

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

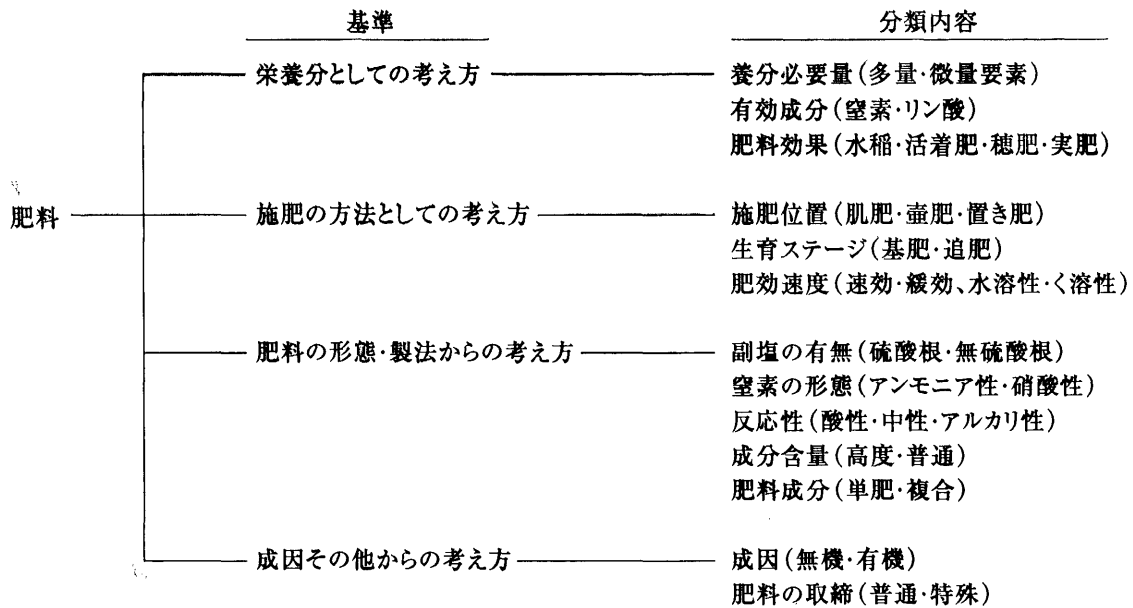
1 施設栽培の現状と試験目的

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、

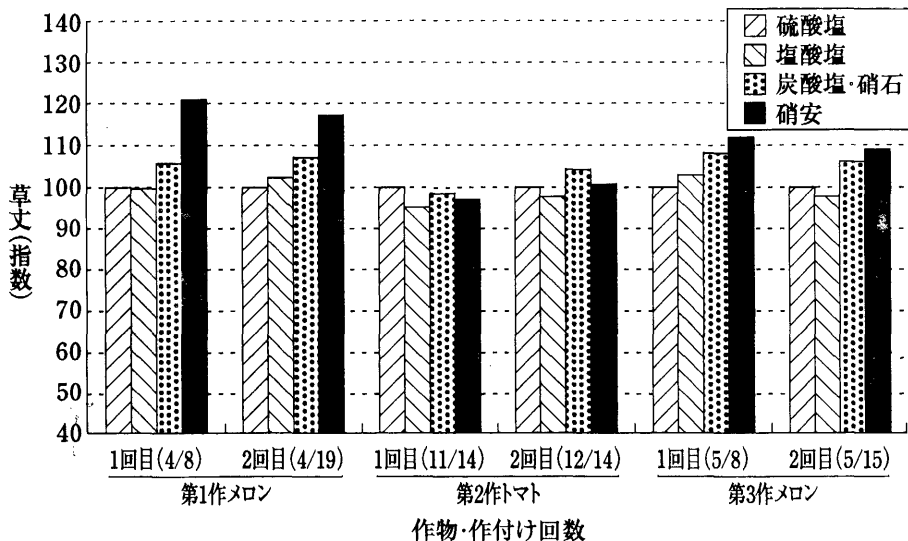
果実の水溶性無機イオンのバランス、④跡地土壌の微生物相の変化などである。試験結果は以下のとおりであり、第2表、第2図～第15図に示した。

(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

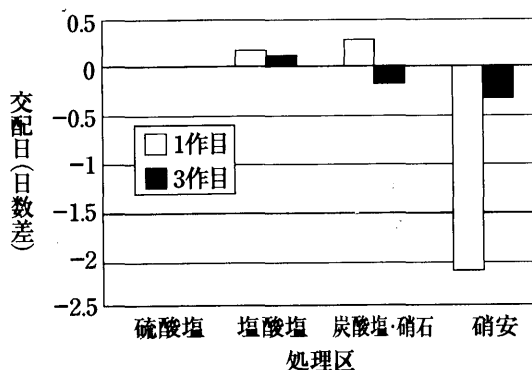
日が遅くなっていた。つぎに、2作目トマトについての尻腐れ果の発生率を第4図に示したがアンモニア態窒素を窒素源とした硫酸塩区、硝安区でやや高い傾向があった。また、2作目トマトで一部に萎凋症状が発生した（第5図）。処理区ごとに発生本数を示したが、塩酸塩区で最も多かったが、その症状から濃度障害によるものと思われた。硫酸塩区、硝安区でわずかに発生しているが褐色根腐れ病（J3）と思われた。この傾向は苦土石灰施用の有無

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



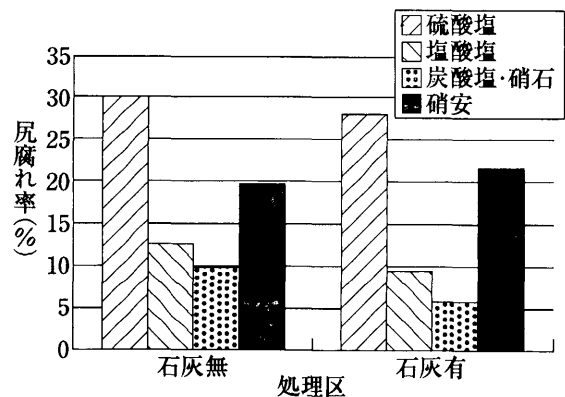
注1 炭酸・硝石は第1作目に炭酸塩、第2、3作目に硝酸石灰、硝酸カリに変えた。
注2 第2、3作目は苦土石灰施用、無施用区の平均値とした。

第3図 処理区によるメロンの平均交配日の違い

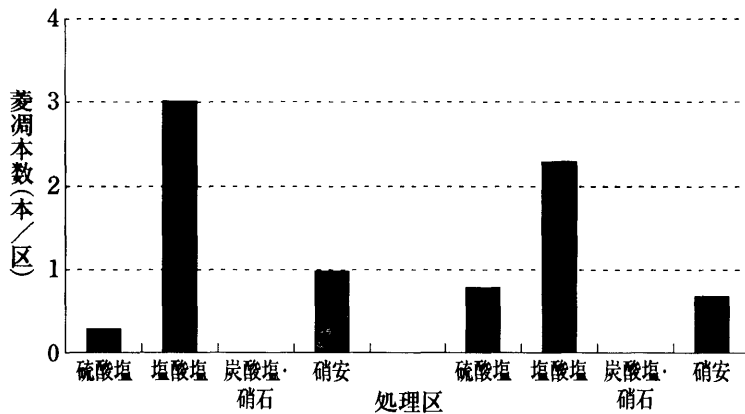


注1 硫酸塩区の交配日をゼロとした時の他の処理区の平均交配日の差を示した。

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

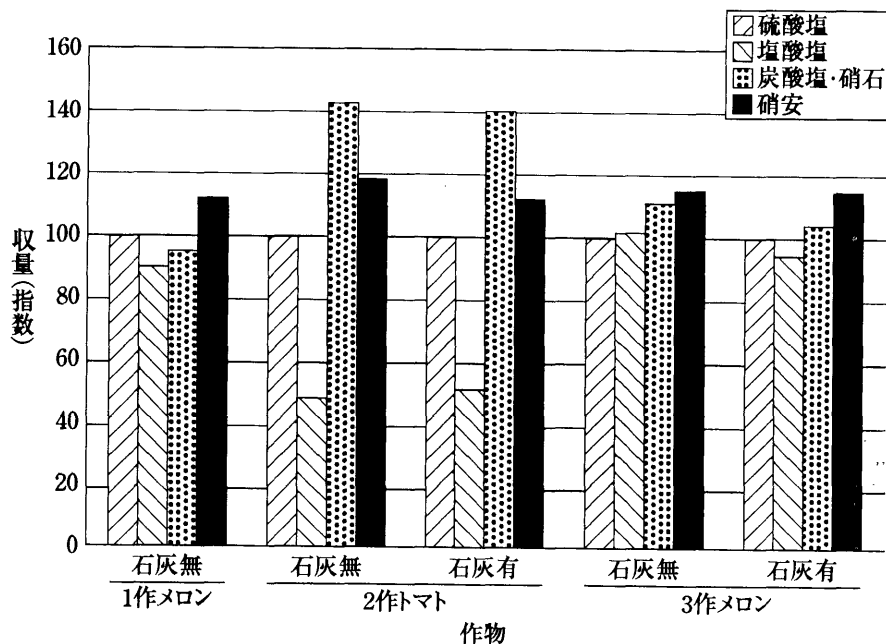


第5図 2作目トマトでの植物体萎凋状況調査結果



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) 土壌の化学性の変化

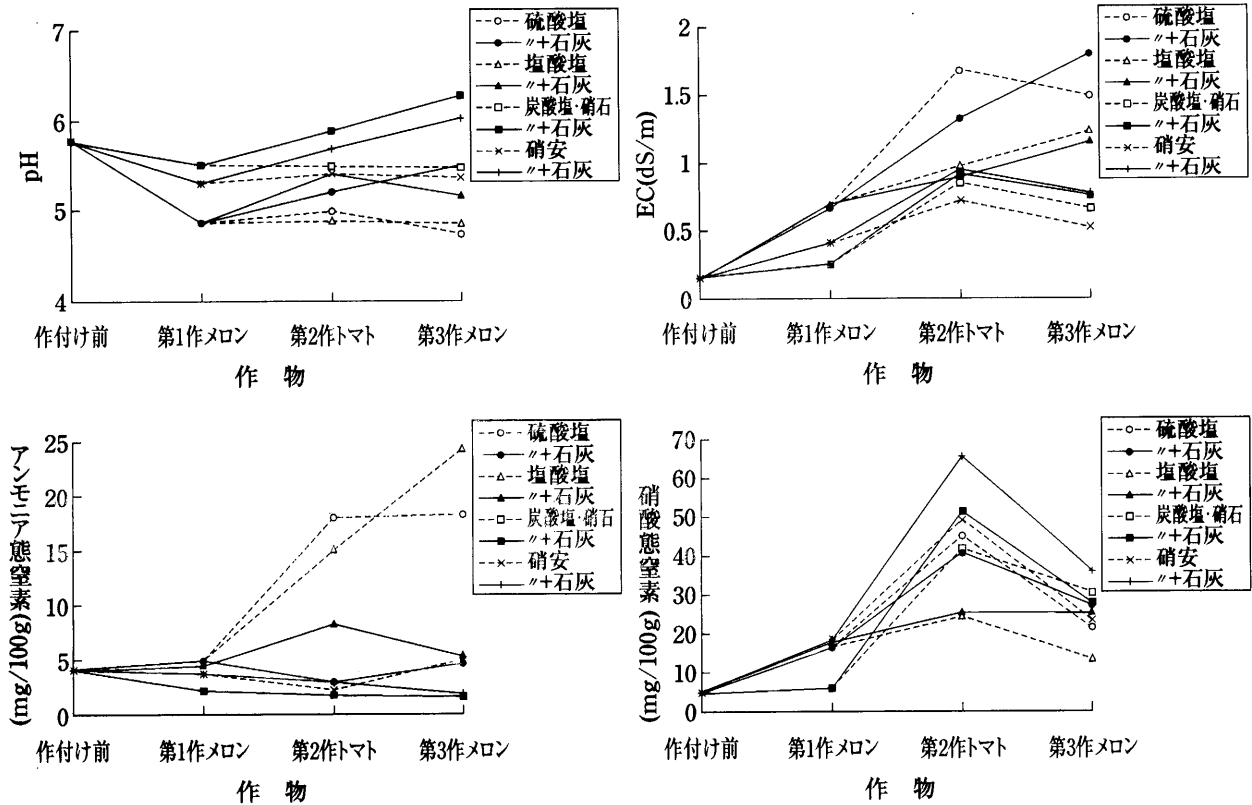
跡地土壌の化学性で肥料塩間で大きな差異が見られたのは pH, ECと窒素であった(第7図)。pH は苦土石灰を施用しないと各区とも低下して

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。

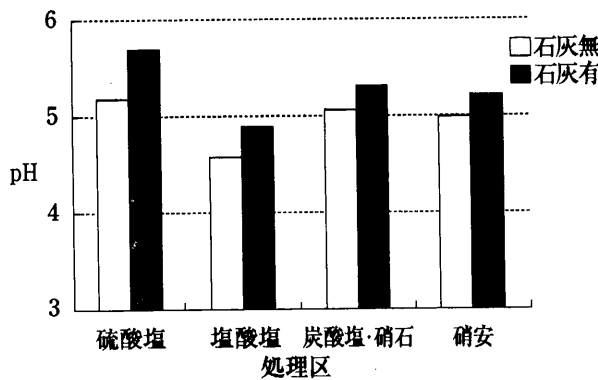
つぎに2、3作目の栽培中の土壌溶液中の化学性を測

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

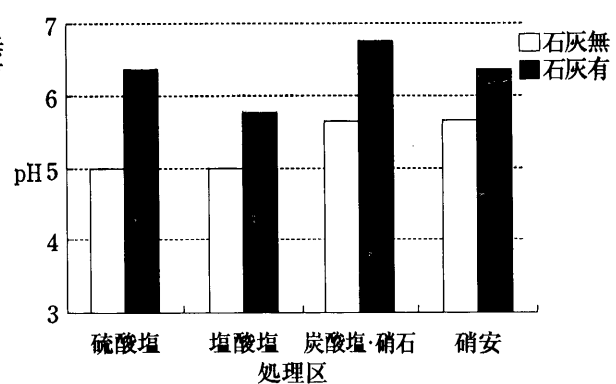
第7図 各栽培跡地土壌のpH, ECアンモニア態窒素, 硝酸態窒素の変化



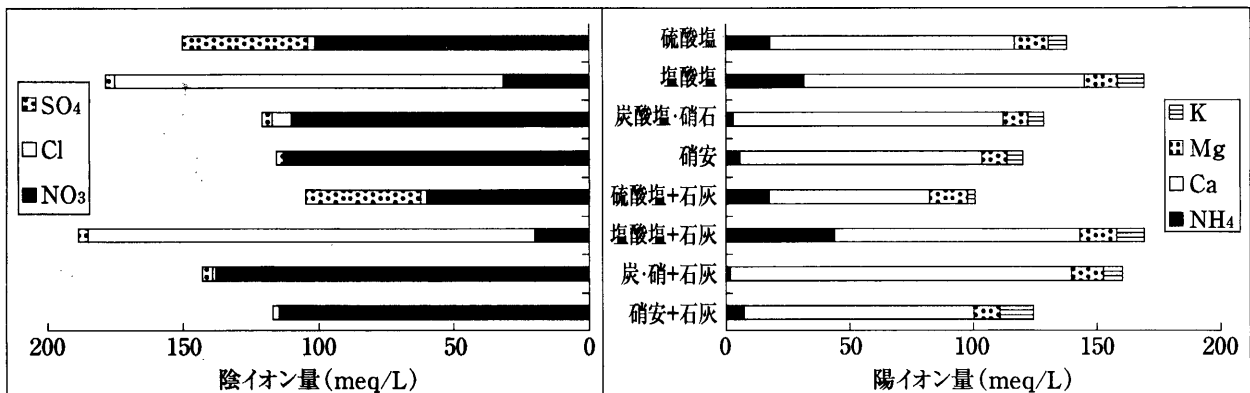
第8図—1 2作目トマト栽培中の土壌溶液のpH



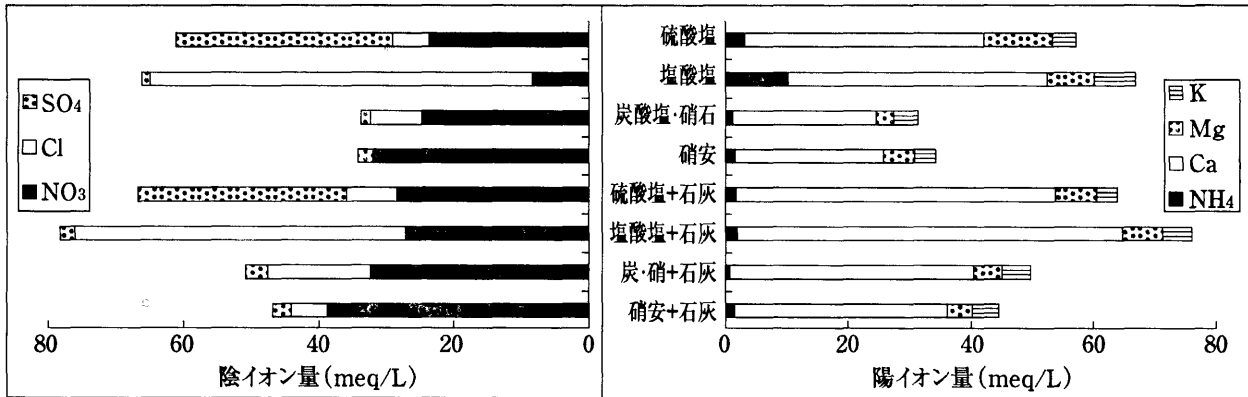
第8図—2 3作目メロン栽培中の土壌溶液のpH



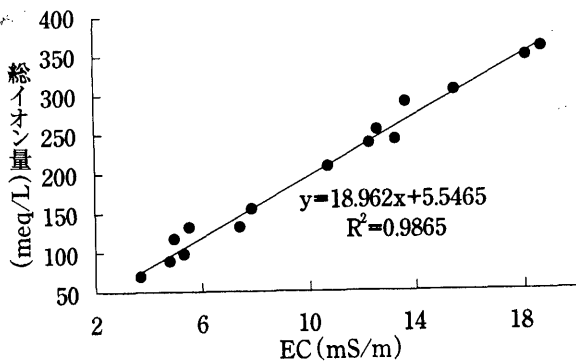
第9図—1 2作目トマト栽培における土壌溶液中の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



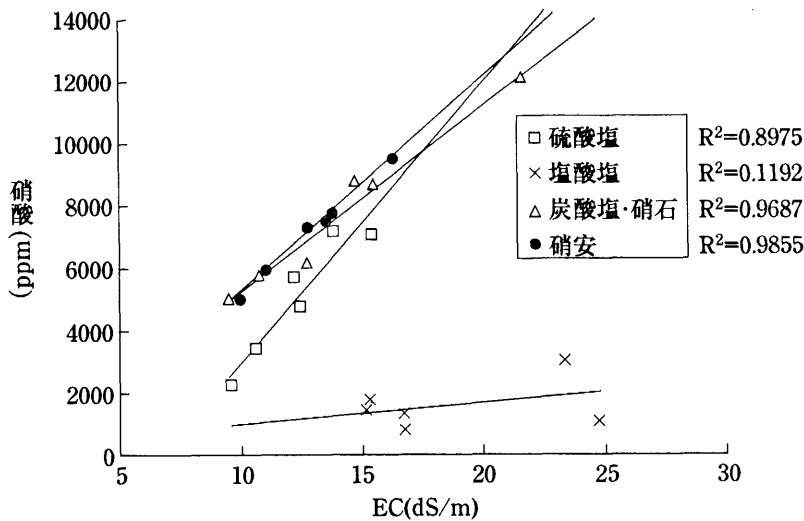
第9図—2 3作目メロン栽培における土壌溶液中の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



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。

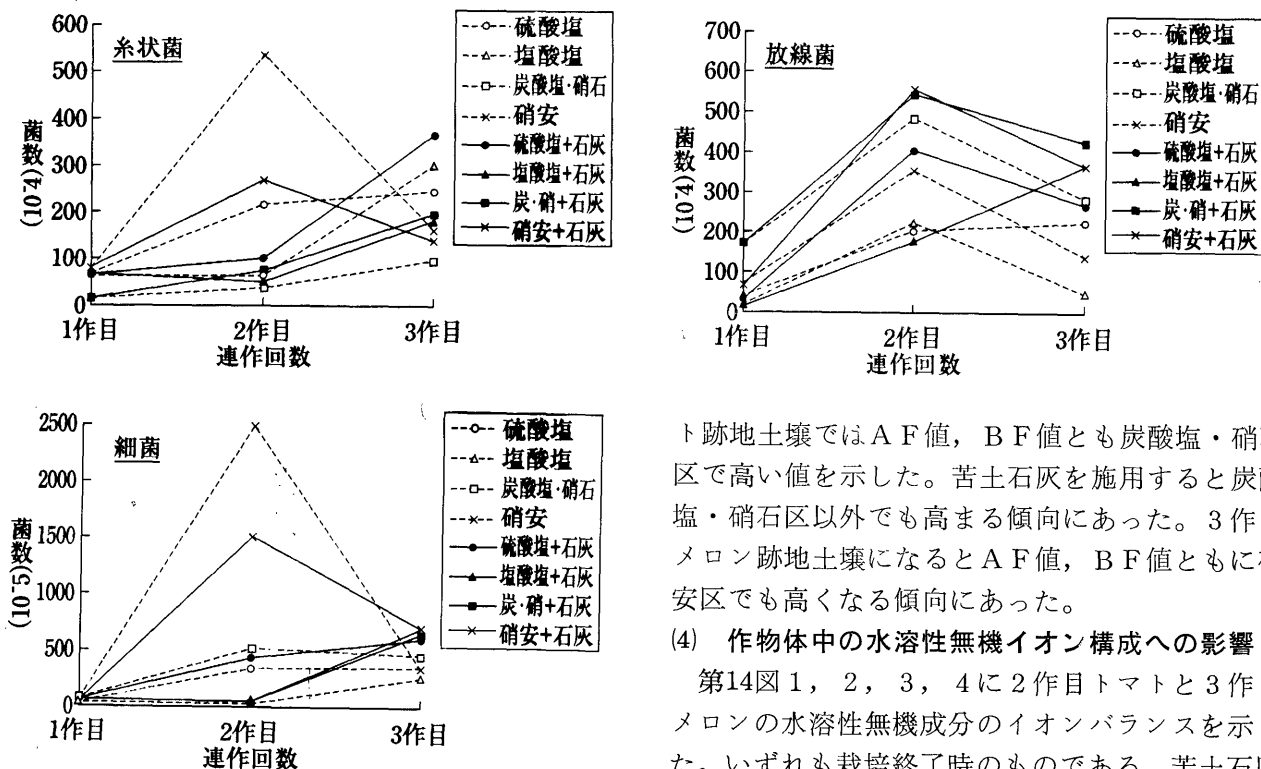
(3) 跡地土壌の微生物性的変化

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



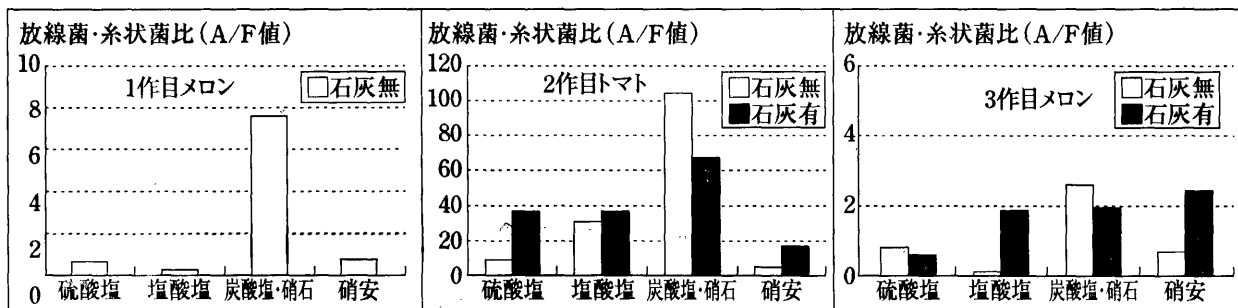
第13図 1, 2に2作目トマト, 1, 3作目メロン跡地土壌の放線菌・糸状菌比 (A/F値) および細菌・糸状菌比 (B/F値) を示した。2作目トマ

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。

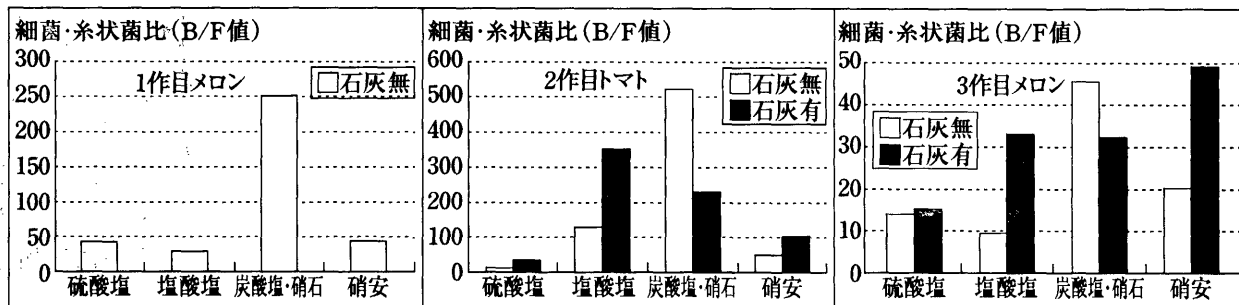
(4) 作物体中の水溶性無機イオン構成への影響

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

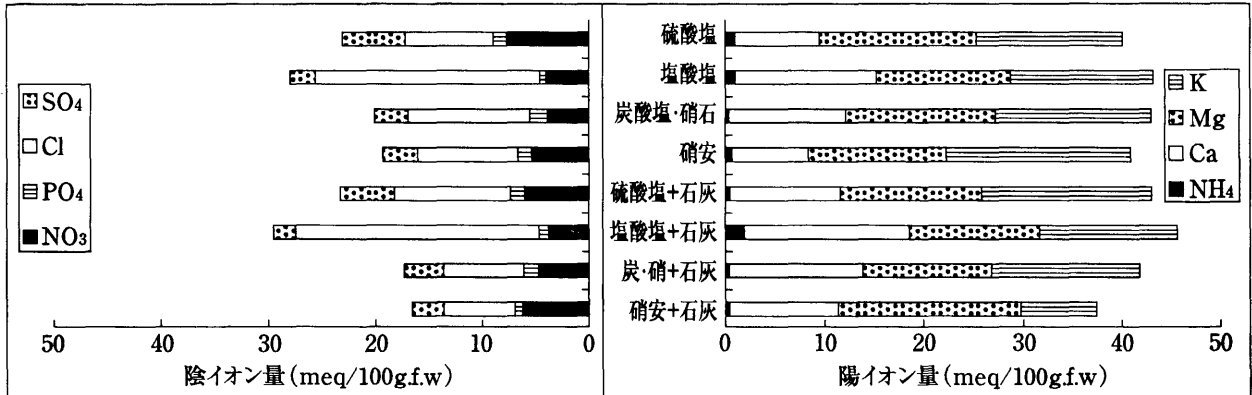
第13図—1 各栽培跡地における処理区ごとの放線菌・糸状菌比 (A/F値) の推移



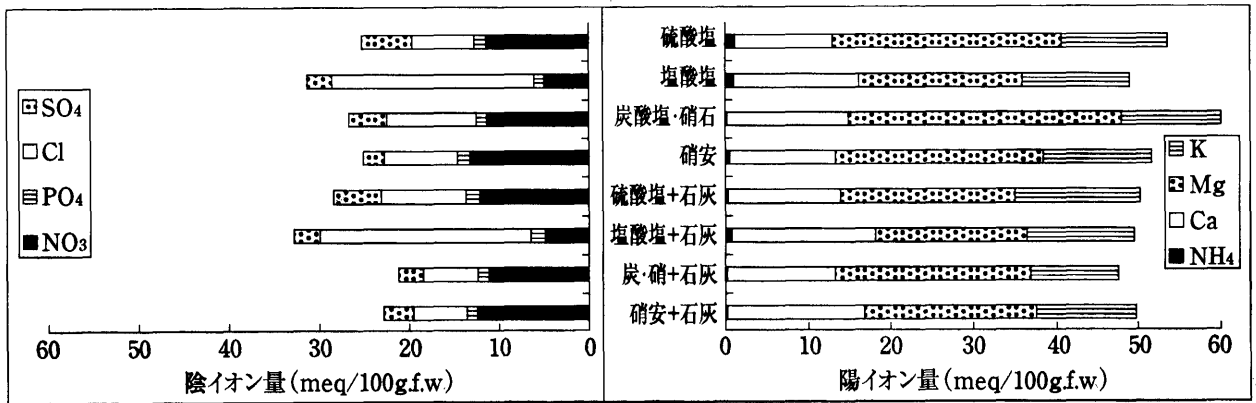
第13図—2 各栽培跡地における処理区ごとの細菌・糸状菌比 (B/F値) の推移



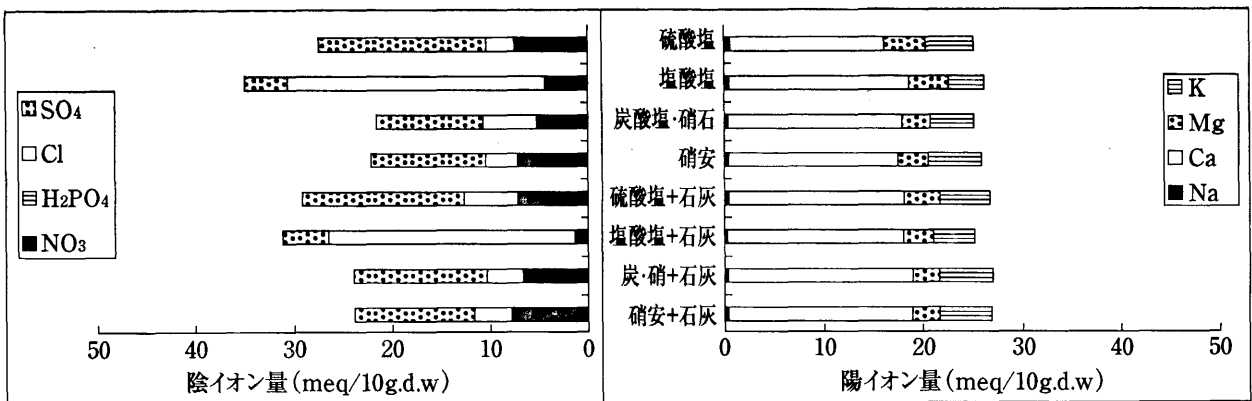
第14図-1 2作目トマトにおける栽培終了時上位葉の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



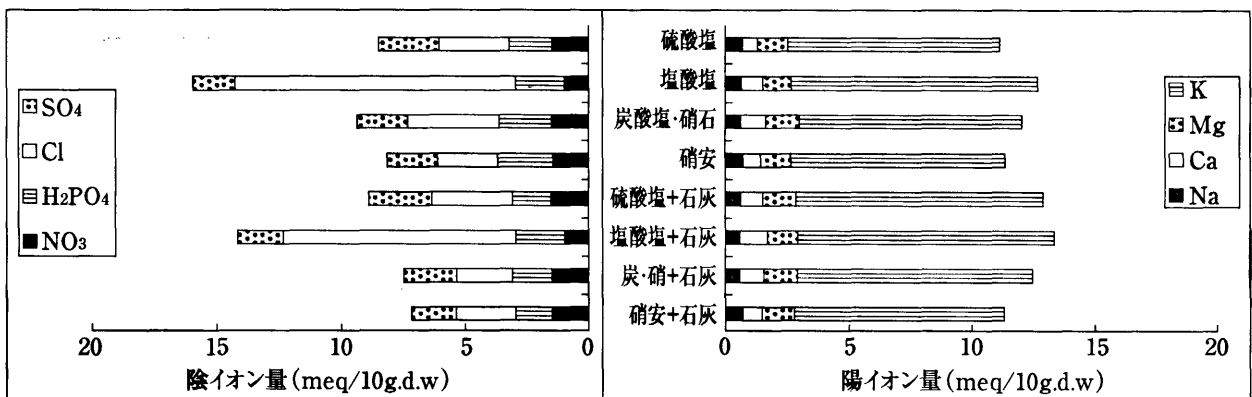
第14図-2 2作目トマトにおける栽培終了時下位葉の主要無機陽イオンと陰イオンのバランス



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