

# マラヤの稲作と施肥

農林省北海道農業試験場 三宅正紀

(1962・11～現在)

- I 統計よりみた肥料の施与量
- II 在来の耕種法の合理性
  - 1. 農家の行なっている方法
  - 2. 筆者が試験田に用いた方法
- III 窒素栄養について
- IV 各葉の機能
- V 今後の問題

## I 統計よりみた肥料の施用量

第1表は1962年の稲作の肥料についての数字である。マラヤ連邦内の諸州では Padi Fertilizer Subsidy Scheme によって肥料購入費の40%を農家に補助している。表にみるように予算額に対して実行額ははるかに少なく、総平均すると、実行額は65%である。この購入量を試みに各州の稲の作付面積で割ってエーカー当りのポンドで示したのが第2表である。日本で普通と考えられる反当1貫の窒素(N)を硫酸で施すと160ポンド/エーカー、尿素で施すと71ポンド/エーカーになるのであるから、これらの値がいかに少ないかが判るであろう。もちろんこの少ない量を全水田に施しているわけではなく、肥料を施すところと施さぬところが平均されているのであるから、非常にあいまいな推定であるが、施肥する場合にはエーカー当り 112ポンド(0.05英トン)の Basal mixture を使用するものとする、第1表の Basal mixture の総量は 201,000エーカーをカバーし、これは全稲作面積の20%にあたる。実際はエーカー当りの用量はもっと大きいものと考えられるから、稲作の80%以上が無肥料で行なわれているものと推定されるのである。

このように政府の熱心な保護奨励にもかかわらず、農民の反応が鈍いのは、明らかに施肥による増収率が低いからである。土壌が非常にやせていて、施肥による増収率の著しい Kelantan 州\* では第2表にみるようにマラヤでは一番高いエーカー当りの施肥量を示している。

\*H.K. Ashby (1952): Padi Manurial Trials on Smallholder's Land in Kelantan, Season 1951~52, Malayan Agri. Jour., 35, 191。この試験では 47 lbs N, 40 lbs P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 lbs K<sub>2</sub>O を硫酸、過石、塩加で含むものを単位肥料として単量、倍量、3倍量の施用を試みている。

第 1 表 マラヤ連邦における稲作肥料購入補助金と肥料の使用状況 (1962)

State	Padi Fertilizer Subsidy Scheme		Nursely Fertilizer (tons)	Basal Dressing (tons)	Urea (tons)
	Allocation マラヤ・ドル	Expenditure マラヤ・ドル			
Perlis	100,000.00	62,722.09	0.350	39.140	472.750
Kedah	500,000.00	411,112.07	312.680	3,481.030	1,487.820
Perak	250,000.00	78,959.99	12.065	862.400	202.200
Selangor	15,000.00	2,304.77	0.337	16.662	15.613
N. Sembilan	40,000.00	38,955.82	10.550	289.180	98.900
Malacca	40,000.00	26,772.62	—	219.210	74.520
Johore	25,000.00	15,018.84	2.618	33.093	13.854
Trengganu	150,095.70	102,811.02	—	511.200	—
Pahang	25,000.00	9,489.52	0.390	13.200	3.400

(Annual Report of the Department of Agriculture, 1962 所載—未公刊)

注: Penang & Province Wellesley および Kelantan は連邦政府の Fertilizer Subsidy Scheme に加わらず, 州政府独自の計画に従っている。

Penang & P.W.

	Basal Mixture (tons)	Rock Phosphate (tons)	Urea (tons)	Value
Off season 1962	123.6	172.3	84.7	\$ 64,264.00
Main season 1962/63	184.6	355.6	180.7	\$ 121,081.00

Kelantan

East Coast Mixture 4,211 tons

第 2 表 マラヤ連邦の州別稲作面積及びエーカー当り施肥量

State	Area Planted		エーカー当り用量(ポンド)	
	62/63 main season	1962 off season	Basal*	Urea
Johore	8,930	600	7.8	3.2
Kedah	289,350	2,580	26.0	11.4
Kelantan	191,350	5,475	48.0	—
Malacca	31,160	570	15.5	5.3
N. Sembilan	31,230	—	20.7	7.1
Pahang	44,570	240	0.7	0.2
Penang	39,290	26,790	10.5	9.0
Perak	124,480	3,095	15.1	3.6
Perlis	64,550	3,020	1.3	15.7
Selangor	50,260	1,690	0.7	0.7
Trengganu	66,560	2,135	16.7	—
Total	941,730	46,195		

(面積は Rice Supplement to Monthly Statistical Bulletin of the Federation of Malaya, 1963 による)

\* Basal Mixture の組成は州ごとに異なるが Penang のものは N 30, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60, K<sub>2</sub>O 15 lbs/acre で, Perlis, Kedah では K を 0 とし, N. Sembilan と Malacca は P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を 45, 40 としている。East Coast Mixture は 24 : 24 : 12 となっている。

る。(ただし Kelantan の場合基準となる無肥料区の収量が低く 200ガンタン/エーカー程度である)。

## II 在来の耕種法の合理性

肥料に対するレスポンスの低い理由はいろいろ考えられるが、耕種法全体がその土地の自然、社会の諸条件に適応していて、長い間無肥料で栽培してきた方法の中で、肥料という条件のみを変更することによって収量をたかめようとする試みは、にわかに効果をあげえないものであろう。

筆者が昨年 (1963) Kuala Lumpur 郊外の Gombak で、農家の水田を借りて栽培試験を行なっている間に、近隣の水田で行なっている従来の耕作法が、よく種々の環境条件に適応して、低いながらも安定した収量をあげている事実を観察したので、試験の結果とともに次に述べる。(当然のことながら、土壌、気候、水の供給、品種、農家の経営規模、その他により稲作の方法にも地域により種々の相異があるから、以下の記述のみでマラヤの稲作の全体を律することのないように希望しておきたい)。

1. 農家の行なっている方法 6月末に灌漑水を水田に入れると、Tajak (大型鎌状農具) で地表の雑草を表土 1~2cm とともにけずり取りうね状にあつめておくか、Changkol (鍬) で表土を雑草とともに反転して足で踏みつけておき、10日間以上放置して陸生の草をくさらせる。残って浮いているセンイや残骸は手ですくいとり畦につみ田面をきれいにし、あらかじめ密に深く播いて、細く黄色に育てた針金のような苗を、葉の先端を切り取って、1株に5~10本ずつ Kuku Kambing (先が叉状になった田植具、山羊の蹄の意) を使って植えてゆく。表面の軟泥の層は 2cm ぐらいで、苗を支えるのに十分でない。そこで Kuku Kambing で心土の中へ 5~10cm の深さに根をおさえて押し込むのである。指ではこういうことはできないから、鉄製の移植用具が用いられるわけである。このように深植えしてあるし、苗が栄養不良であるから、初期生育はわるく、移植後1か月ぐらいの伸長は非常におそい。除草は手ですが、水深がわりに深く保たれるせいか、水面には浮葉をつくるヒルモのようなものあるいは藻類以外はあまり繁茂しない。特にヒエはこの地区では全くみられなかった。12月中旬に穂摘み式で、Tuai (小板片に安全カミソリの刃をつけた穂首切取具) を用いて収穫を行ない穂を足で踏んで脱穀を行なう。

2. 筆者が試験田に用いた方法 上とだいたい同じであるが、手で移植したので、あらかじめ深く耕し、整地をていねいにしておいた。苗は Department 内の網室で、施肥した苗床で育ったので、大きく窒素に富んだもので、初期生育はきわめてよかった。そのためか2週間に1度のわりで薬剤散布を行なったにもかかわらず、Stem Bore, Leaf Roller などによる虫害を近隣の水田よりはるかにひどくうけた。肥料は農家の田と同様施していない

使用した品種 Radin Kuning は Selangor 州内向けに奨励されているものなので、農家のものと同様な生育をすると期待していたが、全生育日数 180日という長期種で、地上節数（穂首までの伸長節間数）9，主稈葉数24，草丈約 2 mという大型の稲となり，収穫の10日前に倒伏し，竹の柵をつくり，これに株ごとにひもで結んでやっと登熟を完了させることができた。

これに対して近隣の農家の水田のものは，生育日数は同じであるが，草丈は 130~150cm 程度で倒伏したところは少なく，倒れても地表につくほどひどいものはほとんどなかった。栄養条件が多少わるくても主稈葉数は出葉間隔がそう大きく影響をうけるものでないから，農家の稲の主稈葉数は，筆者のものよりせいぜい 2~3 葉少ない程度であろう。そして栄養不良苗を深植えして初期の生育を抑制し，地中節をふやすようにしてあるから，草丈がむやみに大きくなり，倒伏をまぬがれたものであろう。

健苗の浅植えという日本では常識であり，マラヤでも最近奨励されている稲作法に全く反した現地農家のやりかたが，この環境と品種の特性によく合致した合理的な稲作法であることが判明したのである。

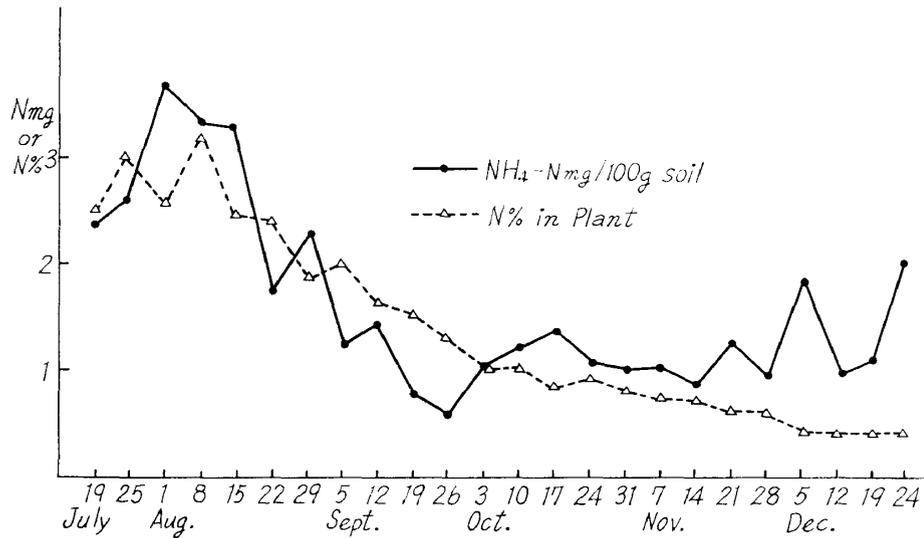
筆者の水田の収量は，わら 3.36メートル・トン/エーカー，粳1.13トン/エーカー でマラヤ式に表現すると約 460ガンタン/エーカー，日本式にいうと玄米反当 3.26俵であった。もし倒伏をまぬがれれば試験田は相当高い収量を得たであろうが，反面，竹柵で保護しなければ，穂が泥まみれになり収穫できなかったわけであるから，農家のやり方が収量は低くても安全であったといえよう（付近農家の収量は 400~500 ガンタン/エーカー）。

### III 窒素栄養について

前述の栽培試験は 無肥料で行なわれたのに 過大な 生長をして 倒伏してしまったことからみて，この土，品種，栽培法では窒素肥料を施す余地がなかったわけである。以下この稲栽培について窒素の供給と利用の状況について述べる。

作付期間中の土壌中の  $\text{NH}_4\text{-N}$  の濃度は第 1 図のごとくである。湛水して一面に生えていた雑草，前シーズンの稲株の反転踏みこまれたものが分解して出てきたアンモニアと，いわゆる乾土効果とよばれる土壌有機物に由来するアンモニアとが，移植期の後で，最高の 3.6mgN/100g に達しているわけである。これが稲により吸収利用されて移植後 2 か月ぐらいで最低に達し，以後は 1mg ぐらいの水準を保って推移する。一方灌漑水の分析結果によると  $\text{NH}_4\text{-N}$  は 0.16~1.28，平均 0.64ppm，Total-N は 0.80~4.80，平均 2.5ppm で，マラヤの水田灌漑水の平均値\* に近いものであった。マラヤの灌漑水の Total-N の平均値は日本の河川の平均値の 4 倍であるというから，水からの N の供給は河川水を灌漑しているところでは，日本に

\* K. Kanapathy (1964):Irrigation Water Analysis (タイプ刷り)



第1図 土壌中のアンモニア態窒素濃度と稲体中の窒素含有率の推移 (Gombak)

おけるよりも相当多いものと考えられる。

第1図に土壌Nと同時に描いた植物中のN含有率のグラフは土と同じ傾向で推移している。別に行なったポット試験で植物中のN% (Y) と土壌中の NH<sub>4</sub>-Nmg/100g の対数 (X) の間には  $r=0.842$ ,

$$Y=2.28X-1.14$$

なる関係があるのを見出したが、これは試験田の場合にもほぼあてはまり、土壌中の NH<sub>4</sub>-N濃度の高い時、植物体中のN濃度も高いという関係がみられるのである。そして、9月下旬に土壌中のN濃度が最低に達した後も、植物によるN吸収は続いているがそれにもかかわらず、土壌中の NH<sub>4</sub>-N が 1mg % 程度の水準に保たれ、それ以下にはならない。これは水からの供給ということもあるかもしれぬが、それよりも土壌有機物の分解、それ以前に、藻類、微生物に固定されていたNあるいは枯れ落ちた水稻の下葉などが土中で分解され、Nを放出していることによると解すべきであろう。

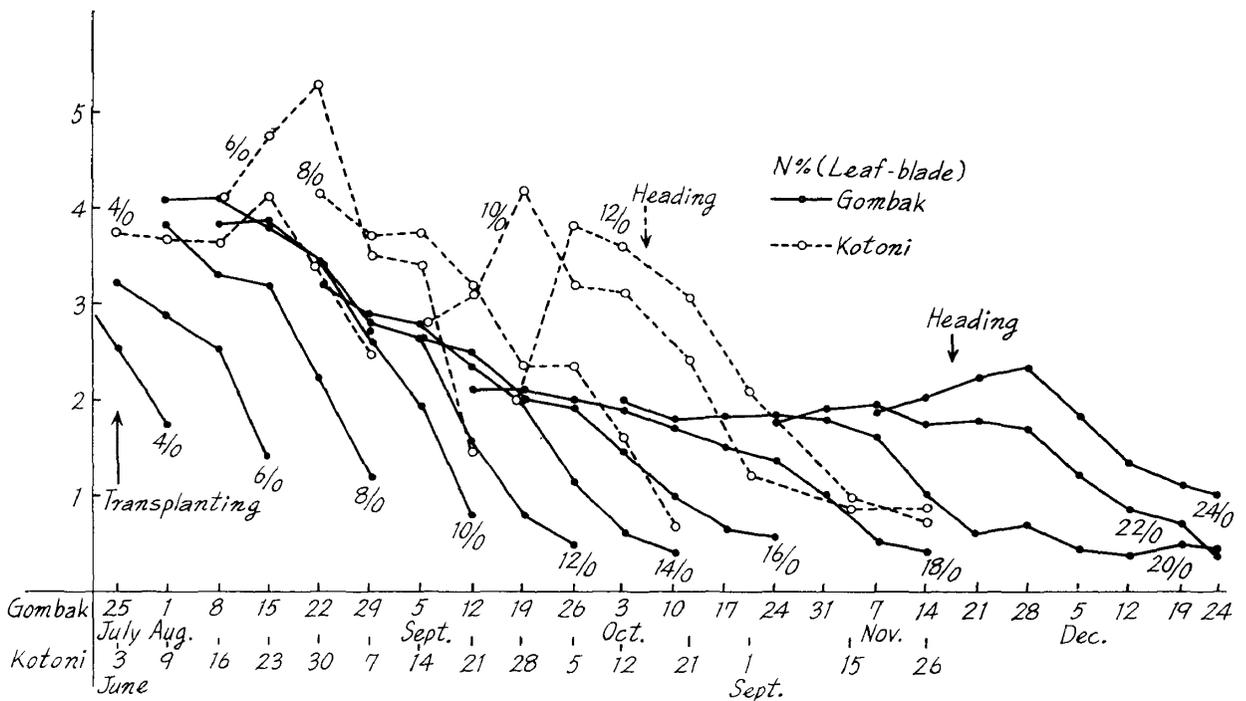
収穫物のN吸収量はワラがエーカー当り 13.3kg, 粃 12.3kg, 計 25.6kg で、筆者が1960年に北海道の琴似でやった無窒素栽培でエーカー当りにしてN総吸収量が 16.5kg, 収量が反当 5.6俵の玄米を得たのにくらべると、Nの粃生産効率は非常に低いといわねばならない。この琴似の稲が本田期間84日でこれだけのNを吸収しているので、Gombakの稲についても本田で84日経過した時の吸収量を算出してみると、約 20kg であるから、Nの天然供給量からみても供給（あるいは吸収）速度からみても Gombakの稲は琴似の稲より有利な条件下にあることがわかる。

籾生産の非能率性は籾・ワラ比からもうかがわれるところであった。北海道では(籾/ワラ×100)が、90~120%程度であるのに対し、Gombakの30%は極端な例だとしても、比較的能率のよい品種を用いた Bukit Merah 試験地における杉本氏の結果でも60~90%ぐらいである。

K. Kanapathy はマラヤ西海岸の水稲の分析値を集計し、1ポンドのNが56ポンドの籾を生産することを見出し、これより肥沃度の劣る東海岸の Kelantan では、この比が1:58になると述べている。先にあげた琴似の例について計算すると、無窒素区1:99、N反当2貫区63、N反当り5貫区50となる。また松島\*があげている玄米100kgを生産するためにN2.5kgを要するという数字を籾摺歩合80%として換算すると1:50となる。これをまとめるとほとんど無肥料で栽培されているマラヤの水稲のNの生産能率が、エーカー当り60ポンド以上のNを施用するのを常とする日本の水稲の能率とほぼ等しいということになる(なお E. Phillis はオーストラリアの稲について計算した結果、ほぼ1:60であったという。Gombakの場合は1:44)。

#### IV 各葉の機能

第2図に前述の琴似と Gombak の稲の主稈各葉々身のN含有率を图示した。両者の移植期をそろえ、簡明にするため偶数葉位のみをのせてある。田中\*\*は主稈葉数が12枚であった水稲



第2図 主稈各葉々身中の窒素含有率(琴似及び Gombak)

\*松島省三(1960): 稲作の理論と技術, p. 50

\*\*田中明(1958): 土肥誌, 29 (8), p. 327

について、1/0、2/0は活着に働き、3/0-5/0は第1型の葉で主として分けつに関与し、6/0-9/0は第2型の葉で主として節間伸長と幼穂の発育に関与し、11/0-12/0は第3型の葉で主として登熟に関与すると述べている。これを Gombak の主程葉数24枚の稲に適用すると、1/0-5/0は活着に働き、第1型は6/0-10/0で、登熟に関与する第3型は明らかに22/0-24/0である。残りの11/0-21/0の11枚のうち稈生産に、すなわち幼穂の発育に関与しているのは19/0-21/0で、他の9枚は無効分けつを出したり節間伸長等に役だっているのみである（伸長節間をもつのは17/0-24/0）。

葉身中のN濃度はどの生育期をとってみても、琴似の方が Gombak より高い。特にこの差は幼穂形成期以後に著しく、幼穂発育に関与する琴似の8/0が3.7~2.3%の範囲で活動しているのにくらべ、これに対応するものとみられる20/0は1.8~1.0%という低い範囲で活動している。両方の止葉をくらべても12/0（琴似）3.8~1.0%に対し、24/0（Gombak）2.3~1.0%である。一般に単独の葉の同化作用能はN濃度が4%程度までは高いほど高い\*ことが知られているから、低窒素濃度でかつ長大な Gombak 稲の葉は相互遮へいの効果と相まって、稈生産能率がわるく、丁度建物は大きいが、生産性のきわめて低い工場にたとえられるであろう。

前章に土壌中の  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が稲のN濃度に影響していることを述べたが、第1図より推定されるように、この土壌  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の初めの高まりを低下させるものは稲による吸収であるから、稲の生育を別の方法で規制すれば、土壌中のNをより長い間高く保ち、これによって後期の生育において、より高い稲体中N濃度をうるということが可能なのである。Gombak の農家が行っていたやせ苗の深植をはじめとする栽培法は、この観点からみても、限定された条件の下で稲に能率のよい稈生産をさせるための合理的な方法であったということができよう。

## V 今後の問題

今日日本で常識となっている稲作上の諸技術が、マラヤの稲作にそのまま適用できない点が多くあることは上述のごとくであるが、気候、日長のごとく変えることのできない要因は別として、米価、農民の教育程度というような政治的な要因は徐々に改良されつつあり、稲作の、なかでも特に二期作の大前提である灌漑設備の改良、拡充、新設は戦後特に独立（1958）後著しい進展を示している。さらに近年在来種、導入種よりの優良品種の選抜、新品種 Malinja を初めとする交雑品種の完成により、能率のよい、高い収量をあげうる稲作の条件が熟してきつつある。この段階に達して初めて施肥が稲作にとって必須の、経済性のある技術として登場しうるわけである。

最近報告\*\*された、二期作（double cropping）に対する施肥の経済性に関する試験（1955

\*村田吉男(1960)：稲の形態と機能，第3編「同化作用と物質生産」，p. 109

\*\*Annual Report of the Department of Agriculture, 1961, p. 39

～1960)の結果によると、無肥料で二期作を続けた場合、main seasonの収量が単作の場合よりおち、mainあるいはoffのどちらかのseasonに施肥した場合には、その効果は施肥しないseasonにまでおよび経済性が非常に高まるという。二期作には当然、生育期間の短い、施肥に対するレスポンスの高い品種がえらばれるし、灌漑水の潤沢であることが前提となっているから、二期作の進展は稲作に対する施肥技術導入の進展とみることができるであろう。

土壤肥料学が稲作に關与するもう一つの場面である土壤改良については言及しなかったが、高塩類濃度土壤、強酸性土壤、Penyakit Merahなど、容土、排水、石灰施用のような土壤改良の対策をとらなければならぬ問題が沢山あるが、いずれも多額の投資を必要とし、マラヤ経済の現状では次の段階の問題とみなすべきであろう。