

# 水田における磷酸還元について (才2報)

—磷酸還元物質が水稻の生育及び養分吸収に及ぼす影響—

坪 田 五 郎

水田土壤中に於て磷酸が還元され亜磷酸、次亜磷酸、次亜磷酸を生成することを認めたので、これら磷酸還元物質が水稻の生育及び養分の吸収に及ぼす影響について実験を行った。

## A 実験の部

### 1. 試験方法

予備実験として1959年度に水耕栽培を行い、亜磷酸、次亜磷酸を添加して水稻の生育並に養分吸収に及ぼす影響について検討し、水耕液中の亜磷酸、次亜磷酸濃度が10ppm以上では葉に特異なchlorosis症状を呈し、生育は阻害され、収量も減収し、養分吸収の面では特に加里、磷酸の吸収阻害の著

しいことを認めた。

そこで1960年度はこれらの添加時期とその濃度の関聯に於て試験を行った。

普通揚床苗代に播種した水稻農林29号の苗を1960年6月10日常法により内容約4ℓの陶製鉢に移植(1鉢植付株数1株、1株本数3本)し、水耕栽培を行った。水耕液の組成は第1表のものを用い、これを標準濃度Cとし、移植直後は $\frac{1}{2}$ C濃度、7月上、中旬2C、7月下旬～8月中旬はC濃度、8月下旬～9月上旬は $\frac{1}{2}$ C濃度、9月中旬は $\frac{1}{4}$ C濃度を用い、9月下旬以降は水のみとした。

第1表 供試培養液Aの組成(1立中庭)

Table 1. Composition of culture solution A at start (mg/ℓ)

Components	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO*	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> *
Form of salt added	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Fe·EDTA	
concentration of components mg/ℓ	20	10	15	29	18	3	15

\* CaO } in top water  
SiO<sub>2</sub> }

Initial PH 6.0

用水は井水で水耕液は1週1回(夏期高温時7月21日～9月1日は週2回)取代えた。供試井水1ℓ中の成分mgはSiO<sub>2</sub> 15.1, NH<sub>4</sub>-N 0.1, NO<sub>3</sub>-N 2.5, Na<sub>2</sub>O 19.9, K<sub>2</sub>O 3.1, CaO 28.8, MgO 5.2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> trace, Cl 17.0, SO<sub>3</sub> 8.6, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.1であった。

亜磷酸、次亜磷酸添加の時期は(1)活着時(6月16日)(2)分けつ盛期(7月14日)(3)幼穂形成期(8月3日)(4)出穂期(9月5日)の4期とし各時期について、10, 20, 40, 60ppmの4濃度処理を行った。

フオスフィン処理は7月21日以後実施した。

第2表 供試培養液Bの組成(1立中庭)

Table 2. Composition of culture solution B at start (mg/ℓ)

Components	NH <sub>4</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO
Form of salt added	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Fe-EDTA	Na <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	MnCl <sub>2</sub>
Concentration of Components mg/ℓ	40	20	35	29	25	4	100	0.5

すなわち、前記の方法で6月1日より7月20日まで水耕栽培をした標準区の水稲を、7月21日第2表組成の培養液に移し、次の操作によりフオスフィンを施用した。

#### フオスフィン処理法

##### (1) フオスフィンの生成

フラスコに黄燐の小片及び dil KOH を入れ、先ずH<sub>2</sub>gasを通してフラスコ及びそれと接続せる硝子管内の空気を完全に駆逐する。

次にこの硝子管の先端に水を満した活栓つき瓦斯捕集管を接続し、瓦斯捕集管の上下の活栓を開いた後、フラスコの底をアルコールランプで加熱し、フオスフィンを発生させ、これを瓦斯捕集管に集める。

##### (2) 水稲に対するフオスフィン処理

(1)の方法によりフオスフィン瓦斯を充填した瓦斯捕集管の一方の先に硝子管を、他方の端に水の入ったフラスコを取付け、硝子管の先を水耕用ポットに入れ、フラスコ中の水に圧をかけて活栓を開くとフオスフィンの気泡が発生する。

発生した気泡は空気にふれると直ちに自然発火して燃焼する。この方法によつて夏期(水温25~30°C)約5分間気泡を水耕液に通じると、フオスフィンはP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として1.0ppm(25°C)~0.5ppm(30°C)程度溶解する。

なお、フオスフィンの溶解量を連日測定した結果の1例を示すと次の様である。

第3表 水耕液中のフオスフィン溶解量

Table 3. Amount of soluded phosphine in culture solution

	Aug. 4	Aug. 5	Aug. 6	Aug. 7
Amount of soluded phosphine (ppm)	0.71	0.65	0.55	0.41

なお、比較のため、亜燐酸、次亜燐酸 100 ppm 区も設けた。

C) 実験のため8月5日~8月16日の間は水耕液の更新を行わなかつた。

## 2. 実験結果

### (a) 亜燐酸、次亜燐酸が水稲の生育に及ぼす影響

亜燐酸活着期添加区においては、添加後約10日頃より生育に差が見られ始め、20ppm以上の区において茎葉の生育やや劣り、新根の発達が抑制された。

また各濃度の区茎葉の先端が茶褐色となり、枯死するものが見られた。

次亜燐酸活着期添加区に於ては、生育阻害の徴候が現れ始めるのが少々遅れ、添加後約1ヶ月頃より先ず根の伸長不全から始まり、次に葉の先端の枯死するものが見られた。

7月下旬全区に亘り、根は茶褐色~灰白色化し、活力が衰え、新たな根が発生し始めたが、亜燐酸(活着時及び分けつ盛期)添加区の水稲は、新根の伸長著しく、根の伸長は標準区を凌ぐようになった。

次亜燐酸添加区においては逆に40ppm以上の添加区では新根が全く認められなくなつた。

この頃より気温は昇り、水耕液温も上昇し、最高水温30~36°Cの日々が続いた。8月上旬先ず次亜燐酸、次いで亜燐酸の分けつ盛期添加区に障害が現れ始め、亜燐酸区においては根の伸長はかえつて旺盛になつたが茎葉特に新葉の生育が著しく阻害された。

次亜燐酸添加区では根が全く伸びず、旧根は衰退の一途をたどり、40ppm以上の添加区においては痕跡を止めるのみとなつた。茎葉の障害も著しく新葉の長さ、巾ともに小さくなつた反面、茎数の増加が認められた。

これらの徴候は活着時添加区においてその程度が著しく、高気温、高水温になると特に障害を強く受けることが認められた。

8月10日頃になると障害は亜燐酸、次亜燐酸区とも、新葉の一部分に特徴あるchlorosisを起しchlorosis部分は黄化→脱色し、やがてそのさき全部が枯死するに至る。

chlorosisを起す場所は初めは新葉の先端に多く、一見カラバエ(rice stem maggot)による葉端の枯死の如き外観を呈すが、その発生は添加濃度の高い区程多く、亜燐酸区より次亜燐酸区において特に多く発生した。

このような症状は日を追つて増加し、やがて新葉の先端に限らず中央部、葉の基部にも発生し、新葉は著しく短いものばかりとなり叢生する。幼穂形成期添加区も8月中旬障害が現れ始め、その症状は分けつ盛期添加区と同様な傾向となる。但し、新葉のchlorosisの発現する時期は分けつ

期加添区の場合より甚だ早まる。

出穂期に至り亜磷酸及び次亜磷酸添加の時期の早い区程、その濃度が高い程、又亜磷酸区より次亜磷酸区の方が茎葉の生育が阻害され、茎数の増加が目立ち、亜磷酸区では根はかえつてよく伸びたが、次亜磷酸区では著しく劣る傾向がますますはつきりして来た。

出穂状況は、阻害程度の大なる区ほどおくれ、亜磷酸 40ppm 以上、次亜磷酸 20ppm 以上添加区の穂の中には穂の一部分多くは穂の先端部が障害を受け、籾を形成することが出来ず、白く萎縮退化した跡が認められ、これも高濃度の区ほど甚だしい。

かくて、出穂期処理を除く亜磷酸 40, 60ppm 区及び次亜磷酸 20ppm 区は幼穂形成期以降も分けつが続き、穂数は増加し、不稔二段穂を生じた。

次亜磷酸 40, 60ppm 区はより障害強く、後期の分けつは続くが出穂するに至らず、穂数の増加は認められない。したがって、障害程度の大なる区ほど成熟は遅れ、亜磷酸 60 ppm, 次亜磷酸 40, 60 ppm の各区中出穂期処理区以外は登熟の状態を呈せず、11月に入り立枯れとなつたので成熟期の記載を省略した。

最終の処理区である出穂期処理の各濃度添加区においては判然とした障害の様相は認められなかつた。

収量調査の結果は藁重では多少の乱れがあるが穂重では障害の程度と一致した傾向を示し、亜磷酸及び次亜磷酸添加の時期の早い区程、その濃度が高い程、又亜磷酸区列より次亜磷酸区列の方が減収し、亜磷酸 20ppm の分けつ盛期処理区、及び 40, 60ppm の活着時、分けつ盛期処理の全区、次亜磷酸 20ppm 以上の同じく前三期処理のすべての区は全く精籾を得ることが出来なかつた。

僅かではあるが精籾収量の得られた 10ppm 添加区内で比較すると、活着時処理区よりも分けつ盛期処理区並に幼穂形成期処理の方が稍々障害の強いことが覗れる。

阻害の症状を現さなかつた出穂期処理の各区も精籾重には差異を生じ、高濃度程、また亜磷酸より次亜磷酸の方が減収となつた。

以上の如く、亜磷酸区においては初期と中期以降とでは障害の様相を異にし、初期では先ず根が障害を受け、次いで茎葉の伸長が抑制される傾向

があるが、中期以降は根の伸長が著しく発達し分けつが盛んになり、やがて新葉に障害が認められるようになり、草丈は低く、分けつは多く、葉は細く、短くなつて、出穂しても不稔を生ずる。

次亜磷酸区では、初期には外観的症狀は余り著しくないが、中期以降即ち高温時になると著しく阻害を受けるようになり、その後は地上部は亜磷酸区と同一経過をたどるが、逆に根は伸長が止り衰退の一途をたどる。同一濃度の区で比較すれば亜磷酸より障害は甚しい。

#### (b) フォスフィンが水稻の生育に及ぼす影響

7月21日から8月16日の間、前記の方法で毎日1回フォスフィン処理を行つた。但しフォスフィン瓦斯発生中は水稻を除いた。

フォスフィンが水稻の生育に及ぼす影響は外観的には先ず下葉の枯上りが見られ、次いで出葉する新葉の巾は狭く長さも短くなるが、根の伸長は阻害されなかつた。

又、フォスフィン処理区の水稲には個体差が大きく顕われ、水稻体の供試条件により阻害程度を異にすることが観察された。

8月17日(フォスフィン処理終了の翌日)の水稻生体調査の結果は第5表に示す通りである。同期間(7月21日～8月16日)亜磷酸、次亜磷酸 100 ppm 添加区の結果も併記する。

第4表 亜磷酸, 次亜磷酸が水稻の生育及び収量に及ぼす影響

Table 4. Growth and yield of rice plant as affected by application of phosphite and hypophosphite

plot	July. 14		Aug. 3		sept. 1			
	plant height cm	No. of tillers	plant height cm	No. of tillers	plant height cm	No. of tillers		
Control	54	10.3	78	19.3	90	21.7		
Phosphite	10 ppm	June 16	49	11.0	80	20.6	94	21.3
		July 14			80	20.3	96	20.3
		Aug. 10					99	21.0
		Sept. 5						
	20	June 16	35	9.6	74	13.6	88	18.7
		July 14			75	22.6	85	25.3
		Aug. 10					94	24.0
		Sept. 5						
	40	June 16	32	9.3	67	18.6	75	26.0
		July 14			72	25.0	75	31.0
		Aug. 10					89	25.7
		Sept. 5						
60	June 16	30	14.0	76	15.3	68	39.0	
	July 14			70	21.6	70	36.3	
	Aug. 10					81	30.0	
	Sept. 5							
Hypophosphite	10	June 16	52	12.6	76	17.3	93	18.7
		July 14			78	17.0	90	17.0
		Aug. 10					90	19.3
		Sept. 5						
	20	June 16	50	9.6	71	18.3	81	25.3
		July 14			74	18.6	74	22.7
		Aug. 10					87	22.0
		Sept. 5						
	40	June 16	48	13.6	55	21.6	47	24.3
		July 14			79	20.6	67	31.7
		Aug. 10					82	23.0
		Sept. 5						
60	June 16	40	12.0	38	20.3	48	21.3	
	July 14			65	21.0	63	30.7	
	Aug. 10					83	22.7	
	Sept. 5							

Length of culm cm	Oct. 10		Date of heading	Date of ripening	Wt. of straws g	Wt. of ears g	Wt. of perfect grains g	Wt. of dry root g
	Length of ear cm	No. of tillers						
76	20.4	24.0	9. 5	10.12	66.8	36.7	30.9	7.3
73	20.4	24.0	5	15	69.0	26.9	16.6	8.6
78	20.2	20.0	5	16	71.0	22.2	10.2	9.8
78	21.1	22.3	5	16	68.4	22.4	11.0	8.3
76	20.1	22.0	5	15	66.2	37.1	30.4	12.0
72	20.1	31.7	5	23	54.9	10.3	3.1	6.6
68	19.5	40.7	5	23	76.0	9.8	—	10.4
68	20.4	44.3	5	23	82.3	10.2	3.0	9.6
75	19.6	23.0	5	15	63.0	38.2	27.8	9.4
59	16.5	45.0	12	26	54.8	5.9	—	6.1
58	17.2	52.3	7	26	71.1	7.9	—	10.4
61	20.7	54.0	5	24	87.0	9.3	--	10.2
78	19.4	23.0	5	24	65.1	32.7	25.8	8.2
60	14.5	59.3	16	—	47.9	5.4	—	6.9
55	14.5	53.7	15	—	71.2	5.9	—	7.2
58	16.4	54.0	9	—	71.9	7.7	—	9.0
78	20.1	23.0	5	12	66.0	31.6	25.0	7.8
72	20.1	31.0	5	16	51.7	14.9	7.5	4.2
70	21.2	30.0	5	17	54.4	9.9	3.1	7.2
74	20.5	25.7	5	16	56.7	13.8	6.9	7.6
75	19.8	23.5	5	12	67.5	31.1	24.5	7.2
59	19.5	38.7	13	28	53.3	4.7	—	3.4
59	16.7	42.0	10	27	55.8	5.5	—	6.4
63	20.4	47.3	5	26	78.2	8.8	—	7.5
76	19.5	23.3	5	12	56.8	31.1	24.8	7.1
40	13.2	6.7	15	—	30.8	0.4	—	3.0
38	13.5	17.3	15	—	59.5	1.0	—	6.2
53	18.3	28.0	12	—	82.5	3.6	—	6.4
77	19.1	24.0	5	12	57.5	31.4	25.0	7.5
36	12.4	1.7	—	—	18.4	0.1	—	2.2
32	12.2	5.0	—	—	41.5	0.2	—	2.8
32	11.3	12.7	—	—	71.8	1.0	—	5.2
73	19.7	23.5	—	13	57.5	32.4	24.6	7.0

第5表 フォスフィンが水稻の生育に及ぼす影響

Table 5. Growth of rice plant as affected by application of phosphine

plot	plant height cm	No. of tillers	Length of roots cm	Weight of	
				top g	roots g
Control	85.8	20.6	17.8	103.0	25.3
Phosphite 100ppm	72.7	22.2	21.7	85.8	35.2
Hypophosphite 100ppm	67.8	21.5	13.5	78.9	14.4
Phosphine	71.3	19.8	18.0	71.2	25.8

亜磷酸, 次亜磷酸の障害については, 前項で詳述したので省略するが, 第5表の調査でも草丈は短く, 茎数は多く, 亜磷酸区は根は増加するが, 次亜磷酸区は少くなることが認められる。フォスフィン区は草丈, 茎数共減少し, 地上部重量は減

少したが, 地下部は対照区と大差なかった。

(c) 水稻地上部の分析成績

(a) 実験において得られた収穫期の葉並に穂の無機成分を分析した結果は第6表の通りである。

第6表 亜磷酸, 次亜磷酸による水稻地上部の成分含有率の変化

Table 6. Changes in the percentage content of nutrients affected by application of phosphite and hypophosphite (dry wt. basis)

Plot	Straws						Ears						
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	
Control	0.94	0.34	1.26	0.26	0.15	3.98	1.62	1.07	0.43	0.037	0.11	0.87	
Phosphite 10 ppm	June 16	0.98	0.60	1.21	0.34	0.28	3.59	1.61	0.91	0.41	0.053	0.13	1.78
	July 14	1.19	0.71	1.24	0.34	0.32	3.56	1.63	1.05	0.42	0.053	0.13	1.95
	Aug. 10	1.09	0.75	1.17	0.33	0.35	3.30	1.70	0.88	0.44	0.053	0.13	1.70
	Sept. 5	1.05	0.35	1.40	0.32	0.22	4.01	1.67	0.80	0.42	0.036	0.13	0.97
Phosphite 20 ppm	June 16	1.19	1.30	1.40	0.36	0.38	3.57	1.61	0.62	0.49	0.102	0.14	3.73
	July 14	1.20	1.26	1.31	0.36	0.37	2.97	1.55	0.78	0.70	0.149	0.16	3.70
	Aug. 10	1.34	1.34	1.36	0.33	0.38	3.10	1.40	0.62	0.50	0.136	0.13	3.40
	Sept. 5	0.96	0.49	1.38	0.32	0.26	4.06	1.69	0.68	0.45	0.041	0.13	1.39
Hypophosphite 10 ppm	June 16	1.22	0.46	1.44	0.29	0.26	3.62	1.66	0.73	0.55	0.056	0.14	3.23
	July 14	1.36	0.65	1.46	0.28	0.25	3.47	1.65	0.79	0.73	0.053	0.16	3.60
	Aug. 10	1.16	0.39	1.50	0.30	0.23	3.40	1.71	0.80	0.46	0.052	0.13	3.10
	Sept. 5	1.12	0.36	1.40	0.32	0.24	3.80	1.67	0.69	0.44	0.038	0.12	1.68
Hypophosphite 20 ppm	June 16	1.31	0.89	1.80	0.30	0.26	3.99	1.73	0.98	1.09	0.124	0.19	5.73
	July 14	1.31	0.98	1.79	0.28	0.25	3.36	1.74	0.94	1.11	0.140	0.19	5.56
	Aug. 10	1.20	0.84	1.71	0.29	0.24	2.94	1.72	0.83	0.95	0.136	0.15	4.49
	Sept. 5	1.01	0.67	1.47	0.30	0.25	3.89	1.69	0.69	0.48	0.040	0.12	1.98

第7表 亜磷酸、次亜磷酸による水稻地上部の成分吸収量の変化 (g/株)

Table 7. Changes in the amount of absorbed nutrients as influenced by application of phosphite and hypophosphite (g/plant)

Plot		Straws						Ears						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	
Phosphite	Control	0.55	0.20	0.74	0.153	0.088	2.34	0.52	0.35	0.14	0.012	0.036	0.28	
	10	June 16	0.60	0.36	0.74	0.214	0.176	2.18	0.38	0.22	0.10	0.013	0.031	0.42
		July 14	0.75	0.45	0.78	0.212	0.201	2.24	0.32	0.20	0.08	0.010	0.025	0.38
		Aug. 10	0.66	0.45	0.71	0.199	0.211	1.99	0.33	0.17	0.08	0.010	0.025	0.33
		Sept. 5	0.61	0.20	0.81	0.186	0.128	2.33	0.54	0.26	0.14	0.012	0.042	0.31
	20	June 16	0.57	0.63	0.68	0.174	0.184	1.72	0.14	0.06	0.04	0.009	0.012	0.34
		July 14	0.82	0.86	0.90	0.247	0.253	2.04	0.13	0.07	0.06	0.013	0.014	0.32
		Aug. 10	0.96	0.96	0.98	0.237	0.271	2.22	0.13	0.06	0.05	0.013	0.012	0.31
		Sept. 5	0.48	0.24	0.69	0.159	0.129	2.02	0.57	0.23	0.15	0.014	0.044	0.47
	Hypophosphite	10	June 16	0.56	0.21	0.66	0.132	0.118	1.65	0.22	0.10	0.07	0.007	0.019
July 14			0.66	0.31	0.70	0.135	0.121	1.67	0.15	0.07	0.06	0.005	0.014	0.32
Aug. 10			0.59	0.20	0.76	0.152	0.116	1.72	0.21	0.10	0.06	0.006	0.016	0.38
Sept. 5			0.65	0.21	0.82	0.187	0.140	2.22	0.46	0.19	0.12	0.010	0.033	0.46
20		June 16	0.59	0.40	0.82	0.136	0.118	1.81	0.07	0.04	0.04	0.005	0.008	0.23
		July 14	0.65	0.48	0.88	0.138	0.123	1.66	0.08	0.05	0.05	0.007	0.009	0.27
		Aug. 10	0.83	0.58	1.19	0.201	0.167	2.04	0.13	0.06	0.07	0.010	0.012	0.35
		Sept. 5	0.52	0.34	0.76	0.154	0.129	2.00	0.46	0.19	0.13	0.011	0.033	0.54

Plot		Straws+Ears						g/dry matter 100 g						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	
Phosphite	Control	1.07	0.55	0.88	0.16	0.13	2.62	1.17	0.60	1.09	0.181	0.136	2.87	
	10	June 16	0.98	0.58	0.84	0.22	0.21	2.60	1.16	0.69	0.99	0.268	0.245	3.08
		July 14	1.07	0.65	0.86	0.22	0.23	2.62	1.27	0.79	1.04	0.269	0.274	3.18
		Aug. 10	0.99	0.62	0.79	0.21	0.24	2.32	1.24	0.78	0.99	0.262	0.296	2.91
		Sept. 5	1.15	0.46	0.95	0.20	0.17	2.64	1.27	0.51	1.05	0.219	0.188	2.92
	20	June 16	0.71	0.69	0.72	0.18	0.19	2.06	1.24	1.24	1.26	0.319	0.342	3.60
		July 14	0.95	0.93	0.96	0.26	0.26	2.36	1.23	1.20	1.24	0.337	0.346	3.06
		Aug. 10	1.09	1.02	1.03	0.25	0.28	2.53	1.35	1.26	1.27	0.309	0.350	3.13
		Sept. 5	1.05	0.47	0.84	0.17	0.17	2.49	1.26	1.26	0.99	0.207	0.207	2.98
	Hypophosphite	10	June 16	0.78	0.31	0.73	0.14	0.14	2.08	1.33	0.53	1.24	0.236	0.233
July 14			0.81	0.38	0.76	0.15	0.13	1.99	1.42	0.67	1.33	0.245	0.237	3.49
Aug. 10			0.80	0.30	0.82	0.16	0.14	2.10	1.27	0.48	1.30	0.250	0.209	3.33
Sept. 5			1.11	0.40	0.94	0.20	0.17	2.68	1.29	0.47	1.10	0.230	0.202	3.12
20		June 16	0.66	0.44	0.86	0.15	0.13	2.04	1.33	0.89	1.74	0.285	0.255	4.12
		July 14	0.73	0.53	0.93	0.15	0.13	1.93	1.35	0.98	1.72	0.268	0.244	3.57
		Aug. 10	0.96	0.64	1.26	0.21	0.18	2.39	1.25	0.83	1.63	0.274	0.232	3.10
		Sept. 5	0.98	0.53	0.89	0.16	0.16	2.54	1.24	0.67	1.12	0.209	0.205	3.22

この結果から見れば成分含有率が最も安定しているのはNであり、含有率の減少を示したものは葉における $K_2O$ ,  $SiO_2$ , 穂においては $P_2O_5$ ,  $K_2O$ で、含有率の増加の甚だしいものは $MgO$ ,  $CaO$ である。

(d) 磷酸還元物質が水稻の養分吸収に及ぼす影響  
(水耕液の分析成績)

(b) 実験において8月5日(水耕液更新時)並に8月16日(実験終了日)の両日、水耕液の無機成分を分析し、減量を算出して水稻の吸収量とした。この期間中の吸水量を求めるため、別に8月5日無水稻の鉢を設け、8月16日の残液の量から各区の残液量を差引いて吸水量を求めた。実験結果は第8表の如くである。

第8表 亜磷酸、次亜磷酸及びフオスフィンによる水及び無機成分の吸収阻害率

Table 8. Rate of inhibition caused by Phosphite, hypophosphite and phosphine in water-and nutrient-absorption

Plot	$H_2O$		$NH_4-N$		$P_2O_5$		$K_2O$		$CaO$		$MgO$		$SiO_2$		$MnO$	
	acc	b%	amg	b%	amg	b%	amg	b%	amg	b%	amg	b%	amg	b%	amg	b%
Control	2,446	—	104.6	—	64.4	—	114.7	—	30.2	—	20.1	—	354.2	—	0.68	—
Phosphite 100ppm	1,468	40	60.7	42	15.5	76	18.4	84	27.2	10	17.1	15	173.6	51	0.37	46
Hypophosphite 100ppm	1,376	44	51.7	50	3.2	95	11.5	90	23.3	23	14.1	30	120.4	66	0.39	42
Phosphine	1,567	36	56.5	46	29.6	54	45.9	60	25.7	15	15.8	21	205.4	42	0.38	44

Remarks : a is amount of absorption of water and nutrients.

b is rate of inhibition in absorption.

$[(\text{Amount of absorption in control plot}) - (\text{Amt. of absorption in phosphite hypophosphite and phosphine plots})] / (\text{Amt. of absorpton in control plot}) \times 100$

すなわち、短期間における水耕液の成分変化から各成分の吸収阻害の順序を求めると、

亜磷酸  $K_2O > P_2O_5 > SiO_2$ ,  $MnO > NH_4-N$ ,  $H_2O > MgO$ ,  $CaO$

次亜磷酸  $P_2O_5$ ,  $K_2O > SiO_2 > NH_4-N > H_2O$ ,  $MnO > MgO$ ,  $CaO$

フオスフィン  $K_2O > P_2O_5 > NH_4-N$ ,  $MnO$ ,  $SiO_2 > H_2O > MgO > CaO$

である。

## B 考 察

亜磷酸、次亜磷酸ともに高濃度の区程、また低濃度の場合は分けつ盛期並に幼穂形成期施用区において阻害程度は甚しく、障害の甚しい水稻は異常な生育相を示し、新葉の一部に特異な chlorosis を起し、やがてそのさき全部が枯死する。

この間の消息を相当詳細に記述したのは障害の現われ方により養分吸収阻害による障害か、亜磷酸、次亜磷酸が吸収され、直接植物体を冒すものかを、まず観察より判定しようとした為である。

この特異な chlorosis 症状は無機成分の欠乏あるいは過剰症状の中で筆者が未だかつて経験したことの無いものである。磷酸還元物質が水稻の無機成分の吸収を阻害して、間接的に地上部の生育に阻害を及ぼすことはもちろん、根から吸収され、直接にも体組織に悪影

響を及ぼすものと考えられる。

高濃度処理の場合は甚だしくその生育が異常となるので、収穫物の成分含有率から磷酸還元物質による無機成分の吸収阻害の程度を論ずることは困難である。そこで障害の甚しい亜磷酸、次亜磷酸加用 40, 60ppm 区別は考察から除いた。亜磷酸、次亜磷酸 10, 20ppm 区別において成分含有率が最も安定しているのはNである。含有率の減少を示したものは葉における $K_2O$ ,  $SiO_2$ , 穂においては $P_2O_5$ ,  $K_2O$ であり、含有率の増加の甚だしいものは $MgO$ ,  $CaO$ である。

一方、水耕液の成分変化から求めた各成分の吸収阻害の順列は

亜磷酸  $K_2O > P_2O_5 > SiO_2$ ,  $MnO > NH_4-N$ ,  $H_2O > MgO$ ,  $CaO$

次亜磷酸  $P_2O_5$ ,  $K_2O > SiO_2 > NH_4-N > H_2O$ ,  $MnO > MgO$ ,  $CaO$



フオスフィン  $K_2O > P_2O_5 > NH_4-N, MnO, SiO_2$   
 $> H_2O > MgO > CaO$

であつても、さきの収穫物の分析結果と無<sup>57</sup>盾しない。もつともこの順位は水稻の生育時期により多少は移動するものと考えられる。

三井<sup>(2)(3)</sup>らは水稻根の養分吸収に及ぼす硫化水素、青酸ナトリウム、窒化ナトリウム等の呼吸酵素阻害物質並びに酪酸の影響について試験を行い、吸収阻害の順序は  $K_2O, P_2O_5 > SiO_2, SO_3, Br > MnO, NH_4-N, H_2O > MgO > CaO$  であるとし、イオン吸収の metabolic absorption の立場から次のように考察を行つてゐる。

すなわち、この順位は Hofmeister の系列に一致すること、次に Chang and Loomis の炭酸瓦斯が水及び養分吸収に及ぼす実験例並に Lawton の作物根に対する空気の供給量を調節した実験例も引用し、これらの例も作物根の Aerobic metabolism を抑制することにより Hoagland らの所謂 Metabolic absorption を抑制するという意味において類似したものであり、Metabolic absorption が阻害されて、Non metabolic absorption が支配するようになればその吸収はイオンの水和度の如き物理化学性に一層強く支配されるようになると述べている。

馬場<sup>(1)</sup>は水稻の胡麻葉枯病及び秋落の発生機構に関する栄養生理的研究において、水耕液に硫化水素を加用すると、水稻が胡麻葉枯病に罹り易くなり、秋落となるのは、主として硫化水素により特に  $K_2O, SiO_2, MnO$  等の無機成分が選択的吸収阻害をうけ、体内成分間の平衡が破れ、また無機成分の体内移行も悪くなり、更に硫化水素及び二価鉄等の吸収も増大して、体内の蛋白合成等の正常な好気的物質代謝も阻害をうけることによると考えた。

また、岡島、高城<sup>(4)</sup>らの硫化水素による水稻の無機成分の吸収阻害に及ぼす実験例によつても阻害順序は三井らの結果と一致している。

さて、亜磷酸、次亜磷酸、フオスフィンによる無機成分の吸収阻害は前記三者とその傾向を略々同じくする。これも偶然の一致でないであろうことは前掲の三井<sup>(2)</sup>らの考察の通りと思われる。

しかしながら、水稻の生育時期別の—特に障害の初期段階の—養分の吸収状況、体内部位別の無機成分の平衡と移動関係、炭水化物並に蛋白代謝の状況、酵素作用等の栄養生理的実験に欠けているので論議のできないことを遺憾に思う。

## 引用文献

- (1) 馬場 赴 (1958) 水稻の胡麻葉枯病及び秋落の発生機構に関する栄養生理的研究 農業技術研究所報告D第7号
- (2) 三井進午・麻生末雄・熊沢喜久雄 (1951) 作物の養分吸収に関する動的研究 (第1報) 水稻根の養分吸収に対する硫化水素の影響について 日土肥 22: 46-52
- (3) 三井進午・熊沢喜久雄・石原達夫 (1953) 作物の養分吸収に関する動的研究 (第7報) 水稻根の養分吸収に及ぼす硫化水素、青酸ナトリウム、窒化ナトリウム等の呼吸酵素阻害物質並びに酪酸の影響について 日土肥 24: 45-50
- (4) 岡島秀夫・高城成一 (1953) 水稻体における硫化水素の行動 (第1報) 硫化水素による養分吸収阻害について 東北大農研彙報 5: 149-163

## On the Phosphate-Reduction in the Paddy Field (2)

Growth and absorption of nutrients of rice as influenced by products of phosphate reduction

By

Goro Tsubota

Summary

From the results of water culture experiments, phosphite, hypophosphite and phosphine injured rice growth. When phosphite or hypophosphite was added to culture solution, peculiar chlorosis appeared at new leaves after the middle stage of rice life. In this case, roots in phosphite plots developed longer but in hypophosphite plots decayed by degrees. When phosphine was bubbled through the culture solution chlorosis did not appear.

According to the changes in the amount of components in culture solution, the inhibition due to phosphite, hypophosphite and phosphine in the absorption of nutrients and water was in the order

phosphite :  $K_2O > P_2O_5 > SiO_2$ ,  $MnO > NH_4-N$ ,  $H_2O > MgO$ ,  $CaO$

hypophosphite :  $P_2O_5$ ,  $K_2O > SiO_2 > NH_4-N > H_2O$ ,  $MnO > MgO$ ,  $CaO$

phosphine :  $K_2O > P_2O_5 > NH_4-N$ ,  $MnO$ ,  $SiO_2 > H_2O > MgO > CaO$

at the middle stage of growth, And this result showed a possitive correlation with the absorbed nutrients in plant.