

水稲の長期無施肥栽培田の土壌に関する知見

柘植利久・松本貞義*

Knowledges on the soils of the paddy fields which has not been manured for long years rice growing.

Toshihisa TSUGE and Sadayoshi MATSUMOTO*

Synopsis

In this paper, some results of several investigations were described as concerned to comparison with physical, chemical and microbiological characters of the soil between usually fertilized and non-manured paddy fields.

Generally, deterioration of these properties were observed in the soils of non-manured fields. However, on such a field, C/N ratio of rice plants and percentages of ripening were higher, then, good quality of grains were produced, although rice yield was lesser.

I 緒 言

近代的な集約農業においては肥料・農薬など大量の各種エネルギーの投下による自然生態系の破壊や生産性の低下が懸念される。またこれらによる土壌・農産物の汚染は人の健康や生活を不安にするものとする。

近年、かかる集約農法にたいして、無肥料・無農薬で専ら生物の生命力・土壌地力および光エネルギーなどの自然力に依存するいわゆる自然農法的栽培が一部の地域で試みられ各方面の注意をひいている。かかる自然農法の現地における生産性や植物の生態・栄養生理におよぼす影響や病虫害との関係などは実際上極めて興味ある問題である。

本報告では、滋賀県栗東町と守山市における長期間にわたる無施肥栽培田(以下無施肥田と呼ぶ)の土壌について、土壌肥料的見地からその物理的・化学的性質と微生物の分布状態を検し、これをその試験田と隣接する土性・日照・水利条件の等しい普通施肥田(以下施肥田と呼ぶ)との比較を試みた。

尚、本研究は「自然農法に関するプロジェクト研究」の一部であって、調査・実験費については近畿

大学研究助成金より援助をうけたものである。記して謝意を表す。

II 試験田の栽培履歴

栗東試験田

栗東地区は地下水位が低く、26年前に30cmの深さに天地返しが行なわれた。無施肥田は面積約13aで、爾後無施肥無農薬の状態に栽培が継続せられ、収穫物の稲ワラ、稲ガラの他手取除草の雑草などはすべて圃場外に搬出され、圃場内には刈株、根と極僅かの雑草のみが残存した。また栽培品種はベニアサヒ(長稈・穂重型・中晩生種)で毎年無施肥の保温折中苗代で育成した苗を手植した。本田栽培中は田打車による田打作業と4回の手取除草を行なった。昭和50年秋の玄米収量は364kg/10aであった。施肥田は上記無施肥田に隣接した一般慣行田で、ニホンバレ種を手植し、元肥として塩化燐安を、また追肥・穂肥を2回、実肥としてNK化成を施用した。その施肥量は10a当りN:12.8kg, P₂O₅:3.6kg, K₂O:15.1kgで、昭和50年秋の玄米収量は597kg/10aで冬作として白菜を栽植した。

* 農芸化学科、肥科学研究室 (Lab. of Science of Manure, Dept. of Agricultural Chemistry, Kinki Univ., Higashiosaka, Osaka, 577, Japan)

守山地区試験田

地下水位が高く、数年前に暗渠施工と基盤整備の行なわれたところで、その面積は無施肥田、施肥田共に30aである。無施肥栽培も開始3年目で、昭和50年秋の玄米収量は347.1kg/10aであった。また稲ワラの全量が還元された。これと隣接する施肥田は、元肥に塩化磷安・熔磷・珪カル、追肥としてNK化成が施用されており、その施肥量は10a当りN: 12.2kg, P₂O₅: 23.6kg, K₂O: 14.4kg SiO₂: 47kg, MgO: 18.5kgで、昭和54年秋の玄米収量は569.5kg/10aであった。栽培品種は無施肥田と同じニホンバレ種で、また稲ワラについてもその全量は圃場に還元された。なお稲跡地には冬作は行なわれなかった。

III 実験方法の概要

試験田の理化学的性質に関する実験

昭和51年秋の収穫後、栗東・守山地区の施肥田と無施肥田のほぼ中央部において約1mの試坑を掘り、その垂直断面の各層 (Horizon) について自然状態における土色をMunsell式標準土色帖¹⁴⁾により判定し、併せて斑紋、断面における根系および層界の状態などについて観察した^{8, 18, 19)}。なお守山地区の試験田においては地下水位が高く試坑が困難であった。

(Plate 1 参照)

供試土壌として各層位より6~10kgの原上を持ち帰り、速やかに通気性と透水性 (山中式) を測定した。またその容積重、真比重、孔隙量より土壌の三相分布を検した^{2, 5, 9)}。さらにこの風乾細土について粒径組成 (ASK法)、耐水性団粒、水中沈定容積など土壌の物理的性質を求めた。土壌の化学的性質については次のような実験項目で実施した。窒素、炭素 (Tyunn法)、pH、酸度、鉄、塩基置換容量、置換性塩基総量 (酢酸塩緩衝液抽出法)、養分吸収係数 (日本農学会法)、可溶性珪酸 (酢安法)、可給態磷酸と加里 (N/5HCl浸出法)、乾上効果などである^{3, 9)}。なお土壌腐植については風乾細土を熊田・大羽^{11, 17)}のN/10-NaOH抽出法に従い腐植物質を抽出し、これらについてフルボ酸と腐植酸を0.1N-KMnO₄の消費量からその腐植炭素量を算出した。

ポット試験による天然養分供給量の査定と現地における稲の生育と養分吸収量の検定

まず栗東地区試験田の施肥田および無施肥田の上壌につき三要素天然供給量を査定した。1/5,000aポットに供試土壌を充填し、肥料として硫安、過磷酸石灰、硫酸加里を要素で各0.6g宛施用し、また各ポット一様に沈降性炭酸石灰3.0gを添加した。試験区は

5区2連制で、品種は日本晴を各区3本植とし、栽培期間はVI/5~X/4であった。

また栗東・守山両地区における無施肥田と施肥田において幼穂形成期(VII/3)、出穂開花期(VIII/3)、登熟期(XI/2)の3時期に稲を掘りおこし生育状態 (草丈、分けつ、根重、根色、穂数、秘重) を測定し、またVIII/20に最上位葉につき分析をおこなった。なお守山地区の無施肥田と施肥田における水口、中央部、水尻のイネにつき地上部、地下部の発育とその莖葉部における各種成分の吸収状態 (IX/2) を検した²¹⁾。

試験田の土壌微生物に関する実験

土壌微生物に関しては遊離窒素固定菌、脱窒菌、硫酸還元菌その他一般の嫌気性菌などについて検定した。また根圏土壌の微生物活性を見るために非根圏土壌と対比させながら細菌と糸状菌について検定した⁴⁾。

1. 遊離窒素固定菌。

栗東および守山地区の試験田における10~15cm, 15~25cm, 25~45cmの各深さにおける土壌の風乾試料(2mm以下)の各0.1gをそれぞれ準備されたAshby無窒素培養基 100ml中に接種し14日間培養(30℃)し固定されたN量をmannitol 1g当りに換算して比較した。

2. 脱窒菌・硫酸還元菌・その他の嫌気性菌。

供試土壌は栗東地区の施肥田および無施肥田のほぼ中央部における稲刈取り後(9月中旬)のそれぞれの圃場の土層部(0~5cm黒色)、中層部(5~15cm帯黒色~帯黄色)、下層部(15~25cm黄褐色)の各部位の土壌を別々に採取し、風乾後2mm以下に節別した土壌の各1.3kg宛を1/5,000アールポット内に現地におけると同様に各層別に充たし、湛水状態に保ち40日間(Sep.29, ~Nov.7,)室内(15~20℃)に静置した。この間経目的に脱窒菌、硫酸還元菌を検し、また同時にその都度土壌のpHとEhを測定した。これらの測定にあたってはポットから土層別に土壌を採取し、風乾したのち再び節別(2mm)して供試した。

嫌気性菌の培養についてはベトリ皿応用簡易法、ピロガロール投入法、焦性没食子酸投入法その他種々の方法が提案⁴⁾され、また測定方法により集落数の計数に著しい相異をきたすものであるが、本実験においては次のような方法で行なった。すなわち乾熱殺菌されたシャーレーに希釈した土壌懸濁液(10⁶) 1mlをとり、これに予め殺菌し60℃以下に保温した培地を加えてその固化するのを待ち倒置し、昇汞水で殺菌した大型デシケーターに入れ真空ポンプで抜

気して7~10日間保温(30℃)培養し、顕われる菌数を 10^{-5} と 10^{-6} オーダーの値を平均し土壌1g中の菌数を求めた。培地については脱窒菌にはVL寒天培地(ペプトン10g, 酵母エキス5g, システイン塩酸塩0.3g, グルコース2g, 水1ℓ, 寒天15g, pH7.2)を、硫酸還元菌には K_2HPO_4 0.5g, 酵母エキス1.0g, NH_4Cl 1.0g, Na_2SO_4 1.0g, $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ 0.1g, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2g, $MgSO_4$ 0.1g, 乳酸ソーダ3.5g, 1%チオグリコール酸ソーダ液10ml, 1%アスコルビン酸ソーダ10ml, 寒天15g, 水1ℓ, pH7.1~7.4の組成培地を用いた¹³⁾。また一般嫌気性菌については肉汁寒天培地(肉エキス10g, ペプトン10g, NaCl10g, 寒天15g, 水1ℓ, pH7.0)を供用した。かくして湛水期間中(40日)経日的(10日目おき)に採取した土壌の各嫌気性菌を計数した。

4. 根圏土壌の微生物について

栗東地区の施肥田と無施肥田に栽培された水稻につき、生育時期を異にした稲株を丁寧に堀起し、根系に附着した土壌を水中分離法⁴⁾で根圏土壌と非根圏土壌(いずれも0.35mm以下)に分別採取し、希釈平板法によって細菌と糸状菌をそれぞれにつき培養計数した。培地は細菌(放線菌を含む)については肉エキス培地(肉エキス10g, ペプトン10g, NaCl5g, 寒天15g, 水1ℓ)を、糸状菌についてはローズベungal寒天培地(KH_2PO_4 1g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5g, ペプトン5g, グルコース10g, ローズベungal 0.033g, 寒天20g, 水1ℓ)を用い、細菌では28℃7日間、糸状菌では25℃3日間培養した。かくして細菌と糸状菌につき水稻の生育時期別の根圏効果(R/S: R・Sはそれぞれの根圏および非根圏における計数した微生物数)を求めた。また併せて水稻の生育状態を調査し、その土壌pHも測定した。

土壌腐植と糖類に関する実験

土壌腐植は土壌肥沃度・地力の概念の中で重要な位置付けがなされており、また土壌中の糖類については土壌微生物、土壌生化学の面からも近年関心もたれるようになった。

ここでは施肥田と無施肥田の比較検討ならびに土壌微生物や土壌腐植・糖類の相互関係を知る手掛かりを得る目的で次のような実験を行なった。

1. 土壌腐植について

土壌腐植の研究方法は古くから種々提案されているが、ここでは1/10N-NaOHでもって土壌より腐植物質を抽出し硫酸酸性において腐植酸とフルボ酸に分別した。これらの腐植量の算出には1/10N-KMnO₄の酸化滴定消費量でもってあらわした。^{11,17)}

2. 土壌糖類について

栗東地区の施肥田と無施肥田のイネの根圏土壌と非根圏土壌につき糖含量と構成糖を検定した。

土壌中の糖類は多糖類又は複合糖類として存在しており、これらの研究についてすでいくつかの報告も見られるが^{6,7,20,22)}、土壌中における糖類は極めて不安定で遊離の状態では存在するものは少ないと考えられる。従ってin-Vitroの状態では定量的・検索することは困難であるが、ここでは硫酸加水分解法によった。しかしてこの分解は酸の温度、酸濃度、分解時間などによって著しく影響をうけるが、分解産物の比率、再現性の高い点などを考慮して採用した。以下詳述する。

供試土壌を1~2週間放置して風乾細土としたのち混在する有機物の細片をピンセットで丁寧に取り除き、さらに乳鉢で磨砕し0.25mmの篩で篩別し再度瑪璃乳鉢で微粉化した。この土壌10gをフラスコに採り72% H₂SO₄(約27N) 12.6ml加え時々振とうしながら2時間放置し、これに蒸留水(327.6ml)を加えて約1Nの硫酸液となし、16時間加水分解を行なう。これを急冷させ濾過をする。濾液にBa(OH)₂の飽和液を加えて硫酸根を沈でんさせて除き、濾液を活性炭と陰イオン交換樹脂(Duolite A-4)処理を施し着色物質を除いた。この無色透明液をpH7.0~7.2に調整したのち速かに濾過洗浄を行ない、遠心分離(7,200rpm)してさらに濾過して濾液を前の濾液に合併して45℃以下で減圧濃縮して(蒸留水を加えて400~800ml)一定容とした。かくして得た糖加水分解液についてアンスロン法によって全糖の比色定量を行なった。標準糖液としてグルコース液を用い625mμで比色定量した。

構成糖の検索については前述の加水分解液を塩基性酢酸鉛溶液[Pb(CH₃COO)₂Pb(OH)₂]を加えて除タンパクの後、H₂Sで微量のPbを除去した糖試料液を再度イオン交換樹脂処理(Amberlite IR-120, (陽) Duolite A-4 (陰))でもって脱塩した試料溶液を減圧濃縮しさらに凍結乾燥機で乾固させ、糖検索試料とした。

糖の検索はペーパークロマトグラフィー法(以下PPC法と略記す)とガスクロマトグラフィー法(以下GLCと略記す)で行なった。

PPC法では東洋口紙No. 51A(40×20cm)を用い、展開剤としてn-ブタノール、酢酸、水 3:4:1:5の混合液を用い上昇法で12~15時間展開させ、0.5%塩酸アニリンメタノール溶液で発色させRf値を求めた。同様の操作を標準糖(Galactose, Glucose, Arabinose

Fructose, Xylose, Rhamnose) の特級試薬を供試品として展開発色させ RI 値を求め、被検試料液の構成糖を確認同定した。

一方、被検試料液の構成糖を再確認するために GLC 法でも行なった。一般に糖類は不揮発性であるために GLC 法は困難であったが、Bishop らによってメチル誘導体の合成が可能となり、さらに SWELEY MAKITA 他によってトリメチルシリル (TMS) 誘導体化が成功して糖の分離定量が可能となった。ここでは前述の凍結乾燥試料を東京化成工業発売の TM

S 化剤を用いて糖の TMS 誘導体を合成し、その 0.5 ~ 1 μ l を日立 163 型ガスクロマトグラフ検出機に注入した。実験諸条件は別記する。本実験においては供試糖試料と標準糖試料 (東京化成工業の TMS 糖キット) を用い、その保持時間とピークの出現パターンを比較検討して供試物の同定を行なった。今回は内部標準法、相対保持時間の比較は行なわなかった。かくして試験田中の構成糖の確認を PLC 法と GLC 法の結果より推定した。ここでは GLC 法による構成糖の検定結果を Fig. 9 に示した。

Table 1. Particle size distribution and three phase structure.

horizon	Thickness (cm)	Particle size composition (A.S.K) (% in fine soil)					texture	color (Mansell system)	true density	volume wt. (g)	three phase structure			
		gravel (in field soil) (%)	coarse sand (%)	fine sand (%)	silt (%)	clay (%)					porosity (%)	solid phase (%)	liquid phase (%)	gaseous phase (%)
Ritto - non manured														
A	0-15	-	7.25	11.60	24.90	56.25	FC	7.5YR4/3	2.64	127.6	50.9	49.1	48.8	2.1
B	15-25	-	8.45	5.45	21.50	69.60	FC	7.5YR4/3	2.54	125.5	49.8	50.2	36.5	13.3
C	25-45	-	1.50	8.40	30.45	59.65	FC	7.5YR4/6	2.65	110.9	55.6	44.4	31.6	24.0
D	45-65	-	20.95	16.50	16.65	45.90	CL	7.5YR4/4	2.60	128.1	50.7	49.3	30.1	20.6
E	65-85	-	74.05	10.25	0.80	14.40	SL	7.5YR2/2	2.50	124.4	50.2	49.8	13.0	37.2
Ritto - fertilized														
A	0-15	-	10.8	20.65	25.50	43.05	FC	7.5YR2/1	2.39	119.9	50.8	49.1	50.8	0.1
B	15-25	8.25	2.05	13.95	18.70	65.30	FC	7.5YR4/4	2.46	124.5	48.1	51.9	43.1	5.0
C	25-45	-	0.80	11.95	27.45	59.80	FC	7.5YR4/4	2.60	114.0	56.2	43.8	35.6	20.6
D	45-65	-	4.50	8.70	20.50	66.30	FC	7.5YR4/6	2.60	126.3	51.4	48.6	41.6	9.8
E	65-85	13.5	40.05	18.85	12.50	28.60	L	7.5YR3/3	2.50	121.4	51.4	48.6	26.7	24.7
Moriyama - non manured														
A	0-15	-	7.10	15.60	17.45	60.85	FC	2.5Y 3/3	2.30	121.0	51.6	48.3	60.1	-8.4
B	15-25	-	5.35	12.45	16.10	66.10	FC	10YR3/4	2.42	122.5	49.0	51.0	54.8	-5.8
C	25-45	-	1.15	4.40	17.40	74.05	FC	10GY2/1	2.42	96.7	59.7	40.3	61.2	-1.5
D	45-65	-	0.75	3.30	12.60	83.45	FC	10Y 3/2	2.40	77.6	66.7	33.3	59.9	6.8
E	65-85	-	21.25	15.10	8.15	56.50	C	5GY2/1	2.50	128.8	48.5	51.5	47.7	0.8
Moriyama - fertilized														
A	0-15	-	5.85	14.55	19.60	60.00	FC	5Y 3/2	2.54	111.9	56.6	44.7	60.8	-5.5
B	15-25	-	4.45	10.65	16.70	68.20	FC	5Y 3/1	2.16	107.9	55.9	44.7	60.3	-5.0
C	25-45	-	2.10	4.25	17.40	76.25	FC	5Y 2/2	2.39	64.7	27.9	37.9	70.9	-8.6
D	45-65	-	1.20	8.45	32.20	58.15	FC	5Y 2/1	2.60	123.8	53.1	47.4	56.5	-3.9
E	65-85	-	4.20	45.45	24.15	26.20	FL	10GY3/1	2.60	144.3	45.0	55.4	44.9	-0.3

Note; *FC; Fine clay, CL; Clay loam, SL; Sand loam, FL; Fine loam, C; Clay.

Ⅳ 結果と考察

試験田のうち、栗東地区は排水良好な乾田型で、試坑も容易に掘れたが、守山地区は排水不良で地下水位が高く湿田化し土壌はグライ化の傾向がみとめられる。

各試験田を試坑後直に色調、彩度、明度の三属性による Munsell 氏標準土色表によってその土色を判定した。栗東地区試験田において無施肥田は黄褐色で作上層の境界は明瞭でない。一方施肥田において

は黄褐色から暗褐色であり、その土層境界も明瞭である。守山地区試験田は、施肥田、無施肥田のいずれも各層位の識別は困難で、土色はいずれも暗褐色から黒灰色でグライ化が進行しており、柱状又は塊状構造がみられた。(plate 1 および Table 1. 参照)

各試験田について層位別に物理的性質を求め、その成績を Table 1 にまとめた。土性は各試験田とも ASK 分類によると細植土または埴土に属し、三相構造は試験田の立地条件の反映は認められるが、施肥田と無施肥田における特性は認めたいが、Fig. 1

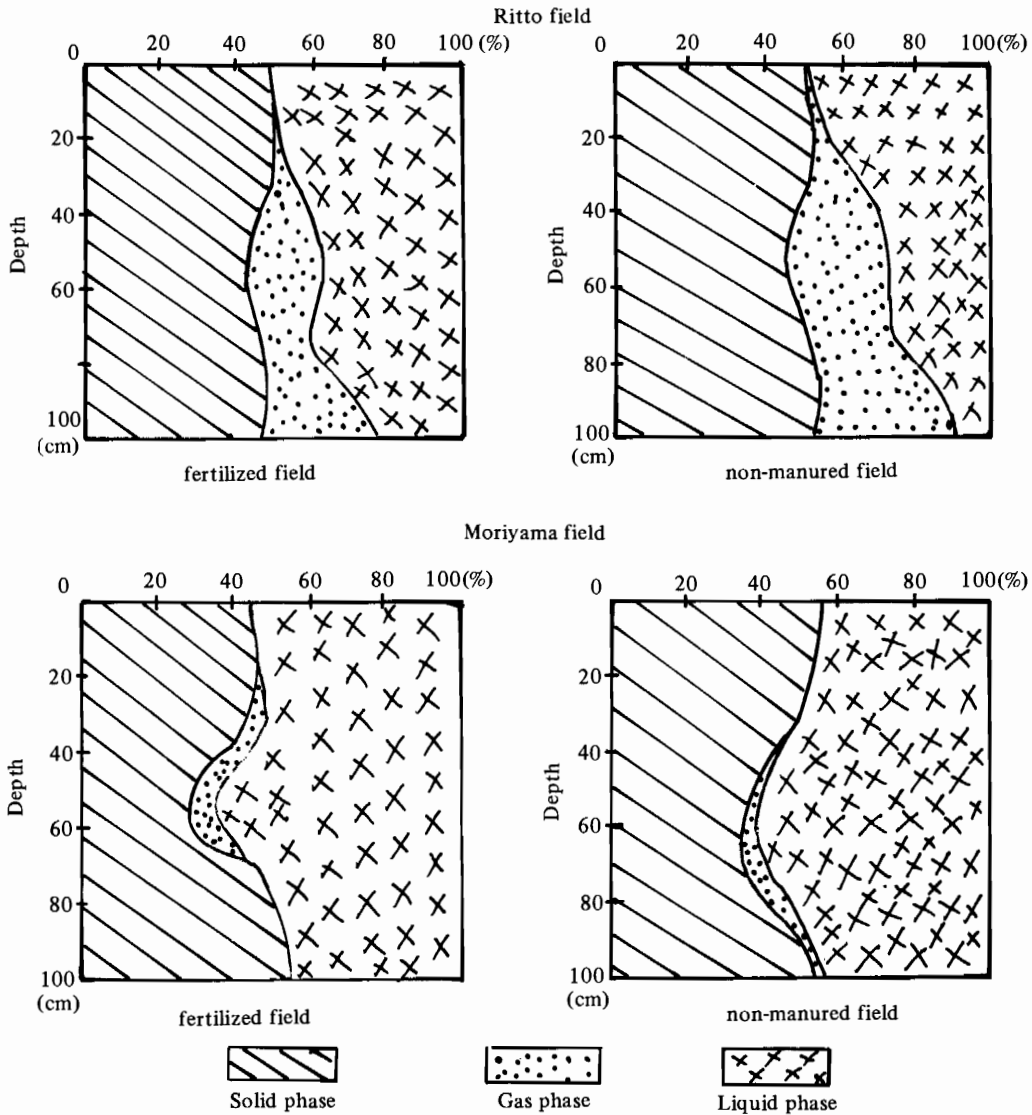


Fig. 1 Drawings of three phase distribution on experimental fields.

に示されるように気相比率は栗東土壤において大で水分比率は湿田化した守山地区において著しく大である。

現地試験田における透水性、通気性を山中式測定器でもって測定したところ、栗東地区における施肥田と無施肥田では Table 2 に示される如く施肥田の方が良好な値を示した。一方、守山地区ではこれに反する傾向が認められた。これは本試験田が基盤整備

前に用水路が存在したためであろう。次に硬度（山中式測定器使用）では下層位において多少増加する傾向を示すが、栗東地区の施肥田は無施肥田に比して一般に小さい値を示すが、守山地区においてはむしろ施肥田の方が高い傾向がみとめられる。(Table 3)

Table 2 Air and water permeability
(by Yamanaka's apparatus)

fields		water permeability	air permeability
Ritto	non manured	70	41
	fertilized	100 \leq	100 \leq
Moriyama	non manured	80	100 \leq
	fertilized	43	33

Note ; numerical number in working soil, 0 - 20 cm

Table 3 Hardness of soil.
(by Yamanaka's soil hardness tester)

field horizon	Ritto fields	
	non manured (Kg/cm ²)	fertilized (Kg/cm ²)
A	3.4	3.4
B	4.0	2.0
C	7.5	2.8
D	4.0	4.0
E	1.1	1.1
Moriyama fields		
A	0.7	2.2
B	3.4	1.5
C	1.1	2.0
D	1.0	2.0
E	1.1	2.5

Table 4 Contents of fulvic acid and humic acid in soil.

Component of humus Horizon		consumption of 0.1 -N KMnO ₄ per 1g soil (ml)			C per 1g soil (mg)*		
		fulvic acid	humic acid	total	fulvic acid	humic acid	
Ritto	fertilized	A	4.74	9.79	14.53	2.133	3.916
		B	4.19	3.78	7.97	1.886	1.512
	non manured	A	4.41	11.56	15.97	1.985	4.624
		B	6.68	6.09	12.77	3.006	2.436
Moriyama	fertilized	A	2.70	6.60	9.30	1.215	2.640
		B	4.30	6.50	10.80	1.935	2.600
	non manured	A	3.40	5.00	8.40	1.530	2.000
		B	3.70	4.20	7.90	1.665	1.680

*calculated from consumptions of 0.1N-KMnO₄ 1ml of KMnO₄ on fulvic acid and humic acid is equivalent to 0.45mg C and 0.4mg C, respectively.

試験田の土壌の水中沈底容積についてみると、守山地区は栗東地区に較べて大きい。しかしながら栗東、守山の両地区における施肥田と無施肥田を比較すると、施肥田は無施肥田よりも土壌中の水中沈底容積は大である。また土壌の耐水性団粒においても、各試験田とも施肥田はその無施肥田土壌におけるよりも大である。一般に土壌の水中沈底容積は土壌コロイドの性状に関連し、無施肥田土壌における耐水性団粒生成率の低下は、長期無施肥栽培の結果土壌コロイドよりの珪酸（可溶性）の溶脱が進行し、そのコロイドの性状に変化を来しているためであると推定せられる。（Table 5）

次に試験田の化学的性質に関して、施肥田と無施肥田の各土壌を比較すると栗東地区では施肥田は無施肥田より pH は高く、酸度（置換酸度、加水酸度）は低い。塩基置換容量、置換性塩基は施肥田において幾分高い傾向があり、2 価鉄 (FeO) 含量は施肥

田において明かに大である。養分吸収係数については P₂O₅ の吸収係数は施肥田の特に下層部において著しく大きい。窒素の吸収係数については著しい相違はなかった。ケイバン比 (SiO₂/Al₂O₃) は施肥田と無施肥田においてほとんど相違はないものと考えられるが、表層より下層土において低下する傾向を示した。有効性養分は特に K₂O と P₂O₅ について施肥田において著しく大である。有効性 SiO₂ もまた施肥田の方が多い傾向にあると考えられる。しかして一般に無肥田では施肥田にくらべて表層上における有効珪配の溶脱が明らかにみとめられた。全窒素については施肥田と無施肥田ではほとんど相違ないものと考えられ、全炭素量については施肥田中に顕著に多い傾向が認められ、かくして C/N 比は施肥田において大で無施肥田では小なる傾向にあった。乾土効果についても同じ傾向にある。

守山地区は栗東地区に比して、一般に pH は低く、

Table 5 Water stable aggregate and sedimentation volume in water.

Items of measurement Fields Horizon	sedimentation volume in water		specific gravity (d)	sedimentation state concentration **	solid volume partition (%)	water stabler aggregate (%)	
	actual number (me)	* (me/g.soil)					
Ritto							
fertilized	A	58.2	1.16	2.39	0.485	0.492	8.49
	B	56.0	1.12	2.46	0.455	0.507	6.12
	C	65.0	1.30	2.60	0.500	0.444	20.04
non manured	A	57.0	1.14	6.64	0.432	0.483	5.99
	B	53.8	1.03	2.54	0.425	0.495	6.20
	C	53.5	1.07	2.65	0.404	0.436	2.68
Moriyama							
fertilized	A	69.9	1.40	2.54	0.515	0.444	5.32
	B	70.0	1.40	2.16	0.648	0.504	12.08
	C	81.0	1.62	2.39	0.678	0.273	10.80
non manured	A	67.0	1.34	2.30	0.585	0.568	6.08
	B	63.5	1.27	2.42	0.525	0.504	11.77
	C	68.0	1.36	2.42	0.562	0.364	7.49

Note ; *actual number / 50 g soil
**sedimentation volume in water (*)/d.

Table 6 Chemical compositions of soils. (figures on 100 g. air drying fine soil)

horizon	thickness (cm)	PH		acidity Y		exchangeable cation (ml)	cation exchange capacity (ml)	hot-HCl solub.			FeO (%)	absorption coefficient		silica-alumino ratio (SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	available nutrient			total carbon (%)	total nitrogen (%)	C/N	soil drying effect (mg)
		H ₂ O	KCl	exchange acidity	hydrolytic acidity			Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)		P ₂ O ₅ (mg)	N (mg)		*SiO ₂ (%)	**P ₂ O ₅ (%)	**K ₂ O (%)				
Ritto non-manured																					
A	0 ~ 15	4.7	3.6	5.1	20.9	7.4	11.5	15.0	28.8	5.7	0.2	466	145	3.2	7.0	2.6	5.0	0.81	0.17	4.7	8.4
B	15 ~ 25	5.4	4.7	1.1	12.7	11.2	17.9	15.3	31.7	6.5	0.3	431	241	3.5	11.2	1.3	3.7	0.63	0.13	4.8	4.4
C	25 ~ 45	5.6	4.4	0.6	8.3	-	13.7	17.6	17.5	6.9	0.3	536	297	1.7	15.1	0.9	5.0	0.47	0.09	5.2	0.9
Ritto - fertilized																					
A	0 ~ 15	5.5	4.1	1.1	10.1	9.5	11.0	14.9	28.6	3.7	0.6	389	185	3.2	9.2	16.0	15.0	1.75	0.20	8.7	8.4
B	15 ~ 25	5.8	4.7	0.6	15.2	10.5	15.2	16.3	14.8	9.7	0.6	733	281	1.6	11.0	0.5	12.0	2.14	0.11	19.4	5.3
C	25 ~ 45	5.8	4.5	0.6	15.3	-	15.3	16.8	22.0	6.0	0.6	1014	311	2.2	15.8	0.5	12.6	0.93	0.08	11.6	1.3
Moriyama - non manured																					
A	0 ~ 15	4.7	3.7	5.5	15.9	15.0	15.9	15.6	17.5	6.7	0.7	733	272	1.9	12.2	1.4	6.6	1.92	0.16	12.0	9.1
B	15 ~ 25	4.5	3.5	7.7	24.5	14.2	24.5	18.6	19.2	5.9	0.9	906	253	1.8	13.8	0.6	4.5	1.56	0.15	10.4	2.4
C	25 ~ 45	4.2	3.2	11.6	17.3	-	17.3	19.7	18.6	7.3	0.9	874	330	1.7	16.4	0.5	4.1	1.34	0.11	12.2	2.2
Moriyama -- fertilized																					
A	0 ~ 15	4.7	3.7	5.5	20.9	14.0	18.1	16.3	22.0	7.0	0.9	374	330	2.3	16.4	0.9	6.8	1.23	0.16	7.7	9.3
B	15 ~ 25	4.5	3.5	8.3	27.8	13.4	17.0	18.9	15.6	6.6	0.5	714	310	1.3	14.6	1.4	4.3	1.05	0.15	7.0	4.7
C	25 ~ 45	3.9	3.3	10.5	44.6	18.5	-	12.6	17.2	6.6	0.4	772	369	2.2	14.2	0.7	3.7	2.96	0.11	26.9	8.2

Note ; * , acetic acid buffer soluble.

** , 0.2N · HCl soluble.

酸度は高い値を示しており、土壌は酸性であるが施肥田無施肥田の差はみられない。塩基置換容量は無施肥田土壌の方が大きく、置換性塩基量は施肥田の方が多い傾向にある。2価鉄では施肥田・無施肥田とも著しい相違はないが、燐酸吸収係数は無施肥田に、窒素吸収係数は施肥田に大なる傾向を示した。ケイバン比は施肥田において大であり、有効養分については有効性珪酸は施肥田において多いが、有効性燐酸と加里については施肥田・無施肥田による相違は認められなかった。全炭素全窒素も同様であつ

た。C/N比は無施肥田の上層部において大なる値を示した。乾土効果は施肥田の方が明かに大であった。

以上の化学的性質において施肥田と無施肥田を比較検討してみると、守山地区の試験田は栗東地区試験田におけるような明瞭な相違は認められない。これはその無施肥栽培期間の長短にもよるが、むしろその立地条件、すなわち栗東地区は乾田型であり、守山地区は湿田型土壌という特性のためであろうと考えた。(Table 2, 6)。

次に栗東試験田の窒素の形態について見ると、施

Table 7 Distribution of soil nitrogen. (soil sampled in Sep. '77)

soils and layer		nitrogen forms	total-N (%)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	Org.-N (%)	pH	Eh (mv)
		Ritto fields	fertilized	upper layer (0-5 cm)	0.0270	46.93	0.32	0.910	0.0221
middle layer (5-15 cm)	0.0282			15.41	0.40	0.322	0.0265	6.32	339.22
lower layer (15-25 cm)	0.0140			1.33	0.30	0.238	0.0138	6.70	329.04
non manured	upper layer (0-5 cm)		0.0370	1.22	0.10	0.120	0.0368	4.70	507.64
	middle layer (5-15 cm)		0.0264	0.91	0.23	0.260	0.0262	4.73	449.40
	lower layer (15-25 cm)		0.0146	0.42	0.48	0.175	0.0144	5.83	363.54

Table 8 Pot cultures on naturel nutrient supplies with Ritto soil. (average of duplicates in each plot, respectively)

Soils	Plots					
	Items	-	PK (-N)	NK (-P ₂ O ₅)	NP (-K ₂ O)	NPK
non manured	unhulled rice (g)	10.3 (47)	12.7 (50)	17.8 (81)	22.0 (100)	22.0 (100)
	straw (g)	18.6 (57)	17.3 (56)	30.4 (98)	26.5 (86)	31.0 (100)
	root (g)	12.4 (70)	12.6 (72)	16.4 (94)	13.3 (76)	17.5 (100)
	root (cm)	36.1 (86)	47.6 (113)	36.0 (86)	34.8 (83)	42.2 (100)
fertilizer	unhulled rice (g)	228 (66)	21.4 (62)	27.8 (84)	36.8 (106)	35.0 (100)
	straw (g)	29.8 (72)	26.9 (65)	42.2 (101)	40.0 (96)	41.8 (100)
	root (g)	10.0 (77)	7.4 (57)	14.8 (115)	10.4 (73)	13.1 (100)
	root (cm)	52.0 (143)	31.6 (88)	33.2 (92)	48.2 (134)	36.2 (100)

Note ; 1) variety, Nihon-bare

2) growing period, Jun. 5 --- Oct. 4, '76

3) numbers in parenthesis are indicated an index numbers to 100 of actual value on NPK plot, respectively.

肥田と無施肥田の表層 (0~5cm), 中層 (5~15cm), 下層 (15~25cm) の土壌について全窒素, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, 有機性窒素 (全窒素の80~90%) の土壌中の分布を検した結果, これらは一般に施肥

田に多く無施肥田に少ない。また $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ と有機性 N は深さと共に減少し, なお, この傾向は $\text{NH}_4\text{-N}$ において極めて顕著であった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は表層より下層上に多い。すなわち $\text{NH}_4\text{-N}$ は主として土壌

Table 9 Analysis on top left of rice plant, sampled at Aug. 20, '75. (% in dry basis)

constituents paddy fields		C	N	C/N	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	Crude ash
		Ritto	non manured (Beni-asahi)	37.88	2.07	18.30	0.248	0.34	0.225	2.10	0.21
fertilized (Nihon-bare)	38.92		2.39	16.30	0.028	0.43	0.179	1.78	0.20	15.21	15.27
Moriyama	non manured (Nihon-bare)	38.39	1.91	20.10	0.020	0.29	0.182	1.91	0.19	12.76	14.71
	fertilized (Nihon-bare)	39.96	2.70	14.80	0.044	0.32	0.168	1.67	0.20	13.46	14.35

Table 10 Comparison on plant growth and nutrient uptakes in spots of paddy fields. (Moriyama)

(1) Growth of rice plant at Sep. 2, '75.

field	items of measurement spot of field	plant height (cm)	fresh wt. of foliage, stem and leaf (g) (A)	number of tillers (B)	(A/B)	air dried wt. of root (g)	color of root	number or ears (B)	unhulled rice (dried) (g) (A)	(A/B)
		non manured (Nihonbare)	water inlet	84	26.53	15	1.77	7.98	light red brown	13
middle	82		13.66	7	1.95	5.15	red brown	7	9.02	1.29
water and let	82		18.58	12	1.55	5.29	red brown	12	14.48	1.21
fertilized (Nihonbare)	water inlet	100	48.03	23	1.37	14.91	red brown	23	31.43	1.36
	middle	94	46.04	22	2.09	16.16	red brown	21	30.12	1.43
	water outlet	93	28.67	18	1.63	18.59	brown	18	29.37	1.63

(2) Composition of plant (foliage stem and leaf) on above fields at Sept. 2, '75. (% in dry basis)

composition of measurement field spot of field		C	N	C/N	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	Crude ash
		non manuring (Nihonbare)	water inlet	34.53	0.44	78.5	0.350	0.18	0.169	1.91	0.16
middle	34.65		0.30	115.5	0.062	0.21	0.175	1.97	0.28	13.82	17.53
water outlet	34.79		0.31	112.2	0.041	0.19	0.160	1.80	0.20	15.12	20.35
manuring (Nihonbare)	water inlet	31.72	0.74	42.9	0.116	0.12	0.186	2.53	0.26	15.39	28.23
	middle	33.92	0.57	59.5	0.087	0.13	0.183	1.87	0.26	12.02	19.90
	water outlet	35.89	0.51	70.4	0.060	0.21	0.185	2.26	0.30	15.25	19.15

の表層部に吸着されるが、 NH_3 の硝化作用によって生成される NO_3^- -Nはその下層部に移行することが認められる。(Table 6～7)

次に各試験田の水稻の生育とその養分吸収状態を検した。即ち栗東試験田の無施肥田と施肥田の土壌についてN, P_2O_5 , K_2O の天然供給量をポット試験によって調査した結果、稲の生育は試験区によって異なるが、一般に幼穂形成期から穂ばらみ期にかけては施肥田と無施肥田の各土壌における草丈、分ケツはいずれもその無肥料区に近接した。無磷酸区と無加里区はその完全区におよばないが、無肥料区に比較してかなり良好な生育を示した。(Plate 2 参照)

モミとワラ重については無施肥田はいずれも施肥田土壌に劣った。しかしして無窒素区収量は両土壌とも無加里区、無磷酸区に比して低い傾向にあるが、稔実歩合は無窒素区において高い傾向を示した。本試験の結果、栗東地区試験田の土壌中のN, P_2O_5 , K_2O の天然供給は収量的に一般に $\text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{N}$ の順位にあるものと考えられた。守山地区においても略同様の傾向がみとめられる。これよりして栗東、守山両地区の各試験田によって最も不足する養分はNであると推定された。(Table 8, Plate 2)

次に栗東と守山の各試験田に栽培された水稻について生育と各種養分の吸収を幼穂形成期(VII/8)と出穂開花期(VIII/3)および登熟期(IX/2)に測定した。出穂開花期における最上位葉中の各種養分(N, CaO, Na_2O , MgO, K_2O , P_2O_5 , SiO_2)を検した結果、栗東、守山両地区とも施肥田の稲は無施肥田の稲にくらべて窒素含量は幾分高く、そのC/N比は施肥田において低い傾向が認められた。その他の成分については明瞭な差は認められなかった。(Table 9)また、守山地区試験田における施肥田と無施肥田における水口、中央、水尻部の水稻の生育と茎葉部における各種養分のとり込の状況を見ると、稲体の生育はおお

むね水口部は他の中央部、水尻部の稲体に較べて良好であった。茎葉部の成分についてはN, Na_2O 含量は水口部の稲体において多く、中央部、水尻部に至るに従って少なくなる。C/N比は一般に施肥田の稲は無施肥田の稲に較べて小さい。なおC/N比は水口に比して中央部、水尻部の稲において大きいことが認められる。これらの分析値をTable 10に示した。このように稲において一般にNの吸収量が多くなるとそのC/N比を低下させることは稲の栄養生理上注目すべき事である。

また、土壌の肥沃度や地力に重要な意義を有する土壌微生物、とりわけ *Azotobacter* の窒素固定作用について、各試験田の土壌について実験を行ない、その結果をTable 11に示した。

栗東地区試験田における窒素固定作用は一般に1～0.3mgN/1g.mannitolの程度であるが、無施肥田に較べて施肥田においてその作用は大きく、特に表層上(10～15cm)に顕著にあらわれ下層土(15cm以下)で低下する傾向にあった。守山地区試験田ではその作用は2mgN/1g.mannitolであって、栗東区に比して約2倍も固定量が大だが、施肥田、無施肥田、また層位による固定量の違いなどには顕著な差は認められなかった。このように *Azotobacter* による窒素固定量が栗東地区よりも守山地区の試験田において大なることは、主として菌の生育に対する基質としての有機物量の圃場への還元が多いためであろうと思われる。(Table 11)

一般に、土壌中の微生物は動植物遺体の腐植化や肥料養分の供給に関して重要な働きを有するが、水田土壌中の微生物については従来あまり注意されていない。ここでは栗東地区試験田の土壌を15～20℃で40日間湛水状態に保ち、各その上層(0～5cm)、中層(5～15cm)、下層(15～25cm)の土壌について、嫌氣的微生物特に硫酸還元菌、脱窒菌およびその他

Table 11 N-fixation by *Azotobacter* in paddy field soil.

depth (cm)	N-fixing amount per 1 g. manitol in Ashby's N-free soln.			
	Ritto		Moriyama	
	fertilized soil (mg)	non manured soil (mg)	fertilized soil (mg)	non manured soil (mg)
A (10-15)	1.13	0.47	2.03	2.31
B (15-25)	0.41	0.39	1.92	1.93
C (25-45)	0.24	0.04	3.87	1.08

の一般嫌気性菌数を土壌の pH, Eh(mv) の変化と共に経日的に測定した。これらの結果を Table 12, にまとめた。各菌の増殖は滞水20日頃に最高となる。またこれらの嫌気性菌は無施肥田より施肥田に多く、上層部より下層部に多い傾向にある。また硫酸還元菌が施肥田よりもむしろ無施肥田において少ない傾向が認められることは興味深いものとする。

滞水による土壌の pH と Eh の変化については、施肥田、無施肥田の両土壤とも pH は滞水日数と共に上昇する傾向を示したが、施肥田土壤は無施肥田土壤に比して常に高い。なお表層より下層において pH は上昇する。Eh については施肥田土壤の方が無施肥田土壤に較べて常に低い値を示し、各土壤とも滞水日数の経過と共に Eh は多少増加するが、長期にわたる滞水は却って Eh を低下させる傾向にあった。また深さによる Eh の変化はあまり明かでないが、若干下層土は上層土に比して低下する事が認められる。

このように滞水土壤中の微生物活動が施肥の有無や土壤の深さなどでよっても相違し、またこれが土壤の pH や Eh によって影響されるものとする。

(Table 12-13, Fig 3 参照)

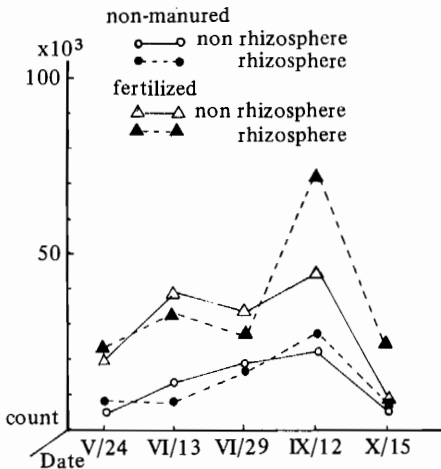


Fig. 2 Seasonal changes of fungal counts in Ritto paddy fields.

さらに栗東地区試験田の水稲について、湛水直後 (V/24), 分けつ盛期 (VI/23), 最高分けつ期 (VI/27), 落水期 (IX/10) および収穫期 (X/15) について、その根圏土壤と非根圏土壤中の細菌と糸状菌数を調べた。

一般に、稲の生育は施肥田土壤において良好で生育初期から鮮緑色を呈し、草丈、葉数も多く出穂が

Table 12 Average counts of anaerobic bacteria in Ritto water-lodged soil ($\times 10^6$ /g soil)

Depth (cm)	water-lodged days	fertilized				
		0	10	20	30	40
upper layer (0-5)	R	0.15	-	2.80	0.80	0.95
	N	1.25	-	4.75	2.55	1.00
	V	0.35	3.80	4.85	1.20	1.15
middle layer (5-15)	R	0.50	3.65	2.95	2.30	2.35
	N	1.10	1.00	1.80	1.95	1.95
	V	2.95	1.55	2.30	1.60	2.20
lower layer (15-25)	R	-	5.05	5.08	2.10	1.05
	N	1.15	-	1.80	3.10	2.80
	V	3.45	3.60	3.80	2.30	2.60
non manuring						
upper layer (0-5)	R	0.55	1.05	1.60	1.50	2.96
	N	3.95	1.10	2.80	1.30	1.30
	V	0.35	1.85	3.60	2.10	0.95
middle layer (5-15)	R	-	7.60	2.67	0.05	3.55
	N	0.95	-	5.70	1.60	1.95
	V	1.65	1.40	6.80	2.00	2.11
lower layer (15-25)	R	0.50	13.60	6.10	2.10	3.96
	N	1.30	7.00	2.60	2.20	2.95
	V	0.55	1.70	4.80	2.80	3.25

Note ; R : Sulfate reducing bacteria
 N : General anaerobic bacteria
 V : Denitrifying bacteria

早められ、また根重も大である。土壤 pH は菌の発育に関係し、細菌は pH の上昇により増加するが、糸状菌は減少するものとする。上記水田土壤中の微生物数は土壤 1g に対して細菌は $N \times 10^{10}$ 糸状菌は $N \times 10^4$ であり、これらはいずれも施肥田土壤に多く、無施肥田土壤に少ない傾向にあった。

また、根圏土壤中の微生物数 (R) に対する非根圏土壤中の微生物数 (S) の割合、すなわち根圏効果 (R/S) は稲の生育時期によって異なるが、糸状菌につ

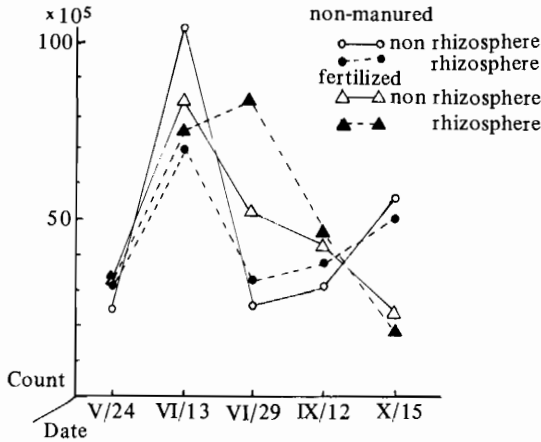


Fig. 3 Seasonal changes of bacteria counts in Ritto paddy fields.

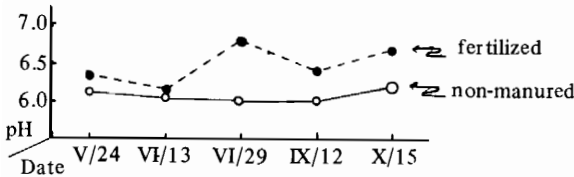


Fig. 4 Seasonal changes of pH in Ritto fields (non-rhizosphere soil)

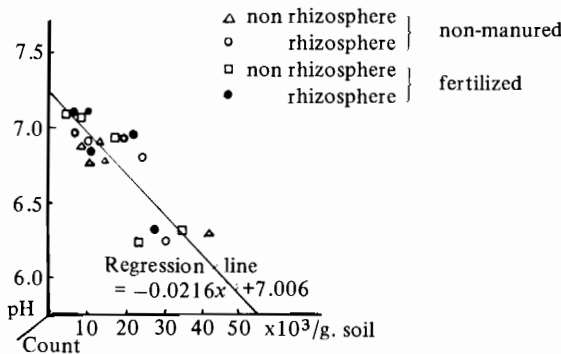


Fig. 5 The relations between counts of fungi and pH in Ritto paddy fields.

いては無施肥田土壌で0.7~1.6 (平均1.2), 施肥田土壌で0.8~2.8 (平均1.5) である。また細菌についてみると無施肥田土壌は0.7~1.3 (平均1.1), 施肥田土壌では0.8~1.6 (平均1.1) であった。このR/S

比は細菌, 糸状菌ともに無施肥田では生育の前半に, 施肥田では生育の後半期に大きい傾向が認められた。

(Table 12, Fig. 6) このように根圏土壌は非根圏土壌に較べて糸状菌, 細菌を含めて微生物の数は多い傾向にあるのは, 植物根が炭酸のほか有機酸, アミノ酸, 糖類などの諸種の物質を分泌し^{1, 15, 16)} また一方において根毛の脱落などによって根圏土壌は非根圏土壌に比して極めて有機物が豊富に存在し, これを栄養源とする各種微生物の繁殖が旺盛となり, かくして根圏土壌では一般に微生物の活性が高くなるものとする。 (Table 14, Fig. 2-6)

土壌微生物は土壌肥沃性に関係を有する土壌腐植と密接な関係を有するものと考えられる。

土壌腐植について熊田, 弘法らの方法^{11, 17)} に準拠して実験を行なった。土壌中のフルボ酸量と腐植酸量は一般に守山地区よりも栗東地区試験田に多い傾向が認められた。特に腐植酸については栗東地区土壌中に多い傾向がみとめられ, 特に表層部 (A層) にはその下層部 (B層) におけるよりも顕著に多く存在した。フルボ酸と腐植酸の存在については各試験区の施肥田と無施肥田についての著しい相違はなかった。しかして土壌中の有機物の腐植化は湿田におけるよりも乾田状態の土壌中において速やかに進行するものと考えられた。この事実は前述の土壌微生物数とも一致するものである。 (Table 4 参照)

土壌中の糖に関しては単糖類又は遊離糖として存在するものは少なく, 大部分は水, 熱水で溶出され難く, その多くは多糖類として複雑な化合形態をなしているものと考えられている^{6, 22)} これらの糖類は植物遺体の腐植化に大きな役割を演じている微生物活動と密接な関係にあるが, ここでは生育時期の異なる水稻の根圏部土壌と非根圏部土壌を72% H₂SO₄で長時間加水分解し, その糖をHexoseとして定量した結果土壌100g中の糖の割合は0.1~0.15%で, また土壌腐植含量に対しては10~15%も存在する。腐植含量が増大すれば糖含量も多くなる傾向がうかがわれ, 腐植と糖類の間には相関関係があるものと考えられる。この腐植と糖の関係はすでに多数の鉱物質土壌や有機質土壌について測定された結果においても明かに認められている¹⁵⁾。なおこの糖含量は施肥田と無施肥田については施肥田土壌に多く, 根圏土壌と非根圏土壌を較べると前者に多いことが認められる。またこれら土壌中の糖量は稲の生育時期によって変化し, 一般に生育初期に高く漸次低下するが, この糖の変化はその土壌微生物数の経時的变化と類似している。 (Table 15, 16, Fig. 7, 8)

Table 13 Variations of PH and Eh (mv) in Ritto water-lodged soil.

soil		water lodged		0	10	20	30	40
		depth (cm)	(days)					
variation in PH								
fertilized	upper layer (0-5)			6.16	6.56	6.62	6.27	6.35
	middle layer (5-15)			6.32	6.57	6.47	6.32	6.41
	lower layer (15-25)			6.72	6.70	6.76	6.56	6.76
non manured	upper layer (0-5)			4.70	6.11	5.91	5.76	5.98
	middle layer (5-15)			4.73	5.62	5.62	5.41	5.60
	lower layer (15-25)			5.83	5.80	5.96	5.99	6.20
variation in Eh (mv)								
fertilized	upper layer (0-5)			331.91	401.55	419.70	388.63	386.40
	middle layer (5-15)			339.22	393.25	439.18	422.63	389.29
	lower layer (15-25)			329.04	422.70	434.90	422.70	410.10
non manured	upper layer (0-5)			507.64	472.30	453.12	428.75	428.40
	middle layer (5-15)			449.40	478.42	463.80	462.80	431.53
	lower layer (15-25)			363.54	463.42	459.12	440.63	399.53

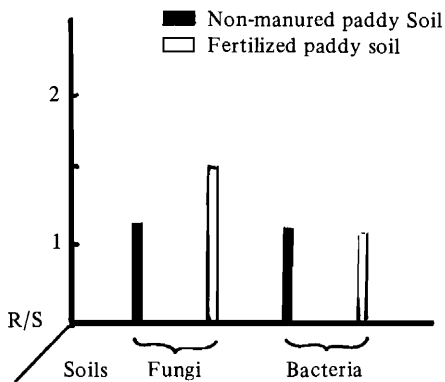


Fig. 6 Rhizosphere effect (R/S) of microbes on Ritto paddy field.

さらに根圏土壌と非根圏土壌の各1点の試料につきその構成糖をガスクロマトグラフ法による実験を数回繰返し平均値を求めて同定した。またペーパークロマトグラフ法によっても同定した。その結果、 α -glucose, β -glucose, galactose, Mannose, Xylose, Arabinose を確認した。これらの一例をFig. 9に示した。このうち α -glucoseと β -glucose, Arabinoseは、他の糖に比して量的にも多いものと推定された。Ribiose, と Rhamnose については確認出来なかった。

かくして土壌微生物は植物遺体の腐植化と糖の生産に大きな役割を演じていることが推定され、腐植と多糖類とは密接な関係にあるといえる。

また、今日土壌中において多糖類を生産する糸状菌や細菌が数多く見出されており⁷⁾、微生物による腐植の生成や糖の生産は、土壌地力の保持と植物養

Table 14 Plant growth and rhizospheric microbes of rice plant on Ritto field.

soil	date on measurement	V/24	VI/13	VI/29	IX/12	X/15
	matter for investigation	directly after flooding	active-tillering stage	maximum-tillering stage	surface drainage stage	time of harvesting
I Soil PH (non-rhizospheric soil)						
non-manured soil		6.20	6.10	6.10	6.00	6.30
fertilized soil		6.45	6.20	6.95	6.50	6.75
II Growth of Rice plant						
non manured soil	plant length (cm)	22.0	38.0	46.0	102.0	—
	root length (cm)	8.0	11.0	17.0	20.0	—
	number of tillers	4.0	9.0	15.0	20.0	22.0
	plant age in leaf number	6.0	7.0	7.0	8.0	—
fertilized soil	plant length (cm)	26.5	40.5	55.0	106.0	—
	root length (cm)	10.5	15.0	15.0	17.0	—
	number of tillers	6.0	12.0	18.0	25.0	27.0
	plant age in leaf number	6.0	7.0	7.0	8.0	—
III Count of Fungi ($\times 10^3$)						
non manured soil	non rhizosphere (S)	5	13	18	22	5
	rhizosphere (R)	8	9	16	28	7
	effect of rhizosphere (R/S)	1.6	0.7	0.9	1.3	1.4
fertilized soil	non rhizosphere (S)	20	39	34	34	9
	rhizosphere (R)	23	33	27	72	25
	effect of rhizosphere (R/S)	1.2	0.8	0.8	1.6	2.8
VI Counts of bacteria ($\times 10^{10}$)						
non manured soil	non rhizosphere (S)	24	103	25	30	55
	rhizosphere (R)	30	70	31	36	50
	effect of rhizosphere (R/S)	1.3	0.7	1.2	1.2	0.9
fertilized soil	non rhizosphere (S)	33	83	52	42	22
	rhizosphere (R)	35	75	83	46	17
	effect of rhizosphere (R/S)	1.1	0.9	1.6	1.1	0.8

分の供給に大きく寄与しているものと考え、(Table 15, 16, Fig. 7, 8, 9)

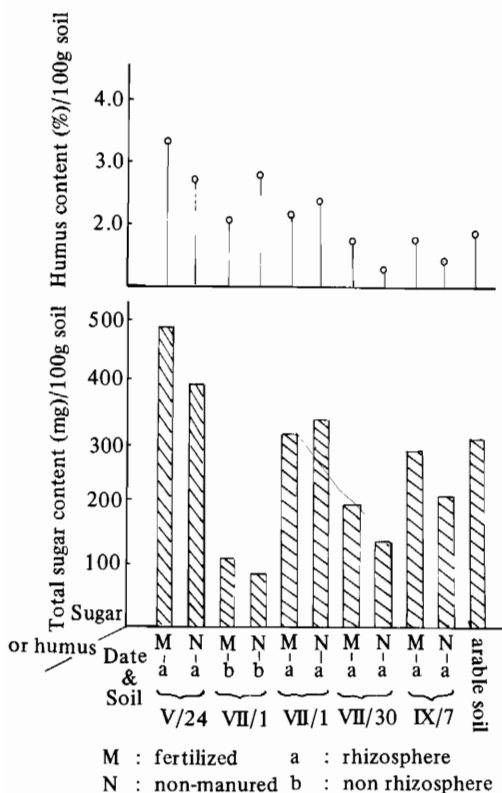


Fig. 7 Relations of sugar and humus contents in soils

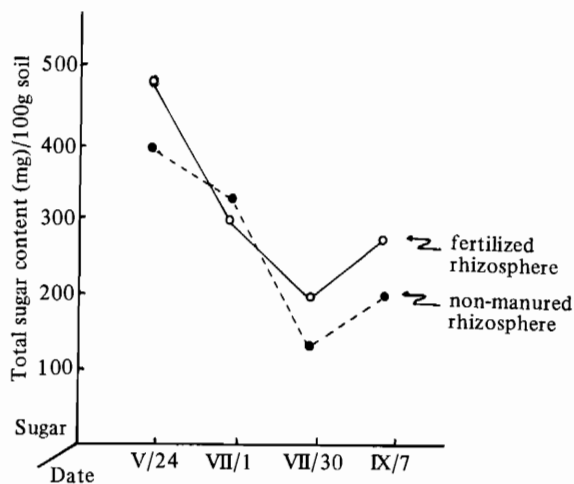


Fig. 8 Seasonal changes of sugar contents in rhizosphere of rice plant on fertilized and non-manured fields, respectively.

Table 15 Sugar contents in Ritto soil.

soil	depth (cm)	date of measurement	humus (%)	total amount of sugars		
				mg/100g soil	% in soil	% in humus
fertilized -- rhizosphere	5 ~ 15	V/24	3.3	479	0.5	15.1
non-manured -- rhizosphere	5 ~ 15	V/24	2.7	395	0.4	14.8
fertilized -- rhizosphere	10 ~ 15	VII/1	2.0	106	0.1	5.0
non-manured -- rhizosphere	10 ~ 15	VII/1	2.7	87	0.09	3.3
fertilized -- rhizosphere	5 ~ 15	VII/1	2.1	306	0.3	14.2
non-manured -- rhizosphere	5 ~ 15	VII/1	2.4	327	0.3	12.0
fertilized -- rhizosphere	5 ~ 15	VII/30	1.7	193	0.2	11.7
non-manured -- rhizosphere	5 ~ 15	VII/30	1.1	133	0.1	9.0
fertilized -- rhizosphere	5 ~ 15	IX/7	1.7	271	0.3	17.6
non-manured -- rhizosphere	5 ~ 15	IX/7	1.3	197	0.2	15.2

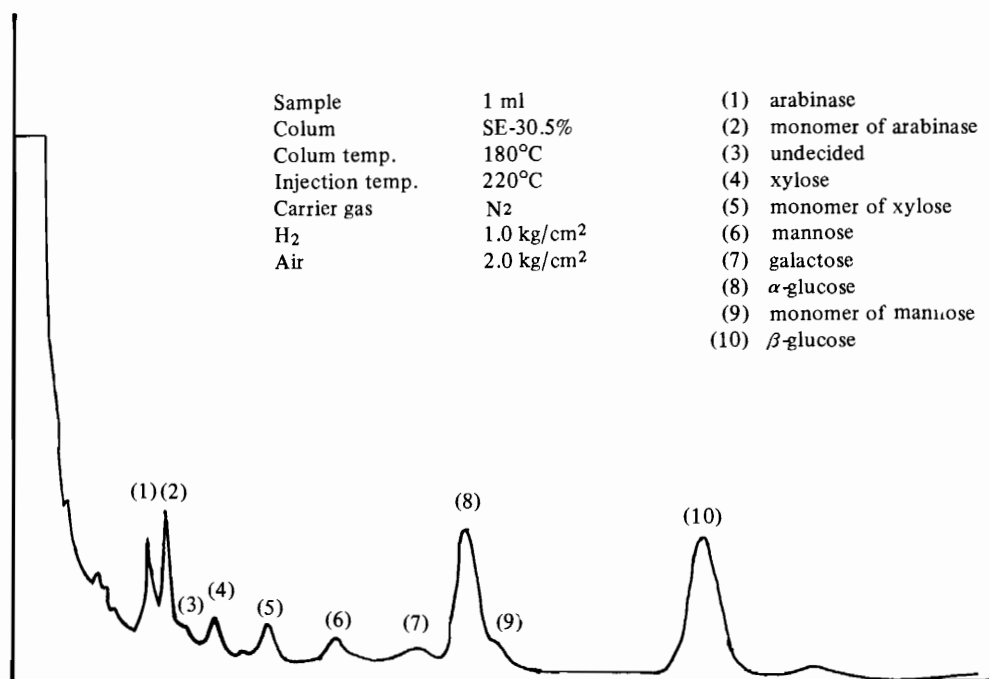


Fig. 9 Gaschromatogram on saccharides in rhizosphere soil of rice plant.

Table 16 Data on organization of sugars in soils (Treatment ; 72% H₂SO₄, 16 hrs)

sugars	α-glucose	β-glucose	Galactose	Mannose	Xylose	Arabinose	Ribose	Rhamnose
Rhizosphere soil (IV/13)	++++	++++	+	++	++	+++	-	-
non rhizosphere soil (IV/27)	++++	++++	+	++	++	+++	-	-

Note ; a mark in this table were estimated in comparison with a α-glucose.

V 要 約

滋賀県栗東町の試験田（地下水位低く、乾田型で黄褐色）と守山市の試験田（地下水位高く、湿田型で暗褐色、黒灰色でグライ化傾向あり）における自然的農法田（無施肥田）と同立地条件下にある普通の慣行栽培田（施肥田）につき、その土壤の理化学的および微生物的性質と土壤腐植および土壤糖類について検討を加えた。

土壤の諸性質は土壤型、土性、立地的環境や栽培条件によって影響を受けるが、おもに栗東地区試験

田における施肥田と無施肥田の土壤についての相異点をあげると次の通りである。

1. 無施肥田は施肥田にくらべて土壤はしまつて固く、透水性や通気性は一般に不良である。また土壤の水中沈底溶積は小さく耐水性団粒の生成は少ない。

2. 無施肥田の pH は一般に低く Eh は高くなり、交換酸や加水酸度は大である。すなわち、無施肥栽培は土壤の酸性化をすすめた。また、無施肥田土壤では FeO は少なく、全窒素量はあまり変らないが、

$\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ と全Cは減少し、そのC/N比は低下する。なお SiO_2 、 P_2O_5 、 K_2O などの有効成分量の低下が認められる。とくに無施肥田の表層よりの有効珪酸の溶脱は土壌コロイドの劣化を促進する。

3. 栗東試験田の土壌中の天然養分供給量の順位は $\text{K}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{N}$ でこの傾向は無施肥田において顕著に認められる。

水田における稲 (Top leaf) のN量は、無施肥田において少なく (C/N比は大である。また、水田の水口より中央部、水尻部にむかって稲の生育は一般に劣り、また植物体中の成分特にN含量は少なくなりC/N比が大となる。この傾向は無施肥田において顕著である。

4. 水田土壌中の *Azotobacter* による遊離窒素の固定量は無施肥田において少なかった。

5. 土壌微生物、特に硫酸還元菌、脱窒菌その他の嫌気性微生物の存在は無施肥田において少ない。この傾向は硫酸還元菌において明らかにみとめられた。また細菌、糸状菌についての根圏効果は、稲の生育時期によって異なるが、一般に無施肥田において小さい。

6. 土壌中の糖類の含量は土壌中の有機物 (腐植) と相関的な関係にあり、従って微生物の生育やその他稲の生育時期によって変化するが、一般に無施肥田に少なかった。なお構成糖については無施肥田と施肥田について明かな相違は見出し得なかった。

7. 稲の無施肥栽培は長期にわたると水田においても土壌の物理的・化学的性質を変化させ、また土壌の微生物活動を抑制して土壌中の植物遺体の腐植化や糖の生産に影響するものと考えられる。

稲の無施肥栽培または特に窒素欠乏土壌においては収量の低下は予想されるが、植物体中のC/N比が高くなり稔実歩合は大となる。これよりして無施肥栽培においては一般に蛋白質少なく澱粉含量の高い良質米の生産が期待される。かくして土壌中の窒素含量の低下は生産物の品質に影響を与えるものと考えが稲の栄養生理上注意すべき点である。

引用文献

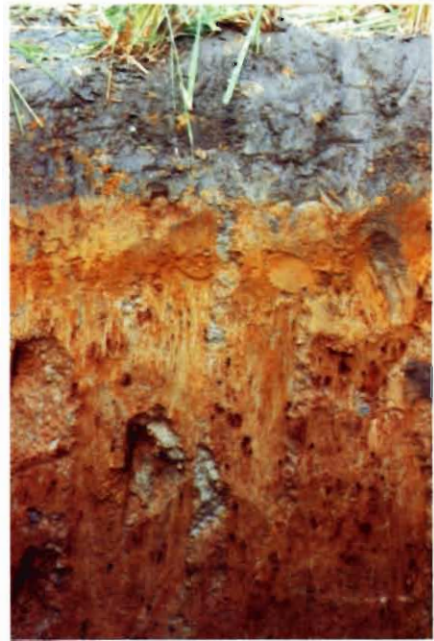
- (1) BLACK, C.A. etc.: *Method of soil analysis* (2), (1965)
- (2) 土壌物理性測定法委員会: 土壌物理性測定法 (養賢堂) (1972)
- (3) 土壌養分分析法委員会: 土壌養分分析法 (養賢堂) (1976)
- (4) 土壌微生物研究会編: 土壌微生物実験法 (養賢堂) (1977)
- (5) 原田登五郎, 青峰重範: 土壌肥科学実験ノート (養賢堂) (1966)
- (6) 原田篤也, 小泉岳夫: 総合多糖類科学 (上) 講談社 (1973)
- (7) 原田篤也, 三崎 旭, 総合多糖類科学 (下) 講談社 (1978)
- (8) 川瀬金次郎, 他: 日本の水田土壌 (講談社) (1972)
- (9) 京大農化教室編: 農芸化学実験書 (1) 産業図書 (1973)
- (10) 熊田恭一: 土壌有機物の化学 (東大出版会) (1977)
- (11) 熊田恭一: 腐植の形態分析 (分析化学講学) (共立社) (1957)
- (12) MCLAREN, A.D. & PETERSON, G.H.: *Soil Biochemistry* (1967)
- (13) 宮地憲二: 応用菌学 (下) (岩波) (1971)
- (14) 農林省農林水産技術会議事務局監修: 新版標準上色帖 (1965)
- (15) 日本土壌肥科学会編: 土壌肥料の研究 (3) (1972)
- (16) NYE, P.H. & FINKER, P.B.: *Solute movement in the soil-root system* (Oxford Blackwell) (1977)
- (17) 大羽 裕: 土壌腐植研究法 (II), ベドログスト 8, (1964)
- (18) 菅野 一郎: 土壌調査法 (古今書院) (1962)
- (19) 菅野 一郎: 日本の土壌型 (農山・魚村文化協会) (1964)
- (20) 鈴木 卍, 松村 剛, 山科郁男: 多糖生化学 (1) (1971)
- (21) 作物分析法委員会編: 栽培植物分析測定法 (1976) (養賢堂)
- (22) 立川 涼: 日本土壌肥科学会誌 37, No.1 (1966)

(昭和53年10月16日受理)

Plate I Morphological features of soil profile.



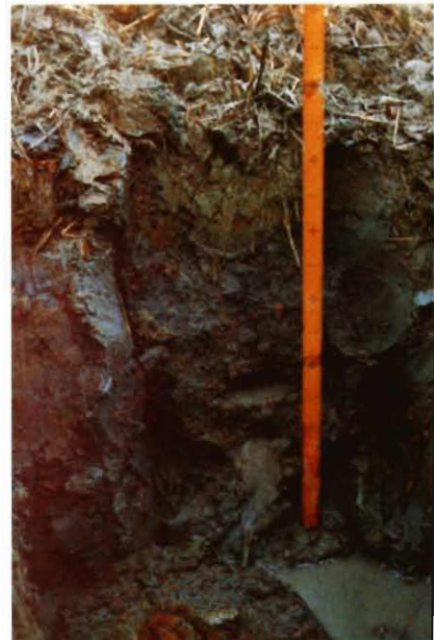
Ritto
Non-manured paddy field.



Ritto
Fertilized paddy field.



Moriyama
Non-manured paddy field



Moriyama
Fertilized paddy field.

Plate II Pot cultures on natural suppling of principal nutrients in soils (Ritto)



Cont. NPK PK NK NP

(Non-manured paddy field soil)



Cont. NPK PK NK NP

(Fertilized paddy field soil)