



Title	多肥かん水栽培条件下における硫酸根、塩素根、リン酸根肥料の土壌中の挙動
Author(s)	今井, 弘樹; IMAI, Hiroki; 谷山, 一郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 11(2), 189-201
Issue Date	1978-09-29
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11917">https://hdl.handle.net/2115/11917</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	11(2)_p189-201.pdf



# 多肥かん水栽培条件下における硫酸根、塩素根、 リン酸根肥料の土壤中の挙動

今井弘樹・谷山一郎  
佐久間敏雄・岡島秀夫  
(北海道大学農学部土壌学教室)  
(昭和53年3月25日受理)

## Behaviors of Sulfate, Chloride, and Phosphate Containing Fertilizers in Soil under Field and Vinyl House Experiments

Hiroki IMAI, Ichiro TANIYAMA, Toshio SAKUMA  
and Hideo OKAJIMA  
(Laboratory of Soil Science, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

肥料成分の作土層中における分布状態は、土壤の水分状態と密接な関係にあり、極端な乾燥条件下では土壤水分の地表面蒸発に伴ない、肥料塩が土壤表層に集積し作物に利用されがたい状態になる場合がある<sup>1)</sup>。札幌のように、年平均降雨量が1,135 mmにおよぶ比較的湿潤な気象条件下にあっても、降雨量の少ない6月から7月には、水不足による作物の生育抑制のみならず、肥料塩の土壤表層への集積による不可給化のために、作物が窒素不足に陥った例を認めている<sup>2)</sup>。

また、土壤溶液の養分濃度が、降雨、蒸発散などによる土壤水分の変動により、大きく変化することはよく知られた事実である。肥料成分の作土層中の分布、可給性を支配する要因は、まず第一にこの土壤水分であるが、作物養分の直接的給源である土壤溶液濃度は、また、存在するアニオンの種類と量に強く規制されている。土壤水分の減少は土壤溶液の濃縮を伴うが、存在するアニオン種によっては、難溶性塩類の生成により一定濃度に維持され、養分濃度の上昇がおさえられ、作物の濃度障害が回避される可能性がある。すなわち、肥料成分の可給性を考えるには、土壤水分と塩類の移動による作土層中のそれらの分布状態の変化と、酸根のことなる肥料塩の、土壤溶液中の挙動を明らかにする必要がある。

本報告では、酸根形態のことなる窒素、カリ肥料の施用量と、露地およびビニールハウスにおいてかん水処理

をくみ合わせてキュウリを栽培し、土壤中における養水分の分布とキュウリ生育の関係を検討した結果についておべる。

### 1. 実験方法

1975年、北大農学部実験圃場に間口5.5 m、奥行13 mのビニールハウスを2棟設置し、一棟を多かん水処理区、もう一棟を少かん水処理区とした。隣接する畑を露地区とした。試験区土壤のおもな化学的性質は Table 1 のとおりである。各区を幅25 cm、厚さ2 cmの板を埋設して2 m×1.8 mの小試験区に仕切り、つぎの施肥処理区をもおけた。

窒素、カリをN、K<sub>2</sub>Oとしてそれぞれ20、および60 kg/10アールずつ、硫酸、硫酸加で与えた硫酸根肥料施用区、塩安、塩加で与えた塩素根肥料施用区、およびリン酸一アンモニウム、リン酸一カリウムで与えたリン酸根肥料施用区の計6区を、ハウス2棟と露地にそれぞれもうけた。以後、多かん水処理区の硫酸根肥料20 kg/10アール施用区を多かん水硫酸根20区 (High irrigation, S-20)、露地のリン酸根肥料60 kg/10アール施用区を、露地リン酸根60区 (Field P-60) というように呼ぶことにする。

キュウリの栽培方法：5月1日、キュウリ(長岡交配、促成ときわ)種子をウスプルンで消毒後、ホーロー製バ

Table 1. Some properties of soil in plowed layer of experimental plot

pH (1:2.5)	EC (1:5)		Y <sub>1</sub>	Total N%	Total C%	C/N	CEC	me/100 g				Saturat- ion degree %	Available* phosphorus P mg/100 g
	H <sub>2</sub> O	KCl						mmho/ cm	Exchangeable cations				
								K	Na	Ca	Mg		
5.32	4.65	0.361	3.86	0.43	4.6	10.7	37.6	1.55	1.28	17.2	4.05	64	67.8

\* Bray No. 2.

ットに豊平沖積土を入れて作った苗床に播種し、温室内で発芽させた。3葉期にペーパーポットに移植し、ビニールハウス内で育苗した。5月13日から5月23日まで暗幕を使って日長8時間の短日処理を行った。なお、苗床、ペーパーポットには適宜施肥している。定植はハウス2棟には6月2日、露地区には6月10日に行った。栽植密度はうね幅67cm、株間36cm、1処理15個体である。7月7日に、5個体を間引きした。キュウリには適宜支柱をたて誘蔓した。自然草高2mになりしだい摘芯したが、生育後半には蔓がからまりあい作業が困難となったため放置した。キュウリ果実は7月7日以降9月1日まで2~3日おきに収穫し、新鮮重を測定した。

土壌試料、および土壌溶液採取法：土壌は、施肥前に試験区数カ所から表層10cmの部位より採取し、栽培前の土壌試料とした。土壌は風乾し、以後の分析に供した。

キュウリ栽培期間に、1区2カ所から土壌を期間別に採取し、土壌溶液を採取した。土壌は表層0~5、5~10、10~20、20~30cmの部位別に、約1kgをビニール袋に採取し、水分の損失を防いで実験室に持ち帰った。よく混合して土壌試料を均一な状態として、土壌水分を測定後、脱塩水で含水率40%に調整し、別報<sup>2)</sup>と同様に遠心法でpF 3.8までの土壌溶液を採取した。土壌溶液の分析項目と方法は以下のとおりである。

pH：ガラス電極法、電気伝導度(EC)：電極法、アンモニウムおよび硝酸態窒素：コンウェイ微量拡散法、カルシウム・マグネシウム・マンガン：原子吸光光度法、カリウム・ナトリウム：炎光光度法、リン：モリブデンブルーによる比色法、硫酸：塩化バリウム-ゼラチンによる比濁法、塩素：チオシアン酸第二水銀法、アルミニウム：アルミノン法。

このほか、各区の塩素根60区にテンションメーターを、表層から5、15、35cmの各部位に設置し、キュウリの栽培期間中昼間12時から1時にかけて土壌の水分状態を観測した。

## 2. 実験結果

Fig. 1にキュウリ栽培期間中の、ハウス内かん水量と、露地の降雨量を示した。かん水処理は6月2日より始め、6月22日までは多かん水、少かん水区とも同一量かん水した。それ以後、多かん水区は少かん水区の3倍量のかん水をおこない、栽培期間中の総かん水量が、札幌地方における同期間の過去10年間の最多降雨量と、最

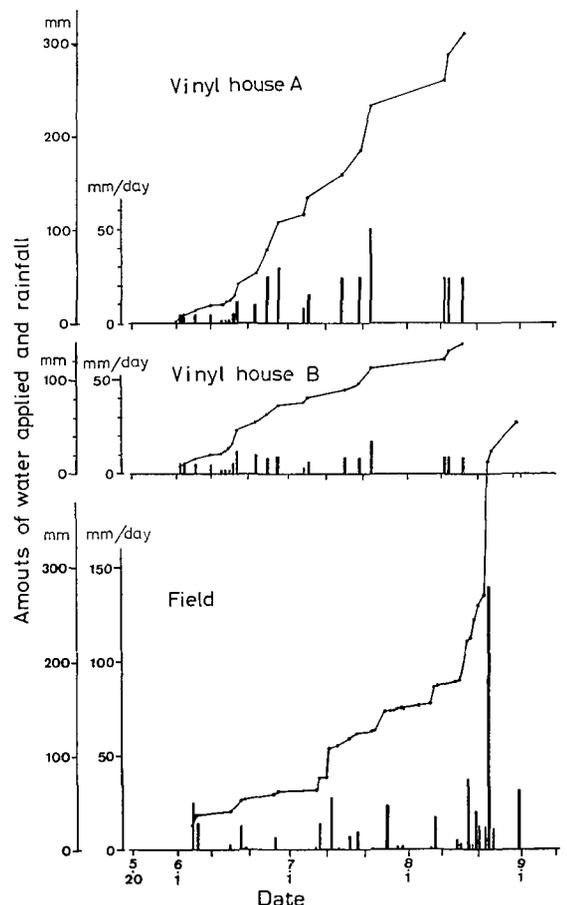


Fig. 1. Amounts of water applied and rainfall of each plot during the experiments.

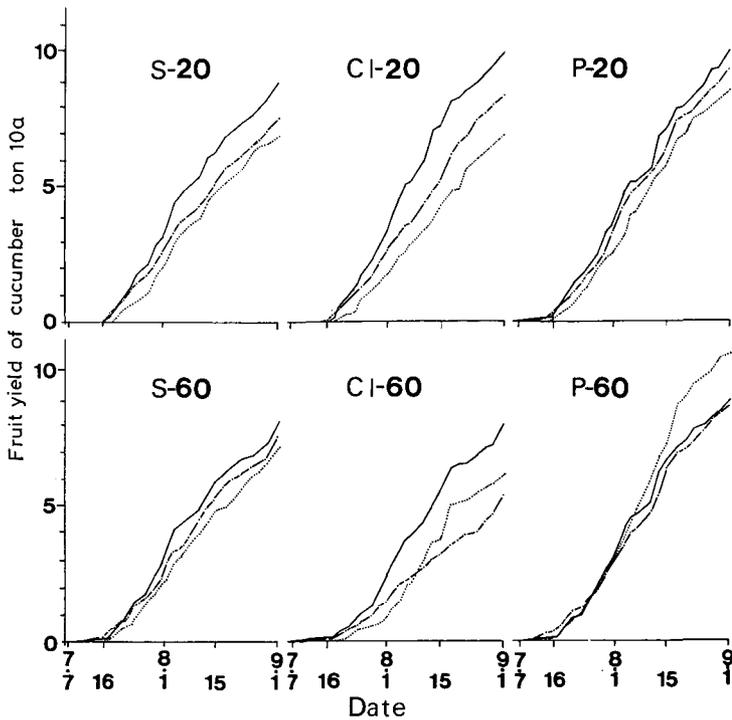


Fig. 2. Cumulative fruit yield of cucumber.

(— Vinyl house A··High irrigation)  
 (--- Vinyl house B··Low irrigation)  
 (..... Field)

Table 2. Total fruit yield of cucumber tons/10 a

Fertilizer	Amount of fertilizer kg/10 a	Fruit yield		
		Vinyl house A	B	Field
Sulfate	20	11.5 (127)	9.57 (105)	9.09 (100)*
	60	10.7 (118)	10.2 (112)	10.6 (117)
Chloride	20	12.3 (133)	10.7 (118)	10.6 (117)
	60	10.5 (116)	7.4 (81)	8.06 (80)
Phosphate	20	13.7 (151)	12.9 (142)	12.4 (136)
	60	12.2 (134)	12.0 (132)	14.4 (158)

\* Parenthesis relative, with those for field sulfate 20 plot equaling 100.

少降雨量に相当するようにした。総かん水量は、多かん水区 310 mm, 少かん水区 140 mm である。露地の降雨量は、6, 7 月にかけて少ないが、8 月中旬以後多くなり、とくに 8 月 23 日には 140 mm の大雨を記録した。栽培期間中の総雨量は 456 mm であった。

キュウリの果実収穫量を Fig. 2 と Table 2 に示した。キュウリは正常果、曲り果を合わせて果実収量とした。硫酸根区は各区とも 10 アールあたり 10 ton 前後の収量が得られ、区間に大きな差はない。塩素根区は少かん水 60 区で 7.4 ton と低い。リン酸根根は、全区とも硫酸根、塩素根区より収量は高く、露地 60 区では最高の 14.4 ton を示した。キュウリの経時的収穫状況をみると (Fig. 2), 硫酸、塩素、リン酸根の各 20 区では、いずれも多かん水処理が少かん水処理より収穫開始時から果実収量は高い。施肥量が 20 kg/10 アールの段階では、かん水処理区が露地区より若干の収量増となっている。60 kg/10 アール区においては、硫酸根、リン酸根ともかん水処理による差はあまり認められない。塩素根区の少かん水 60 区は、7.4 ton と全区中もっとも収量は少ない。

とくに、収穫開始初期に生育の停滞が認められるが、後期に回復する傾向にある。多かん水 60 区は 10.5 ton と他区に比べて遜色ない生育を示した。

肥料別にみると、リン酸根区で収量が高い。硫酸根、塩素根区は 20 kg/10 アールの施肥量では、各区にあまり差がないが、60 kg/10 アールの施肥により、露地のリン酸根区をのぞいて、いずれも収量は低下している。とくに、少かん水塩素根 60 区でその傾向が著しい。

6 月 4 日の土壌の水分状態と、土壌溶液の pH, EC を Fig. 3 に示した。土壌溶液のイオン濃度とイオン比を Fig. 4 に示した。図は多かん水区の土壌についてであるが、ハウス、露地とも施肥直後であり、各区は同じ状態にあったと考えられる。

土壌水分は含水率 25% 程度であり、表層 0~5 cm は 22% とやや低い。図中の“無肥料”とは、試験区とは別に肥料を施用していない畑から採取したものである。EC は、硫酸根、塩素根区で、60 kg/10 アールの多肥が 20kg/10 アールより高まっているが、その高まりは、硫酸根区では最高 4 mmho/cm であるのに対し、塩素根区は 0~10 cm の層まで 9 mmho/cm、10~20 cm では 16 mmho/cm を示した。リン酸根区では 20, 60 kg/10 アールの両区でほとんど差が認められない。pH は、硫酸根区では全層にわたり 5.5~6.0 に維持されているが、塩素

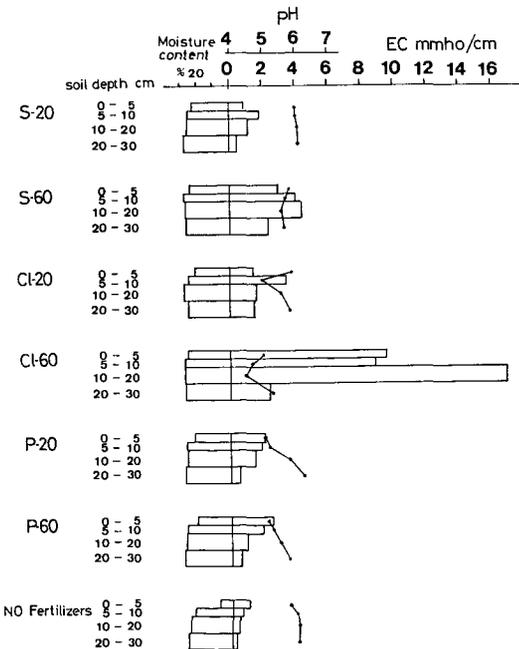


Fig. 3. Moisture content of soil and pH, EC of the soil solution. (June 4)

根区では EC の高い層位で pH が低く、60 kg 区の 10~20 cm の層位では 4.5 を示している。リン酸根区は 20, 60 kg/10 アールとも同様の傾向であり、いずれも表層の EC の高い部位ほど pH は低い

土壌溶液のイオン濃度は硫酸根、塩素根区でアニオン中それぞれ硫酸、塩素濃度が高いのは当然であるが、両区とも硝酸濃度が 10 me/l 以下であり硝酸化成があまり進行していないことを示している。リン酸根区ではアニオン中硫酸、塩素濃度が低く、アニオン中硝酸のしめる割合が高い。カチオン比については各肥料区とも 60 kg/10 アールの施用で 1 価イオンの割合が高くなっている。硫酸根、塩素根の 60 区ではアンモニウムとカリウム濃度比が著しく高くなっている。一方リン酸根 60 区では 1 価カチオンの割合が高いものの濃度は 10 me/l 以下である。

7 月 10 日の各処理区の土壌水分状態と土壌溶液の pH, EC を Fig. 5 に、土壌溶液のイオン濃度とイオン比を Fig. 6, 7, 8 に示した。施肥後より 7 月 10 日までのかん水量は多かん水区 148 mm、少かん水区 85 mm、であり降雨量は 78 mm である。

土壌水分は少かん水区の表層では他区より減少しており含水率 20% 程度であるが、多かん水区、露地では全層にかけて 30% 程度とあまり差はない。土壌溶液の EC は全般的に 6 月 4 日より増加しており、また表層にかけて高い傾向にある。施肥成分がその後再分布したことを示している。多かん水区では硫酸根肥料のように 5~10, 10~20 cm の部位で EC が高いが、少かん水区では表層 0~5, 5~10 cm が著しく高くなっており、とくに塩素根 60 区では 0~5 cm が 20 mmho/cm にも達した。露地区は少かん水区より表層の EC の高まりは少なく、多かん水区と同様の傾向にある。pH は 6 月 4 日より全般的に低下している。とくに EC の上昇した部位では 5 以下を示していることが多い。

土壌溶液のイオン濃度は全般的にみるとアンモニウム濃度が減少し、硝酸濃度が上昇しており、この間硝酸化成作用が進行したことを示している。硫酸根区では多かん水、少かん水、露地区において、EC に示されるごとく養分の分布はことなるが、アニオン中硫酸濃度は 20, 60 kg/10 アール施用の両区に大きな違いはなく、40 me/l を越えるものはない。硝酸濃度は 60 kg/10 アール施用で高く、硫酸根区の土壌溶液濃度の差はおもに硝酸濃度の差に由来している。カチオン濃度は 60 kg/10 アール施用区でアンモニウム、カリウム濃度が高いが、イオン比からは各区、両施肥処理、また各層位にわたり大きな違い



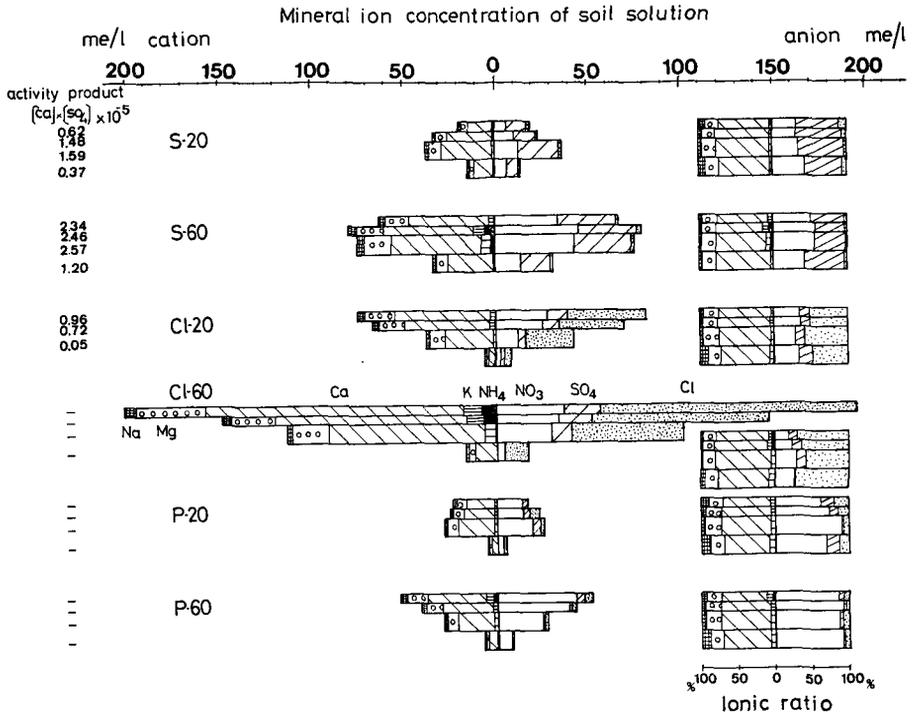


Fig. 6. Mineral ion concentration and ionic ratio of the soil solution, vinyl house A. (July 10)

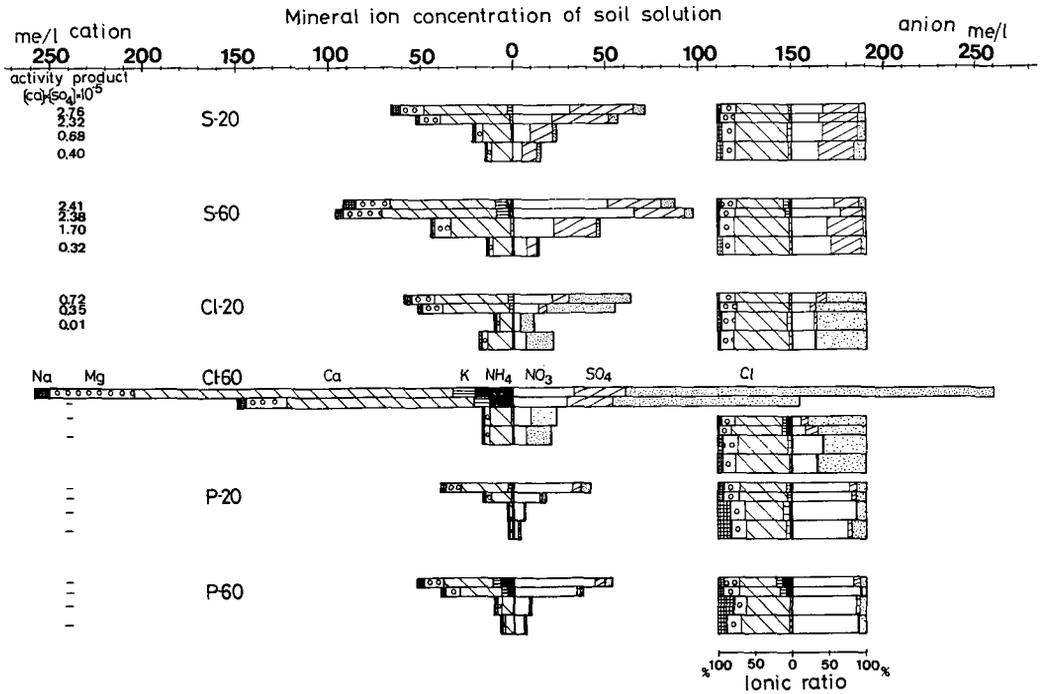


Fig. 7. Mineral ion concentration and ionic ratio of the soil solution, vinyl house B. (July 10)

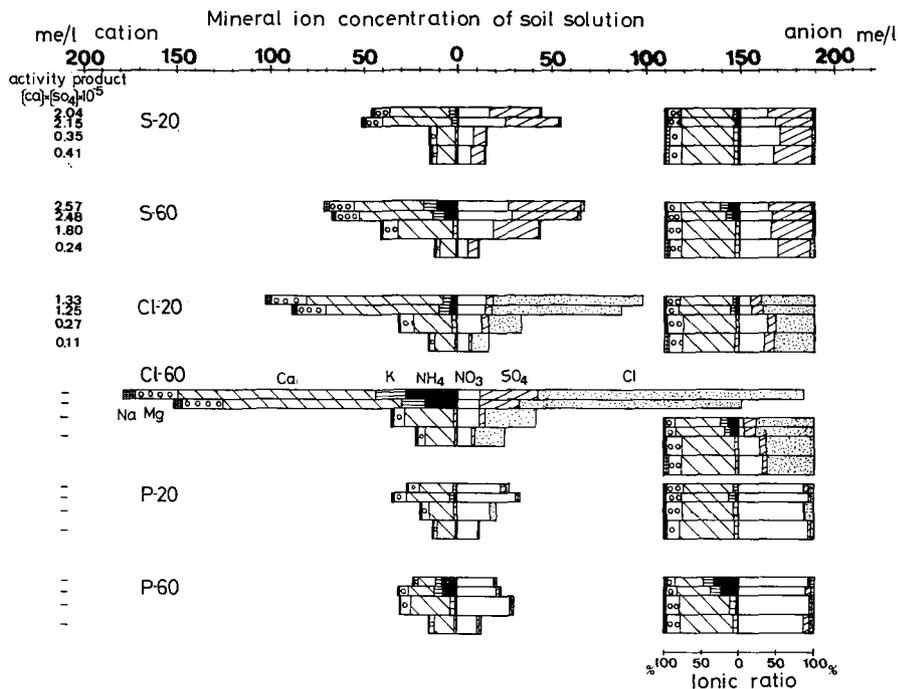


Fig. 8. Mineral ion concentration and ionic ratio of the soil solution, field. (July 10)

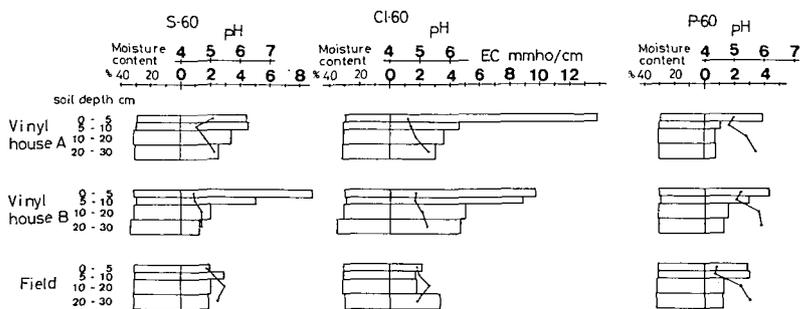


Fig. 9. Moisture content of soil and pH, EC of the soil solution. (Aug. 25)

は認められない。カルシウム，マグネシウムが全カチオンのほぼ90%をしめている。

塩素根区ではアニオン中塩素が大半をしめている。60 kg/10 アール施用では60~80%におよんでいる。硝酸イオン濃度は20, 60 kg/10 アール施用の両区であまり大きな差はなく、40 me/l以下である。硝酸濃度が低いことはキュウリによる吸収もあるが、pHが低いために硝酸化作用が活発に進行していないためと思われる。事実、60 kg/10 アール施用のECの高い部位では依然アンモニウムが高濃度に存在している。このように塩素根肥

料施用では、土壌溶液濃度の差はおもに塩素イオンに由来している。カチオン濃度はECの高い部位で1価カチオンのアンモニウム，カリウムが高濃度であるが、イオン比では各区各層位にほとんど差がなく、硫酸根区，リン酸根区とも明確な相違は認められない。

リン酸根区についてみると、少かん水区で表層の養分濃度が高まっているが、全般的に低濃度に維持されている。60 kg/10 アールの施用でも硫酸根20区，塩素根20区以下である。土壌溶液のアニオン中硝酸が大半であり70~80%をしめている。カチオン濃度は60 kg/10 アー

ル施用の表層0~5, 5~10 cmの部位で、アンモニウム、カリウムなどの1価カチオンがとくに高い傾向にあるが、全般的には硫酸根、塩素根肥料と決定的な違いは認められない。

8月25日の各区60区の土壌水分と土壌溶液のpH, ECをFig. 9に示した。この間、多かん水区には162 mm, 少かん水区には55 mmかん水しており、露地では352 mmの降雨があった。とくに8月22日から23日にかけて140 mmの大雨を記録した。土壌溶液のECは7月10日にくらべ全般的に低下しているが、塩素根60区の表層は依然高い値を示している。露地区は8月23日の降雨の影響により、硫酸根、塩素根、リン酸根区ともハウスの多かん水区、少かん水区より低いECとなつて

いる。少かん水区では各肥料区とも表層にかけてECが高くなっているが、塩素根区では多かん水区においても表層0~5 cmに高いECが認められた。

土壌の水分変動：各区の塩素根60区の土壌水分の経時的变化をFig. 10, 11, 12に示した。図にはテンションメーターの水銀柱の読み取り値から換算したpF値で示した。Fig. 1のかん水量と降雨量の推移と対比してみると多かん水区はかん水とともに、表層5 cm, 15 cmのpFが低下する。その後15 cmのpFが上昇し、おかれて5 cmのpFが上昇する。35 cmの部位は6月25日から27日, 6月30日から7月1日と低下する。キュウリの果実の収穫が始まった7月以降は、かん水後全層にわたりpFが低下したのち、35 cmの部位もpFは上昇

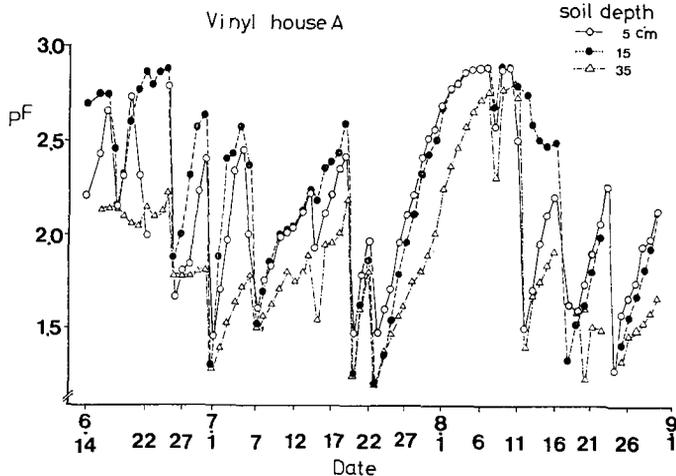


Fig. 10. Seasonal variation of soil pF value, vinyl house A.

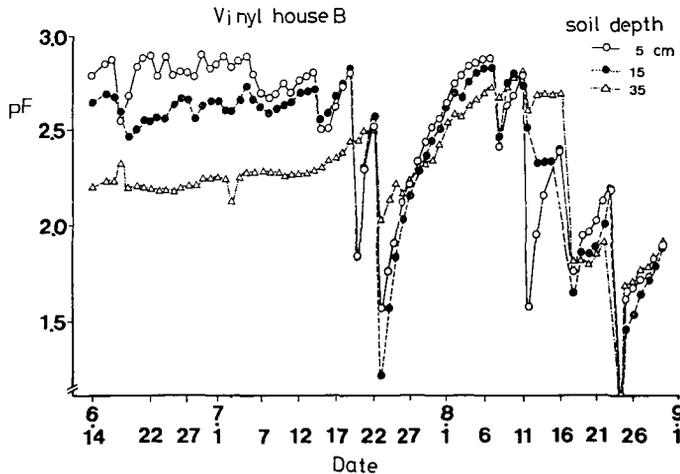


Fig. 11. Seasonal variation of soil pF value, vinyl house B.

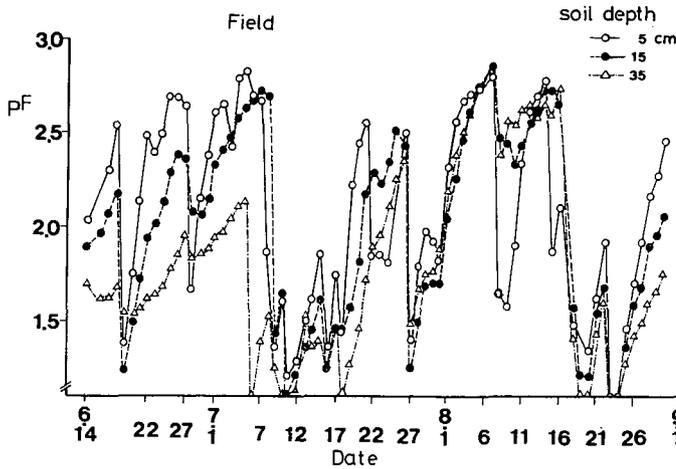


Fig. 12. Seasonal variation of soil pF value, field.

している。8月中旬以後5 cm, 15 cmの部位のpF変動が大きい。少かん水区はかん水により、表層5 cmのpFは低下するが15 cmの部位はあまり低下しない。1回かん水量が10 mm以下であった7月23日まで全層にわたりpFは多かん水区より高い値を示している。35 cmの部位は2.2から2.5へ徐々に上昇しており、かん水による水の浸透は35 cmまではおよんでいない。表層5 cmは2.8~2.9に推移し、15 cmでは2.6程度を示している。7月23日のかん水後は、全層ともpFは上昇し、35 cmの部位は2.6と5 cm, 15 cmより高く推移している。露地区は降雨とともに、表層5 cm, 15 cmのpFが低下するが、多かん水区とことなり、その後5 cm, ついで15 cmの部位のpFが上昇する。7月中旬までは少かん水区より低いpF値を示しているが、その後8月中旬までは各層位ともpFは上昇し、35 cmの部位もpF 2.5以上を示した。以上のことから、塩素根60区におけるキュウリは、多かん水区、露地区では0~35 cmの部位にわたり土壌水分が利用可能な状態であったと思われる。少かん水区では、7月中旬まで表層0~5 cmの土壌水分は利用しがたい状態であり、キュウリは15 cm以下の比較的下層の土壌水分を吸収していると思われる。

### 3. 考 察

硫酸根肥料を多用すると、土壌中に石膏が生成し、土壌溶液の硫酸とカルシウム濃度は石膏の溶解度積に支配されることは、これまで認められてきたことである<sup>2,3)</sup>。Fig. 4, 6, 7, 8のカルシウムと硫酸の活動度積の値をみると、硫酸根20, 60区では、いずれの区もECの高い部位において、石膏の飽和溶液値 $2.45 \times 10^{-5}$ に近い値を

示している。本実験においても、土壌溶液は石膏の飽和状態となり、硫酸濃度の上昇がおさえられている。

塩素根肥料は、塩素が土壌中のカルシウム、マグネシウムなどと溶解度の高い塩を生成するために、土壌溶液にとどまり、濃度は上昇しやすい。リン酸根肥料は、リン酸が土壌中のカルシウム、鉄、アルミニウムと結合して、難溶性のリン酸塩を生成し、土壌溶液濃度は硫酸根、塩素根肥料にくらべ、はるかに低濃度に維持される。リン酸根区はいずれも土壌溶液のイオン濃度が低く、リン酸濃度も施肥直後に最高65 ppmを示すことがあったが、大半は1 ppm以下であった。こうした肥料塩の酸根の

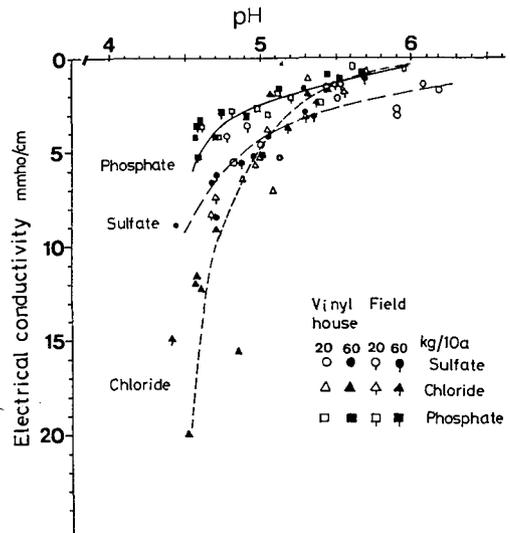


Fig. 13. Relationship between pH and EC in the soil solution. (July 10)

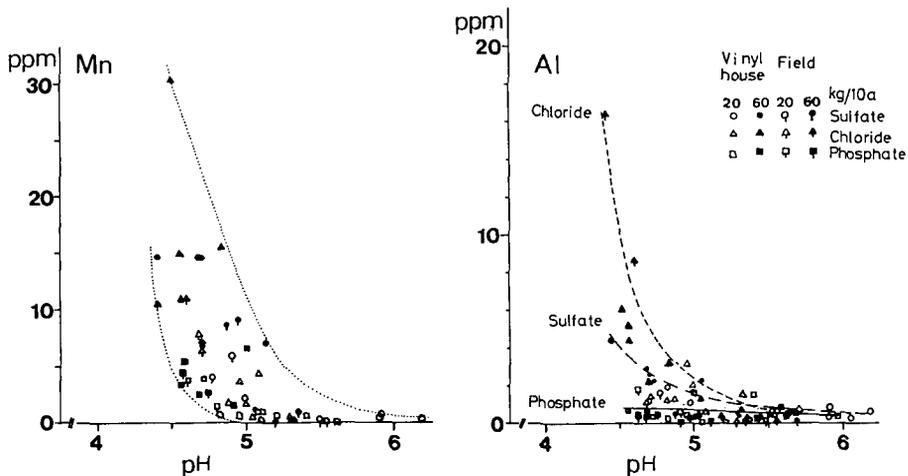


Fig. 14. Relationship among pH and aluminum and manganese concentrations in the soil solution. (July 10)

土壌中の挙動の違いが、Fig. 4, 6, 7, 8 のような、土壌溶液濃度の差としてあらわれている。

施用したアンモニウム態窒素が硝酸化成作用をうけて硝酸に変化すると、土壌コロイドとの親和力を失い土壌溶液中に溶出してくる<sup>5)</sup>。硫酸根、リン酸根区の土壌溶液のイオン濃度の差は、おもにこの硝酸濃度の差に由来している。

つぎに、各肥料施用区の pH, EC についてみると、Fig. 13 に 7 月 10 日の土壌溶液の両者の関係を示した。土壌溶液 pH は EC が高いほど、いずれの肥料でも低い値を示している。しかしながら、塩素根、硫酸根、リン酸根肥料により pH 低下の度合いはことなっている。全般的に EC の低いリン酸根区においても、EC が高いほど pH は低下しているが、EC が著しく高い塩素根区においても、pH はリン酸根区と同様に 4.5 を限度に維持されている。本圃場においては各肥料の使用により pH は低下するが、ほぼ 4.5~6.5 の間にあるとみてよい。集約多肥栽培の被覆下土壌の土壌液 pH は、土壌 pH にかかわらず中性付近に維持される<sup>6)</sup>といわれているが、本実験では土壌溶液の pH が EC の上昇とともに低下している。

この時の土壌溶液のマンガンとアルミニウム濃度の関係を Fig. 14 に示した。マンガン濃度は pH の低下ともない上昇しており、最高塩素根 60 区では pH 4.5 で 30 ppm を示した。しかし同一 pH でもマンガン濃度には差がある。pH の低下ともない可溶化したマンガンは置換性カチオンとして行動するために、その土壌溶液濃度は他のカチオン濃度にも影響されると思われる。アル

ミニウム濃度は塩素根、硫酸根区では pH の低下により上昇し、塩素根区では 16 ppm を示すこともあった。リン酸根区は他の肥料とことなり、pH 4.6 の場合においても他の区よりも低濃度に維持されている。リン酸根区では、pH 低下により可溶化したアルミニウムが、肥料のリン酸に補そくされ、ただちに難溶性リン酸塩となって沈澱するために、土壌溶液濃度が上昇しない可能性がある。

つぎに、土壌溶液の EC と全カチオン濃度の関係を

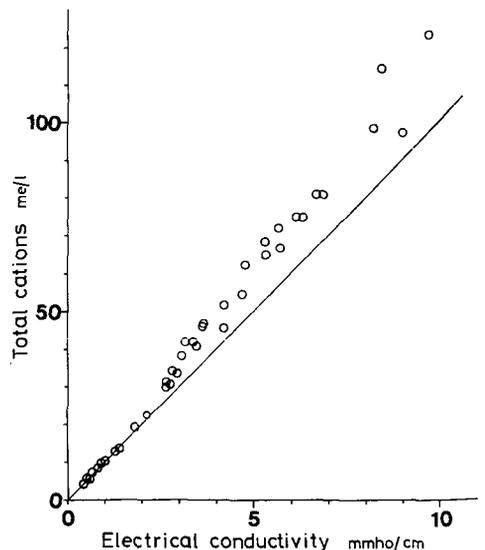


Fig. 15. Relationship between EC and total cations in the soil solution, sulfate plot.

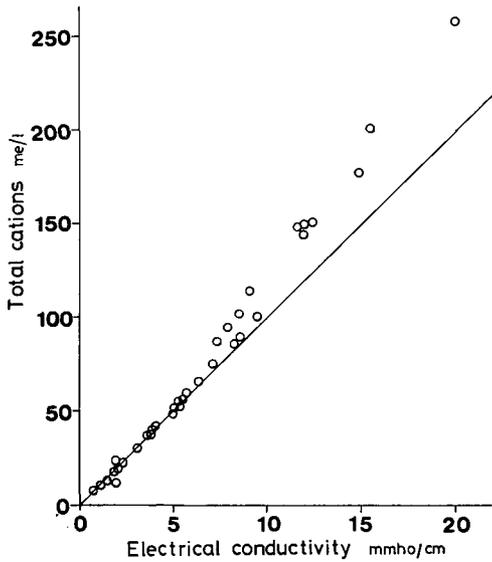


Fig. 16. Relationship between EC and total cations in the soil solution, chloride plot.

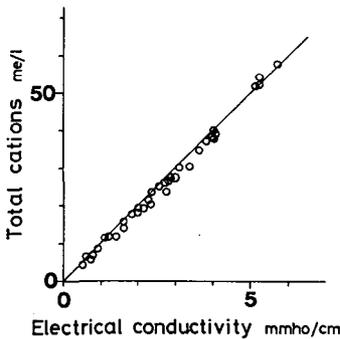


Fig. 17. Relationship between EC and total cations of the soil solution, phosphate plot.

Fig. 15, 16, 17 に示した。各肥料区とも、ECの低い土壌溶液では、全カチオン濃度 $=EC (mmho/cm) \times 10^{17}$ の経験式が成り立っている。しかし、硫酸根区では (Fig. 15) ECが3 mmho/cmを越えると、この式から予想される値より、全カチオン濃度は高くなっている。硫酸イオンが、カルシウムやマグネシウムと結合して、 $CaSO_4^0$ や $MgSO_4^0$ などの電荷をもたないイオン対を生成していると思われる。塩素根区では7 mmho/cmまで前記の式が成立している。リン酸根区では、土壌溶液のアニオンの主体が硝酸であり、ECが全般的に低いために、ほぼこの関係式を満足する。

本実験においては、濃度障害の発生を予測して、60

kg/10アール施用区をもうけたが、Table 2 のキュウリの収穫量にみられるように、少かん水塩素根60区においても7.4 tonの果実収量が得られた。キュウリは、他作物にくらべ耐塩性が弱いとされている<sup>8)</sup>。本実験では、土壌溶液のEC、イオン濃度が部分的には著しく高くなっていてもかかわらず、濃度障害は少なかったと思われる。こうした濃度障害の回避の理由について考えてみたい。

藤沼、田中ら<sup>9)</sup>の結果によると、各肥料溶液中のキュウリ種子の発芽率は、アンモニウム、カリウム、カルシウム塩のいずれにおいても、ECが20 mmho/cmでは50%に低下する。また、種子根の伸長は、肥料溶液のECが硫酸系列で約7.5 mmho/cm、塩素系列では約10 mmho/cmで、蒸溜水中の生体重指数を100にした場合の50%以下に低下している。本実験では、土壌溶液のECは、少かん水区の硫酸根60区で最高9 mmho/cm、塩素根60区では20 mmho/cmを示している。前述のように、キュウリは各肥料の60区で栽培初期に生育が停滞したが、さほどの濃度障害は認められなかった。このことは、土壌中の肥料塩などの養分分布域と、キュウリの養水分吸収域がことなっていたことを示唆していると思われる。

塩素根60区では、栽培期間中の土壌水分の変動から推定されるように、多かん水、露地区においては0~35 cmの部位におもな水分吸収域がある。少かん水区では、生育初期にはかん水による表層水分を利用し、肥料塩の分布域とキュウリの水分吸収域が重複し、生育は停滞したが、7月10日以降、収穫開始時期より根が下層にまで伸長し、15 cm以下の塩濃度の低い部位の水分が利用可能となり、生育は徐々に回復したと思われる。7月後半より下層35 cmの部位のpFが上昇している。このように少かん水区では、土壌表層に塩類が集積しているが、キュウリはこの部分の水分が利用しがたいために、高濃度の土壌溶液と接触することなく、決定的な濃度障害は回避されたと思われる。一方、露地区においては、降雨による水の下方への浸透にともない、肥料塩が比較的下層にまで分布し、キュウリの養水分吸収域とその分布域が重複し、初期に濃度障害をうけ、生育が停滞し、果実収量も9.06 tonと少かん水区同様低かったと思われる。

以上みてきたように、各肥料塩は、その酸根形態により土壌中の挙動はことなり、このことは土壌溶液濃度に特徴的にあらわれる。肥料の肥効や、土壌中の作物養分の可給性、濃度障害などを考える上で、作土層中の養水分の分布状態と、作物が養水分を吸収する有効根群域を考慮することが重要である。

## 4. 要 約

酸根のことなる肥料の土壌中の挙動を明らかにする目的で、窒素とカリを硫酸根、塩素根、リン酸根肥料によって、それぞれ20, 60 kg/10アール(20, 60区)与えた施肥処理と、ビニールハウス内多かん水、少かん水処理、露地区栽培をくみ合わせ、キュウリを栽培した。キュウリの果実収量と、各区の層位別に土壌溶液濃度を経時的にしらべた。得られた結果はつぎの通りである。

1) 土壌溶液のイオン濃度は、施用肥料塩の酸根形態に支配される。各酸根の土壌中の挙動は、土壌中で生成される難溶性塩の溶解度積と、各塩の溶解度から理解される。硫酸根肥料施用により、土壌中に石膏が生成し、土壌溶液の硫酸濃度は石膏の溶解度積に支配される。そのために、施用量が多くなっても、硫酸濃度はほぼ一定濃度に維持された。塩素根肥料施用では、塩素濃度は施肥量に対応して上昇する。リン酸根肥料施用では、リン酸は低濃度に維持された。この各酸根濃度と、硝酸化成作用により生成した硝酸量が、それぞれの土壌溶液濃度を規制していた。

2) 各肥料の土壌中の分布は、土壌の水分状態に密接に関連しており、ハウス内では多かん水、少かん水処理とも表層0~5cmへの可溶性塩類の集積が著しい。とくに塩素根肥料施用では、塩素の表層への集積が多い。硫酸根、リン酸根肥料施用では、表層の土壌溶液の硫酸、リン酸濃度の著しい上昇は認められない。

3) キュウリの果実収量は、硫酸根肥料施用では20, 60区でかん水処理、露地に大きな差はなく10ton前後である。塩素根肥料施用60区では、ハウス内少かん水処理区、露地区で低く、8ton前後であった。リン酸根肥料施用でもっとも高く、各区12ton以上の果実収量が得られた。

4) 硫酸根、塩素根60区では、局所的に土壌溶液が高濃度となったが、キュウリは決定的な濃度障害をうけなかった。土層内における、肥料塩の分布域とキュウリの養水分吸収域がことなっていたことに起因すると思われる。肥料塩や土壌中の作物養分の可給性を考える上で、作物の有効根群域内の養分の存在状態を考慮することが重要である。

## 5. 文 献

1. WETSELAAR, R.: Nitrate distribution in tropical soils, I. Possible cause of nitrate accumulation near the surface after a long dry period, *Plant Soil*, **15**: 110-120. 1961

2. 岡島秀夫・今井弘樹: 土壌の養分供給能に関する研究(第5報), 畑土壌の水分状態と養分の可給性, 土肥誌, **47**: 563-570. 1976
3. YAMAZAKI, S. and KISHITA, A.: Studies on soil solution with reference to nutrient availability, Effect of various potassium fertilizers on its behavior in the soil solution, *Soil Sci. Plant Nutr.*, **18**: 1-6. 1972
4. RANCE, J. M. and DAVEY, B. G.: Determination of the solubility product of soil constituents such as gypsum, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **32**: 670-672. 1968
5. 岡島秀夫・今井弘樹・牧田規子: 土壌の養分供給能に関する研究(第3報), 硝酸化成にもなり固相養分の放出について, 土肥誌, **45**: 389-394. 1974
6. 嶋田永生: 集約多肥栽培土壌の酸性に関する土壌溶液論的研究, 愛知園芸試験場報告, **6**: 67-114. 1967
7. 土壌養分分析法委員会: 土壌養分分析法, p.49. 養賢堂, 1970
8. 嶋田典司: 作物のマグネシウム過剰障害に関する研究, 千葉大園芸学部特別報告, **6**: 1-105. 1972
9. 藤沼善亮・田中房江: 作物の塩類濃度障害に関する肥料・土壌要因について, 農技研報告, **B**, **26**: 1-94. 1975

## Summary

This investigation was conducted to study the effects of chemical fertilizers on the chemical composition of the soil solution, and their availability and toxicity, if any, to the cucumber plants in both field and vinyl house experiments. Nitrogen and potassium were applied at the rate of 20 and 60 kg/10a in forms of sulfate, chloride and phosphate in all experiments. Water was supplied in two applications in vinyl houses in equivalent to the highest and lowest precipitation during the last 10 years in Sapporo. The chemical compositions of the soil solution were determined after isolating periodically from each layers of plowed soil by centrifugal method. Results obtained were summarized as follows:

1) The ionic concentrations of the soil solutions were controlled by the anionic nature of the fertilizer used. The behavior of the anions were recognized by the solubility products and solubility of salts formed in the soil. Unlike phosphate, there marked increase of chloride concentration in soil solution due to the application of chloride fertilizer because of high solubility of chloride

salts in soil. On the contrary, sulfate concentration remained constant in both the treatments. The reason might be due to the association of sulfate with Ca from soil to form gypsum.

2) The distribution of fertilizer in soil was closely related to the moisture status. In vinyl house plots having restricted the entry of rainfall and water supply, soluble salts accumulated to the upper layers (0-5cm) of the soil. Especially, chloride containing fertilizer were accumulated and showed maximum ionic concentration in the soil solution. On the contrary there were no marked increase in sulfate and phosphate in each plots.

3) In phosphate treated plots, maximum yields

amounting to 12 tons were obtained, whereas in sulfate treated plots the yields were around 10 tons, but in chloride treated plots fruit yield fell around 8 tons.

4) Cucumber did not suffer from salt injury even at the highest concentrations of the applied sulfate and chloride fertilizers. This suggests that cucumber adsorbed the nutrients and water from under the salts accumulated layer of soil. To consider the availability and toxicity of mineral ions in soil, it is important to evaluate the effective rooting zone of which plant absorbs nutrients and water vigorously.