

水稻・小麦における金属過剰障害の軽減におよぼす ケイ酸塩の効果

三宅靖人・高橋英一^{a)}

(附属農場)

Received July 2, 1978

Effect of Calcium Silicate Application on the Alleviation of Metal Toxicity in Lowland Rice and Wheat Plants

Yasuto MIYAKE and Eiichi TAKAHASHI^{b)}

(Research Farm)

The purpose of this paper was to study the effect of silica on the alleviation of the toxicities of surplus metals in soil: aluminium, manganese, nickel, copper, and cadmium, to lowland rice and wheat plants, which were grown in 3.5 liter polyethylene pots filled with the soil from surface layer of a paddy field.

The results obtained are summarized as follows.

- 1) The effect of calcium silicate on alleviation of nickel toxicity in lowland rice, which could be determined by the decrease of yield, was noticeable.
- 2) The amount of manganese transferred from straw to ear of lowland rice were suppressed by application of calcium silicate.
- 3) According to the excess absorption of aluminium, contents of silica and iron in the straw of lowland rice increased markedly.
- 4) The content of aluminium in the top of wheat plant was decreased by application of calcium silicate, so that the decrease of yield by aluminium toxicity was alleviated to a slight degree when compared with the plant without silicate.

結 言

金属元素による農地土壌の汚染は、農作物の生育を阻害し、収量の減少と品質の低下をもたらすのみならず、作物体中に多量に吸収蓄積された有害物質は人体および家畜の健康を損う恐れがあるため、環境汚染のなかで金属害の防止はきわめて重要な課題の一つとして取りあげられている。近年この分野の研究は水稻のカドミウム害対策を中心に活発に続けられており、カルシウム添加がカドミウムの吸収を抑制する³⁾ことなどが報告されている。

また水稻に対するケイ酸の添加は水稻根の酸化力を増大し、鉄、マンガンの過剰吸収を抑制し、障害が防止あるいは軽減されることが水耕実験で認められている⁴⁾。

そこで本報においては水稻、小麦のアルミニウム (Al)、マンガン (Mn)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、カドミウム (Cd) の過剰障害軽減におよぼすケイ酸塩の効果について検討した。

材 料 と 方 法

供試土壌：倉敷市早島新田の干拓後約250年経過した水田表層土。土壌の性質は Table 1 に示したとおり、Clay Loam の置換容量の低い酸性の強溶脱型土壌である。pH 4 醋酸かんしょう液で浸出される土壌中の可溶性ケイ酸量は、長期にわたる作物栽培で土壌が収奪、溶

a) 京都大学農学部

b) Faculty of Agriculture, Kyoto University

Table 1 Properties of soil

Soil	Strongly-leached soil (surface layer of paddy field in Kojima polder, Okayama)	
Texture	Clay Loam	
Chemical properties(dry matter basis)		
pH (H ₂ O)		4.4
Total carbon		1.80
Exchangeable Ca (me/100g)		6.43
" Mg (me/100g)		2.61
" Na (me/100g)		0.22
" K (me/100g)		0.42
Exchange capacity (me/100g)		15.51
Available SiO ₂ (mg/100g)		8.4
(pH4 Ammonium-acetate buffer soluble)		

脱作用を受けた結果、乾土 100g 当り SiO₂ 8.4mg ときわめて低い値である。

実験方法：供試土壌を特殊樹脂製1/5000アールポットに 3.5kg ずつ充填し、ケイ酸カルシウム (CaSiO₃, アルカリ分23%) あるいは炭酸カルシウム (CaCO₃, アルカリ分54%) を

Table 2 Amounts of metals to the air-dried soil

Metal*	Plant	Lowland rice		Wheat	
		500ppm	1000ppm	200ppm	500ppm
Al		200	500	200	500
Mn		50	100	50	100
Ni		50	100	50	100
Cu		50	100	50	100
Cd		50	100	50	100

* Forms of metal compounds

Al; AlCl₃·6H₂O, Mn; MnCl₂·4H₂O, Ni; NiCl₂·6H₂O, Cu; CuCl₂·2H₂O, Cd; CdCl₂·2.5H₂O

Table 3 Design of experiment

Experiment	Plant	cv.	Period		Number of plants per pot
			Seeding	Harvest	
No1	Lowland rice	Akebono	*July 3, 1971	Nov. 5, 1971	5
No2	Wheat	Taruho	Nov. 5, 1971	May 18, 1972	3

* Transplanting date: the seedlings used for the transplanting were cultivated in a nursery bed for 45 days.

Table 4 Amounts of fertilizers applied to pot culture

Experiment	Basal dressing			Top dressing		
	Date	Fertilizer	g per pot	Date	Fertilizer	g per pot
No. 1	July 3, 1971	(NH ₄) ₂ SO ₄	2	July 15, 1971	(NH ₄) ₂ SO ₄	1
	"	KH ₂ PO ₄	2	"	KH ₂ PO ₄	1
				Aug. 27, 1971	(NH ₄) ₂ SO ₄	1
No. 2	Nov. 29, 1971	(NH ₄) ₂ SO ₄	2	Feb. 11, 1972	(NH ₄) ₂ SO ₄	1
	"	KH ₂ PO ₄	2	Mar. 1, 1972	KH ₂ PO ₄	1

それぞれポット当たり10g (CaSiO₃) または4.1g (CaCO₃) 添加して供試土の pH (H₂O) を6.5に矯正。金属は塩化物の形で与えその添加量は Table 2 に示した。試験計画は Table 3 に、施肥設計は Table 4 に示した。

分析方法：各作物体は収穫後茎葉重、穂重を測定し、脱塩水で洗い、75°C で乾燥した。乾燥後重量を計量し粉碎した。粉碎試料は炭酸ソーダ溶融法³⁾で溶解後定容にし供試液とした。

供試液について、Al (アルミニウム比色法)、SiO₂ (モリブデン青比色法)、P₂O₅ (モリブデン青比色法)、Mn, Ni, Cu, Cd, K, Ca, Mg, Fe (原子吸光法) の定量を行なった。

結 果

実験 I : 水稻の金属過剰害におよぼすケイ酸カルシウムの影響

1). 生育におよぼす影響

水稻の生育状況は Fig. 1 に示した。

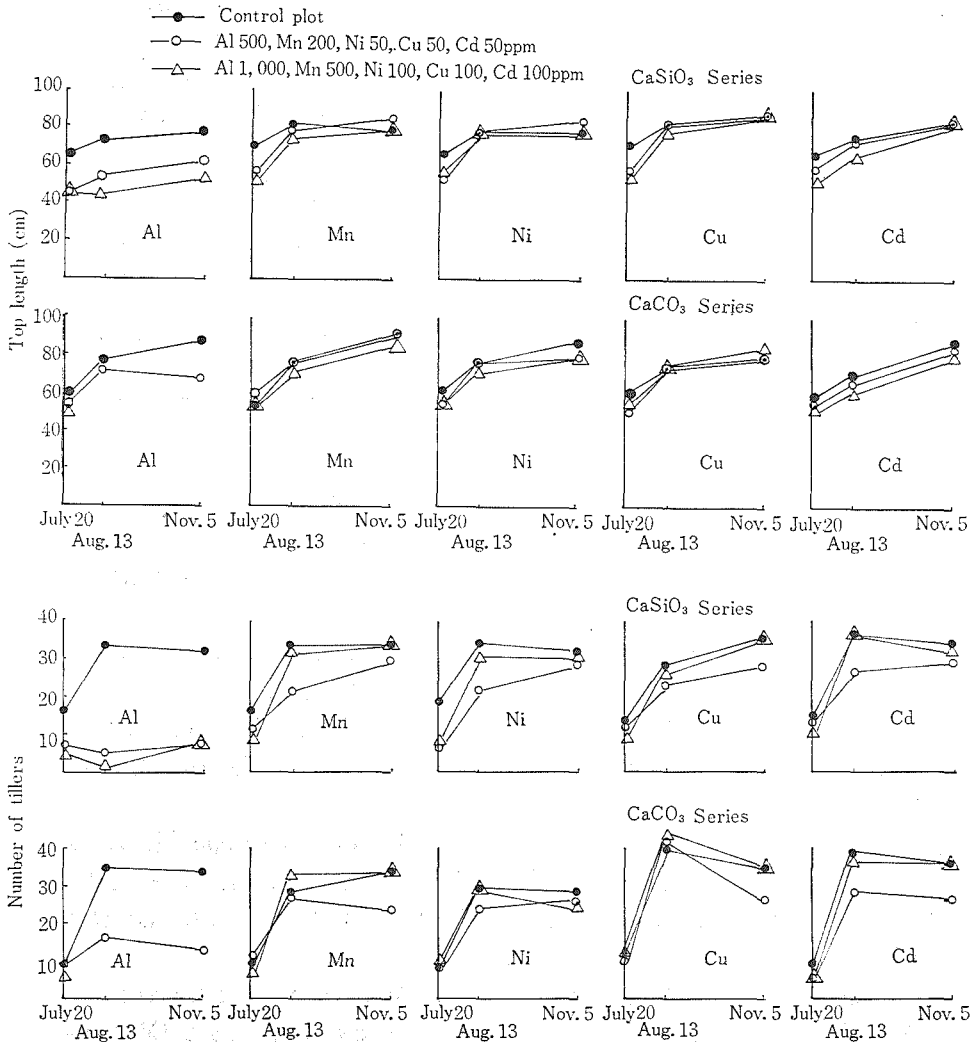


Fig. 1 Effect of calcium silicate supply on the growth of lowland rice applied toxic levels of metals

草丈は Al 区では全生育期間を通じ対照区（金属無添加区）に比べ低く、 CaCO_3 系列の Al 1000ppm 区は分けつ最盛期に入った7月20日（移植後17日目）にすでに枯死していた。

これに対して Mn, Ni, Cu 各区においては対照区と大差のない草丈であった。一方 Cd 区の草丈は栄養生長期では対照区よりも低い値であったが、生殖生長期に入って回復し、収穫期にはほぼ対照区に近づいた。

分けつ数においても Al 区は500ppm 区および1000ppm 区ともに対照区にくらべきわめて低く顕著な Al 過剰障害が認められた。これにくらべると Mn, Ni, Cu, Cd 各区の分けつ数は多少のばらつきが認められたものの対照区との差は少なかった。

収量調査の結果を Table 5 に示した。Al 区の障害はきわめて顕著であって Al 500ppm 区

Table 5 Effect of calcium silicate application on the alleviation of metal toxicity in lowland rice

Treatment	Yield (dry weight g/pot)			Yield (dry weight g/pot)		
	CaSiO ₃ Series		Total	CaCO ₃ Series		Total
Leaf and stem	Ear	Leaf and stem		Ear		
Control plot	49(100)	46 (100)	95 (100)	46(100)	41 (100)	87 (100)
Al 500ppm	5(10)	0.5(1)	5.5(6)	11(24)	0.4(1)	11.4(13)
1000	4(8)	—	4 (4)	3(7)	—	3 (3)
Mn 200	49(100)	36 (78)	85 (89)	48(104)	33 (80)	81 (93)
500	50(102)	34 (74)	84 (88)	51(111)	30 (73)	81 (93)
Ni 50	49(100)	43 (93)	92 (97)	43(93)	32 (78)	75 (86)
100	52(106)	40 (87)	92 (97)	36(78)	25 (61)	61 (70)
Cu 50	53(108)	40 (87)	93 (98)	43(93)	32 (78)	75 (86)
100	58(118)	39 (85)	97 (102)	51(111)	35 (85)	86 (99)
Cd 50	40(82)	40 (87)	80 (84)	44(96)	29 (71)	73 (84)
100	43(88)	31 (67)	74 (78)	46(100)	25 (61)	71 (82)

(): Relative value (%).

は収穫時までの生育をようやく維持し得た状態であり、 CaCO_3 系列の Al 1000ppm 区は分けつ最盛期の7月20日にすでに枯死し、 CaSiO_3 系列においても生殖生長期に入った8月13日（移植後42日目）には殆んど枯死状態であって、茎葉重、穂重ともに対照区にくらべきわめて低かった。

Mn 200ppm, Mn 500ppm 両区の CaSiO_3 系列および CaCO_3 系列のすべての生育収量は対照区に比べわずかに低い程度であって、障害の程度は軽かった。

Ni 50ppm, Ni 100ppm 両区の CaSiO_3 系列の生育は対照区と殆んど変らぬ生育を示した。しかし CaCO_3 系列の生育は対照区をかなり下廻っており、Ni 過剰害に対するケイ酸の効果が認められた。

Cu は毒性が強いとされている元素であるが、Cu 50ppm, Cu 100ppm 両区の CaSiO_3 系列の生育は対照区と殆んど変わらず、 CaCO_3 系列においても良好な生育であった。Cu の障害が軽かったのは Ca の添加によるものではないかと考えられた。しかし Cu 害軽減に対するケイ酸の効果については判然としなかった。

Cd 50ppm 区の生育量は対照区に比べやや低く、Cd 100ppm 区はさらに若干低下したがその障害の程度はこれまでの報告⁸⁾と比べると軽いようであった。しかし Cd 害軽減にはケイ酸の効果はとくに認められず、Cd 害が軽減されたのは主として Ca 添加の効果によると

推定された。

2). 金属元素の吸収移行性

収穫時における水稻茎葉および穂に蓄積された各金属含有率を Table 6 に示した。

Table 6 Effect of calcium silicate application on metal contents of lowland rice

Treatment	CaSiO ₃ Series		CaCO ₃ Series	
	Leaf and stem	Ear	Leaf and stem	Ear
	ppm on dry matter basis			
Al 500ppm	6,400	755	5,120	676
	8,160	—	5,360	—
Mn 200	1,200	108	1,002	164
	1,480	168	1,600	280
Ni 50	16	3	11	3
	18	4	13	4
Cu 50	120	16	80	20
	160	30	80	20
Cd 50	40	4	36	4
	38	4	44	4

Al 区においては茎葉、穂中にきわめて高濃度の Al を含有しており、水稻が土壤中に過剰に存在する可給態の Al を吸収し、地上部に移行しやすいことが推定される。Al の吸収移行については我妻⁹⁾が2日間の Al 吸収水耕実験から水稻は根部 Al 含有率が高くなると地上部 Al 含有率が急激に上昇すると述べているが、この土耕栽培実験においても同様の傾向が認められた。またこの実験からは Al の吸収移行に対する CaSiO₃ の抑制効果は認められなかった。

Mn 200ppm, Mn 500ppm 両区の茎葉および穂中にも高い Mn 含有率が認められ、Mn は水稻においては比較的吸収移行し易いことが推定された。また CaSiO₃ 系列の穂中の Mn は CaCO₃ 系列よりも低くケイ酸の添加は Mn の穂への移行を抑制していることが推察された。

Ni は茎葉および穂中の含有率が他の金属元素よりも著しく低く、CaSiO₃ 添加による抑制効果も認められなかった。

水耕栽培による吸収実験の結果から Cu は水稻の根に蓄積し、地上部への移行が難しい元素であるとされており²⁾、土耕栽培においても、地上部に移行する難易は Cd>Ni>Cu であるという報告がある⁸⁾。しかしこの実験においては、茎葉および穂中の Cu 含有率は Ni, Cd より高い値を示し、地上部植物体中の金属含有率から推定される移行性の難易は Cu>Cd>Ni の順位であった。このように移行性の傾向が異なった原因については明らかでない。茎葉中の Cu 含有率は CaCO₃ 系列に比べ CaSiO₃ 系列が高い値を示し、Cu の吸収移行に対するケイ酸の抑制効果は認められなかった。Cd 区においても茎葉および穂の Cd 含有率は CaSiO₃ 系列, CaCO₃ 系列の間で差異がなかった。

3). 要素吸収におよぼす影響

Table 7 に収穫物の茎葉中の無機成分含有率を示した。CaSiO₃ 系列の各区の SiO₂ 含有率は CaCO₃ 系列に比べ著しく高い値であった。また金属塩化物の添加は茎葉中の SiO₂ 含有率を高める傾向が認められ、とくに Al 区の SiO₂ 含有率は顕著に高い値を示した。また Al

Table 7 Mineral contents in the leaves and stems of lowland rice

Treatment	SiO ₂		P ₂ O ₅		K		Ca		Mg		Fe	
	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃
Control	6.58%	4.14%	0.33%	0.42%	1.86%	1.67%	0.89%	0.90%	0.15%	0.14%	870ppm	670ppm
Al 500ppm	9.12	6.44	0.98	0.72	0.92	0.66	1.52	1.24	0.24	0.22	7,960	6,360
1000	9.96	6.20	0.94	0.95	0.58	1.46	1.28	1.00	0.19	0.17	17,680	16,200
Mn 200	8.44	3.84	0.90	0.48	2.08	1.78	0.92	0.74	0.19	0.15	780	780
500	7.76	4.64	0.60	0.42	1.92	1.66	0.84	0.84	0.23	0.16	780	880
Ni 50	7.60	4.28	0.30	1.00	2.02	1.66	0.76	0.76	0.15	0.13	740	600
100	6.24	4.00	0.36	0.31	2.12	1.28	0.74	0.78	0.11	0.11	780	420
50	7.08	5.72	0.36	0.38	2.14	2.08	0.76	0.82	0.13	0.14	520	560
100	6.68	4.80	0.40	0.48	2.30	2.04	0.80	0.78	0.16	0.13	400	520
50	7.12	5.48	0.42	0.38	2.40	1.46	0.72	0.94	0.12	0.15	700	580
100	5.56	4.24	0.62	0.75	2.98	4.44	0.76	0.74	0.12	0.16	560	460

Dry_matter basis.

区の P_2O_5 , Ca, Mg, Fe 含有率も高かった。とりわけ Fe 含有率はきわめて高い値を示した。これに対して Al 区の K 含有率は低かったがその理由は不明である。

実験 II：小麦の金属過剰害におよぼすケイ酸カルシウムの影響

1). 生育におよぼす影響

小麦の生育について Fig. 2 に示した。生育初期において Al 500ppm 区および Cd 100ppm

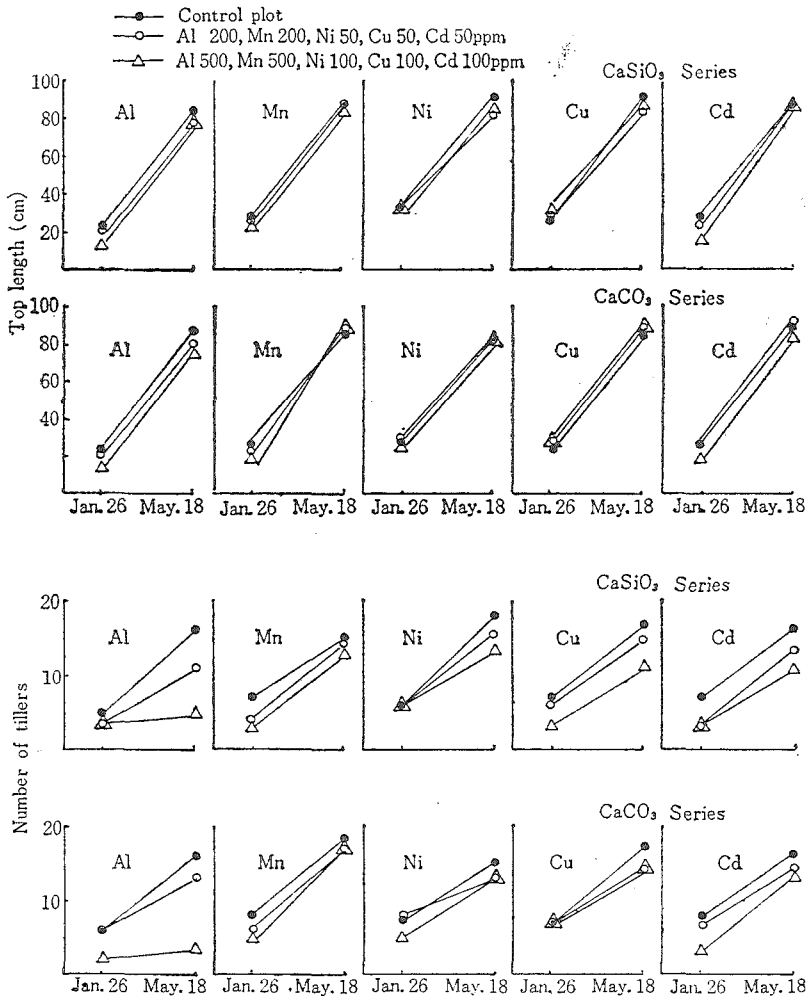


Fig. 2 Effect of calcium silicate supply on the growth of wheat applied toxic levels of metals

区の草丈が対照区よりもやや低かったものの収穫期までに回復しており、金属添加区の草丈はいずれの場合も対照区と大差のない値を示した。

分けつ数については対照区に比べ Cd 区, Cu 区, Ni 区はやや劣る傾向が認められたが, Al 区においては生育の進行につれて対照区よりも著しく低下し, Al 500ppm 区の分けつ数はきわめて低かった。また草丈, 分けつ数とも $CaSiO_3$ 系列と $CaCO_3$ 系列の間に大きな差異はみられなかった。

収穫時における収量調査の結果を Table 8 に示した。

Table 8 Effect of calcium silicate application on the alleviation of metal toxicity in wheat

Treatment	Yield (dry weight g/pot)					
	CaSiO ₃ Series			CaCO ₃ Series		
	Leaf and stem	Ear	Total	Leaf and stem	Ear	Total
Control plot	22(100)	20(100)	42(100)	19(100)	20(100)	39(100)
Al 200ppm	17(77)	17(85)	34(81)	15(79)	16(80)	31(79)
500	6(27)	6(30)	12(29)	5(26)	5(25)	10(26)
Mn 200	21(95)	20(100)	41(97)	18(95)	21(105)	39(100)
500	16(73)	17(85)	33(79)	17(89)	20(100)	37(95)
Ni 50	19(86)	20(100)	39(93)	17(89)	19(95)	36(92)
100	17(77)	19(95)	36(80)	15(79)	18(90)	33(85)
Cu 50	19(86)	21(105)	40(95)	18(95)	21(105)	39(100)
100	15(68)	19(95)	34(81)	18(95)	21(105)	39(100)
Cd 50	17(77)	17(85)	34(81)	18(95)	21(105)	39(100)
100	16(73)	11(55)	27(64)	18(95)	10(50)	28(72)

() : Relative value (%).

Al 500ppm 区においては、茎葉重、穂重ともに対照区に比べきわめて低い値を示し、Al 添加処理によって強度の障害を受けたことが認められた。また Al 200ppm 区においても Al 過剰の害が見られた。対照区に比べ CaSiO₃ 系列の収量比は、CaCO₃ 系列の収量比よりも若干高い値であって、Al の過剰害に対してケイ酸の効果がわずかに認められた。

小麦においても Mn の障害の程度は軽微であった。すなわち Mn 200ppm 区の収量は対照区と大差なく、Mn 500ppm 区においても対照区に比べやや低い値にとどまった。そして対照区と比較した値は、CaCO₃ 系列が CaSiO₃ 系列よりもやや高い傾向が認められた。

Ni, Cu 両区の収量は各 50ppm 区においては、対照区とほとんど変らぬ良好な生育であり各 100ppm 区においても対照区と同等かやや低い収量であった。また Ni, Cu 過剰害に対するケイ酸の効果は認められなかった。

Table 9 Effect of calcium silicate application on metal contents of wheat

Treatment	CaSiO ₃ Series		CaCO ₃ Series	
	Leaf and stem	Ear	Leaf and stem	Ear
	ppm on dry matter basis			
Al 200ppm	160	48	240	64
500	440	96	480	64
Mn 200	478	120	284	124
500	545	164	367	164
Ni 50	7	5	9	4
100	10	6	10	6
Cu 50	40	28	40	28
100	40	20	37	20
Cd 50	82	12	42	12
100	65	20	91	24

Table 10 Mineral contents in the leaves and stems of wheat

Treatment	SiO ₂		P ₂ O ₅		K		Ca		Mg		Fe	
	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃	CaSiO ₃	CaCO ₃
Control	3.20%	0.86%	0.12%	0.13%	2.14%	2.10%	0.39%	0.42%	0.07%	0.10%	30ppm	60ppm
Al 200ppm	3.94	0.94	0.11	0.14	3.48	3.26	0.41	0.54	0.11	0.10	40	20
500	1.32	1.04	0.07	0.11	2.96	3.47	0.64	0.69	0.12	0.11	30	20
Mn 200	2.64	0.84	0.07	0.10	2.05	2.59	0.37	0.46	0.12	0.12	30	50
500	6.00	1.12	0.16	0.15	3.15	2.90	0.46	0.47	0.14	0.11	180	210
Ni 50	2.64	0.92	0.06	0.06	2.17	2.40	0.37	0.43	0.06	0.11	30	20
100	2.54	1.12	0.09	0.10	2.20	2.40	0.39	0.49	0.07	0.09	30	20
50	2.40	0.70	0.06	0.07	2.71	2.19	0.40	0.37	0.09	0.11	30	30
100	2.34	0.70	0.11	0.05	3.68	2.34	0.47	0.38	0.12	0.07	50	30
50	1.20	0.78	0.11	0.05	3.18	1.97	0.43	0.36	0.08	0.05	30	20
100	1.06	0.68	0.12	0.10	2.63	2.05	0.40	0.37	0.06	0.04	30	30

Dry matter basis.

Cd 区においては CaCO_3 系列が CaSiO_3 系列より高い値を示した。Cd 50ppm 区の収量は CaCO_3 系列では対照区と同等であり、 CaSiO_3 系列ではやや低い値であった。

2). 金属元素の吸収移行性

Table 9 に添加した金属の茎葉および穂中の含有率を示した。

茎葉中の Al, Mn, Cu および穂中の Al の含有率は水稻よりも小麦が顕著に低く、逆に Cd の茎葉、穂中の含有率は高い値であった。 CaSiO_3 系列と CaCO_3 系列との差異は Al 200ppm 区においては茎葉、穂ともに CaSiO_3 系列の Al 含有率は低かったが、その他においては明らかな傾向の違いは認められなかった。

3). 要素吸収におよぼす影響

収穫物の茎葉中の無機成分含有率を Table 10 に示した。

CaSiO_3 系列における SiO_2 含有率は CaCO_3 系列に比べすべて顕著に高かった。また Mn 500ppm 区においては、 CaSiO_3 系列、 CaCO_3 系列とも P_2O_5 , Fe の含有率が他の処理区にくらべ高くなる傾向が認められたがその理由については明らかでない。

その他の各金属添加区は、 CaSiO_3 系列、 CaCO_3 系列とも対照区と大差のない値であった。

考 察

本研究は水稻、小麦の各種金属による過剰障害がケイ酸カルシウム添加によってどの程度軽減し得るかを知らるため可給態ケイ酸の低い干拓地土壌を用いて行なったものであるが、対照区（金属塩無添加）の生育収量は水稻、小麦ともケイ酸カルシウムの添加により炭酸カルシウムにくらべ約10%の増加がみられた。

金属塩添加の場合の効果はつぎのようであった。

まず Al についてであるが、作物の Al 耐性については相見ら¹⁾は小麦は水稻にくらべて弱い、品種によって Al 耐性には差異がみられることを報告している。本実験においては Al 500ppm 区の水稻の生育収量の低下の割合は小麦にくらべて大であった。その理由については明らかでないが、畑条件（小麦）と湛水条件（水稻）の差異が同一の水耕条件で比較した場合とことなつた結果をもたらしたのではないかと思われる。

また作物の耐 Al 性は耐酸性とも相関があるといわれている¹⁾。本実験においてはケイ酸カルシウムあるいは炭酸カルシウムによって土壌の pH (H_2O) を 6.5 に矯正しているが（原土の pH 4.4）その後 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の添加によって Al 500ppm 区では実験開始時土壌 pH は 4.4 に、また収穫時には水稻で 4.2、小麦で 3.9 に低下していた。このことは少なくとも添加した Al の一部は（あるいは土壌中の Al も）吸収可能な状態にあったことを示している。実際水稻は多量の Al を吸収し、茎葉、穂へ移行した。Al 添加による生育障害が小麦より水稻に強く現われたのは水稻の Al 吸収性が著しく大であった（10倍以上）ことによるとと思われる。小麦の Al 障害はケイ酸塩添加によって若干軽減される傾向が認められたがその理由は明らかでない。

Mn は毒性が弱く水稻、小麦とも過剰害は軽かった。水稻においてはケイ酸カルシウムの添加は Mn の茎葉から穂への移行を抑制した。

本実験においては水稻、小麦とも Mn, Ni, Cu, Cd 各区の収量は対照区にくらべてやや低い程度で、これらの金属による過剰害は比較的軽かった。QUELLETTE ら⁵⁾は Ca が Mn 過剰を軽減すると報告しており、徳永ら⁶⁾は Ca 施用によって土壌中の Cu 含量は顕著に低くなり、玄米中の Cu 含量が低下したと述べている。Ca が土壌 pH を高めて Cd を不溶化し、植物の

吸収を抑制することはよく知られている⁶⁾。Ni も Cu, Mn と物理化学的性質の類似した遷移元素であることを考えると, Mn, Ni, Cu, Cd 各区の障害が比較的軽かったのは Ca 添加による pH 上昇効果と考えてよいであろう。また水稻の Cd 吸収が小麦にくらべて少なく, 障害も若干軽かったのは, 土壌の還元進行により Cd が硫化物により CdS にかえられ, 不溶化した⁶⁾ためと思われる。

本実験の結果からケイ酸の効果として認められたのは水稻のニッケル過剰害, 小麦のアルミニウム過剰害に対して若干軽減効果のあったことおよび水稻の茎葉から穂へのマンガン移行を多少抑制したことである。

摘 要

土壌中に過剰に存在するアルミニウム, マンガン, ニッケル, 銅およびカドミウムが水稻および小麦の生育におよぼす障害について培地に添加した可溶性ケイ酸の吸収が金属過剰害を軽減するか否かについて検討し, つぎのような知見が得られた。

- 1) 水稻のニッケル過剰害軽減にケイ酸の効果認められた。
- 2) ケイ酸は水稻の茎葉から穂へのマンガンの移行を抑制した。
- 3) 水稻のアルミニウム過剰吸収によって, 茎葉中のケイ酸および鉄含有率を著しく増加させた。
- 4) 小麦のアルミニウム過剰害に対しケイ酸は地上部のアルミニウム含有率を減少させ収量を増加させた。

文 献

- 1) 相見靈三・村上 高: 農技研報 D 11, 331-396 (1964)
- 2) 芋野充男: 土壌肥料の研究第3集, 73-79, 養賢堂東京 (1972)
- 3) 三宅靖人・高橋英一: 土肥誌 47, 375-382 (1976)
- 4) OKUDA A.・TAKAHASHI E. : The mineral nutrition of the rice plant, 123-146, Jones Hopkins Press Baltimore (1965)
- 5) QUELLETTE G. J.・DESSUREAUX L. : Can. J. Plant Sci. 38, 206-214 (1958)
- 6) 渋谷政夫: 土壌肥料の研究第4集, 53-64, 養賢堂東京 (1973)
- 7) 徳永美治・岸田達男・岩崎清次・福富敏雄・辻 勝治・井上 守・古橋勝幸・横田忠夫・旧井利太・広間和彦: 土肥講要集 20, (II) 54 (1974)
- 8) 上田弘美・田中 彰: 鳥取農試報 12, 31-37 (1972)
- 9) 我妻忠雄: 土肥講要集 19, 71 (1973)