

施設栽培における硫酸塩高集積土壌の実態

宗林 正・瀬崎滋雄・島 康博*・田中康隆

Actual Condition of Sulfate High Accumulation
Soils in Vinylhouse

Tadashi SORIN, Shigeo SEZAKI, Yasuhiro SHIMA*, and Yasutaka TANAKA

Key words: Salt accumulation, calcium sulfate, Electric conductivity.

施設を利用した野菜栽培の発達は、従来、塩類流亡型であった耕地土壌を、その集約性の高さ、溶脱量の少なさから塩類集積型へと変えた。その集積塩類の過剰による生育障害回避のための、土壌診断技術として、現在、最も活用されているのが、土壌浸出液の電気伝導度測定法^{1, 2)}である。そして、この電気伝導度測定法は、嶋田らによる土壌溶液論の展開³⁾以来、土壌中の水溶性成分に関する研究の進展によって、硝酸態窒素の簡易推定法^{4, 5)}としても発展してきた。

この方法は、土壌浸出液中の陰イオンが主に硝酸イオンである、との仮定に基づくものである。しかしながら、最近、県下の施設栽培圃場では電気伝導度の値が高いにもかかわらず、硝酸態窒素をほとんど認めない土壌が相次いで出現している。このため普及現場からは、従来の伝導度測定による施肥指導に混乱が生じている他、塩類濃度障害の防止対策としての灌水除塩の効果が低いなどの報告が寄せられている。

その原因解明の一環として、現地実態調査を行ったので、その概要を報告する。

調査方法 調査対象圃場は磯城郡川西町の促成トマト栽培圃場 14ヶ所で、概ね中粗粒灰色低地土からなる水田転換畑である。分析用土壌は 1988 年 11 月に採取し、風乾細土に調整後、土壌酸度 (以下 pH)、電気伝導度 (以下 EC)、交換性塩基、塩基交換容量、可給態リン酸は常法⁶⁾により分析した。水溶性無機成分は 1:5 水浸出液について陰イオンは Dionex 社製 QIC-2 型イオンクロマトグラフィーで測定し、うちリン酸は浸出液中

の濃度が低いため、さらに硫酸・モリブデン法⁶⁾で検討した。また陽イオンは原子吸光光度法で測定した。

調査結果および考察 調査対象圃場の作付体系は、現在では促成トマト・ハウレンソウ (1~2 作) が主体で、トマト作付年数は連続 4~28 年であった。年間施肥量は 10a 当り平均、窒素 40 kg、リン酸 31 kg、カリ 51 kg で、カリが多量施用される傾向にあった (第 1 表)。

使用肥料は緩効性の高度化成、あるいは有機質肥料が主体であるが、その他に、カリ肥料としては硫酸カリが使用されていた。石灰質肥料は土壌の pH が上昇傾向にあるため、最近ではほとんど施用されず、有機質資材としても、かつては牛ふん堆肥などが多く用いられていたが、調査時点での主体は、ほぼピートモスに置き換えられていた。

土壌分析の結果、pH は 5.2~7.6 の範囲で平均 6.6 と全体的には中性付近にあり、EC 値は 0.2~2.5 mS/cm の範囲で、平均 1.4 mS/cm と高い値を示した。また、交換性のカルシウムは乾土 100 g 当り 9.5~29.3 me (平均 18.1 me)、同じくマグネシウムは 1.5~7.6 me (平均 5.0 me)、可給態リン酸は 88~415 mg (平均 242 mg) といずれも高く、塩基交換容量は 100 g 乾土当り 13~20 me (平均 16.6 me) と中粗粒灰色低地土の転換畑としては高い値を示したものの、塩基飽和度は 87~220% (平均 144%) を示し、塩類集積の傾向が顕著であった。一方、通常集積され易い交換性のカリウムは 0.3~1.7 me (平均 0.9 me) と、その施用量の多さにも関わらず、他の塩基に比べて低い値を示した (第 2

*桜井農業改良普及所

- 1) 関東ハウス土壌研究グループ, 1966. 農及園 41:61-63. 2) 橋田茂和, 1966. 農業技術, 21:27-36. 3) 嶋田永生・武井昭夫, 1965. 愛知園試報, 3:49-65. 4) 佐藤吉之助・錦古里孝夫, 1966. 農及園, 41:483-486. 5) 河森武・山田金一, 1971. 同上, 46:771-774. 6) 農水省農産課編, 1979. 土壌水質及び作物体分析法.

第1表 耕種概要の例

Table 1. Examples of cultivation outline in several fields

圃場 番号	作付 年数	作付体系	年間施肥量 (kg/10a)			使用肥料
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(下線は硫酸根含有肥料)
1	28	トマトーハウレンソウ	29	21	44	<u>IB化成</u> 、 <u>魚粉</u> 、 <u>棉実粕</u> 、 <u>硫加</u>
2	10	トマトーキウリ	52	34	57	<u>IB化成</u> 、 <u>普通化成</u> 、 <u>棉実粕</u> 、 <u>硝安</u> 、 <u>硫加</u>
3	15	トマトーハウレンソウ	40	35	57	<u>IB化成</u> 、 <u>燐硝安カリ</u> 、 <u>棉実粕</u> 、 <u>硫加</u>
4	20	トマトーハウレンソウ	43	38	52	<u>被覆燐硝安カリ</u> 、 <u>普通化成</u> 、 <u>硫加</u>
5	4	トマトーハウレンソウ	48	37	50	<u>IB化成</u> 、 <u>普通化成</u> 、 <u>魚粉</u> 、 <u>棉実粕</u> 、 <u>硫加</u>
6	15	トマトーハウレンソウ	33	27	63	<u>IB化成</u> 、 <u>被覆燐硝安カリ</u> 、 <u>普通化成</u> 、 <u>棉実粕</u> 、 <u>硫加</u>
7	5	トマトーシュンギク	33	27	32	<u>被覆燐硝安カリ</u> 、 <u>有機配合</u> 、 <u>棉実粕</u> 、 <u>骨粉</u> 、 <u>硫加</u>

*被覆ビニールの更新は11月下旬から12月下旬に行われる。

*石灰質肥料等は pH の上昇が著しいため、最近数年間施用されていない。

*有機質資材はピートモスが主体である。

第2表 調査圃場の土壌化学性

Table 2. Chemical properties of soil samples

圃場番号	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	交換性 (me/100g)			CEC (me/100g)	塩基飽和度 %	石灰飽和度 %	可給態 P ₂ O ₅ (mg/100g)
			CaO	MgO	K ₂ O				
1	7.10	2.09	25.9	7.3	1.4	17.5	198	148	272.8
2	7.28	1.50	21.1	6.8	0.5	18.8	152	112	317.5
3	6.95	1.43	19.8	5.0	0.9	17.3	149	115	161.5
4	6.79	1.16	18.4	6.3	0.4	19.5	129	94	362.2
5	6.52	0.61	12.5	3.8	0.6	17.4	97	72	133.1
6	7.03	1.89	24.4	6.1	0.9	17.6	178	139	236.8
7	5.30	0.90	11.8	3.0	0.3	17.3	87	68	88.4
8	6.80	2.18	24.7	6.5	0.6	17.1	186	144	214.9
9	7.56	0.84	16.9	6.1	0.5	18.4	128	92	198.6
10	5.21	1.03	12.2	2.8	1.6	13.4	124	91	109.1
11	6.37	0.24	9.5	1.5	1.7	13.9	91	68	401.5
12	5.51	2.12	17.1	4.4	1.1	13.0	174	132	101.5
13	5.97	0.79	9.5	2.7	1.3	13.4	101	71	414.6
14	6.88	2.47	29.3	7.6	1.1	17.3	220	169	379.7

表)。

水溶性の陰イオンでは、硝酸イオンが乾土 100 g 当たり 0.13 ~ 2.51 me (硝酸態窒素に換算して平均 9 mg) と比較的少ないのに対して、硫酸根は 0.55~10.01me (平均 6.25 me) と極めて高い値を示し、全陰イオンに占

める割合も 62 ~ 95 % (平均 81 %) に達した。塩素イオンは硝酸とほぼ同水準であり、リン酸イオンは特に低かった。また、水溶性の塩基類ではカルシウムが最も多く 0.6 ~ 8.9 me (平均 4.4 me) を示し、水溶性の全塩基に占める割合も 58 ~ 78 % (平均 70 %) に達した。つ

いでマグネシウムが多く、カリウムは交換性の場合と同じく、他の塩基に比べて著しく低い値を示した(第3表)。

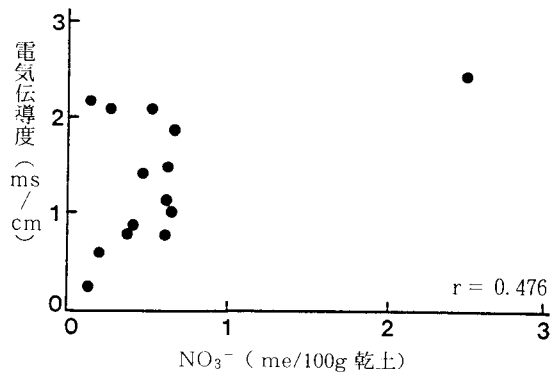
第3表 水溶性イオン (me/100g)

Table 3. Water-soluble salts in extracts (1 : 5)

圃場番号	水溶性 (me/100g)							Ca (me%)	SO ₄ (me%)
	Ca	Mg	K	Cl	NO ₃	PO ₄ *	SO ₄	全陽イオン	全陰イオン
1	7.7	2.2	0.12	0.77	0.27	0.05	9.0	76.8	89.2
2	3.8	1.9	0.10	0.30	0.63	0.05	5.4	66.0	84.7
3	4.8	1.8	0.04	0.18	0.48	0.06	6.0	72.0	89.3
4	3.0	1.8	0.05	0.62	0.62	0.06	4.0	62.3	75.4
5	1.5	0.8	0.09	0.22	0.20	0.04	2.6	64.1	85.0
6	6.6	2.1	0.05	0.36	0.68	0.04	7.1	75.8	86.9
7	2.9	1.0	0.07	0.24	0.42	0.02	3.7	72.2	84.5
8	7.9	2.2	0.14	0.34	0.34	0.04	8.9	77.3	94.5
9	1.5	1.0	0.07	0.96	0.38	0.04	2.2	57.9	61.8
10	3.1	1.1	0.17	0.11	0.65	0.12	3.7	70.9	80.8
11	0.6	0.2	0.09	0.02	0.13	0.17	0.6	66.3	62.9
12	7.7	2.1	0.13	0.32	0.53	0.11	8.3	77.6	89.7
13	2.0	1.0	0.23	0.38	0.62	0.13	2.2	61.9	66.0
14	8.9	2.3	0.21	0.58	2.51	0.06	10.0	78.2	76.1

EC値と各陰イオン含量の関係を見ると、硝酸イオンとの相関係数が0.48(5%水準で有意でない)と低いものに対して、硫酸根は0.99(0.1%水準で有意)と極めて高いことから、本調査における高EC値は、土壌中に集積した硫酸根によるものと考えられる(第1、2図)。

硫酸根は硫酸カリ(硫酸根55%含有)、硫酸安(硫酸根74%含有)等の化学肥料に含まれており、佐藤ら⁴⁾は硫酸根は施設栽培では集積され易いと述べている。硫酸根の土壌中における存在形態としては、土壌による吸着並びに硫酸カルシウム(石膏)の生成が知られており^{7, 8)}、生成された硫酸カルシウムの水への溶解度は0.298g/100g(無水塩、20℃)と低い⁹⁾、EC値の上昇の例も知られている¹⁰⁾。米田ら¹¹⁾は岡山県における温室



第1図 水溶性硝酸と電気伝導度の関係。

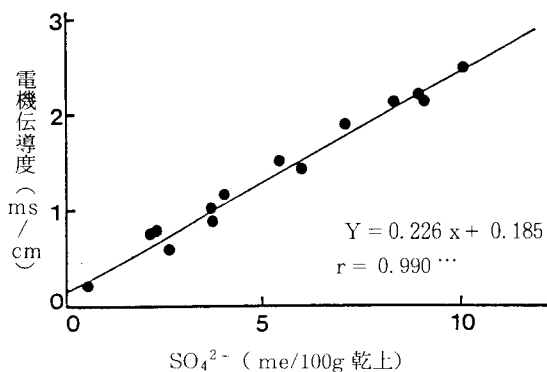
Fig 1. Relationship between electric conductivity of soil extracts and nitrate.

7) 岡島秀夫・今井弘樹. 1976. 土肥誌. **47**: 256-262. 8) 岡島秀夫・今井弘樹. 1976. 同上. **47**: 563-570. 9) 理化学辞典(第3版). 1971. 岩波書店. 10) 位田藤久太郎. 1981. 野菜の土壌生態・検定と肥培. pp86. 博友社. 11) 米田茂男・河内知道. 1958. 農及園. **33**: 959-960. 12) 川崎 弘. 1989. 農業技術. **44**: 409-414. 13) 市橋優子. 1984. URBAN KUBO-TA. **23**: 9-12. 14) 嶋田永生. 1967. 愛知園試報. **6**: 67-114. 15) 吉村修・伊藤 清・赤城禎二・木村 康・左手勝巳. 1972. 大阪農技セ研報. **9**: 87-98. 16) 大島信勝. 1973. 同上 **10**: 59-69. 17) 相馬 暁. 1986. 北海道農試報. **56**: 21-37.

ブドウの調査で、塩類濃度障害は硫酸カルシウムおよび硝酸カリウムの集積によるものであると報告している。本調査においても、水溶性カルシウムが乾土 100 g 当り平均 4.4 me と高く、硫酸根に比してやや低いものの溶

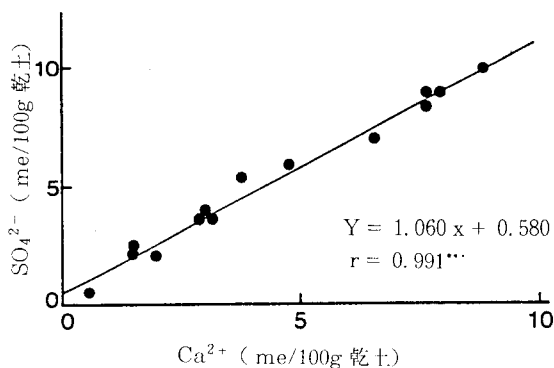
出量がほぼ等しく、かつ硫酸根との相関係数が 0.99(0.1%水準で有意) と極めて高いことから、その存在形態は主として硫酸カルシウムと推測される (第3図)。

また、硫酸根は肥料に由来するものだけでなく、地質



第2図 水溶性硫酸根と電気伝導度の関係。

Fig 2. Relationship between electric conductivity of soil extracts and water-soluble sulfate.



第3図 水溶性カルシウムと硫酸根の関係。

Fig 3. Relationship between water-soluble sulfate and calcium.

的にも海成粘土に含まれるパイライト態イオウの酸化による酸性土壌の存在がよく知られ、酸化の進行にともない硫酸を生成し、粘土鉱物を破壊することにより硫酸カルシウムを生成することも知られている^{12, 13)}。

一方、土壌中に存在する硫酸根の溶出は、ライシメーター試験できわめて緩慢であることを嶋田¹⁴⁾ は述べているが、本調査でも硫酸根の高集積圃場では、灌水除塩による EC 値の下降効果が極めて低く、ハウレンソウでは発芽障害の発生例が多い。

野菜の施設栽培土壌における、硫酸カルシウムの存在を確認または推定した報告は多いが^{15, 16, 17)}、本調査地区のように、転換畑土壌において高濃度の集積を集中して確認した例はほとんどない。この原因としては、土

壌の母材、灌漑水や地下水の水質など地質的な要因あるいは硫酸根を含む肥料、有機質資材の多用などが考えられるが、本地域では、特定作物の長期にわたる連作や、ビニールハウスの無被覆期間が11月中旬から12月下旬にかけての降雨量の少ない極短期間に限られるなど、作付体系の持つ影響も無視できない。

本調査地区を管轄する桜井普及所では、高 EC 圃場対策として、無機態窒素とともに硫酸根の確認に努めているが、今後早急に硫酸根の高集積のメカニズム、特に作付体系との関連とその集積の作物生育への影響を明らかにし、集積の防止並びに効率的除去技術を確立する必要がある。