

砂丘地ブドウ園におけるマンガン栄養に関する研究

誌名	石川県砂丘地農業試験場報告 = Bulletin of Ishikawa Sand Dune Agricultural Experiment Station
ISSN	02894459
著者名	稲部,善博 中田,久雄
発行元	石川県砂丘地農業試験場
巻/号	2号
掲載ページ	p. 1-23
発行年月	1986年3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



砂丘地ブドウ園におけるマンガン栄養に関する研究

稲部善博・中田久雄

Studies on Manganese Nutrient in Sandy Vineyards

Yoshihiro INABE and Hisao NAKADA

Summary

- 1) There was a high occurrence of the disorders in coloration - mozaic type uncoloration - of GA treated Delaware grapes in the covered cultures where the lime was much used and where the soil pH value was high.

There was a negative correlation between the soil pH value and the Mn content in leaves. The disorders in coloration occurred when the Mn content in blade was lower than 100ppm on dry weight basis, and when the soil pH value was higher than 6.5. In the covered cultures where the disorders in coloration occurred, the Mn content in petiole and woody shoot was lower than 50ppm and 30ppm respectively.

- 2) In the covered culture, the N, Ca and Mg contents in leaves were higher, but the Mn content was lower than that of the open culture.

The soil pH value, the contents of water soluble P_2O_5 and exchangeable Mg and K, were higher in the covered culture than the open culture.

The contents of easy reducible Mn and available Fe were higher in the open culture than the covered culture.

- 3) According to the added volume of sulfuric acid, the soil pH value decreased and the content of available soil Mn increased in the sand soil, the fixation of Mn was 60.2% (extracted at room temperature), and the ratio of soluble Mn by mild reduction to total Mn was 10.8% at a month later.

- 4) In the field experiments, the Mn content of leaves and the available Mn content of soils rapidly increased by the application of Mn salts.

The toxic signs were seen when excessive Mn salts were used, so the exchangeable Mn content of soil was higher than 100ppm (70°C conservative temperature extraction), the easy reducible Mn content was higher than 250ppm on that time.

Furthermore, the critical upper limit of Mn for grapevine leaves was higher than 900ppm.

We consider from the experiment described above that the direct methods to protect the disorders in coloration - mozaic type uncoloration - was to increase the Mn content of grapevine tissues, so it is necessary to keep the soil pH low and to apply Mn salts to the field.

緒 言

石川県下のブドウ栽培面積は約360haあり、主にデラウェア種が栽培されている。そのうち海岸砂丘地帯で栽培される面積は約300haであり、高松町を中心に、志雄町、押水町、金沢市が主産地を成している。

本県では1964年より熟期促進と生産安定を目的として、ビニールによる被覆栽培が普及し始め、1980年には全栽培面積の約70%を占めるに至った。

ハウス栽培が普及するに従って、着果は安定し、晩腐病の発生はほとんど見られなくなったが、露地栽培のものに比較してブドウの枝葉が長大化し、樹勢が乱れ、青デラやスソモヨウ（別称ハカマブドウ）と称される果実の着色障害が多く発生するようになった。

またハウス栽培による生育促進によって、果実成熟期が梅雨期と重なり、さらに梅雨後の高温によっても果実の着色は悪影響を被ることになった。

その他、新たにハウス栽培のジベレリン処理した無核デラウェアに特異的に発生する着色障害（通称ゴマシオ果）が全国各地の産地から報告され⁽⁴⁾⁽¹⁴⁾⁽²²⁾、従来の着色障害果とは発現形態が異り、その原因も土壌のアルカリ化によるマンガン欠乏によるものであることが明らかにされた。

本県においても1975年より始めたハウス栽培のデラウェアブドウ園の栄養診断によって、園地pHの高いことから微量元素の潜在的欠乏の危険性を指摘してきたが、1976年には調査対象園の着色障害果房について、ゴマシオ型の着色障害（以下着色障害と略す）と、その他の着色不良果実との区別を行なって、着色障害発生園と健全園の土壌化学性・樹体内の無機成分含量の違いを検討した。その結果、本県におけるハウス栽培デラウェアブドウ園の1部は1978年園芸学会北陸支部大会および日本土壌肥料学会中部支部第39回例会において発表した。

ブドウの着色障害の原因もマンガンの欠乏によるものであることが明らかになった。

そこで1978年から1979年にかけて、砂丘地ハウスブドウ園のマンガン欠乏の発生実態を調査するとともに、砂丘地土壌におけるマンガン栄養について、いくつかの実験を行ない、若干の知見を得たので報告することにした。

I 着色障害発生園の実態調査

これまで本県ではデラウェアブドウが着色期になっても完全に着色が進まない果実を漠然と着色不良果と称しており、着果過多、長大果房、肥料要素の過不足をその主な原因としてきた。

しかし、これらの着色不良果を子細に検討してみると三つのタイプ⁽¹⁷⁾に区別することができる。すなわち、果房全体が着色しない青デラ型、果房の先端が着色しないスソモヨウ型、それに果房の中で着色しない果粒が混在するゴマシオ型である。

本報では特にゴマシオ型の着色不良果を着色障害として取り上げ、障害の発生する園と発生のおおく認められない健全園について、土壌化学性と樹体内の無機成分含量の違いを調査した。

調 査 方 法

県下の砂丘地帯でハウス栽培されているデラウェアブドウ園から、着色障害園5ヶ所、健全園14～19ヶ所を選び、各園の土壌化学性と樹体内の栄養状態について1976年から1979年にかけて調査を行なった。

着色障害園と健全園の区別は1976年と1977年も明らかにゴマシオ型の着色障害の症状⁽²³⁾を呈した園を障害園として扱い、他を健全園とした。

土壌の採取は1園5ヶ所から行ない、深さ30cmと60cmとした。葉は5～6樹の新梢第10節目から

1園につき50枚を採取し、葉身部と葉柄部に分けて分析した。

土壌および葉のサンプリングは果実の着色初期に当る6月中旬に行なった。新梢は落葉期に5～6樹の第2新梢を1園から10本採取し、第5～6節の部位を分析に供した。

採取した葉および枝は洗浄後ただちに80℃で乾燥して粉碎し、無機成分の分析を行なった。

窒素は濃硫酸で加熱分解後セミマイクロケルダール法で分析し、リン、カリ、カルシウム、マグネシウム、マンガン、鉄は試料を550℃で灰化後、リンをバナドモリブデン酸法、カリを炎光法、カルシウム・マグネシウムを0.01MEDTAによる滴定法、マンガンを過ヨウ素酸による比色法、鉄を0-フェナンスロリンによる比色法でそれぞれ分析した。

土壌の化学性については風乾土につき、全窒素は濃硫酸で加熱分解後セミマイクロケルダール法、全炭素はチャーリン法、有効態リン酸はブレイ法、置換性塩基類はpH7.0N酢酸アンモニウム抽出液につき、カリを炎光法、カルシウム、マグネシウムを0.01MEDTAによる滴定法で分析した。

置換性マンガンは中性N酢酸マンモニウム液に

より70℃で保温抽出し、易還元性マンガンは0.2%のヒドロキノンを含む中性N酢酸マンモニウム液で抽出した後、両液をそれぞれ過ヨウ素酸により発色して比色定量した。

全マンガンは土壌を過塩素酸で加熱分解後、常法に従って分析した。

可給態の鉄はpH4.8の酢酸ナトリウム液で抽出し、0-フェナンスロリンによる比色法で分析した。

結 果

着色障害発生園と健全園の樹体内無機成分含量

1976年から1977年にかけて、ブドウの葉身部の無機成分含量を調査した結果は第1表に示すとおりである。

健全園と障害園の葉身中の無機成分含量の平均値を比較すると、窒素、リン、カリ、カルシウム、マグネシウム、鉄含量に差は認められなかったが、マンガン含量には有意な差が認められた。すなわち、健全園のマンガン含量が73～435ppmの範囲にあって、平均値が196ppmであった。それに対し障害園では50～89ppmの範囲で、平均値は70ppmと低い値を示していた。

Table 1. The comparison of mineral composition of vine blades in the poorly colored vineyards and normal vineyards.

	No. of vineyards		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Fe ppm
Poorly colored vineyards	5	Max.	3.58	0.30	1.46	1.59	0.36	89	121
		Min.	2.38	0.17	1.02	0.87	0.18	50	58
		Ave.	2.60	0.23	1.26	1.27	0.25	70	79
Normal vineyards	17-19	Max.	3.27	0.37	1.58	1.68	0.36	435	152
		Min.	2.20	0.17	0.87	0.85	0.12	73	54
		Ave.	2.61	0.25	1.22	1.16	0.28	196	91
Statistical significance			NS	NS	NS	NS	NS	**	NS

(mean of 2 years: 1976-1977)

** indicates significance of F at the 1% level.

第2表および第3表は1978年から1979年にかけて調査した障害園と健全園の葉柄および新梢中の無機成分含量を示したものである。

障害園の葉柄の無機成分含量は健全園のものに比較して、カリとカルシウム含量が高く、マンガン含量は低かった。特にマンガン含量は健全園では60~299ppmの範囲にあり、平均値が136ppmで

あったのに対し、障害園でのマンガン含量は7~79ppmの範囲にあり、平均値は47ppmであった。

さらに新梢中の無機成分含量について、健全園と障害園を比較すると、障害園のカリ、カルシウム、マグネシウム含量は健全園のものより高く、マンガン含量は38ppmで健全園での平均値の2分の1量にしかすぎなかった。

Table 2. The comparison of mineral composition of vine petioles in the poorly colored vineyards and normal vineyards.

	No. of vineyards		P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Fe ppm
Poorly colored vineyards	5	Max.	0.60	3.17	1.38	0.41	79	224
		Min.	0.12	1.94	0.94	0.18	7	142
		Ave.	0.43	2.74	1.18	0.26	47	170
Normal vineyards	14-16	Max.	0.85	3.17	1.30	0.43	299	249
		Min.	0.11	0.94	0.78	0.15	60	123
		Ave.	0.41	2.25	1.00	0.29	136	167
Statistical significance			NS	*	**	NS	**	NS

(mean of 2 years: 1978-1979)

*, ** indicates significance of F at the 5%, 1% level.

Table 3. The comparison of mineral composition of woody shoot in the poorly colored vineyards and normal vineyards.

	No. of vineyards		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm
Poorly colored vineyards	5	Max.	0.70	0.19	0.65	0.67	0.15	57
		Min.	0.45	0.10	0.37	0.47	0.08	24
		Ave.	0.60	0.14	0.53	0.55	0.12	38
Normal vineyards	14-16	Max.	0.70	0.17	0.65	0.56	0.15	135
		Min.	0.50	0.08	0.34	0.35	0.06	24
		Ave.	0.63	0.13	0.45	0.47	0.10	74
Statistical significance			NS	NS	**	**	*	**

(mean of 2 years: 1978-1979)

*, ** indicates significance of F at the 5%, 1% level.

着色障害発生園と健全園の土壌化学性

1976年に調査した障害園と健全園における土壌の化学性は第4表に示すとおりである。

障害園は健全園に比べて30cm層の土壌pHが高く、置換性のカルシウム量も30cmおよび60cm層で多かった。また障害園では60cm層のカルシウム飽

Table 4. The comparison of soil chemical properties in the poorly colored vineyards and normal vineyards.

	No. of vineyards	pH		T-N (%)	T-C (%)	Available P ₂ O ₅ (mg)	CEC (me)	Ca Saturation rate (%)	Exchangeable Base (mg)			Exchangeable Mn (ppm)	Easy reducible Mn (ppm)	T-Mn (ppm)	Mn ratio	Absorbable Fe (ppm)
		H ₂ O	KCl						CaO	MgO	K ₂ O					
Poorly colored vineyards	Max.	6.9	5.8	0.019	0.228	35.8	4.8	80.9	86.9	14.1	19.0	2.3	29.0	210	0.13	5.4
	Min.	5.0	4.0	0.007	0.059	12.4	2.8	28.7	30.8	4.0	11.0	1.0	12.5	170	0.03	1.4
	Ave.	6.1	5.3	0.012	0.147	23.5	3.8	57.0	58.9	9.3	14.4	1.6	20.0	185	0.08	3.3
Normal vineyards	Max.	6.7	5.4	0.021	0.296	61.7	4.3	67.6	64.5	12.1	15.4	4.0	36.0	210	0.27	14.9
	Min.	4.6	3.8	0.006	0.042	4.8	2.5	22.0	16.8	2.0	8.0	1.0	9.0	135	0.04	1.5
	Ave.	5.6	4.5	0.012	0.135	29.0	3.5	45.0	43.6	6.7	11.7	2.3	20.1	173	0.12	6.2
Statistical significance		NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

	No. of vineyards	pH		T-N (%)	T-C (%)	Available P ₂ O ₅ (mg)	CEC (me)	Ca Saturation rate (%)	Exchangeable Base (mg)			Exchangeable Mn (ppm)	Easy reducible Mn (ppm)	T-Mn (ppm)	Mn ratio	Absorbable Fe (ppm)
		H ₂ O	KCl						CaO	MgO	K ₂ O					
Poorly colored vineyards	Max.	6.1	5.1	0.130	0.178	-	4.2	50.0	53.3	26.2	14.4	2.0	26.0	210	0.15	7.1
	Min.	5.2	4.1	0.003	0.042	-	2.9	40.8	33.6	8.1	9.8	1.0	10.5	170	0.07	2.8
	Ave.	5.6	4.7	0.008	0.113	-	3.4	45.5	43.8	11.7	11.6	1.6	16.6	183	0.11	4.4
Normal vineyards	Max.	6.3	5.1	0.140	0.203	-	3.9	61.0	58.9	22.2	14.0	2.0	22.5	210	0.20	12.9
	Min.	4.7	3.8	0.002	0.017	-	2.5	11.5	11.2	2.0	7.6	1.0	8.5	150	0.04	2.0
	Ave.	5.6	4.4	0.005	0.068	-	3.4	32.3	30.4	11.8	11.0	1.5	14.3	180	0.12	5.5
Statistical significance		NS	NS	NS	NS	-	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*, ** indicates significance of F at the 5%, 1% level.

(1977)

和度も高かった。その他の化学性については有意な差は認められなかった。

土壌のpHと葉身中のマンガン含量との関係を見たものが第1図である。

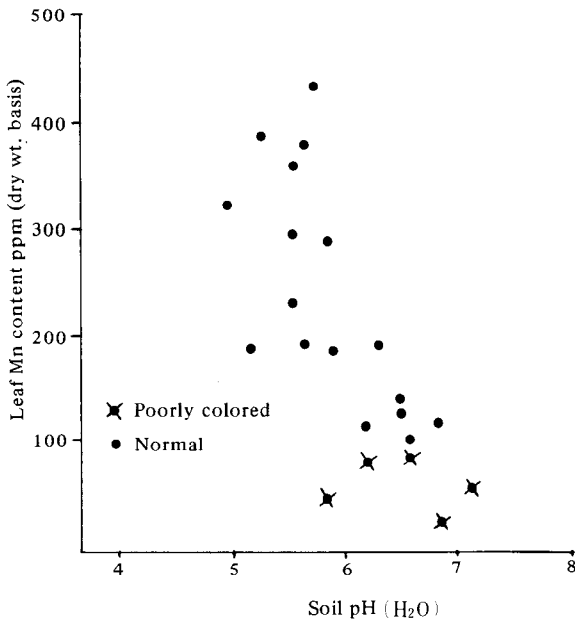


Fig. 1. The relationship of leaf manganese content to soil reaction.

1976年の土壌pHと葉身中のマンガン含量との間には有意な負の相関が認められた。障害園では葉身中のマンガン含量が100ppm以下の場合が多く、健全園ではすべて100ppm以上であった。

葉身中のマンガン含量が100ppm以下の障害発生園での土壌pHは6.5以上であった。

考 察

県下に発生した着色障害園の土壌化学性と樹体内の無機成分含量について、健全園との比較調査を行なったところ、障害園では土壌pHが高く、交換性のカルシウムとカルシウム飽和度が高い傾向にあった。

土壌中の全マンガンや交換性マンガンおよび易

還元性マンガン量については障害園と健全園での差は認められなかった。交換性マンガン量については通常マンガン欠乏発生の目安とされている3~5ppm⁽³⁾よりいずれも低く、70℃で保温抽出される交換性マンガン量でも障害園、健全園とも1~4ppmの範囲であった。

また易還元性マンガン量は障害園、健全園とも9~36ppmの範囲にあって、竹下ら⁽²²⁾が障害発生園の易還元性マンガン量を調査した結果よりも低い値であった。

一方、樹体内のマンガン含量は明らかに障害園のものが低く、葉身中のマンガン含量は平均で70ppm、葉柄中のマンガン含量は40ppmであった。これらは竹下ら⁽²³⁾が示した障害園での葉中マンガン含量とほぼ一致する値であった。

さらに、落葉期に調査した新梢中のマンガン含量も障害園では健全園のもの約2分の1程度の含量しかなく、平均値は38ppmであった。

これらの結果より、本県に発生したデラウェアブドウのゴマシオ型の着色障害の発生はマンガンの欠乏によって生じたものと考えられた。

ハウス栽培ブドウにマンガン欠乏が生ずるようになった原因として高橋ら⁽¹⁸⁾はハウス栽培の普及による塩類濃度の上昇と石灰の多施用およびマンガン塩含有農薬の散布回数の低減、樹体の肥大による相対的マンガン含量の低下をあげているが、他にはハウス栽培によるブドウ樹の地下部の发育変化が考えられる。

すなわち、ハウス栽培ではブドウの生育初期に地表の温度のみが上昇し、施用肥料の表層土での拡散が新根の发育を表層土により多く促すため、土壌中の有効態マンガンの絶対的な利用範囲を狭くしたものと考えられる。

しかしながら着色障害のマンガン欠乏に対して最も影響の大きい要因はやはり土壌pHの上昇で

あろう。

本調査の結果でも土壌 pH と葉身中のマンガン含量との間には明らかな負の相関が認められており、土壌 pH が 6.5 以上の園では障害の発生が認められている。

また土壌中の交換性マンガン量や易還元性マンガン量と樹体内のマンガン含量との間には何ら相関が認められなかった。しかし易還元性マンガン量に対する交換性マンガン量の割合は土壌 pH と負の相関を示し、樹体内のマンガン含量と正の相関を示した。

一般に土壌中のマンガンは土壌 pH が高まると有効態 Mn^{2+} は不活性の Mn^{3+} 、 Mn^{4+} になり、植物に利用できなくなってマンガンの欠乏が発生するといわれている⁽²⁶⁾。したがって、土壌中のマンガンの絶対量が少ない砂丘地土壌ではマンガンの絶対量よりも、その存在形態に影響をおよぼす土壌反応がマンガンの吸収利用の重要な要因になるものと推察される。

ところでブドウは比較的高い土壌反応に適する樹種であるとされている⁽⁵⁾ことや一部の農家技術として、着色初期に石灰資材を施用すると着色が早まると信じられて、石灰肥料の多施用が一般化している。

1976年に行なった県下の砂丘地ブドウについての実態調査でも金沢市、志雄町および押水町のブドウ産地では平均40kg/10aの石灰が施用されており、これらの地区では着色障害の発生が多かった。また近年石灰の施用がほとんど行なわれたことのない高松町の産地では土壌 pH が低く、着色障害の発生はほとんど認められていない。

これらの結果から、ゴマシオ型の着色障害を防止するための対策として、石灰質資材の多施用を慎むこと、酸性肥料や場合には硫黄華の土壌施用によって、高くなった土壌 pH を下げることが必

要である。またマンガン資材の土壌施用、有効土層の拡大、適正な土壌水分の維持を図ることも重要と思われる。

II ハウス栽培と露地栽培ブドウ園のマンガン栄養の相異

マンガン欠乏による着色障害は主にハウス栽培の無核デラウェアに発生する。露地栽培よりハウス栽培の条件下でマンガン欠乏が発生し易くなる主な原因は前述した如く、ハウス栽培では降雨の影響が少ないことから、土壌が乾燥して土壌 pH が高くなり易いこと、果実や枝葉がハウス栽培により大きくなり相対的なマンガン含量が低下すること、ハウス栽培では晩腐病の発生がほとんどなくなることからマンガン塩を含む薬剤散布が行なわれないこと、さらにハウス土壌ではブドウの根の質および根域の変化によって吸収利用できるマンガンの絶対量が少なくなることが考えられる。

本調査ではこれらの原因をふまえ、ハウス栽培と露地栽培のデラウェアブドウ園における土壌の化学性と樹体内の無機成分含量の違いを知ろうとした。

調査方法

調査対象にした圃場の施肥条件は次のとおりである。すなわち、当該内の露地栽培デラウェアブドウ園は11～12月に窒素の年間施肥量の30～40%を乾燥鶏糞で施用し、3月、6月、9月にそれぞれ尿素と過石、硫加、硫マグを追肥として施用した。三要素の年間施肥量は窒素14～15kg/10a、リン酸6～11kg/10a、カリ9～15kg/10aである。

ハウス栽培の圃場は露地栽培と同様に、11～12月に窒素の年間施肥量の25～40%を乾燥鶏糞で施用し、3月、6月、8月にそれぞれ尿素・過石・硫

加・硫マグを追肥として施用した。三要素の年間施肥量は窒素16~19kg/10a, リン酸11~12kg/10a, カリ15~21kg/10aである。

採土はいずれも15cmの深さからとし, 3~10月の毎月月上旬に行なった。

採葉は4~9月の第1半旬と第3半旬に行なった。採葉部位は新梢の第5節葉とし, 各園5~6樹から30枚採取した。採葉した葉は常法に従って分析した。葉の無機成分含量調査は1977~1979年にかけて行ない, 分析値は3年間の平均値で示した。

採取した土壌は風乾し, 常法に従って分析したが有効態リン酸は風乾土対水の比を1:5として, 室温浸出したものを分析した。交換性マンガンは70℃で保温浸出したものを分析した。

露地栽培土壌の化学性は1978~1979年にかけて調査し, 分析値は2年間の平均値で示した。ハウス栽培土壌の化学性は1977~1979年にかけて調査し, 分析値は3年間の平均値で示した。

本調査の対象ブドウ園はいずれも着色障害の発生は認められていない。

結 果

葉中の無機成分

葉中の窒素含量はブドウの生育ステージが進むに従って低下していたが, どのステージにおいてもハウス栽培の方が露地栽培より高く推移していた。

リン含量は展葉期から開花期にかけて急減したが, 以降は漸減していた。露地栽培に比べてハウス栽培のリン含量は若干低い傾向で推移していた。

カリ含量は開花期前後にかけて急減した後漸減を続け, 収穫後には若干高くなっていた。ハウス栽培のカリ含量は果実肥大期以降露地栽培より低

く推移していた。

カルシウム含量は露地栽培の展葉期に一時高かったが, 一般に生育初期に低く, 収穫期にかけて再び高くなり, 収穫後は低下した。

ハウス栽培のカルシウム含量は果実の着色期以降には露地栽培より高く推移していた。

マグネシウム含量は生育初期に高く, ハウス栽培では果粒肥大期にかけて一時低下したが, 露地栽培に比較すると高めに推移していた。

露地栽培のマンガン含量は生育初期から後期にかけて130ppm前後で推移していたが, ハウス栽培では初期の含量が80ppm以下で, 生育が進むに従って漸増し, 収穫後は110ppm前後にまで高まった。

鉄含量はハウス栽培が露地栽培に比べて展葉期と果実肥大期, それに収穫期以降に低い傾向が認められた。

土 壌 の 化 学 性

第3区はハウス栽培と露地栽培土壌の化学性を3~10月の月別にみたものである。

ハウス栽培土壌のpHは4月に一時6.9に低下したが, 以降は7.0~7.2の範囲で推移し, 露地栽培土壌より高い傾向が認められた。

土壌中の無機態窒素量はハウス栽培, 露地栽培とも4月に多かったが, その量は露地栽培に比べてハウス栽培では少なかった。

また露地栽培では8月に無機態窒素量が再び増加したが, ハウス栽培では9月に増加していた。

水溶性リン酸はハウス栽培で多い傾向が認められ, ハウス栽培, 露地栽培とも9・10月に高くなっていた。

ハウス栽培ではビニール被覆期間中は低下する傾向が認められた。

交換性カルシウム, マグネシウム, カリウム量は生育期間を通じてハウス栽培の方が高かった。

交換性マンガン量は1~8ppmの範囲にあった

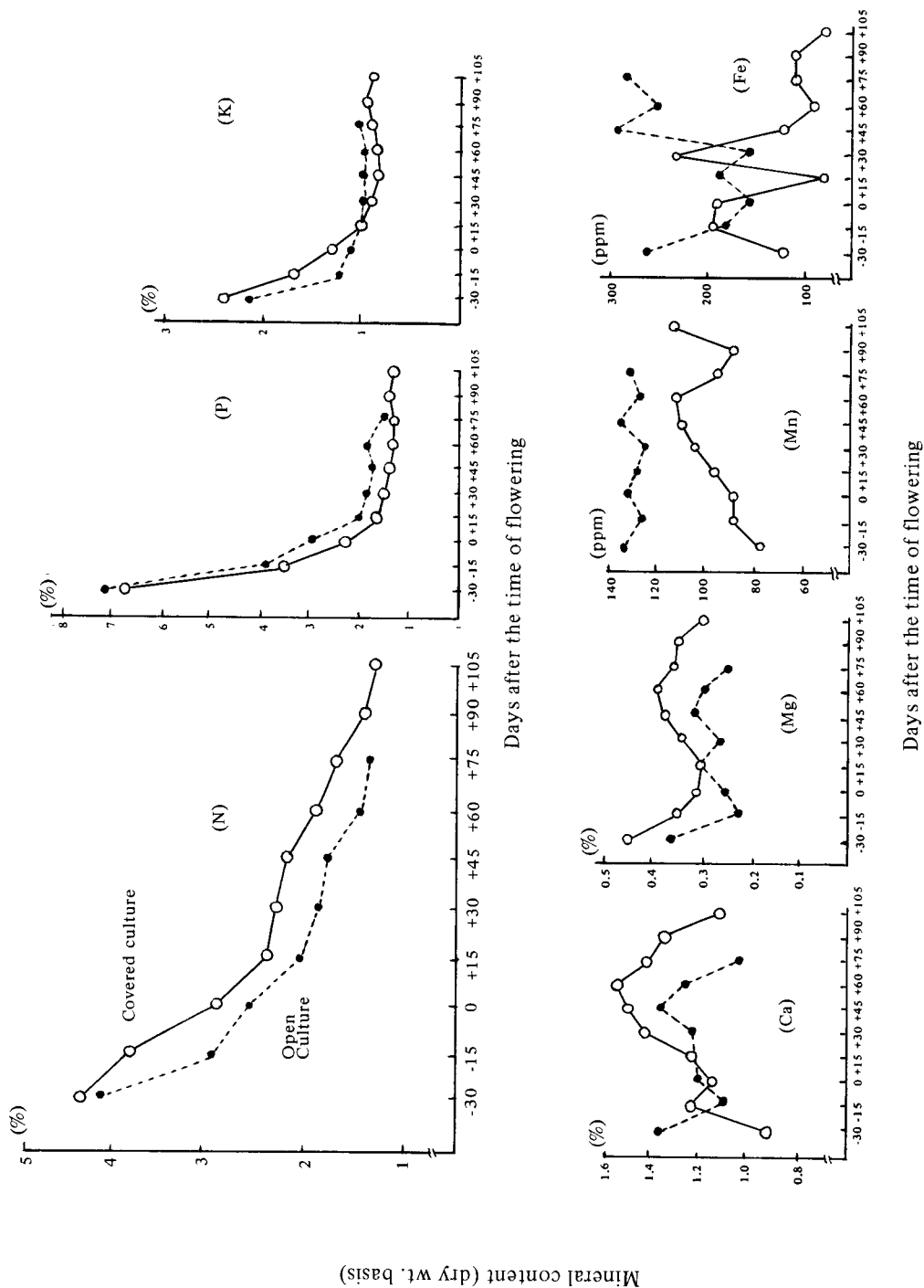


Fig. 2. The comparison of mineral contents of grapevine leaves in the covered culture and the open culture.

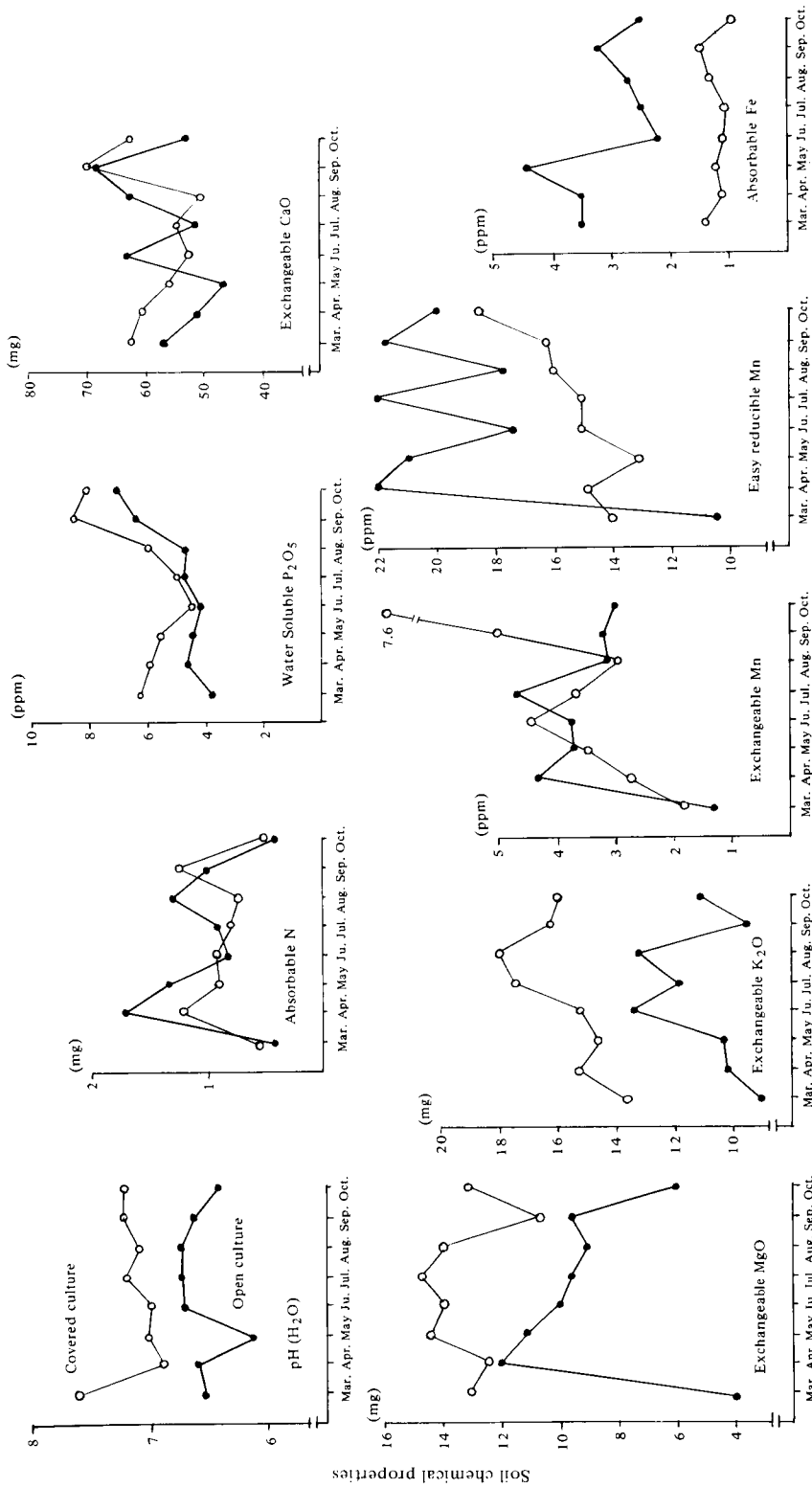


Fig. 3. The comparison of chemical properties of vineyard-soils in the covered culture and the open culture.

が、ハウス栽培と露地栽培での差は認められなかった。易還元性マンガンはハウス栽培の場合、13～19ppmの範囲にあり、露地栽培より少ない傾向が認められた。

可給態鉄量も露地栽培に比べてハウス栽培が明らかに少なかった。

考 察

ブドウのマンガン欠乏症は主に果実への着色障害となって現われ、露地栽培よりもむしろハウス栽培で多く見られる。

本調査を行った圃場においては、マンガンの欠乏による着色障害は認められていないが、ハウス栽培の土壌pHは露地栽培より高い傾向にあり、土壌中の塩基ではマグネシウムとカリウムの量が多く、易還元性マンガン量や可給態鉄量はハウス栽培土壌で少ない傾向が認められた。

果樹のマンガン欠乏症はリンゴ⁽²⁴⁾やカンキツ⁽¹⁰⁾でも認められているが、それらの主な発生原因は土壌pHの上昇による有効態マンガンの減少によるものとされている。

またそ菜について、橋ら⁽¹⁶⁾はカルシウム・マグネシウム・アンモニアがマンガンの吸収を拮抗的に阻害するとし、大沢ら⁽¹²⁾は水耕液中のカリウム・カルシウムの高濃度はそ菜のマンガンの過剰吸収を抑制することを報告している。

これらのことから、ハウス栽培下でマンガン欠乏を発生させる土壌の化学的原因は沢田ら⁽¹³⁾が指摘するように塩基の集積と土壌pHの高まりが土壌中のマンガンの吸収を低下させるためと推察される。

そこでハウス栽培と露地栽培ブドウの葉中無機成分含量の違いをみると、リンやカリ含量に差は認められなかったが、窒素とマグネシウムでは生

育期間を通じてほぼハウス栽培の方が高かった。またハウス栽培ではカルシウム含量が果実成熟期以降に高くなる傾向が認められたが、マンガンはハウス栽培の方が全期間を通じて低かった。

清水ら⁽¹⁴⁾は着色障害発生園ではマンガンの吸収が遅れ、開花期までの葉中マンガン含量が低いと果実に移行するマンガン量が少なくなって障害が発生することを指摘している。

このことは本調査の結果でハウス栽培の葉中マンガン含量が生育初期ほど低かったことと一致する。

この原因については明らかではないが、ハウス栽培では地上部の初期生育は促進されるものの、それに伴う地下部の生育が十分でないために生ずるのではないかと考えられる。

またハウス栽培によって枝葉・果実の生育・肥大が旺盛になるが根からのマンガンの補給が十分でない場合、葉中のマンガン含量は枝葉の増大によって希釈され、その含量は低下する傾向が強いと考えられる。

III 土壌中のマンガンの可溶化

前項までの試験の結果、本県のゴマシオ型の着色障害は樹体内のマンガン欠乏によって引き起こされることが明らかになった。

高橋ら⁽¹⁸⁾はゴマシオ型の着色障害に対して、満開後20日に硫酸マンガンの葉面散布が果房浸漬により完全に防止できるとしている。

本県でも、ゴマシオ型着色障害発生園や着色障害発生を危惧する園では硫酸マンガンの葉面散布や果房浸漬が広く普及している。

しかし、この種の着色障害に対する根本的な発生防止対策は土壌中の有効態マンガン量の増加とその吸収利用を計ることであると考えられるので、

本試験では土壌中のマンガンの有効化に関係する土壌反応、土壌の還元によるマンガンの可溶化および添加したマンガンの土壌による固定について検討した。

試験方法

試験Ⅰ マンガンの可溶化におよぼす土壌反応の影響

本試験に使用した土壌は砂試圃場の砂丘地土壌、金沢市岩出町の灰色低地土壌および小松市矢田野の褐色森林土壌である。

これら三種の風乾土壌100gを200mlの三角フラスコに採り、10a当り0, 5, 10, 20, 40, 80, 100kgの硫黄華に相当する0.5N H_2SO_4 を加えた。そして砂丘地土壌は乾土当り20%の純水を加え、室温にて1週間インキュベートした。

灰色低地土壌と褐色森林土壌には30%相当の純水を加えて同様に処理した。

所定の日数を経た後、土壌を風乾し、交換性マンガンについては中性N酢酸アンモニウム液で70℃保温抽出したものを分析し、易還元性マンガンは0.2%のヒドロキノンを含む中性N酢酸アンモニウム液で抽出したものを分析した。

試験Ⅱ 添加マンガンの土壌への固定

試験Ⅰに供した三種の土壌を200mlの三角フラスコに採り、各土壌のCECの1/4に相当するマンガンをも $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ で添加した。添加量は砂丘地土壌の場合、風乾土100gに対し $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ を79mg、灰色低地土壌では446mg、褐色森林土壌では340mgとした。

それぞれマンガン塩を添加した土壌は試験Ⅰと同様な水分、温度条件で15日間と30日間インキュベートした。所定の期間を経たサンプルは試験Ⅰと同様に処理してマンガン进行分析した。

試験Ⅲ 軽度の還元による土壌中マンガンの可溶化

試験Ⅰに供した原土と試験Ⅱに供したマンガン添加土壌について、それぞれの土壌にヒドロキノンをも0, 0.001%, 0.01%, 0.1%, 0.2%を含む中性N酢酸アンモニウム液を加えて可溶化するマンガン进行分析した。

結果

実験Ⅰ マンガンの可溶化におよぼす土壌反応の影響

希硫酸の添加量が多くなるに従って、どの土壌もpHは低下したが、なかでも砂丘地土壌は土壌pHの低下度が最も大きく、褐色森林土壌は最も小さかった。

砂丘地土壌ではpHが3.7まで低下すると、交換性マンガン量は原土の約7倍に増加し、易還元性マンガンは約3倍に増加した。またマンガンを添加した砂丘地土壌ではpHが6.05から3.80に低下すると、交換性マンガン量は約2.5倍の216ppmに増加した。

灰色低地土壌では土壌pHが5.65から3.80に低下することにより、交換性マンガン量は原土の約3倍に増加し、易還元性マンガン量は約1.5倍に増加した。マンガンを添加した土壌ではpHが5.65から4.20に低下すると、交換性マンガンは約1.6倍の975ppmに増加した。

褐色森林土壌では土壌pHが4.80から4.10に低下しても交換性マンガン量は原土のものほとんど変わらなかった。しかし易還元性マンガン量は若干増加した。マンガンを添加した土壌ではpHが4.80から4.10に低下すると、交換性マンガン量は約1.8倍の680ppmにまで増加した。

Table 5. Influence of the soil acidity on the solubility of manganese.

Soil group	Addition of 0.5N-H ₂ SO ₄	pH(H ₂ O)	Exch-Mn (70°C)	Easy reducible Mn	Exch-Mn (70°C)*
	ml		ppm	ppm	ppm
Sand-dune Regosols	0	6.05	3.25	12.0	85
	0.5	5.10	5.00	12.0	128
	1.0	4.75	7.50	12.5	130
	2.0	4.40	9.88	16.5	166
	4.0	4.10	15.63	21.5	166
	8.0	3.80	19.75	32.0	216
	10.0	3.70	21.88	37.0	—
Gray Lowland Soils	0	5.65	9.06	38.8	608
	0.5	5.25	9.06	45.0	725
	1.0	5.10	11.25	45.0	825
	2.0	4.80	10.25	50.0	650
	4.0	4.40	14.06	50.0	675
	8.0	4.20	23.75	58.8	975
	10.0	3.80	26.88	58.8	—
Brown Forest Soils	0	4.80	1.60	2.0	337
	0.5	4.85	1.90	4.0	370
	1.0	4.75	1.80	4.5	440
	2.0	4.75	1.50	4.5	440
	4.0	4.55	1.40	5.0	475
	8.0	4.20	1.40	6.0	620
	10.0	4.10	1.70	6.0	—

* Soils added with manganese that are equivalent to 25% of C E C.

試験II 添加マンガンの土壌への固定

第6表は土壌にマンガンを添加した場合、土壌に固定されるマンガンの割合を示したものである。ここで示したマンガンの土壌への固定割合(率)は次式により求めた。

$$\text{固定率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{マンガンを添加した土壌からのマンガンの溶出量} - \text{原土からのマンガンの溶出量}}{\text{マンガンの添加量}} \right) \times 100$$

どの土壌も70°Cで保温抽出されるマンガンの量よりも室温で抽出されるマンガンの量が多かったため、マンガンの土壌への固定率はマンガンを70°Cで保温抽出する条件下で高くなった。また固定率は添加後の日数によっても異なり、砂丘地土壌と灰色

低地土壌では15日後よりも30日後の固定率が大きかった。褐色森林土壌は70°Cの保温抽出条件下ではマンガンの固定率は30日後よりも15日後で大きかったが、室温条件下では30日後の固定率が大きかった。

そこで室温抽出条件下でみた各土壌のマンガンを添加後30日の固定率をみると、砂丘地土壌は60.2%、灰色低地土壌は17.2%、褐色森林土壌では35.1%であった。

Table 6. Fixation of supplied manganese with soils.

Soil group	% of fixed manganese			
	After 15 days		After 30 days	
	A	B	A	B
Sand-dune Regosols	44.5	51.4	60.2	62.0
Gray Lowland Soils	13.2	36.9	17.2	53.1
Brown Forest Soils	9.0	69.7	35.1	65.3

A --- Extracted at room temperature,

B --- Extracted at 70°C.

試験Ⅲ 軽度の還元による土壌マンガン可溶化

原土に対する軽度の還元によるマンガン可溶化量は灰色低地土壌で最も大きく、褐色森林土壌で最も小さかった。

砂丘地土壌では酢酸アンモニウム溶液中のハイ

ドロキノン量が多くなるに従って、可溶化するマンガンの増加率は最も大きかった。

全マンガン量に対する易還元性マンガン量の割合をみると砂丘地土壌は10.8%、灰色低地土壌は31.8%、褐色森林土壌は3.3%であった。

CECの1/4相当量のマンガンを追加し、30日間室温でインキュベートした土壌について、還元条件下で可溶化するマンガン量を求めた結果、三種の土壌とも追加したマンガンの80%以上が可溶化していた。

また追加したマンガン量と原土中のマンガン量の合計量に対する易還元性マンガンの割合は、砂丘地土壌では48.3%、灰色低地土壌では87.2%、褐色森林土壌では76.4%であった。

Table 7. Extraction of manganese by light reduction (ppm).

Soil group	T-Mn	Added Mn	% of added hydroquinone in N-NH ₄ Ace					*	**
			0	0.001	0.01	0.1	0.2		
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
Sand-dune Regosols	180	—	tr	5.0	16.6	17.5	19.4	10.8	—
Gray Lowland Soils	194	—	48.3	55.0	51.7	61.7	61.7	31.8	—
Brown Forest Soils	100	—	1.7	1.7	2.5	2.9	3.3	3.3	—
Sand-dune Regosols	400	220	110	140	180	189	193	48.3	78.9
Gray Lowland Soils	1434	1240	1113	1175	1250	1125	1113	87.2	96.6
Brown Forest Soils	1063	963	744	756	788	806	812	76.4	84.3

Note: Proportional of the maximum manganese extracted by light reduction to total manganese (*) and added manganese (**).

考 察

砂丘地土壌は一般に肥料成分が少なく土壌 pH は高い傾向にあるので、土壌中の有効態マンガンの量も極めて乏しい状態であると考えられる。その上ハウス栽培という条件が加わると土壌が乾燥し易いため、土壌 pH はより高くなり、有効態のマンガンを更に低下させる。

それゆえ、ハウス栽培ブドウ園でのマンガン欠乏による着色障害の発生を防ぐには土壌中の有効態マンガンを増大させることが必要となる。その効果的方法としては(1)マンガン塩の土壌施用、(2)土壌の酸性化、(3)土壌の還元がある。

細田ら⁽²⁾は砂質土壌における大麦のマンガン欠乏ならびに陸稲のクロロシスを研究し、硫黄華の

添加によって交換性マンガン量が増加したとしている。

本試験の結果、砂丘地土壌と灰色低地土壌については硫酸の施用量が多くなるに従って土壌 pH は低下し、交換性マンガンや易還元性マンガン量が増加したが、褐色森林土壌では多量の硫酸の施用（硫黄華100kg/10a相当）にもかかわらず pH の低下はわずかで、交換性マンガン量もほとんど増加しなかった。

一方本試験の結果から砂丘地土壌の場合、ブドウ樹に十分と考えられる土壌中の有効態マンガン量⁽³⁾を得るためには硫黄華を10a 当り20kg施用する必要があることがわかった。しかし実際にはブドウ園の pH を4.5以下にすることは植物の生育におよぼす酸性そのものの害作用が懸念されるので問題が残る。

細田ら⁽²⁾は砂質土壌にデキストリンのような還元性物質を添加することによって交換性マンガン量の増加を計っており、竹下ら⁽²¹⁾は砂丘地土壌の腐植含量とブドウ葉のマンガン含量との間に正の相関を認めている。

本試験の結果でも軽度の還元によって砂丘地土壌ではマンガンの可溶化が促進された。しかし、高柳⁽²⁰⁾は茶園土壌について、土壌 pH が5より低い酸性の土壌では有効態マンガンが還元状態になると増加するが、pH 7.0以上の土壌では増加しないことを指摘しているので土壌 pH の高い砂丘地土壌で有効態マンガン量の増加を計るには土壌反応を微酸性に保ったうえで有機物の施用や土壌水分の保持⁽²⁶⁾を計ることが必要と考えられる。

一方、土壌中の有効態マンガン量を直接的に増加させる方法としてはマンガン塩の土壌施用が効果的であると考えられる。

マンガン塩の土壌施用に当って塩谷ら⁽¹⁵⁾はマン

ガンと鉄の欠乏した圃場において、施用したマンガンの50%以上が1ヶ月後には固定されることを認めており、高柳⁽²⁰⁾は70%以上の固定を報告している。

本試験の結果では70℃で保温抽出されるマンガンの固定率と室温条件下で抽出されるマンガンの固定率には大きな差が認められたが、環境条件と経時的条件を考慮すると、三種の土壌とも添加マンガンの固定率は60%前後になるものと思われる。

また高柳⁽²⁰⁾が指摘するように、土壌に添加したマンガンは土壌 pH が高いと時間の経過とともに固定される量が多くなり、還元によるマンガンの有効化も阻害されるので、土壌 pH の高い砂丘地土壌では、まず土壌の pH を下げることが先決であろう。

IV マンガン塩の土壌施用効果と過剰害

樹体マンガンの欠乏によって発生するデラウェアの着色障害を防ぐには土壌中の有効態マンガンの量を増加させること、そしてそれを植物に十分吸収させることが必要である。

そのためにはマンガン塩や酸性資材の土壌への施用が必要であるが、田中⁽²⁵⁾はリンゴのマンガン欠乏に対して、マンガン肥料や硫黄華などの利用は有効であるが、効果を発現するまでに5～6年とかなりの年月と施用量が必要なことを報告している。

ここでは砂丘地ブドウ園に対して、マンガン塩と硫黄華を施用した場合、実際に土壌中の有効態マンガン量が増加し、ブドウの葉中マンガン含量が高まるかどうかを実証するために圃場試験を行った。

また砂丘地土壌におけるマンガン塩の施用限界

量とマンガンの過剰症が発生する土壤および葉中マンガン含量を知るためにマンガン施用量のポット試験を行った。

試験方法

1) マンガン塩、硫黄華および石灰の施用とマンガンの吸収(圃場試験)

1977年から1978年にかけて、当場内の露地栽培デラウェア園(マンガン欠乏による着色障害は起きていない)において、第8表に示す4つの処理区を設けた。

Table 8. Treatment and fertilization.

Treatment	Treatment amount (Kg/a)		Application time		Application of three major elements (Kg/a)
	1977	1978	1977	1978	
Control	—	—	—	—	N-1.5 (Ammonium sulfate)
Calcium	20	10	Mar. 10	Apr. 12	P ₂ O ₅ -0.5 (Super phosphate)
Flower of sulfur	2	2	Apr. 6	Apr. 14	
Manganese sulfate	1	1	May. 6	Apr. 14	K ₂ O-1.5 (Potassium sulfate)

試験は1区245m²の規模で行い、各処理区には10年生のデラウェア樹を3樹供試し、反復なしで行った。

使用した資材はカルシウムとして消石灰を用い初年度はa当り20kgとし、次年度は10kgとした。硫黄華は粉末状のものをa当り2kgを2年間施用し、マンガン塩は工業用の硫酸マンガンをもa当り1kgずつ施用した。

調査のための土壤採取は10~15cmの深さからとし、採葉は新梢の第5節葉からとした。いずれも収穫1ヶ月前の7月中旬に行った。

2) マンガンの過剰症発現試験(ポット試験)

1978年4月にa/2000ポットに未耕の風乾土15kgを詰め、ブドウ苗(デラウェア, 8B台)を定植した。マンガンの処理区として工業用の硫酸マンガンをもポット当り0, 1, 4, 8, 12, 24, 48g

施用した。

1979年には同じ大きさのポットにブドウ苗を定植し、ポット当り0, 30, 40, 50, 60gの工業用硫酸マンガンをも施用した。

両年の試験とも3反復で行い、三要素としてポット当り、1B化成(N-10%, P₂O₅-10%, K₂O-10%)をも10g施用した。

この試験はビニールハウス内で行ったため、適宜かん水を行った。分析用の土壤と葉の採取はマンガン過剰症が明らかに認められた時に行った。採葉位置は1~3節の下位葉としたが1979年は第5~7節の葉も採取した。

土壤および葉中のマンガンの分析は前項までの試験と同様な方法で行った。

結 果

1) マンガン塩、硫黄華および石灰の施用とマンガンの吸収 (圃場試験)

試験初年度における土壌のpHは硫黄華施用区が最も低く、交換性カルシウムやマグネシウムの量も少なかった。

石灰施用区の土壌化学性は対照区と差が認められなかった。

硫酸マンガンの施用区は他区に比べて、若干交換性マンガンや易還元性マンガン量が多い傾向にあった。

試験2年目は、石灰施用区の土壌pHが高くなり、交換性のカルシウム量や交換性マグネシウム

量も増加した。しかし交換性のマンガンや易還元性マンガンの減少は認められなかった。

硫黄華を施用した区の土壌pHは対照区より若干高く、交換性マンガンや易還元性マンガン量の増加も認められなかった。

硫酸マンガン施用区では土壌pH、易還元性マンガン量は対照区と差が認められなかったが交換性マンガン量は増加していた。

葉中の無機成分含量を第10表でみると、成分によっては含量に差が認められるが、硫酸マンガン施用区では試験初年度および次年度ともカルシウム含量が低かった。

Table 9. Chemical properties of soil by field culture test.

Treatment	Year	pH		Exchangeable base (mg)			Exch. Mn (ppm)	Easy reducible Mn (ppm)
		H ₂ O	KCl	CaO	MgO	K ₂ O		
Control	1977	5.9	4.1	37.7	4.3	15.4	3.0	16.0
	1978	5.1	—	43.8	tr	11.8	3.5	26.3
Calcium	1977	5.7	4.3	46.0	4.1	11.1	2.0	19.0
	1978	6.6	—	125.0	7.6	11.7	2.0	26.3
Flower of sulfur	1977	5.4	3.6	23.9	2.4	11.1	2.8	17.5
	1978	5.4	—	75.0	2.5	11.6	2.0	21.9
Manganese sulfate	1977	5.8	4.2	40.7	6.6	11.8	4.0	20.0
	1978	5.2	—	62.5	2.5	11.6	5.5	26.9

Table 10. Mineral contents of the grapevine leaves by field culture test.

Treatment	Year	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
Control	1977	2.20	0.16	1.33	0.87	0.21	148.3	153.2
	1978	2.43	0.22	0.81	0.89	0.24	147.5	61.4
Calcium	1977	2.38	0.14	1.52	0.67	0.26	110.3	134.5
	1978	2.17	0.23	0.89	0.79	0.27	138.1	95.6
Flower of sulfur	1977	2.51	0.13	1.63	0.97	0.22	101.4	124.9
	1978	2.26	0.21	0.94	1.07	0.24	181.5	78.6
Manganese sulfate	1977	2.30	0.13	1.70	0.57	0.18	199.3	236.8
	1978	2.33	0.22	1.11	0.65	0.23	232.6	61.8

そして、初年度のマンガン含量は対照区に比べてやや高かったが、次年度は著しく高くなった。

石灰施用区では葉中のカルシウム含量の増加は認められず、マンガン含量の低下も認められなかった。

硫黄華施用区では試験初年度の葉中マンガン含量は対照区より低かったが、次年度には若干高くなった。

2) マンガンの過剰症発現試験 (ポット試験)

試験初年度において、マンガン過剰症が発現したのは硫酸マンガン施用後約3ヶ月経た6月下旬で、ポット当り48g施用した区の下位葉に黄色の

小さな斑点が発生した。斑点症状はその後、葉脈間の全体に広がり、第5～7節附近の葉は黄褐色化し、一見マグネシウムや鉄欠乏症を思わせる症状を呈した(図4)。

また7月中旬頃には硫酸マンガンをポット当り24g施用した区の1樹にも同様な症状が現われた。

ポット当り24g以上の硫酸マンガンを施用した区では、すべてのブドウ樹にマンガン過剰症が発現し同時に生育も停止した。過剰症が発現した時点で採取した土壌と葉のマンガン含量を調査した。その結果、硫酸マンガンの施用が多い区ほど葉中のマンガン含量は高く、逆に鉄およびマグネシウム含量は低かった(第11表)。

Table 11. Mineral contents of the grapevine leaves with the amounts of supplied manganese by pot culture test.

Treatment	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Fe/Mn	
0	0.14	0.88	1.19	0.58	282.7	72.0	0.25	
2	0.14	0.95	1.04	0.45	325.7	71.6	0.22	
MnSO ₄ (g/pot)	4	0.12	0.81	1.21	0.53	393.1	63.0	0.16
	8	0.11	1.00	0.89	0.33	439.5	46.9	0.11
	12	0.10	0.99	1.05	0.30	493.6	41.1	0.08
	24	0.09	1.17	0.80	0.18	927.9	37.4	0.04
	48	0.13	0.57	1.05	0.36	2007.6	37.2	0.02

マンガン過剰症が発現した葉のマンガン含量は硫酸マンガン24g施用区で927.9ppm, 48g施用区では2007.6ppmであった。

土壌の化学性をみると(第12表), pHは各区とも5前後であったが、硫酸マンガンの施用量が多い区ほど各形態のマンガン量は多くなっていた。特にマンガンの過剰症の発現した硫酸マンガン24g施用区では交換性マンガンが111.3ppm, 易還元性マンガンは275.6ppmであった。また48g施用

区では交換性マンガンが156.3ppm, 易還元性マンガンは362.5ppmであった。

次年度の試験でも硫酸マンガンの60g施用区では6月中旬に葉脈間が黄化する症状が発現し、7月上旬には30g以上施用した区でも葉縁部から褐色の斑点が発現し(図5), 樹の伸長は停止した。生育の停止した新梢の先端葉には鉄の欠乏症が認められた(図6)。

鉄欠乏症が認められた区の第5～7節葉の鉄含

Table 12. Chemical properties of the soil by pot culture test.

Treatment	pH (H ₂ O)	Total-Mn (ppm)	Exchangeable Mn (ppm)	Easy reducible Mn (ppm)
	0	150	2.8	16.9
	2	200	16.8	47.5
	4	275	56.3	135.0
MnSO ₄ (g/pot)	8	313	80.0	170.0
	12	—	73.8	170.0
	24	413	111.3	275.0
	48	500	156.3	362.5

量は37.8~49.5ppmで、第1~3節の下位葉の鉄含量は28.0~35.9ppmであった。またマンガン過剰症の発現した区の果房は小さく、果粒に黒褐色の斑点が発現し、全体に着色がやや早まる傾向が認められた。

考 察

一般土壌の全マンガン量⁽⁸⁾⁽¹¹⁾に比べると、有機物含量の少ない砂丘地土壌では熱硝酸可溶のマンガン量は200ppmで全マンガン量そのものが少ない。

この全マンガンの有効性を左右する要因の主なものは土壌反応、土壌水分、地温、有機物含量、微生物作用などである。この中でも特に土壌反応はマンガンの有効性に強く作用することが前項までの試験結果によって認められた。

したがって、土壌反応が中性からアルカリ性に傾いた土壌では酸性質肥料や硫黄華などの施用によって土壌反応を矯正し、有効態のマンガン量を増加させる必要がある。

本試験で硫黄華をa当り2kg、2ヶ年にわたって施用した結果、初年度の塩化カリ浸出による土壌pHは低下したが、水浸出のpHは両年とも低下

せず、交換性マンガン量の増加も認められなかった。

硫黄華の施用による土壌反応の低下速度は土壌水分の多少と関係する⁽²³⁾⁽²⁶⁾が、本試験では二年間という短期間であったことと、表層施用を行ったために下層土への硫黄華の効果がおよばなかったものと思われる。しかし硫黄華施用区では2年目に葉中マンガン含量が対照区に比べて若干増加したのが認められた。

石灰施用区では施用2年後に土壌pHが高まり、交換性カルシウム量も増加したが、交換性マンガン量の減少は認められず、葉中のカルシウム・マンガン含量にも変化は認められなかった。

一方、硫酸マンガンを2ヶ年にわたってa当り1kgずつ施用した区では初年度より、土壌中の交換性マンガン量は増加し、次年度には対照区土壌の3.5ppmに対して5.5ppmにまで増加した。

尾形⁽¹⁾はミカンにマンガンの欠乏を発生させない土壌中の交換性マンガン量は10ppm以上であるとし、塩谷ら⁽¹⁵⁾は畑土壌での交換性マンガン量は3ppm以上、70℃保温浸出時の交換性マンガン量は5ppm以上で欠乏軽微であるとしていることからすると、砂丘地土壌に硫酸マンガンをa当り1kgずつ2ヶ年施用した場合の交換性マンガン量は

5.5ppmにまで増加したので、この量は砂丘地土壤ではほぼ十分な量と考えることができる。このことは葉中のマンガン含量の増加によっても認められるところである。

硫酸マンガンの土壤施用は硫黄華施用と異なり施用後の土壤混和を特に必要とせず、土壤反応を不用意に低下させることも少なく、短期間にしかも少量の硫酸マンガンの施用で樹体内のマンガン含量の増加が計れるので、マンガン塩の土壤施用はマンガン欠乏土壤の改良法としては最も実際的であると考えられる。

ところで、マンガン塩の土壤施用効果の高いことが認められると、施用量は多くなりがちで、マンガンの過剰害を招く危険性が考えられる。

一般に酸性土壤に生育する植物はマンガンの体内含量が高く、マンガンに対する耐性も強い傾向がある。大沢ら⁽¹²⁾はそ菜について、マンガン耐性の強い種類ほど収量半減に対応する葉中マンガン含量の高いことを認めている。

耐酸性植物である茶樹の葉中マンガン含量は、1,000~3,000ppmであるが、マンガンの過剰害の発生するときの葉中マンガン含量は7,000ppmである⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾。

またTANAKAら⁽²⁷⁾の報告では水稻の場合、マンガン過剰症の発生限界値は4,000~8,000ppmの範囲であるとされる。

一方、耐酸性の小さいミカンの場合では、異常落葉樹の葉中マンガン含量は平均200ppm⁽⁶⁾⁽⁷⁾であり、リンゴ粗皮病発生樹の葉中マンガン含量はデリシャスで179~860ppm、平均560ppmである⁽⁹⁾。

ところがブドウの好適土壤pHは比較的高く⁽⁵⁾、マンガンに対する耐性は小さいものと考えられるが、本試験の結果によればテラウエアブドウの場合、マンガン過剰症発生の葉中マンガン含量の限

界値は900ppm前後であると推定される。

またマンガン過剰害の発生したポット土壤のマンガンは交換性マンガンは100ppm以上、易還元性マンガンは250ppm以上であった。これは粗皮病の発生したリンゴ園土壤の交換性マンガンを15.9ppm、易還元性マンガンを266ppmであったという報告⁽¹⁾やMORITAら⁽⁶⁾のミカン異常落葉園の交換性マンガンと易還元性マンガン量が43.0ppm、346ppmという結果とほぼ一致した。

ただ本試験での交換性マンガン量は70℃で保温浸出して測定したため若干高い値になったと思われる。

以上の結果より、砂丘地ブドウ園土壤においてマンガン不足を起させないためには 1)土壤pHが6.5以上にならないようにする、2)マンガン塩の土壤施用によって土壤中の交換性マンガン量を高めることが必要であると考えられた。この場合の土壤中の交換性マンガン量は水抽出マンガンを5.0ppm以上を目標にし、100ppmを越えない範囲でマンガン塩を施用すべきであると考えられた。

摘 要

1) ジベレリン処理テラウエアブドウのゴマシオ型着色障害は石灰の施用が多く、土壤pHの高いハウスブドウ園で発生が多かった。

土壤pHと葉中マンガン含量との間には負の相関が認められ、着色障害は葉中マンガン含量が、100ppm以下で、土壤pHが6.5以上の場合に発生した。

着色障害発生園の葉柄中マンガン含量は50ppm以下、新梢中のマンガン含量は30ppm以下であった。

2) ハウス栽培の葉中窒素、カルシウム、マグネシウム含量は露地栽培のものに比べて高く、マン

ガン含量は逆に低かった。またハウス栽培の土壤 pH、水溶性リン酸、交換性マグネシウムおよび交換性カリウム量は露地の土壤に比べて高く、易還元性マンガンや可給態鉄量は露地栽培土壤が高かった。

3) 砂丘地土壤では硫酸の添加量が多くなるに従って土壤 pH は低下し、土壤の有効態マンガン量は増加した。砂丘地土壤にマンガン塩を添加した場合、1ヶ月後のマンガンの土壤への固定率は室温浸出条件下では60.2%であった。また軽度の還元による土壤中のマンガンの可溶化率は全マンガン量に対して10.8%であった。

4) 圃場試験においてマンガン塩を土壤施用した結果、土壤中の有効態マンガン量や葉中のマンガン含量は急増した。

マンガン塩の多量施用によって、マンガンの過剰症が発生した。その時の土壤中の交換性マンガンは100ppm以上(70℃保温浸出条件)であり、易還元性マンガンは250ppm以上であった。また葉中マンガン含量の上限値は900ppm以上と推定された。

以上の試験結果から、砂丘地ハウスブドウのゴマシオ型の着色障害を防止するための有効で根本的な方法は土壤の pH を微酸性に保ち、マンガン塩の土壤施用を行うことによって樹体内のマンガン含量を高めることにあると結論される。

謝 辞

本研究の実施に当って、砂丘地農試果樹科職員ならびに羽咋農業改良普及所技師・嶋雅康氏(元砂丘地農試技師)には多大の協力を受けた。また関係農業改良普及所果樹担当普及員、および農家各位には実態調査に心よく協力をいただいた。ここに心より感謝の意を表する次第である。

また本稿を草するに当り、鳥取大学農学部助教授・田辺賢二博士には様々の助言をいただいた。なお本研究の一部は農林水産省の総合助成を受けた。記して感謝申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 青木二郎・奥瀬一郎. 1964. リンゴ粗皮病に関する研究(第5報)土壤条件と発病の関係. 園学雑, 33: 181-194.
- 2) 細田克己・高田秀夫. 1953. 砂質土壤の満欠に就いて. 土肥誌, 24: 10-14.
- 3) 前田正男. 1973. 原色作物の要素欠乏・過剰症—診断と対策—. 209. 農文協. 東京.
- 4) 窪田友幸・佐藤俊彦・小沢俊治・雨宮毅. 1972. ジベレリン処理デラウェアの着色障害防止に関する試験. 山梨果試研報, 3: 25-38.
- 5) 小林章. 1970. ブドウ園芸, 193-195. 養賢堂. 東京.
- 6) MORITA, S and AOKI, A. Abnormal defoliation of citrus in relation to the chemical compositions of soil and plant. 9th international congress of soil science transaction. vol 11: 375-385.
- 7) MORITA, S., AOKI, A and YONEBAYASHI, K. 1971. Soil-plant relationship of manganese in abnormal defoliation of citrus. proc. int. symp. soil fert. evaln., New Delhi. 1. 1007-1016.
- 8) 長井晃四郎. 1965. リンゴ粗皮病の問題点(2)特にマンガン過剰に起因するものについて. 農及園, 40: 1497-1500.
- 9) 長井晃四郎・一木茂・泉谷文足・清藤盛正・桜田哲・鎌田長一. 1965. リンゴ枝幹皮部の栄

- 養障害に関する研究(第1報) マンガン過剰に基づく粗皮病の発生について, 園学雑, 34: 265~271.
- 10) 尾形亮輔, 1962, カンキツにおけるマンガン欠乏に関する研究(第1報) 欠乏症状・葉分析およびマンガン剤の施用について, 園学雑, 31: 337-346.
- 11) 尾形亮輔, 1967, カンキツにおけるマンガン欠乏に関する研究(第3報) 土壌ならびに樹の状態に関する調査, 園学雑, 36: 55-62.
- 12) 大沢孝也・池田英男, 1977, そ菜の重金属過剰障害に関する研究(第6報) 水耕培養液中のカリ, カルシウム濃度がそ菜のマンガン過剰障害に及ぼす影響, 園学雑, 46: 181-188.
- 13) 沢田真之輔・石倉一憲・山根忠昭, 1982, 砂質ハウスブドウ園の土壌塩基の動態, 砂丘研究, 29(1), 1-6.
- 14) 清水武・平野隆生・段正幸・奥田義二, 1980, ブドウ(デラウェア)のマンガン欠乏について, 大阪農技セ研報, 17: 59-66.
- 15) 塩谷惣次・小林茂久平・角田三郎・船戸忠寿・只木正之, 1959, 微量要素・特殊成分欠乏に関する連絡試験, 畑作物のマンガン及び鉄欠乏に関する研究, 群馬農試研報, 2, 1-73.
- 16) 橘昌司・位田藤久太郎, 1976, 被覆栽培における肥培の研究(第3報) そ菜の塩類高濃度障害について, 園学雑, 45: 43-49.
- 17) 高橋国昭・沢田真之輔, 1978, ジベレリン処理デラウェアの着色障害防止技術〔1〕, 農及園 53: 1383-1386.
- 18) 高橋国昭・沢田真之輔, 1978, ジベレリン処理デラウェアの着色障害防止技術〔2〕, 農及園 53: 1499-1504.
- 19) 高柳博次・石垣幸二, 1976, 茶樹の生育に対するマンガン施用の影響(続報) 茶業技術研究 51: 37-42.
- 20) 高柳博次, 1976, 茶樹のマンガン吸収に対するEDTAの影響と茶園土壌のマンガン溶出について, 茶業技術研究, 51: 44-52.
- 21) 竹下修・倉中将光・沢田真之輔・村上英行, 1975, 島根県海岸砂地土壌地帯におけるデラウェアブドウの栄養診断に関する研究(第3報) 生育・果実品質・葉内無機成分および土壌特性相互間の相関関係について, 島根農試研報, 13: 93-110.
- 22) 竹下修・沢田真之輔・高橋国昭・村上英行・多久田達雄・梅野利雄・上野良一・石井卓爾・河野良洋, 1977, ジベレリン処理デラウェアブドウの着色障害に関する研究(予報), 島根農試研報, 14: 29-38.
- 23) 竹下修・沢田真之輔・高橋国昭・村上英行・多久田達雄・梅野利雄・上野良一・石井卓爾・河野良洋, 1984, ジベレリン処理デラウェアの着色障害に関する研究—主として混在型障害の発生原因と防止対策について—, 島根農試研報, 19: 1-71.
- 24) 田中謙, 1974, リンゴのマンガン欠乏に関する研究(第1報) 症状および樹の状態, 土壌に関する調査, 長野園試報告, 11: 11-27.
- 25) 田中謙, 1974, リンゴのマンガン欠乏に関する研究(第2報) マンガンの施肥, 葉面散布のマンガン欠乏に対する効果, 長野園試報告, 11: 28-32.
- 26) 田中謙, 1974, リンゴのマンガン欠乏に関する研究(第3報) 土壌状態の相異とマンガンの動態, 長野園試報告, 11: 33-41.
- 27) TANAKA, A and NAVASERO, A, S., 1966, Manganese content of the rice plant under

water culture conditions. *Soil Science and plant nutrition*. 12(2) : 21-26.

28) 山崎伝, 1967. 微量元素と多量要素—土壤・作物の診断・対策—. 235 : 博反社, 東京.



Fig. 4. Manganese excess symptom of grapevine leaves. (June 30, 1978)



Fig. 5. Manganese excess symptom of grapevine leaves. (July 28, 1979)



Fig. 6. Iron deficiency of grapevine leaves induced by the heavy dressing of manganese. (July 28, 1979)