

砂土における塩水点滴かんがいによる作物栽培

山根昌勝*・佐藤一郎*

Crop Growing by Brackish Water Drip Irrigation in Sandy Soil

Masakatsu Y_{AMANE}* and Ichiro S_{ATO}H*

Summary

Grain sorghum (*Sorghum vulgare L.*), cabbage (*Brassica oleracea L.*) and Japanese radish (*Raphanus sativus L.*) were grown in sandy soil under a plastic house, and irrigated either with fresh water, or with brackish water containing 2995 ppm of several dissolved salts, and using five kinds of drip irrigation emitters.

The soil moisture contents of the brackish water plots were slightly higher than those of the fresh water plots. In the brackish water plots, the pH values of soil suspension (H₂O, 1:2.5) were high, and differences in the pH values of each type of emitter were observed. The electrical conductivity (EC) values of soil water extract (1:2) were much higher in the soil irrigated with brackish water, and some differences were observed between emitter types. Salt was concentrated in the surface of the soil at places distant from emitters near the wetting front.

With brackish water irrigation, decreases in culm length, leaf age, and weight of culm and leaves of grain sorghum were observed, but grain yields were somewhat increased. Neither the brackish nor the fresh water showed a difference in the mineral composition of the plants and grains. In Japanese radish, leaf length, leaf age, top weight and edible root weight decreased with brackish water irrigation, and the degree of decrement differed between the types of emitter. With brackish water irrigation, malformation of the edible root and the EC value of the juice of the edible root increased; in the mineral composition of the top and the edible root, Na increased while the other minerals decreased. In cabbages irrigated with brackish water, growth of the outer leaves and head much decreased, and abnormal tightening of the head was observed, while in mineral composition, Na of the head increased but the other minerals did not differ.

* 砂丘利用研究施設砂丘生産利用部門

* Division of Plant Production, Sand Dune Research Institute

概要は日本熱帯農業学会第44回講演会(1981年4月)において発表した。

まえがき

淡水がかんがい水として使用される場合には、そ
菜を始めとして各種の作物に対して広範囲にわたり
点滴かんがい適用されている^{5,23)}。一方、塩水条件
下においては、点滴かんがいはその浸潤域の特性か
ら、作物に対する塩水の障害を避けることができ
るという説も多い^{1,23)}。砂土は壤土に比べて緩衝能が小
さいため低濃度で塩害が発生するとされている
が^{3,4)}、一方ではリーチングが容易であるため、長期
にわたる塩水栽培にはむしろ適するという説もあ
る¹⁸⁾。これらのことから、各種の塩類を溶解した塩水
を用いて、砂土における点滴かんがいの数種作物に
対する影響について試験した。

実験材料および方法

1. 試験区および供試器材

試験は砂丘畑に設けた大型ファイロンハウス内で
行い、1978年および1979年の2年間同一圃場を継続
して使用した。試験区およびかんがい器材は第1表
に示したとおりであって、器材5種類、水質2種類
を組合せた計10区を単純配列の1区制とした。1試
験区の広さは1.8m×3.6mとし、0.6mの畦を3畦作
り、ドリップラインは3畦分を順次連結して1ライ
ンで配管し、滴下口数は1畦あたり8個、合計24個
とした。ただし、B5区およびF5区は12穴ずつ合
計36穴とした。なお、流出部は、B1、F1、B2、
F2、B3、F3の各区ではノズル型、B4、F4、

第1表 試験区の種類と供試器材

試験区番号 ¹⁾	器材の構造	滴下孔間隔	滴下流量 ²⁾
B1, F1	らせん管	45cm	10ml/min
B2, F2	らせん2重管	45cm	6 ml/min
B3, F3	らせん2重管	45cm	50ml/min
B4, F4	2重チューブ	45.7cm	20ml/min
B5, F5	2重チューブ	30cm	30ml/min

- 1) 試験区番号のBは塩水区、Fは淡水区。
- 2) 本試験において常用した水圧における流量。器材は2年目の使
用前に希塩酸液に浸漬、分解、清掃した。

第2表 作物の栽培方法

	第1実験グレインソルガム	第2実験ダイコン	第3実験カンラン
品 種	GS61Y	夏みの1号	輝
播 種 期	1978年5月31日	1979年5月21日	1979年6月20日
定 植 期			7月26日 ¹⁾
収 穫 期	9月16日	7月14日	10月8日
栽 植 密 度	畦幅60cm, 条間20cm×2条, 株間22.5cm	畦幅60cm×1条, 株間22.5 cm	畦幅60cm×1条, 株間45cm
基 肥	AM化成6.0kg/a, 苦土石灰 8.0kg/a, ハイグリン4.0kg/a	CDU化成4.0kg/a, 苦土石灰 10.0kg/a, ハイグリン10.0 kg/a	CDU化成5.0kg/a, 苦土石 灰8.0kg/a, 宝素8.0kg/a
追 肥	AM化成6.0kg/a (7月5日)	りん硝安化成8.0kg/a (6月 11日, 6月25日)	りん硝安化成8.0kg/a (8月 13日, 9月3日), 硫安2.0kg/a (9月21日)
肥料成分量	N:1.80kg/a, P ₂ O ₅ :1.80 kg/a, K ₂ O:1.80kg/a	N:1.88kg/a, P ₂ O ₅ :1.40 kg/a, K ₂ O:1.72kg/a	N:2.37kg/a, P ₂ O ₅ :1.95 kg/a, K ₂ O:1.95kg/a

1) 苗の大きさ: 草丈17cm, 葉齢8.2葉。

B5, F5の各区では穴型であるが、一括してエミッタと記す。

2. 供試作物および栽培方法

供試作物の栽培方法の概要は第2表に示したとおりである。点滴かんがい方式の場合には、一般に液肥が使用される場合が多いが、外国の乾燥地を対象として考えた場合には、液肥のみに限定することは実用上からみて疑問の点があるので、本試験においては粒状の化成肥料を使用した。基肥は常法どおり全面に混和し、ダイコンおよびカンランの追肥は株

元から5ないし10cmの範囲に施用した。

3. かん水方法

グレイソルガムでは播種後3週間まで2日ごとに4mmずつ、ダイコンでは播種後12日間毎日5mmずつ、カンランでは定植後5日間毎日4mmずつ、全区とも淡水をはず口付きのホースでかん水した。その後は各区とも点滴方式により淡水または塩水を毎日所定量ずつかん水した。点滴かんがいで、通常、ポンプによる圧送水が用いられるが、本実験では1区あたりのドリップラインの全長が短いこと、水量

第3表 かん水量および気象条件

月旬	1978年			1979年		
	かん水量 ¹⁾ (mm/日)	蒸発量 (mm/日)	平均気温 (°C)	かん水量 ¹⁾ (mm/日)	蒸発量 (mm/日)	平均気温 (°C)
5下	—	—	—	5.0 ²⁾	4.7	23.1
6上	2.0	5.9	24.3	4.0	4.1	25.6
6中	2.0	4.7	28.6	4.0	4.0	27.6
6下	2.0	3.1	25.9	5.0	3.0	27.6
7上	2.5	4.2	31.1	5.0	3.6	25.8
7中	4.0	6.6	31.0	5.0	3.0	26.1
7下	6.0	8.2	31.3	4.0 ³⁾	4.5	29.8
8上	6.0	5.5	30.3	5.0	4.4	29.0
8中	6.0	6.2	31.9	6.0	5.0	29.8
8下	5.0	6.8	29.2	6.0	2.7	27.1
9上	4.5	3.4	27.8	5.4	3.1	25.3
9中	4.0	3.6	25.5	6.0	4.4	24.4
9下	—	—	—	6.0	1.9	23.5
10上	—	—	—	5.0	2.0	21.3

1) かん水量 1 mm/日は 1 滴下孔あたり 270.8 ml (B5 区および F5 区では 180.6 ml) に相当。

2) 7 月中旬までダイコン

3) 10 月上旬までカンラン

第4表 塩水用試薬溶解量

試薬名	溶解量 (mg/l)	試薬名	溶解量 (mg/l)	成分	濃度 (me/l)	成分	濃度 (me/l)
NaHCO ₃	509.4	KCl	57.2	Ca	6.99	SO ₄	20.82
CaSO ₄ ・2 H ₂ O	171.8	MgCl ₂ ・6 H ₂ O	418.1	Mg	12.35	Cl	18.90
Na ₂ SO ₄	752.6	NaCl	527.7	Na	26.16	NO ₃	0.48
MgSO ₄ ・7 H ₂ O	1014.2	CaCl ₂ ・2 H ₂ O	366.8	K	0.77	B	0.30
Na ₂ NO ₃	41.1	H ₃ BO ₃	3.26	HCO ₃	6.06		

淡水のEC: 12mS/m, 塩水のEC: 360mS/m, 塩水の全塩濃度: 2995ppm

を正確に測定する必要があることなどの理由から流下式とした。すなわち、地上3.0m(B3区およびF3区については2.5m)に設けた高架タンクに所定量を揚水したのち、落差によって流出させた。流出時の水圧は0.26~0.30kg/cm²(B3区およびF3区では0.2~0.22kg/cm²)であった。試験期間中におけるかん水量は第3表のとおりである。かん水量の決定にあたっては、過去における試験結果と計器蒸発量とを勘案し、著しく過剰にならぬように配慮した。また、らせん型式の器材のうち、B1, F1, B2, F2の各区においては日数の経過にもなって、目づまりにより時間あたり滴下量が減少するため、随時掃除と調整をおこなった。

かんが水として用いた淡水は良質の湧水であり、塩水としては、その淡水に1級試薬を溶解して人工的に作製した塩水(Brackish water)を使用した。その組式は第4表のとおりである。

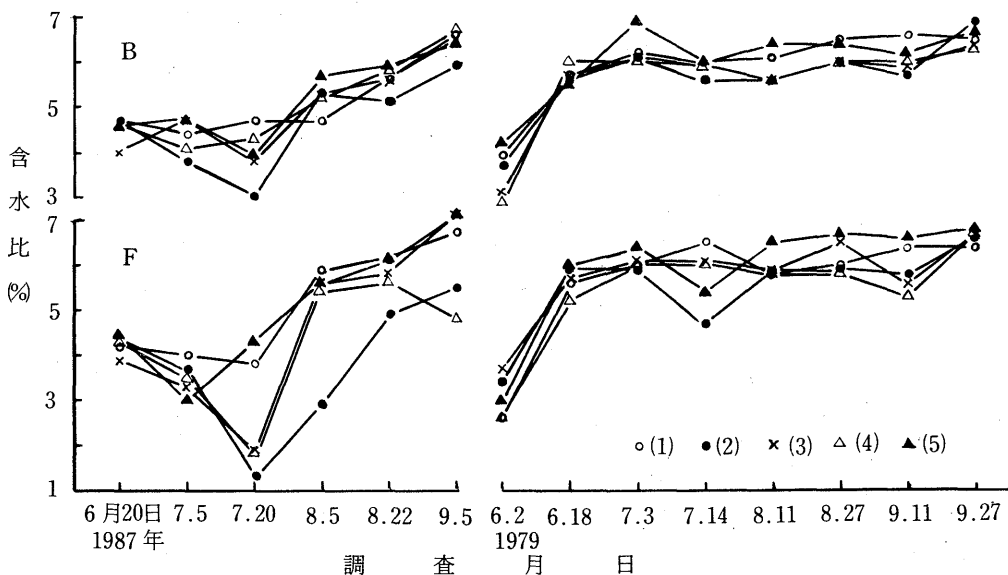
4. 気象条件

試験期間中におけるハウス内の計器蒸発量(口径20cm)と平均気温(最高および最低の平均)は第3表に示したとおりである。なお、ハウスの強制換気は行わなかった。

5. 調査方法

(1) 土壌調査 供試土壌は2週間ごとに、ドリップラインに沿って滴下口から15cm離れた点において、第1層は地表から10cm, 第2層は30cm, 第3層は50cmの3層から、「基準深さ±2.5cm」(地表採土区は0~2.5cm)の範囲から、各区4点ずつ採取して混合した。最終回においては、エミッタの直下および30cm離れた位置についても採土して供試した。土壌水分は含水比(対乾土パーセント), pH(H₂O)は1:2.5懸濁液, 電気伝導度(EC)は1:2懸濁液について測定した。

(2) 作物調査 作物の生育調査, 収量調査等は1区20個体についておこなった。グレインソガムの稔実率は穂の中央部の小枝梗を採取し, 稔実粒数と, ほぼ正常な大きさに発育した不稔穎花数について計算した。グレインソガムの根群調査は直径7.5cmのパイプにより層別すなわち第1層0~10cm, 第2層10~30cm, 第3層30~50cmについて各区4か所ずつ採土して混合し, 風乾後2mmの篩で篩別し, 風乾重として秤量した。採土位置は3か所とし, A位置は滴下口直下, B位置はドリップラインに沿って滴下口の間, C位置は条間の中央とした。B5区および



第1図 土壌含水比の経時変化
 第2層の含水比, B: 塩水区, F: 淡水区, (1): B1区, F1区, (2): B2区, F2区,
 (3): B3区, F3区, (4): B4区, F4区, (5): B5区, F5区

びF5区については、B位置の選定にあたって、ソルガム株の間になるよう特に配慮して採土した。

ダイコンおよびカンランの葉齢は葉長5cm以上に生長した葉について測定した。

植物体の無機成分の分析は、窒素はCNコーダ、りんはDeniges法、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウムは原子吸光法によった。

試験結果

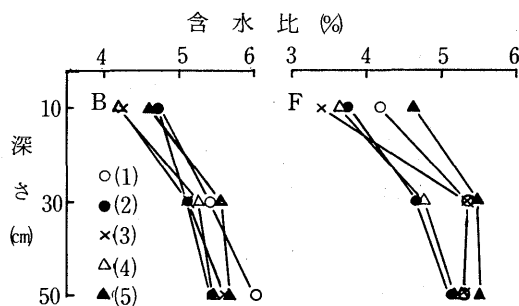
1. 土壌調査

(1) 土壌含水比 試験期間中における土壌の含水比の経時変化の1例として第2層(深さ30cm)の結果を第1図に示した。1978年には7月20日に一時的な減少がみられるが、大局的には土壌中の水分が増加する傾向を示した。1979年においては、試験開始直後の低水分状態から通常の水分状態に上昇した後は、著しい変化はみられず、わずかに上昇傾向で推移した。また、滴下点からの距離別、深さ別に含水比を測定したが、塩水区と淡水区との差、またはエミッタ型式による差は明らかでなかった。

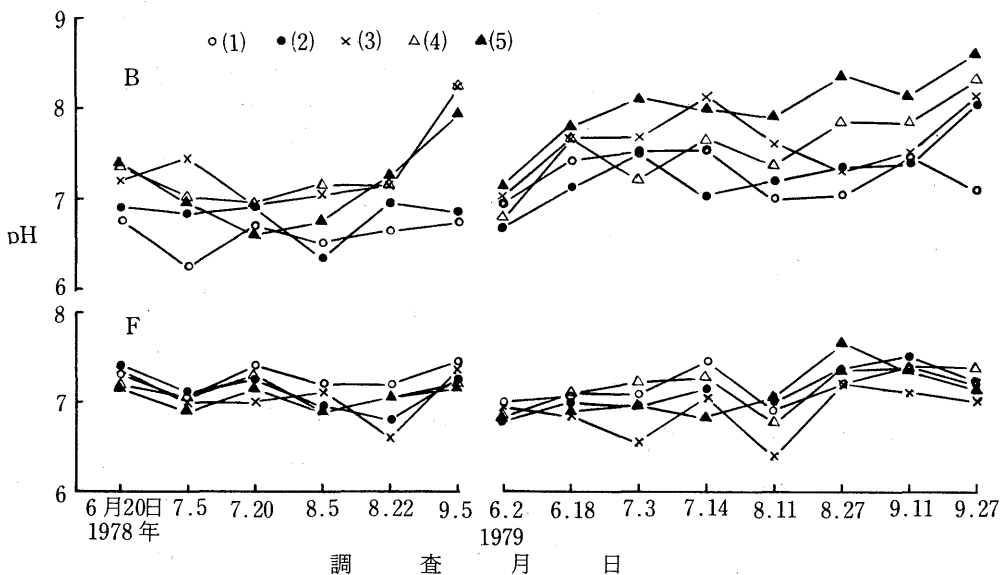
経時変化を知るため測定した含水比の1978年および1979年の2年間の平均値を第2図に示した。まず、

塩水区と淡水区との比較においては、0.5%程度塩水区の含水比が高いことが認められる。層別については、淡水区では3層の含水比を結ぶ線が中層で折れ曲り、上層で著しく低くなるのに対して、塩水区ではほぼ直線の傾きを示す場合が多かった。エミッタの型式によって若干含水比の高低が認められるが、層位による変動もみられるため優劣をきめがたい。

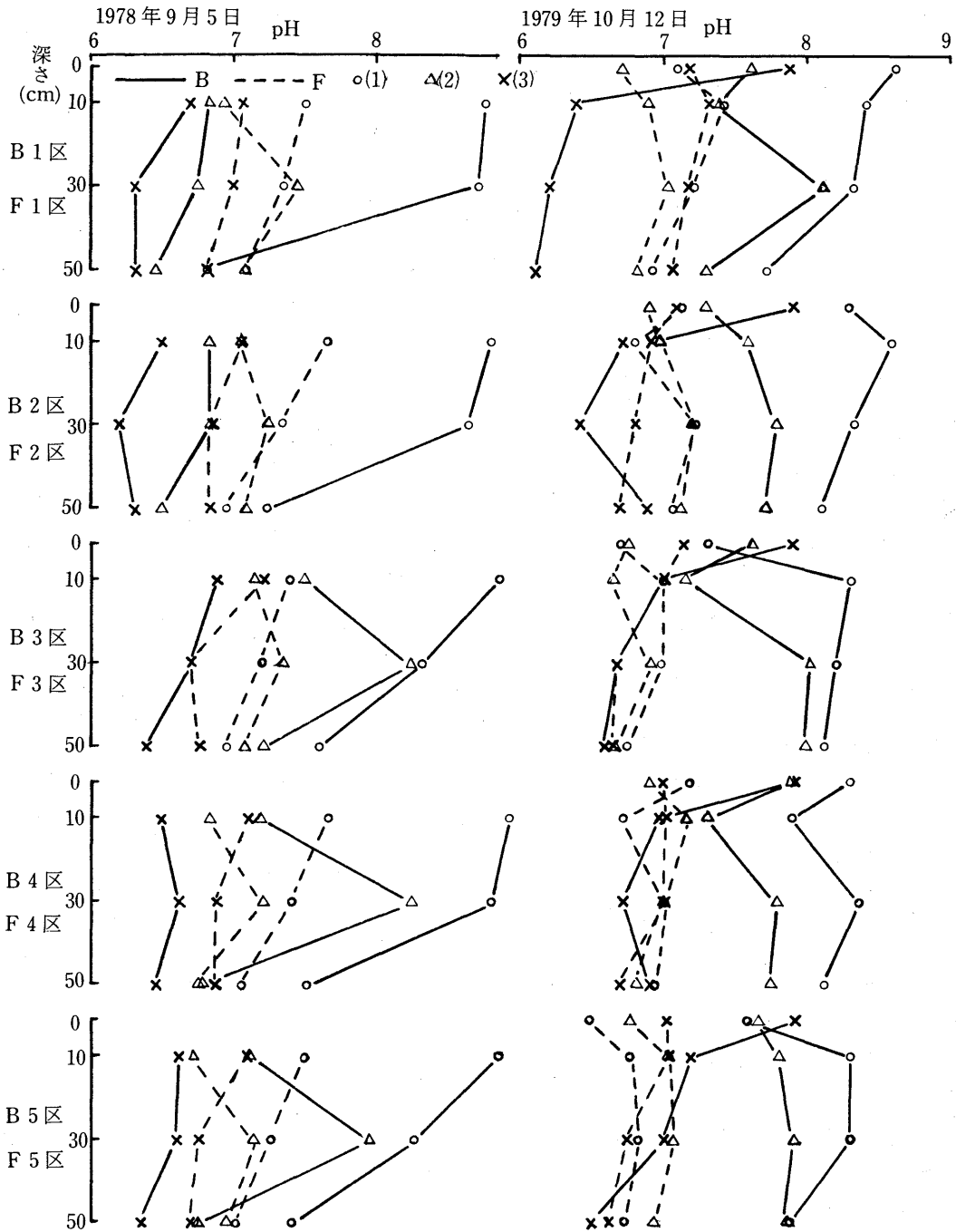
(2) 土壌のpH 測定した土壌のpHのうち、第2層のみについて経時変化を第3図に示した。1978



第2図 土壌含水比深さ別2か年平均値
滴下点から15cmの位置、B:塩水区、F:淡水区、(1):B1区、F1区、(2):B2区、F2区、(3):B3区、F3区、(4):B4区、F4区、(5):B5区、F5区



第3図 土壌pHの経時変化
第2層のpH、B:塩水区、F:淡水区、(1):B1区、F1区、(2):B2区、F2区、(3):B3区、F3区、(4):B4区、F4区、(5):B5区、F5区



第4図 滴下点からの距離別、深さ別の土壌のpH

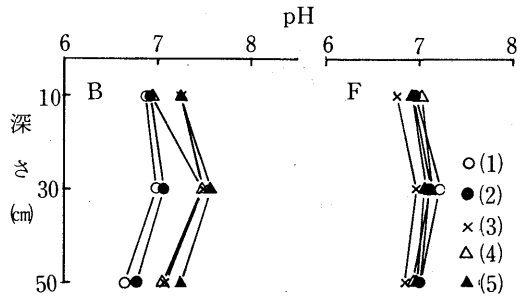
B: 塩水区, F: 淡水区, (1): 滴下点直下,

(2): 滴下点から22.5cm (B5区, F5区では15cm), (3): 滴下点から37.5cm

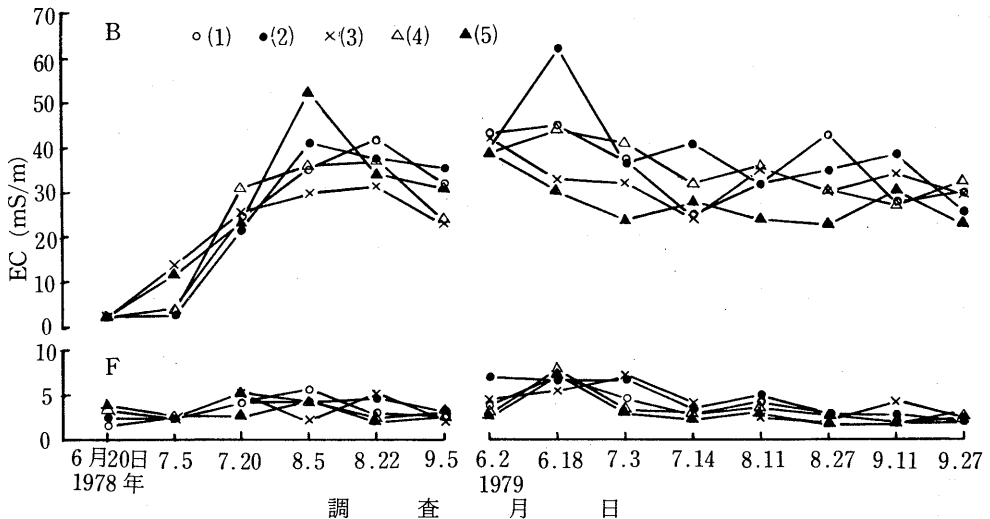
年においては、淡水の各区においてエミッタの型式による差が少なく各層ともおおむね pH 7 付近で経過した。反対に、塩水の各区ではエミッタの型式によって変動幅が大きく、全般的な傾向としては、第1層と第2層では中期ごろやや低下したあと初期の値またはそれ以上に高くなり、第3層では低下の傾向であった。エミッタ型式別にはB1区、B2区等のらせん型のものでやや低下の傾向がみられた。各試験区とも若干の振れはみられるが、試験区群に分けて傾向をみれば、第1層においては塩水区のpHは7から8へ、淡水区は6.5から7.5へ、第2層では塩水区が7から8.5へ、淡水区は7から7.5へ、第3層では塩水区は6.5から8.5へ、淡水区は6.5から7.5へ、各群とも上昇傾向を示した。これらの上昇の程度は、各層とも塩水区の上昇が淡水区のものより大であった。

栽培終了時における、滴下点からの距離別、深さ別の土壌のpHを第4図に示した。淡水区では第1層より第3層まで、エミッタ型式による差はほとんどみられず、また1978年と1979年との差も少なかった。塩水区の1978年の結果では位置による差が著しく大きく、滴下点に近いところほどpHが高く、また下層のpHが低い傾向がみられた。さらに、エミッタ

の型式によって若干傾向が異なり、らせん型のB1区およびB2区では第3層のpHが低く、B3区では滴下点から遠い位置のpHが高い傾向があり、各区共通の現象としては滴下口直下のpHはほとんど同じ値となっている。1979年の結果は前年と多少異なっており、特に下層のpHの上昇が顕著である。また表層のpHはエミッタによって差がみられ、B1区およびB2区など単位時間あたり流量の小さい区では滴下点からの距離によって差がみられるのに対して、流量の大きいB3区、B4区およびB5区で



第5図 土壌pH深さ別2か年平均値
滴下点から15cmの位置、B：塩水区、
F：淡水区、(1)：B1区、F1区、
(2)：B2区、F2区、(3)：B3区、F3区、
(4)：B4区、F4区、(5)：B5区、F5区



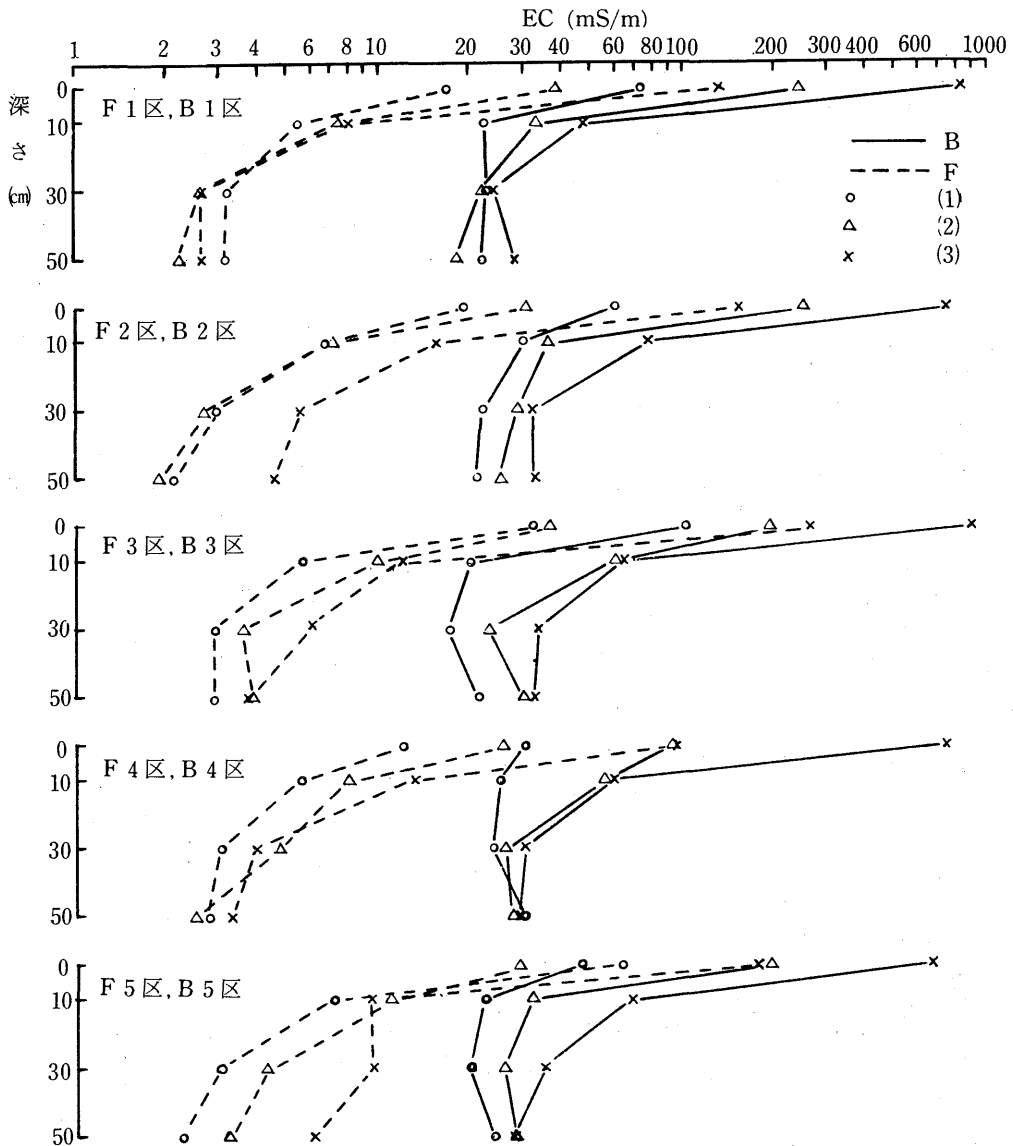
第6図 土壌ECの経時変化
第2層のEC、B：塩水区、F：淡水区、(1)：B1区、F1区、(2)：B2区、F2区、
(3)：B3区、F3区、(4)：B4区、F4区、(5)：B5区、F5区

は3か所の pH の差は小さい。

2 年間の pH の平均値は第5図に示したとおりであって、当然のことながら塩水区が淡水区より高くなっており、その影響は第2層でもっとも大きかった。エミッタの形式別では、淡水区でF3区がやや低いほかは差がみられないのに対して、塩水区では

型式による差が大きく、2重チューブ型のB5区がもっとも高く、らせん型のB1区およびB2区が低かった。

(3) 土壌の EC 土壌の EC の経時変化の測定値のうち、第2層の結果を第6図に示した。1978年の経時変化を層別にみれば、第1層では淡水区、塩水



第7図 滴下点からの距離別、深さ別の土壌の EC (1979年10月12日)
B: 塩水区, F: 淡水区, (1): 滴下点直下, (2): 滴下点から22.5cm (B5区, F5区では15cm)
(3): 滴下点から37.5cm

区とも施肥により EC 値が上昇する現象がみられる。淡水区では第 2 層, 第 3 層とも EC 値が低く, 区間の差も経時的な変化も, ともに極めて小さい。塩水区では各層とも日数の経過にもなって EC 値が上昇したが, エミッタの型式による経時変化の差は明らかでなかった。1979 年についてみると, 第 1 層においては, 塩水の各区を平均的にまとめてみると 120mS/m より 50mS/m へ, 淡水の各区では 30mS/m より 10mS/m へと低下傾向が明らかであった。第 2 層については第 6 図にみられるごとく, 塩水区で 40mS/m より 30mS/m へと約 10mS/m 程度低下するのに対して, 淡水区では 5 mS/m より 2.5mS/m へと約 2.5mS/m 程度に過ぎなかった。第 3 層においては, 塩水区の低下傾向は明らかでなく, 淡水区では第 2 層の場合と同様に低下幅はごくわずかであった。2 か年を通してみると, 淡水区では施肥の影響により第 1 層の EC が変動するのに対して, 塩水区では第 1 層は施肥と塩水かんがい, 第 2 層および第 3 層は塩水かんがいの影響を受けて大きく変動することが認められた。

1978 年の試験終了時における距離別, 深さ別の EC 値は, 淡水の各区分ではほとんど差が認められなかった。塩水区においては位置による差が著しく大きかったが, B 1 区および B 2 区では他の 3 区に比べてその差がやや少なく, 特に第 3 層ではこの傾向が明らかであった。また滴下口直下の EC 値は各区分ともほぼ同じであったが, 距離が遠くなるにもなって, エミッタの型式により EC 値が異なること

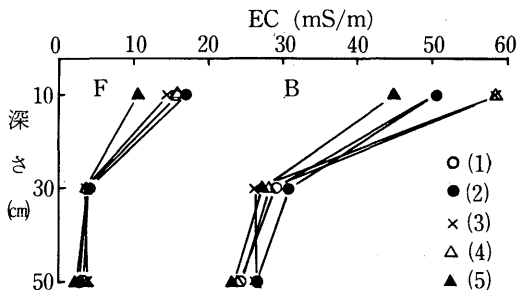
が認められた。1979 年の最終測定結果は第 7 図に示したとおりである。淡水区では F 1 区の第 1 層 (10 cm 層) で EC 値がやや低いほかは大差が認められなかった。塩水区では位置による差は 1978 年に比べて小さかった。しかし, 表層 (0 cm 層) における位置の差は著しく大きく, 滴下点から遠いところに塩が集積していることを示している。2 年間の測定値をまとめて第 8 図に示した。塩水区は淡水区よりも EC 値が著しく高く, また上層ほど高い。エミッタの型式によって若干 EC 値に差がみられた。

2. 作物の生育と収量

(1) グレインソルガム (1978 年)

草丈の生育経過においては, 伸長期の 7 月 3 日調査では淡水区の生育が進んでいることが認められたが, 最終の草丈では淡水区と塩水区との間に差はみられなかった。稈長は第 5 表に示したとおりであって, 全般的にみて淡水区が塩水区よりも高いことがみとめられ, 塩水をかん水することにより軽度のわい化現象がおきたものと考えられる。葉齢は生育途中において差は認められず, 最終の葉齢においても第 5 表にみられるごとく, 塩水区でわずかに葉齢が減少する傾向がみられる程度であって, 区間に有意差は認められなかった。出穂期の全区の平均は 7 月 23.2 日であって, この平均出穂期に対する変動日数を第 5 表に示した。区間に最大約 1 日の差がみられるが有意差は認められなかった。

地上部の全重量のうち穀粒重を除いた重量を稈葉重として第 5 表に示した。エミッタの型式による差は比較的少ないが, 淡水区の重量が塩水区のそれよりも明らかに大きいこと, B 2 区および F 2 区がやや少なく, B 5 区および F 5 区がやや多い傾向があることなどが認められた。粒重は第 5 表にみられるごとく, 水質については塩水区の粒重が大きい傾向が認められたが, 有意差はみられなかった。エミッタの形式ごとに淡水区の粒重を 100 として塩水区の粒重の比率を求めると, B 1/F 1 : 119, B 2/F 2 : 119, B 3/F 3 : 101, B 4/F 4 : 99, B 5/F 5 : 124 となり, らせん型エミッタの場合には塩水区が多収となり, 単位時間あたり流量の多い B 3 区と F 3 区とでは差がなく, 2 重チューブ型の場合には結果が分かれた。稔実歩合は第 5 表のごとくであっ



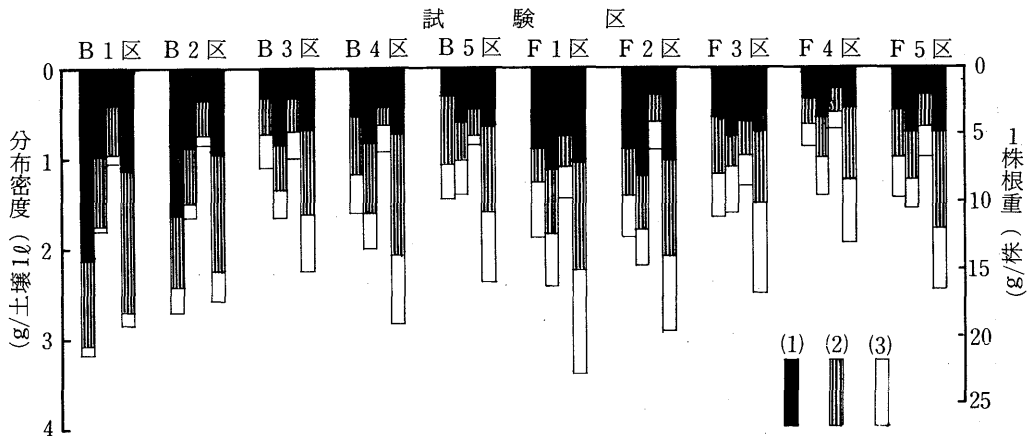
第 8 図 土壌の EC の深さ別 2 年平均値
滴下点から 15cm の位置, B : 塩水区,
F : 淡水区, (1) : B 1 区, F 1 区,
(2) : B 2 区, F 2 区, (3) : B 3 区, F 3 区,
(4) : B 4 区, F 4 区, (5) : B 5 区, F 5 区

第5表 グレインソルガムの生育と収量

試験区 番号	稈長 (cm)	葉齢 (葉)	出穂期 ¹⁾ 変動日数(日)	稈葉風乾重 (g/株)	粒重 (g/株)	稔実歩合 (%)	1,000粒重 (g)
B 1	75.7b ²⁾	15.7	+0.3	29.6	26.6ab	76.3ab	23.4
B 2	76.2b	15.3	+0.5	27.9	29.3ab	75.8ab	27.1
B 3	86.3ab	15.1	+0.3	29.8	28.0ab	71.6ab	23.9
B 4	75.5b	15.7	-0.4	30.5	26.9ab	76.4ab	30.2
B 5	88.0a	15.7	-0.4	33.5	31.1a	80.9a	26.6
F 1	86.4ab	15.3	-0.2	33.6	22.4b	62.8b	32.4
F 2	82.9ab	16.0	-0.6	33.0	24.9ab	71.2ab	24.5
F 3	90.7a	16.1	+0.2	34.7	27.6ab	79.3ab	30.0
F 4	87.9a	16.0	-0.3	33.6	27.2ab	71.9ab	26.2
F 5	81.7ab	15.8	+0.6	35.3	25.1ab	71.6ab	29.2

1) 全区の平均出穂期より遅れを+, 進みを-で示す。

2) 異符号間に5%水準で有意差を示す。



第9図 グレインソルガム風乾根重の位置別、層別分布密度と推定1株根重

各区とも左から第1列：滴下点直下，第2列：滴下点から22.5cm (B5区，F5区では15cm)，

第3列：滴下点から37.5cm，第4列：1株根重

層別(1)：第1層0~10cm，(2)：第2層10~30cm，(3)：第3層30~50cm

て、塩水区の稔実歩合が高い傾向があるものの有意差とはならなかった。また、1,000粒重においても、第5表にみられるごとく区間に差はあるものの、標準偏差が著しく大きいため有意差とはならなかった。

根の分布密度すなわち土壌容積1ℓあたり風乾根重を第9図に示した。エミッタ型式により密度が明らかに異なり、らせん型のB1区，B2区，F1区およびF2区では滴下点に近いところの根量が多い。特に塩水区については、らせん型エミッタのB

1およびB2の両区でエミッタ直下の第1層に根が集中し、エミッタから遠いところでは第1層から第3層まですべてにわたり根量はきわめて少ない。根の平面的な分布密度が滴下点からの距離に逆比例するものと仮定し、作物1株の占める土壌の長方体を同心円に分割し、各区画ごとに第9図に示したA，B，C各位置ごとの根の分布密度を適用して1株あたり推定風乾根重を算出し、第9図に示した。その結果によれば、根重の絶対量は一般に塩水区が少な

い傾向がみられる。ただし、B4区とF4区との関係は逆となっており、何らかの誤差をともなったものと思われる。エミッタの型式別には、時間あたり滴下流量の少ないらせん型のB1, B2, F1, およびF2の各区の根重が多く、逆に流量の多いB3区およびF3区で根重が少ない傾向がみられた。一方、深さ別に根重の割合をみれば、B1区およびB2区では第1層および第2層の根重が大部分を占め、深層部では少ない。他の8区においても区間に若干の差がみられるが、大まかな傾向としては相似しており、一般に浅根化しやすいといわれている点滴かんがいにおいても、条件によってはかなり深層に根が分布していることが認められた。

ソルガムの葉および穀粒について、主な無機成分

の分析結果を第6表に示した。その結果では、塩水区と淡水区、あるいはエミッタの型式などによる含有率の差はそれほど大きくはなかった。

(2) ダイコン (1979年)

ダイコンの調査結果を第7表に示した。この供試品種は抽根性であるため、草丈の代わりに葉長を測定した。葉長、葉齢とも塩水区よりも淡水区の生育が早く、最終の生長量においても淡水区が大であった。エミッタの型式による差については、淡水区ではみられないが塩水区では若干の差がみられた。葉重についてみると、淡水区は塩水区より著しく重く、エミッタ型式による差は、淡水区では認められないが、塩水区ではB4区がやや劣った。根重は全体として塩水区が淡水区よりも劣ったが、水質による優

第6表 グレインソルガムの無機成分含有率 (%対乾物)

試験区 番号	N		P ₂ O ₅		K		Ca		Mg		Na	
	葉	穀粒	葉	穀粒	葉	穀粒	葉	穀粒	葉	穀粒	葉	穀粒
B1	1.27	1.28	0.28	0.17	1.06	0.48	0.75	0.007	1.07	0.17	0.075	0.012
B2	1.21	1.11	0.29	0.13	1.02	0.39	0.83	0.005	0.94	0.12	0.084	0.012
B3	1.09	1.24	0.30	0.14	0.98	0.39	0.66	0.008	0.80	0.14	0.055	0.010
B4	1.11	1.18	0.30	0.14	1.04	0.40	0.67	0.006	0.97	0.11	0.049	0.010
B5	1.15	1.18	0.31	0.12	1.02	0.48	0.66	0.005	1.00	0.17	0.048	0.011
F1	0.97	1.46	0.27	0.18	0.79	0.45	0.76	0.007	1.01	0.17	0.060	0.010
F2	1.09	1.32	0.31	0.15	0.93	0.42	0.72	0.006	0.90	0.15	0.075	0.010
F3	1.01	1.21	0.30	0.13	0.98	0.42	0.73	0.006	0.87	0.14	0.056	0.010
F4	1.12	1.12	0.30	0.14	1.00	0.44	0.74	0.006	0.93	0.14	0.064	0.010
F5	1.06	1.21	0.31	0.13	1.04	0.44	0.68	0.006	0.89	0.14	0.057	0.012

第7表 ダイコンの生育と収量

試験区 番号	葉長 (cm)	葉齢 (葉)	葉重 (g/株)	根部重 (g/株)	根部長 (cm)	根部径 (cm)	搾汁pH	搾汁EC (mS/m)
B1	41.5b ¹⁾	40.8ab	324b	242c	27.6c	41.0b	5.92abc	991a
B2	42.7b	40.0b	345b	284abc	30.0bc	43.4ab	5.99abc	1074a
B3	41.5b	41.1ab	357b	354abc	36.1ab	43.7ab	5.82c	1012a
B4	40.3b	36.0c	295b	264bc	30.5abc	43.9ab	5.89bc	1003a
B5	42.0b	41.8ab	333b	360ab	36.2a	43.8ab	5.97abc	1046a
F1	47.4a	45.2a	484a	375ab	33.1abc	46.5a	6.03abc	770b
F2	49.8a	45.3a	480a	353abc	33.7abc	44.0ab	6.06ab	705b
F3	48.3a	43.5ab	468a	396a	34.6ab	46.1ab	6.12a	725b
F4	47.1a	44.4ab	445a	371ab	32.3abc	45.4ab	6.08ab	700b
F5	47.6a	43.5ab	458a	393a	33.8ab	44.5ab	6.04abc	683b

1) 異符号間に5%水準で有意差を示す。

劣の少ないエミッタ，例えばB3区とF3区，B5区とF5区などがあつた。根長においては根重の場合とほぼ同様の傾向を示した。根径（頸部から5cm下方を測定）では淡水区と塩水区との差はごくわずかである。根部の形状は，塩水区は淡水区に比べてやや分岐根，曲がりなどの発生程度が多かつた。

ダイコンの頂部10cmをすりおろして得た搾汁のEC値は，塩水区の平均値が1025mS/mに対して淡水区は740mS/mと大差があり，塩水区では多量の塩類を吸収しているものと考えられる。pHではECの場合のような大差はみられず，塩水区の平均値5.92に対して淡水区は6.07であつた。なお，生育中における観察によれば，塩水区のダイコンは殺虫剤の

葉害を受けやすく，逆に，軟腐病の被害は淡水区が塩水区よりも大きかつた。収穫作業にさいして，塩水区では葉柄部の亀裂あるいは折損が多く，葉が根部からちぎれて落ちるものが多かつた。

ダイコンの葉および根部の主な無機成分の分析結果は第8表のとおりである。エミッタの型式による差も若干みられるが，むしろ水質の差が顕著である。この傾向は葉および根部に共通しており，特にNaの含有率が塩水区で著しく高くなり，淡水区に比べて2.5ないし3倍となつた。逆に， P_2O_5 の含有率は塩水区は淡水区よりも20%程度低くなり，KおよびMgでも含有率の低下がみられた。

(3) カンラン (1979年)

第8表 ダイコンの無機成分含有率(%対乾物)

試験区 番号	N		P_2O_5		K		Ca		Mg		Na	
	葉	根	葉	根	葉	根	葉	根	葉	根	葉	根
B 1	3.89	2.47	0.62	0.67	5.20	6.16	0.82	0.13	0.56	0.19	2.82	2.62
B 2	4.35	2.62	0.57	0.63	4.14	6.16	0.96	0.12	0.68	0.21	2.90	2.60
B 3	3.94	2.23	0.50	0.59	3.80	6.04	1.16	0.12	0.70	0.21	3.24	2.80
B 4	3.90	2.28	0.51	0.52	4.34	5.84	1.14	0.12	0.68	0.19	3.04	2.84
B 5	4.36	2.56	0.53	0.59	4.36	6.30	0.98	0.13	0.66	0.19	2.76	2.70
F 1	3.91	3.11	0.74	0.70	4.50	7.50	0.98	0.15	0.78	0.30	1.02	1.59
F 2	4.24	2.80	0.76	0.61	4.40	6.76	1.10	0.13	0.82	0.32	1.00	1.98
F 3	3.52	2.64	0.75	0.73	4.30	7.36	1.06	0.14	0.74	0.27	0.84	1.38
F 4	3.86	2.29	0.71	0.64	4.34	5.96	0.96	0.13	0.66	0.25	0.82	1.22
F 5	3.92	2.51	0.82	0.66	4.24	6.24	0.98	0.13	0.74	0.24	0.90	1.36

第9表 カンランの生育と収量

試験区 番号	草丈 (cm)	外葉葉齢 (葉)	外葉生葉 枚数(枚)	外葉重 (g/株)	外葉1枚重 (g)	球重 (g/株)	球径 (cm)	球重 容積率 ¹⁾
B 1	31.1b ²⁾	37.8abcd	20.8ab	543bc	26.3bcd	450cd	10.7c	0.40a
B 2	31.1b	38.1abcd	20.5ab	541c	26.5abcd	443cd	10.4c	0.40a
B 3	29.7b	39.5ab	22.5a	540c	24.1d	326d	9.8c	0.38a
B 4	29.8b	38.8abc	21.8ab	551abc	25.5cd	374d	9.9c	0.40a
B 5	30.4b	39.7a	21.3ab	591abc	27.8abcd	397d	10.3c	0.39a
F 1	35.5a	36.5cd	19.8b	591abc	30.2ab	632ab	12.6ab	0.37ab
F 2	36.4a	35.6d	19.9b	607ab	30.3a	644ab	13.1ab	0.37ab
F 3	35.5a	37.0bcd	20.5ab	612a	30.4a	707a	13.7a	0.37ab
F 4	35.9a	36.6bcd	20.1b	576abc	28.8abc	548bc	12.6ab	0.35b
F 5	34.5a	36.8bcd	19.8b	544bc	27.2abcd	540bc	12.4b	0.37ab

1) 球重容積率=球重/4・(球径/2)²・球高

2) 異符号間に5%水準で有意差を示す。

第10表 カンランの無機成分含有率 (%対乾物)

試験区 番号	N		P ₂ O ₅		K		Ca		Mg		Na	
	外葉	球部	外葉	球部	外葉	球部	外葉	球部	外葉	球部	外葉	球部
B 1	1.93	3.82	0.35	0.53	2.54	3.17	0.10	0.16	0.28	0.33	0.04	0.78
B 2	2.14	4.18	0.36	0.52	2.64	3.22	0.13	0.16	0.31	0.33	0.05	0.76
B 3	2.08	4.03	0.39	0.56	2.48	3.26	0.12	0.19	0.32	0.34	0.05	0.60
B 4	1.96	3.91	0.39	0.56	2.60	3.33	0.10	0.18	0.29	0.35	0.05	1.15
B 5	1.96	4.15	0.35	0.57	2.66	3.18	0.10	0.17	0.32	0.35	0.06	1.02
F 1	2.65	4.19	0.29	0.55	2.44	3.49	0.10	0.19	0.26	0.37	0.05	0.49
F 2	2.79	3.91	0.33	0.54	2.50	3.33	0.11	0.20	0.31	0.34	0.04	0.34
F 3	2.55	4.26	0.34	0.54	2.70	3.00	0.11	0.18	0.29	0.34	0.04	0.68
F 4	2.12	4.08	0.33	0.52	2.36	3.48	0.10	0.20	0.27	0.35	0.03	0.46
F 5	2.59	4.12	0.39	0.55	2.54	3.32	0.11	0.15	0.29	0.33	0.04	0.44

カンランの調査結果を第9表に示した。草丈では、淡水区がおおむね35cmであって、塩水区の約30cmよりも大であるが、エミッタの型式による差は明らかでない。外葉の葉齢では、生育期の前半には淡水区の葉齢が塩水区よりも1ないし2葉進んでいたが、後半には逆転し、最終的には塩水区が淡水区よりも2ないし3葉多くなった。球重についてみると、塩水区は淡水区よりも著しく劣った。塩水区では特にB3区が劣るのに対して、淡水区のF3区では逆にもっとも多収となっており、水質により結果が逆転した。らせん型2種と2重チューブ型2種との比較では前者がよかった。外葉の重量は、淡水区では球重とよく比例関係を示しているのに対して、塩水区では一致しなかった。このことは、淡水区では外葉の生育の良否が直接に球重の大小に影響しているのに対して、塩水区では外葉の生育がよくても球重が大きくなることを示している。また、収穫時における外葉枚数(生葉のみ)は淡水区よりも塩水区が1ないし2枚多いけれども、外葉1枚重では淡水区が塩水区よりも大となっており、塩水区の葉が淡水区の葉よりも小さいことを示し、塩水により生育が抑制された結果と考えられる。球径は淡水区が明らかに大きい。結球の良否を判断するため、球重容積率を計算した結果では塩水区が淡水区よりもやや大きいことが認められた。カンラン株を引き抜いたとき付着している根部から、主根を除いた1次根および細根を回収して風乾重を測定した。その結果に

よると、試験区によって多少の差がみられたが、この根重の多少と球重その他の地上部の生育量の多少との間には対応関係がみられなかった。

カンランの外葉および球部の主な無機成分の分析結果は第10表のとおりである。エミッタの型式による差は少なく、塩水区と淡水区との差は球部のNaの含有率で顕著であるが、外葉では差が少ない。

考 察

まず、土壤条件についてみると、土壤の含水比は時間的にも空間的にも大差はみられないが、水質に関しては塩水区が淡水区よりもわずかに含水比が高い傾向が認められた。この原因としては、水質の差に起因する作物の生長量の差、ひいては蒸散量の差によるものではなく、むしろ塩水中の塩類の吸湿作用によるものではないかと考えられる。これに反して、pHとECについてはそれぞれの条件に応じて差がみられる。滴下点からの距離による差、層別の差、器材型式による差などの生ずる原因としては、エミッタの型式すなわち単位時間あたり流量の多少によって、水の平面的な分布範囲と、水の深層への浸透時間に差が生ずるため、かんがい水中の溶存塩類が土壤に集積する量に差が生ずるためと考えられる。これらの関係は多くの報告にみられるところと一致する^{1,17,22,23)}。

作物の収量についてみると、グレイソルガムでは塩水区が多収であった。塩水の組成、濃度、土壤

条件などの条件によっては塩水区の収量がまさる場合があることは、他の作物でも知られている^{7,8,18)}。一方、グレイソルガムよりも耐塩性が劣るとされているカンランおよびダイコンでは¹⁾、ダイコンの根部重、カンランの球重などの収量が塩水区内で劣った。3作物の収穫目的部位は、穀粒、根、葉と、それぞれ異なり、作物としての特性も異なるので、耐塩性を異にするのは当然であるが、その直接の影響は、グレイソルガムでは稈長および葉齢の減少、ダイコンでは葉長および葉齢の減少、カンランでは外葉のわい化など、各作物に共通的に植物体のわい化現象がみられる。塩水かんがいによるこのようなわい化現象はよく知られているところである^{4,6-8,12,21)}。グレイソルガムの根の調査結果によれば、単位時間あたり流量の少ないらせん型エミッタの塩水区内では、根群が滴下口直下の上層部に集中する傾向が認められた。この現象は他の作物においても報告されており^{22,23)}塩水点滴かんがいの特徴とみられる。

品質に関する問題点として、ダイコンでは塩水区内で、曲がり、岐根等の発生が多く、カンランでは球容積重の大きいすなわち硬い結球となる現象がみられた。これらも上記のわい化現象の一種とみられる。また、ダイコンでは搾汁のEC値がきわめて高いことが認められた。搾汁のEC値が高くなる現象はサトウキビでも報告されている²⁰⁾。

このように、塩水かんがいににより外形的にあるいは品質的に異常をきたす主要因は、NaあるいはClの含有量の増加にあるとされている。本試験においても、ダイコンでは P_2O_5 、K、Mgが少なくなっており、Naとのきつ抗作用によるものと考えられる。しかし、カンランでは P_2O_5 、K、Mgなどに変化がみられず、グレイソルガムではNaを含めて各無機成分に著しい差異はみられなかった。このように、無機成分の吸収もしくは蓄積に異常をきたすか否かによって、塩水かんがいに對する適応性を異にするものと考えられる。これらの点については、すでに多数の報告にみられるところと一致する。^{2,4,6-11,13-16,19)}

かん水器材の型式と収量との関係は一定していない。この原因としては、作物の耐塩性の差と、エミ

ッタの単位時間あたり流量の差に起因する土壤中の塩分濃度の差などが複雑にからみ合っているものと考えられる。器材の優劣については、単に作物の収量の多少のみならず、保守管理の難易を考慮する必要がある。特に、大面積にわたり長期間塩水を使用する場合には、性能の安定が重要な因子となるからである。

摘 要

1. 砂土において、グレイソルガム、カンランおよびダイコンについて、数種の塩類を溶解した塩水を用いて点滴かんがいの試験を行った。
2. 土壌の含水比は塩水区がやや高い傾向がみられた以外には大差はなかった。
3. 土壌のpHは塩水区内で高く、エミッタの型式によって差異がみられた。塩水区内は経時的に上昇傾向がみられた。塩水区内ではかんがい期間の長期化にともなって、滴下点近くから遠くへ、上層から下層へと、pHの高い部分が拡大して行くことが認められた。
4. 土壌のEC値は塩水区内で著しく高く、エミッタの型式によって若干の差異がみられた。経時的には、施肥によって上層のEC値が大きく変動するが、中、下層では塩水かんがいによる変動がみられた。塩水区内では滴下点から遠い表層部に塩類が集積する。
5. グレイソルガムにおいては塩水かんがいににより、稈長、葉齢、稈葉重等の減少がみられたが、穀粒の収量ではむしろ塩水区が多収の傾向を示した。無機成分の含有率については区間に大差は認められなかった。
6. ダイコンにおいては、葉長、葉齢、葉重、根長、根部重等ほとんどすべてについて塩水区内で劣った。また、塩水区内においてはエミッタの型式による差も認められた。塩水による根部形状の悪化があり、搾汁ではEC値の著しい上昇がみられた。無機成分の含有率は、塩水区内でナトリウムが多く、りん酸、カリウム、マグネシウムは低下した。
7. カンランにおいては、外葉および球部とも塩水区内の生育が著しく劣り、球部の硬化がみられた。無機成分の含有率は、塩水区内で球部のナトリウム含有率が高かったが、他の成分については各部位とも大

差は認められなかった。

文 献

1. AYERS, R. S. and D. W. WESTCOT. 1976. Water quality for agriculture. pp.97. FAO.
2. EL-GHONEMY, A. A., A. WALLACE, F. M. EL-GAZZAR and E. M. ROMNEY. 1982. Sodium relations in desert plants. *Soil Sci.* 134: 57-64.
3. 石田 明・増井正夫・糠谷 明・小倉孝保. 1978. キクの耐塩性. *園学雑.* 47: 421-424.
4. 石田明・増井正夫・糠谷明・小倉孝保. 1979. 砂耕及び土耕栽培におけるカーネーションの耐塩性. *園学雑.* 48: 322-326.
5. KAFKAFI, U. and B. BAR-YOSEF. 1980. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in highly calcareous soils. *Agron. Jour.* 72: 893-897.
6. 大沢孝也. 1960. 砂耕による蔬菜類の耐塩性に関する研究(第1報)果菜類について. *園学雑.* 29: 294-304.
7. 大沢孝也. 1961. 砂耕による蔬菜類の耐塩性に関する研究(第2報)葉菜類について. *園学雑.* 30: 48-56.
8. 大沢孝也. 1961. 砂耕による蔬菜類の耐塩性に関する研究(第3報)根菜類について. *園学雑.* 30: 161-166.
9. 大沢孝也. 1961. 砂耕による蔬菜類の耐塩性に関する研究(第4報)特に無機栄養より見た蔬菜の相対的耐塩性と塩害について. *園学雑.* 30: 241-252.
10. 大沢孝也. 1963. 蔬菜の耐塩性に関する浸透圧の作用とイオンの特異的作用. *園学雑.* 32: 211-223.
11. SHANNON, M. C. 1978. Testing salt tolerance variability among tall wheat-grass lines. *Agron. Jour.* 70: 719-722.
12. SHAYBANY, B. and A. KASHIRAD. 1978. Effect of NaCl on growth and mineral composition of *Acacia saligna* in sand culture. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 823-826.
13. 下瀬 昇. 1964. 作物の塩害生理に関する研究(第4報)トマトとタバコの耐塩性について. *土肥誌.* 35: 143-147.
14. 下瀬 昇. 1968. 作物の塩害生理に関する研究(第7報)タマネギ, セルリー, ホウレン草, キウリ, インゲンの耐塩性について. *土肥誌.* 39: 548-553.
15. 下瀬昇. 1968. 作物の塩害生理に関する研究(第8報)トウモロコシ, ルーサン, イタリアンライグラスの耐塩性について. *土肥誌.* 39: 554-557.
16. 下瀬昇. 1972. 作物の塩害生理に関する研究(第9報)麦類およびアスパラガスの耐塩性について. *岡山大農学部学術報告.* 第40号: 57-68.
17. SINGH, S. D., J. P. GUPTA and Panjab SINGH. 1978. Water economy and saline water use by drip irrigation. *Agron. Jour.* 70: 948-951.
18. 菅沼浩敏. 1978. 塩水かんがいが大麦の生育に及ぼす影響. *熱帯農業.* 21: 114-120.
19. THOMAS, J. R. 1980. Osmotic and specific salt effect on growth of cotton. *Agron. Jour.* 72: 407-412.
20. THOMAS, J. R., F. G. SALINAS and G. F. OERTHER. 1981. Use of saline water for supplemental irrigation of sugarcane. *Agron. Jour.* 73: 1011-1017.
21. U. S. Salinity Laboratory Staff. 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. pp. 160. U. S. Department of Agriculture.
22. WEST, D. W., I. F. MERRIGAN, J. A. TAYLOR and G. M. COLLINS. 1979. Soil salinity gradients and growth of tomato plants under drip irrigation. *Soil Sci.* 127: 281-291.
23. 山本太平. 1977. 砂丘地におけるトリクルかんがいの実用化に関する基礎研究. pp.92. 鳥取大学農学部砂丘利用研究施設水文かんがい部門.