

マンガ集積土壤における牧草の生育に関する研究

II. 土壤マンガンの溶出機構と牧草のマンガン吸収

尾形 昭逸・田中 秀和

(広島大学水畜産学部畜産学科)

Studies on the Growth of Pasturage Crops on the Soils with Accumulated Manganese

II Elution of Soil Manganese and its Effects on the Growth of Pasturage Crops

Shoitsu OGATA and Hidekazu TANAKA

*Department of Animal Husbandry, Faculty of Fisheries and Animal Husbandry,
Hiroshima University, Fukuyama*

(Tables 1-16; Figs. 1-5)

緒 言

水田状態のもとで多量にマンガンをその作土広直下に集積している土壤を畑地状態にして牧草を栽培した場合土壤に集積マンガンのような変化をうけ、また牧草がこのマンガンをどのように吸収し、牧草がいかなる生育をするかについての知見をうることを目的に研究の企画をした。

すなわち広島県芦田川中流地域のうち神辺平地地区に分布する水田土壤は灰褐色マンガ型土壤と分類され²⁾ており、水田土壤の作土直下にきわめて明瞭なマンガンの結核ないし盤状の酸化集積がある。このような水田条件のもとで集積し、安定化した土壤集積マンガンの畑地条件に移行せしめた場合、その形態等の変化により、不安定化し、容易に牧草により吸収されうるものとも考えられ、牧草のマンガン過剰害の発現、あるいは、これらマンガンを集積した牧草の摂食をとうしての家畜の無機栄養上の問題等、決して見逃せない問題の発生が考えられる。

柑橘園、茶園土壤の酸性化にともなう土壤マンガンの可溶性、ならびにこれら栽培植物のマンガン過剰害の発現が大きな問題となっている³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

本研究は水田の畑地化にともなう集積している土壤マンガンの行動に関する知見をうべく企画されたものであり、さらにこれら土壤マンガンの畑作物ないし牧草の生育に対しいかなる影響をあたえるかについての知見をうべくはじめられたものである。

すでに第1報¹⁾においてはマンガ集積土壤の理化学的性質ならびに牧草栽培試験の結果を示してきた。本報告においては土壤マンガンの溶出機構ならびに牧草によるマンガンの吸収状況についての実験結果についてのべることにする。

実験方法

1. 供試土壤

広島県芦田川中流地域に所在する広島大学附属農場圃場の土壤を供試土壤とした。その詳細について

は前報告¹⁾において記述してあるのでここでは省略する。

2. 土壌マンガンおよび鉄の分別分析法¹⁾⁷⁾

土壌マンガンおよび鉄の分別分析は第1報に示した所に従っておこなった。なお各種 pH における土壌マンガンおよび鉄の溶出状態を検討する場合はアンモニアにより各種 pH に調節した IN 醋酸溶液によって行なった。

その他土壌マンガンの溶出に対する燐酸イオン添加の影響の検討に関する実験方法はこの実験結果の項のそれぞれの所でのべるものとする。

3. 各種の pH に調節したマンガン集積土壌による土壌栽培試験

土耕栽培用の土壌の pH の調節は硫酸希溶液によって行なった。なお土壌の pH の測定は調節当初と栽培試験終了後にガラス電極法によって行なった。

4. マンガン集積土壌に対する燐酸用量試験

マンガン集積土壌によるポット土耕試験は1辺 30 cm の角型コンクリート製ポットによって行なった。施肥量は第1表の通りである。

Table 1. Amounts of fertilizer applied.

Treatment Fertilizer	P-0	P-2	P-5	P-10	P-20
Superphosphate (g/pot)	0	2.0	5.0	10	20
Fusedphosphate (g/pot)	0	2.0	5.0	10	20
Ammonium sulfate	10g/pot for all treatments.				
Potassium sulfate	4g/pot for all treatments.				

* Pot size was 30 cm × 30 cm × 30 cm: amounts of soil per pot were 24 kg. (air dry soil)

なお刈取時期および追肥量は第2表の通りである。

Table 2. Amounts of fertilizer dressed after harvests.

Cutting	Date	Amounts of fertilizer dressed after harvest
1st	April 20th	20g of ammonium sulfate, and 4g of potassium sulfate to all treatments.
2nd	May 29th	10g of ammonium sulfate, and 4g of potassium sulfate to all treatments. Super phosphate; 0g to P-0, 1.0g to P-2, 2.5g to P-5, 5.0g to P-10 and 10g to P-20.
3rd	June 22nd	10g of ammonium sulfate, and 4g of potassium sulfate to all treatments.
4th	July 17th	Same as for 3rd cutting.
5th	November 22nd	Same as for 3rd cutting.

5. 各種牧草の水耕栽培試験

各種の牧草を培養液中のマンガン濃度をかえて水耕栽培試験を行なった。使用ポットは 1/5000 a 内容積 4 l のものである。水耕液組成は第3表に示した通りである。供試牧草はオーチャードグラス (在来種), レッドトップ (在来種), およびラジノクロバー (在来種) である。

Table 3. Composition of cultural solution.

Salts used	Concentration of elements
NH ₄ NO ₃	40 ppm as N
KH ₂ PO ₄	40 ppm as P ₂ O ₅
K ₂ SO ₄ and KH ₂ PO ₄	40 ppm as K ₂ O
MgSO ₄ · 7H ₂ O	25 ppm as MgO
CaCl ₂ · 2H ₂ O	25 ppm as CaO
Ferric · citrate	2 ppm as Fe ₂ O ₃

Other trace elements except Mn are added.

6. その他分析法

その他窒素, 加里, 燐酸の分析法の記述の詳細は省略する.

実験結果および考察

1. 土壌よりのマンガン溶出

第4表にマンガン結核土よりの各形態のマンガンおよび鉄の各種 pH における溶出状態を示した. すなわち土壌よりのマンガンは pH 7.0 から 6.0 までの溶液での溶出はきわめて低い. 換言すれば置換態マンガンの量は低いことになる. しかし溶出液の pH が 4.5 以下になると急激に溶出してくる. これに対して鉄の溶出は溶出液の pH によりマンガンにおける時のような大きな変動はないといえる.

Table 4. Elution of manganese and iron from the soil with accumulated manganese at various pH.

pH	Elements	Manganese eluted		Iron eluted	
		Exchangeable	Easy reducible	Exchangeable	Easy reducible
7.0		0.6	6,160	0.2	trace
6.0		0.9	7,600	2.0	1.0
5.0		4.6	7,755	2.0	0.8
4.0		26.3	6,865	2.0	0.7
3.0		58.0	6,697	1.5	0.7
2.0		103.0	6,582	0.4	1.2

note: mg MnO₃ or Fe₂O₃ from 1000g of air dry soil. (subsoil)

易還元態のマンガンは各種の pH にアンモニアで調節された IN 醋酸溶液に溶け出るマンガンのように, その溶出は pH によって大きく変動をうける事はない. 易還元態の鉄においてもまたその溶出は pH により大きな差異を示さない. すなわち pH の変化の影響を強くうけるものは置換性のマンガであり, 土壌の還元化が進まない状態において, 土壌の pH が高く保たれているうちは土壌よりのマンガン溶出度は低く, 植物によるマンガンの吸収もおさえられるものと考えられる. しかし土壌がたとえ酸化的であっても一旦 pH が低くなると植物根により激しく吸収されるマンガンの量が多くなるものと考えられる. このことについては後述するように各種の pH に調節した土壌で牧草を栽培した場合の牧草によるマンガンの吸収も土壌 pH の低下により急激に増大していることから証左される.

つぎに土壌マンガンの溶出に対する燐酸イオンの影響を検討することとする. このため還元剤であるヒドロキノン添加濃度をかえた pH 3 の IN 醋酸アンモニア溶液による土壌マンガンの溶出に対し燐酸イオン添加がどのように影響するかを検討した.

この結果は第5表に示す通りである. なおこの表に示した結果より燐酸イオンの存在は還元剤の溶出

Table 5. Effect of phosphorous on the releasing of manganese from the soil.

Hydroquinone concentration (%) in eluting solution of 1N acetic acid adjusted pH3.0*	None phosphorous added	phosphorous 50mg (as P ₂ O ₅) added to 100g air dry soil	phosphorous 150mg (as P ₂ O ₅) added to 100g air dry soil
0	48	28	0
0.001	2240	1856	1216
0.05	5952	5344	3840
0.10	6272	6112	4322
0.20	6280	6262	5376
0.40	6400	6320	5120

* 1N acetic acid was adjusted pH 3.0 with NH₄OH.

液に対する添加濃度の低いうちは、すなわち土壌の還元化の進まないうちはマンガンの溶出を抑制する傾向にある。しかし還元剤の添加が大となるとその燐酸のマンガン溶出に対する抑制の効果は低下するようである。

Table 6. Effect of phosphorous on releasing of Mn at soil pH 7.0 and 3.0.

Treatments	Amounts of Mn released. mg MnO from 1000g dry soil	
	Soil pH; 7.0	Soil pH; 3.0
Nonephosphorous added	0.8	60.0
Phosphorous added (50mg as P ₂ O ₅ to 100g dry soil)	Trace	25.3

またこの時、第6表に示したとうり、土壌のpHが低い場合でも溶出液が酸化的である場合は土壌マンガンの溶出に対して燐酸イオンは抑制的にはたらくといえる。

2. pHを調節した土壌での牧草栽培試験

すでに前項で示したように溶出液のpHが低くなると土壌中より、集積マンガンが急激に溶け出してくる。さらにハイドロキノンのような還元剤が土壌に加わり、土壌が還元状態になると容易に溶出するマンガンの量は溶出液のpHの変化に影響をうけることはなく、ほぼ一定である。

本項では土壌pHの変動により牧草に実際、どのように土壌のマンガンが吸収されるかを検討することとする。

第1, 2および3図までに各種のpHの土壌で生育した各種牧草の生育量を示した。すなわちラジノクロバー、オーチャードグラスおよびレッドトップとも、pH 5.5を境にこれよりpHが低下するとその生育量は急激に低下する。とくにラジノクロバーにおいて土壌pHの低下にともなう生産量の低下がいちぢるしい。

第7表にラジノクロバー、第8, 9表にそれぞれレッドトップとオーチャードの1番草2番草の植物体中のマンガン含有状況を示した。どの牧草においても草体中のマンガンの含有濃度は土壌pHの低下により、より高くなる傾向にあり、とくに生育量の低下とともに急激に高まるようである。

また各牧草とも、1番草に比較して2番草中のマンガン濃度は高くなっている。また、栽培した牧草のうちラジノクロバー中のマンガン濃度が他牧草に比較して高く、オーチャードグラスの濃度が最も低いようである。しかし1番草中のマンガン濃度に対して2番草中のマンガンの濃度の上昇程度は2番草の1番のそれに対する比率にするとオーチャードにおいて、もっとも大きかった。

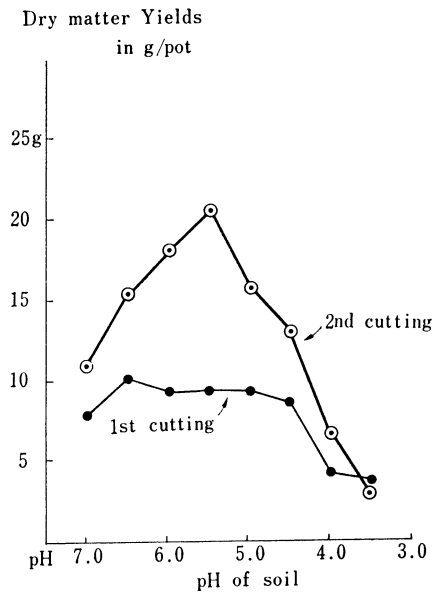


Fig. 1. Effect of soil pH on yields of Ladino clover.

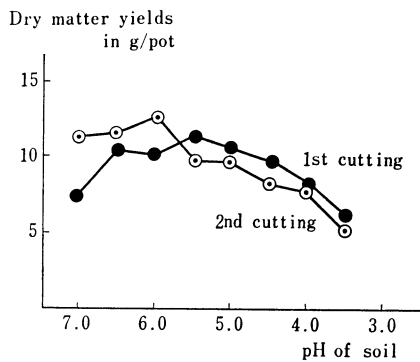


Fig. 2. Effect of soil pH on yields of red top.

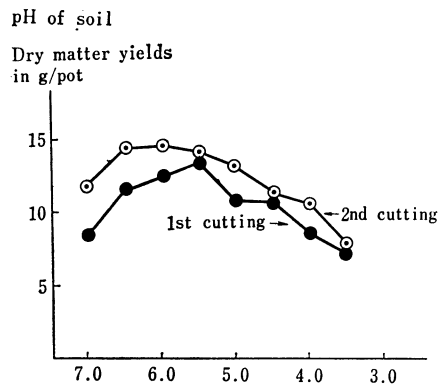


Fig. 3. Effect of soil pH on yields of orchard grass.

Table 7. Effect of soil pH on the growth and the contents of Mn in Ladino clover.

Soil pH*	MnO ppm in dry matter	Fe ₂ O ₃ ppm in dry matter	N % in dry matter	P ₂ O ₅ % in dry matter	K ₂ O % in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃
7.2	360	567	4.26	1.00	5.17	1/1.57
6.5	353	550		1.03	5.17	1.54
6.0	353	567	4.47	0.87	5.17	1.60
5.5	327	517		0.92	5.57	1.58
5.0	400	483	4.38	1.03	5.67	1.21
4.5	600	533	4.19	1.30	5.70	0.89
4.0	867	527	4.73	0.88	4.92	0.61
3.5	1,080	610	4.47	1.38	4.83	0.57

* Soil pH was adjusted by dilute H₂SO₄.

Table 8. Effect of soil pH on the growth and the contents of Mn in red top.

Soil pH*	MnO ppm in dry matter	Fe ₂ O ₃ ppm in dry matter	N % in dry matter	P ₂ O ₅ % in dry matter	K ₂ O % in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃
7.2	220	466	6.19	1.37	4.87	
6.5	220	393	6.23	1.38	4.93	1/1.60
6.0	307	433	5.80	1.27	4.83	
5.5	240	393	5.97	1.27	4.50	1.64
5.0	240	460	6.08	1.30	4.48	
4.5	360	393	5.93	1.28	4.42	1.09
4.0	200	477	6.47	1.38	4.50	
3.5	313	417	6.11	1.37	5.00	1.33

* Soil pH was adjusted by dilute H₂FO₄.

Table 9. Effect of soil pH on the growth and the contents of Mn in orchard grass.

Soil pH*	MnO ppm in dry matter	Fe ₂ O ₃ ppm in dry matter	N % in dry matter	P ₂ O ₅ % in dry matter	K ₂ O % in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃
7.2	57	350	4.97	1.48	5.10	
6.5	73	377	4.88	1.10	5.07	1/5.16
6.0	40	333	4.77	0.98	5.10	
5.5	60	343	4.97	0.93	4.25	5.72
5.0	73	350	4.97	1.00	4.92	
4.5	90	333	4.80	0.92	5.13	5.55
4.0	127	350	4.73	0.72	5.13	
3.5	167	383	4.26	0.97	4.58	2.29

* Soil pH was adjusted by dilute H₂SO₄.

いずれにしても土壌のpHが低下すると土壌マンガンは可溶化して牧草に急激に吸収せられるようになる。このことは土壌のpHと可溶性の土壌中のマンガン濃度の関係を示した Truog⁽¹²⁾らの研究結果と一致する。これに対し鉄の吸収はマンガンにおけるようなことはないので第4図に示したとおり土壌pHが5.5より低下するとFe₂O₃/MnO比率は急激に低くなる。

また1番草より2番草の体内マンガン濃度の高くなるのは土壌中への根の分布がより広がる事によるものか、または刈取による根系よりの土壌への易分解性有機物の供給にもとづく土壌還元によるものかは本実験からは明瞭ではないが、後述するように大部分は根よりの有機物の供給による土壌還元によるものと考えられる⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

3. 土壌の還元と牧草によるマンガンの吸収

第10表に示したように土壌の還元化を促進するようなハイドロキノン、デンプンを添加するとどの牧草においてもマンガンの吸収を促進し、しかも牧草体内マンガン濃度が高くなる。これに対し鉄の吸収はマンガンにおけるよりは土壌の還元によって促進されずラジノクロバーにおいてはその体内のMnO/Fe₂O₃比率は土壌がより還元的になると、約2倍、高い時で10倍にも達するようになる。

この事は実際圃場でラジノクロバーを栽培した場合にも見られることであり、ラジノクロバー体内のMnO/Fe₂O₃は、第5図に示したとおり雨期のあけた夏期の高温期に上昇する。

すなわち雨期土壌への過剰な水分の供給と夏期の高温とが相俟って、根部活性の低下にもとづく根部有機物の土壌への附与が土壌還元を促進するものと考えられ、このことが植物体中のマンガンの吸収促進のMnO/Fe₂O₃比率上昇の要因と考えられる。

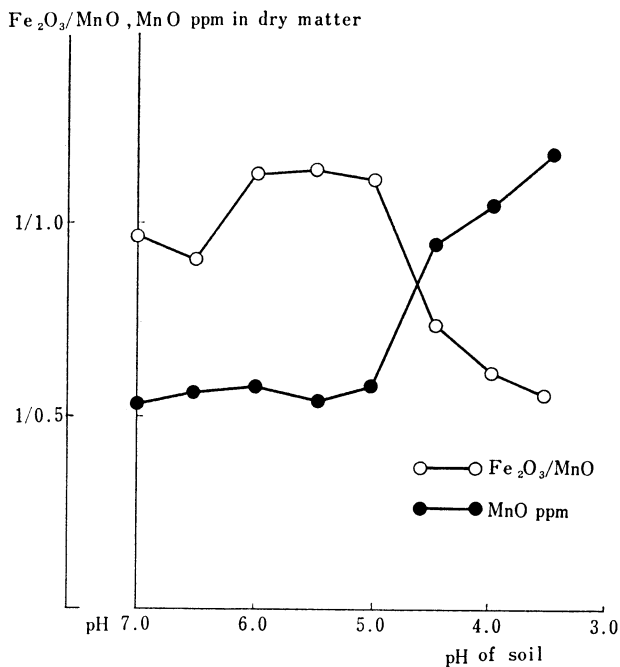


Fig. 4. Effect of soil pH on manganese concentrations and Fe_2O_3/MnO ratios in Ladino clover.

Table 10. Effect of soil reduction on the concentration in pasturage crops and the amounts of manganese absorbed by pasturage crops.

Treatments	Ladino clover		Red top		Orchard grass	
	MnO ppm in dry matter	Amounts of MnO per pot. (mg)	MnO ppm in dry matter	Amount of MnO per pot. (mg)	MnO ppm in dry matter	Amount of MnO per pot. (mg)
none treatment	60	369	207	793	313	1111
Hydroquinone* and starch* added	240	1284	260	859	453	1821

* 2g of hydroquinone and 5g of starch are added to a pot (24 kg soil) prior to sow.

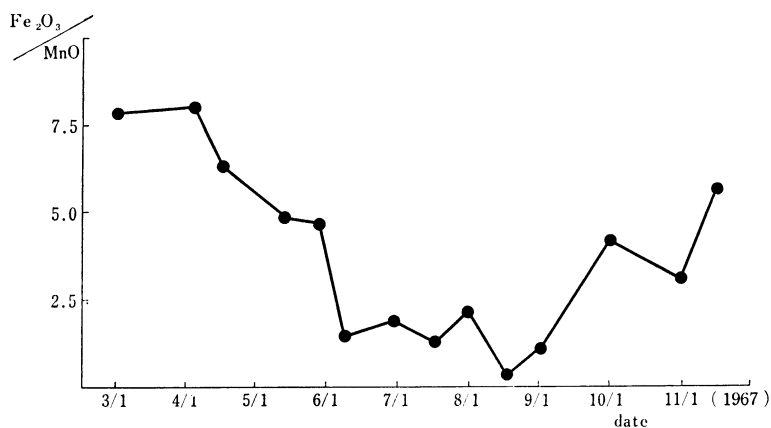


Fig. 5. Ratios of Fe_2O_3 to Mn in Ladino clover grown on the field with accumulated manganese.

4. マンガン集積土壌に対する磷酸施肥の効果

前報告¹⁾でマンガンが集積しているこの土壌に磷酸を施用しないで牧草を栽培した場合、牧草体内マンガン濃度は施肥した場合に比較して高く、生育量もきわめて不良であり、磷酸の施用はきわめて重要であることを示唆してきた。本項ではこの事をさらに確実なものとするため、ポット土耕栽培法により磷酸用量試験を行なった、本試験に使用した牧草はラジノクロバー、レッドトップおよびオーチャードグラスについておこなった。

まずラジノクロバーの1番草について見るに、磷酸施用の牧草の生育におよぼす効果はきわめて大きい。すなわち、第11表に示したように磷酸無施用区に対し磷酸の施用量を P_2O_5 で 2.0g 5.0g とましてもいくと、牧草の生育量は急激に増大する。しかし 5.0g 以上になると生育量は磷酸施用量をましても増加せず、頭打ちとなっている。これに対し牧草中マンガン濃度は無磷酸区で乾物中 200 ppm から 40 ppm まで低下している。しかし第8表に示したとおり5番刈ともなると1番草の体内マンガン濃度に比較し5番草のそれは大幅に上昇し無磷酸区で 600 ppm 磷酸施用 10g 区でも 380 ppm となっている。これは刈取が進むにしたがって根圏の土壌中での拡大とともに土壌への易分解性の有機物の供給による土壌還元にもとづくものと考えられる。このことは第10表に示したとおり、土壌に対しハイドロキノンとデンプン等の還元剤、あるいは易分解性の有機物を施用すると、たとえ1番草であろうとも牧草体中のマンガン濃度が上昇している。このことはやはり土壌集積マンガンの可溶化は土壌還元によって生起し、刈取が進むに従ってこの可溶性マンガンが牧草に吸収せられ、体内マンガン濃度の上昇するものと結論してよい。

Table 11. Effect of phosphorous application on the growth and the composition of Ladino clover.

Cutting	Phosphorous applied	MnO ppm in dry matter	Fe ₂ O ₃ ppm in dry matter	N % in dry matter	P ₂ O ₅ in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃	Yield in dry matter g/pot
1st	P-0	200	583	4.64	0.97	1/2.92	10.7
	2	107	417	4.24	0.97	1/3.90	36.8
	5	60	427	4.06	1.17	1/7.11	61.5
	10	42	433	4.03	1.15	1/10.83	55.5
	20	40	460	4.34	1.23	1/11.50	54.3
5th	P-0	600	364	4.68	0.59	1/0.60	13.1
	2	560	367	4.19	0.58	1/0.66	44.4
	5	487	380	4.21	0.57	1/0.81	67.1
	10	467	367	3.91	0.72	1/0.79	70.9
	20	380	377	4.10	1.03	1/0.79	83.0

また1番草あるいは5番草でも見られるように磷酸の施用による牧草体中のマンガン濃度の低下は、磷酸の施用にもとづく生育量の増大による相対的な希釈効果によるものともうけとれる。しかし後述のように、レッドトップ、オーチャードで見られるように(第13表参照)必ずしも希釈効果によるもののみとは考えられなく、磷酸のマンガンの過剰吸収に対し積極的にはたらいっている面も考えなくてはならぬ。

つぎにレッドトップに関する磷酸用量試験の結果の概要を第12表に示した。この場合についてもラジノクロバーと同様のことがいえる。すなわち磷酸の無施用に対して磷酸の施用は牧草の生育を良好にする。しかしラジノクロバーの場合に比較してより低い磷酸用量で最高収量がえられるようである。また磷酸の施用は牧草中のマンガンの濃度を減少せしむるのみならず、マンガンの吸収量もおさえるものようであり、ラジノクロバーの場合よりもいっそう磷酸の牧草によるマンガンの過剰吸収をおさえるものと考えられる。

Table 12. Effect of phosphorous application on the growth and the composition of red top.

Cutting	Phosphorous applied	MnO ppm in dry matter	Fe ₂ O ₃ ppm in dry matter	N % in dry matter	P ₂ O ₅ % in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃	Yield in dry matter g/pot
1 st	P-0	253	210	3.07	0.83	1/0.82	22.6
	2	327	260	2.69	0.65	1/0.80	45.1
	5	207	210	2.39	1.13	1/0.98	38.3
	10	147	210	2.60	1.02	1/1.43	38.8
	20	147	260	2.54	1.22	1/1.77	41.9
5 th	P-0	424	143	2.00	0.20	1/0.34	42.4
	2	380	150	1.70	0.27	1/0.39	51.5
	5	444	150	1.72	0.42	1/0.34	50.6
	10	616	167	1.76	0.27	1/0.27	49.1
	20	360	167	1.63	0.37	1/0.46	55.3

またラジノクロバーの場合と同様 1 番草のそれに比較して 5 番草の体内マンガン濃度がましており、吸収量の点について見てもその量は増加している。これは 1 番草の場合でも、本土壌にヒドロキノン、デンブンを加えると牧草中マンガン濃度の上昇、吸収量の増加から、土壌の還元化は牧草によるマンガンの吸収を増加せしめることはまちがいないと考えられる。

オーチャードグラス (第13表参照) の場合もラジノクロバーあるいはレッドトップの場合とこれも同様のことがいえる。なお最適の磷酸用量はレッドトップの場合と同様、ラジノクロバーの場合より、より低い所にあるものといえる。

Table 13. Effect of phosphorous application on the growth and the composition of orchard grass.

Cutting	Phosphorous applied	MnO ppm in dry matter	Fe ₂ O ₃ ppm in dry matter	N % in dry matter	P ₂ O ₅ % in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃	Yield in dry matter g/pot
1 st	P-0	327	150	3.37	0.68	1/0.46	16.5
	2	400	110	2.49	0.72	1/0.28	37.2
	5	413	117	2.28	0.78	1/0.29	35.5
	10	240	93	2.47	0.92	1/0.39	44.5
	20	273	133	2.36	1.13	1/0.49	44.4
5 th	P-0	1,040	327	3.16	0.45	1/0.31	15.0
	2	1,120	335	2.51	0.47	1/0.30	26.0
	5	1,273	367	2.26	0.65	1/0.29	34.8
	10	1,247	327	2.36	0.87	1/0.26	47.7
	20	1,343	283	2.30	0.80	1/0.22	53.3

5. マンガン濃度を異にする培養液による

水耕栽培試験

ラジノクロバー、レッドトップおよびオーチャードグラスをマンガン濃度を異にする培養液に生育せしめ、マンガンのこれら牧草による吸収を検討した。

第14, 15および16表にその 1 番草中の体内マンガン濃度、鉄含有量および MnO/Fe₂O₃ 比率を示した。

Table 14. Influence of manganese concentration in cultural solution on the growth and the composition of Ladino clover.*

MnO ppm in cultural solution	MnO ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Dry matter basis	
						g/pot in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃
0	147	370	4.15	1.55	2.50	6.4	1/2.52
0.5	187	277	4.21	1.40	2.92	17.5	1/1.48
5	653	293	4.36	1.35	2.88	17.6	1/0.45
10	760	267	4.09	1.33	2.75	18.3	1/0.35
50	1,973	143	4.17	1.22	2.93	17.5	1/0.07

* at the first cutting

Table 15. Influence of manganese concentration in cultural solutions on the growth and the composition of red top.*

MnO ppm in cultural sol.	MnO ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Dry matter basis	
						g/pot in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃
0	507	333	4.99	1.77	3.58	15.5	1/0.66
0.5	507	333	4.02	1.63	2.67	30.0	1/0.66
5	547	250	4.13	1.82	2.73	29.1	1/0.46
10	947	167	4.34	1.75	2.77	27.3	1/0.18
50	2,200	193	3.44	1.55	2.60	30.8	1/0.09

* at the first cutting

Table 16. Influence of manganese concentration on the growth and the composition of orchard grass. Dry matter basis

MnO ppm in cultural solution	MnO ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Dry matter basis	
						g/pot in dry matter	MnO/Fe ₂ O ₃
0	293	100	4.84	1.33	2.60	13.7	1/0.34
0.5	373	83	3.29	1.43	3.00	18.5	1/0.22
5	507	60	4.75	1.47	3.07	18.0	1/0.12
10	653	50	5.29	1.65	3.25	17.8	1/0.08
50	867	50	4.53	1.32	2.87	14.3	1/0.06

* at the first cutting

これによって明らかなことは、ラジノクロバー、レッドトップはオーチャードグラスに比較して 50 ppm の高濃度まで生育量が低下していない。しかし、いずれの牧草でもマンガンの高濃度に対して生育の減少をとまなう過剰害は一般作物に比較して出づらいものと考えられる。しかし水耕液中マンガン濃度が 10 ppm 以上になるとマンガン過剰による褐色斑点が下葉よりはげしく出現するようになる。またどの牧草にも培養液中マンガン濃度上昇ともなつて鉄含有濃度が低下する。なお本水耕試験により、牧草体中マンガン濃度と過剰害との関係を求め、これを土壤に生育した牧草のマンガン濃度と過剰害の関係を直接論及することはきわめて困難なことと考えられる。すでに指摘⁹⁾されているとうり、マンガン過剰症の発現は単に牧草体中のマンガン濃度のみならず、鉄、亜鉛、その他の要素との供給の或いは体内濃度のバランスにより考えなければならないからである。

結 論

水田状態で作土の直下に集積したマンガンあるいは作土中に存在しているマンガンが畑地条件で牧草

にいかん吸収せられ、牧草の生育にいかなる影響をあたえるかの知見をえるため著者らは集積マンガンの可溶性についての検討を進め、また土壌マンガンの牧草による吸収状況を検討し、つぎの結論をえた。

- (1) 土壌に集積したマンガンは土壌の pH の低下により置換態 マンガンとして可溶化する。しかも pH 4.5 以下で急激に可溶化する。
- (2) 易還元態マンガンの溶出は土壌 pH の変化により大きく影響をうける事はない。
- (3) 本土壌中の鉄とくに置換性および易還元性鉄の溶出は pH によりマンガンにおけるような影響はうけず、比較的一定であった。
- (4) 土壌 pH の低下により、牧草に吸収されたマンガン量はその生育が極端に低下しないかぎり、増加するものと結論できる。また牧草体中のマンガン濃度は土壌 pH の低下により急激にまし、これは土壌よりのマンガン溶出液の pH の低下による集積マンガンの溶出度の上昇に比例的である。
- (5) 1 番草と比較し、より刈取回数が多くなると牧草中マンガン濃度が増してくる。このことは刈取が進むにしたがって、根より土壌への有機物の供給により還元化がすすみ、より多い易還元態マンガン溶出によるものと考えられ、土壌の還元化はマンガンの溶出を促進する。
- (6) 水耕栽培による各種牧草に対するマンガン濃度試験の結果、マンガン過剰による葉への褐色斑点の出現は水耕液のマンガン濃度 10 ppm 以上でみられ、体内のマンガン濃度は 300 ppm 乃至 600 ppm. MnO/Fe₂O₃ 比率は 1/0.2 乃至 1/0.5 であった。pH 調節土壌による土耕栽培試験によると 1 番草の場合 pH 4.5 以下でオーチャードをのぞくすべての牧草で 600 ppm 以上になり MnO/Fe₂O₃ 比率もかなり低いものとなっていた。
- (7) 燐酸イオンの存在は土壌よりの置換態マンガンの溶出を抑制する。しかし易還元態マンガンの溶出に対しては影響は小さいものと考えられた。
- (8) 本土壌に対する燐酸の施用は牧草の生育を良好にし、牧草体中のマンガン濃度の低下に効果がある。

謝辞：本研究費の一部は財団法人肥料研究所の研究助成金によった事を記し、同研究所に対し心からの謝意を表する。

また、本研究遂行にあたり、赤木英二技官ならびに井上吏氏の御協力を得た。両氏に厚く謝意を表する。

引用文献

- 1) 尾形昭逸・黒住久弥・西 勝海；広島大学水畜産学部紀要, 7, 137 (1966)
- 2) 大塚恭司；日本土壌肥料学雑誌, 37, 261 (1966)
- 3) 同上；同上, 35, 1 (1964)
- 4) 同上；同上, 35, 65 (1964)
- 5) 青木 朗・森田修二；同上, 32, 599 (1966)
- 6) 佐藤公一・石原正義；果樹に関する土壌肥料研究集録, 245 (1964)
- 7) JACKSON, M. C.；Soil Chemical Analysis, Prince Hall, Inc. (1958)
- 8) 石塚喜明・安藤忠明；日本土壌肥料学会講演要旨, 11, 昭和40年
- 9) SOMMERS, J. J., SHIVE, W.；Plant Physiol. 17, 582 (1942)
- 10) TIMONIN, M. I.；Soil. Sci. Soc. Am. Proce. 11, 284 (1946)
- 11) McLACHLEN, J. D.；Sci. Agri. 22, 201 (1941)
- 12) TRUOG, E.；Year Book of Agri., 566 (1943~1947)

SUMMARY

To attempt to reveal how to release manganese the soils which have intensively accumulated just under the top soil layer during these soils have been cultivated as paddy, and how to absorb pasturage crops soil manganese, the experiments on the elution of manganese from the soil and of pot cultures, using the soil with accumulated manganese, were performed.

1) Amounts of manganese eluted from the soil increased with increasing of hydrogen ion concentrations of soil or of eluting solutions, however, amounts of iron had kept fairly constant with changing of pH of eluting solution.

2) Concentrations of manganese in pasturage crops had a high correlation with increasing of amounts of soil manganese released, that is, increased with decreasing of soil pH.

3) The existence of phosphorous (ortho-phosphate ion) in the eluting solution lowered the releasing of manganese from the soil, however, when the soil was reduced by addition of reducing agents such as hydroquinone, the effect of phosphorous was scarcely recognized.

4) The soil reduced by addition of easily digestable organic matter such as starch or reducing agents such as hydroquinone was forced to release more manganese than the soil in the more oxidized state, and supplied more manganese to pasturage crops.

5) Application of phosphorous fertilizer to the soil with accumulated manganese improved yields of pasturage crops and decreased the absorption of manganese by pasturage crops, resulting in lowering concentrations in them.