6~2.4kgの範囲において経済効果のもっとも高いことがうかがわれた。また、実用上からみて磷酸少施の条件でも肥効のきわめて高い粒状固形肥料および牧草水浸液施用の有利であることが示唆された。

参 考 文 献

- 1) BLOOMFIELD, C. J. : Soil Sci., 1, 205~211(1949)
- 2) BLOOMFIELD, C. J. : Soil Sci., 2, 196(1951)
- 3) BLOOMFIELD, C. J. : Soil Sci., 4, 17(1953)
- 4) BLOOMFIELD, C. J. : Soil Sci., 5, 39~50(1954)
- 5) BRADLEY, D. B. and SIELING, D. H. : Soil Sci., 76, 175(1953)
- 6) DALTON, J. D. et. al. : Soil Sci., 73, 173(1952)

茨城県下の火山灰水田における磷酸の肥効に関する研究

- 7) 羽生 幌・坪田五郎・土山 豊・三宅 信：土肥要旨集, 2 (1956)
- 8) 原田登五郎・橋元秀教・湯本利信：農技研報告B11, 106 (1960)
- 9) 原田登五郎・宮口尹男：土肥要旨集, 7, 42 (1961)
- 10) 原田登五郎・宮口尹男・和田靖也：土肥要旨集, 9 (1963)
- 11) 原田登五郎・土肥要旨集, 4 (1958)
- 12) 原田登五郎：農技研報告, B 9, 123 (1959)
- 13) 橋元秀教・丹野 貢・緑川覚二：土肥要旨集, 8 (1962)
- 14) 橋元秀教・丹野 貢・緑川覚二：土肥要旨集, 9 (1963)
- 15) 橋元秀教・丹野 貢・緑川覚二・根本 弘・小环和男：土肥要旨集, 10 (1964)
- 16) 橋元秀教・丹野 貢・緑川覚二：土肥誌, 33 448 (1962)
- 17) 林 武・小川陽司・古宇田弘：土肥誌, 22 29 (1951)
- 18) 穂原関雄・神菌直司：土肥要旨集, 6 (1960)
- 19) 本谷耕一・鎌田嘉孝：東北農試研究報告, 15, 33 (1959)
- 20) 本谷耕一：東北農試研究報告, 21, 1 (1961)
- 21) 茨城県の地質：茨城県農試 (1953)
- 22) 茨城県水稲直播栽培耕種基準：茨城県 (1963)
- 23) 石塚喜明・田中 明：土肥誌, 22, 193 (1952)
- 24) 木内知美：土肥誌, 22, 132 (1951)
- 25) 木内知美：土肥誌, 22, 177 (1952)
- 26) 関東東山地域における水田土壌類型：農林省農事試験場 (1965)
- 27) 川口桂三郎・松尾嘉郎・久馬一剛：土肥誌, 30, 130~141 (1959)
- 28) 火山灰水田における磷酸用量試験成績：磷酸肥料協会 (1964)
- 29) 小西千賀三・山崎欣多：レンゲ施用田における養分の消長に関する研究, 北陸農業研究 (1955)
- 30) 松村安治：土壤肥料全編, 856 (1958)
- 31) 本村 悟・秋山 豊・山中金次郎：土肥誌, 32, 605 (1961)
- 32) 村山登・川原崎裕司：土肥誌, 28, 191, 247 (1957)
- 33) 武藤義一：比色分析法 (1955)
- 34) 小畑秀雄：水稲二期作栽培における養分吸収に関する研究 (1961)
- 35) 農林省改良局研究部：土壌分析法 (施肥改善資料 8号) (1965)
- 36) 城下 強・石居企救男・金子淳一：土肥誌, 25, 10 (1954)
- 37) 城下 強・石居企救男・金子淳一：土肥要旨集, 1 (1955)
- 38) 城下 強・石居企救男・金子淳一・鈴木清司：土肥要旨集, 3 (1957)
- 39) STRUTHERS, P.H. and SIELING, D.H. : Soil Sci., 69, 205 (1950)
- 40) 水稲直播栽培の施肥法に関する研究 (第1報) : 農林水産技術会議 (1964)
- 41) 水稲直播栽培に関する土壌肥料試験成績集：日本硫酸工業協会 (1964)
- 42) 高橋治助・柳沢宗男・河野通佳・吉田武彦・矢沢文雄：農技研土壤第1科作物栄養科試験研究成績の概要 1~40 (1955)
- 43) 高橋治助・柳沢宗男・河野通佳・矢沢文雄・吉田武彦：農技研報告 B 4, 20~27 (1955)
- 44) 高橋治助・村山登：農技研報告, B 4, 85 (1955)
- 45) 立谷寿雄：新規開田による水田土壌化現象および稲作の土壌肥料学的改良方策に関する研究 (1961)
- 46) 坪田五郎：栃木県農試研究報告 2, 1~13 (1958)
- 47) 坪田五郎：栃木県農試成績書
- 48) 土山 豊・中野政行・印南悟郎：土肥要旨集 (1965)
- 49) 坪田五郎・羽生 幌・土山 豊・三宅 信：土肥要旨集, 3 (1957)
- 50) 上野景平：キレート滴定法 (1956)
- 51) 山中金次郎・本村 悟：土肥誌, 29, 104 (1958)

磷 酸 増 施 の 効 果

火 山 灰 土 新 開 田



火 山 灰 土 熟 田



沖 積 土 熟 田



磷 酸 肥 効 増 進 対 策

(その 1)



(その 2)



茨城県農業試験場研究報告 第9号

昭和43年3月1日 発行

発行所 茨城県農業試験場
水戸市上国井町3344

印刷所 国カクチョウ印刷所
水戸市上水戸1の8の14

印刷者 長 倉 精 吉

Bulletin of the Ibaraki Agricultural Experiment Station

No. 9 1968

Contents

1. Influence of uneven seeding by grain drill on the growth and the yields of upland rice under the condition of mechanized cultivation.....
Miyoshi KIRIHARA and Toshio AITANI
2. On the new upland rice variety "Nasukogane"Toshitada ONO, Hirobumi OKANO, Yoshihiro NIITUMA, Shooji ABE and Masatoshi ISHIHARA
3. On the adaptability of upland and paddy rice varieties under the irrigation culture.
Shooji ABE and Toshitada ONO
4. Comparison between lowland and upland rice grains as materials for rice cake.
Hirobumi OKANO and Toshitada ONO.
5. Ecological control of southern sclerotium blight (*corticium rolfsii*) on the field crops.
.....Bunkichiro WATANABE, Akira MATUDA and Hideo ASAHI
6. Studies on the control of chinese cabbage rirues disease.....Chikashi IWAIZAKO
7. Studies on the relation between evaptranspiration and soil moisture in upland irrigation
.....Tatuhiko SUZUKI and Akira IWAKURA
8. Studies on the effects of phosphatic fertilizer on paddy rice in the volcanic ash soil under the temperate climate.....Mitsugu TANNO, Kakuni MIDORIKAWA
and Hidenori HASHIMOTO