

研究論文

栽培

異なる畝型・土性条件下での塩水灌漑が畝内塩類集積分布及び トウモロコシの初期生育に及ぼす影響

惣慶嘉・和佐野喜久生*・山下耕一郎・野瀬昭博

(佐賀大学)

要旨: カザフスタン共和国・シルダリア川下流域の高塩類集積土壌で行ったプロジェクト研究で課題となった畝内塩類集積、作物の出芽及び初期生育に関して実験を行った。ビニルハウス内に異なる2種の畝型(平畝及び山型畝)及び3種の土性(砂壌土、埴壌土及び軽埴土)よりなる畑土壌試験区を設定し、濃度調整した塩水($EC=8\text{ dS m}^{-1}$)を畝間灌漑して、トウモロコシの出芽及び生育に対する影響を畝型、土性及び畝内での塩類集積分布との観点から調査・分析した。結果は、1) 出芽率は平畝区で悪く、特にその埴壌土及び砂壌土区で(70%前後)顕著であった。2) 播種後42日までの草丈伸長は平畝区で悪かったが、軽埴土区では21日以降には急速に回復し、最終的に草丈は対照区と同じ(149 cm)になった。3) 地上部乾物重は基本的には草丈伸長と同じ傾向を示した。4) 播種位置での土壌含水比はジョロ・畝間の両灌漑区とも両畝型の砂壌土で最も低く、5~15%であった。5) 播種後の EC_e 値は平畝で高く($10\sim15\text{ dS m}^{-1}$)、その傾向は砂壌土区で顕著であった。6) 畝内での塩類集積分布は山型畝では頂上あるいはその付近に、平畝では畝の肩部でそれぞれの最高値がみられ、山型畝では埴壌土区(46.9 dS m^{-1})が、平畝では砂壌土区(29.8 dS m^{-1})がそれぞれ最大であった。7) 畝内での塩類集積分布とトウモロコシの初期生育の良否は密接に関連した。以上の実験結果は、塩類集積と作物の初期生育との関係を明らかにするための重要な示唆を与えるものであった。

キーワード: 畝型、畝間灌漑、塩類集積、出芽率、生育、トウモロコシ、土性。

著者ら(和佐野及び惣慶)は1996年から3年間カザフスタン共和国において、環境庁より委託された「中央アジア塩類集積土壌の回復技術の確立に関する研究」のプロジェクト研究を行った。著者らが分担した研究課題は、カザフスタン共和国で深刻な問題になっているシルダリア川下流域で塩類集積によって廃棄された圃場を回復させるために、栽培学・育種学的な領域からの技術開発、特に耐塩性作物の導入を含む栽培上の問題点を実証試験によって明らかにし、具体的な解決策を見つけ出すことであった。現地の廃棄圃場での栽培試験の結果、すでに国際農林水産業研究センター報告書(注:1999)にその概略を述べているように、いくつかの問題点を明らかにすることができたが、今後検討すべき多くの研究課題も残された。特に、供試作物の出芽率及び生育に反復間で顕著な差が見られた所があり、一筆圃場での土壌塩濃度の分布が不均一であることがその原因であると考えられた。

塩類集積土壌での発芽障害は、土壌表層からの水分の蒸発とそれとともなう土壌水の上昇により、土壌全体の平均塩濃度よりも高い塩濃度下で発芽することに起因し(Pasternak ら 1975, Rhoades ら 1992)、塩類集積土壌での畝間灌漑は発芽を遅らせたり苗立ちを悪化させるなどの影響を及ぼし(Ayers and Westcot 1985)、生育及び収量を低下させる(Bernstein and Francois 1973)ことが知られている。塩類集積下での異なる畝型及び土性と発芽に関する

報告は今までにいくつかみられ(Bernstein ら 1955, Bernstein and Fireman 1957), Ayers and Westcot (1985)は塩類集積土壌での出芽遅延及び苗立ちの悪化の対策として、山型畝が最も有利であり、次いで2条播平畝が良いと指摘している。しかし、異なる畝型及び土性の畑土壌での塩水灌漑が塩類集積の推移、出芽及び生育に及ぼす影響については明らかにされていない。本研究は、カザフスタン共和国でのプロジェクト研究で重要な基本的課題の1つとなった塩類集積土壌での作物種子の出芽及び初期生育障害について、異なる畝型及び土性条件下での土壌水分及び根圏域の塩濃度の推移から明らかにすることを目的として行ったものである。

材料と方法

試験は佐賀大学農学部の実験圃場内の $16.7\times7\text{ m}$ のビニルハウスに、縦 \times 横 \times 深さ $=3\times1\times0.3\text{ m}$ (側面を波板シートで囲い、底面は厚さ3 cmに粘土を敷いた)の処理区(プロット)を設置し、8プロットを1ブロックとして乱塊法による2反復で行った。1ブロックには平畝区(長 \times 畝上幅 \times 高 $=3\times0.5\times0.15\text{ m}$)及び山型畝区(長 \times 畝下幅 \times 高 $=3\times0.8\times0.2\text{ m}$)をそれぞれ4プロット設けた。両畝型区の4プロットには土性の異なる3種類の土壌(第1表)をそれぞれ客土し、埴壌土区は両畝型区それぞれ2プロットとした。各プロットの中央に1畝をつくり、

各畝型区の埴壤土区の1つに地下水(真水灌漑区)を灌水したものに対照区とし、その他のプロットには塩水を灌水した。粒径組成の測定はGee and Bauder (1986)の比重計法により行い、土性の区分は国際土壌学会法にしたがった。土壌は本学実験圃場内の埴壤土を用い、砂壤土区及び軽埴土区は川砂及び有明粘土を混合して調整した。塩水灌漑には佐賀県唐津市相賀浜の海水(平均EC値=48.9 dS m⁻¹)を学内の地下水(平均EC値=0.27 dS m⁻¹)と混合し、EC値8 dS m⁻¹に希釈調整したものを使用した。供試材料にはトウモロコシ(白餅)を用いた。供試品種の調整塩濃度に対する発芽率(気温25℃、湿度70%)は98%であった。

播種は8月12日に、平畝は畝両端から5 cmの地点に、山型畝は畝の1/3高の斜面に、それぞれ播種深度2-3 cm、1株3粒播、株間12 cmの2条播き(各条12株)とした。灌水は畝間灌漑法とし、畝の両側に灌漑水を施用した。畝間灌漑は播種日、播種後8、16、21及び31日に行い、プロット当たり灌漑水量は播種後8日目は200 L、その他は150 Lとした。これらの灌水間隔は畝土壌の乾燥及び塩類集積の進行状態を総合的に判断した結果である。出芽を均一にするために播種後2日目から7日目までは毎夕方、ジョロで1プロット当たり8 Lを畝の真上から灌水した。畝間灌漑及びジョロ灌水時における海水、地下水及び灌漑塩水の塩濃度及び成分の平均値を第2表に示した。灌漑塩水はナトリウム及び塩化物イオンが等量でそれぞれ40.4及び44.9%と可溶性塩類の大部分を占めた。施肥は全量を元肥に化成肥料(BB 464, N:P:K=14:16:14)を1プロット当たり40 g施用した。各株は3個体芽の出芽直後に間引きを行い2個体とした。ビニルハウス内での日中の過度な気温上昇を避けるために、朝7:00にビニルハウス側面を開け、日没時に閉じた。試験期間中のビニル

ハウス内の平均気温、湿度及び蒸発量は第3表に示した。

生育調査は出芽率、草丈、葉齢及び地上部乾物重について行った。出芽率は全播種数に対する出芽率を播種後3日目から10日間行い、葉齢及び草丈は7日毎に各プロットの8株について行った。地上部乾物重は約10日毎(10、21、32、42日目)に各プロットの3株を畝端から順次採取した。

土壌塩濃度測定のための土壌は乾物重測定用株の採取時に主に根域部から採取した。土壌採取後は同じ土性の土壌を加えて畝を復元した。土壌採取は0-5 cm(10日目)、0-5、5-10 cm(21日目)、0-5、5-10、10-15 cm(32日目)の深度からそれぞれ行った。播種後42日目の土壌採取は畝内の塩類集積分布を調査するために、平畝では播種位置及び畝中央部の0-5、5-10、10-15、15-20、20-25 cmの深度、及び畝間の溝部の0-5、5-10、10-15 cmの深度、山型畝では播種位置(5 cm間隔で20 cm深まで)、頂上部(5 cm間隔で30 cm深まで)、1/3高の斜面部(5 cm間隔で10 cm深まで)及び畝間の溝部(5 cm間隔で15 cm深まで)についてそれぞれ行った。土壌塩濃度の測定はRhoades (1982)の方法により飽和抽出法によって行い、遠心分離器(コクサン製Bローター)でpF=3.0になるように回転数を調整し、60分間遠心した後、得られた抽出液の電気伝導度(EC_e)をTOA製CM-30 Vで測定した。

各処理区での土壌水分動態が出芽に及ぼす影響を確認するため、ジョロ灌漑区では10月5日から、畝間灌漑区で

第1表 土壌処理区別の粒径組成。

区分	記号	粒径組成(%) ¹⁾		
		粘土	シルト	砂
砂壤土区	SL	14.4	7.8	77.8
埴壤土区	CL	20.4	25.7	53.9
軽埴土区	LiC	26.5	25.1	48.4

1) 粘土<0.002 mm<シルト<0.02 mm<砂。

第3表 試験期間中のビニルハウス内の平均気温、湿度及び蒸発量。

		気温 (℃)	湿度 (%)	蒸発量 ¹⁾ (mm d ⁻¹)
日中 (6:00~18:00)	最高	37.5	95.0	
	最低	25.0	61.0	
	平均	31.4	76.7	
夜間 (18:00~6:00)	最高	27.0	100.0	
	最低	24.5	92.0	
	平均	26.8	96.0	2.5

1) 蒸発量は24時間測定の平均値。

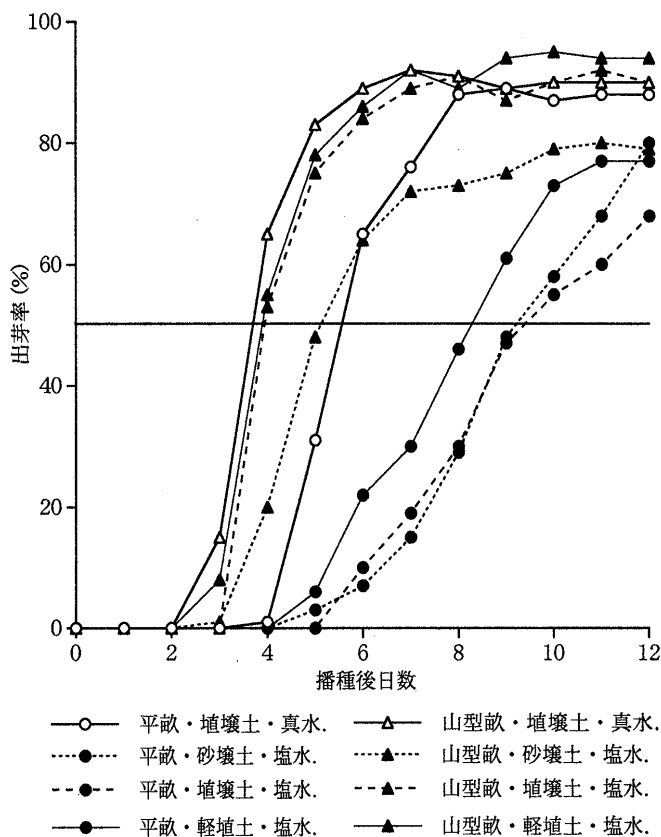
第2表 灌漑水に使用した地下水、海水及び灌漑塩水のEC値及びイオン組成。

水の種類	EC (dS m ⁻¹)	陽イオン(mmolc l ⁻¹)					陰イオン(mmolc l ⁻¹)			TDS ³⁾
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	TDC ¹⁾	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	TDA ²⁾	
地下水	0.3	1.7	0.02	0.5	0.7	2.9	0.2	-	0.2	3.0
海水	48.9	435.9	7.8	101.1	19.3	564.1	396.0	53.9	450.0	1014.1
灌漑塩水	8.0	57.8	0.6	8.8	2.4	69.6	64.1	9.1	73.2	142.9

1) 総可溶性陽イオン量。

2) 総可溶性陰イオン量。

3) 総可溶性塩類量。



第1図 畝型及び土性を異にした畑土壌での塩水灌漑の出芽率に及ぼす影響。

処理区間の5%水準のLSDは14.0。

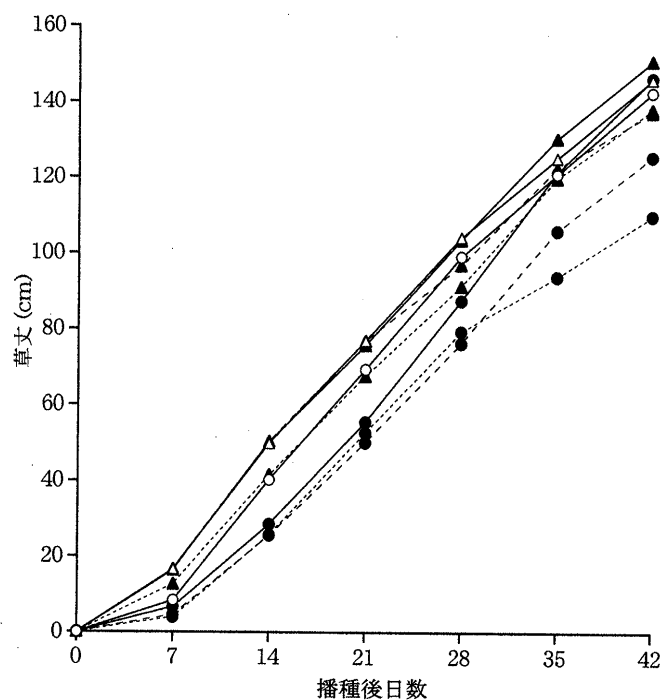
は10月10日から、播種位置における土壌水分含有率をそれぞれ3日間調査した。灌水は調査開始の前日18:00に前述した方法でそれぞれ行った。土壌は翌朝6:00から18:00(3日目は午前6:00のみ)まで3時間毎に、各処理区の3サンプルを播種地点の表層0-5 cmから採取し、110℃で24時間乾燥させた。採取後は同じ土性の土壌を同量採取地点に加え、その箇所に印を付けて同じ場所から2度採取しないようにした。

供試作物の出芽率、生育、土壌水分及び土壌塩濃度に関する各処理区間における有意差検定は、各調査項目の調査全期間の試験結果を分散分析し、誤差分散から5%水準の最小有意差(LSD)を求めた。

結 果

1. 塩水灌漑とトウモロコシの初期生育障害

異なる畝型及び土性での塩水灌漑が出芽率に及ぼす影響を第1図に示した。各処理区間における5%水準のLSDは14.0であった。出芽開始は山型畝では播種後3~4日目に、平畝では5~6日目に観察された。出芽率は土性によってその傾向は異なり、山型畝・埴壌土及び山型畝・軽埴土区では対照区(真水灌漑)とほぼ同等(5日目で80%前後)で、平畝(9日目で50%前後)より最終出芽率が20~30%良好であった。最終出芽率は全体で67~94%であったが、山型畝・砂壌土区は山型畝・埴壌土及び山型畝・



第2図 畝型及び土性を異にした畑土壌での塩水灌漑の草丈に及ぼす影響。

処理区別の記号は第1図と同じ。

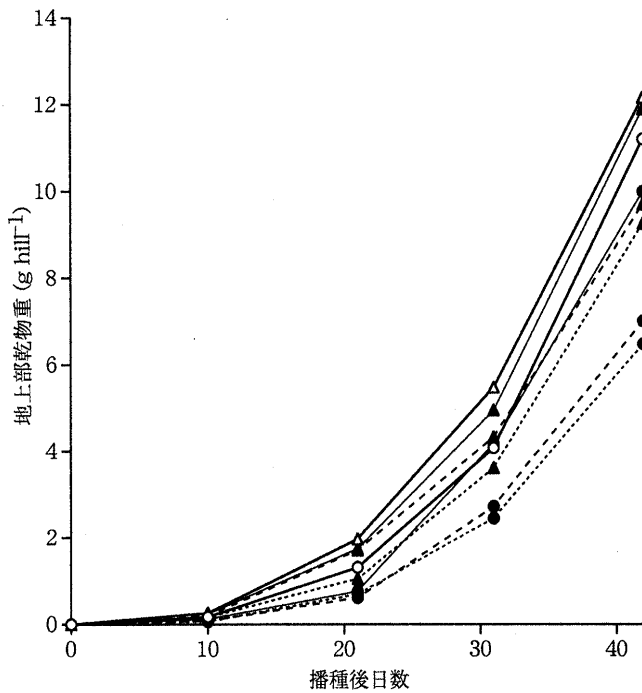
処理区間の5%水準のLSDは5.03。

軽埴土区よりも10~15%前後悪くなり、最悪処理区は平畝・埴壌土区の67.6%であった。

第2図には塩水灌漑処理が初期生長に及ぼす影響を草丈によって示した。各処理区間における5%水準のLSDは5.03であった。塩水灌漑処理は播種後14日から平畝での草丈伸長(対照区及び山型畝区より15~20 cm劣る)を阻害し、その傾向は21日まで継続した。このことは前図に示した出芽開始までの日数差が影響したことになる。しかし、播種後21日を過ぎると、平畝・軽埴土区の生長が急に良くなり、最終的には対照区と同じ草丈を示した。塩水灌漑処理期間を通して明らかに生育障害を受けた区は、平畝・砂壌土及び平畝・埴壌土の2区で、最終草丈で最良の対照区及び山型畝区(150 cm前後)との差は30~40 cmになった。最も生長阻害を受けた平畝・砂壌土区では播種後28日以降の伸長が著しく停滞し、最終草丈は約110 cmにとどまり、対照区と比べて25%近い生長抑制を受けた。

葉齢に関する調査結果は省略したが全体的傾向は第2図に示した草丈とほぼ同様で、山型畝区で平畝区より1葉前後多くなった。最終葉齢は最良の対照区及び山型畝区での11葉前後であったが、平畝区では10葉前後、最悪の平畝・砂壌土区は9.6葉であった。

第3図に塩水灌漑処理が地上部の乾物生産に及ぼす影響を示した。各処理区間における5%水準のLSDは0.884であった。全体的に塩水灌漑による乾物生産抑制は明らかで、特に平畝・砂壌土及び平畝・埴壌土区のそれは顕著であった。播種後42日目の株当たり乾物重は、山型畝・対照区が12 g前後であり、山型畝・軽埴土は11 g前後と対照



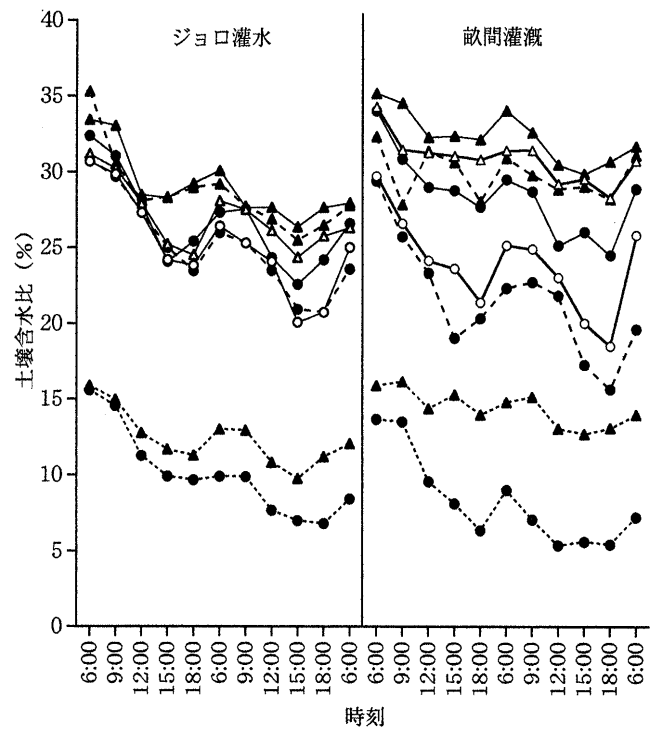
第3図 畝型及び土性を異にした畑土壌での塩水灌漑の地上部乾物重に及ぼす影響。
処理区別の記号は第1図と同じ。
処理区間の5%水準のLSDは0.884。

区とはほぼ同等の値を示した。顕著な生育障害を受けた平畝・砂壌土及び平畝・埴壌土区の株当たり乾物重は7g及び6.5gで、最良の山型畝・対照区と比べておよそ45%減少した。

2. 塩水灌漑による土壌環境の変化

第4図には塩水灌漑処理が播種地点における畝表層部(5cm深)の土壌水分に及ぼす影響を示した。各処理区間における5%水準のLSDはジョロ灌漑及び畝間灌漑でそれぞれ1.18及び1.65であった。全体的な傾向として、土壌水分は昼間18:00まで減少し、土性では軽埴土が高く、砂壌土が最も低くなり、灌漑法ではジョロ灌漑より畝間灌漑の方が高くなった。畝型では平畝よりも播種位置が低かった山型畝の方が含水比は高く、畝型間の差は畝間灌漑区で大きくなった。日内の変動幅は畝間灌漑の方が小さくなった。土壌含水比は、畝間灌漑区では全体で37~5%の間で変動し、ジョロ灌漑区では砂壌土で16~7%前後、他の区では35~20数%の間で変化した。

第5図は塩水灌漑処理が根域の塩類濃度に及ぼす影響を示したものである。数値は採取深度での平均値を示している。ただし、42日目は平畝では播種位置での0~25cm深の平均値を、山型畝では播種位置での0~20cm深及び溝部・畝中央部の最下層の平均値をそれぞれ示した。これは採取時における根の分布状況に従ったものである。各処理区間における5%水準のLSDは1.79であった。全体的には対照区(真水灌漑)のEC_e値は1dS m⁻¹前後で推移したが、塩水灌漑処理区は5~15dS m⁻¹の値で変動した。

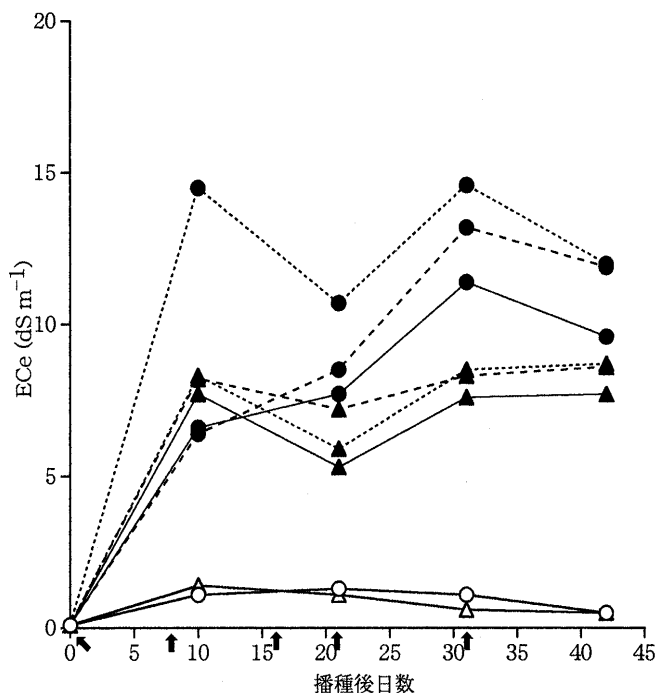


第4図 調査前日18:00にジョロ灌漑及び畝間灌漑を行った畝の播種位置における0-5cm深の土壌含水比の日変化。
処理区別の記号は第1図と同じ。
ジョロ灌漑での処理区間の5%水準のLSDは1.18。
畝間灌漑での処理区間の5%水準のLSDは1.65。

畝型では山型畝の方が平畝よりもEC_e値は低く推移した。平畝・砂壌土区では播種後10日目までにEC_e値は15dS m⁻¹まで急上昇し、その後は13dS m⁻¹前後の高い値で推移した。一方、他の2つの土性区では播種後30日までは上昇を続けた。山型畝では播種後10日目以降はほぼ7dS m⁻¹前後で安定して推移した。土性での差異はいずれの畝型も軽埴土区が最低値を示した。

第6図には異なる畝型及び土性区での播種後42日目における畝内塩類集積分布を示した。測定値間における5%水準のLSDは1.19であった。EC_eの最高値は真水・塩水のいずれも山型畝の頂部及び頂部近くの表層部にみられ、その値は対照区で5dS m⁻¹となったが、塩水灌漑区では31~46dS m⁻¹という極度に高い値がみられた。

両畝型での塩類集積分布の傾向は以下のようにやや異なった。対照区は平畝の肩部でEC_e最高値1.7dS m⁻¹であったが、山型畝での最頂部及び斜面中央部への塩類集積度(2.5~5.0dS m⁻¹)はかなり大きな値を示した。塩水灌漑区の平畝区では、軽埴土では畝中央表層部に、他は畝の肩(播種位置)の表層部にEC_eの最高値(25~30dS m⁻¹)がみられ、次いで畝中央あるいは肩(軽埴土)、畝溝表層部、肩部の5~10cm深度の順になったが、最低値を示す畝中央の最深部(20~25cm)あるいはその直上部(砂壌土)の3.6~4.5dS m⁻¹まで徐々に低下した。異なる土性間では、EC_e最高値は粘土含有量に比例して低くなった。塩水灌漑区の山型畝では、最高値は畝の頂上部あるいは畝



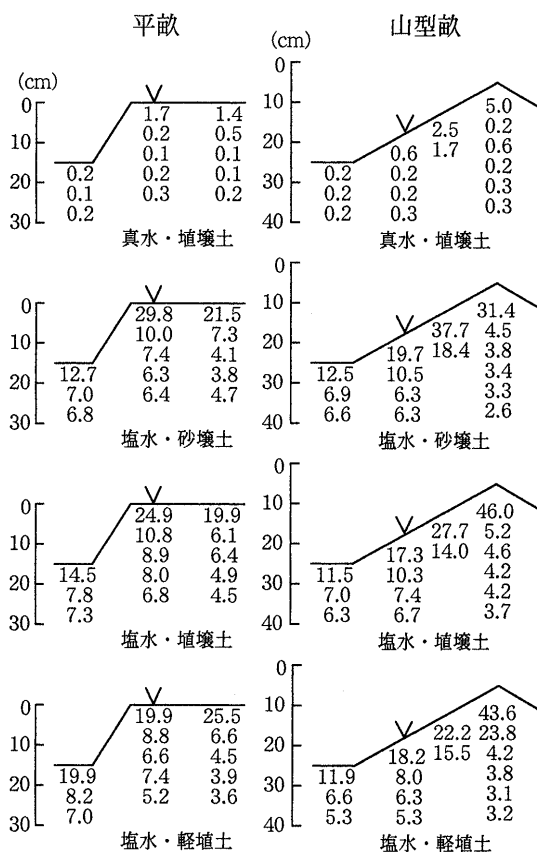
第5図 畝型及び土性を異にした畑土壌に塩水灌漑を行ったときの根域部での土壌塩濃度の推移。
処理区別の記号は第1図と同じ。
↑は畝間灌漑日を示す。
処理区間の5%水準のLSDは1.79。

斜面上部(砂壤土)の表層部にみられ、次いで畝斜面の上部(砂壤土では頂部)、最下部それぞれの表層部、斜面中央部あるいは最頂部(軽埴土)の5–10 cm 深度部、畝溝表層部の順になり、最低値の畝中央の最深部(30–35 cm)の $2.6\sim 3.7\text{ dS m}^{-1}$ まで徐々に低下した。土性間では、最高EC_e値は埴壤土にみられたが、畝斜面上部表層では粘土含有量に比例して低くなった。

播種位置と塩類集積分布との関係についてみると、平畝区では播種位置での塩類集積が最高値かそれに次ぐ値(軽埴土)を示した。一方、山型畝区の播種位置は畝斜面表層部において塩類集積の最も低い場所になり、そのEC_e値はいずれも平畝・軽埴土区にみられた最低値(19.9 dS m^{-1})前後の値であった。

考 察

本実験では、濃度調整した塩水($\text{EC}=8\text{ dS m}^{-1}$)が異なる畝型及び土性の畑土壌に畝間灌漑されたとき、トウモロコシの生育にどのような影響を及ぼすのかについて、畝での土壌水分及び塩類集積分布の変化・状態との関連性から検討を行った。その結果、畝型、土性及び播種位置によって塩水灌漑での出芽(第1図)及び初期生育(第2図及び第3図)に対する影響は顕著に異なり、平畝の砂壤土及び埴壤土では生長が顕著に遅延・停滞することがわかった。その原因として他の区に比べて播種位置での塩濃度が $5\sim 10\text{ dS m}^{-1}$ も高かったこと及び土壌水分が15%も低く推移したこと、さらにはこの両区での塩濃度はジョロ灌水



第6図 畝型及び土性が異なる畑土壌に真水あるいは塩水灌漑を行ったときの播種後42日目における土壌の塩類集積分布。
数値はEC_e (dS m^{-1})。
Vは播種地点を示す。
測定値間の5%水準のLSDは1.19。

及び塩水畝間灌漑で急激に上昇したことがあげられる。しかし、播種後21日以降、平畝・軽埴土区では草丈及び乾物重は著しく増加し、草丈では対照区、乾物重では山型畝・埴壤土区と同レベルに達した。これは、根圏域でのEC_e値が他の土性区に比べてほぼ 2 dS m^{-1} 低く推移し、土壌含水比も高かったためである。このような平畝・軽埴土区での結果及び山型畝・軽埴土区で対照区と同等の生育を示したことは、土壌塩濃度は蒸発散による水損失及び下層からの毛管上昇によって増加し、特に表層で高濃度である(Bernstein 1974, van Hoorn 1991) こと、及び直根が土壌深くまで侵入する植物及び発芽後の根が素早く塩濃度の低い層に到達できる植物は、高塩類集積土壌での出芽や苗立ち性に関して有利であること(Pasternak ら, 1975)と関連していると考えられる。すなわち、Ayers and Westcot (1985)は作物は根域の土壌塩濃度の平均値に反応すると述べているが、軽埴土区の平畝では畝中央、山型畝では畝上部の塩濃度が高くなり、播種位置・根圏域の塩濃度が他の区に比べて低く推移したこと(第5図)、特に最下層の塩濃度が低くなっていたこと(第6図)が、軽埴土区での生育に有利な環境を提供したと考えられる。このことに関して、Bernstein and Fireman (1957)は実験室

内で塩を付加した土壤に蒸留水を畝間灌漑し、異なる土性及び畝型における塩類の集積分布について、畝間から畝内への灌漑水の移動の面から比較・調査を行っている。その結果、畝表面と湿潤前線との角度によって塩類の輸送程度は異なり、粘土質土壤での湿潤前線の畝表面に対する角度は、砂質土壤のそれと比較して大きくなり、塩類を畝中央付近まで輸送したと述べている。

Bernstein ら (1955) は圃場条件下で異なる塩濃度の土壤 ($0.9 \sim 43.4 \text{ dS m}^{-1}$) に 8 種類の作物を供試し、畝間灌漑では畝中央の表層部への塩類集積が最も大きくなり、畝溝で最低となるが固結する危険性があること、また山型畝の斜面中央部への播種は土壤の初期 EC_e 値が $30 \sim 40 \text{ dS m}^{-1}$ でも良質な水が灌漑されれば発芽可能であると報告した。本実験では山型畝では斜面中央部よりも畝間よりに播種することがさらに良いことが示された。

植物の耐塩性については作物あるいは品種の違いによって異なることはこれまでも多くの報告がなされており、その情報は Maas (1986), Minhas (1996) 及び Rhoades ら (1992) に要約されている。また、塩は全ての生育期に影響を与えるが、作物はそれぞれの生育期によって耐塩性が異なり (Bernstein and Hayward 1958, Maas 1986), 幼苗期は耐塩性作物であってもビートを除き特に弱く (Maas and Hoffman 1977, Maas 1986), さらに高温・低湿度の方が低温・高湿度より塩感受性となる (Maas 1986, Minhas 1996) ことが報告されてきた。カザフスタンの実験圃場での湿度は、昼間は $30 \sim 40\%$ 、夜間にはおよそ 70% まで上昇し、本実験区での栽培環境とは昼夜間で $30 \sim 40\%$ 異なったが (第 3 表), 畝への塩類集積の傾向はカザフスタンでのそれとほぼ同様の傾向を示した。

Ayers and Hayward (1948) のシャーレでの発芽実験 ($1.5 \sim 10.6 \text{ dS m}^{-1}$) によると、トウモロコシ (Mexican June) の発芽は塩濃度の増加にともなって遅延したが、 10.6 dS m^{-1} であっても 15 日後には 87% が発芽したことからみて、出芽に対する耐塩性反応は本実験の供試品種とほぼ同様であったと考えられる。Katerji ら (1994) はトウモロコシを用いたポット実験で、砂質埴土及び砂壤土で 6.3 dS m^{-1} までの塩濃度での両土性における出芽率及び出芽速度には顕著な差はなく、播種後 30 日の葉の水ポテンシャルは砂質埴土で高く、乾物重は砂質埴土で埴壤土より約 0.2 g 重かったと報告している。本実験では 3 種類の土性間で埴壤土区で播種位置の土壤水分が高く保持されたこと (第 4 図) から、土壤塩濃度が同様に比較的高レベルのときは、粘土含有率の違いによる土壤水分保持力の差が作物の生育に影響すると考えられる。

以上に述べたように、土性及び畝型によって播種位置の塩類集積分布及び水分条件の違いが作物の生育に異なる影響を及ぼし、塩水畝間灌漑条件下では畝型に関しては山型畝の斜面下部に播種することが有効な対策であること、及び作土層の土性に関しては塩類の輸送・集積・推移及び水

分条件から埴壤土のようなやや粘土質土壤で作物の初期生育が最も良くなることが示された。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、土壤分析に関して御助言を頂いた佐賀大学農学部の手伸夫及び長裕幸の両博士、栽培管理に協力して頂いた大島建三技官に心からの感謝を申し上げたい。

引用文献

- Ayers, A.D. and H.E. Hayward 1948. A method for measuring the effects of soil salinity on seed germination with observations on several crop plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19: 224—226.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcot 1985. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. FAO, Rome. 13—57.
- Bernstein, L., A.J. Mackenzie and B.A. Krantz 1955. The interaction of salinity and planting practice on the germination of irrigated row crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19: 240—243.
- Bernstein, L. and M. Fireman 1957. Laboratory studies on salt distribution in furrow-irrigated soil with special reference to the pre-emerge period. *Soil Sci.* 83: 249—263.
- Bernstein, L. and H.E. Hayward 1958. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 9: 25—46.
- Bernstein, L. and L.E. Francois 1973. Comparison of drip, furrow, and sprinkler irrigation. *Soil Sci.* 115: 73—86.
- Bernstein, L. 1974. Crop growth and salinity. In van Schilfhaarde, J. ed., *Drainage for Agriculture*. Am. Soc. Agron., Madison. 39—54.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder 1986. Particle size analysis. In Klute A. ed., 2nd edition. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods—Agronomy Monograph*. Soil Sci. Soc. Amer., Madison. 383—411.
- Katerji, N., J.W. van Hoorn, A. Hamdy, F. Karam and M. Matrillilli 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. *Agric. Water Manage.* 26: 81—91.
- Maas, E.V. and G.J. Hoffman 1977. Crop salt tolerance—current assessment. *J. Irrig. Drain. Div.* 103: 115—134.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.* 1: 12—26.
- Minhas, P.S. 1996. Saline water management for irrigation in India. *Agric. Water. Manage.* 30: 1—24.
- Pasternak, D., M. Twersky and Y. De March 1975. Salt resistance in agricultural crops. In *Irrigation Experiments with Blakish Water*. Report BGUN-RDA-54-75. Ben Gurion Univ. of the Negev, Beer Sheva. 128—141.
- Rhoades, J.D. 1982. Soluble Salts. In Page A.L. ed., 2nd edition. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties—Agronomy Monograph no.9*. Soil Sci. Soc. Amer., Madison. 167—179.
- Rhoades, J.D., A. Kandiah and A.M. Mashali 1992. *The Use of Saline Waters for Crop Production*. FAO Irrigation and Drainage Paper 48. FAO, Rome. 1—133.
- van Hoorn, J.W. 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. *Agric. Water Manage.* 20: 17—28.

Effects of Saline Water Irrigation under Different Bed Shapes and Soil Textures on the Growth of Maize and Salt Accumulation in the Beds: Yoshimi SOKEI, Kikuo WASANO*, Koichiro YAMASHITA and Akihiro NOSE (*Fac. of Agr., Saga Univ., Saga 840-8502, Japan*)

Abstract : The effects of furrow saline water irrigation ($EC = 8 \text{ dS m}^{-1}$) on the emergence and growth of maize were investigated under two different bed shapes (flattop and sloping beds) and three different soil types (SL, CL, and LiC) in a greenhouse. The results : (1) Emergence rates in the flattop beds were lower than those in the sloping beds, especially in the SL (70%). (2) Although plant heights in the flattop beds were shorter than in the sloping beds, heights in the LiC greatly increased after 21 days. (3) Dry weight showed the same tendency as that of the plant height. (4) Soil water contents at the seeding place showed the lowest (5%-15%) in the SL of both bed shapes. (5) EC_e in the flattop beds after seeding was greater ($10\text{--}15 \text{ dS m}^{-1}$) than in the others, especially in the SL. (6) Salt distribution in the beds showed the highest salinity at the peak or around the peak in the sloping beds and in the surface at the shoulder in the flattop bed. (7) The early seedling growth of maize closely related with the salt distribution in the beds. These results provided useful information to elucidate the relation between salt accumulation and early seedling growth.

Key words : Bed shape, Emergence rates, Furrow irrigation, Growth, Maize, Salt accumulation, Soil texture.
