

土壌管理による水稲増収に関する研究

本 村 悟
熱帯農業研究センター

駐 在 場 所 : Technical Division, Rice Department
Ministry of Agriculture, Bangkok,
Bangkok, Thailand
駐在年月日 : 昭和45年2月25日～現在駐在
研究協力者 : Ashara Seirayosakol
Chob Kanareugsa
Yaovapa Chantratasagul
Pongpit Piyapongse
Chanvit Lusanandana
Virayut Vatanakul

タイ国水田土壌の生産力に関する研究

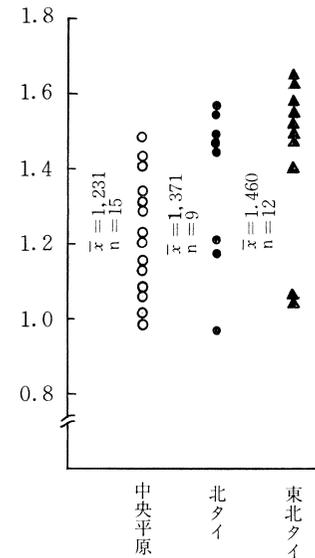
土壌管理または土壌改良による水稲増収を考える場合、まず第一に土壌それ自体あるいは土壌の立地条件からみて、水稲の生育および収量を制限し、阻害している要因を解析する必要がある。本研究はタイ国内における代表的な水田地帯における各種水田土壌の断面形態調査および各層位から採取した試料の物理的・化学的分析を基礎とした水田土壌の生産力可能性分級 (productive capability classification) を行なうことによって、土壌的にみた制限因子、土壌悪化の要因を抽出するとともに生産力増強対策に関する基礎資料を得ることを目的とする。

昨年度は代表的な米作地帯である中央平原、北タイ、東北タイで計52地点において試坑による断面形態の調査を行なった。これらの断面から採取した土壌試料約200点についての物理性・化学性の分析は目下進行中であるが、これまでに得られた結果の概要は次のとおりである。

1 中央平原は微～細粒質でいわゆる重粘なデルタ地帯を形成している。北タイでは細～中粒質、東北タイでは中～粗粒質で、共に段丘面あるいは谷底平野に分布している。

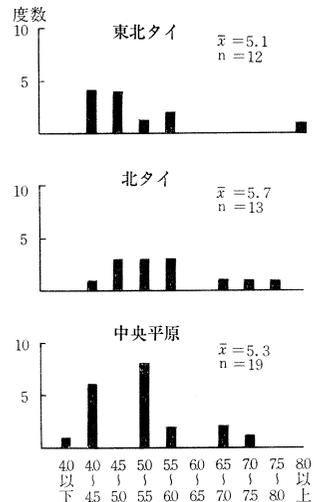
2 日本の水田土壌に比べると仮比重がきわめて高く、非常に緊密である。(第1図)

3 乾季におけるクラックの生成はモンモリロナイトを含む中央平原では顕著で、スリッケンサイドが見られるところもあるが、土壌構造(とくに作土)の発達はむしろ弱い。



第1図 現地仮比重(作土)

4 Marine alluvial soil では鉄よりもマンガン沈積物の発達が著しい。Brackish water alluvial soil ではマンガン沈積物は全く認められず、暗赤色の鉄の集積が顕著で、石膏あるいは黄色の硫黄化合物が析出し、

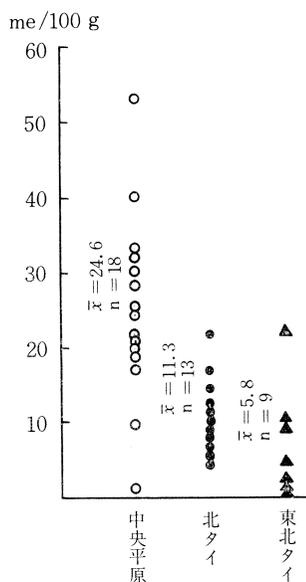


第2図 作土の pH の分布

いわゆる Cat clay がみられる。Fresh water alluvial soil, Low humic gley soil では、鉄・マンガンの沈積物が共存しているものが多い。Grumusol では、鉄・マンガンの沈積物はともにみられない。

5 土壌反応は第2図に示したように、石灰岩を母材として発達した土壌以外は一般に低く、中央平原の Brackish water alluvial soil 地帯では pH 4.5 以下でいわゆる硫酸酸性土壌である。

Marine alluvial soil でも作土はかなり酸性化しているが、下層土ではなお 6.0~7.0 である。東北タイでは 5.0 以下のものが多く、これは塩基不飽和による酸性と考えられ、粗粒質のため酸性になり易い。



第3図 塩基置換容量 (作土) me/100g

6 塩基置換容量は第3図に示したように、中央平原ではかなり高く、東北タイでは著しく低い。置換性塩基の状態も、中央平原では Ca, Mg, K, Na 共に一般に高く、marine alluvial soil ではとくに Na 含量が高く塩類障害の危険性がある。東北タイでは非常によく風化した砂岩を母材としているため置換性塩基を始め、殆んどすべての養分に欠乏している。

7 磷酸含量は全磷酸・有効態磷酸含量ともいずれの地域でも著しく低く、全磷酸含量は P_2O_5 として乾土 100 g 当り中央平原で 60mg、北タイで 80mg、東北タイでは 20mg 程度である。これに対して、カリ含量は東北タイを除いては比較的高い。

8 有機物含量も一般に低く、全窒素は中央平原で 0.12%, 北タイで 0.16%, 東北タイでは 0.05% 程度で

あり、湛水によって生成するアンモニア化量もきわめて低い。

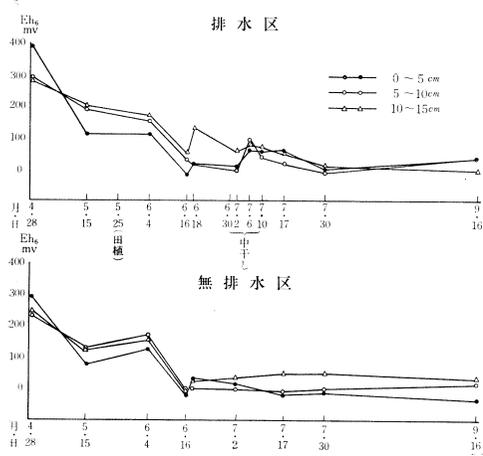
以上の結果から、①中央平原では排水不良と重粘による強還元のため、根腐れの危険性があり、Brackish water alluvial 地帯では酸性障害、とくに磷酸の不溶化に伴う磷酸欠乏が著しい。海岸に近いところでは、Na, Mg による塩類障害がみられる。有効態窒素、有効態磷酸は欠乏しているが、塩基保持力、塩基の状態は寧ろ良好である。②北タイはタイ国内では平均収量の最も高いところであるが、有効態窒素、磷酸含量は低い。③東北タイは殆んどすべての養分に欠乏し、塩基保持力もきわめて低く、肥沃度は著しく低い。しかも乾期において、塩類が地表に折出しているところがあり、水稻の収量を著しく停滞させている。従って、中央平原においては水管理などによる根圏領域を適正な酸化還元状態に維持すること、強酸性地帯では土壌反応の矯正によって、土壌窒素、磷酸の有効化を促進させることが必要であろう。北タイとくに東北タイでは有機物の連用と共に豆科植物の導入などによって地力増強を図ることがきわめて重要であると考えられる。

水稻の生育ならびに収量に及ぼす水管理の効果に関する研究

中央平原における水稻停滞の一因に排水不良に基づく土壌の強還元による水稻根活性の劣悪化が挙げられる。このような土壌環境条件では水管理による根圏領域の健全化が期待され、わが国においては既に水管理による水稻増収の技術化が確立され、また増収の機作についても多くの研究によって明らかにされている。しかしながら、中央平原のように地形的に平坦で、main season における地下水位の上昇、雨季における作付、しかも重粘なデルタ地帯における水管理では、日本のように灌漑水の降下浸透効果は期待できない。本研究の目的は熱帯の諸条件下における水管理が水稻の生育と収量に及ぼす影響を土壌条件の変化と養分吸収の面から追求し、水管理の実用的技術体系を確立することにある。

昨年度は Bangkok Experiment Station の圃場において、新奨励品種 RD-1 を用い、窒素レベルを6段階 (ha 当り 0, 25, 50, 75, 100, 125 kg)、磷酸2段階 (ha 当り, 37.5, 112.5kg)、カリ1段階 (ha 当り 75 kg) の施肥設計で、磷酸・カリは全量、窒素は半量元肥に、残りは開花1ヶ月前に施用した。水管理は田植約1ヶ月後から10日間 (6月30日~7月9日) お

よび7月17日から3日間、灌漑水を排水して中干しを行なった。なお、無排水区は3月24日以降灌水が続けたのに対して、排水区では5月10日に灌水し、耕耘を行なった。得られた結果の概要は次のとおりである。



第4図 Eh₆ の経時変化

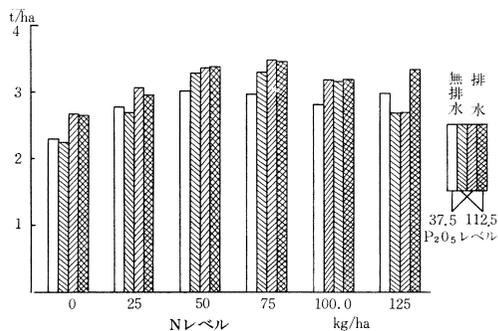
1 土壤の酸化還元の状態を示す一つの指標と考えられる Eh₆ の変化を深さ別に第4図に示した。これによると、排水処理による Eh₆ は僅かに上昇するにすぎず、また土壤中の Fe(II) 含量も僅かに減少する程度で大差は認められなかった。この事は水管理(中干し)によって土壤の酸化が十分に行なわれなかったことを示していると考えられる。

2 中干し期間中の水分の変化、三相分布、仮比重の変化を第1表に示した。中干しの進行とともにごく

第1表 中干しによる三相分布・水分の変化

月日	深さ cm	固相 %	液相 %	気相 %	水分 %	仮比重
6/28	0~5	36.6	61.7	2.3	64.8	0.95
	5~10	40.3	57.0	1.5	50.6	1.11
	10~15	41.5	56.0	1.9	49.1	1.12
6/30 中干し 開始	0~5	38.8	57.9	3.3	57.4	0.98
	5~10	42.0	56.1	1.9	49.0	1.11
	10~15	42.0	56.9	1.0	53.1	1.06
7/2	0~5	40.6	54.4	5.0	51.5	1.06
	5~10	42.7	53.1	3.5	47.1	1.13
	10~15	42.0	54.3	2.2	48.0	1.13
7/4	0~5	41.8	46.8	11.4	43.1	1.09
	5~10	42.7	54.1	3.2	48.7	1.11
	10~15	42.0	55.2	2.8	50.5	1.09

表層(0~5cm)では土壤水分の減少とともに気相・固相が増加し、従って仮比重も増加しているが、それ以下の深さでは三相分布、水分含量の変化は殆んどみられない。中干し期間中にクラックの生成が認められたが、それらはごく表層に止まり、深く内部にまで及んでいないことを示している。本土壌の粘土鉱物組成はモンモリン、イライト、カオリンを主成分としており、中干しが完全に行なわれたとすれば、土壤の収縮による大亀裂の生成の可能性があるが、その場合クラックの表面は酸化されるが、亀裂間の固相は収縮によってかえって緊密となり、土壤の内部、根圏領域の大部分は依然として強還元の状態に止まるものと考えられる。



第5図 収 量

3 収量は第5図に示したが、登熟期におけるウンカの被害(被害の程度は排水区において大きかった)を受けて、一昨年の成績に比べて、著しく低かった。しかしながら、排水処理によって、いずれの窒素レベルにおいても収量増加が認められた。窒素の施用効果は75kg/haの施用量で収量は頭打ちになっているが、高い燐酸レベルでの窒素の効果が高いようであった。燐酸の効果は無排水、排水区ともいずれの窒素レベルにおいてもそれほど大きくなかった。

4 水管理(とくに中干しによる)の効果을期待する場合、灌漑水の降下透過が殆んどない中央平原のような重粘土地帯では、まづ作土の粗粒状構造(水中安定な団粒構造)の発達を図って、灌漑水の排水に伴う水分減少によってクラックの生成を促進し、根圏領域全体に及ぶ酸化を図ることが重要であると考えられる。

水稻の生育および収量に対する有機物施用の効果に関する研究

熱帯においては施用窒素の約30%強が植物体に利用

されるにすぎず、残りは土壌窒素に依存していることが明らかにされている。土壌中における窒素の供給源は土壌微生物による空中窒素の固定を含めて土壌有機物に負うところが大きい、熱帯の条件下では土壌有機物の分解は迅速に進行すると考えられる。従って地力の維持増進のためには連続的な有機物の施用が必要である。一方土壌中に施用された有機物はその分解過程において水中安定性の粒団形成に参与し、土壌構造の発達をととして土壌の物理性の改善に寄与することが期待される。しかしながら、不適正な有機物の施用は窒素飢餓、異常還元の惹起またそれに基づく有害物質の生成などかえって水稲の生育に不利になることがある。従って、有機物の施用に当っては施用量および施用時期については十分な考慮が必要である。

本研究の目的は水稲に対する養分の供給源としてばかりでなく、土壌の物理・化学的な性質を改善する土壌改良剤としての有機物の効果を解明することである。

昨年度は Bangkok Experiment Station において、有機物として City compost (全窒素 1.13%, 全 P₂O₅ 1.70%, 全 K₂O 0.62%) および生糞 (全窒素0.79%, 全 P₂O₅ 0.22%, 全 K₂O 1.47%) をそれぞれ 0, 2, 6 t/ha の割合に田植 3 週間前に施用した。窒素レベル 4 段階 (0, 37.5, 75, 112.5 kg/ha), 燐酸・カリは共

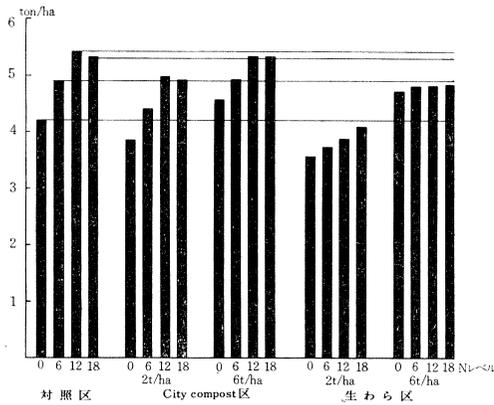
に 75kg/ha の施肥設計で、燐酸・カリは全量、窒素は半量元肥に、残りの半量は開花 1 カ月前に施肥した。25日苗の RD-1 を 15×30 cm の栽植密度で 3 本植を行なった。(田植 8 月 4～5 日, 収穫 11 月 10～13 日) 得られた結果の概要は次のとおりである。

1 土壌有機物施用による土壌条件の変化を第 2 表に示した。これによると、生育期間中、土壌 pH は徐々に上昇し、Fe(II)の増加と対照的に Eh₆ は徐々に低下して、土壌は次第に還元状態に向うことを示している。しかしながら、有機物施用の影響は Fe(II) が対照区に比して僅かに増大している程度で、土壌の還元化に対して大きな差は認められなかった。本圃場は中央部の低地に位置し、休閑中 (Dry season) には野草が繁茂し、これが耕耘の際鋤き込まれたために施用有機物の影響が軽減されたものと考えられる。一方、施肥前の土壌中のアンモニア濃度は City compost 区で高く、生糞区では少なかった。これは当然のことながら、City Compost 区では C/N 比が低いため、分解過程で含有窒素化合物が無機化されるのに対して、生糞区では逆に C/N 比が高いため、土壌中の窒素が微生物に同化され有機化されたためと考えられる。しかしながら、この有機化された窒素は水稲生育の後期に無機化して有効化することが期待される。

第 2 表 有機物施用による土壌条件の変化

処 理*	8 月 3 日 (田植直前)				8 月 31 日				9 月 29 日			10 月 30 日		
	pH	Eh ₆ mV	Fe (II) ppm	NH ₄ -N ppm	pH	Eh ₆ mV	Fe (II) ppm	NH ₄ -N ppm	pH	Eh ₆ mV	Fe (II) ppm	pH	Eh ₆ mV	Fe (II) ppm
0-0	6.54	+80	2505	22.3	6.64	-9	2587	8.3	6.83	-73	3959	6.90	-51	3966
0-3					6.63	-1	2880	15.6	6.86	-84	3877	6.95	-38	3985
D-L-0	6.68	+64	3037	39.0	6.89	-19	3398	9.9	6.87	-68	3327	6.90	-56	4328
D-L-3					6.76	-22	3231	19.4	6.77	-104	3663	6.83	-101	4456
C-H-0	6.74	+61	2778	45.1	6.84	-40	3000	12.4	6.87	-113	3464	6.85	-74	4815
C-H-3					6.87	-28	2924	28.7	6.91	-94	4368	6.95	-48	
R-L-0	6.33	+71	3231	15.0	6.53	-72	3398	8.3	6.82	-48	3670	6.83	-50	4946
R-L-3					6.52	-93	3531	10.7	6.78	-91	3818	6.78	-74	5254
R-H-0	6.48	+57	3033	15.1	6.71	-87	3773	8.0	6.82	-84	4040	6.85	-93	4916
R-H-3					6.61	-107	3908	23.4	6.70	-71	4105	6.89	-83	5263

* 0-0 : 対照 N レベル 0 kg
 0-3 : " " 112.5 kg/ha
 C-L-0 : City compost 2t/ha 0 kg
 C-L-3 : " " " 112.5 kg/ha
 C-H-0 : " " 6t/ha 0 kg/ha
 C-H-3 : " " " 112.5 kg/ha
 R-L-0 : 生 糞 2t/ha 0 kg/ha
 R-L-3 : " " " 112.5 kg/ha
 R-H-0 : " " 6t/ha 0 kg/ha
 R-H-3 : " " " 112.5 kg/ha



第6図 収量

2 収量は第6図に示したように、窒素無施用区において、City Compost、生糞多量施用区で約10%の収量増加がみられる他は同じ窒素レベルでは有機物の効果はなく生糞少量区では負に働いている。窒素の施用効果は対照区、City Compost 区では75 kg/ha で頭打ちとなり、生糞多量区では窒素施肥効果は本試験に関する限り判然としなかった。予期に反して、有機物施用の収量に対する効果はかえって負になる結果が得られたが、この問題については、本年度、水管理との組合わせて継続する予定である。

3 有機物施用による土壌の物理・化学的な性質の

第3表 跡地の土壌の変化

	対照区	City Compost 区		生わら区	
		2t/ha	6t/ha	2t/ha	6t/ha
Fe(II) ppm	3586	3186	3588	3900	3726
NH ₄ -N ppm	43	57	64	68	76
水中沈定容積 (ml/g)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

変化を知るために、収穫後の土壌を採取し、風乾後流水し 30°C に 4 週間保温した場合の Fe(II), NH₄-N 生成量および水中沈定容積を測定した結果を第3表に示した。Fe(II) 生成量は生糞施用区で若干高い値が得られたが、処理間に大きな差異は認められない。しかしながら、NH₄-N 生成量は Control に対して、City Compost、生糞施用区では明らかに高く、次期作付期間中における土壌窒素の有効化が期待される。水中沈定容積から推定される土壌の物理性の変化は殆んど全く認められなかった。

以上の結果から、本試験においては有機物施用による水稲増収の効果は City Compost 施用区で僅かに認められるにすぎず、生糞施用区ではむしろ減収の結果が得られた。また、跡地の理化学的性質の変化として、有機物施用による土壌窒素の有効化が期待された。

IR 8 の窒素反応と施肥方法

倉 島 健 児

東北農業試験場

駐在場所: International Rice Research Institute, Philippines

駐在期間: 1968年7月~1970年7月

国際稲作研究所 (IRRI) は1966年に IR 8 を育成して以来、IR 5 (1967), IR 20 (1969), IR 22 (1969) などを公表している。IR 8 に代表されるこれらの改良品種は草型で旧品種とは著しく異なり、短稈で耐倒伏性が強く収穫期まで直立葉を保ち、窒素の多施用によく反応し収量がきわめて高い^{1), 2)}。IRRI の研究報告によれば、IR 8 のもみ収量は出穂期の葉面積 (LAI) が6で最高となり、LAI 10まではほぼ一定である。従って収量に対する出穂期の最適葉面積がみられない^{3), 4)}。

収量構成要素では稔実歩合、千粒重はもみ数に関係なくほぼ一定であり、収量はもみ数と密接な関係にあることが明らかにされている⁴⁾。一方施肥法に関しては、IR 8 に対する窒素の基肥施用効果は著しく大きい。窒素の分割施用は、倒伏しやすい品種あるいは施用窒素の流亡しやすい土壌 (Coarse textured soil) においては効果がみられ、耐倒伏性の強い IR 8 では認められないとしている⁵⁾。

IRRI の圃場を用いて行なった試験は改良品種の施用窒素に対する反応を主として収量構成要素の面から解析し、収量の限定要因をさぐり、収量限定要因に対する窒素分施の効果を、生理生態的に追求しようとし