

農業と科学

平成9年8月1日(毎月1日発行)第475号
昭和31年10月5日 第3種郵便物認可

〒112 東京都文京区後楽1-7-12林友ビル
発行所 チッソ旭肥料株式会社

編集兼発行人: 柴田 勝
定価: 1部70円

農業と科学

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO., LTD.

1997
8



コーティング肥料の環境負荷軽減効果について

新潟大学 農学部

教授 金野 隆 光

1 はじめに

現在、世界的な流れとして、農業生産が生産性と増産に主力が置かれていた農法から、環境保全という軸に重点を移した新たな農業のシステム、いわゆる「環境保全型農業」への道が探られるようになった。

わが国では、平成4年6月に発表された新政策(新しい食料・農業・農村政策の方向)の中で、環境保全型農業の確立を目指す政策を打ち出した。この環境保全型農業の基本的な概念を農作物の栽培技術の面からいえば、『有機物の土壌還元等による土づくりと合理的作付体系とを基礎として、化学肥料、農薬等の効率的利用によりこれら資材への依存を減らすこと等を通じて環境保全と生産性向上等との調和のもとに、幅広く実践が可能な農業』を目指すこととなった¹⁾。

この政策に基づいて、日本農業研究所は、平成4年度から平成8年度までの5カ年計画で、農林水産省からの補助事業として、低投入・高品質農業生産実験実証事業を実施した。この事業は「農業の生産性及び品質を維持しつつ従来の農法を転換し化学肥料や農薬の施用量を大幅に削減することによりこれら資材による環境への負荷の軽減と農業の持続的発展を可能とする新しい農法を確立

する」ことを目的とした。この事業の成果が報告書として本年3月にまとめられた^{2, 3)}。

報告書には、コーティング肥料による施肥削減と環境負荷軽減効果に関する内容が含まれている。本稿では、これらを整理して紹介する。

2 本事業で検討された施肥技術

本事業では、化学肥料の依存度を下げて、有機物施用による土づくりを基本とした施肥技術の検討が実施された。

窒素施肥技術のポイントは、過剰施肥を避けることによる環境負荷の低減、肥料の利用効率を高めることによる肥料削減、有機物による地力窒素の増強、土壌診断による窒素供給パターンの予測に基づいた適正施肥、作物の生育特性および吸収特性に合わせた適正な養分供給などである。また同時に生産性向上と組み合わせた技術が探られた。

本稿では、コーティング窒素肥料の特性を利用した各種の実証技術例について紹介する。

3 コーティング窒素肥料の特徴

コーティング窒素肥料は溶出特性から二種類に大別され、一つは施肥直後から溶出するタイプと、もう一つは一定期間は溶出せず、その期間を過ぎると急速に溶出するシグモイドタイプといわ

本号の内容

§ コーティング肥料の環境負荷軽減効果について.....	1
------------------------------	---

新潟大学 農学部

教授 金野 隆 光

§ 生命にとって塩とは何か.....	6
--------------------	---

—生物と塩との関係史—7

京都大学名誉教授

近畿大学農学部教授

高橋 英 一

§ 施設栽培下の果菜類連作における肥料の成分形態、.....	8
--------------------------------	---

随伴イオンが土壌、作物体へ及ぼす影響 (1)

J A全農営農・技術センター肥料研究部

部長 羽生 友 治

れるものがある。

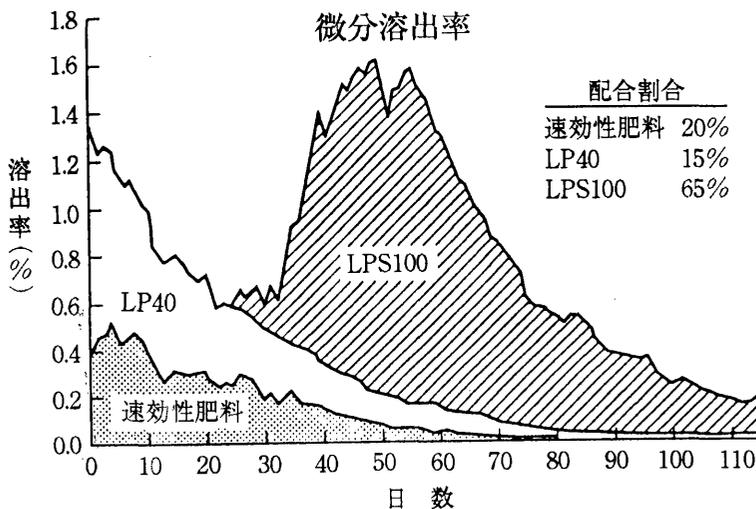
全農ではコーティング肥料の溶出推定プログラム〔JA-COAT〕を作成し、速効性肥料とコーティング肥料を配合施用した場合の溶出量の時間推移を作図できるようにした⁴⁾。

図1は作図例である。3種の肥料(速効性肥料—20%, LP40—50%, LPS100—65%)を配合施用した場合の窒素の微分溶出率が示されている。LP40では施肥直後から溶出するのに対して、LPS100では施肥後40日間は溶出せず、その後溶出する特性が示されている。

この溶出推定法は、地温データとコーティング肥料の溶出特性値から計算するものである。

寒冷地と温暖地とでは地温に大きな差があるの

図1 3種の肥料を配合施用した場合の微分溶出率(コーティング肥料の溶出推定プログラム〔JA-COAT〕を用いた推定図)



で、それぞれの地域で、各種の肥料について溶出推定をして、適切な肥料を選択する必要がある。地域に適した肥料を選択するうえで、この溶出推定プログラムは有効である。

4 水稻におけるコーティング肥料の環境保全効果

1) 緩効性肥料(コーティング肥料)を利用した省力・省資材型低投入不耕起移植肥培管理技術(田畑輪換ほ場, 連年不耕起栽培ほ場: 山形県鶴岡市)²⁾

不耕起移植栽培技術において、コーティング肥料(溶出コントロール肥料のシグモイド100日タイプ)を用い、接触施肥を本田期においても続け

る施肥法(基肥育苗箱用法)を行った場合、肥料の利用率は著しく向上し、投入分量を削減(21%)できた。本技術は強稈で登熟に優れた稲型となるため、安定した収量を得ることができる。収量は不耕起慣行並かやや低い傾向であるが、生産費が少なく、純益性が高いことが明らかとなった。

2) 側条施肥田植機および緩効性肥料(コーティング肥料)を利用した水稻の低投入施肥管理技術(茨城県県南)²⁾

緩効性肥料と側条施肥の組み合わせで、化成肥料を使用した慣行施肥に比べ、約35%の肥料窒素が削減でき、収量は4年間の平均で1%の増収となった。その要点は次の通りである。

側条施肥田植機によって肥料を水稻根の近傍に施用することにより、肥料の利用率が高まり、窒素肥料を削減することができ、かつ施肥の行程を省略できる。加えて緩効性肥料を利用することにより、追肥が省略できる。緩効性肥料は水稻の生育に合わせて肥料が溶出するので利用率が高い。これらにより窒素成分で30~40%程度削減して水稻の生産を行い肥料成分の田面水への流出を極力抑制し、環境への負荷を軽減できることを明らかにした。

3) 基肥窒素の田面水への影響—1 茨城県県南では、コーティング肥料を側条施肥したときの田面水影響が調べられた²⁾。

転換田における田面水および土壌溶液中の無機態窒素濃度の推移を調査し、化成肥料の慣行施肥を対照ほ場とし、窒素施肥量を3割削減したコーティング肥料を側条施肥した実証ほ場とを対比して、水質影響が検討された。

その結果を表1に示した。田面水の無機態窒素濃度の推移をみると、対照ほ場では、基肥施用後の窒素濃度は高いレベルで推移し、1週間で消失した。一方、窒素施肥量を3割削減したコーティング肥料を側条施肥した実証ほ場では、移植後から漸増するが、濃度は対照ほ場より低く、約2週間で消失した。

表1 側条施肥における無機態窒素の濃度推移 (mg/ℓ)

田植後 日 数	田 面 水				土壌溶液 (深さ5cm)				土壌溶液 (深さ25cm)			
	実証ほ場		対照ほ場		実証ほ場		対照ほ場		実証ほ場		対照ほ場	
	NO ₃ -N	NH ₄ -N										
4	0.2	0.0	5.6	3.8	0.0	0.7	0.6	5.9	2.3	0.8	5.7	1.4
2	0.0	0.0	4.5	2.2	0.0	1.3	0.0	9.3	1.9	0.0	5.3	0.0
0	1.3	0.0	2.4	0.0	0.1	1.1	0.0	6.9	1.6	0.5	5.1	0.2
2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	6.2	0.1	0.5	1.5	1.6
7	1.9	2.2	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.4	0.0	0.5	1.6	0.9
14	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	3.0	0.0	8.5	0.0	0.3	0.1	1.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	4.6
34	0.1	0.0	0.1	0.6	0.0	3.1	0.0	11.7	0.0	0.7	0.0	3.8
66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注 実証ほ場は側条施肥田植機でコーティング肥料を施用, 対照ほ場は農家慣行
 対照ほ場は4月24日に基肥施用, 4月26日代かき, 4月30日移植, 実証ほ場は4月26日代かき, 4月30日に
 基肥施用及び移植。
 土壌溶液は水田土壌用のポラスカップで採水し, 採水後, メンブランフィルターでろ過し, イオン交換ク
 ロマトグラフ法により分析した。

作土5cmの土壌溶液中の無機態窒素濃度の推移をみると, 硝酸態窒素は殆どみられず, アンモニ
 ア態窒素では, 対照ほ場で高いレベルで推移するのに対し, 実証ほ場では移植後7日に高くなるの
 のみで, 低レベルで推移した。

深さ25cmの土壌溶液中の無機態窒素をみると, 作土と異なり, 硝酸態窒素がみられた。これは土
 壌由来の窒素と考えられる。この場合でも, 実証ほ場の窒素濃度は対照ほ場より少なかった。

以上のことから, 田面水の無機態窒素濃度の推移は, 肥料および施肥法を反映している。
 すなわち, 化成肥料を慣行施肥した対照ほ場で

は, 施肥・代かき直後に田面水中窒素濃度が著しく高まるのに対して, 窒素施肥量を3割削減した
 コーティング肥料を側条施肥した実証ほ場では, 移植後1週間後に高まるが, その濃度は対照ほ場
 より低レベルである。土壌溶液中の窒素濃度についても同様の傾向がみられる。

要するに, コーティング肥料を側条施肥した場合は化成肥料の慣行施肥よりも, 田面水影響およ
 び地下水影響が少ないと考えられる。

4) 基肥窒素の田面水への影響—2

福岡県高田町においては, コーティング肥料を側条施肥し, 追肥を省略した場合の田面水影響が

表2 水質調査結果 (平成8年:福岡県高田町)

圃場区分	6月21日				6月26日				8月20日			
	pH	EC μ	T-N mg/l	NH ₄ -N mg/l	pH	EC μ	T-N mg/l	NH ₄ -N mg/l	pH	EC μ	T-N mg/l	NH ₄ -N mg/l
実証圃1・2 取水口	6.9	305	9.0	1.0	8.2	216	2.8	0.5	7.1	764	6.0	1.3
	6.6	198	12.1	1.4	8.2	194	5.6	0.6	7.1	487	7.4	0.5
実証圃3・4 取水口	7.0	297	6.0	1.6	7.7	186	2.9	0.6	7.5	669	7.3	0.5
	7.0	179	7.6	2.7	7.0	250	3.8	0.6	7.1	354	5.7	0.4
対照圃 取水口	5.9	690	26.7	13.0	6.4	182	—	1.7	6.3	869	7.7	0.6
	5.9	527	19.4	10.0	6.6	135	3.9	1.2	7.1	991	11.6	2.7
灌漑水	—	—	—	—	8.7	713	3.3	0.4	8.0	660	6.3	0.4

注) 対照圃: 6月21日に基肥, 代かき, 6月23日に移植, 追肥2回 (8月13, 19日)
 対照圃は速効性肥料の全層施肥
 実証圃はコーティング肥料の側条施肥 (実証圃1・2は6月23日, 実証圃3・4は25日), 実証圃は追肥をしていない。

調べられた。

表2は平成8年の水田の取水口および落水口の水質調査結果である³⁾。6月21日では、速効性肥料を全層施用した対照圃の水田団地において、電気伝導度(EC)、全窒素(T-N)およびアンモニア態窒素濃度が高いレベルになっている。一方、実証圃の水田団地では低レベルを維持している。実証圃で側条施肥したあとの6月26日の実証圃では水質の大きな変化がみられない。すなわち、慣行施肥(速効性肥料の全層施肥)では田面水の水質影響が非常に大きいものに対して、コーティング肥料の側条施肥は影響が小さいと考えられる。

さらに、8月20日のデータをみると、8月13日および8月19日に追肥した対照圃では、EC、T-N、NH₄-Nともに灌水より高く、河川への窒素負荷が認められる。これに対して、追肥を実施していない実証圃では、このような窒素負荷

が認められない。

このようにコーティング肥料の側条施肥は追肥作業の省略のみならず、環境(河川)への窒素負荷を軽減している。

5 茶栽培におけるコーティング肥料の環境保全効果

1) 施肥法と地下水への影響—1

福岡県筑後市では、対照圃の窒素施用量108kg/10aに対し、実証圃では80kgとし、その30%をコーティング肥料(LPSS100)で3月27日に施用し、7~8月の土壌窒素濃度レベルを一定に維持することをはかった²⁾。

表3に示したように、根量調査結果では、表層(0~20cm)および下層(20~40cm)ともに実証圃の根量が多かった。また、簡易ライシメータによる浸透水の測定結果では、平成7年7月以降の実証圃の硝酸態窒素濃度、硫酸イオン濃度が対照

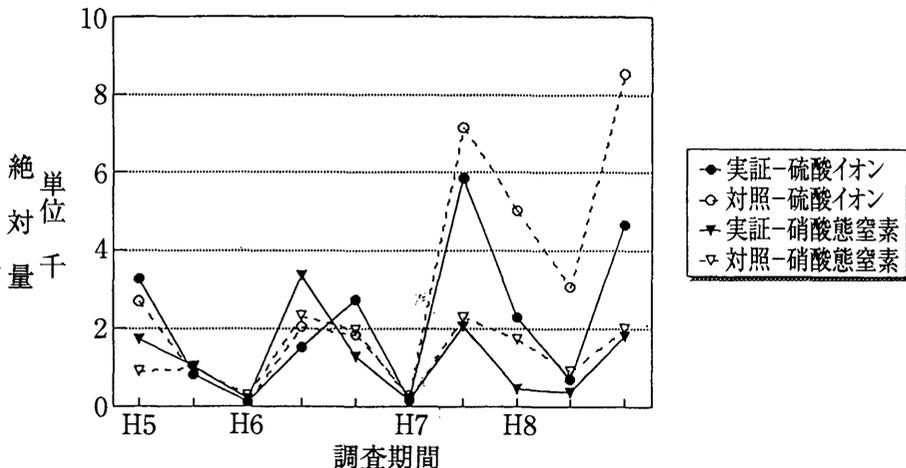
表3 根量調査結果

ほ場区分	土層	表層 0~20cm (容積510cm ³ ×6か所)	下層 20~40cm (容積510cm ³ ×6か所)
実証ほ場	生根重	—	14.98
	乾物根重	2.02	2.62
外照ほ場	生根重	—	8.99
	乾物根重	0.18	1.47

注) ① 単位はg

② 測定にあたっては茶園用採土器(円筒形 内径5.7cm)を使用し、測定する茶樹の両畦をそれぞれ50cm間隔に3カ所、計6点を1サンプルとした。

図2 茶園の水質調査結果(福岡県筑後市)



注) ① 絶対量は測定値(mg/L)に採水量で乗じた数値を示した。

② 調査期間内の採水調査間隔は任意で行ったため、この表で調査地期間ごとの比較はできない。

圃より低く推移した(図2)。また、浸透水中のアルミニウム、EC値が対照圃より低く推移した。

実証圃、対照圃および周辺慣行について、施用肥料中の硫黄の量を比較すると(表4)、実証圃は対照圃の65%であり、周辺慣行の83~55%である。このように実証圃では硫黄の施用量が少ない施肥設計となっている。このことが実証圃の浸透水中の硫酸イオン濃度、ECおよびアルミニウムイオン濃度を低下させ、ひいては、根の生育を健全にしたものと考えられる。

2) 施肥法と地下水への影響—2

鹿児島県茶業試験場では、実証圃の施用窒素の約1/2を肥効調節型(コーティング肥料)とし、茶の株元施用とうね間施用を組み

表4 施用肥料中の硫黄の量 (単位: kg)

	硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	SO ₄ -S
実証ほ	53.1	17.6
対照ほ	82.2	27.1
周辺慣行	67.6~96.7	21.1~31.9

注) ①実証ほの施肥実績 硫安40kg, 硫マグ40kg
 ②対照ほの施肥実績 硫安80kg, 硫マグ40kg
 ③周辺慣行の施肥実績 硫安60~100kg, 硫マグ40kgとした。

合わせることで、年間の施肥回数を12回から7回に減らし、年間窒素施用量を103 kg/10 aから73 kgに30%減らした。株元施肥はコーティング尿素100を10kg/10 a施用した。株元施肥とうね間施肥を組み合わせるのは、慣行施肥ではうね間のみの施用で、うね間の肥料濃度が非常に高くなり、利用効率が低いと考えられるからである。株元の根を活用し、そこから吸収させ、肥料の利用効率向上をはかったものである。

その結果、実証圃の1~3番茶の収量、煎茶品

表5 暗渠排水中の硝酸態窒素濃度および硫酸態硫黄濃度(平成8年: 鹿児島県茶業試験場)

	圃場区分	月/日				
		4/5	4/23	6/14	7/2	8/15
硝酸態窒素	実証圃	7.6	16.6	26.9	20.5	26.6
	対照圃	12.2	23.2	26.2	31.4	46.6
硫酸態硫黄	実証圃	21.8	24.0	19.5	19.2	20.1
	対照圃	23.7	27.5	23.0	26.2	28.8

質および新芽の窒素含有量は対照圃と殆ど変わらなかった。

うね間(施肥位置)の深さ60cmに設置した暗渠排水中の硝酸態窒素濃度および硫酸イオン濃度を調査した結果を表5に示した。夏季において暗渠排水中の硝酸態窒素濃度が30~40%低下した。また、実証圃の硫酸イオン濃度は対照圃よりも低く経過した。

要するに、コーティング肥料の株元施用とうね間施用の組み合わせにより、収量・品質に影響することなく、窒素施用量を30%削減でき、夏季における暗渠排水中の硝酸濃度を30~40%低下させ、硫酸イオン濃度も低下させることができた。

以上要するに、茶の多肥栽培において、コーティング肥料は土壌中窒素濃度を維持するのに役立つのみでなく、EC低下による根の健全化、さら

にコーティング肥料が硫酸根を含まないので土壌中の硫酸イオン、アルミニウム溶出を抑え、土壌の健全化に寄与しているものと考えられる。

6 まとめ

1) コーティング窒素肥料は溶出特性から2種類に大別され、全農の溶出推定プログラム〔JA-COAT〕を用いることによって、各種肥料の配合施用した場合の溶出推定が可能となった。

2) 水稲におけるコーティング窒素肥料の環境保全効果

① コーティング窒素肥料の基肥育苗箱施用法、側条施肥などの技術が開発され、窒素の利用率が著しく向上した。

② コーティング窒素肥料の利用により、地域によっては、追肥作業を省略できるようになった。

③ コーティング窒素肥料の利用により、田面水、地下水への窒素負荷を低減(環境負荷低減)できるようになった。

3) 茶の多肥栽培におけるコーティング窒素肥料の環境保全効果

① コーティング窒素肥料の利用により、窒素供給を調節でき、20~30%の施用量削減ができるようになった。

② コーティング窒素肥料の施用は、硫酸根の施用量を減少させ、EC低下による根健全化、硫酸イオン、アルミイオン溶出量の低下による土壌の健全化に寄与していると考えられる。

③ これらの総合効果として、環境保全効果があると考えられる。

引用文献

- 1) 農林水産省農蚕園芸局農蚕課環境保全祁農業対策室; 環境保全型農業の推進について, 1993.9
- 2) 低投入型農業 その可能性の実証, 一低投入・高品質農業生産実験実証事業の成果一, 日本農業研究所, 1997.3
- 3) 平成8年度, 低投入・高品質農業生産実験実証事業, 関係資料集, 日本農業研究盾, 1997.3
- 4) 被覆肥料溶出推定ソフト, JA-COAT操作法, JA全農, 営農・技術センター肥料研究部, 1997.4

生命にとって塩とは何か

— 生物と塩との関係史 — 7

京都大学名誉教授
近畿大学農学部教授

高橋 英一

5 植物にとって塩とは (つづき)

広塩性植物にとっての塩

外界の広い範囲の塩分変化に耐えて生活できる生物を一般に広塩性生物と呼ぶ。河口や干潟や潮溜りの生物、川と海を往復する回遊魚、植物ではマングローブやヨシなどがこれに属する。

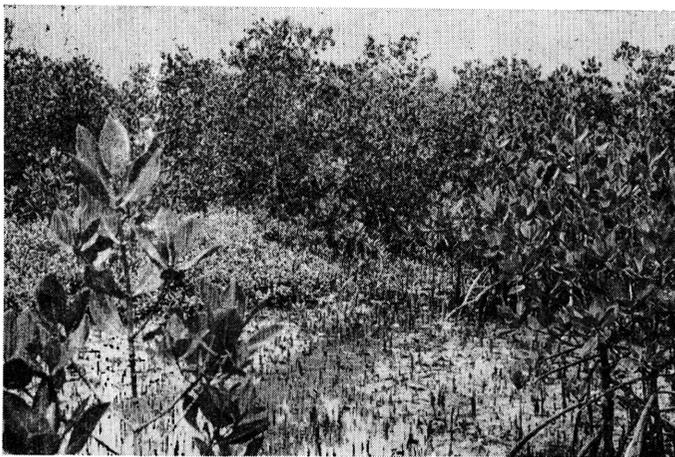
マングローブの塩への対応

マングローブ (中国名 紅樹林) は、熱帯、亜熱帯の海岸や河口の泥の浅瀬で、周期的に波に洗われているような所 (潮間帯) に生えている低木の総称で、ヒルギ科、クマツヅラ科、ハマザクロ科、センダン科、キツネノマゴ科などいろいろな科の植物が含まれている。オヒルギ、メヒルギは代表的なマングローブで、タコの足のような支柱根をもち、それを満潮線より上の幹から出している。この根は海綿状の構造をしており、空気を取り込むことができる。

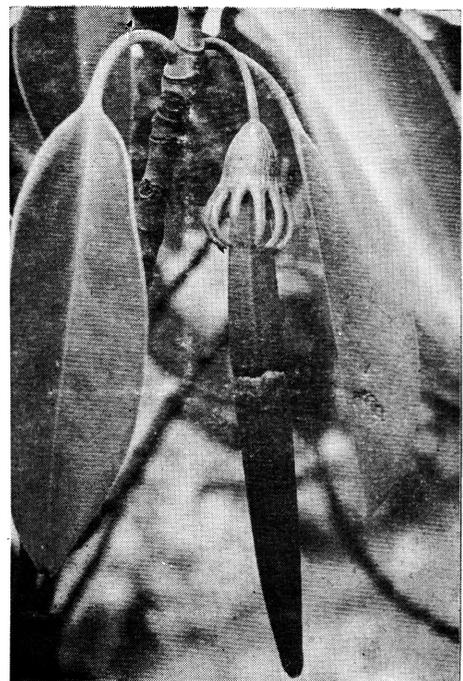
植物の種子は母体から脱落してから発芽するのが普通であるが、マングローブには結実後もしばらく母体にとどまり、そこで種子が発根してから落下して泥につきささり、発育するものがある。このような種子を哺乳動物の出産の仕方になぞらえて胎生種子と呼んでいる。こうすることによって種子は波に流されることなく、落ちたところで生長することができる。また発芽をはじめる前に、高濃度の塩分にさらされることも避けられるので、環境への巧妙な適応の仕方といえる。

マングローブの耐塩性の仕組みは二つある。一つは根でできるだけナトリウムを吸わないようにすることであり、いま一つは葉の表面の塩腺からの塩の分泌である。蒸散流によって運ばれてきた塩の大部分は塩腺によって分泌されているが、これにはリズムがみられ、光合成を行っている昼間は高く、夜間は低い。また薬剤で呼吸を阻害すると分泌が抑制されることから、塩類の排泄にエネ

〔写真〕 西表島のマングローブの群落 (西村和雄氏撮影)



ハマザクロ



オヒルギの胎生種子

ヒルギダマシ

ヤエヤマ
ヒルギ

ヒルギダマシの
呼吸根

ヤエヤマ
ヒルギ

ルギーが使われていることが分かる。

面白いことに動物にもこれと似た器官をもつものがある。海棲の爬虫類や海鳥には、塩化ナトリウムを分泌する腺があり、食物とともに飲み込んだ海水中の塩化ナトリウムを海水より濃い溶液で排出する。ウミガメやイグアナでは眼穴に開口する涙腺が変形して塩腺となり、海鳥では鼻腔に開口する鼻腺がこれにあたる。分泌細胞はミトコンドリアに富み、哺乳類の尿細管細胞の構造に似ている。海という環境に適応するために、動物と植物という違いを越えて、同じ様な体の仕組みをつくりだす生物の能力には驚かされる。

ヨシの広塩性の秘密

イネ科の多年生植物であるヨシは、河原や湖岸などの淡水域の水辺で茂っているのがよく見かけられる。しかし河口や浜辺近くの海水の影響をうける汽水域でも、ヨシは貧弱ながらホソバナハマアカザやハママツナなどとまざって生えている。このようにヨシは塩生植物ではないが、耐塩性はかなり強い。ヨシは体の中に塩をためこまない。

(前回の表8 錦海塩田跡地に自生するヨシおよび塩生植物のナトリウム、カリウム含有率参照)。そのため塩分濃度の高いところに生えていてもスリムである。塩をためこむ双子葉類の塩生植物は、その浸透圧によって体内に水をかかえこむので、葉などが厚っぽくなっている(多肉化という)。われわれの体も塩分の排泄に支障をきたすと、むくみを生じるが、これと同じ現象である。

ヨシは淡水環境の方を好むが、塩分の取り込みを抑え、光合成産物(ショ糖)を浸透圧をつくりだすのにまわす能力が発達しているため、かなりの塩分を含んだ汽水域まで入ってゆくことができる。ここが同じ湛水環境で生育するが耐塩性の弱いイネとちがっている。しかし塩分を取り込まないようにするためにエネルギーを使ったり、光合成産物の一部を浸透圧を作り出すのにまわすため、汽水環境に生えているヨシは淡水環境のものに比べて貧弱である。

ヨシの広塩性の仕組みは一般の非塩生植物のものど本質的には変わらず、ただ弾力性に富んでいるだけと思われる。ここで植物がもっている耐塩性(耐ナトリウム性)のいろいろ仕組みをまとめ

るとつぎのようになる。

- 1 エネルギーを使って、根へのナトリウムの流入を抑制する。
- 2 いったんとりこんだナトリウムを、エネルギーを使って根から排出する。
- 3 地上部に上がったナトリウムを師管経由で根へ再転流し、排出する。
- 4 体内に入ったナトリウムを根や茎の部分にため、葉身への輸送量を抑える。
- 5 葉身へ送られてきたナトリウムを塩毛にたくわえ、塩毛の脱落新生の繰り返しで除去する。
- 6 光エネルギーを使ってナトリウムを塩腺から体外に分泌する。
- 7 葉肉細胞の大型の液胞中にナトリウムを隔離するとともに、細胞の吸水力を作り出すのに利用する(葉は多肉化する)。
- 8 細胞質には生理作用を営むのにじゃまにならないカリウム、ショ糖、アミノ酸の濃度を高めて浸透圧を作り出す。

1から4までと8はヨシについてみられるもので一般の植物にもあり、ただその能力の大小が耐塩性の差となって現れる。これに対して5~7はホソバナハマアカザやマングローブなどの塩生植物に発達した特殊な仕組みである。

植物の塩とのつきあい方は動物と違って受け身である。耐塩性の優れた植物といえども塩に耐えるためには多くの犠牲を払っている。しかしそれだけのメリットはある。塩分の存在によって自分の「なわばり」が守られているからである。塩分に耐える仕組みの十分に発達していない一般の植物は塩分濃度の高いところへは入ってゆけない。

植物は動物のように好適な環境を求めて移動することができず、発芽した後はその環境に適応してゆかねばならない。この宿命は植物にさまざまな環境に耐え、さらにそれを利用する能力を発達させた。今日、地球上のいたるところに、水の全く無い砂漠は別として、植物の姿をみることができるのはそのためである。そして植物のあるところ、動物もまた生存が可能である。このような積極性をもった植物にとっては、高塩類環境もまた一つの開拓すべきフロンティアである。われわれはこの植物のたくましさを学ぶ必要がある。

施設栽培下の果菜類連作における肥料の成分形態、 随伴イオンが土壌、作物体へ及ぼす影響(1)

J A 全農営農・技術センター肥料研究部

部長 羽生 友治

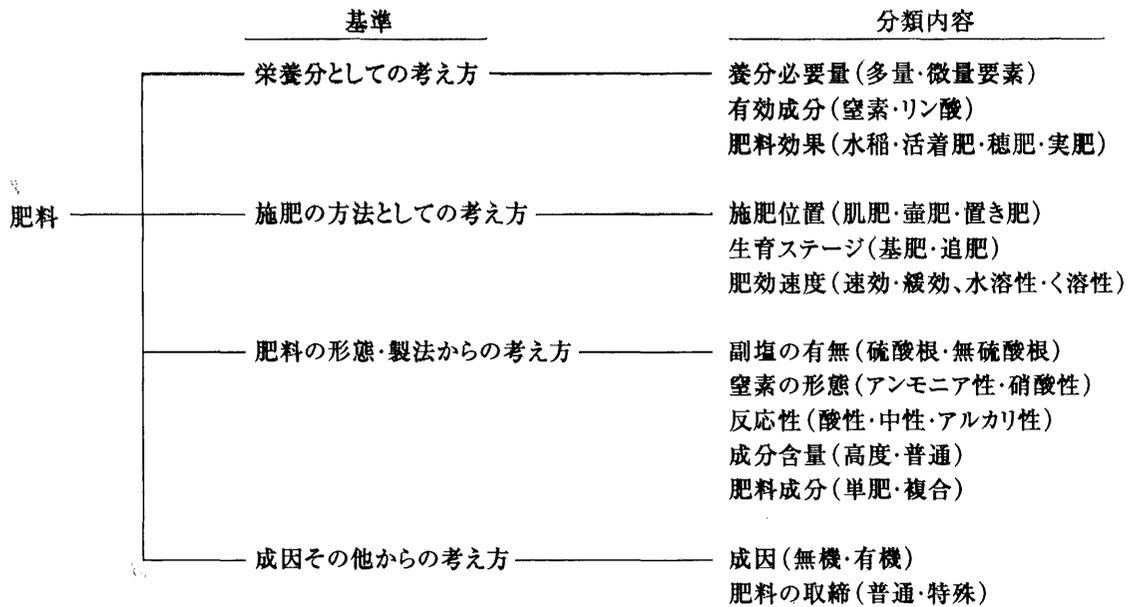
1 施設栽培の現状と試験目的

肥料は、多種多様にわたるため目的や施用法・作用面でさまざまな基準で分類される(第1図)。肥料の養分的な効果を直接表して分類しているものが多いが、間接的な肥料効果という点では窒素の形態や副塩・随伴イオンの有無もその1つとして考えられる。

最近、施設栽培を含む野菜栽培圃場では長期連

作による副塩の形態としては普通化成や過磷酸石灰中の石膏(硫酸カルシウム)が代表例であるし、随伴イオンとしては硫酸アンモニウム(硫安)や硫酸カリウム(硫加)中の硫酸イオン(SO_4^{2-})、塩化アンモニウム(塩安)や塩化カリウム(塩加)中の塩素イオン(Cl^-)が相当する。欧米では硫酸イオンは必須元素である硫黄(S)の供給源として評価されているが、火山性の土壌に覆われたわが国

第1図 肥料の分類



作やそれに伴う生理障害や土壌病害が多発し、顕在化しているところも見られる。その対策として除塩、客土や土壌消毒が恒常的におこなわれるようになった。

副塩・随伴イオンとは、目的とする肥料成分に対し付随的に施用される塩または対イオンで、肥料として積極的に評価されない成分をいう。た

では肥料養分としては評価されていない。塩素も必須元素であることはよく知られているが³⁸⁾、その要求量はごく僅かであり、肥料として施用しなくとも自然界からの供給で十分であり、硫酸イオンと同様に肥料養分としては評価されない。このような成分は作物に対し積極的な有害性がないため、ある程度土壌中に施用されたとしても障害は

現れないのが普通である。しかし、施設栽培などで降雨等による溶脱が少なく、多量に、永年にわたって施用する場合にはこの限りではない。塩素施用による濃度障害や過剰吸収による生理障害はよく知られており、現在では塩素を含む肥料は施設栽培ではほとんど使用されない。これに対し硫酸イオンは土壤中に多量に含まれるカルシウムイオンと結合し、溶解度の小さい硫酸カルシウム(石膏)となること、二価イオンであることから吸収されにくいこと、さらには吸収された硫酸イオンが還元され、アミノ酸などの構成物として利用されることから、評価されることはあってもほとんど問題視されていないのが現状である。

速効性の窒素の形態には大きく分けてアンモニア態と硝酸態がある。尿素や有機質肥料も一度アンモニアに変化してから作物に吸収されるため、広い意味ではアンモニア態窒素に含めることができる。一般に、野菜類はアンモニア態窒素よりも硝酸態窒素を好む。アンモニア化成は微生物や加水分解、接触反応などで比較的進みやすいが、硝酸

化成を進める硝酸化成菌類は土壌条件に影響されやすい。低温条件や土壌の低 pH や高 EC で活性が抑えられ、土壌消毒剤等の農薬や極端な高温条件によっては死滅する。また、その後の回復性も劣る。連用、連作によって土壌中の環境が悪化することによって硝酸化成が抑制され、アンモニア過多による問題が発生しやすくなることがある。

本稿では肥料塩の違いによる随伴イオンの有無および窒素形態の違いが果菜類を連作することによって土壌や植物体の化学性や生物性にどのような影響を及ぼすか、また、生育や収量性等にどのような問題が発生する可能性があるか検討したものである。多少論理的な飛躍もあり、我田引水の感も否めないが、あえて報告することによって皆様のご批判をいただき、これからの私共の研究課題としたい。

2 試験設計と結果

試験設計は第1表に記したとおりである。平成2年から3年にかけてメロン・トマト・メロンの計3作を連作した。処理区は、1作目では炭酸塩

第1表 試験設計及び耕種概要

1. 試験設計

- (1) 試験圃場: 全農営農・技術センター内ガラス温室
- (2) 試験方式: 規模: 隔離床栽培、1区2.4 (0.85×2.8m), 3連制
- (3) 供試作物: 1作目メロン(アールスメロン春型), 2作目トマト(瑞秀)
3作目メロン(アールスメロン春型)

2. 処理区

- (1) 試験区: 以下のとおり。

区名	供試肥料
硫酸塩区	: 硫酸アンモニウム(硫安), リン酸2水素アンモニウム(1リン安), 硫酸カリウム(硫加)
塩酸塩区	: 塩化アンモニウム(塩安), リン酸2水素アンモニウム(1リン安), 塩化カリウム(塩加)
炭酸塩・硝石区	: 1作目炭酸1水素アンモニウム(炭酸2安), リン酸2水素アンモニウム(1リン安), 炭酸1水素カリウム(炭酸2カリ) : 2, 3作目硝酸カルシウム(硝石), リン酸1カルシウム, 硝酸カリウム(硝加)
硝安区	: 硝酸アンモニウム(硝安), リン酸2水素アンモニウム(1リン安), 硝酸カリウム(硝加)

注1. 追肥はリン酸系の肥料を除いて施用した。

注2. 2作目からは各区を半分仕切り、苦土石灰を処理区に加えた。

注3. 3作目からは基肥を施用せず、追肥のみとした。

- (2) 施肥量: 3作とも窒素, リン酸, 加里を1株成分当り12g施用した。なお, 基肥と追肥の比率は6:4とした。

3. 耕種概要

- | | |
|---------------|---------------|
| (1) 1作目メロン | (3) 3作目メロン |
| 播種: 平成元年2月17日 | 播種: 平成元年3月30日 |
| 定植: 3月31日 | 定植: 4月24日 |
| 収穫: 6月19日 | 収穫: 7月12日 |

区をつくったが、アンモニアの揮散が激しいなど処理区として不適なため2作目からは窒素分を硝酸石灰、カリ分を硝酸カリウムで施用し炭酸塩・硝石区とした。同様に硫酸塩区、塩酸塩区を中心にpHの低下がみられたため、2作目から全処理区を半分に仕切り、苦土石灰（ドロマイト：炭酸カルシウム・マグネシウム複塩）を施用した苦土石灰区を新たに設けた。さらに、3作目のメロンでは2作目跡地土壌の窒素分（硝酸態窒素）の残存量が多いため基肥を無肥料とした。

調査内容は各処理区ごとの①生育状況および収量性の推移、②土壌（栽培中の跡地土壌、土壌溶液）の化学性の変化、③栽培終了時の葉、葉柄、

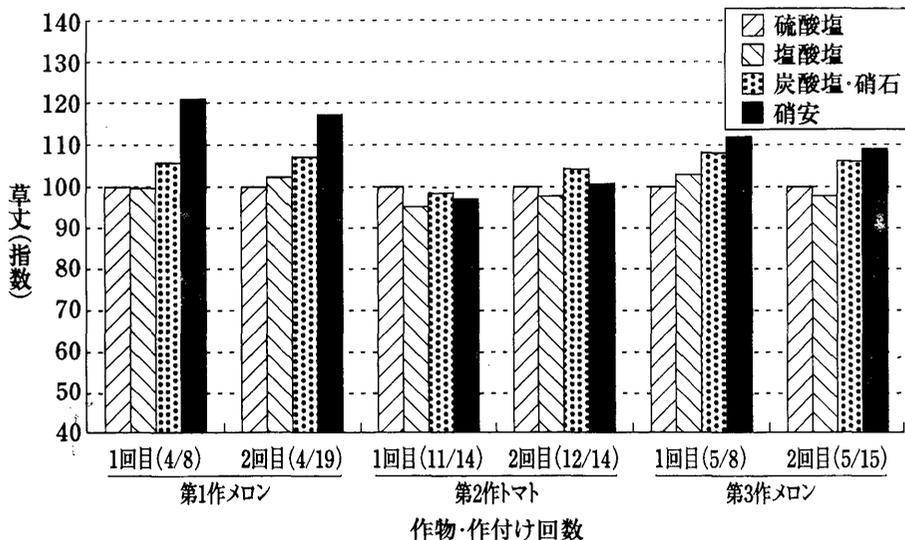
果実の水溶性無機イオンのバランス、④跡地土壌の微生物相の変化などである。試験結果は以下のとおりであり、第2表、第2図～第15図に示した。

(1) 生育・収量調査

生育の状況では各作物とも2回ずつ調査をおこなった。その結果は第2図に示したとおりであり、硫酸塩区を100とした時の指数で示した。2作目トマトでの差は小さいが、全体的にみると硝安区が最も生育がよく、ついで炭酸塩・硝石区が優れ、塩酸塩区は劣る傾向にあった。1、3作目メロン収穫果の平均交配日の違いを第3図に示した。硫酸塩区に比べ塩酸塩区ではいずれの作物も、炭酸塩・硝石区は炭酸塩を施用した1作目で交配

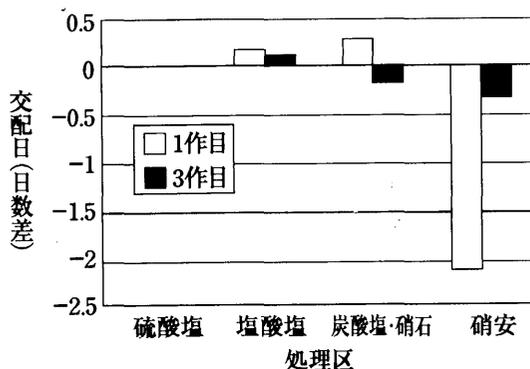
日が遅くなっていた。つぎに、2作目トマトについての尻腐れ果の発生率を第4図に示したがアンモニア態窒素を窒素源とした硫酸塩区、硝安区でやや高い傾向があった。また、2作目トマトで一部に萎凋症状が発生した（第5図）。処理区ごとに発生本数を示したが、塩酸塩区で最も多かったが、その症状から濃度障害によるものと思われた。硫酸塩区、硝安区でわずかに発生しているが褐色根腐れ病（J3）と思われた。この傾向は苦土石灰施用の有無

第2図 果菜類の連用と肥料塩類を変えたときの生育調査結果



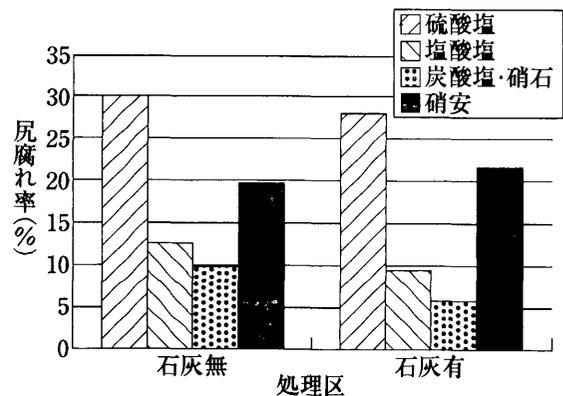
注1 炭酸・硝石は第1作目に炭酸塩、第2、3作目に硝酸石灰、硝酸カリに変えた。
注2 第2、3作目は苦土石灰施用、無施用区の平均値とした。

第3図 処理区によるメロンの平均交配日の違い

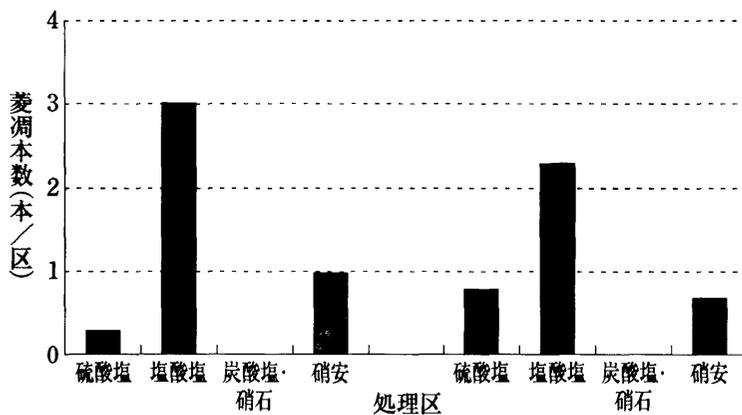


注1 硫酸塩区の交配日をゼロとした時の他の処理区の平均交配日の差を示した。

第4図 2作目トマトにおける処理区ごとの尻腐れ果の発生割合

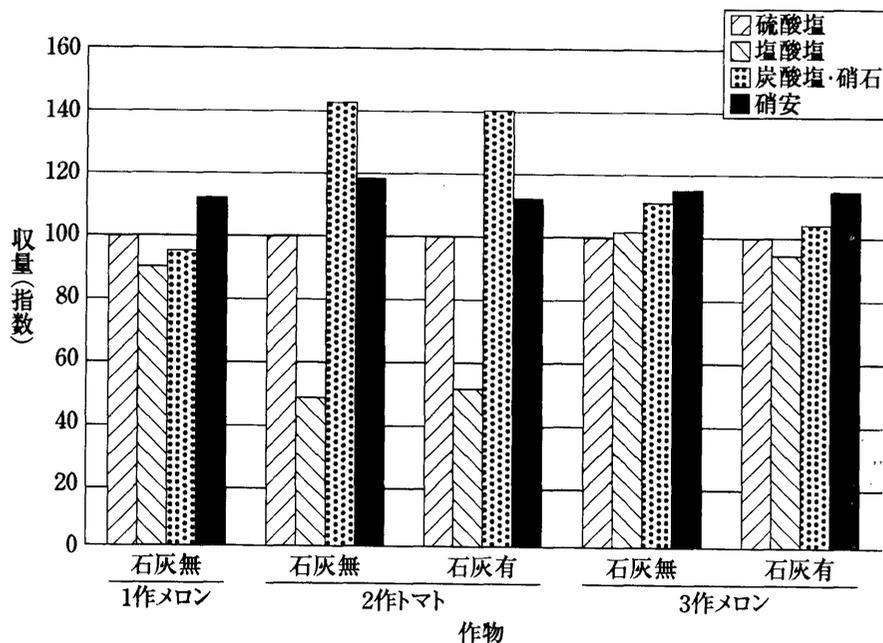


第5図 2作目トマトでの植物体萎凋状況調査結果



注 塩酸塩区は濃度障害によるもの、その他は根腐れ萎凋病(J3)によるものと推定される。

第6図 各処理区ごとの収量の違い



注 メロンは1果重、トマトに区当りの正常果重で、硫酸塩区を100とした時の指数で表した。

では大きな違いはなかった。

つぎに収量調査の結果を第6図に示したが、1作目では硝安区が、2、3作目では硝石を施用した炭酸塩・硝石区と硝安区で高収であった。塩酸塩区は、とくに2作目トマトで硫酸塩区に比べ50%前後と低収であった。苦土石灰施用の有無では収量性にとくに大きな変化はみられなかった。

(2) 土壌の化学性的変化

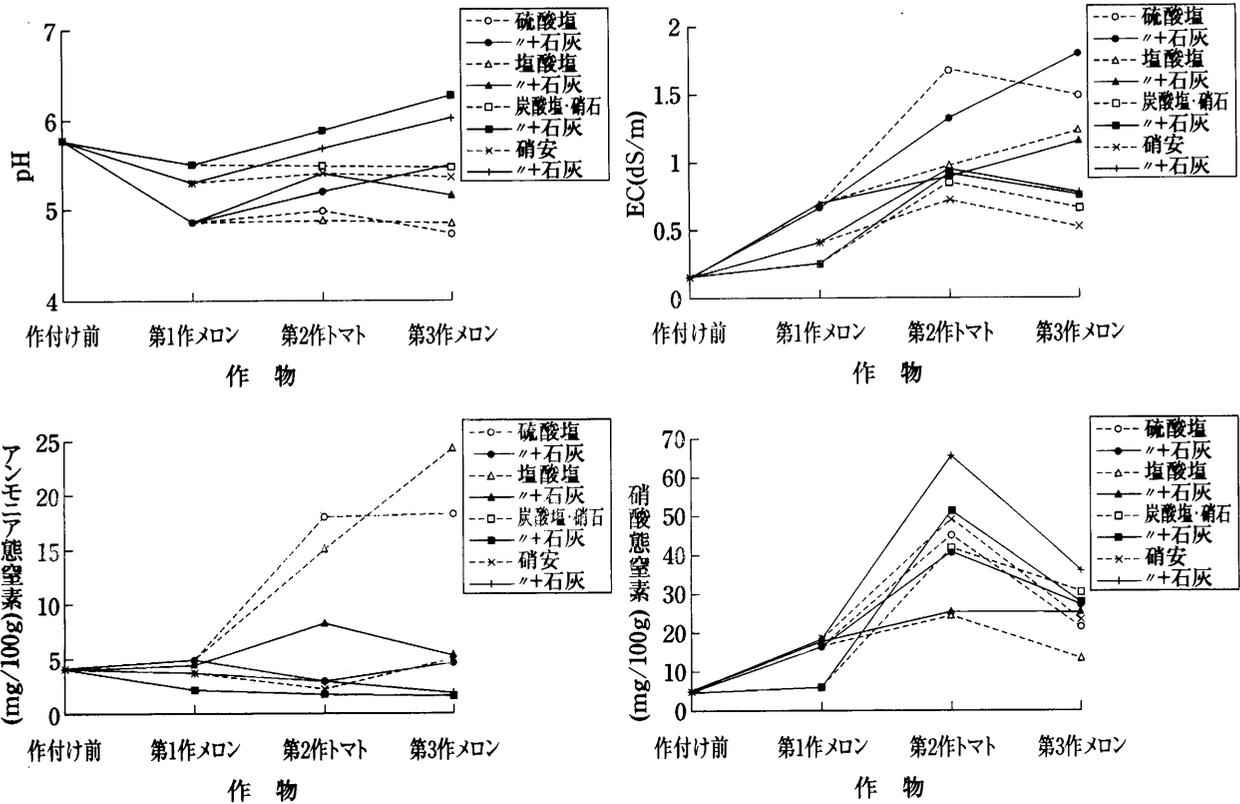
跡地土壌の化学性で肥料塩間で大きな差異が見られたのは pH, ECと窒素であった(第7図)。pH は苦土石灰を施用しないと各区とも低下して

いるが、とくに硫酸塩、塩酸塩区で著しく、3作終了時には4台にまで達した。それに比べると炭酸塩・硝石区、硝安区の低下は緩やかであった。2作目以降の苦土石灰施用区は pH の低下が抑えられたが、順位は苦土石灰無施用区と同じ傾向であった。ECは苦土石灰施用の有無とは関係なく、肥料塩の種類によって傾向が異なった。最も高くなったのは硫酸塩区で、つぎに塩酸塩区、随伴イオンを含まない炭酸塩・硝石区、硝安区は上昇程度が緩やかであった。無機態窒素の内アンモニア態窒素は、苦土石灰無施用区では1作目からアンモニアの形態で与えた硫酸塩、塩酸塩区で連作回数とともに増加した。しかし、苦土石灰を施用することによって減少した。一方、硝酸態窒素はアンモニア態窒素とは逆の傾向で、硝酸系を施用した炭酸塩・硝石区及び硝安区で高い傾向を示した。また、3作目の窒素施用はこの結果を踏まえて基肥を無施用とした。

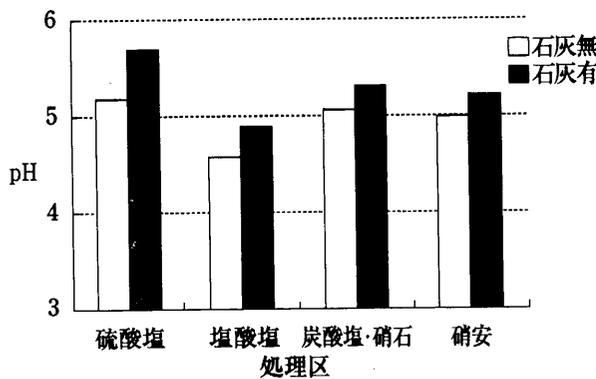
つぎに2、3作目の栽培中の土壌溶液中の化学性を測

定した。pH は2作目トマトで塩酸塩区、3作目メロンで塩酸塩区、硫酸塩区が低かった。しかし、各区とも苦土石灰の施用で上昇した(第8図1, 2)。また、第9図1, 2に主要無機の陽イオンと陰イオンのバランスを示した。トマト、メロンの土壌溶液採取ステージが違うために、それぞれの総イオン量に差があるが、各処理区とも陽イオン、陰イオンの比がほぼ1:1に対応した。いずれの作も硫酸塩区では硫酸イオン、塩酸塩区では塩素イオン、炭酸塩・硝石区および硝石区では硝酸イオンが陰イオンの主体を占めた。硫酸塩区では比較

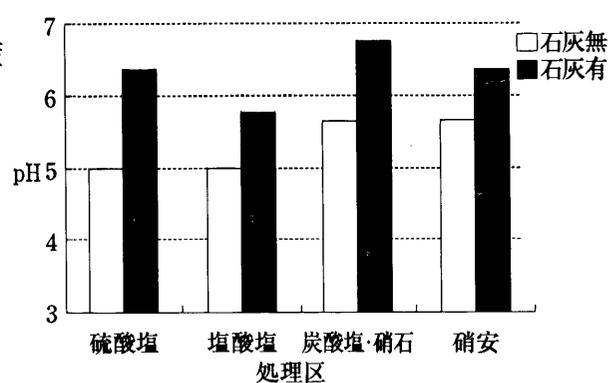
第7図 各栽培跡地土壌のpH, ECアンモニア態窒素, 硝酸態窒素の変化



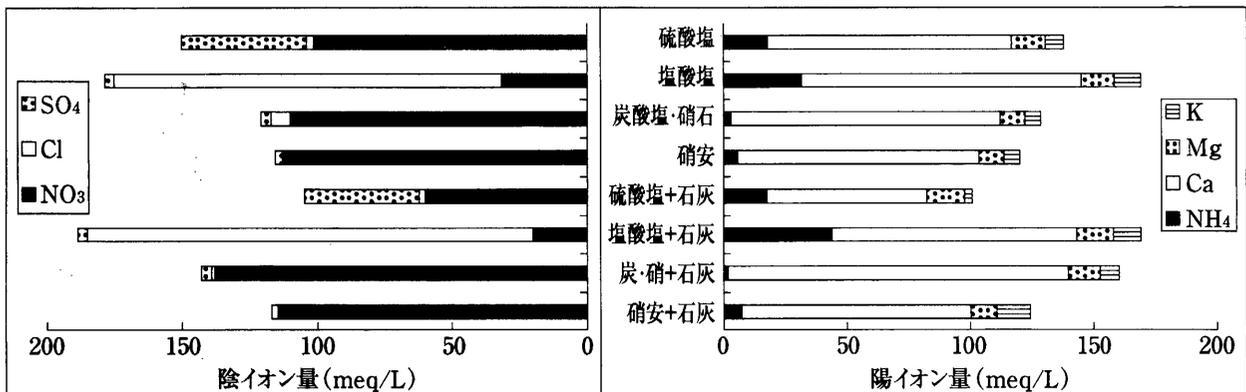
第8図—1 2作目トマト栽培中の土壌溶液のpH



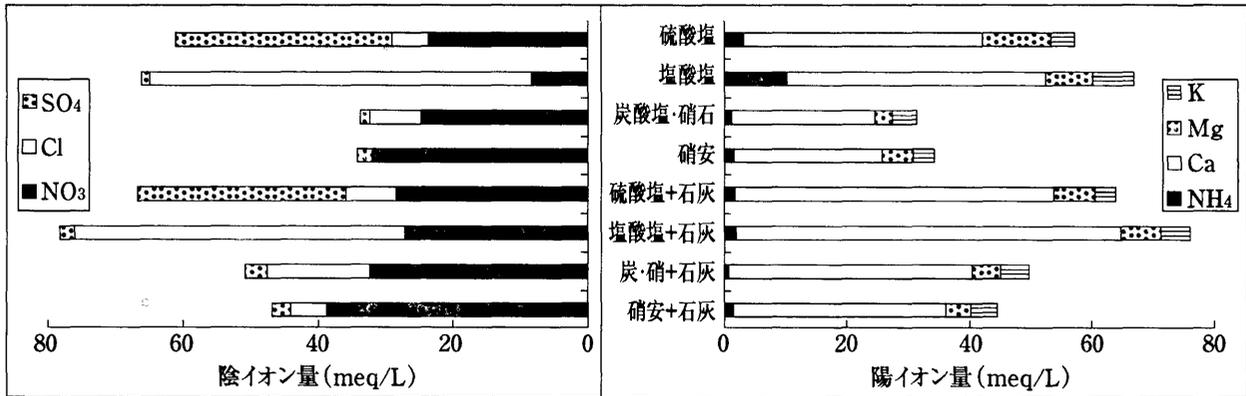
第8図—2 3作目メロン栽培中の土壌溶液のpH



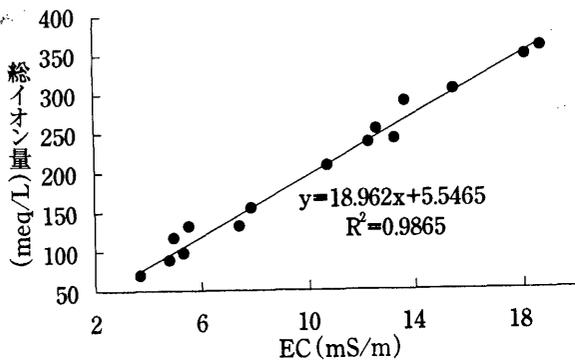
第9図—1 2作目トマト栽培における土壌溶液中の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



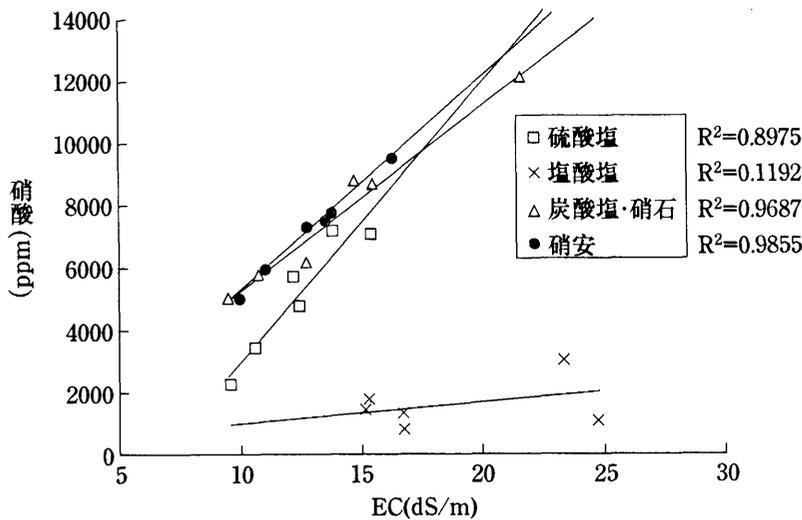
第9図—2 3作目メロン栽培における土壌溶液中の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



第10図 2作目(トマト), 3作目(メロン)栽培中の土壌溶液のECと総イオン量との関係



第11図 2作目トマト栽培中の土壌溶液中の電気伝導度(EC)と硝酸との関係



的硝酸イオンが多く認められたが、塩酸塩区では少なかった。また、硫酸イオン、塩素イオンに対応する陽イオンとしてカルシウムやマグネシウムイオンが主体であった。

ECは上記した無機イオンの総量と高い相関を

示した(第10図)。また、第11図に土壌溶液中のECと硝酸イオンとの相関を示した。塩酸塩区を除くとそれぞれの処理区の相関は高かった。随伴イオンを含まない炭酸塩・硝石区と硝安区はほぼ同じライン上にプロットされたが、硫酸塩区では硫酸イオンが多く存在するため、ECが高くとも硝酸イオンが低い傾向を示した。

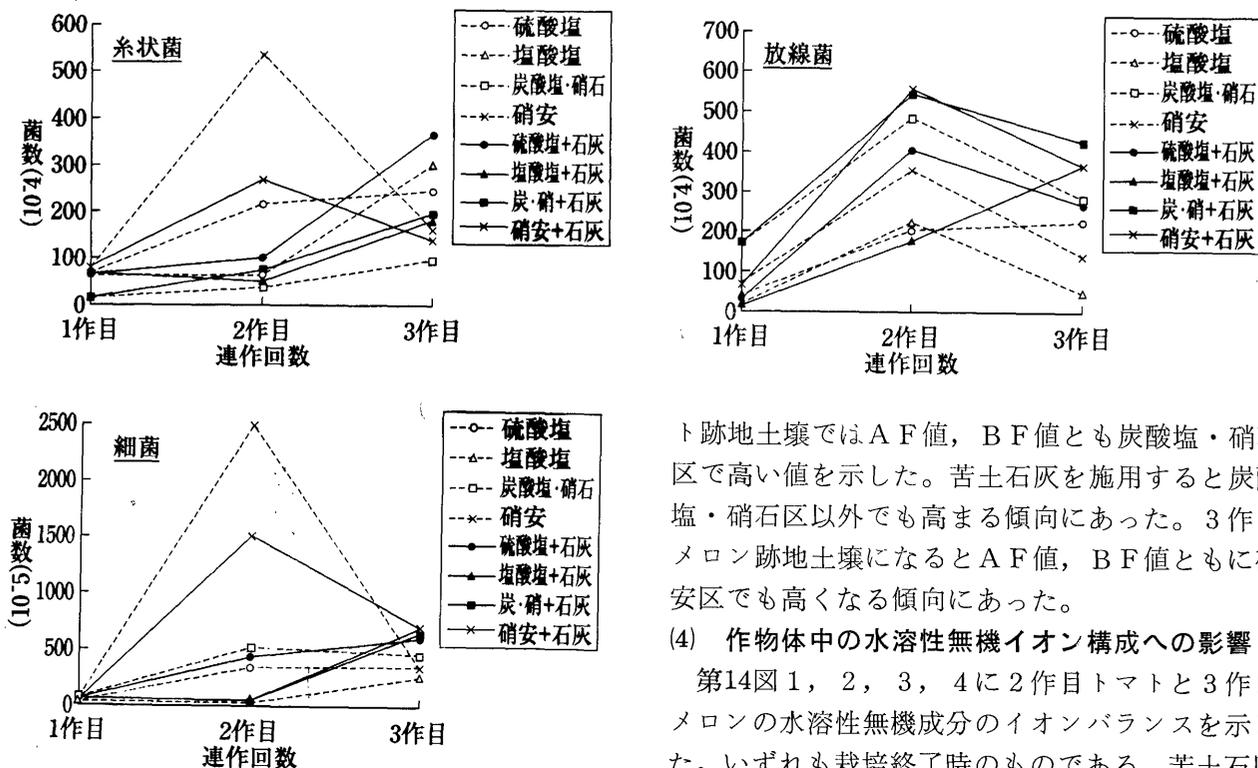
(3) 跡地土壌の微生物性的変化

各作物の栽培後に跡地土壌の微生物性を測定した(第12図)。測定項目は糸状菌、放線菌、細菌とした。糸状菌はローズベンガル寒天培地、放線菌、細菌はエッグアルブミン寒天培地を用いて希釈平板法でおこなった。

1作目メロンよりも2作目トマトで全微生物数が増加したが、3作目メロン跡地は2作目と変わらなかった。処理区間の違いでは、糸状菌は1作目では処理区間の差が小さいが、2作目以降では大きく、とくに2作目では硝安区、硫酸塩区で多くなった。また、苦土石灰を施用することで糸状菌数が相対的に減少する傾向があ

った。放線菌は2作目トマトで増加しており、苦土石灰の施用によってさらに増加する傾向が見られた。細菌は2作目トマトの炭酸塩・硝石区で増加したが、そのほかは2作目以降わずかに増加したのみであった。

第12図 各種作物の栽培跡地における微生物相の変化



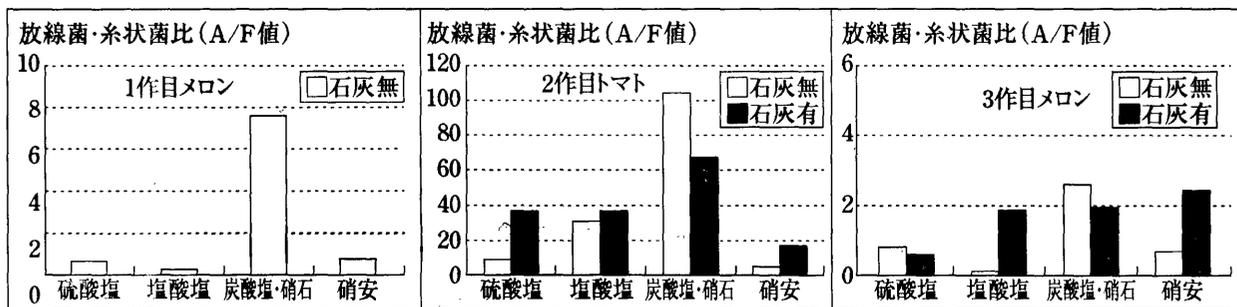
第13図 1, 2に2作目トマト, 1, 3作目メロン跡地土壌の放線菌・糸状菌比 (A/F値) および細菌・糸状菌比 (B/F値) を示した。2作目トマ

ト跡地土壌ではA/F値, B/F値とも炭酸塩・硝石区で高い値を示した。苦土石灰を施用すると炭酸塩・硝石区以外でも高まる傾向にあった。3作目メロン跡地土壌になるとA/F値, B/F値ともに硝安区でも高くなる傾向にあった。

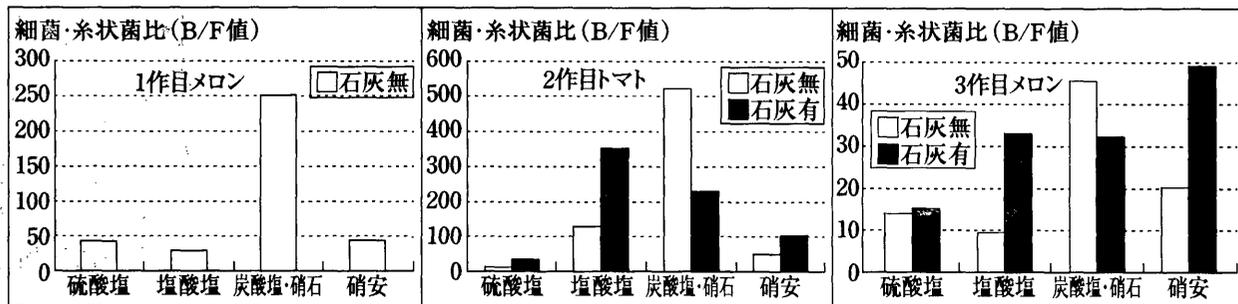
(4) 作物体中の水溶性無機イオン構成への影響

第14図 1, 2, 3, 4に2作目トマトと3作目メロンの水溶性無機成分のイオンバランスを示した。いずれも栽培終了時のものである。苦土石灰無施用区でみると, 2作目トマトは硫酸塩区, 塩酸塩区は施用した随伴イオンが多く吸収され, かつ, そのままイオンの形態で存在していた。陰イオン全体に対するモル比の割合は, 硫酸塩区葉部

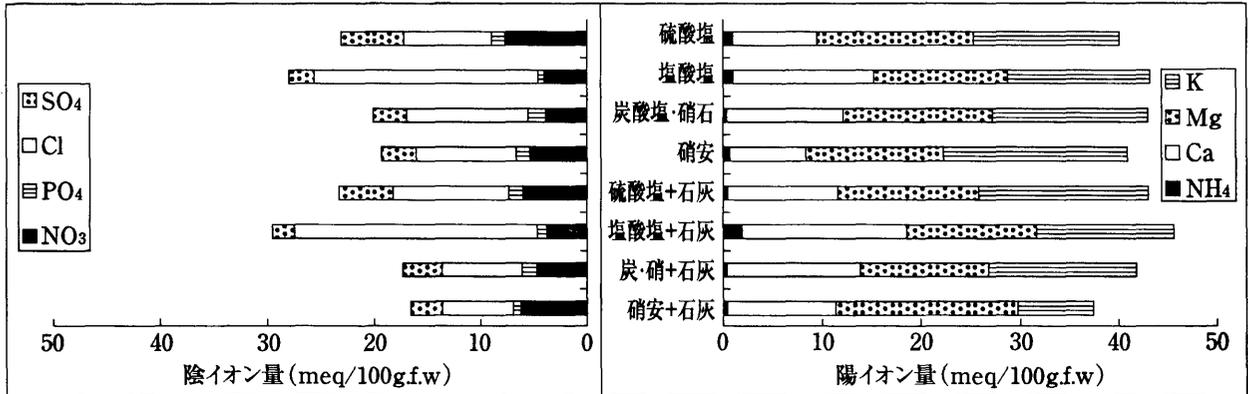
第13図—1 各栽培跡地における処理区ごとの放線菌・糸状菌比 (A/F値) の推移



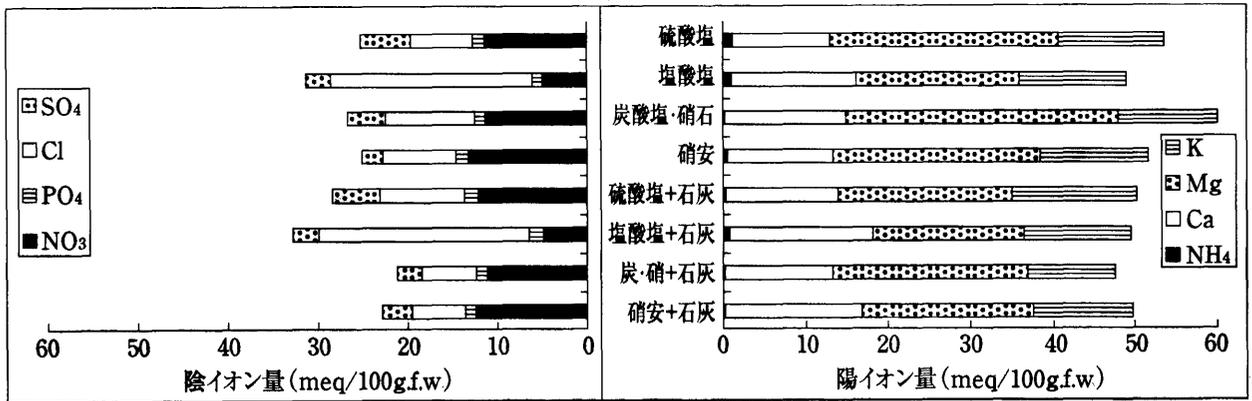
第13図—2 各栽培跡地における処理区ごとの細菌・糸状菌比 (B/F値) の推移



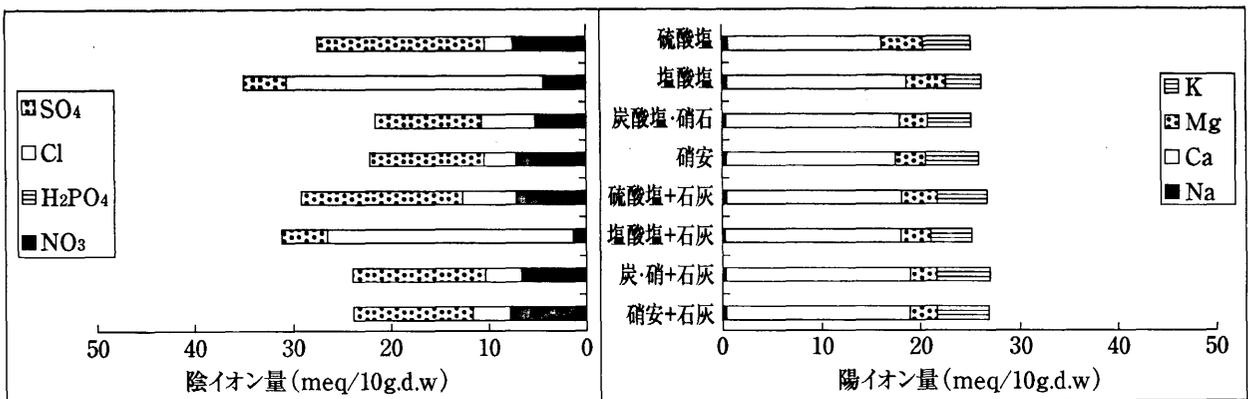
第14図-1 2作目トマトにおける栽培終了時上位葉の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



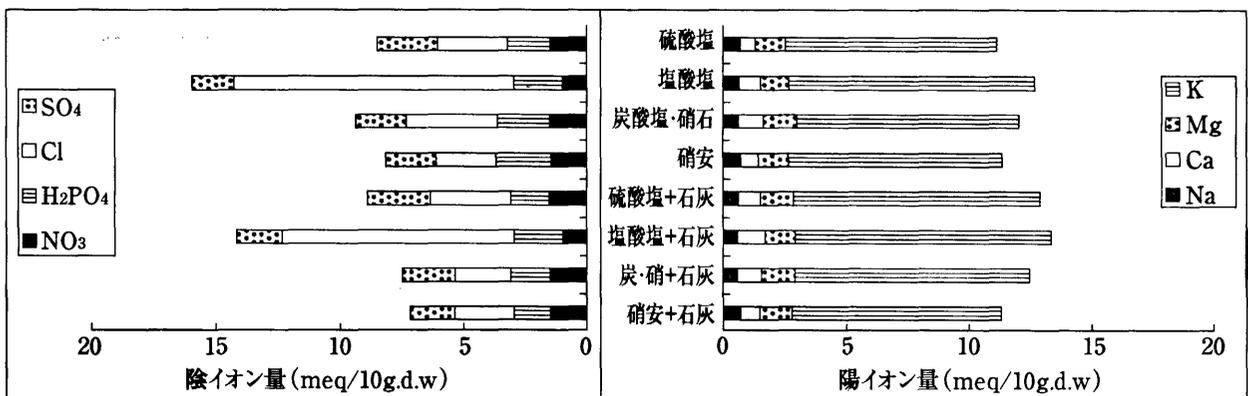
第14図-2 2作目トマトにおける栽培終了時下位葉の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



第14図-3 3作目メロンにおける栽培終了時葉部の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



第14図-4 3作目メロンにおける栽培終了時果実部の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



全体での硫酸イオンで10.4%, 塩酸塩区葉部全体の塩素イオンで50.1%を占め, いずれも高かった。それに対し炭酸塩・硝石区, 硝安区の硝酸イオン含量は前記2処理区と大きな差がなく, 随伴イオンが少ない分だけ無機陰イオン量も少なかった。陽イオンではカルシウム, カリウム, マグネシウムが主体で, アンモニウムイオンは塩酸塩区でわずかに多く存在した。また, 陰イオンに対する陽イオンとの割合をみると, 2作目トマト上・下

葉平均では硫酸塩区で1.82, 塩酸塩区で1.50, 炭酸塩・硝石区で2.19, 硝安区で2.07となっており, 随伴イオンを含まない区の陰イオンの比率が小さかった。3作目メロンでの葉部では, 硫酸塩区0.93, 塩酸塩区0.79, 炭酸塩・硝石区1.15, 硝安区1.15, 果実では同じ順に1.37, 0.87, 1.45, 1.47となった。葉中の構成成分ではカルシウムの比率が著しく高かった。また, 苦土石灰の施用によってもこれらの傾向は変わらなかった。

チッソ旭の新肥料紹介

★作物の要求に合わせて肥料成分の溶け方を
調節できる画期的コーティング肥料……………

ロング[®]〈被覆燐硝安加里〉 **LPコート**[®]〈被覆尿素〉

★緩効性肥料…………… **CDU**[®]

★バーミキュライト園芸床土用資材…………… **与作**[®] V1号

★硝酸系肥料のNo.1…………… **燐硝安加里**[®]

★世界の緑に貢献する樹木専用打込み肥料… **グリーンパール**[®]



チッソ旭肥料株式会社