

ブルームレス台キュウリにおけるケイ酸の吸収特異性とマンガン過剰症

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	山中,津 坂田,美佳
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	64巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 319-324
発行年月	1993年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ノート

ブルームレス台キュウリにおけるケイ酸
の吸収特異性とマンガン過剰症

山中 律*・坂田美佳**

キーワード キュウリ, ブルームレス台木, 養分吸
収, ケイ酸, マンガン

1. はじめに

近年は消費者の好みを反映して、キュウリ栽培においても果実表面にブルームの発生がごく少ない、いわゆるブルームレス台木（以後ブルームレス台木という）が使用されるようになった。高知県においても数年前にほぼ全面的に切り替わったが、それとともに県内各地でマンガン過剰症が多発するようになった。筆者らの調査（未発表）によれば葉中マンガン濃度が 400 mg kg^{-1} 付近から症状がみられ、深津ら¹⁾による露地キュウリのマンガン過剰症の葉中濃度（概略 1000 mg kg^{-1} 以上で発生）からするとかなり低濃度である。

このブルームレス台木に多発するマンガン過剰症については、その養分吸収特性も大きく関係しているものと考えられる。山本ら^{2,3)}によれば、キュウリをブルームレス台木に接木した場合、その葉中ケイ酸濃度は従来の台木に比べて著しく低く、本島⁴⁾は根の単位面積および単位時間当たりのケイ酸吸収量は従来の台木の3分の1以下であること、また佐田ら⁵⁾はブルームレス台木のキュウリ葉中マンガン濃度は従来の台木に比べてやや高いことなどを報告している。しかしこれらの研究は地上部あるいは株全体を対象としており、養分吸収特性をさらに明らかにするためには部位別の濃度、吸収量あるいは他成分との関係について検討しなければならない。

筆者らはブルームレス台キュウリのマンガン過剰症対策のための基礎資料を得る目的で、水耕試験によって従来の台木とブルームレス台木のケイ酸とマンガンの吸収特性について検討を行った。その結果、根部におけるケ

イ酸濃度やケイ酸とマンガンの関係などについて、いくつかの知見が得られたので報告する。

2. 材料および方法

供試品種は下記に示した試験1および2ともに従来の台木として‘新土佐’を、ブルームレス台木として‘スーパー雲竜’を、穂木のキュウリには‘シャープ1’を使用した。

栽培はガラス室で行った。水耕試験には $1/2000 \text{ a}$ のワグネルポットを用い、1ポット当たり1株を定植、3反復で行った。試験終了後は直ちに部位別に分け、水洗後、 80°C で通風乾燥し、その後乾物重を測定した。ケイ酸およびマンガンなどの分析にはこれを粉碎したものを用いた。ケイ酸は湿式分解後ケイ酸分離を行い、アルカリで処理後 ICP 発光分光分析法で、マンガンは湿式分解液を原子吸光光度法で測定した。その他の成分は常法⁶⁾に従った。

1) 試験1 接木キュウリのマンガン吸収に及ぼすケイ酸の影響

1991年4月24日に穂木を、同26日に台木2品種をオガクズたい肥（トーヨーグロス、（株）みどり興産）に播種した。発芽後、直ちに育苗用培土を充填したポリポットに移植し、5月7日に呼び接ぎを行い、同23日（本葉4.5枚）に水耕栽培に移した。処理は6月5日から培養液のケイ酸濃度を SiO_2 として 20, 70, 120 mg L^{-1} 、マンガン濃度を 5 mg L^{-1} としてこれらを組み合わせ、20日間行った。その他の成分は園試処方⁷⁾に従った。なおケイ酸添加に際しては水道水中の濃度を補正し、無水ケイ酸ナトリウム（粉末）をそのまま水に溶解して用いた。これは予備試験の結果、マンガンの吸収に及ぼすナトリウムの影響がほとんどみられなかったことによる。

栽培管理について、主枝は22節で摘芯し、側枝は下位の4および5節から2本発生させた。幼果はすべて摘除した。また培養液の pH は 6.0~6.5 に維持し、2~4日ごとに全量交換した。

2) 試験2 台木のマンガン吸収に及ぼすケイ酸の影響

1991年10月29日に台木2品種を播種し、11月20日（本葉4.0枚）に水耕栽培に移した。同29日から培養液のケイ酸濃度を SiO_2 として 20, 100 mg L^{-1} 、マンガン濃度を 5 mg L^{-1} とし、これらを組み合わせて22日間処理を行った。

栽培管理について、本試験では主枝の摘芯は行わず、側枝および幼果はすべて摘除した。播種床、移植方法、培養液へのケイ酸添加、培養液の pH およびその他の成

Ritsu YAMANAKA and Mika SAKATA: Singularity of Silicic Acid Absorption and Manganese Toxicity on Cucumber Grafted on Bloomless Stock

* 高知県農業技術センター (783 南国市廿枝 1100)

** 同上 (現在、南国農業改良普及所野市支所 781-52 高知県香美郡野市町西野 2711-1)

1992年7月30日受理

日本土壤肥料学雑誌 第64巻 第3号 p. 319~324 (1993)

第1表 接木キュウリの部位別のケイ酸とマンガン濃度 (mg kg^{-1} , 対乾物)

成分	台木品種	培養液 SiO_2 濃度 (mg L^{-1})	葉		茎		根
			主枝	側枝	主枝	側枝	
Si	新土佐	20	4487	2703	821	913	436
		70	9151	4869	1566	1701	1013
		120	11772	7958	1856	1938	1496
	スーパー 雲竜	20	155	111	55	64	865
		70	256	170	85	93	1420
		120	436	217	109	120	2678
Mn	新土佐	20	1110	582	201	121	3570
		70	985	506	148	107	7754
		120	789	419	121	84	9664
	スーパー 雲竜	20	1072	546	284	159	3351
		70	925	489	199	115	5366
		120	832	431	186	105	9050

第2表 接木キュウリにおけるケイ酸とマンガンの部位別吸収量 (mg/株)

台木品種	培養液 SiO_2 濃度 (mg L^{-1})	葉		茎		根		合計	
		Si	Mn	Si	Mn	Si	Mn	Si	Mn
新土佐	20	210.1	50.0	18.7	3.4	3.8	31.4	232.6	84.8
	70	352.3	37.6	27.7	2.1	6.9	52.7	386.9	92.4
	120	585.7	36.1	40.7	2.2	12.6	81.2	639.0	119.5
スーパー 雲竜	20	4.9	30.3	1.0	3.6	3.5	13.4	9.4	47.3
	70	9.9	33.2	1.7	2.9	7.1	26.8	18.7	62.9
	120	14.8	28.6	2.0	2.5	12.9	43.4	29.7	74.5

分濃度などは試験1と同様である。また培養液は4～7日ごとに全量交換した。

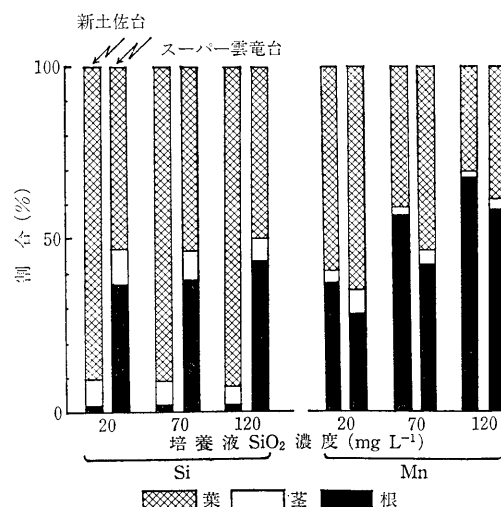
3. 結果

1) 試験1 接木キュウリのマンガン吸収に及ぼすケイ酸の影響

両台木とも健全な生育を示し、生育に及ぼすケイ酸の影響はほとんどみられなかった。第1表には部位別のケイ酸とマンガンの濃度を示した。ケイ酸については葉、茎、根いずれも培養液のケイ酸濃度によく対応したが、各部位の濃度は台木によって大きく異なった。すなわち葉では新土佐台の濃度が著しく高く、主枝葉で $4487 \sim 11772 \text{ mg kg}^{-1}$ を示したのに対し、スーパー雲竜台ではわずか $155 \sim 436 \text{ mg kg}^{-1}$ であった。茎も同様の傾向を示したが、根では逆にスーパー雲竜台の濃度がやや高かった。

マンガンについては葉、茎、根いずれも台木の品種間差は認められず、葉ではケイ酸濃度が高くなるにしたがってマンガン濃度は低下した。茎も同様の傾向を示したが、根では地上部とは逆にケイ酸濃度が高くなるにしたがってマンガン濃度も高くなった。

第2表には各部位のケイ酸とマンガンの吸収量を示した。ケイ酸について、1株当たりの総吸収量では新土佐台のほうが著しく多かった。しかし部位別にみた場合、



第1図 接木キュウリにおけるケイ酸とマンガンの部位別割合

新土佐台では葉の吸収量が茎、根に比べて著しく多いのに対し、スーパー雲竜台では葉と根の吸収量はほぼ同等であった。また根に限定すれば、その吸収量は新土佐台とスーパー雲竜台でほとんど差はみられなかった。

マンガンは両台木とも培養液のケイ酸濃度が高くなるにしたがって葉および茎でその吸収量はやや低下する傾向を示した。しかし根では逆に上昇し、総吸収量では培養液のケイ酸濃度が高くなるにしたがって多くなる傾向

がみられた。

第1図には吸収されたケイ酸とマンガンの各部位への分配率を示した。ケイ酸の場合、培養液のケイ酸濃度にかかわらず、新土佐台では葉への分配率が著しく高く、90%以上を示したのに対し、スーパー雲竜台では約50%が葉へ、約40%が根にとどまった。

マンガンは両台木とも培養液のケイ酸濃度が高くなるにしたがって葉への移行割合が低下し、根に蓄積する傾

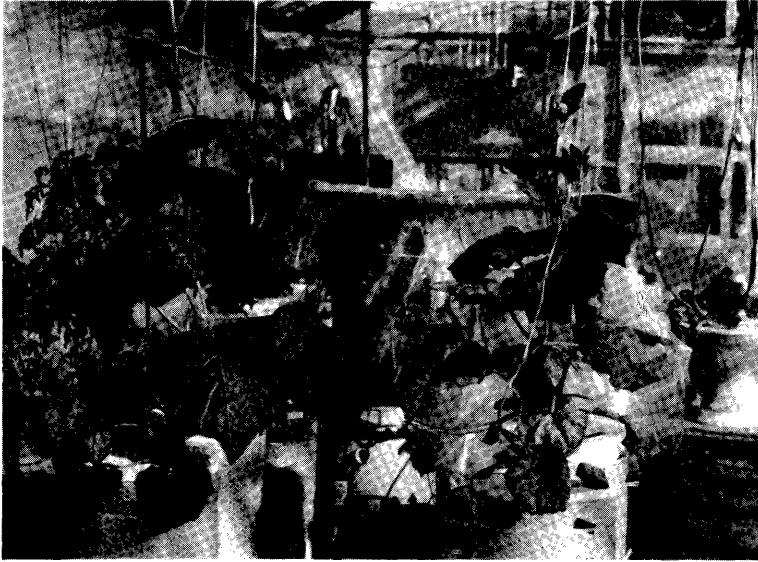


写真1 SiO_2 濃度 20 mg L^{-1} で発生したマンガン過剰症(右)；同 100 mg L^{-1} (左) (健全)
品種：スーパー雲竜。



写真2 葉の症状

第3表 台木カボチャの部位別のケイ酸とマンガン濃度
(mg kg⁻¹, 対乾物)

成分	品種	培養液 SiO ₂ 濃度 (mg L ⁻¹)	葉	茎	根
Si	新土佐	20	3537	826	584
		100	5592	1198	1095
	スーパー 雲竜	20	133	32	816
		100	342	45	1110
Mn	新土佐	20	1180	153	2525
		100	854	151	4816
	スーパー	20	1475	245	4200
		100	1221	170	5301

向が認められた。

2) 試験2 台木のマンガン吸収に及ぼすケイ酸の影響

生育には品種間差がみられ、新土佐の生育がきわめて旺盛であった。またスーパー雲竜の培養液ケイ酸濃度 20 mg L⁻¹ において、毛茸の黒変、葉脈褐変などのマンガン過剰症が発生し、生育がかなり抑制された(写真1, 2)。100 mg L⁻¹ ではそのような症状はみられず、新土佐ではケイ酸濃度 20 mg L⁻¹ でもマンガン過剰症の発生はみられなかった。

各部位のケイ酸とマンガンの濃度は第3表に示したが、マンガン過剰症を呈したスーパー雲竜の培養液ケイ酸濃度 20 mg L⁻¹ の葉中マンガンの濃度は 1475 mg kg⁻¹ を示したのに対し、発生のみられなかったケイ酸 100 mg L⁻¹ のマンガンの濃度は 1221 mg kg⁻¹ であった。障害の発生については他成分の影響も考えられたが、第4表に示したように、両者の間ではほとんど差はみられなかった。

ケイ酸とマンガンの部位別の吸収量は第5表に、分配率は第2図に示したが、これらはいずれも試験1とほぼ同様の傾向であった。

4. 考察

キュウリの接木栽培において、穂木の養分吸収は台木の影響を強く受ける⁸⁾といわれている。試験1, 2の結果

から、ブルームレス台木に接木したキュウリ葉および茎中のケイ酸濃度の低さは明らかに台木の影響と考えられ、地上部に限れば山本ら^{2,3)}の結果と同じ傾向を示した。ところが注目すべきは根におけるケイ酸濃度である。すでに述べたように、その濃度は従来の台木と同等かもしくはやや上回る。またこれまでブルームレス台木に接木した場合、ケイ酸の吸収が少ない²⁾といわれていたが、確かに作物体全体あるいは地上部の吸収量では第2表に示したように従来の台木に比べて著しく少ない。しかし根についてはほぼ同等であり、さらにその分配率をみると、従来の台木では吸収したケイ酸のほとんどが地上部へ移行するのに対し、ブルームレス台木の場合は根にかなりの量がとどまる。

高橋⁹⁾によれば植物のケイ酸吸収には種間差があり、水稻地上部のケイ酸含量はトマトに比べて著しく高く、また根部より高いが、トマトでは根部のほうが高いという。従来の台木とブルームレス台木のケイ酸吸収特性の違いはこの水稻とトマトに酷似しているといえようが、同じカボチャでありながらどうしてこのように差があるのであろうか。

奥田ら¹⁰⁾は水稻とトマトのケイ酸吸収の違いを根に求め、三井ら¹¹⁾は水稻の強いケイ酸吸収力は体内の代謝活性に由来し、好気呼吸に関係するものであろうと推察している。従来の台木とブルームレス台木の違いがこの代謝活性にあるのかどうかは今後の検討課題であろうが、たとえばケイ酸の吸収に呼吸のエネルギーを使うとなると、それに関係する酸素吸収量に相当な差がでくると考えられる。大蔵ら¹²⁾は台木用のカボチャを用いてそれらの根の呼吸活性を調査しているが、ブルームレス台木の輝虎は従来の台木であるクロダネに比べて、酸素吸収量が 12°C の場合は 20% 近く少なかったものの、22°C になると逆に多くなるという。試験1においてケイ酸の処理は6月に入ってから行っている。ガラス室内の温度測定は行っていないが、常識で判断するとこの時期、22°C は確実に越えていたものと考えられる。このような高温時においてもスーパー雲竜のケイ酸吸収量は

第4表 台木カボチャの葉中無機成分濃度

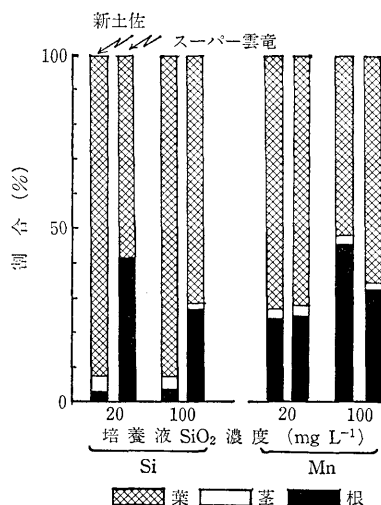
(対乾物)

品種	培養液 SiO ₂ 濃度 (mg L ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	B
		(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)		
新土佐	20	60.8	8.5	42.0	46.1	7.8	74	93	26
	100	60.0	8.4	31.7	43.2	7.9	80	80	27
スーパー 雲竜	20	57.9	11.1	43.8	43.1	8.0	114	156	35
	100	59.8	9.2	36.7	47.9	9.2	118	106	33

第5表 台木カボチャにおけるケイ酸とマンガンの部位別吸収量

(mg/株)

品種	培養液 SiO_2 濃度 (mg L^{-1})	葉		茎		根		合計	
		Si	Mn	Si	Mn	Si	Mn	Si	Mn
新土佐	20	96.2	32.1	4.5	0.8	2.5	10.9	103.2	43.8
	100	153.8	23.5	6.8	0.9	4.7	20.7	165.3	45.1
スーパー 電竜	20	1.0	10.8	tr	0.4	0.7	3.8	1.7	15.0
	100	4.5	16.0	0.1	0.4	1.7	8.0	6.3	24.4



第2図 台木カボチャにおけるケイ酸とマンガンの部位別割合

著しく少なかったことから、ブルームレス台木の場合、ケイ酸吸収における呼吸エネルギーの関与はかなり低いのではないかと考えられる。

山本²⁾によればブルームレス台木に接木したキュウリの溢泌液中のケイ酸濃度は著しく低く、筆者らの試験においてもブルームレス台木の場合、キュウリ茎中のケイ酸濃度はきわめて低い。このことは、ブルームレス台木では吸収されたケイ酸が導管部へは到達せず、根表面に蓄積することを示している。

ケイ酸は植物体内において糖、セルロース、タンパク質など種々の有機化合物と結合する性質があり^{18,20)}、またその移行特性は主に細胞間隙や細胞壁部分を通過することにある⁹⁾といわれている。一方、根の内皮細胞には養水分の吸収移行律速をみていく場合の留意すべき細胞層であるカスパー線が存在し、その壁部位はリグニンやズベリンに富み、水やイオンなどに対して不透性を示す¹⁴⁾という。ブルームレス台木ではこの部分あるいはその近辺で、吸収されたケイ酸がこれらの有機成分と結合している可能性も考えられる。河野¹⁵⁾は水稻とトマトの養分吸収能を根の細胞膜構成成分との関係で検討し、

ケイ酸吸収量が少ないといわれるトマトの根は水稻根に比べてタンパク成分やペクチンの含有量が多かったことを報告している。従来の台木とブルームレス台木のケイ酸吸収の違いが、根のカスパー線やその近辺の有機成分の差異に由来するのかどうかはわからないが、検討価値は十分あるものと思われる。

次にマンガンとの関係であるが、ケイ酸はマンガン過剰症を抑制するという報告がいくつかみられる^{16,17,19-23)}。そのメカニズムは葉内におけるマンガンの局在化の防止^{16,19,21)}、根の酸化能の向上^{18,22)}、ペルオキシダーゼ活性の低下^{22,23)}などといわれている。試験1、2の結果、両台木ともケイ酸の吸収が増すに従って葉中マンガン濃度が低下し、根の濃度が高まった。これはおそらくケイ酸を吸収したことで根の酸化力が増し、その結果、マンガンをも根の表面に酸化沈着させ、地上部への移行を防いだことによるものであろう。ところで試験2において、スーパー電竜の場合、培養液のケイ酸濃度 20 mg L^{-1} ではマンガン過剰症が発生したが、100 mg L^{-1} では発生しなかったことはすでに述べた。葉中マンガン濃度の差は 254 mg kg^{-1} であった。この 254 mg kg^{-1} の差が発生にどれだけのかわかりをもつのかはさらに検討を要するが、HORST²¹⁾はインゲン葉中のケイ酸とマンガンの濃度の比をとり、Si/Mn 比が発生に関係していることを報告している。このことはたんにマンガンの濃度が高いだけでは症状は発生しないことを示したものである。ブルームレス台キュウリで多発するマンガン過剰症（とくにマンガンの低濃度領域での発生）には葉中ケイ酸濃度の低さが関係しているのではないかと考えられるが、今後その発生と Mn/Si 比との関係などが明らかになれば栄養診断上、有意義なものとなろう。

謝辞 本論文のとりまとめに際し、農業研究センターの米山忠克栄養診断研究室長には種々のご教示を賜った。記して感謝いたします。

文 献

- 1) 深津量栄・山本公昭・山本 啓：キュウリの褐色葉枯れ病（マンガン過剰症）に関する研究，高知農試研報，4，1～25（1964）

- 2) 山本幸彦・林 三徳・金丸 隆・渡邊敏朗・豆塚茂実・田中幸孝：キュウリのブルーム発生に関する研究（第2報），ブルーム発生程度と無機成分組成との関係，福岡農総試研報B，9，1～6（1989）
- 3) 山本幸彦・渡邊敏朗・林 三徳・豆塚茂実：キュウリのブルーム発生に関する研究（第3報），台木の種類及び栽培環境条件とブルームの発生及びケイ素含有率，同上，11，15～20（1991）
- 4) 本島俊明：キュウリのブルームレス台木の養分吸収特性，農及園，66，1386～1390（1991）
- 5) 佐田哲幸・谷口 尚・山崎浩司：ブルームレス台キュウリの養分吸収特性と生理障害，高知農技セ研報，1，57～64（1992）
- 6) 栽培植物分析測定法委員会編：栽培植物分析測定法，養賢堂，東京（1975）
- 7) 山崎肯哉：養液栽培全編，増訂版，p.107，博友社，東京（1986）
- 8) 嶋田典司・守谷松次：園芸作物の接木に関する栄養生理的研究（第2報），接木植物（キュウリ・カボチャ）による各種濃度の培養液からの養分吸収，土肥誌，48，396～401（1977）
- 9) 高橋英一：ケイ酸，農業技術大系，土壤施肥編 2，植物の栄養と生育，p.76～81，農文協，東京（1987）
- 10) 奥田 東・高橋英一：作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について（第8報），水稻におけるケイ酸吸収の特殊性，土肥誌，33，217～221（1962）
- 11) 三井進午・高遠 宏：禾本科作物に対するケイ素の栄養学的意義（第3報），水稻のケイ素吸収に対する各種代謝阻害剤の影響，同上，33，449～452（1962）
- 12) 大藪哲也・施山紀男・今田成雄・三浦周行・青柳光昭：キュウリ果実のブルームに関する研究（第2報），接ぎ木キュウリの光合成， ^{14}C 同化産物の転流及び根の酸素吸収量に及ぼすブルームレス台木の影響，愛知農総試研報，22，147～152（1990）
- 13) 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編：植物栄養土壤肥料大事典，p.127，養賢堂，東京（1976）
- 14) 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編：植物栄養土壤肥料大事典，p.144，養賢堂，東京（1976）
- 15) 河野通佳・高橋治助：養分吸収における水稻とトマトとの違いについて（第2報），細胞膜構成成分の違いについて（その2），土肥誌，29，283～285（1958）
- 16) WILLIAMS, D. E. and VLAMIS, J.: The effect of silicon on yield and manganese-54 uptake and distribution in leaves of barley plants grown in culture solutions. *Plant Physiol.*, 32, 404～409（1957）
- 17) 奥田 東・高橋英一：作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について（第5報），水稻および大麦の鉄，マンガン，銅，アルミニウム，コバルトならびにヒ素の過剰障害に対するケイ酸の影響，土肥誌，33，1～8（1962）
- 18) 奥田 東・高橋英一：作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について（第6報），水稻の鉄吸収および根の酸化力におよぼすケイ酸施用の影響，同上，33，59～64（1962）
- 19) VLAMIS, J. and WILLIAMS, D. E.: Manganese and silicon interaction in the gramineae. *Plant Soil*, 27, 131～140（1967）
- 20) LEWIN, J.: Silicon and plant growth. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 20, 289～304（1969）
- 21) HORST, W. J. and MARSCHNER, H.: Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Soil*, 50, 287～303（1978）
- 22) HORIGUCHI, T.: Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. IV. Effects of silicon on alleviation of manganese toxicity of rice plants. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 34, 65～78（1988）
- 23) 堀口 毅・森田重則：マンガンの過剰およびケイ酸処理がインゲンの呼吸およびペルオキシダーゼ活性に及ぼす影響，土肥誌，58，717～722（1987）