

マ ラ ヤ 土 壤 と 肥 料

農林省農事試験場高冷地支場 永 井 政 雄

(1960・7～1962・7)

I 地 質 と 土 壤

1. 地 質
2. 土 壤

II Province Wellesley 州における水稲二期作地帯の土壤概況

1. 土壤の種類と水稲生産力
2. 農家の慣行法と水稲収量
3. 栽植密度（収量調査）

III Province Wellesley 州の水稲二期作地帯における肥培法

IV 二、三の改善すべき問題点

I 地 質 と 土 壤

1. 地 質

マラヤにおける最古の地質は石炭紀の石灰岩および石灰岩質頁岩などで、三疊紀の珪岩、頁岩、花崗岩、火成岩類などとともに広い面積にわたって分布しており、マラヤの中部山岳地帯を構成している。マラヤの中央部を南北に走っている山岳地帯の両側には foothill と称されている丘陵地がある。これら丘陵地は主として石灰岩や砂岩などでできている。この種の岩石類は侵食を受けやすく、雨水や河川水の侵食のため、鋭く切り立った灰白色の石灰岩の山が諸々に散見される。

マラヤの地質別の面積を大別すれば、マラヤの総面積51,000平方マイルのうち約半分は花崗岩と火成岩類が占めており、花崗岩より地質的に古い石灰岩は総面積のほぼ3分の1弱となっている。このほか塩基性火成岩（ほとんど玄武岩質のもの）が中央部山岳地帯や東部などに広く分布しているが、その面積は少ない。残りの大部分は沖積層で占められている。

沖積層には2種類があって、その一つは堆積の比較的古いもので、錫や鉄鉱などの鉱物資源を介在している。他の一つは堆積の新しい沖積層であって、主に水田として利用されている（第1図）。

2. 土 壤

マラヤの気候は熱帯降雨林気候に属している。したがって、土壤は高温多雨の条件下で生成

され、ラテライト土壌生成作用を受ける。土壌は赤色または黄色を呈しており、ラテライト土壌帯に属し、ところによってラテライトの分布がみられる。

また、東部や西部の沖積低地では湿地や泥炭地となっておりところが多く、土性は東部が砂質で、西部は粘土質のものが多い。

マラヤの土壌調査は農務省のスタッフによって実施されているが、土壌調査方法はアメリカ合衆国農務省の土壌調査法によるもので、土壌分類

の基礎を土壌統におき、2ないし3の統を一つの Association とし、これを作図の単位としている。現在のところ、土壌図の作製は1～2の州のみで、ようやく緒についたところである。G. Owen はマラヤ土壌を堆積様式と母材岩石とにより、次のように分類している。

a 残 積 土

(1) 火成岩に由来する土壌

マラヤではこれに属する土壌の分布がもっとも広い。主として花崗岩質の岩石を母材としており、土性は S.C.L であって、土色は赤黄色を呈している。地力は瘠薄であり、ラテライト性のコンクリーションは含まない。

(2) 水成岩に由来する土壌

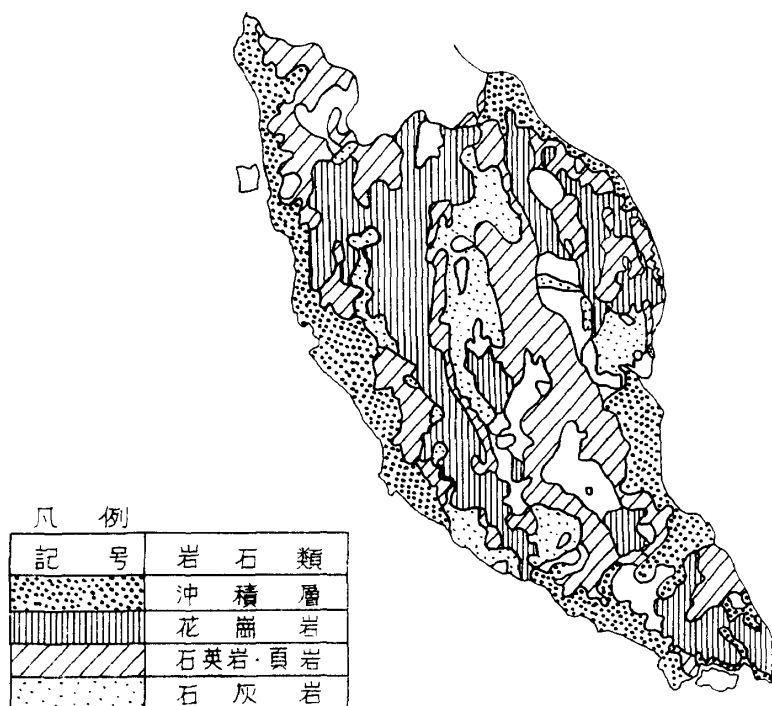
主としてゆるやかな傾斜地に分布している。頁岩に由来するもので、土性は S.L, SiC, S.C, C.L. などがあり、土色は赤黄もしくは黄色である。ラテライト性コンクリーションがみられることもある。

b 運 積 土

(1) 海成沖積土

東・西両海岸地帯に分布し、泥炭を伴う場合が多い。東海岸の土壌は西海岸のものに比べて、一般に砂質である。本土壌は肥沃度が比較的高い。

(2) 河成沖積土



第1図 地 質 別 分 布

平坦もしくは起伏のゆるい内陸部沖積地帯に分布する。河成沖積土には次のような種類がある。

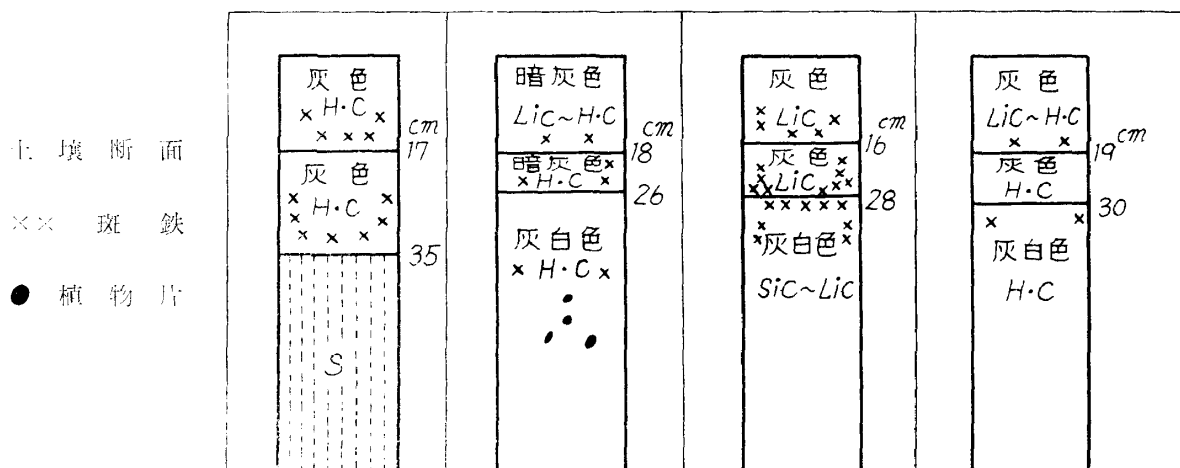
- i) Si.C.L で排水不良
- ii) C.L で排水良好
- iii) S で排水過多

II Province Wellesley 州における水稻二期作地帯の土壤概況

P.W. 州における 水稻栽培面積は 約 35,000 エーカーあり、これは マラヤの 水稻栽培総面積

第 1 表 P.W. における 土 壤 区 の 特 徴

土 壤 区	A	B	C	D
項 目				
地 区 名	P.W. North	P.W. North	P.W. Central	P.W. North
地 質	海 成 沖 積	海 成 沖 積	海 成 沖 積	海 成 沖 積
土 壤 区 の 特 徴	50cm 以内に砂層介在し、第2層下部は黄褐色の鉄の斑紋に富む。Permatangの周辺にみられるが分布は少ない。	P. Wellesley 州における水稻二期作地帯の土壤はほとんどこのいずれかに属す。土性は粘質で可塑性・粘着力ともに大であって、耕起、代かきなどの農作業が著しく妨げられ、乾燥した場合には地表に大きな亀裂を生じ強く固結する。		
水 稻 の 収 量 gantan/acre	300~400	500~	300~400	400~500
代表的土壤番号	9	55	22	40



第 2 表 P.W. における土壤の理化学的性質

土 壤 番 号			9 (A)		55 (B)		22 (C)		40 (D)	
土 層			表 土	下層土	表 土	下層土	表 土	下層土	表 土	下層土
分 析 項 目			cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
土 壤 の 厚 さ			0~17	17~35	0~18	18~26	0~16	16~28	0~19	19~30
粒 径 組 成 %	粘 土		48	51	42	44	44	40	44	47
	微 砂		23	24	21	17	25	21	17	16
	細 砂		15	11	21	20	14	12	15	15
	粗 砂		11	12	12	16	22	32	20	22
	礫		—	—	—	—	—	7.6	—	—
土 性			H・C	H・C	Li・C	Li・C	Li・C	Li・C	Li・C	H・C
pH			5.0	4.9	4.4	4.5	4.7	4.4	4.8	4.6
水 分 %			3.5	3.9	8.5	3.4	2.2	2.5	6.8	2.7
灼 熱 損 失 %			7.2	6.6	11.0	9.2	7.4	5.6	8.8	8.6
有 機 物 %			1.59	0.69	5.72	4.48	3.03	1.02	3.48	3.26
全 炭 素 %			0.92	0.40	3.32	2.60	1.76	0.59	2.02	1.89
全 窒 素 %			0.14	0.11	0.34	0.26	0.32	0.09	0.14	0.13
炭 素 率(C/N)			6.57	3.64	9.77	10.00	5.50	6.56	14.43	14.54
塩 基 置 換 容 量 m.e			15.82	15.65	21.37	20.35	12.14	10.34	14.36	14.71
置 換 性 カ リ m.e			0.02	0.05	0.20	0.19	0.05	0.05	0.04	0.04
置 換 性 石 灰 m.e			4.70	3.67	1.10	0.93	0.64	0.47	1.52	1.23
置 換 性 苦 土 m.e			1.69	1.28	1.36	1.73	0.54	0.45	0.74	0.78
置 換 性 曹 達 m.e			0.09	0.09	0.35	0.35	0.05	0.05	0.05	0.05
全 塩 基 m.e			6.50	5.09	3.01	3.20	1.28	1.02	2.35	2.10

924,000エーカー（1959年度）のほぼ4%にあたる。P.W. 州は北部、中部および南部の3つの行政区に分画されている。各地区の水稻栽培面積はそれぞれ20,000；10,000；4,500エーカーとなっており、このうち二期作水田面積は15,000；8,600；400エーカーを占め、これらの総計面積は24,000エーカーで、二期作率は約70%である。

P. W. 州の水稻二期作地帯の土壤は海成沖積土がほとんどを占めている。地形は平坦であるが Permatang といわれている沿岸洲・砂洲跡が島状に点在し、部落民の居住地となっており、平坦な地形に若干の変化をもたらしている。

一般に土壤は重粘であり、土壤断面の変化に乏しい。河川流域や Permatang の周辺では砂質土壤などもみられるが、その分布は少ない。土壤は強酸性で、塩基に乏しい。これは母材が塩基に乏しいことと、農家の石灰施用の習慣がまったくないことによるものと思われる。また、泥炭は南部地区に分布がみられるが、北部や中部地区にはほとんどみられない。有機物に乏しく、その多少は土壤肥沃度の一指標ともなる。有機層の厚さは約30cmで、灰色または暗灰色を呈しており、下層土は一般に灰白色であり、土壤によって、黄褐または褐色の鉄の斑紋が認

められる。グライ土壌は認められない。またマンガンの斑紋・結核も存在しない。主要粘土鉱物はカオリンで、イライトの痕跡が認められる。

1. 土壌の種類と水稻生産力

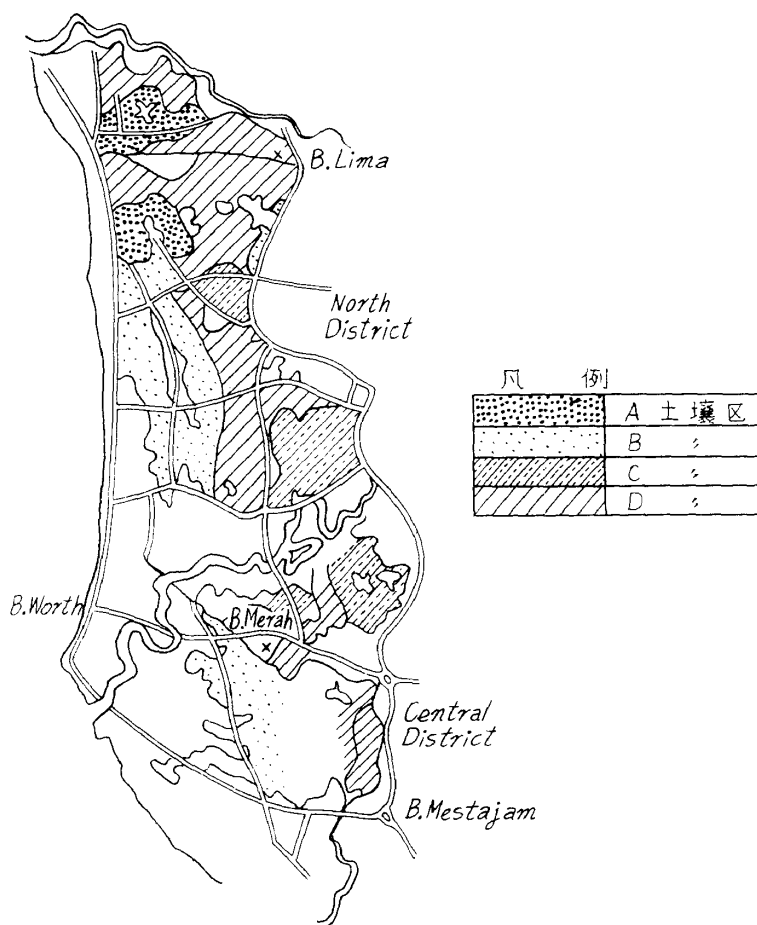
水稻二期作地帯の82か所の水田について、土壌調査を行なった (off season)。この調査は土壌分布の概況、土壌と水稻生産力および農家における水稻栽培の実態を把握することを目的としたものである。調査はスタッフの不足や道路の不備などの支障があつて、予定どおり進行せず、十分なものとはいえないが、ほぼ所期の目的を達することができた。

a 土壌の種類とその分布

土壌調査に基づいて、二期作地帯の土壌をA, B, C, Dの4土壌区に分類した。各土壌区の特徴と土壌に関する記載は第1表、第2表に示す。またそれぞれの土壌分布は第2図に示した。なお各土壌区の特徴とその分布の概略は次のごとくである。

A 土壌区は河川流域や Permatang 周辺に分布しているもので、その面積は小さい。この土壌区の特徴は地表面より 50cm 以内の浅い位置に砂層を介在していることである。しかし、一般には表土が粘質のため排水過多になることは少ない。立地条件による収量の差が大きく、収量は概して低い。

B 土壌区は主として海岸寄りに分布している。他の土壌区に比べて若干低位置にあり、地下水位が高い。表土は柔らかくて深く、湿田状態を呈している。水稻の高位収穫田はこの土壌区に分布しているが、安定性に欠け、しばしば水害を蒙っている。家畜や機械の入らないところが多く、Tajak を用いた本田整地が行なわれている。



第2図 P.W.における土壌の分布

C 土壤区は最も高位置にあり、排水良好で、下層土は鉄の斑紋に富む。本土壤区の一部では水不足のため、早ばつの被害や農作業の遅延などにより収量の低下をきたすものもある。収量は概して低い。

D 土壤区は B 土壤区に接して、二期作地帯のほぼ中央に位置している。分布面積はもっとも広く、土地環境が良好なため、機械による耕うん作業がもっとも普及している。収量は B 土壤区に劣ったが、本土壤区は栽培技術の改善により増収のもっとも期待されるところである。

b 現地三要素試験の概要

土壤調査の結果に基づいて分類された 4 土壤区について、代表的と思われる水田 15 か所を選び、off, main の両シーズンにわたって三要素試験を実施した。その結果、両シーズンともに、肥料成分のうち窒素の施用効果が最も高く、かつ土壤区の違いに施用効果の差があることが認められた。

Main season: この地帯の農家では非常に多くの品種が栽培され、これら品種のうち肥料の感応性が明らかにされていないものが多い。本試験では農家の苗をそのまま使った関係上、15 か所の試験地で 6 品種が供試される結果となった。

したがって、水稻の収量は品種によって支配され、土壤区の水稲生産力について満足できる比較検討を行なうことができなかった。

窒素の施用量と土壤区との関係を見ると、いずれの土壤区も窒素の施用によって、水稻収量は増加したが、B 土壤区は窒素の施用効果が少なく、またその増施効果もほとんど認められなかった。A 土壤区は増肥効果がもっとも期待されたにもかかわらず、施用効果は認められたが増肥効果は全くなかった。また、C、D 両土壤区の場合は窒素の施用・増肥の効果がともに認められた。以上のことから A、B 土壤区では 30 ポンド/エーカーが、また、C、D 土壤区では 60 ポンド/エーカー程度がその適量ではないかと推定される。

Off season: off season は main season と比較して、窒素の増肥効果は少なく、また 60 ポンド/エーカーで倒伏する例が多かった。とくに中部地区は北部地区に比べて倒伏が目立った。これは前作の刈取から灌水までの期間が長いこと乾土効果による窒素の無機化が促進されたためではないかと考えられる。これはその年の気象によっても影響されるので、この点を考慮した施肥が必要であるが、off season の窒素施用量は 30 ポンド/エーカーぐらいにその適量があるのではないかと考えられる。

2. 農家の慣行法と水稻収量

前記の三要素試験圃場に農家の慣行区を併置して、試験圃場の標準区と収量の比較を行なった。

なお、試験区における本田耕起、しろかき、水管理は慣行法に準じ、供試苗は農家のものを用いた。

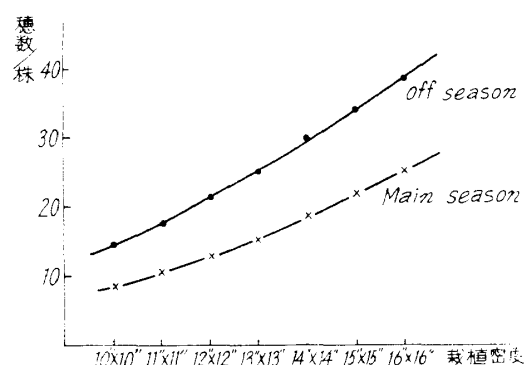
試験区と慣行区の収量をみると、main, off 両シーズンとも15圃場のうちそれぞれ2、3圃場を除いて、試験区が20～30%の増収となった。これは単位面積当りの穂数の差によるもので、とくに、慣行区は試験区に比べて栽植密度が疎であることが指摘された。すなわち、試験区と慣行区の栽植密度を比較すると、試験区の12"×12"に対して、慣行区では、main season 15.6"×17.0"～12.9"×13.5", off season 13.4"×14.5" と疎植であり1株当りの穂数は慣行区が勝ったが、単位面積当りの穂数は試験区が遙かに多く、これが収量の高かった主要因であったと考えられる。

3. 栽植密度（収量調査）

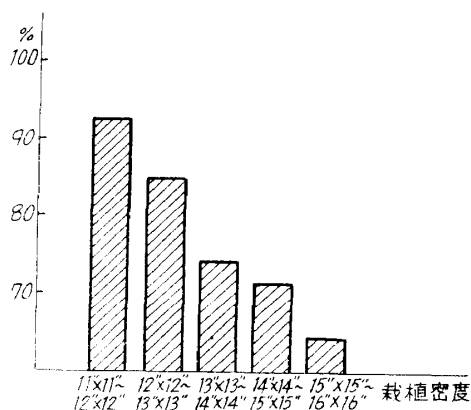
土壌調査と平行して収量調査を行なったが、北部地区と中部地区それぞれの off season の水稲平均収量は441、481ガントン/エーカーであった。調査地点82のうち600ガントン/エーカーをこえたのはわずか4地点に過ぎなかった。この地帯では600ガントン/エーカーが一つの壁とされており、この地帯の水稲平均収量を600ガントン/エーカーにあげることをさしあたっての目標とした場合、どのぐらいの栽植密度が良いかについて、農家における実際の収量と栽植密度から検討を行なった。

第3図は600ガントン/エーカーを目標とした場合の栽植密度と穂数との関係を、実際に600ガントン/エーカーを得た圃場におけるエーカー当りの平均穂数からそれぞれの栽植密度の株当り穂数を計算し図示したものである。

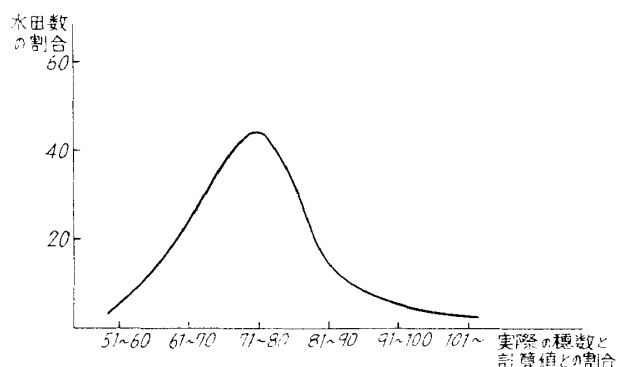
第4図は農家の実際の株当り穂数と600ガントン/エーカーをうるために必要とする計算値との割合を示す。これから明らかなように栽植密度が疎になるにしたがって、計算値との割合は急激に



第3図 穂数と栽植密度



第4図 実際の穂数と計算値の割合



第5図 実際の穂数と計算値の比の分布

低下する。すなわち、疎になるほど必要穂数の確保が困難になることを示している。

第5図は計算値に対する実際の穂数割合が70～80%の水田が最も多いことを示す。

以上を要するに、各種試験結果からみて600ガンタン/エーカーの平均収量を確保することは困難でないことがうかがわれる。また、off seasonのPe Bi Funでは12"×12"～13"×13"が实际的で、かつ効果的栽植密度ではないかと推測される。なお、main seasonの場合には品種が多く、正確さを欠くが概していえばoff seasonよりもやや疎植がよく、13"×13"～14"×14"程度が適当であると考えられるが、推測の域をでない。

III Province Wellesley 州の水稻二期作地帯における肥培法

主要稲作地帯に対して、マラヤ農務省より第3表のような州別の施肥量の規準が指示されている。

しかし、肥料に対する農家の関心は一般に低く、農務省では肥料購入の融資などによって、農家の関心を高めるよう努力している。マラヤのうちでも水稻栽培の技術水準が比較的高いといわれているP.W. 州の二期作地帯においても、従来リン酸質肥料（主としてCIRPである）の使用に重点がおかれていた。最近になって他の肥料成分にも関心がもたれるようになり、肥料消費は増加してきている。しかし現在でも施肥効果のもっとも高い窒素質肥料の使用農家割合は50%（main seasonではこの割合より若干高い）を示しているにすぎない。

リン酸質肥料はほとんどの農家が使用しており、その施用量はCIRP; 160ポンド/エーカー（2袋）、成分として57.6ポンド/エーカーの例が多い。main, offの両シーズンに施用するが、農家によっては二作に一回施用の例もみられる。

窒素質肥料は尿素・硫安などが用いられているが、尿素施用の農家が多い。その施用量は成分として56ポンド/エーカー（1袋）の場合が多い。またカリ質肥料は配合肥料としてごく一部の農家で用いているに過ぎない。

第4表はP.W. 州の北部・中部両地区の15か所の農家圃場において実施した三要素試験の結

第3表 州別施肥基準

州	地 域	肥 料 成 分 ポンド/エーカー		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Perlis	2nd～3rd class land	30	60	—
Kedah	〃	30	60	—
P. Wellesley	北部・中部両地区	30	60	15
Negri Sembilan	州の全水稻栽培地域	30	45	15
Malacca	〃	30	45	15
Kelantan	〃	30	40	15
Trengganu	Batu Rakit	—	40	—
	他の地域	24	24	12

第4表 三要素試験結果

		Main season				Off season			
		北部地区		中部地区		北部地区		中部地区	
		収重指数		収重指数		収重指数		収重指数	
無	肥料	485	100	404	100	465	100	519	100
無	窒素	496	102	425	105	509	109	556	107
無	リン酸	543	112	450	114	519	112	542	104
無	カリ	560	116	480	119	552	119	547	105
三	要素	582	121	489	121	555	119	553	107
備	考	N ; main season, 30ポンド/エーカー off season, 60ポンド/エーカー P ₂ O ₅ ; 60ポンド/エーカー K ₂ O ; 30ポンド/エーカー 収重 ; ガンタン/エーカー							

果である。これから明らかなように、窒素の施用効果が最も高く、ついでリン酸・カリの順となっている (off season の中部地区の場合は倒伏のため乱れた)。

窒素は例外なくその施用効果が認められたが、リン酸・カリは圃場によって異なり、施用効果のあるものと然らざるものがあった。リン酸の場合には農家の過去における施用の有無や施用量の多少に関係があると推定され、リン酸を施用していない農家や施用量の少ない農家圃場によく施用効果が認められた。なお、リン酸の施用量については B. Merah と B. Lima の両試験地において60ポンド/エーカーまで2年にわたって施用試験を実施したが、その効果は認められなかった。また、カリについてはこの地帯の農家の慣行から稲藁は水田から持出さず、脱穀後焼払うため、灌漑水からの供給などもあって、他の成分ほど問題にされていない。施用効果のあった圃場はA土壌区に属しているか、排水過多のものに限られており、カリの流亡による欠乏土壌ではないかと考えられる。佐藤氏のカリ施用試験によれば30ポンド/エーカーで8%、60ポンド/エーカーでは16%の増収となっており、このことからカリの重要性を指摘している。しかし、この圃場は B. Lima の排水過多の圃場であって、カリの施用効果は前述の理由によるものと考えられる。

P. W. 州の二期作地帯における農家の栽培品種は off season では short term の Pe Bi Fun 一品種であるが、main season では生育日数が140~180日までの数多くの medium term の品種が用いられている。したがって、窒素の施用については基肥もしくは生育日数による追肥時期が指示されている (第5表)。

最近になって、P. W. 州では田植えの2、3日前に配合肥料を基肥として施し、追肥には尿素を品種の生育日数によって、上記基準にしたがい追肥するよう指示している。しかし現在のところ窒素だけでなく基肥は施されず、off season には田植え後2~5週間に、main season

には分けつ期に一回の追肥を行なっているが、農家によってはさらに2回目の追肥を施すこともある。リン酸の施用は田植え後1～4週間の農家が多い。

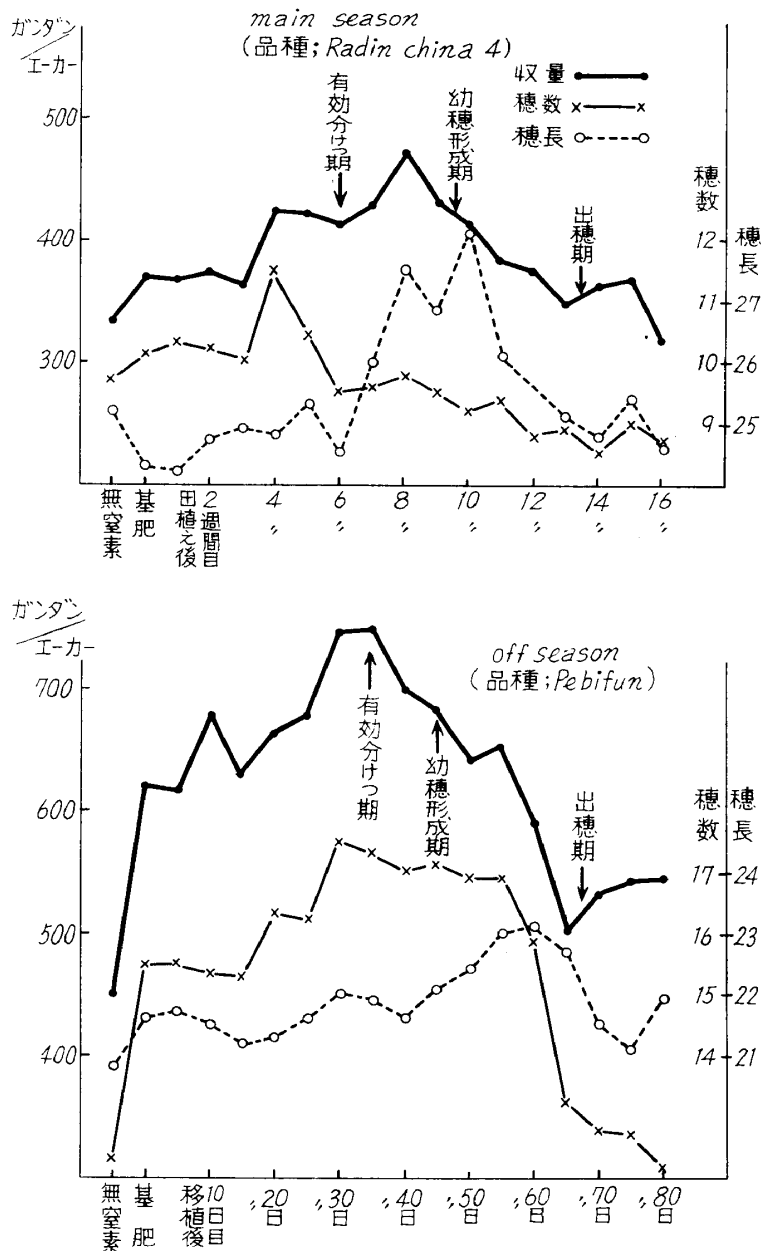
P. W. 州の灌排水施設はほかの州に比べて良く整備されているにもかかわらず、main と branch canal のみで、灌漑水は水田から水田へと溢流しつつ供給されている。したがって掛流しとなるので、基肥施用の場合には肥料の流亡が多いことや雑草の繁茂をきたすなど不利な面もあり、一概に基肥が有利であるといえない。

B. Limaにおいて窒素の施用時期試験を行なったが、第6図の如く、main season では田植え後4～9週間に施用の場合に良好な成績を示し、とくに幼穂分化始期から幼穂形成期の追肥が最高の収量を示した。また off season では田植え後30～35日の有効分けつ期の追肥は穂数多く、収量も最高を示した。

窒素の施用時期試験とともに分施試験を main season に行なった(第6表)。この試験では30ポンド/エーカーを1回に施用した場合、基肥あるいは田植え後30日施用よりも幼穂分化始期と幼穂形成期追肥がよく、60

第5表 品種別窒素施用基準

生育期間	施用時期
150日以内の品種	田植後 5週間
150～190日	6 "
190～220日	7 "
220日以上	8 "



第6図 窒素の施用時期試験

備考; main season N; 30ポンド/エーカー
off season N; 60ポンド/エーカー 全量を1回に施用

第 6 表 窒素の施用量と分施方法に関する試験成績

項目 区番号	基肥	30日後	40日後	幼穂形成期	穂数本	穂長 cm	精千粒 g	精穀重 gant./ エーカー	収量比
1	0	0	0	0	9.8	26.5	20.3	443	100
2	30	0	0	0	11.6	26.5	20.9	536	121
3	0	30	0	0	12.7	26.5	21.2	542	122
4	0	0	30	0	11.7	27.4	21.0	583	131
5	0	0	0	30	10.8	28.5	20.4	567	128
6	15	0	0	15	11.5	27.8	20.8	575	130
7	30	0	0	30	12.4	28.5	20.6	621	140
8	15	30	0	15	12.6	27.9	21.0	598	135
9	15	0	30	15	12.4	28.3	20.6	622	140
10	0	0	30	30	13.0	28.0	20.4	621	140

各区とも P_2O_5 ; 60ポンド/エーカー, K_2O 30ポンド/エーカーを基肥として施用。

ポンド/エーカー施用の場合には30ポンド/エーカーより勝ったが、分施方法による差はなかった。main season における窒素の施用時期と分施試験の両者の結果の違い、すなわち分けつ期追肥の効果の差は地力の差によるもので、分施試験を行なった B. Merah 土壌が肥沃であったのに対し時期試験を行なった B. Lima 土壌は地力が低く、かつ排水過多で、とくに生育初期に著しかった。このため活着以前の施肥では窒素の流亡が多く、欠乏をきたしたが、水もちの比較的安定した30日頃の施肥では流亡も少なく、また作物の吸収も旺盛な時期であるため個体成長が盛んとなり、分けつ数も多く穂重は穂肥区に劣ったが、収量は比較的よかったものと考えられる。

以上を要するに main season には幼穂分化期から幼穂形成期にかけての穂肥がよく、off season では田植え後1か月頃の分けつ期が穂数多く肥料効果が高い。

なお、main season に栽培される品種は140~180日と多種であるが、生育日数の違いは田植えから出穂までの期間、主として最高分けつ期から幼穂形成期までの差によるものであるしたがってこの期間の栄養状態をいかに維持するかが問題で今後の検討が必要である

IV 二、三の改善すべき問題点

1. 施肥基準の確立 現在農務省より出されている施肥基準は州もしくは地区を対象にしたきわめてあらいものである。このような基準では、農家の実用に適さない。精密な土壌調査を実施し、実情に即した土壌別の施肥基準の確立が必要である

2. 地力維持 この地帯の農家では堆肥を利用する習慣がなく、収穫後の稲藁は焼いている。土壌は有機物に乏しく、かつ重粘であるから、地力維持上有機物の補給が必要であり、藁の合理的利用方法の確立が望ましい

3. 品種の選定とその肥料特性　すでに述べたように、main season では種々雑多の品種が栽培されている。これらの品種は生育日数が140～180日とまちまちであるため、収穫時期がそろわず落水が不可能となる。このため水の過不足による収量の低下や収穫作業の能率を著しく悪くしているのが実情である。この改善策としては地域別の奨励品種の選定とその肥料特性を明らかにし、農家への普及を行なうことが必要である。

4. 耕耘の時期　地力維持の項で触れたように、土壌が重粘であるため、水田の位置の比高が高く地下水位の低い地帯では土壌の固結が著しく、耕耘作業が困難となり、浅耕となりやすい。このため収量の低下をきたしていると考えられる例が多い。このような水田では土壌の固結状態をみて耕耘作業を行なうことが必要である。しかし、いまのところこの点についての検討がなされておらず、基準となるものがない。適正な耕耘の時期、耕耘の深さおよび作業能率などについて検討を加え、適正なる指示を与えることが必要である。

5. 農道の整備　農道の整備が悪いため、農作業の機械化を阻害し、また生産物の搬出や肥料の運搬などに困難をきたしている。農道の整備が必要である。