

強粘質水田土壌の物理・化学的特性と 生産力向上に関する研究

V. 稲わら施用に伴なう水稻の 初期生育障害要因の解析*

前 田 要** 南 松 雄***

稲わらの直接施用が水稻の初期生育障害に及ぼす影響を2種類の土壌（グライ土、褐色低地土）を用いて検討した。細粒質なグライ土は中粗粒質な褐色低地土に比べ稲わら施用に伴う水稻の生育障害が強く出現し、かつその後の回復程度も明らかに劣った。とくにその傾向は常温（20℃）よりも低温（17℃）条件下で顕著に認められた。一方、水稻生育障害の主要因は稲わら中に含有されるポリフェノール系化合物に起因する度合いが強く、窒素飢餓および2価鉄の関与は付随的なものであろうと推察した。このポリフェノール系物質の生成は両土壌とも日平均積算地温200~300℃でピークがみられ、しかもグライ土は褐色低地土に比べて濃度が高く、かつ残存期間の長い特長を示した。さらに、同一濃度でもグライ土の方が障害程度が大きいことから、いわゆる有害物質に対する水稻の生育障害抵抗性が土壌の種類によって異なることが明らかとなった。

緒 言

前報¹⁶⁾までの一連の試験で、排水性不良な強粘質水田において水稻生産の安定化と品質向上を図るためには土壌の乾燥化対策の意義がきわめて大きいことを明らかにした。さらに湿田における非かんがい期間中の乾田化が土壌の物理性改善面に寄与することは勿論のこと、湛水後の土壌養分の挙動ならびに土壌還元発達の強弱などを通じ、水稻の初期生育および養分吸収を規制する重要な要因であることを併せて報告した。

一方、近年水田に対する堆肥等の有機物投与量が減少するなかで地力の低下および土壌の悪化が指摘され、各地で地力増強の必要性が論じられている。しかしながら、現状の機械化一貫作業体系の中で良質堆肥

肥の生産を強く求めることには多くの困難性を伴っていることも事実である。

さらに、排水性良好な乾田タイプ水田では稲わらの直接圃場へのすき込み利用でも堆肥同等の地力増進効果が期待できるため、積極的に利用される場面が多いのに対し、排水性不良な湿田タイプ水田では逆に悪影響を及ぼす場合が多く、一般には圃場外搬出か焼却という措置がとられているのが実態である。

なお、さきに報告したように²⁴⁾、この種湿田タイプ水田においても合理的な排水法改善処理（粃殻暗渠、粃殻心土破碎および浅暗渠）や適切な水管理（中干し、適期落水など）によって表層土の乾燥化が得られれば湛水後の土壌還元発達が緩和され、稲わら施用による水稻の生育障害が著しく軽減されることを明らかにした。

本報告ではグライ土と褐色低地土の2種類の土壌を供試し、稲わら施用に伴なう土壌化学性の変化、とくにアンモニア態窒素、活性2価鉄生成量ならびにポリフェノール系物質濃度の消長と水稻の初期生育障害との関係を実験で検討した結果について報告する。

本報告は北海道立中央農業試験場化学部長奥村純一

1981年6月18日受理

* 本報告の一部は、日本土壤肥料学会北海道支部大会（1978年12月）で発表した。

** 北海道立中央農業試験場稲作部, 069-03 岩見沢市上幌向

*** 北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町

氏にご校閲をいただいた。また、北海道立上川農業試験場土壤肥料科の方々には研究遂行上多大の御協力と有益な助言をたまわった。筆者らは以上の各位に厚く謝意を表する。

試験方法

1. 供試土壌

本試験に供試した土壌はグライ土（上川郡鷹栖町14線17号、農家圃場）と褐色低地土（旭川市永山6条18丁目）の2種類であり、グライ土は強粘質を呈する細粒質な土壌で遊離酸化鉄含量が高く、乾土の無機態窒素生成量が著しく大きい。一方、褐色低地土は火山灰を母材とする中粗粒質な土壌で作土の腐植含量が高く、磷酸吸収力の大きな特徴を示す。

なお、両土壌の理化学性の詳細な内容については前報¹⁶⁾でのべたとおりである。

2. 試験処理内容

本試験は1976, 1978の両年に実験した。各年次における具体的な試験設計内容についてはつぎに示すとおりである。

A 試験

- 1) 試験年次; 1976年
- 2) 試験規模; 100 cm³のノイバウエルポット試験, 人工気象箱, 2 連制
- 3) 供試土壌; 細粒質グライ土, 中粗粒質褐色低地土 (いずれも2.0 mm篩別風乾細土)
- 4) 供試品種; 「イシカリ」(稚苗)
- 5) 処理内容; 有機物処理…無施用, 堆肥および稲わら1.0 %/土壌重量
温度処理…昼夜17°C, 20°C
施肥量…N, P₂O₅, K₂O各々0.2 g/ポット
- 6) 移植; 5月24日 (3株/ポット, 1株2本植)

B 試験

- 1) 試験年次; 1978年
- 2) 試験規模; a / 5,000 ワグネルポット試験, 2 連制
- 3) 供試土壌; 細粒質グライ土, 中粗粒質褐色低地土 (いずれも2.0 mm篩別風乾細土)
- 4) 供試品種; 「イシカリ」(中苗)
- 5) 処理内容; 稲わら施用量…0, 0.5, 1.0 %/土壌重量
移植前の湛水日数…0, 15, 30日
施肥量…N, P₂O₅, K₂O各々0.5 g/ポット
- 6) 移植; 5月26日 (3株/ポット, 1株2本植)

試験結果

1. 施用有機物の種類ならびに環境要因（土壌、温度）と水稻の初期生育の関係

有機物の施用が水稻の初期生育に与える影響は有機物自体の腐熟程度、化学組成などの質的な面によって直接支配されることは勿論のこと、他の多くの環境要因も無視できない。

本試験では、施用有機物の質的な相違ならびに温度条件が水稻の初期生育に及ぼす影響を土壌別に検討する。

まず、本試験に供試した施用有機物の化学組成をみると（表1）、腐熟稲わら堆肥は未熟な稲わらに比べ全炭素含有率、灼熱損失量ならびにC/N比がいずれも著しく小さい。また0.5 % NaOH 可溶腐植物質の吸光度も後者より前者の方がはるかに高く、かつ吸光比（470 nm / 610 nm）も小さな特長を示している。

つぎに、この有機物を2種類の土壌（グライ土、褐色低地土）に施用し、さらに温度条件を17°Cと20°Cに規制した人工気象箱内でこれら諸要因が水稻の初期生

表1 施用有機物の特長

有機物の種類	水分 (%)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	灼熱損失量 (%)	0.5% NaOH 可溶腐植物質の吸光特性*		
						470 nm	610 nm	470 nm / 610 nm
稲わら	12.0	38.5	0.65	59.2	88.6	0.51	0.08	6.54
腐熟稲わら堆肥	59.2	20.3	2.11	9.6	26.3	1.33	0.92	1.45

* アルカリ (0.5 % NaOH) 抽出法; 粉碎試料2 gに0.5 % NaOH 30 mlを加え、時々かく拌しながら室温で20時間放置する。濾過 (又は遠心分離) 後、抽出液4 mlを目盛付比色管に採取し、0.5 % NaOH で30 mlに希釈して吸光度を測定する。

育に及ぼす影響について検討した。

表2の試験結果をみると、草丈、茎数および乾物重の推移は発始20℃の方が17℃を上廻っており、6月29日（移植後35日目）の乾物重の比較では2倍以上の較差がみられる。また、施用有機物との関係についてみると、両土壌とも腐熟稲わら堆肥施用は無施用及び稲わら施用に比して茎数ならびに乾物重の増加が顕著であり、未熟稲わら施用がもっとも劣っている。とくにその傾向は褐色低地土よりもグライ土で明瞭である。

一方、地上部稲体の窒素含有率をみると（表3）、17℃処理は20℃処理に比べ移植直後（6月2日）でや

や低く、移植後約1ヶ月経過した時点（6月29日）では逆に高まっており、かつその傾向は褐色低地土よりもグライ土で幾分顕著に認められる。さらに稲体の窒素吸収量は20℃の方が17℃を、また土壌別では褐色低地土よりもグライ土の方がそれぞれ上廻っている。

つぎに、施用有機物の質的な関係をみると、両土壌とも移植直後の稲体窒素吸収量は無施用より有機物施用の方がやや劣っているが、腐熟稲わら堆肥では漸次無施用を凌駕する値を示している。しかしながら、未熟稲わら施用の場合には6月29日の時点でも依然として無施用を下廻っており、しかもその程度は20℃処理

表2 有機物の種類および処理温度条件が水稻の初期生育量に及ぼす影響

土 壌	温 度	有 機 物 処 理	生 育 調 査 (cm・本)						乾 物 重 (g/2株)		
			6 月 2 日		6 月 15 日		6 月 29 日		6 月	6 月	6 月
			草 丈	茎 数	草 丈	茎 数	草 丈	茎 数	2 日	15 日	29 日
グ ラ イ 土	17℃	無 施 用	13.6	3.0	27.4	5.8	38.5	19.0	0.22	1.07	4.21
		堆 肥	14.9	3.0	27.3	5.0	39.8	19.5	0.28	1.00	4.69
		稲 わ ら	13.9	2.8	23.6	3.0	34.4	12.5	0.24	0.65	1.88
	20℃	無 施 用	19.8	3.0	45.1	6.8	59.1	19.0	0.34	2.76	8.09
		堆 肥	18.9	3.0	45.4	8.3	59.5	20.0	0.37	3.20	8.26
		稲 わ ら	16.4	2.8	40.8	4.5	57.8	20.5	0.27	1.76	6.24
褐 色 低 地 土	17℃	無 施 用	14.0	2.8	23.6	4.5	36.3	15.0	0.22	0.70	2.87
		堆 肥	13.7	3.0	23.8	5.5	38.7	17.0	0.23	0.84	3.20
		稲 わ ら	13.5	2.5	22.5	3.0	35.2	10.5	0.19	0.64	2.03
	20℃	無 施 用	20.4	2.8	47.3	5.8	61.5	17.0	0.30	2.48	7.34
		堆 肥	19.5	3.0	45.9	7.0	60.1	19.0	0.31	2.87	7.50
		稲 わ ら	18.0	2.8	40.7	5.5	56.6	16.0	0.25	1.62	6.33

表3 稲体窒素含有率および吸収量の推移

土 壌	温 度	有 機 物 処 理	N 含 有 率 (%)			N 吸 収 量 (mg/pot)		
			6 月 2 日	6 月 15 日	6 月 29 日	6 月 2 日	6 月 15 日	6 月 29 日
グ ラ イ 土	17℃	無 施 用	4.48	4.66	3.47	14.8	75.0	218.3
		堆 肥	3.52	4.66	3.55	14.8	69.9	250.3
		稲 わ ら	4.06	4.29	4.08	14.6	42.0	116.4
	20℃	無 施 用	6.24	4.29	1.77	31.8	177.6	215.1
		堆 肥	4.62	4.18	1.92	25.9	200.6	239.1
		稲 わ ら	5.57	4.24	2.12	22.8	111.9	197.1
褐 色 低 地 土	17℃	無 施 用	4.91	4.43	4.19	16.2	46.5	182.4
		堆 肥	4.67	4.54	3.85	16.4	57.2	184.8
		稲 わ ら	4.68	4.19	3.82	13.6	40.2	114.6
	20℃	無 施 用	5.08	4.25	1.89	22.9	119.9	207.0
		堆 肥	4.69	4.29	1.87	22.0	185.0	210.3
		稲 わ ら	4.84	4.31	2.10	18.4	104.7	198.6

表 4 土壌の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、活性 Fe^{+2} および Eh の推移

土 壌	温 度	有 機 物 処 理	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/100g)			活性 Fe^{+2} (mg/100g)		Eh (mV)	
			6月2日	6月14日	6月30日	6月2日	6月14日	6月2日	6月14日
グライ土	17℃	無施用	48.3	65.0	42.8	30.0	68.2	+82	-95
		堆肥	49.8	75.9	39.7	47.1	102.7	+55	-70
		稲わら	50.9	75.4	42.8	265.3	311.7	-32	-155
	20℃	無施用	51.4	79.7	46.8	17.1	149.5	+95	-28
		堆肥	56.1	85.2	42.8	47.1	124.3	+98	-25
		稲わら	56.8	81.0	45.8	256.7	398.0	±0	-95
褐色低地土	17℃	無施用	54.2	65.9	37.2	32.2	34.8	+35	-60
		堆肥	49.4	59.9	31.6	100.6	125.6	+20	-50
		稲わら	52.0	68.2	33.1	440.7	250.0	-15	-45
	20℃	無施用	52.3	64.8	30.5	30.0	34.4	+70	-10
		堆肥	52.2	68.1	29.5	68.6	90.1	+45	-50
		稲わら	60.2	73.6	37.7	442.9	362.0	-70	-165

より17℃処理で著しい。

なお、土壌化学性の分析結果をみると(表4)、アンモニア態窒素の堆肥は両土壌とも20℃の方が17℃よりも高く、かついずれの条件下においても無施用に比べ有機物施用の方が勝っている。さらに、6月14日以降

のアンモニア態窒素の溶出量を土壌間で対比するとグライ土の方が褐色低地土を凌いでおり、この結果は稲体窒素吸収量の関係とはほぼ一致している。

一方、活性2価鉄溶出量は両土壌とも処理温度とは無関係に稲わら施用によって急激に高まっており、土

表 5 移植時の土壌条件と水稻初期生育量の関係

土 壌	移植までの 土壌の湛水 日数 (日)	稲わらの 施用量 (%)	生 育 調 査 (cm・本)				乾 物 量 (g/pot)		
			6 月 20 日		7 月 6 日		6月23日	7 月 10 日	
			草 丈	茎 数	草 丈	茎 数	地上部	地上部	地下部
グライ土	0	0	29.0	9.3	48.7	31.0	1.5	7.7	1.8
		0.5	21.6	7.3	44.8	18.3	0.5	3.6	1.3
		1.0	17.9	2.2	37.7	9.8	0.7	2.2	0.9
	15	0	24.7	7.3	47.3	25.3	0.8	4.3	1.1
		0.5	24.7	6.0	44.5	20.0	0.6	4.7	1.5
		1.0	13.9	2.2	37.8	11.3	0.3	2.5	1.0
	30	0	21.5	4.7	39.1	17.5	0.5	2.8	0.6
		0.5	21.6	2.8	43.6	16.3	0.5	3.5	1.1
		1.0	11.5	2.0	36.0	6.3	0.1	1.0	0.5
褐色低地土	0	0	28.7	13.0	49.6	23.5	1.2	14.0	3.1
		0.5	27.0	7.0	47.3	23.5	0.9	11.7	2.8
		1.0	21.8	4.7	43.3	15.5	0.8	8.1	2.8
	15	0	27.6	7.3	42.3	21.5	1.1	8.2	3.1
		0.5	24.9	4.7	42.5	15.0	0.7	11.1	4.0
		1.0	22.8	4.0	44.6	18.0	0.4	8.1	3.8
	30	0	27.6	6.0	44.7	22.5	0.7	5.9	2.0
		0.5	24.7	5.0	42.6	19.5	0.4	7.8	2.6
		1.0	18.0	3.3	33.8	14.0	0.3	3.9	2.0

壤別にみると6月2日では褐色低地土が、また6月14日ではグライ土がそれぞれ高い傾向にある。

2. 移植時の土壌環境と水稻の初期生育との関係

水稻の初期生育を規制する土壌環境要因として地温、排水性、還元発達強度、有害物質および土壌養分などの影響が考えられるが、ここではとくに移植時の土壌養分状態ならびに活性2価鉄、ポリフェノール系化合

物など有害生成物質の関与が水稻の初期生育におよぼす影響について検討する。

移植日を同一にした場合の移植前湛水日数を0, 15, 30日の3群に、また稲わらを土壌重量当り0, 0.5, 1.0%施用して移植時の土壌環境の差異が水稻の初期生育におよぼす影響について両土壌で検討した結果を表5および図1に示した。

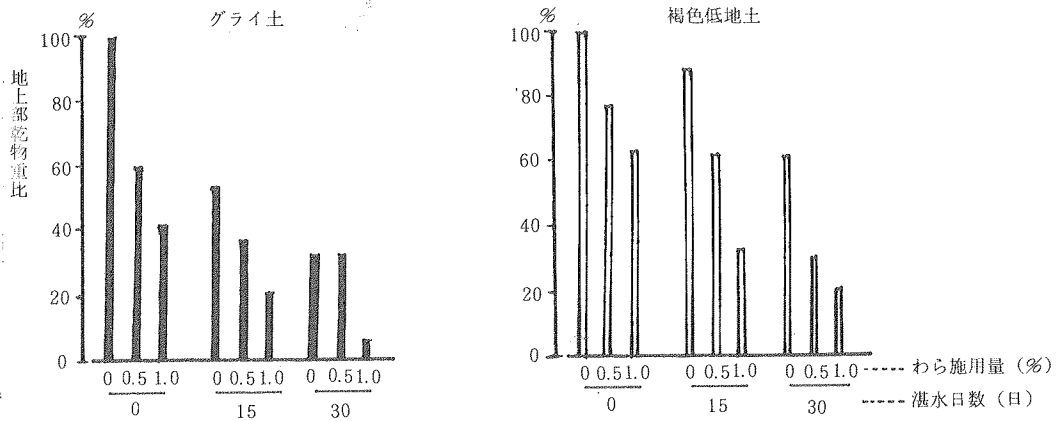


図1 処理別地上部乾物重の比較(6月23日)

まず、生育調査結果をみると、両土壌とも移植前の土壌湛水期間が長いほど水稻の初期生育が明らかに抑制されており、草丈、茎数ならびに乾物重はいずれも0>15>30日の順に大きい。また稲わら施用量間の比較では0>0.5>1.0%の順に施用量の多いものほど生育の停滞が著しい。とくに稲わら1.0%施用での生育量の低下が顕著で、グライ土の移植前湛水日数が30日のものでは移植3日後にすでに水稻葉身が枯死し、その後の回復進度も著しく遅滞した。

つぎに移植後45日目における地上部稲体の窒素含有率および窒素吸収量をみると、両土壌とも稲わら施用量の増加に伴って窒素含有率の高い傾向が認められ、さらに移植前の湛水期間が長いものほど窒素吸収量が明らかに低下している。また稲わら0.5%施用では生育初期での障害が少なく、かつ生育中期以降の窒素供給量が多いため稲体窒素吸収量はむしろ無施用を上廻っている。しかしながら、稲わら1.0%施用では生育初期での障害が大きかったため充分な回復には至っていない。

一方、土壌間の比較ではいずれの条件下においても褐色低地土の稲体窒素吸収量がグライ土を大幅に上廻っ

ており、しかもその程度は移植前の土壌湛水期間が長く、かつ稲わら施用量の多いものほど著しい。

つぎに、移植時の土壌化学成分の動向について検討した結果を表7に示した。

表から明らかなように、両土壌とも移植前の湛水期間が長く、かつ稲わら施用量の多いものほど活性2価鉄溶出量が高い。とくに稲わらを施用して移植30日前に湛水したものでは400~600mgにも達する高い濃度を示している。さらに土壌間の比較ではいずれの処理においても水稻の生育量が大きかった褐色低地土の方がグライ土より上廻る場合が多い。

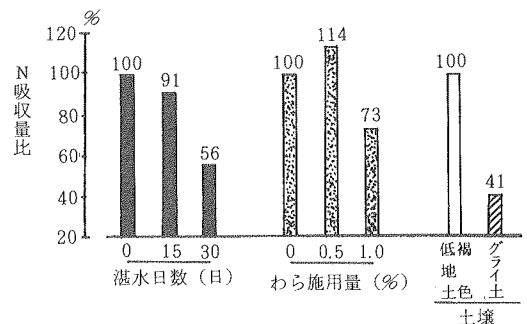


図2 N吸収量の主効果平均値(7月10日)

表6 稲体窒素含有率および窒素吸収量の比較 (7月10日)

土 壤	移植までの 土壌の湛水 日数 (日)	稲わらの 施 用 量 (%)	地 上 部 稲 体		N吸収量比 (%)
			N 含 有 率 (%)	N 吸 収 量 (mg/Pot)	
グライ土	0	0	2.55	196.4	100
		0.5	3.66	132.9	68
		1.0	3.41	76.0	39
	15	0	2.20	94.2	48
		0.5	2.51	118.7	60
		1.0	3.38	83.8	43
	30	0	2.45	67.4	34
		0.5	2.92	103.1	53
		1.0	3.35	33.5	17
褐色低地土	0	0	2.20	308.0	100
		0.5	2.67	312.4	101
		1.0	2.86	231.7	75
	15	0	3.10	254.2	83
		0.5	3.17	351.9	114
		1.0	2.98	241.4	78
	30	0	2.73	161.1	52
		0.5	2.79	217.6	71
		1.0	3.04	118.6	39

表7 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、活性2価鉄、Ehおよび全ポリフェノール濃度の推移

土 壤	移植までの 土壌の湛水 日数 (日)	稲わらの 施 用 量 (%)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg)		活性 Fe^{2+} (mg)		Eh (mv)		全ポリフェノール (ppm)*	
			5月25日	6月12日	5月25日	6月12日	5月25日	6月12日	5月25日	6月12日
グライ土	0	0	30.2	33.0	13.1	11.2	-120	-240	0.7	0.6
		0.5	35.8	38.6	19.2	173.0	-110	-370	1.1	1.5
		1.0	36.4	35.4	35.8	216.4	-120	-370	3.0	24.0
	15	0	31.6	34.7	18.4	12.3	-120	-260	0.7	1.0
		0.5	27.5	51.6	104.4	296.0	-280	-370	8.5	3.2
		1.0	30.3	38.4	137.1	382.3	-340	-390	15.5	4.0
	30	0	33.4	44.5	24.0	58.0	-100	-290	1.0	3.9
		0.5	40.8	57.4	410.1	446.8	-330	-360	15.7	13.8
		1.0	31.6	46.4	494.7	544.1	-350	-400	22.0	10.5
褐色低地土	0	0	43.7	44.2	18.1	11.3	-45	-160	0.4	0.4
		0.5	27.6	29.3	18.4	162.1	-2	-310	0.5	8.2
		1.0	27.3	24.1	38.3	356.1	-100	-390	4.1	4.0
	15	0	26.6	24.4	33.2	56.4	-185	-200	0.5	0.4
		0.5	52.5	39.5	106.5	279.2	-200	-310	4.5	3.8
		1.0	38.2	23.1	371.2	629.6	-340	-390	14.0	3.3
	30	0	31.1	41.9	56.2	60.8	-150	-250	1.1	1.0
		0.5	29.9	41.5	486.4	505.3	-250	-380	13.0	18.5
		1.0	30.9	30.7	566.1	644.0	-350	-400	26.0	7.8

注) 全ポリフェノール*: 土壌溶液回収 (7,000rpm, 20min) 後, ホーリン=デニス法にて比色定量 (検量曲線の作製にはD-(+)-catechineを使用)。

一方、水稻根の養分吸収阻害に直接関与するといわれている土壌中の全ポリフェノール系物質濃度の変動をみると、5月25日（移植時）および6月15日とも無施用に比べ稲わら施用で著しく高く、とくに移植後の生育障害が顕著に認められた両土壌の移植30日前湛水・稲わら1.0%施用では水稻の生育阻害限界濃度（20ppm）を越える22～26ppmの高濃度に達しているのが注目される。

以上の事象より、稲わら施用による水稻の生育障害の影響を活性2価鉄とポリフェノール系物質の両者間で対比した場合、前者より後者的の方がより密接に関与していることが推察される。

一方、湛水期間中の日平均積算地温と活性2価鉄および全ポリフェノール系物質濃度の関係をみると（図3）、活性2価鉄濃度は両土壌とも積算地温の上昇に

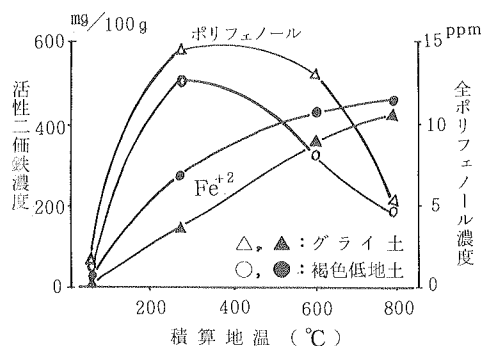


図3 積算地温と全ポリフェノールおよび活性2価鉄濃度との関係

伴って明らかに高まるが、土壌間の比較ではグライ土より褐色低地土の方が常に高く推移している。また全ポリフェノール系物質濃度は両土壌とも日平均積算地温が200～300°Cでピークがみられるが、グライ土は褐色低地土に比べ終始濃度が高く、かつ残存期間の長い特長を有している。さらに、同一濃度でも褐色低地土に比べグライ土の方が水稻の生育阻害程度がきわめて大きいことから、いわゆる有害物質に対する水程の生育障害抵抗性が土壌の種類によってことなることを裏付けている。

なお、両土壌ともポリフェノール系物質に対する水稻の生育障害抵抗性が生育時期によって異なり、移植直後でもっとも小さく、活着後ではかなり増大する傾向が認められた。

考察および論議

寒地稲作の安定生産と品質向上を図るための前提条件として健全な土壌環境の維持と適切な栽培技術の導入が基本的な問題として取りあげられる。

たとえば、排水不良な湿田は乾田に比べて窒素潜在地力に恵まれているにもかかわらず生育初期での発現がきわめて少なく、地温上昇の伴った生育中期以降に供給が集中されるため、いきおい水稻は生育遅延に陥り易い。とくに近年における稲わらの直接圃場への散布還元はその傾向を一層強める要因となっている。

このような現状を踏まえると、湿田において有機物のもつ多面的な機能を水稻生産の安定化に向けて有効に活用するためには土壌的な欠陥の是正によって土壌固有のマイナス要因を排除し、水稻の養分供給様式の改善を図ることが重要である。

一方、稲わらの施用が水稻の生産性におよぼす影響については地域性が認められ、一般に生育期間が短く、かつ生育遅延の傾向をたどる寒地ほどその障害性が大きく、障害があっても分解速度が早く、後期回復可能な暖地ではその程度も軽く、実用的には堆厩肥と同様に扱う場合が多い^{2, 3, 4, 6, 19, 21)}。

また、道内においても土壌タイプによって施用が許容される場合と冷涼な気象条件に規制され施用がまったく不可能な地帯とに区分される²²⁾。したがって、未熟な稲わらを貴重な有機物資源として有効に利用するに際しては暖地より寒地の方が多くの規制条件をうけるものである。

同一有機物でもその原料、分解程度によって化学組成が異なるが、実験に供試した稲わらのC/N比は59.2、腐熟稲わら堆肥では9.6であった。これら腐熟度の著しく異なる有機物の施用が水稻の初期生育に及ぼす影響をポット試験で検討した結果、腐熟稲わら堆肥では水稻の生育量が増大するのに対し、未熟稲わら施用では逆に減退した。この傾向は圃場試験同様に褐色低地土よりグライ土の方がはるかに大きく、しかもその程度は常温（20°C）より低温（17°C）で明瞭であった。

これらの結果から、稲わら施用による水稻の生育障害は中粗粒質な褐色低地土に比べ細粒質なグライ土で大きく、しかも常温より低温下で著しく出現した。

また、筆者らが別に行った試験で、水稻の初期生育に支障のない施用稲わらの腐熟度はC/N比ではほぼ27～

42, 0.5%可溶腐植物質の吸光度が470 nmで0.6~0.8の範囲内に存在することを確認している²³⁾。

湿田土壌の養分状態、還元発達程度ならびに有害物質の生成と水稻根の障害については多くの報告があるが^{1, 5, 7, 8, 14, 24)}、水稻の初期生育を旺盛にするためには移植時の土壌環境を酸化的に保ち、かつ水稻根の活性を高めて土壌養分の吸収促進を図る必要がある。

前報¹⁶⁾で明らかにしたように、強粘質な排水不良田では耕起・碎土時の圃場条件が軟弱なため湛水後の土壌還元が急速に進展する。

また圃場における田面水の降下浸透量もほとんどみられないため、根圏域の地温は排水良好な乾田に比べると常に低く推移する。

そのため施用稲わらおよび刈株などの粗大有機物の分解が遅滞し、極端な場合には根圏域にマット状に集積するケースさえみられる。

移植時の土壌養分状態ならびに有害生成物質濃度と水稻の生育障害との関係について検討した結果、グライ土および褐色低地土とも土壌中に存在する活性2価鉄溶出量が多く、かつポリフェノール系物質濃度の高いものは水稻の生育障害が著しかった。とくに活性2価鉄溶出量が400~600 mg, ポリフェノール系物質濃度が22~26 ppmに達したものでは移植3日後にすでに水稻葉身が枯死し、回復不可能な状態に陥るほどであった。また活性2価鉄、無機態窒素の推移ならびにポリフェノール系物質濃度の消長などから考察すると、本試験の場合稲わら施用によって誘発された水稻の生育障害は一般的にいわれている窒素飢餓、活性2価鉄および有機酸などの影響よりもポリフェノール系化合物の作用の方が強いものと推察した。さらにグライ土は褐色低地土に比べると土壌中におけるポリフェノール系物質の残存期間が長く(分解・消失が緩慢)、かつ同一濃度でも障害が著しく大きかった。

このような土壌間でみられる障害性の大小、ならびに有害物質の消長は土粒子自体の活性強度など複雑な他の多くの土壌的な要因が関与しているものと考えられるが、本試験の範囲では明確な要因把握は困難である。

水田土壌中における粗大有機物の分解過程と水稻の初期生育の関係については多くの報告がみられるが^{9~13, 17~22)}、長井¹²⁾は稲わら中のフェノール系化合物が水稻の初期生育におよぼす影響について詳細に検討した結果、排水中のフェノール系化合物濃度が20 ppm

をこえると障害がみられ、しかも障害の著しいものは高濃度に達することを認めている。

さらに同氏は、水稻の生育障害、養分吸収阻害において窒素飢餓および2価鉄の過剰吸収の影響は必ずしも不可欠の条件とはいえないとの指摘もしている。

したがって、前報¹⁶⁾の圃場試験結果と今回のポット試験による検討結果を併せて考察すると、1975および1976の両年にわたってみられたグライ土における水稻生育障害の主要因は無機態窒素の一時的な有機化による水稻の窒素欠乏(飢餓)、あるいは硫化水素をはじめとする他の有害生成物質の影響よりも根圏域に多量に集積した稲わらおよび刈株などの未熟な収穫残渣物から溶出するフェノール系化合物の関与によって直接惹起されたものと考えてはば間違いないものと思われる。

勿論、他の有害物質との相乗作用によって障害の発現が著しく拡大された事実も当然考慮に入れるべきである。

なお、稲わら施用による水稻の生育障害が土壌の種類によって異なる結果が得られたが、この点に関しては今後土壌の理化学性、とくに土粒子の表面活性と有害物質の吸着強度などとの関連でさらに検討を深める必要があろう。さらに、硫化水素、有機酸などをはじめとする他の有害物質間での相互作用についての検討も残された大きな問題である。

引用文献

- 1) 井利 一. “湿田の乾田化問題について”. 土肥誌. 32, 342-350 (1961).
- 2) 石沢修一ほか監修. “土壌肥料新技術”. 技報堂. 1969. p. 32-34
- 3) 上野正夫. “寒冷地におけるわら類施用の影響”. 土肥学会講要集. 26, 201-202 (1980).
- 4) 鎌田易尾ほか. “稲わらすき込田の稲作安定作業技術”. 秋田県農試研究時報. 12, 27-32 (1978).
- 5) 熊田恭一ほか. “植物遺体の腐朽化過程に関する化学的研究, 第1報 数種の有機質および無機質資材を混合した稲わらの腐朽過程”. 土肥誌. 43, 13-20 (1972).
- 6) 河本 泰. “暖地におけるわら類施用の影響”. 土肥学会講要集. 26, 199-200 (1980).
- 7) 志賀一ら. “北海道の水稻作における素糞施用

- の影響, 第2報 稲わらの分解と土壌への影響”. 土肥学会講要集, **13**, 79 (1967).
- 8) 滝嶋康夫ほか, “水田土壌中の有機酸代謝と水稻生育阻害性に関する研究, 第2報 有機酸の根生長並に養分吸収阻害”. 土肥誌, **31**, 441-446 (1960).
- 9) D. Young Cho. and F. N. Ponnamperna, “Influence of soil temperature on the chemical kinetics of flooded soils and the growth of rice”. Soil Sci., **112**, 184-194 (1971).
- 10) D. Pal, F. E. Broadbent and D. S. Mikkelsen, “Influence of temperature on the kinetics of rice straw decomposition in soils”. Soil Sci., **120**, 442-449 (1975).
- 11) D. Niranjan Rao, and D. S. Mikkelsen, “Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition”. Agron J., **68**, 752-755 (1976).
- 12) 長井武雄, “稲わら中のフェノール化合物が水稻の初期生育に及ぼす影響”. 土肥学会講要集, **21**, part 1, 85 (1975).
- 13) 長井武雄, “稲わらの分解度が水稻の生育に及ぼす影響, 第2報 エーテル抽出物による茎数の増加について”. 土肥学会講要集, **23**, part 1, 97 (1977).
- 14) 広瀬春朗, “稲わらおよび稲わら堆肥の分解とアンモニア態窒素の有機化過程”. 土肥誌, **44**, 211-216 (1973).
- 15) 前田 要, 南 松雄, “稲わらの簡易腐熟度判定法について”. 土肥学会講要集, **22**, part II, 17 (1976).
- 16) 前田 要, 南 松雄, “強粘質水田の物理・化学的特性と生産力向上に関する研究, 第4報 排水性の向上が水稻の初期生育に及ぼす影響”. 北海道立農試集報, **44**, 1-11 (1980).
- 17) 前田 要, 南 松雄, “強粘質水田の物理・化学的特性と透水性改良法に関する研究, 第6報 稲わら施用に伴う初期生育阻害要因の探索とその改善法(その2)”. 土肥学会講要集, **25**, part 1, 110 (1979).
- 18) 前田 要ほか, “寒地水稻の生産性に及ぼす粗大有機物連用の影響”. 土肥学会北海道支部大会講要集, **16** (1980).
- 19) 南 松雄, 前田 要, “寒地水田におけるイネわら連用の影響について”. 北海道立農試集報, **23**, 67-79 (1971).
- 20) 南 松雄, “水田地力の現状と有機物施用の意義”. 北農, **43**, 1-17 (1976).
- 21) 吉沢孝之, “水田における稲, 麦わらの施用とその効果”. 農業技術, **26**, 349-351, 407-413, 456-461 (1971).
- 22) 北海道立農業試験場編, “水稻に対する素わら施用の影響に関する試験成績”. 1971. p. 1-96
- 23) 北海道立上川農業試験場, “稲わら腐熟度の簡易判定法について”. 昭和54年度北海道農業試験会議資料, 1979. p. 1-23.
- 24) 北海道立上川農業試験場, “排水不良田の地力培養方策ならびに土壌管理法に関する試験”. 昭和54年度北海道農業試験会議資料, 1979. p. 1-36.

Studies on Physical and Chemical Properties and Improvement of Soil Productivities in Heavy Clayey Paddy Fields

5. Effects of application of rice straw on initial growth of rice plants

Kaname MAEDA^{*} and Matsuo MINAMI^{**}

Summary

As parts of studies on productivity improvement of soil of heavy clayey ill-drained paddy fields, this paper deals with the effects of application of rice straw on initial growth of rice plants. Tested were two soils: (A) gley soil of fine textured ill-drained paddy fields and (B) brown lowland soil of medium or coarse textured well-drained paddy fields, with the results summarized as follows:

In both the soils, application of rice straw retarded initial growth of rice plants; retardation was especially pronounced in A; in degree of subsequent growth recovery A was evidently inferior to B. Moreover, this tendency was more remarkable at 17°C than at 20°C in temperature regime.

It was elucidated, meantime, that the major causes of the retardation were polyphenolic compounds contained in raw rice straw, while it was inferred that nitrogen starvation or harmful uptake of active ferrous iron was an incidental cause.

It was disclosed in both the soils, moreover, that the formation of polyphenolic compounds in flooded soils culminated at the accumulated temperature regime of about 200-300°C, that it was higher in A than in B and that the remaining period of the compounds in soil was longer in A than in B. It was concluded, furthermore, from a greater retardation observed in A than in B at the same concentration of the compounds that the buffer action against the so-called harmful substances concerning initial growth of rice plants varied with the kind of soil.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Rice Crop Division, Iwamizawa, Hokkaido, 069-03 Japan.

** Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.