

# 砂土におけるグレインソルガムの塩水栽培 (第1報) 塩水濃度の影響

山根昌勝\* · 佐藤一郎\*

## Grain Sorghum Growing with Brackish Water in Sandy Soil (I) Salinity Effect of Brackish Water on Growth and Yield

Masakatsu YAMANE and Ichiro SATOH

### Summary

Grain sorghum, *Sorghum vulgare* L., were grown in 1/5,000a Wagner pots with brackish waters and fresh water. The brackish water was made from fresh spring water (Total Disolved Salt: 60 ppm) salinized with  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ , and  $\text{NaHCO}_3$  (1 : 1 : 1 by wt.), and the TDS of brackish waters were 1,500, 3,000, 4,500, 6,000, and 9,000 ppm, respectively. Vegetative growth and grain yield were measured, and leaf, culm, and grain were analyzed for minerals.

At high salinity levels, plant height, total height, and ear length were inferior to that of fresh or low salinity levels. There were no significant differences in the leaf number of the main culm, or in the heading date among salinity levels. As concerns leaf area and dry weight of the leaf blade, salinity levels were divided into three groups, significantly. It was observed that the dry weight of leaf and culm, and the dry weight of root in the 1,500 ppm level were heavier than in the fresh water, while in the levels over 3,000 ppm, higher salinity levels were less in weight. Results of the grain yield were the same as the dry weight of leaf and culm, and in the 9,000 ppm level, the yield decreased by 50 percent. The yield reduction was primarily due to a decrease in the grain number per plant and the grain size. Generally, mineral concentrations in plant tissue of brackish water irrigated crops increased, while the  $\text{P}_2\text{O}_5$  of culm and leaf, and the K of culm decreased.

---

\*砂丘利用研究施設砂丘生産利用部門

\*Division of Plant Production, Sand Dune Research Institute

## はじめに

かんがい水として塩水を利用しようとするとき、塩水の水質に関してまず問題となるのが含有する全塩の濃度であり、ついでその塩の種類である。作物に対する塩の影響について、その種類と濃度とを別個に扱うことは適当でないが、問題を単純化して検討するために、ここでは一応両者を切りはなすこととした。従来から塩の濃度に関しては、各種の作物について多数の試験が行われている。グレイソルガムにおける塩水の水質に関する報告によれば、その耐塩性は試験条件によって異なるが、収量が50%に減少するときの土壌の飽和抽出液の電気伝導度(EC<sub>e</sub>)は1.1 S/m、かんがい水の電気伝導度(EC<sub>w</sub>)は720 mS/mであって、グレイソルガムの耐塩性は中位とされている<sup>1,2,3,5)</sup>。

これらの報告は普通土壌について試験されたものが多く、砂土についてはごく少ない。本試験は砂土における塩水利用の可能性を知ることが目的として、培地に砂丘地の砂土を用いた。したがって、陽イオン交換容量あるいは水分保持能力が小さく<sup>7)</sup>、塩水の作用が直接的に作物に及ぶことから、砂土を用いることは塩水と土壌との複雑な関係の中から、塩水の濃度の影響を取り出して検討するのに適していると考えられる。また、本試験は一方では乾燥地における地下水または河川水の利用について検討することを目的としたものがあるが、実在するこれらの用水は一般に複雑な組成の塩水である<sup>4,8)</sup>。このような塩水を人為的に作製することは種々の難点があるため、本試験においては3種の塩を等量に溶解した混合塩水を用いた。

## 材料および方法

培地として未耕土の砂丘砂土を1/5,000 aワグネルポットに充てんし、グレイソルガム品種NK 262を1ポット1個体ずつ栽培した。播種は1981年8月17日、収穫は12月28日とした。試験区は第1表のとおりであって、塩水は塩化カルシウム、硫酸マグネシウム、炭酸水素ナトリウムの3塩を等重量で混合して作製した。原水として用いた淡水の全塩濃度は約60 ppmであるが<sup>7)</sup>、濃度表記には加算しないこと

第1表 試験区とかんがい水の水質

試験区番号	全塩濃度(ppm)	pH	EC <sup>1)</sup> (S/m)	SAR <sup>2)</sup>
1	淡水(F)	7.16	0.013	—
2	1,500	8.60	0.230	2.55
3	3,000	8.53	0.413	3.61
4	4,500	8.38	0.588	4.43
5	6,000	8.40	0.748	5.14
6	9,000	8.10	1.020	6.26

1) 電気伝導度 2) ナトリウム吸収比率

とした。塩水のかん水処理は出芽15日後の9月2日から開始し、出穂期までは毎日、それ以後は3日間断により過不足の生じないようにかん水した。1ポット・1日あたり平均かん水量は、9月は117 ml(水深換算5.9 mm)、10月は126 ml(6.3 mm)、11月は60 ml(3.0 mm)、12月は32 ml(1.6 mm)であった。肥料は粒状化成肥料により1ポットあたり3要素とも0.6 gずつを、基肥および追肥を含めて合計4回に分施した。苦土石灰3.0 gと微量要素肥料2.0 gを2回に分施した。試験は全期間ビニルハウス下でおこない、高温期にはビニルを開放し、10月以降は保温に努め、登熟に支障がないように注意した。栽培期間中における気温は第2表のとおりである。植物体の無機成分は、窒素はCNコーダー、リン酸は硫酸モリブデン法、

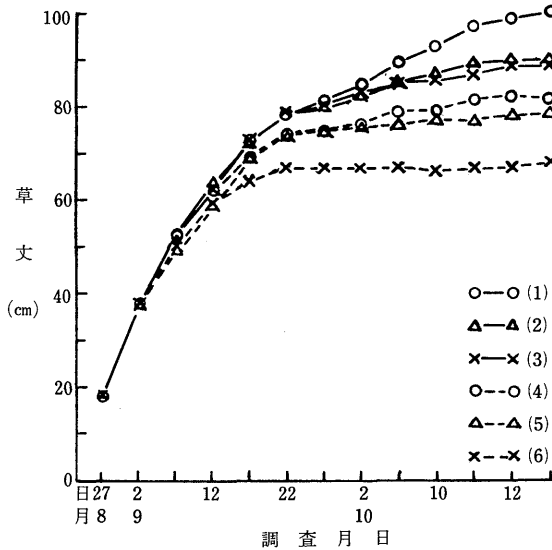
第2表 栽培期間中のビニルハウス内の月平均気温

項目	8月	9月	10月	11月	12月
最高(°C)	35.4	29.8	35.9	29.8	29.5
最低(°C)	22.1	17.4	17.0	15.2	13.8
平均(°C)	28.7	23.6	26.4	22.5	21.6

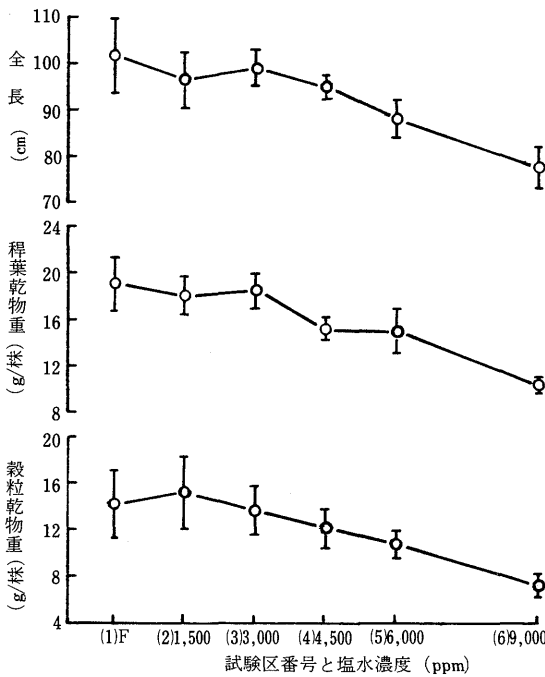
第3表 土壌のpHと電気伝導度

項目	第1区	第2区	第3区	第4区	第5区	第6区
pH	6.68	6.96	7.50	8.00	8.02	8.12
EC(mS/m)	9.8	41.0	71.8	77.8	102.0	112.0

pHは1:2.5懸濁液 ECは1:2懸濁液



第1図 草丈の伸長経過  
 (1): 第1区, (2): 第2区, (3): 第3区  
 (4): 第4区, (5): 第5区, (6): 第6区



第2図 全長、稈葉重および穀粒乾物重  
 縦線の長さは5%水準における信頼区間を示す

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り測定した。

結 果

収穫後に採取した土壌の pH と電気伝導度 (EC) は第3表のとおりである。pH, EC とも塩水の濃度の上昇にともなって上昇した。

草丈の伸長経過を第1図に示した。塩水の濃度が高いほど早い時期から草丈の伸長が抑制され、濃度が9,000 ppmの第6区では幼穂形成期にあたる時期、葉齢としては第9葉の伸長が終わった段階以後は伸長がみられず、最終の草丈は著しく低かった。第5区および第4区では幼穂形成期後にも伸長が続いたが、伸長量はわずかであった。主要形質のうち、全長、稈葉乾物重 (稈および葉の合計)、穀粒乾物重の3者の調査結果は第2図に、その他の形質については第4表に示した。全長は稈長と穂長の合計値であるが、穂長は第4表でみられるように、かんがい水の塩濃度の変化にともなってなだらかに変化しているため、全長の区間差の傾向と稈長のそれとは類似する。したがって、稈長は全長から類推することができるため、調査結果の表示は省略した。全長についてみると、第2区でわずかにへこみがみられるが、おおむね塩濃度の上昇にともなって全長が短くなるのがわかる。主稈葉数については最終葉齢としての葉数を示したが、多少の差はあるものの有意差とはならなかった。しかし、出穂10日前ころにおける葉齢の調査では、低濃度の塩水区で葉齢が若干進んだ。出穂期は各塩水区とも促進されたが、塩水濃度による区間差は有意とはならなかった。葉面積は濃度上昇にともない減少し、第1区および第2区、第4区および第5区、第6区の3群間には有意差があり、特に第6区では葉面積が著しく減少した。葉身の乾物重についても葉面積の場合とほぼ同様の傾向であった。稈葉乾物重は全長の場合とほぼ同様の傾向であった。稈重は稈葉重の約2/3を占めることから、稈葉重の場合と同じ傾向であった。穀粒乾物重すなわち収量については、塩濃度の変化にともなう増減は稈葉乾物重の場合と同様の傾向となったが、第2区では変化がみられ、各区間における有意差も栄養生長器管の生育量の場合に比べて比較的少なか

第4表 グレインソルガムの生育量

試験区	穂長 (cm)	主稈 葉数 (枚)	出穂期 (10月 日)	葉面積 (cm <sup>2</sup> /株)	葉身 乾物重 (g/株)	1株 粒数 (粒)	千粒重 (g)	根乾 物重 (g/株)
第1区	21.1±1.2	14.3±0.4	20.3±1.8	1,042±95	6.2±0.5	530±123	32.3±2.6	5.4±0.9
第2区	19.4±0.8	14.1±0.3	17.0±1.8	1,033±65	5.9±0.5	552±151	34.2±4.1	6.0±0.5
第3区	18.4±1.2	14.4±0.4	16.8±1.4	947±82	5.6±0.6	504±103	32.3±4.0	5.6±0.7
第4区	17.4±1.3	13.9±0.5	15.6±0.9	848±67	4.4±0.5	529±88	27.7±3.3	4.8±0.6
第5区	16.9±1.3	14.0±0.4	15.9±1.1	842±86	4.7±0.5	465±63	26.2±3.7	4.4±0.7
第6区	13.7±1.1	13.9±0.5	16.7±0.7	619±34	3.6±0.3	305±72	28.7±5.1	2.9±0.6

注) 葉面積は止葉から第6葉までを測定。表中の±の数値は5%水準における信頼限界を示す。

った。1株粒数は第1区から第5区までは比較的差が少なかったが、第6区は他区の約60%まで減少した。千粒重の変化は塩濃度の変化と対応しておらず、第2区が最大、第5区が最小であった。根の乾物重においても穀粒重の場合と全く同様であって、第2区の1,500ppm区でもっとも重く、塩濃度の上昇にともなって減少した。

植物体の無機成分含有率は第5表のとおりである。淡水区と塩水区との間に成分含有率の著しい差がみられる例としては、稈および葉身で、燐は淡水区が明らかに大となり、カルシウムは塩水区が大となる場合があげられる。塩水区相互間において、塩水の濃度の上昇にともなって成分含有率が上昇する例としては、窒素(稈と葉身)、燐(稈)、カルシウム(葉身)、マグネシウム(稈)、ナトリウム(稈)である。これらとは逆に、含有率が低下する傾向がみられるものとしてカリウム(稈)がある。

## 考 察

植物体の草丈、穂長、全長などの長さ方向の生長、葉面積、葉身重、稈葉重などの広さまたは重量的な生長のほとんどのものが、塩水の濃度の上昇にともなって減少する傾向を示し、近接した区間では有意差とならないものの濃度差の大きい区間では有意差が認められた。主稈葉数は最終的には区間差が小さく、単なるばらつきとみられる程度であったが、出穂前における葉齢では差があり、低濃度の区では葉齢が進み、高濃度の区では遅れた状態となる時期があった。出穂期は淡水区よりも塩水区が早く、その差は有意であった。塩水の各濃度の区間には有意差は認められなかったものの、生育の途中における草丈の伸長経過と、前記した葉齢の増加経過などをあわせて考えると、塩水濃度により出穂期に差が生ずる場合もありうると考えられた。

穀粒重は第2区すなわち1,500ppm区がもっとも重くなったが、第3区以下は塩水の濃度の上昇にと

第5表 グレインソルガムの無機成分含有率(%対乾物)

試験区	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K			Ca			Mg			Na		
	稈	葉身	穀粒	稈	葉身	穀粒	稈	葉身	穀粒	稈	葉身	穀粒	稈	葉身	穀粒	稈	葉身	穀粒
第1区	0.42	0.82	1.86	0.43	0.36	0.57	2.58	0.82	0.52	0.08	0.38	0.004	0.37	1.34	0.29	0.11	—	0.02
第2区	0.46	0.94	1.81	0.08	0.17	0.43	2.49	0.79	0.46	0.15	0.75	0.004	0.45	1.20	0.26	0.14	0.06	0.02
第3区	0.50	0.87	1.90	0.05	0.06	0.49	2.25	0.94	0.37	0.15	0.67	0.004	0.48	1.13	0.22	0.13	0.06	0.01
第4区	0.55	1.17	1.86	0.05	0.12	0.61	2.48	0.83	0.44	0.15	0.72	0.006	0.52	1.34	0.22	0.22	0.07	0.02
第5区	0.63	1.10	1.95	0.06	0.11	0.58	1.97	1.01	0.43	0.17	0.75	0.005	0.56	1.25	0.23	0.23	0.07	0.01
第6区	0.59	1.37	2.15	0.10	0.13	0.71	1.88	0.76	0.43	0.17	0.81	0.004	0.59	1.21	0.22	0.18	0.06	0.01

もなって次第に減少した。この直接の原因は1株粒数または千粒重の減少にあり、間接的には葉面積または葉身乾物重などの減少によるものと考えられる。ただ、1株粒数と千粒重の間には補償作用がみられる場合があり、たとえば、第6区では1株粒数が著しく減少したため、穀粒の充実程度が第4区、第5区に比べてむしろ良くなり、結果的に千種重が重くなった。穀粒重/稈葉重の比を計算してみると、第1区が0.746、以下順に、0.840、0.739、0.803、0.720であり、第6区がもっとも低く0.689であった。このことからみても、第2区がもっとも効率が良いことがわかる。

従来の報告によれば、低濃度の塩水ではソルガムの植物体の大きさはほとんど減少しないが、粒重は減少するとしている<sup>2,3)</sup>。本実験では1,500 ppm程度の低濃度の塩水では植物体自体の生育量が多少小さくなるが、穀粒重は大となる傾向があった。このように低濃度の塩水または希釈した海水のかん水により、淡水の場合よりも多収となる例はオオムギなどでも知られている<sup>6)</sup>。しかし、塩水の濃度が高くなるにつれて塩害が大きくなり、その障害の発現する濃度は作物により異なる<sup>1)</sup>。本試験の場合には、3,000 ppmを越すと植物体の生長量が小さくなり、1株粒数、千粒重が減少し、その結果として穀粒重が減少した。減収程度が50%となるとききの塩水のECは1.0 S/mであった。Ayersらは減収度50%の塩水濃度は0.72 S/m<sup>1)</sup>、Parasharは砂土を用いた実験において1 S/mで減収65%としており<sup>5)</sup>、その他の報告でも実験条件によりかなりの幅がある<sup>2,3)</sup>。これらの既往の報告と本試験の結果とを比較すれば、実験条件にかなりの差があるにもかかわらず、高濃度域の塩水のEC値と減収程度との関係ではほぼ類似の結果が得られた。しかし、低濃度域では塩水区が淡水区よりもわずかながら穀粒重が多収の傾向を示す点で異なった。

### 摘 要

1. 砂丘砂土を充てんした1/5,000 a ワグネルポットでグレイソルガムを栽培し、塩化カルシウム、硫酸マグネシウム、炭酸水素ナトリウムの3塩を等重量で溶解した全塩濃度1,500 ppmから9,000 ppmま

で5段階の塩水を、出芽15日後からかん水した。

2. 草丈は塩水濃度が高いほど早期に伸長が停止し、9,000 ppm区の停止は幼穂形成期であった。草丈、穂長、全長とも塩水濃度の上昇にともなって減少した。

3. 最終の主稈葉数には区間に有意差はなかったが、出穂10日前ころの葉齢には差があった。出穂期は塩水区で促進されたが、濃度による差は認められなかった。

4. 葉面積および葉身乾物重は塩水濃度別に3群に分かれて有意差があり、高濃度では著しく減少した。

5. 稈葉乾物重および根乾物重な塩水濃度の上昇にともなって減少した。ただし、1,500 ppm区の根重は淡水区より大であった。

6. 穀粒乾物重は1,500 ppm区が淡水区よりまさり、それ以上の濃度では濃度の上昇にともなって減少した。1株粒数は9,000 ppm区で著しく減少した。千粒重は1,500 ppm区が最大であり、塩水濃度の上昇とともに減少し、9,000 ppm区ではやや重くなった。塩水濃度の上昇にともなう穀粒重の減少の直接原因は、中濃度域では1株粒数および千粒重の減少にあり、高濃度では1株粒数の著しい減少にあると考ええられる。

7. 植物体の無機成分含有率では、磷は塩水区で減少し、その他の成分はおおむね高くなった。稈のカリウム含有率は塩水濃度の上昇にともなって低下した。

### 文 献

1. AYERS, R. S. and D. W. WESTCOT. 1976. Water Quality for Agriculture. FAO. Rome. 26.
2. BUSTANAY, M. 1974. Saline water irrigation in Israel, practice and research. Mekorot Water Co. Tel-Aviv. 66.
3. FRANCOIS, L. E., T. DONOVAN, and E. V. MAAS. 1984. Salinity effects on seed yield, growth, and germination of grain sorghum. Agron. J. 76: 741-744.
4. GIBB, A. 1969. Abu Dhabi Water Resources Survey Interim Report. London. 121.
5. PATEL, P. M., A. WALLACE, and E. F.

- WALLIHAN. 1975. Influence of salinity and N-P fertility levels on mineral content and growth of sorghum in sand culture. *Agron. J.* 67:622-625.
6. 菅沼浩敏, 1978, 塩水かんがいが大麥の生育に及ぼす影景, *熱帯農業*, 21:114-120.
7. 鳥居菅生・長井武雄・佐藤一郎・小谷佳人, 1961, 砂丘畑のかんがいに関する研究, 第4報, 灌水の滲透に伴う肥料三要素の溶脱について, *鳥取大砂丘研報*, 2:13-27.
8. USDA Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA. Washington D. C. 77.