

マラヤの稲作における稲・土・水の関係に ついての数種の実験と調査

農林省農業技術研究所 松 島 省 三

(1960・4～1961・12)

- I 緒 言
- II 各種の稲・土・水に関する実験
 - 1. 旱 ば つ 試 験
 - 2. 冠 水 試 験
 - 3. 要 水 量 試 験
 - 4. 水深および水の縦横移動の試験
 - 5. 地下水位の高さの試験
 - 6. 節 水 栽 培 試 験
 - 7. 土 壌 乾 燥 試 験
 - 8. その他の未完了試験
- III 各種の調査
 - 1. 国内各地における稲作診断
 - 2. Penyakit Merah 病発生原因の調査
 - 3. 各地における稲の生育重要時期と気象状況との関係
 - 4. Kedah 平野二期作化についての用水量
 - 5. 水 田 水 温 調 査
 - 6. 多数の品種の生育経過の調査

I 緒 言

筆者は国連食糧農業機構 (FAO) より直接個人的に依頼されて、1960年4月より1961年12月まで20か月の間、稲専門技術者 (生理) としてマラヤに駐在し、Soil-Water Research Station の新設、稲・土・水に関する実験、マラヤ稲作技術者の養成などの仕事に従事した。

筆者が離任するまでに行なった講義は 'Theory and Technique of Rice Cultivation' (英文270頁) として国内に配布され、貧弱ではあるが荒野に稲作試験場が新設されて、稲・土・水に関する試験を開始できる段階に到達した。行なった実験および調査は 'Some Experiments on Soil Water Plant Relationship in Rice' の題で農林省特別報告 No.112 (Division of Agriculture Bulletin No. 112, Ministry of Agriculture and Co-operatives, Federation of Malaya)

として出版され、一般にも販売されている。ここにはこの概要を述べる。

米はマラヤ国民の主食であるのに、2/3 程度しか自給できない現状である。このため米の増産は大きな国策の一つである。増産上最も力を入れていることは、単位面積当りの増産と稲の二期作化である。単位面積当りの増収には、品種改良を初めとして各種の方途があるが、マラヤの現状では灌排水の改善がその有力な方法の一つであると考えられ、Soil-Water Research Station 新設の予算が可決されたものである。灌排水の改善には、(a)多すぎる水に対する対策、(b)少ない水の最も効果的な利用法、(c)普通の状態での理想的灌排水法などが問題である。灌排水の改善には土木事業が先行しなければならないので、このために農林省の予算は最も多く用いられ、大規模の事業が進行中である。しかし、他面作物学的な改善の余地も少なくない。特に注意すべき点は、マラヤには水さえあれば二期作の可能な面積がきわめて多く、現在二期作化されている面積は総水田面積の4%に過ぎないことである。しかも、off season の気象は main season より著しくよいので、水のある所では off season のほうが main season より収量も多い場合が少なくない。したがって、少ない水の効率の高い利用方法の研究が二期作化上の最も緊急な問題となっている。

II 各種の稲・土・水に関する実験

マラヤ稲作の現情から緊急を要するとみられるテーマを選び、次のように各種の実験を行なった。各試験は少なくとも main season と off season の2季節に行ない、土壌も多くは2種類以上を用い、品種も2つ以上用いた試験が多い。試験の大多数は4反復任意配列法によって行ない、有意差検定を行なった。労力は十分あったので、管理は周到にでき、病虫害防除も毎週日を定めて行なった。大部分の試験はコンクリート箱(1m×1m×0.7m)またはポットによって行なわれた。

1. 旱ばつ試験：この試験の目的は稲のいかなる生育時期に水分欠乏の影響が最も深刻であるかを知り、水不足下での最も効果的な灌水時期を明示するにあった。試験方法としては、稲の全生育期間を11時期に区分し、各生育時期に旱ばつ処理を施した。処理方法は完全に排水して天日で乾燥し、雨天の際にはビニールで完全に雨の浸入を防ぎ、葉が萎凋し始めてから3日間そのままに放置して、その後再び灌水した。試験結果は両季節、両品種、両土壌で主要な点はよく一致し、水分欠乏の悪影響が最も深刻に現われる時期は花粉母細胞の減数分裂期であった。これに次いで出穂期と穎花分化期に被害が顕著であった。この原因は主として不受精に基づく登熟歩合の低下であった。

2. 冠水試験：試験目的は冠水に最も深刻に影響される生育時期を明らかにし、排水の最も必要な時期を明示するにあった。試験の方法は前と同様であったが、処理方法は次のとおりであった。(a)全植物体を4日(off season)または5日(main season)完全に冠水する。(b)草丈

の75%まで8日 (off season) または12日 (main season) 冠水する。(c)草丈の50%まで同様に冠水。(d)草丈の25%まで同様に冠水。(e)標準 (常時5cmに湛水)。(f)無湛水ただし飽和水分。試験の結果は前試験と同様に、最も深刻な被害は減数分裂期に現われ、次いで出穂期と穎花分化期とであった。被害の程度は冠水程度の多いものほど深刻であったが、全植物体冠水と他の処理との間には大差がみとめられた。特に注意をひいた点は、出穂期に完全に冠水している場合は被害激甚であるのに対し、穂と葉先が水面に出ていれば、みるべき被害の現われなかったことである。有意的減収は重要生育時期の50%以上の冠水の場合のみにみられた。被害原因も前試験と同様に不受精が主因であった。

3. 要水量試験：目的は稲体1gの乾物を生産するために何ccの水を必要とするかを知り、さらにその要水量の時期的変化を知り、配水計画の基礎資料の一つにするにあった。試験方法は水面蒸発をほぼ完全に防ぐよう設計した特殊のポットを用い、毎日植物体からの蒸散量を測定した。この試験の結果、初めてマラヤにおける要水量および時期的変化が明らかにされた。要水量は季節、植物体の大きさ、土壌の種類などによる差は概して少なく、主として品種の生育期間による差が決定的であることがわかった。要水量と生育期間の間には、 $r=0.977^{***}$ の高い相関が認められ、1gの乾物生産にはいずれの場合でも一日当り5ccの蒸散量を必要とすることがわかった。次の回帰式が求められ、これから品種の生育日数がわかれば、直ちに要水量が算出される。(ここにYは要水量cc, Xは田植えより成熟期までの日数)

$$Y=4.91X+11.1$$

なお、1g当りの籾を生産するには、早生種で808cc、晩生種で2,504ccの水を蒸散量として必要とし、晩生種は早生種の約3倍量の水を要することとなり、水経済上からも早生種の利用が得策であることが痛感された。

蒸散量の時期的変化については、10日ごとの蒸散量は活着後からしだいに増大し、穎花分化始期頃には最大量の70~90%に達し、減数分裂期または出穂期に最大となり、出穂後しだいに減少する。この変化は日本における実験結果とおおよそ類似している。

4. 水深および水の縦横移動の試験：灌漑水の最適の深さを知るとともに、水の縦および横の移動の利害を知るのが目的であった。試験方法としては、4段階の深さ(0, 6, 13, 26cm)に3種類(停滞、縦および横)の移動を組合わせて行なった。この試験結果は、熱帯における最適水深は、かなり深いだろうという著者の予想に反して、表面が完全に水に覆われている限り、水は浅いほどよいことを明らかにした。この試験では、収量は穂数に左右され、しかも水深の浅いほど穂数の多かったことにその原因があるとみられた。水深の浅いことは昼夜の水温較差を大きくし、すでに筆者が立証したように(農及園34, 5)、これが分けつを促進して穂数増大に役だつものとみられた。また、地面が空気中に露出された場合には、たとえ土壌が飽和水分

であっても、著しい減収を示した理由については、土壌および稲体分析の結果から、土壌中の窒素の脱窒に起因すると考えられた。

5. 地下水位の高さの試験：この試験の目的は、稲の生育期間および休閑期間中に、どの程度の高さに地下水位を保つことが増収上に有利であるかを知るにあった。試験方法は水位を地表下 30cm, 15cm, 5cm, 0cm に保つとともに、参考のために地表上 30cm, 15cm, 5cm の高さの水深の区を加えて試験した。試験の結果は、稲の生育していない期間の試験では2か年とも一定の成績が得られなかったが、稲の生育している期間の成績は次のように整然たる結果が得られた。すなわち、(a)水位が地表面より高い場合には、0cm 以外は水深の浅いほど収量が多く、(b)水位が地表面下にある場合には、水位が高いほど多収を示した。要するに、次の順位となった。

地上 5cm>地上 15cm>地上 30cm>地上 0cm>地下 5cm>地下 15cm>地下 30cm

6. 節水栽培試験：この試験の目的は収量を犠牲にすることなく、どの程度水を節約しうるかを知るためであった。試験の構成は次の9とおりであり、土壌水分は重量法によって、それぞれの土の最大容水量を基準として、毎日調節した。(a)全期間浅水湛水、(b)全期間土壌水分100%、(c)全期間土壌水分80%、(d)全期間土壌水分60%、(e)全期間土壌水分40%、(f)(c)と同様、ただし重要時期（穎花分化始期から乳熟後期まで）に土壌水分100%とする、(g)(d)と同様、ただし重要時期に土壌水分100%とする、(h)(e)と同様、ただし重要時期に土壌水分100%とする、(i)間断灌溉 (off season) または理想的とみられる灌溉 (main season)。ちなみに、理想的とみられる灌溉としては、田植後有効分けつ終止期に至るまでは5cmの水深に保ち、その後土壌は穎花分化始期までに排水して乾燥し、その後黄熟初期まで浅水灌水にするが、この間も週1~2日は排水して土壌面を空気にさらした。試験結果は、off season は Tanjong Karang 土壌であったが、全期間浅水区はポット当り 94g (反当玄米5石) の籾が得られたが、100%水分区はこの80%の収量をあげて水は47%を節約した。水分80%区は58%の収量、水分60%区は著しく減収し、40%区は辛うじて出穂した。しかるに、生育途中で重要時期に土壌水分を100%に増した区はいずれも減収の程度が少なく、80%区は70%の収量を得、40%区でさえ63%の収量を得た上に58%の水を節約した。main season においても、この土壌は off season とほぼ類似の結果を示したが、特記すべき点は、理想的灌溉区では20%の水を節約した上に、常時浅水区より6%の増収を示したことである。しかし、Negri Sembilan 土壌では常時湛水区は土壌還元が著しく、不稔籾の発生が多く、100%区のほうが増収を示し、理想的灌溉区は51%の増収のうえに、21%の水を節約した。以上のほか各種の実験と考察の結果、結論的には収量を犠牲にすることなく、少なくとも現在より30~40%の水を節約しうるものと推定されるとともに15~20%の水を節約しても、なおかなり増収を期待できるものと考えられた。

7. 土壤乾燥試験：この試験の目的は、田植前の休閑中に、どの程度の期間、田を乾かすことが次の稲の収量を最大にするかを知るにあった。試験方法としては、湿田の土を大型ポットに採取して、田植前にそれぞれ次の期間乾燥させた。(a) 3 か月間、(b) 2 か月間、(c) 1 か月間、(d) 15 日間、(e) 標準（常時湛水）。試験結果は 5% 有意水準で判定すれば、標準と 15 日間乾燥区はともに他の 3 処理区との間に明らかに差が認められたが、1 か月、2 か月および 3 か月の 3 処理区の間では相互に有意差がみとめられなかった。この結果から、1 か月間乾燥が最大収量をうる上に必要最短の期間であろうとみられた。土壤の化学分析の結果からも、土壤を乾燥することによって、すでに報告されているように（塩入・青峰 1940、青峰 1949、原田 1959）、たん水後生成する可溶性窒素が著しく増加することが認められ、これが主として穂数増加に役立ち、その結果増収することが立証された。なお、この結果はマラヤ農民の「田植前 4～6 週間晴天が続くと豊作になる」とのいい伝えにも一致するものとみられた。

8. その他の未完了試験：試験を開始しながら、著者離任の時までに完了しえなかった試験には次のようなものがあった。(a) 間断灌溉試験。(b) 生育各期の最適水深および最適土壤水分試験。(c) 畑地状態下での最適灌水法試験。(d) 遮光試験および(e) 各地での各月播種移植試験。

III 各種の調査

1. 国内各地における稲作診断：各稲作地帯における稲作上の欠陥を発見する目的で、各州の各地より一定の選定方法で選んだ稲株を送らせ、この sample について、収量構成 4 要素・退化一次および二次枝梗数・不受精粒などを調査した。この結果、マラヤの稲作では東海岸の北部地方を除けば、一般に登熟歩合は高いが、単位面積当りの穂数が少なく、枝梗の退化歩合が高いことがわかった。

2. Penyakit Merah 病発生原因の調査：マラヤにおける最大の病害は Penyakit Merah と呼ばれる病気によるものであり、筆者の前任者 Dr. R. Lockard は 4 か年間主にこの病気を研究し、その発生原因は栄養障害（主に N および Ca 不足）によると報告した。筆者は病兆の発生経過に疑問を感じ、調査した結果、いずれの場合も罹病株はきわめて多くの線虫に寄生されていることと、健全株は寄生されていないか、寄生されていてもきわめて少ないことがみられた。さらに土壤を蒸気消毒すれば、発生をみないこと、および消毒した土壤でも線虫を多数加えれば病兆を発見しうるなどの諸点から、線虫がこの病気の発生の一要因であろうと推定した。

3. 各地における稲の生育重要時期と気象状況との関係：穎花分化期から黄熟初期までの期間は日射不足の悪影響が深刻であるにかかわらず、マラヤにおいてはこの重要時期を不良天候下に経過する地方が少なくない。そこで、過去 30 年間の雨量統計を用い、国内 26 か所の観測結果とその付近の稲の生育時期との関係を調査した。この結果、現在の栽培時期が適当とみとめられる地は 26 か所中 7 か所に過ぎなかった。

4. Kedah 平野二期作化についての用水量：在任中 Kedah 平野（最大米作地帯）を二期作化するための灌漑工事の基礎資料として、エーカー当り1か月に要する水量を算出するよう要請された。そこで、筆者は所要水量を(a)代かき用水量、(b)稲体からの蒸散量、(c)水田稲株間からの水面蒸発量および(d)縦浸透量および横浸透量に分けた。(a)は各種条件の異なる実際の水田の調査から約 17.8cm と推定し、(b)は前述(3)の要求量試験の結果から約 8.4cm とし、(c)は実際の水田での毎日の両季節の調査から約 7.6cm とし、(d)は1つの田の調査結果しかなく、田によって著しく異なると思われたが、各国の平均的数値を用いて 17.8cm とし、これに時期的変化を考慮して回答した。

5. 水田水温調査：水田の水温を気温とともに毎日観測したほか、時折日変化を調査した。旬別平均では最高水温は 37.8°C を越えることはなく、平均水温の最高は 31.1°C であり、雨季以外では水温は気温より高いことが多かった。水温の最高はいつも水稲の生育初期に得られた。

6. 多数の品種の生育経過の調査：早中晩 16品種を田に植えて main season に調査を行なった。最高分けつ期はいずれの品種も移植後55日目に起り、幼穂形成始期は早生品種は最高分けつ期の前に、中生品種は直後か同時に、晩生品種はかなり後に起った。有効分けつ終止期は最高分けつ期の10~24日（平均14日）前に起り、穎花分化始期は出穂前24~29日（平均27日）に起った。主稈葉数は16~23であった。