

奈良県における硫酸カルシウム集積土壌の分布とその特性

宗林 正・西田一平・平岡美紀・木村 桐・瀬崎滋雄*

Distributions and Several Properties of Calcium Sulphate
Accumulated Soil in Nara Prefecture.Tadashi Sorin, Ippei Nishida, Miki Hiraoka,
Hisa Kimura and Shigeo Sezaki

Summary

Distribution and several properties of calcium sulphate accumulated soils were investigated for soil management guide.

Interrelation between electric conductivity and nitrate-N of soil exudate were not appreciated in many culturing systems. Electric conductivity of soil exudate sometimes showed higher interrelation with sulphate rather than nitrate. Sulphate accumulation were especially found in spinach cultured soil as followed by forcing or semiforcing type fruit vegetable which were covered with vinile film almost whole year against the rain.

Accumulated sulphate were concluded as calcium sulphate by comparison of soluble patterns in soil column exudating method.

Spinach growth were suppressed by addition of calcium sulphate more than 50mg SO₄/100 g dry soil. Because suppressing patterns were similar to changes of solving quantity of calcium sulphate, osmotic pressure was thought the main factor of these phenomena. However, water-soluble oxalate and total sulphur were increased above solubing balance point, another factor were also expected for these stresses. Remove of calcium sulphate is thought too hard to get a normal growth of spinach in high accumulated fields. A countermeasure should now be prepared.

Key words : salt accumulation, calcium sulphate, electric conductivity, salt injury, sulphate uptake

緒 言

材料及び方法

著者らは先に、奈良県内で低硝酸含有量にも関わらず土壌浸出液が高い電気伝導度を示す施設栽培土壌について、硫酸カルシウムの集積がその原因であると推定されることを報告した⁹⁾。近年、土壌浸出液の電気伝導度が硫酸根により上昇している例が報告され^{1, 10, 11)}、このような状況は全国的なものと考えられる。そこで、このような土壌での管理指針作成のために調査を行い、県内での硫酸塩集積土壌が特異的に多く認められる作型、および集積土壌の特性について若干の知見を得たので報告する。

1. 硫酸塩集積土壌の分布の確認

県下の代表的な施設あるいは簡易施設栽培地帯である天理市の促成イチゴー半促成トマト栽培圃場19地点、桜井市および磯城郡田原本町、三宅町の促成トマトーホウレンソウ栽培圃場13地点、促成イチゴー半促成トマト栽培圃場19地点、宇陀郡御杖村および曾爾村の雨除けホウレンソウ及びトマト栽培圃場73地点、北葛城郡広陵町の半促成ナスーホウレンソウ栽培圃場1地点、さらに先に報告した⁹⁾磯城郡川西町の促成トマトーホウレンソウ栽培圃場14地点を加えた合計139地点の土壌を1989年から

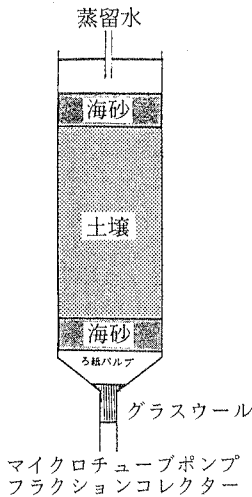
本研究の一部は土壤保全対策事業・土壤環境基準設定調査「施設栽培土壌における集積塩類の陰イオン調査」(平成元年~2年)で行った。

*現在、県園芸農産課

1992年にかけて採土し、風乾調整後分析に供した。いずれも、水田輪換畑で、奈良盆地内土壌は細粒および中粗粒の灰色低地土、御杖村および曾爾村では、細粒、中粗粒、礫質の灰色低地土および褐色低地土であった。土壌浸出液の電気伝導度は土壌：水比1：5浸出液について測定し、水溶性塩類は1：5浸出液をろ過し、陽イオンは原子吸光度計、陰イオンはイオンクロマトグラフィーで測定した。

2. 硫酸カルシウム集積土壌の特性

土壌における硫酸根および随伴塩基の確認のため、最も硫酸根含有量の高い川西町No.1土壌、高いECを示すが硫酸根の集積の少ない天理No.14土壌、及び川西町No.1の近傍で水稲単作水田の土壌（中粗粒灰色低地土、加茂統）の3土壌についてはそれぞれ乾土50gを第1図に示



第1図 カラム模式図

Fig 1. Setup of soil column.

第1表 土壌浸出液のECと各陰イオンの関係(平均)

Table 1. Relationship between electro-conductivity and anion in soil exudate.

場 所	EC (mS/cm)	水溶性 (me/100 g D.S.)			
		Cl	NO ₃	PO ₄	SO ₄
御杖・曾爾	0.306	0.079	0.495	0.210	0.249
		0.798**	0.690**	0.052	0.769**
天 理	0.405	0.157	0.101	0.207	0.852
		0.712**	0.875**	-0.107	0.851**
桜井・磯城	0.392	0.124	0.243	0.033	0.992
		0.714**	0.717**	0.248	0.961**
川 西	1.374	0.387	0.586	0.068	5.252
		0.296	0.476	-0.3527	0.990**

下段は相関係数、**は1%水準で有意を示す。

したカラムに充填し、25ml/hr.となるように蒸留水で溶出、25mlを1分画として、溶出液のpH、EC、陽イオン、陰イオンの消長について比較した。分析は前項と同様に行った。さらに、前報⁹⁾で推測された硫酸カルシウムの存在を確認するため、溶出液600mlまでの硫酸根溶出総量を全可溶性硫酸と見なし、天理・柳本No.14土壌に、その酸根溶出総量と川西No.1土壌の溶出総量との差に等しい硫酸根を硫酸カルシウムで添加し、その溶出パターンを検討した。

同様に上記の天理、川西、川西水稲単作の各土壌に対して、バッチ法による連続振とう抽出を行った。すなわち、乾土5gに対して蒸留水25mlを添加、30分振とう後、10,000rpm、15分遠心分離を行い、上澄液を採取し、さらに土壌内に残存した水分を考慮し、常に乾土5gに対して水25mlとなるように浸出比率を定め、連続5回行った。分析・測定は前記と同様に行った。

また、硫酸カルシウムの作物への影響を見るため、農業試験場場内の水田（中粗粒質灰色低地土、清武統）から採取した土壌に硫酸カルシウムを硫酸根で100g乾土当たり0, 10, 50, 100, 500, 1000mgとなるように添加、調整し、ハウレンソウ（品種トライ）をノイパウエルポットで栽培した。施肥は硝酸アンモニウム、硝酸カリウム、リン酸1カリウム、リン酸2カリウム（いずれも試薬特級）を用い100g乾土当たり、N：P₂O₅：K₂O=10：10：10(mg)となるように行った。10月5日に播種し、11月10日に収穫、調査し、水溶性の無機塩類、シュウ酸、および全硫黄、カルシウムを測定した。全硫黄の測定は河野らの方法⁹⁾に準拠した。

結 果

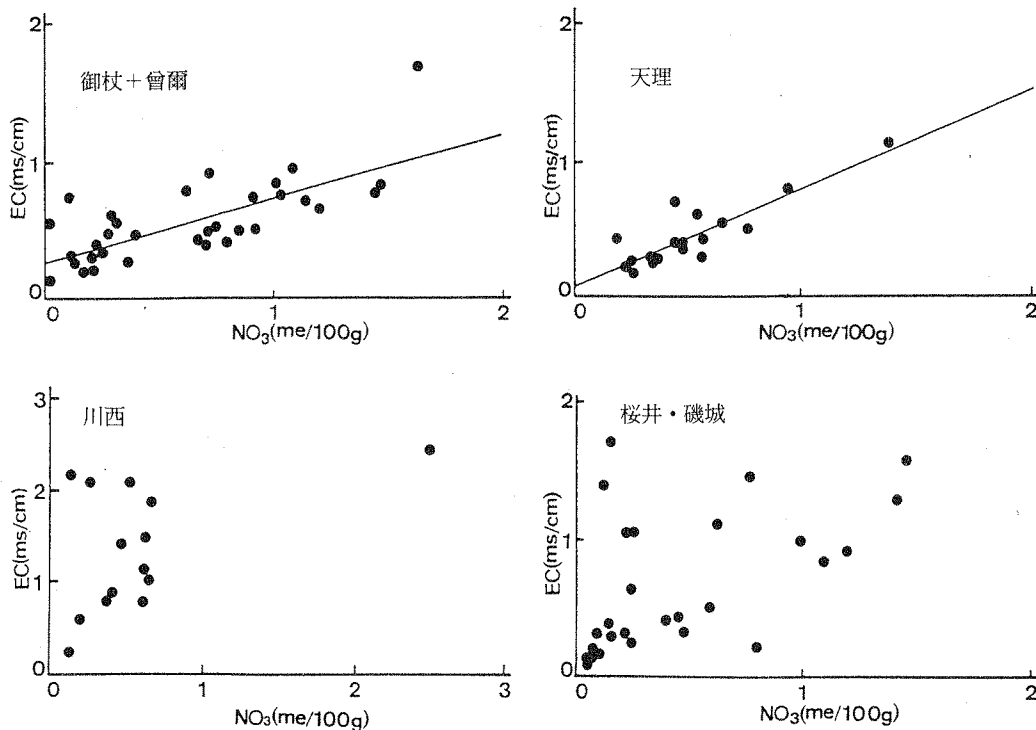
1. 硫酸塩集積土壌の分布の確認

ECと硝酸態素含量との相関は御杖・曾爾、天理では

高く、川西、桜井・磯城地区では全体として低かった。しかし、桜井・磯城地区では作付体系によって異なり、促成イチゴー半促成トマトで高く、他の3地区とほぼ同様の回帰式を示したのに対して促成トマトーハウレンソウの体系では低かった(第2図)。水溶性の陰イオンでは、相関の低い地区及び作付体系では硫酸イオンが高く、ECとの相関も高かった(第1表)。

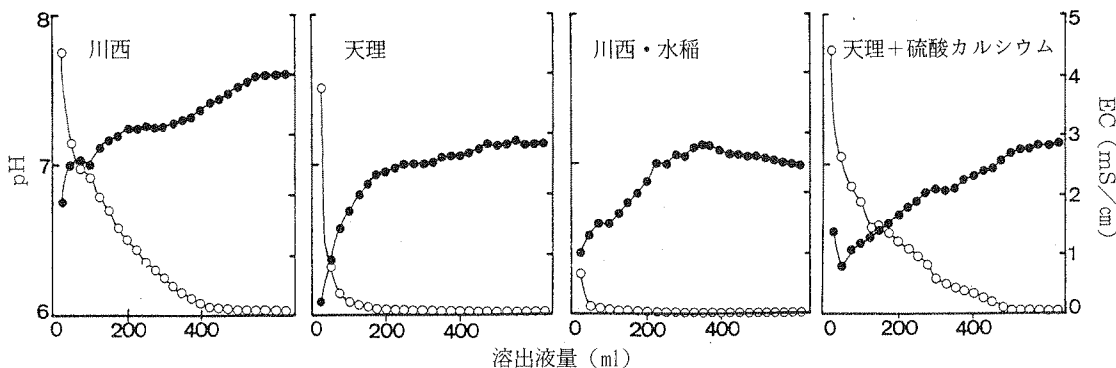
2. カラム溶出法による溶出イオンのパターンの検討

硫酸根の高かった川西土壌では、塩素、硝酸、カリウム、ナトリウム、マグネシウムイオンが速やかに消失したのに対し、EC、硫酸及びカルシウムイオンは約400ml付近まで緩やかな減少を示した。リン酸は当初、緩やかに増加する傾向を示し、600ml付近から減少した(第3、4、5図)。同じく、土壌浸出液のECは高い値を示すも



第2図 土壌浸出液のECと硝酸態窒素の関係

Fig. 2. Relationship between EC and nitrate-N of soil exudate.



第3図 カラム溶出法によるpHとECの変化(●pH ○EC)

Fig. 3. Changes of pH and EC of soil exudate by column exuding method. (●pH ○EC)

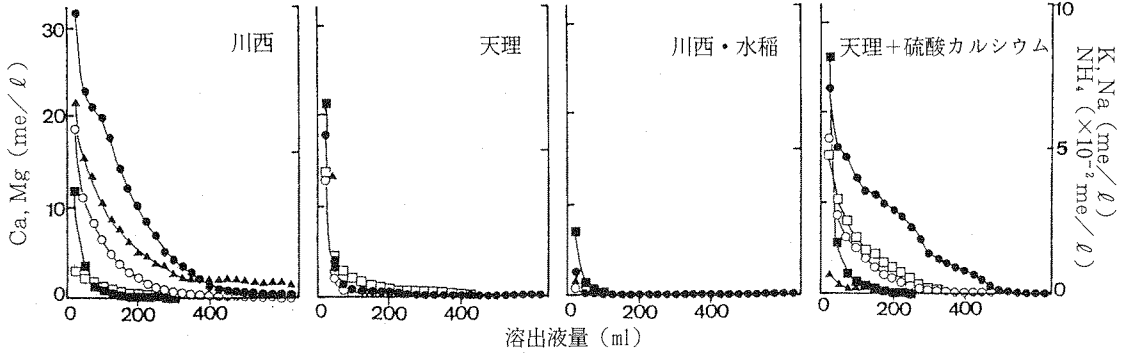
の硫酸塩の集積の少ない天理・柳本土壌では、EC及び
 びリン酸塩を除く各アニオンは速やかな減少を示した。
 リン酸は当初増加し、200ml付近から減少した(第3、4、
 5図)。また、水稻連作圃場では、水溶性イオンの溶出
 量そのものが著しく少なかった(第3、4、5図)。

天理・柳本の硫酸カルシウム添加土壤では、EC各陽

イオン、陰イオンの減少は、川西土壤ときわめて類似し
 た様相を示した(第3、4、5図)。

3. バッチ法による溶出イオンのパターンの検討

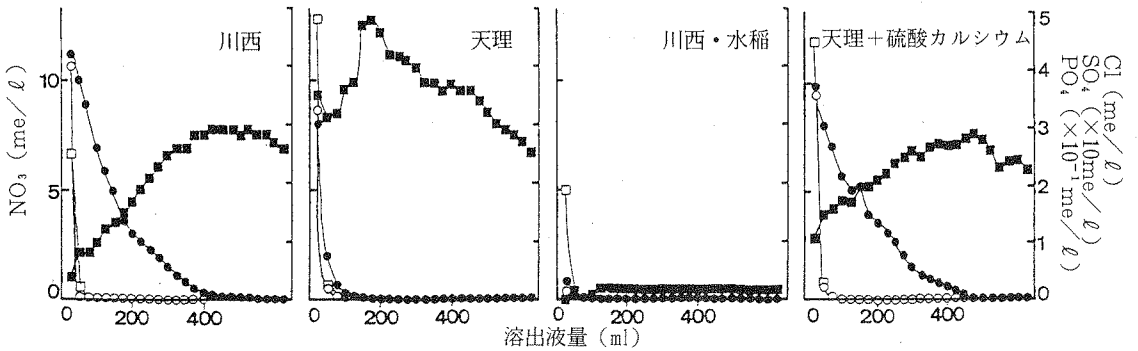
いずれもカラム溶出法による結果と同様の傾向を示し
 た(第6図)。川西土壤で最も高い値を示し、第1回目



第4図 カラム溶出法による陽イオンの変化(●Ca ○Mg ▲Na △K ■NH₄)

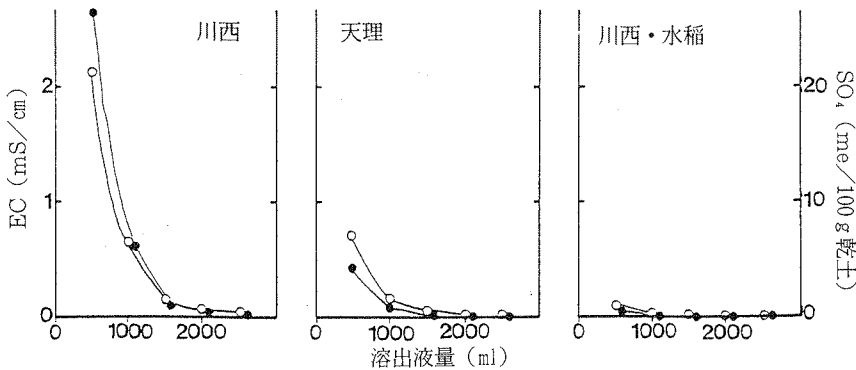
Fig.4. Changes of cations of soil exudate by column exudating method.

(●Ca ○Mg ▲Na △K ■NH₄)



第5図 カラム溶出法による陰イオンの変化(●SO₄ ○NO₃ ■PO₄ □Cl)

Fig.5. Changes of anions of soil exudate by column exudating method. (●SO₄ ○NO₃ ■PO₄ □Cl)



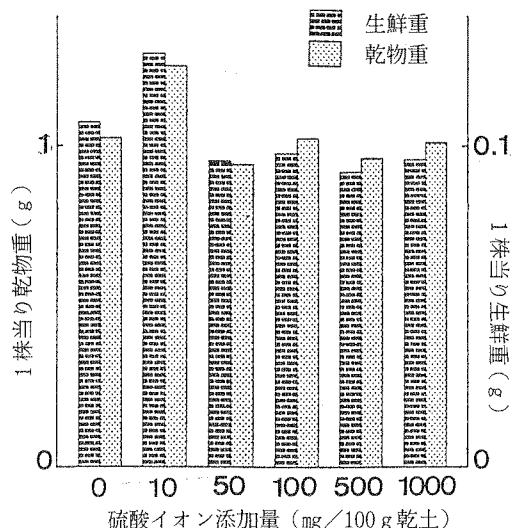
第6図 バッチ法によるECと硫酸塩の変化

Fig.6. Changes of EC and sulphate in soil exudate by batch method.

の溶出液はEC2.14(mS/cm)、硫酸根(26.5me/l)を示したが、第2回目にはEC0.64、硫酸根6.28、第3回目にはEC0.15、硫酸根0.91であった。天理土壌ではそれより低く、第1回目にはEC0.71、硫酸根4.50、第2回目にはEC0.16、硫酸根0.77であった。川西水稲土壌では第1回目で既にEC0.11、硫酸根0.39ときわめて低い値を示した。

4. 硫酸カルシウムの添加によるホウレンソウの生育

ホウレンソウの生育は硫酸根10mg/100g乾土に相当する硫酸カルシウムの添加で最大となり、それ以上では明らかに阻害され、硫酸根無添加(対照)に対して、生鮮重、乾物重とも約5%減少した(第7図)。



第7図 ホウレンソウの生育に及ぼす硫酸カルシウムの影響

Fig. 7. Effect of calcium sulphate on spinach growth.

ホウレンソウ中の水溶性成分は、硫酸カルシウム添加量の増加によりリン酸、硫酸、シュウ酸は高まる傾向を示したが、その他の成分では明瞭な傾向を認めなかった(第2表)。

全硫黄は添加量に応じて増加する傾向を示し、1000mg添加では447.5ppmにまで上昇した。全硫黄に対する硫酸態硫黄の比率は添加量が増すにつれ低下し、10mg添加では0.571であったが、1000mg添加では0.251であった。また、全カルシウムは50mg添加で43.1ppmと最高値を示し、それ以上の添加で減少する傾向を示した。

考 察

本調査においては、全体的に硫酸根の集積が顕著であり、いわゆるECと硝酸態窒素の関係には明瞭な傾向を持たない地区や、作付体系が認められる。施設栽培土壌中で硫酸塩の集積が起きることは、早くから報告されており^{13,14)}、また、土壌浸出液の電気伝導度の測定による硝酸態窒素の簡易測定法が確立された時^{3,4)}、既に硫酸塩の高い土壌では適用が困難であることも指摘されている⁸⁾。しかしながら近年、硫酸塩集積あるいは電気伝導度測定による硝酸態窒素推定の困難さの報告が増えつつあることは、かつては比較的稀であった硫酸塩集積が一部の施設栽培土壌において一般化しつつあることを示している。従って簡易硝酸イオンメーター等の普及による土壌診断手法の適正化はもちろんであるが、同時にこのような土壌における管理指針を立てることも急務であると考えられる。

この硫酸根の土壌中における存在形態は、岡島らによって、施肥由来の硫酸根は硫酸カルシウムを生成、沈澱する可能性が報告されている^{2,7)}。荒川らは浸出比率を変えることにより電気伝導度に一定の傾向が認められないことから、硫酸カルシウムであると推定している¹⁾。

第2表 ホウレンソウの無機成分(ppm/Fresh weight)

Table 2. Mineral components of spinach (ppm/Fresh weight).

硫酸イオン添加物 (SO ₄ mg/100g乾土)	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO ₃	PO ₄	SO ₄	シュウ酸	T-S	T-Ca	SO ₄ -S
				水	溶	性				全	全	/T-S
0	17.1	732.8	7855	122.8	443.3	4701	983	281.2	9768	297.0	20.6	0.316
10	16.6	911.5	8495	109.7	392.3	5212	965	255.2	10227	148.9	29.8	0.571
50	13.6	841.6	8067	118.0	447.8	4968	974	307.1	10117	269.0	43.1	0.381
100	12.3	819.8	8171	106.6	490.0	5063	1206	315.8	10332	330.0	21.1	0.319
500	11.8	902.5	9020	94.0	451.2	5483	1251	354.7	10838	391.3	20.8	0.302
1000	16.6	989.5	8914	141.8	480.5	5258	1295	337.3	10928	447.5	20.2	0.251

かにする必要があるとともに、硫酸塩の効率的な除去法あるいは集積させない輪作体系等の確立が急がれる。

摘 要

硫酸カルシウム集積土壌での土壌管理指針作成のため、集積土壌の分布、土壌の特性について検討した。

1. ECと硝酸態窒素との間には、地域、作付体系により明瞭な関係が認められるものとそうでないものがあるが、全地域で硫酸根との関係は強かった。
2. 硫酸塩の集積は促成または半促成の果菜類+ホウレンソウのほぼ通年ビニール被覆される作型で多かった。
3. 集積硫酸はカラム溶出法による、溶出パターンと比較から、カルシウム塩と考えられた。
4. 硫酸カルシウムによる生育阻害は SO_4 50mg/100g乾土以上で認められ、硫酸カルシウムの溶解量の変化と一致し、浸透圧による阻害であると考えられた。しかしながら、溶解平衡点以上でも硫黄含有率は増加し、さらに水溶性シュウ酸の増加が認められることから、連続的にストレスを受けている可能性が考えられた。
5. 高集積土壌での、生育阻害点以下への水による除塩には、カラム溶出法およびバッチ法から土壌の約5倍量の水が必要であり、現実的には困難だと考えられ、効率的な土壌管理法の確立が望まれる。

引用文献

1. 荒垣憲一・藤井弘志・中西政則, 1986. 野菜ハウス畑における土壌化学性の実態と問題点, 山形農試研報21: 45-62.
2. 今井弘樹・岡島秀夫, 1980. 土壌の養分保持能に関する研究(第2報), 養分保持におけるアニオン吸着と石膏生成の意義, 土肥誌, 51: 98-101.
3. 河森 武・山田金一, 1971. 電気伝導度計の利用によるそ菜の施肥設計, 農及園 46: 771-774.
4. 関東ハウス土壌研究グループ, 1966. ハウス土壌の塩類濃度測定法, 農及園 41: 61-63.
5. 越野正義, 1987. 硫酸, 農業技術体系土壌肥料編, IV, 農文協, pp1127-1130.
6. 河野憲治・尾形昭逸・小林省吾, 1987. 草類の硫黄欠乏症発現と植物体の硫黄含有率および土壌の硫黄供給可能量との関連, 土肥誌, 58: 343-349.
7. 岡島秀夫・今井弘樹, 1976. 土壌養分供給能に関する研究(第4報), 畑苗代土壌溶液のイオン組成と濃度, 土肥誌, 47: 256-262.
8. 佐藤吉之助・錦古里孝夫, 1966. ハウス栽培における合理的施肥法, 農及園 41: 483-486.
9. 宗林 正・瀬崎滋雄・島 康博・田中康隆, 1990. 施設栽培における硫酸塩高集積土壌の実態, 奈良農試研報21: 34-37.
10. 相馬 暁, 1986. 養分蓄積に伴う土壌化学性の変化, 北海道における野菜畑土壌の現状と各種野菜の特性に対応した肥培管理法, 北海道農試研報56: 21-37.
11. 瀧 勝俊・沖野英男, 1990. 県内トマト栽培施設における塩類集積の実態と硝酸態窒素の簡易測定法の検討, 愛知農試研報22: 285-293.
12. 瀧 勝俊・山田良三・沖野英男, 1989. 土壌中における肥料成分の挙動(第1報), 陰イオン陽イオンの移動性, 愛知農試研報21: 263-272.
13. 柳井利夫, 1978. ハウス土壌の湛水処理が土壌に集積した物質の変化に及ぼす影響について, 高知農試研報10: 29-36.
14. 米田茂男・河内知道, 1958. 葡萄硝子室の土壌中における肥料塩類の異常集積について, 農及園 33: 959-960.