

開田地の生産力増強に関する研究（第1報）

赤枯病について

中野政行・印南悟朗・土山 豊

緒 言

水稲作の有利性から開田化がさかんに行われてきたが、最近では水稲作安定化のため経営規模拡大の方向で開田化が一層さかんである。しかしながら開田地は大部分が火山灰を母材とするため生産力は一般に低い。

開田地では開田の初期にしばしば赤枯病が発生し、さらに水稲生育の不安定と低収の要因となっている。

赤枯病は発生の様相から、馬場、田島らはⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型に区分している。

Ⅰ型の発生原因は馬場、高橋らは高温下で無加里、澱粉添加により赤枯病が発生し K_2O/N が低下し、加里施用によって赤枯発生が抑制され、加里欠乏が赤枯発生の主な原因と考えられるとしている。

また植物体および土壌のEhの低下、腐根率、可溶性窒素含量の増大と赤枯発生と密接な関係があるとしている。

馬場、田島は葉身の中肋が黄化しその後赤枯が発生するものをⅡ型に区分し K_2/N が比較的大きいこと等から、Ⅱ型では加里の不足はその発生の助長要因であるが、主因でないと考えられ、酪酸等の有機酸、 H_2S 、 Fe^{++} の有害物質の吸収によって起るとしている。

山口、白鳥らは窒素過多、有機物の集積過多、 H_2S 、 Fe^{++} 等の有害物質の生成量が多いこと、加里欠乏等が赤枯発生と関係するが、これら2～3要因が複合して発生するとしている。

田島は開田地に発生する赤枯病をⅢ型とし、比較的酸化条件下で発生し、土壌還元が直接の原因ではないようであるとしている。

黒沢、千葉らは開田赤枯病の発生により、黒色根、節腐れ現象を伴い K_2O/N 比が低下する場合が多いとしている。

立岩は鉄、マンガンの過剰吸収によって、開田赤枯病の発生を助長するとしている。

湿田に発生するⅠ型、Ⅱ型は加里不足、還元性の有害物質による好気呼吸の阻害が主な原因で、加里の増施、中干、排水等によって赤枯回避は可能のようである。

しかしながら開田の赤枯病は発生地の条件によって、発生原因も異なるようであり、発生原因も明かでない。またこれが対策についても、水管理、磷酸増施等が有効であるが、かならずしも充分でない。

筆者らは開田赤枯病の発生実態を明かにするとともにこれが対策確立のため、新規開田地を対象として、土壌条件、栽培条件等と赤枯発生との関係で調査し、発生実態を明かとした。

また赤枯対策として磷酸多施が最も効果的な対策であることを明かにしたので報告する。

本調査研究の実施にあたり協力をいただいた前種芸部鈴木部長、種芸部栃木技師、大田原普及所白井技師ならびに現地試験を担当いただいた農家の方々に衷心より感謝の意を表する次第である。

1. 赤枯病の発生に関する調査

(1) 調査方法

昭和39年度に那須北部の開田初年目の水田を対象として、100ヶ所に調査票を送付し回収のできた44ヶ所の水田について、赤枯病の発生時期に栽培法、土壌条件等と赤枯発生との関係で現地調査を行い、さらに赤枯発生程度を考慮し、代表圃場11ヶ所を赤枯発生有無別に収量調査を行った。また40年度に赤枯発生時の水稲生態と無機成分の吸収状況を発生の有無別に調査を行った。

(2) 調査結果

(i) 赤枯症状

開田初期の水田に田植後3～4週間を過ぎる頃より水稲の下位葉身先端部に褐色の小さな斑点が発生し漸次上位葉に進行する。この症状が発生すると、生育は一時停滞し、一般には穂ばらみ期頃より回復するが、発生の著しいときには出穂期にいたっても回復しない場合もある。黒沢、千葉らは赤枯発生によって、黒色根お

よび節腐れをとまうとしているが、本県に発生する赤枯水稻の根は新根が少く褐色根が多い。また発生期末に硫化物による汚染根および節腐れ現象もみられ

(ii) 赤枯病の発生状件と水稻の特徴

第1表 発生頻度

調査点	調査面積	発生点数	発生面積	発生比	
				(点数比)	(面積比)
(点) 44	(ha) 22.6	(点) 18	(ha) 5.4	40.9	23.8

第2表 減水深と赤枯発生との関係

品種名	発生		品種名	発生		減水深 (mm/day)
	有	無		有	無	
ケゴン	有	無	農林17号	有	無	7 17
ギンマサリ	有	無	新木	有	無	15 24
フジミノリ	有	無	在来糯	有	無	14 25

第5表 発生の有無と土壌の化学性

発生の有無	開田前の地目	pH		y ₁	T-N (%)	T-C (%)	C/N	C.E.C (me)	EX-Base (mg)		NH ₃ -N (mg)		乾効土遊離Fe ₂ O ₃ (mg)	易還元態MnO (mg)	
		H ₂ O	KCl						CaO	MgO	湿土	風乾土			
		有	山林						5.50	4.55	1.53	0.37			5.66
	山林	5.45	4.55	3.57	0.44	7.21	17.2	22.6	43.7	31.9	3.36	5.22	1.86	2.72	17.6
	畑	5.30	4.43	1.87	0.18	2.88	16.0	21.3	84.1	18.2	2.89	5.20	2.31	1.67	21.7
	畑	5.90	4.65	0.45	0.45	7.65	17.0	22.9	229.9	37.5	2.89	5.04	2.15	1.90	24.4
	畑	5.85	4.55	0.86	0.47	9.10	19.4	25.0	162.6	46.4	2.14	5.79	3.65	2.23	14.3
	山林	5.80	4.55	0.46	0.19	3.02	15.9	20.9	108.4	29.4	1.44	5.21	3.77	1.26	10.8
無	山林	5.75	4.70	0.74	0.42	7.95	18.9	22.4	23.4	29.5	2.61	6.37	3.76	2.20	13.0
	畑	5.70	4.70	0.75	0.40	5.32	13.3	24.5	187.5	57.4	2.38	6.37	3.99	2.18	14.0
	原野	5.70	4.69	0.63	0.23	3.06	13.3	17.3	100.9	33.5	2.16	5.79	3.63	2.06	24.8
	畑	5.60	4.50	2.00	0.79	12.26	15.5	31.6	204.7	33.5	2.89	6.08	3.19	1.80	20.2
	山林	5.70	4.70	0.33	0.42	7.99	19.0	21.6	121.4	38.2	1.49	5.22	3.73	1.20	5.8
	畑	5.50	4.56	1.53	0.50	8.04	16.1	25.0	86.9	22.2	3.57	5.21	1.64	2.18	16.8

発生条件についての調査結果は第1表～第5表であるが、調査点数が44点で少なく、かならずしも条件をそろえた比較は出来ないが、おおよその傾向はみられるものと考えられる。

発生の条件について要約すると、発生の頻度は点数比で約40%、面積比では約24%であった。このことは一区画の水田でも全体に発生せず、比較的ブルトラーの走行回数少なかつたと考えられる周囲の部分に発生がないためである。

開田前の地目には畑地、山林、原野等があるが、赤

枯発生と開田前の地目との関係はみられない。栽培条件としての苗代様式、田植期の早晚、施肥量等と赤枯発生との関係もみられず、品種の赤枯抵抗性に差異がみられる。2ヶ年間の現地調査から、赤枯抵抗性の強いと考えられる品種には、ホーネンワセ、コシヒカリ農林29号、クサブエ、ヨモマサリ等があり、弱い品種として、トワダ、フジミノリ、ギンマサリ、新木、農林17号、亀山、ケゴン、埼玉糯、マンゲツモチ等が弱いようである。

が、散見される程度で少ない。
一般には開田初年目に発生が著しく4～5年を経過すると全く発生をみない。

第3表 赤枯発生時におけるEh₀、Fe⁺⁺

発生の有無	Eh ₀ (mv)	Fe ⁺⁺ (mg)
有	185±123	98.6±61.5
無	188±113	100.5±59.5

第4表 発生の有無と土壌三相との関係

地点	有生の有無	気相 (cc)	固相 (cc)	液相 (cc)	孔隙率 (%)
A	有	13.5	33.4	53.1	66.6
	無	15.5	31.2	53.3	68.8
B	有	5.5	41.8	52.7	58.2
	無	14.0	37.7	48.3	62.3
C	有	5.5	49.1	45.4	50.9
	無	12.0	41.8	45.7	58.2

赤枯発生時における減水深は、赤枯発生と明かな開

係を示し、発生地は 20mm/day以下の水田が多く、したがって透水性と関係の深い作土下の礫含量、ち密度、固相比等と赤枯発生とは関係がみられた。透水性の良否は開田工法、開田時の土壌水分、礫含量、ブルトーザーの走行回数および自重等が影響する。

風積の火山灰土壌の平坦地で、表土扱いのない開田工法の場合には殆んど赤枯の発生をみない事例が多いが、このことはブルトーザーの走行が少なく土壌の圧縮程度が少なかったことが影響しているようである。

本県の開田地は大部分が火山灰を母材とするもので、土壌の化学性は一般に不良であるが、肥沃度は開田前歴、開田時における下層土の混入程度等によって異なり、土壌の化学性と赤枯発生との関係はみられない。

開田初期の水田土壌は、熟田化したものに比し乾土効果が小さく、燐酸欠乏、微生物相の相違、鉄含量等が影響して一般には酸化的に経過する。赤枯発生時の Eh は湛水後の日数、有機物の施用量等の差もあって著しい偏差があるが、比較的酸化条件下で発生し、酸化還元と赤枯発生との間には一定の関係はみられない。

第6表 水稻部位の分別

名称	部 位	備 考
上位葉	上位より第1及び第2葉の葉身	赤枯症状の発生は殆んどない
下位葉	上位より第3葉以下の葉身	赤枯症状の発生が多い
葉しよう	大部分は葉鞘	

第7表 赤枯発生の有無と水稻の部位別生産量

採取場所	品 種	発生の有無	部 位	生体重 (g)	乾物重 (g)	水 分 (%)	乾 物 の 各 部 位 比 (%)	下位葉身に対する上位葉身の比 (%)
黒 磯	トワダ	有	上位葉	31.23	10.82	65.4	12.7	68.6
			下位葉	52.25	16.37	67.7	19.5	—
			葉 鞘	—	56.90	—	67.8	—
		無	上位葉	41.44	14.48	65.1	11.3	83.0
			下位葉	58.80	17.47	70.3	13.6	—
			葉 鞘	—	96.30	—	75.1	—
西那須野	ギンマサリ	有	上位葉	39.75	14.37	63.9	13.8	64.5
			下位葉	67.75	22.26	67.5	21.4	—
			葉 鞘	—	67.03	—	64.8	—
		無	上位葉	56.45	19.13	66.1	15.0	74.5
			下位葉	83.75	25.68	69.3	20.1	—
			葉 鞘	—	82.83	—	64.9	—

発生の有無別にそれぞれ平均的な株を4株採取し、その各部位別の乾物生産量は第7表の通りである。乾物生産量は赤枯の発生によって、各部位ともに少なく、とくに葉鞘および上位葉身の減少度が大きく下位葉身は差が少ない。また上位葉身に対する下位葉身の乾物比は赤枯発生によっていちじるしく減少する。

このことは赤枯発生が分けつ盛期に発生し発生前の水稻生育は、発生部位と非発生部位との差がなく、赤枯発生によって生育が停滞することを意味する。

また赤枯発生葉身は無発生葉身に比し水分含量が低下する傾向を示す。

第8表 赤枯発生の有無と無機成分含量

条 件	赤枯発生の有無	部 位	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	MnO (mg)	SiO ₂ (%)
発生初期	有	葉 身	4.96	0.27	3.20	0.36	0.42	142.8	6.97
		葉 鞘	1.98	0.22	4.61	0.08	0.28	50.8	6.62
	無	葉 身	4.80	0.29	3.19	0.33	0.42	105.2	5.28
		葉 鞘	2.07	0.24	4.72	0.08	0.29	42.2	7.08
発生盛期	有	葉 身	2.84	0.64	3.45	0.54	0.49	195.6	8.78
		葉 鞘	1.13	0.25	4.01	0.06	0.24	51.9	7.96
	無	葉 身	2.88	0.63	3.50	0.51	0.49	151.3	8.17
		葉 鞘	1.21	0.23	3.94	0.06	0.25	46.9	8.03

水稻の無機成分含量は第8表のとおりであるが、開田地水稻の特徴としてマンガン含量がいちじるしく高いことを特徴とするが、赤枯発生水稻は各部位ともにマンガン含量がさらに高い傾向を示す。その他のものについては赤枯発生によって特異な現象はみられない。

土壌中のマンガンは比較的酸化条件下で形態変化が行なわれ、湛水によって最も可動性物質の一つである。しかしながら開田地は以前に湛水の条件がないためマンガンの溶脱は少なく土壌中の含量が高いことが、水稻のマンガン含量に影響しているものと推察される。

第9表 赤枯発生の有無と水稻根との関係

発生の有無	総本数(本)	Ⅰ根		Ⅱ根		Ⅱ根		Ⅲ根		Ⅳ根	
		根数(本)	比(%)	根数(本)	比(%)	根数(本)	比(%)	根数(本)	比(%)	根数(本)	比(%)
有	120	25	20.8	9	7.5	4	3.3	79	65.8	3	2.5
無	187	39	20.9	39	20.9	7	3.7	94	50.3	8	4.2
有	360	49	13.6	26	7.2	19	5.3	252	70.0	14	3.9
無	382	79	20.7	41	10.7	47	12.3	196	51.4	19	5.0
有	226	33	14.6	23	10.2	34	15.0	131	58.0	5	2.2
無	304	61	20.1	22	7.2	19	6.3	195	64.1	7	2.3

第10表 赤枯発生水稻の生育阻害度

発 生 初 期		発 生 盛 期		発 生 終 期	
草丈(%)	茎数(%)	草丈(%)	茎数(%)	草丈(%)	茎数(%)
90.6±1.5	72.7±4.8	88.7±3.7	66.5±8.8	87.1±8.1	66.1±19.4

(註) 健全水稻を100とした場合の赤枯発生水稻の阻害度%

第11表 赤枯発生の有無と水稻の収量 (kg/a)

発生の程度	発生の有無	主根長(cm)	穂程長(cm)	穂数(本)	稈重(kg)	同 比(%)	精玄米重(kg)	同 比(%)	登熟歩合(%)	1穂類花数(ヶ)	千粒重(g)
中～多	有	77.8	17.3	15.7	30.0	52	38.4	77	70.1	58	22.8
	無	79.8	17.9	19.5	57.0	100	49.8	100	62.8	88	22.5
中～多	有	67.6	16.8	11.4	42.2	67	13.9	69	69.2	68	21.8
	無	84.4	17.2	16.2	63.0	100	20.1	100	72.9	82	21.2
中～多	有	69.5	16.1	13.9	57.0	79	41.7	73	62.2	80	21.1
	無	89.0	16.7	16.1	72.0	100	52.4	100	61.9	91	21.0
小	有	81.7	16.4	13.2	42.0	82	25.8	83	66.5	71	22.0
	無	83.8	16.5	14.8	57.0	100	31.2	100	63.0	78	21.7
小	有	77.6	16.5	13.1	45.0	83	31.8	91	70.3	85	22.0
	無	81.3	16.6	14.6	54.0	100	34.9	100	65.3	87	22.2

赤枯発生の有無と水稻根の分級を行つた結果は第9表のとおりで、赤枯発生によって、総根数が少なく、かつⅠ根、Ⅱ根に属する新根が少なく、Ⅲ根、Ⅳ根に属する比較的旧根の比率が多く、一見褐色根が多い。

また硫化物による汚染根および節腐れ現象は発生の末期に散見される程度で少なく、黒腐根および節腐れ現象は株全体の根の活力低下による二次的現象である

ものと考えられる。

赤枯発生が水稻の生育収量におよぼす阻害の程度は第10表、第11表のとおりで、発生程度、発生時期等によって異なるが、草丈よりも茎数の阻害度が大きく、赤枯発生が分けつ盛期に発生することを意味する。

収量は赤枯発生によって稈重の減収度が玄米の減収度よりも一般に大きく、玄米重の減収要因は穂数と一

穂穎花数の減少による影響が大きく、登熟歩合および千粒重の影響は少ない。

本試験地は昭和39年度に畑地を開田し、2年目の圃場で、開田初年目に赤枯の発生が顕著にみられた水田である。

II 対策試験

1. 土壌処理と赤枯発生との関係

(1) 試験方法

供試作物および品種、水稻、モチ(在来種)

田植期、栽植密度 6月1日、30cm×15cm

第12表 試験処理内容

施肥量 処理名	元 肥				追 肥	備 考
	堆 肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	
標準区	100	0.64	1.13	0.75	0.11	Nは塩安、燐酸は熔燐、加里は塩加を施用 燐酸多量区は燐酸吸収力の5%相当量を熔燐で施用 クロールピクリンはm ² 当27ccを注入した。 深耕区は人力により約25cm程度に耕起し区の間位には約30cmの深さにビニール膜で覆い間位からの水の滲透を防いだ石灰区はa当り30kgをCa(OH) ₂ で中代時施用
燐酸多量区	〃	〃	17.15	〃	〃	
加里多量区	〃	〃	1.13	1.50	〃	
石灰区	〃	〃	〃	0.75	〃	
堆肥多量区	300	〃	〃	〃	〃	
クロールピクリン区	100	〃	〃	〃	〃	
深耕区	〃	〃	〃	〃	〃	

その他については担当農家の慣行によった。

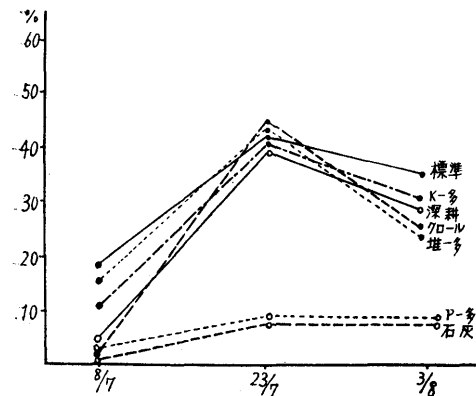
第13表 生育および収量(kg/a)

(1) 収 量 (kg/a)

処 理	成 熟 期			葉 重 (kg)	同 比 (%)	玄米重 (kg)	同 比 (%)	登熟歩合 (%)
	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)					
標準区	79.7	17.7	13.7	33.5	100	23.2	100	53
燐酸多量区	87.7	19.1	17.9	45.8	137	31.5	106	55
加里多量区	82.0	17.6	14.1	33.2	100	22.4	97	59
石灰区	84.8	18.1	19.6	39.0	117	23.6	102	50
堆肥多量区	82.1	18.2	16.8	39.8	119	24.3	105	52
クロールピクリン区	92.7	19.1	19.5	46.0	138	22.1	95	45
深耕区	83.5	18.0	13.8	36.0	108	24.3	104	68

(2) 試験結果

第1図 赤枯発生比(%)



第14表 土壌の経時変化

区 名	期日		6.27		7.8		7.23	
	PHEh ₀	Eh ₀	PH	Eh ₀	PH	Eh ₀	PH	Eh ₀
			PH	Eh ₀	PH	Eh ₀	PH	Eh ₀
標準区	5.90	125	6.05	97	6.20	187		
燐酸多量区	6.50	103	6.72	22	6.65	151		
加里多量区	5.90	157	6.10	105	6.10	149		
石灰区	6.70	100	6.80	75	6.70	166		
堆肥多量区	6.05	74	6.00	62	6.38	153		
クロールピクリン区	6.05	115	6.28	79	6.10	209		
深耕区	5.90	185	6.05	118	6.10	205		

Fe⁺⁺ (mg)

期 日 区 名	6.27		7.8		7.23	
	Fe (w)	Fe (Ac)	Fe (w)	Fe (Ac)	Fe (w)	Fe (Ac)
標準区	2.51	38.7	2.46	106.0	2.08	89.2
磷酸多量区	0.86	96.2	1.23	212.4	1.33	184.0
加里多量区	1.83	46.0	1.43	95.0	1.36	70.5
石灰区	0.72	104.0	1.00	192.5	1.65	172.0
堆肥多量区	3.08	96.7	2.00	185.5	2.01	85.0
クロールピクリン区	1.62	29.9	1.82	82.2	1.66	74.0
深耕区	0.29	7.2	0.44	96.2	1.46	80.0

(注) Fe(w)は水溶性 Fe(Ac)は酸可溶

第15表 無機成分含量 (赤枯発生時7月 日)

葉 身

項 目 区 名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	SiO ₂
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg)	(%)
標準区	2.75	0.36	3.17	0.47	0.31	106.2	7.32
磷酸多量区	1.19	0.68	3.33	0.51	0.35	50.7	8.82
加里多量区	3.07	0.36	3.64	0.51	0.34	123.9	6.83
石灰区	3.73	0.31	3.28	0.66	0.52	97.6	5.32
堆肥多量区	3.14	0.38	4.23	0.44	0.29	95.3	6.78
クロールピクリン区	3.46	0.39	3.23	0.43	0.32	127.6	6.75
深耕区	2.70	0.32	2.99	0.47	0.31	147.2	8.57

葉 鞘

項 目 区 名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	SiO ₂
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg)	(%)
標準区	1.76	0.30	0.35	0.03	0.27	79.7	7.21
磷酸多量区	1.40	0.46	0.37	0.03	0.36	31.4	9.84
加里多量区	1.86	0.31	0.43	0.03	0.26	91.6	7.33
石灰区	1.87	0.32	0.34	0.05	0.27	64.3	6.02
堆肥多量区	1.37	0.35	0.39	0.04	0.26	80.4	7.45
クロールピクリン区	1.82	0.31	0.33	0.03	0.28	98.7	7.06
深耕区	1.33	0.30	0.34	0.03	0.29	102.6	8.04

赤枯発生におよぼす各処理の影響は、第1図のとおりで、磷酸多肥および石灰施用によって赤枯発生は著しく抑制されたが、他の処理では発生時期に若干の差を示した以外殆んど効果を示さない。生育収量は第13表のとおりであるが、供試品種が在来種のモチのため全般的に低収であった。赤枯発生の少なかった石灰区は窒素過多による登熟が阻害され増収を示さなかったが、磷酸多量区は生育も良好でいちじるしい効果をみた。

赤枯発生と土壤還元との関係は、発生の少なかった

磷酸多量区、石灰区、発生の多かった堆肥多量区とのEh₆は低く経過しFe⁺⁺の生成量は多く、土壤の強還元が赤枯発生の直接的要因でないものと考えられる。

また無機成分の含量は第15表のとおりで、赤枯発生によって加里的吸収阻害はみられず、かつ加里多量区は加里的含量は増加するが、赤枯発生の抑制効果はみられらい。

前述のごとく開田地水稲はマンガン含量が高いことを特徴とするが、赤枯発生の少なかった磷酸多量区は明かにマンガン含量が低下した。

赤枯対策としては発生程度と収量面から磷酸多施の効果が顕著である。

なお本試験地の同減水深は14mm~23mmで平均17.5mmであった。

2. 磷酸多施と品種が赤枯発生におよぼす影響

赤枯発生は同一圃場でも必ずしも均一な発生をみないのが普通で、前述のごとく発生に最も関係の深い要因としては、湛水透水性が上げられる。開田地の特性としての透水性は場所によって著しく異なる場合が多いので、透水性を可能なかぎり均一とするために開田後に床締操作を行ない、磷酸施用量とそれぞれの磷酸施用量に対して赤枯抵抗性を異にすると考えられる数品種を供試し2ヶ所で圃場試験を行なったが、発生が不均一で期待した結果は得られなかったので透水条件

を規制する意味でポットを用いて検討することとした

(1) 試験方法

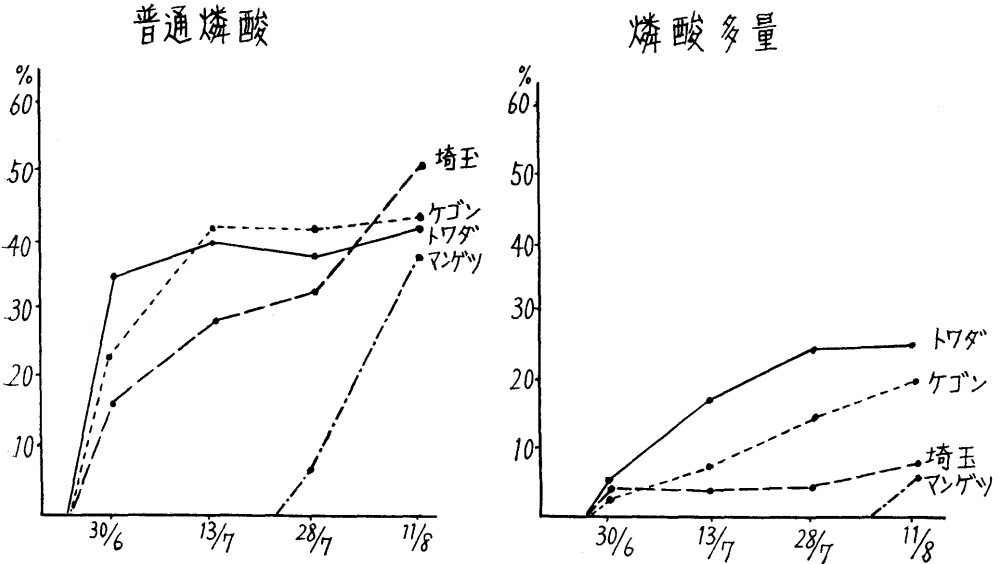
第16表 試験処理内容

施肥量 処理	P ₂ O ₅ (g/ポット)	備 考
普通磷酸	2.0	1/2000a ポット三連制、ポット当り2株植、磷酸多量は磷酸吸収力の10%飽和量を熔質で施用、N、K ₂ Oは1g/ポット共通窒素は硫酸、加里は塩加を施用、ポットの条件は透水を完全にさせた。
磷酸多量	15.3	両処理にトワダホーネンワセコシヒカリ、ケゴン、埼玉糯10号、マンゲツモチを供試

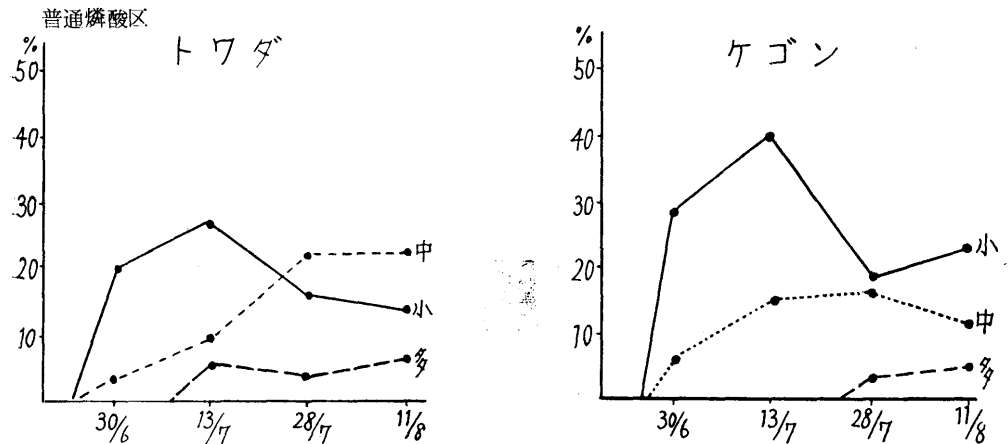
供試土壌は那須郡西那須野の山林を開田した初年目水田の作土を供試した。

(2) 試験結果

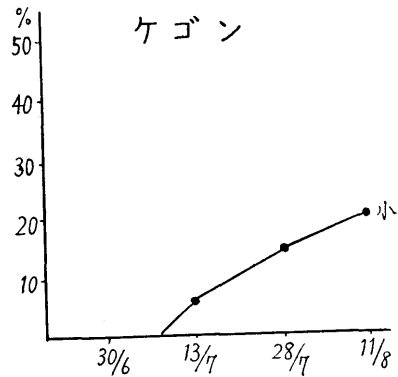
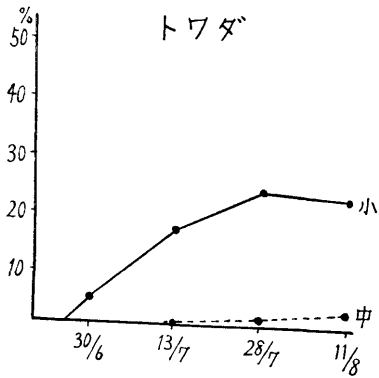
第2図 赤 枯 発 生 比 (%)



(註) 全葉数に対する赤枯発生葉数の比 第3図赤枯程度別発生比 (%)



磷酸多量区



(註) (小)……葉身先端に小斑点の発生したもの
 (中)……葉身全体に小斑点の発生したもの
 (多)……葉身全体が褐変したもの

田植後約10日を経過する頃より下葉の葉身先端部より赤枯症状が発生したが、トワダ、ケゴンは稍同一時期に発生し、埼玉糯10号、マンゲツモチは発生時期がほぼ遅れ、品種によって若干発生時期に差が見られた。

赤枯発生状況は第2図のとおりで磷酸普通区のとワダ、ケゴン、埼玉糯10号は43%~50%マンゲツモチは37%程度の発生をみたが、ホーネンワセ、コシヒカリには、ほとんど赤枯発生がなく赤枯抵抗性の品種間差異が明かにみとめられた。

赤枯発生におよぼす磷酸多量施用の影響は発生のみ

られた各品種ともに発生比が著しく減少し、かつ発生

の時期もおくれた。
 また赤枯の程度別発生比について早生種のトワダ、中生種のケゴンの状況は第3図のとおりで、発生程度別発生比も磷酸多量施用によって著しく減少した。埼玉糯10号、マンゲツモチも磷酸多量施用によって、発生程度小のものが約10%以下であった。

赤枯発生のみられた埼玉糯10号、マンゲツモチは他の2品種よりも磷酸多施による赤枯発生の抑制効果が大きく、磷酸多施が赤枯発生におよぼす影響は品種によって異なるようである。

第17表 生育および収量 (g/ポット)

処理	品 種	成 熟 期			葉 重 (g)	同 比 (%)	穂 重 (g)	同 比 (%)
		程 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)				
磷酸普通系	トワダ	82.3	17.8	18.3	76.1	100	60.1	100
	ホーネンワセ	86.5	18.5	25.8	84.3	100	81.8	100
	コシヒカリ	92.8	17.5	22.6	91.5	100	77.6	100
	ケゴン	77.0	18.5	22.2	85.2	100	61.5	100
	埼玉糯10号	88.7	17.8	18.5	85.5	100	72.3	100
	マンゲツモチ	82.6	19.0	20.0	87.9	100	62.0	100
磷酸多量系	トワダ	101.0	18.3	28.8	110.8	146	135.4	225
	ホーネンワセ	97.8	16.9	34.5	99.8	118	112.9	136
	コシヒカリ	102.7	17.9	34.0	122.7	138	122.5	156
	ケゴン	89.4	18.4	32.7	125.3	146	121.5	197
	埼玉糯10号	101.7	17.7	36.0	120.1	140	112.1	166
	マンゲツモチ	90.1	19.2	28.7	116.2	132	113.1	182

第18表 無機成分含量 (赤枯発生時)

処理	品 種	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	MnO (mg)
磷酸普通系列	トワダ	2.81	0.17	1.35	0.09	0.23	8.08	133.2
	ホーネンワセ	3.38	0.21	2.31	0.08	0.25	7.00	110.7
	コシヒカリ	3.24	0.24	1.93	0.09	0.28	8.43	108.6
	ケゴシ	3.44	0.18	1.69	0.12	0.24	7.88	129.6
	埼玉糯10号	3.16	0.18	1.43	0.09	0.21	8.13	165.0
磷酸多量系列	トワダ	3.24	0.56	1.76	0.12	0.26	8.78	69.4
	ホーネンワセ	3.22	0.60	1.66	0.11	0.28	9.13	34.6
	コシヒカリ	3.44	0.54	1.86	0.13	0.29	8.47	36.1
	ケゴシ	3.54	0.65	1.76	0.14	0.30	8.72	55.2
	埼玉糯10号	3.49	0.56	1.74	0.12	0.28	10.09	49.5

生育および収量は第17表のとおりであるが、赤枯発生の有無と生育との関係は品種の草型等も関係し、一概には論じられないが赤枯発生のみられなかったホーネンワセ、コシヒカリは他の発生した4品種よりも明かに茎数が多い傾向で、赤枯発生による生育阻害の特徴を示した、磷酸多量区は普通磷酸区に比し各品種ともに著しく生育量は優り赤枯発生の有無による生育差は、普通磷酸区で大きく、磷酸多量区で小さい傾向をしめした。

このことは品種の磷酸感応度の差もあろうが、赤枯発生の減少によるものであろう。

3 磷酸多施、マンガン添加と赤枯発生との関係

(1) 試験方法

第19表 処 理 内 容

処 理 区	施 肥 量	pot 当り 施 用 量 (g)				備 考
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MnO	
開 田 地 土 壤	1. 標準区	1.0	2.0	1.1	—	Nは(NH ₄) ₂ SO ₄
	2. マンガン少量添加区	〃	2.0	〃	3.12	P ₂ O ₅ は熔磷
	3. マンガン多量添加区	〃	2.0	〃	6.24	K ₂ OはKCl
	4. 磷酸多量区	〃	14.1	〃	—	MnOはMnCl ₂ ·4H ₂ O
	5. 磷酸多量マンガン多量添加区	〃	14.1	〃	6.24	を施用した。
対 照 土 壤	6. 標準区	〃	2.0	〃	—	8月5日Nを0.2g追肥
	7. 磷酸多量マンガン多量添加区	〃	14.1	〃	6.24	1/2000a二連制

(註) 開田地土壌は西那須野町の山林を開田した初年目水田作土を供試対照土壌は本場水田作土を供試

赤枯発生の状況は第4図のとおりで、磷酸施用量の低い場合マンガン添加により赤枯発生を若干助長するようであるが程度は少ない。

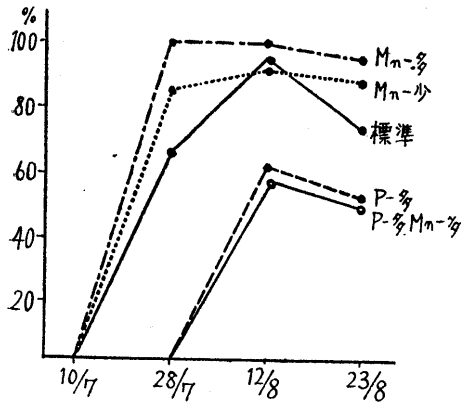
赤枯発生と収量との関係は普通磷酸区で発生しなかった、ホーネンワセ、コシヒカリは発生した他の4品種よりも明かに高いが、磷酸多量区では、赤枯発生の有無による収量差は少ない。したがって磷酸多量施用による増収比は、赤枯の発生した4品種が高く、赤枯発生状況と水稲の生育収量は類似的傾向を示し、磷酸多量施用の効果が顕著である。

無機成分は第18表のとおりであるが赤枯発生との関係は圃場試験結果と同様な傾向がみられ、赤枯発生の少なかった磷酸多量区はマンガン含量が低い傾向をしめした。

マンガン添加による褐変症状は葉身の周辺部に発生し、一般に発生する赤枯症状とは発生症状を異にするようである。

(2) 試験結果

第4図 赤枯発生比(%)



(註) 全莖数に対する赤枯発生比

対照土壤にマンガンの多量添加を行つても赤枯の発生はみられない。

また開田土壤も磷酸多量施用の条件下で、マンガンの多量添加をしても赤枯発生を助長する傾向はみられない。

生育収量は第20表のとおりで、磷酸施用量の少ない条件下で、マンガン添加により著しく阻害され、とくに多量添加で甚だしく、出穂期および成熟期で10~15日程度の遅延をみた。磷酸多量施用の条件下では、マンガン添加によって初期に若干阻害を受けたが生育の経過とともに添加の悪影響は軽減され、収量には何らの悪影響はみられない。

対照土壤にマンガンの添加を行つても全く生育収量の阻害はみられない。

第20表 収量 (g/ポット)

土壤	処 理	成 熟 期			藁 重 (g)	同 比 (%)	穂 重 (g)	同 比 (%)
		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)				
開田土壤	標準区	71.0	19.8	14.0	53.5	100	46.0	100
	Mn少区	72.0	20.5	11.0	37.0	69	27.0	58
	Mn多区	62.0	16.0	7.5	14.0	26	8.5	18
	P多区	89.0	19.3	20.5	86.5	161	93.0	202
	P多Mn多区	89.5	19.0	20.0	86.0	160	90.0	195
対照土壤	標準区	87.0	20.5	20.0	82.5	154	103.0	223
	P多Mn多区	90.0	19.5	21.0	90.5	179	105.0	228

第21表 湛水土壤のEh6 MnO含量(乾土)

項 目		PH	Eh6 (mv)	易 還 元 態 MnO (mg)	置 換 性 MnO (mg)
開田土壤	1. 標準区	5.15	235	16.3	13.8
	2. マンガン少量区	5.00	225	50.5	58.9
	3. マンガン多量区	4.95	115	75.6	78.4
	4. 磷酸多量区	6.80	115	15.6	16.4
	5. 磷酸マンガン多量区	6.00	55	97.2	95.6
対照土壤	6. 標準区	6.15	101	4.7	3.0
	7. 磷酸マンガン多量区	7.00	103	67.9	57.5

葉 身

第22表 無機成分含量

土壤	処 理	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	MnO (mg)	SiO ₂ (%)
開田土壤	標準区	2.35	0.20	2.65	192.0	6.50
	マンガン少量区	2.27	0.15	2.38	290.0	6.64
	マンガン多量区	2.26	0.08	1.94	500.0	6.66
	磷酸多量区	2.20	0.60	2.98	106.0	6.80
	磷酸、マンガン多量区	2.30	0.57	2.89	274.0	7.14
対照土壤	標準区	2.21	0.50	2.74	52.0	7.12
	磷酸、マンガン多量区	2.15	0.59	2.80	129.0	7.03

葉鞘十茎

土壌	処 理	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	MnO (mg)	SiO ₂ (%)
開田 土壌	標準区	0.76	0.05	2.23	145.2	7.21
	マンガン少量区	0.89	0.04	1.42	164.6	7.05
	マンガン多量区	1.12	0.03	1.40	406.7	7.10
	磷酸多量区	0.40	0.14	2.09	45.9	7.92
	磷酸、マンガン多量区	0.50	0.12	1.83	137.9	7.71
対照 土壌	標準区	0.39	0.18	2.53	33.3	7.63
	磷酸、マンガン多量区	0.43	0.15	2.38	77.5	7.91

穂

土壌	処 理	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	MnO (mg)	SiO ₂ (%)
開田 土壌	標準区	1.30	0.33	0.48	55.2	2.56
	マンガン少量区	1.51	0.27	0.46	73.1	2.49
	マンガン多量区	1.73	0.29	0.43	176.5	2.40
	磷酸多量区	1.08	0.65	0.49	14.2	2.72
	磷酸、マンガン多量区	1.11	0.63	0.45	16.0	2.50
対照 土壌	標準区	1.07	0.68	0.49	9.0	3.14
	磷酸、マンガン多量区	1.10	0.64	0.48	8.9	3.30

水稻の無機成分の含量は第22表のとおりで、磷酸施用量の少ない場合、マンガン添加により葉、穂ともに窒素含量が高く、とくにマンガン多量添加によって異常なほど高い含量を示すが、生育量が反映したためと思われる。

加里含量は窒素と全く逆の傾向がみられ、マンガン添加により著しい吸収の阻害を受ける。開田地水稲は一般にマンガン含量が高いことを一つの特徴とするが、添加によりさらに著しい高含量を示す。

しかしながら磷酸多量施用の条件下では、マンガンの添加をしてもかなり様相を異にする。すなわち窒素含量はマンガン添加の影響が少なく、加里の吸収阻害も少ない。マンガン含量は磷酸多量施用により、マンガン添加無添加ともに著しい低含量を示す。湛水土壤中の活性マンガンは磷酸多量施用によって土壤反応は変化するが、減少はみられず磷酸多量施用による水稻の磷酸含量の低下は土壤中のマンガン不活性化によるものであるかは検討を要する。

Ⅲ 考 察

開田前歴には畑地、山林、原野等があり、土壤の化学性も開田前歴、施肥来歴等によって異なるも、赤枯発生との間には一定の関係がみられない。また挿秧期施肥量等の栽培法と赤枯発生とも明かな関係は示さない。

赤枯発生時におけるEh、Fe⁺⁺は調査時点における湛水月数、有機物、磷酸等の施用量によって異なるが、一般に酸化的で赤枯発生の有無による差は判然としない。

開田地土壌は乾土効果、磷酸含量が少なく酸化還元系物質としての鉄含量は多い。また土壤微生物相も前年まで湛水の条件がなかったために一般水田とは異なるであろうし、これらが関係して酸化的に経過するものと考えられ、赤枯発生時におけるEhは根系障害を起すほどの低下を示さない。

赤枯発生と最も密接な関係がみられたのは土壤の透水性で、発生地は20mm/day以下と多い。

湿田に発生するⅠ型、Ⅱ型の赤枯病については馬場⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾、山口らの詳細な報告がありK₂O/Nの低下、有機酸、H₂S、Fe⁺⁺等の還元性物質が主因となって赤枯病が発生するとしており、開田地に発生する赤枯病について田島⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾は比較的酸化条件下で発生し、⁽⁸⁾ 滲透水を1週間放置して沈澱物を濾別し、この滲透水で水耕栽培すると赤枯症状が発生するとし、発生条件からⅢ型として区分している。

⁽⁹⁾ 黒沢らは赤枯発生地は還元的でFe⁺⁺が多く、水稻のK₂O/Nが低下している場合が多いとしているが、本県に発生する赤枯病は比較的酸化条件下で発生し、Ⅰ型のような加里の吸収阻害もみられず、また加里の

増施により水稻の加里含量は増加するが赤枯発生の抑制効果は増施によみられない。また磷酸多施によって赤枯は著しく減少するが、土壤の還元は助長され Fe^{++} の生成量は増大する。

開田地に発生する赤枯病は発生地の条件によって発生様相を異にするようであり、あるいはⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型が交錯して発生することも考えられる。

しかしながら本県で発生する開田赤枯病は開田初年目に最も著しく発生し湛水条件が3～4年繰返されると、ほとんど発生をみなくなる事実、発生地の条件等より湛水によって生成する有害物質が透水不良のため、洗脱が不充分なところに赤枯抵抗性の弱い品種が栽培されることが発生の主な原因と考えられる。

開田地土壤はマンガン含量が高く、かつ磷酸含量が低い。したがって水稻の無機成分吸収はマンガン含量が高く、磷酸含量が低いことを特徴とし、赤枯発生水稻はさらにマンガン含量が高い傾向を示すことを特異点とする。マンガンと磷酸との関係では、開田地土壤にマンガンを添加すると磷酸含量は低下し赤枯症状の発生を助長する傾向がみられるが発生症状が若干異なる。しかしながら磷酸多施の条件下では、マンガンの添加をしても赤枯症状の助長はなく、マンガン含量は著しく低下する。

⁽¹⁰⁾立谷によれば鉄、マンガンの過剰吸収が、磷酸活性を阻害し赤枯発生を助長するとしているが、磷酸の多施条件によって異なるようである。磷酸含量の多い対照土壤はマンガンを添加し、水稻のマンガン含量は増大するが、赤枯症状の発生はなくマンガン過剰吸収が赤枯発生の直接的な要因でないものと思われる。赤枯対策として磷酸多施によって赤枯は顕著に減少し、収量は著しく増大し最も効果的であるが、水稻の磷酸含量は増加し、マンガン含量は低下する。

磷酸多施により土壤反応はアルカリ側に変化するが、湛水土壤中の置換性および易還元態マンガンの減少はみられない。

⁽¹²⁾福井農試によれば、アンモニアの存在下で、 $Hn(NH_4)_2Po_4$ なる複塩を作るとしているが、磷酸多施によるマンガン吸収の抑制は、土壤中でのマンガンの形態変化によるものか、あるいは拮抗的なものかは今後の検討すべき課題である。

磷酸多施の赤枯抑制効果は、開田地特性から水稻の磷酸栄養に影響し、水稻の治性増大が赤枯発生の減少に関係したためと考えられ、マンガン吸収の減少が赤枯発生を抑制した主因とは考えられない。

⁽⁸⁾⁽¹¹⁾赤枯抵抗性の品種間差異は既に明かにされているが

本県での栽培品種でも認められるが、磷酸多施によって若干様相を異にするようであるが、品種の選択も重要な赤枯対策の手段である。

要 約

開田赤枯病の発生実態とこれが対策について検討した結果次のように要約できる。

(1) 赤枯発生頻度は面積比で約24%程度の発生を示し、開田前歴、土壤の化学性、水稻の栽培法と赤枯発生との関係は明かでなく、透水性と強い関係を示し、比較的酸化条件下で発生する、また赤枯抵抗性に対する品種間差異が明かである。

(2) 赤枯発生水稻は健全水稻に比し各部位ともに乾物量は減少するが、特に上位葉身の減少が著しく、生育は草丈よりも茎数の阻害度が大きく、収量には穂数の減少と、1穂穎花数の減少が強く影響する。また赤枯病の発生により新根の発生は少ないが、黒色根および節腐れ現象は散見される程度で少ない。

無機成分の吸収はマンガン含量が高いことを特異点とする。

(3) 赤枯対策試験の結果、磷酸（焙燐）多施によって赤枯発生は著しく減少し、収量は増大する。また水稻のマンガン含量は低下する。

磷酸多施による赤枯発生の抑制効果は品種によって異なる。

(4) 赤枯病の回避は磷酸多施と品種の選定によって可能である。

参 考 文 献

- | | | | |
|--------------------|---|------|-----------|
| (1) 馬場, 高橋, 岩田, 稲田 | 日作紀22 | 3~4 | 111~112 |
| (2) 〃 | 日作紀23 | 4 | 273 |
| (3) 馬場, 田島 | 日作紀29 | 1 | 47~48 |
| (4) 〃 | 日作紀29 | 3 | 326~328 |
| (5) 山口, 白鳥, 小原 | 日作紀26 | 1 | 3~7 |
| (6) 山口, 白鳥 | 農業及園芸33 | 1 | 25~28 |
| (7) 山口, 白鳥 | 農業及園芸33 | 2 | 329~334 |
| (8) 田島 | 農業及園芸38 | 10 | 1515~1518 |
| (9) 黒沢, 千葉他 | 岩手農試報告9 | | 1~75 |
| (10) 立谷 | 新規開田による水田土壤
化現象および稲作の土壤肥
料的改良方策に関する研究 | 福島農試 | 38~46 |
| (11) 菊地他 | 岩手農試報告 5.6. | | 110~114 |
| (12) 福井農試 | 日, 土, 肥 | | |
- 中部支部シンポジウム資料