

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO EM SOLO SALINO DO SEMI-ÁRIDO DE PERNAMBUCO¹

LILIA WILLADINO², TEREZINHA R. CÂMARA³, JOSÉ NILDO TABOSA⁴,
ARNÓBIO G. ANDRADE², ROBERTO VICENTE GOMES⁴ e ANÍBAL JOSÉ DE SOUZA⁵

RESUMO - Oito cultivares de milho (*Zea mays* L.) foram avaliadas em duas áreas distintas: salina — condutividade elétrica do Extrato Saturado (CE), média de 9,88 d s/m — e não-salina, CE, inferior a 2,01 d s/m. Observou-se o efeito da salinidade do solo sobre altura média de planta, produção de grãos, relação Na/K. Ambos os cultivos foram mantidos sob irrigação por sulco, com água não-salina (CE = 0,68 ds/m). A concentração de Na e a relação Na/K apresentaram-se maiores nas plantas da área salina. O efeito do estresse salino mostrou-se mais severo quanto à produção de grãos do que quanto à altura da planta. As cultivares testadas não diferiram entre si quanto à tolerância à salinidade. Verificou-se uma tendência à tolerância, representada por um rendimento relativo superior a 50%, nas cultivares Jatinã C-3 anão, Dentado Composto, e CMS-22 e Pioneer 6875, quando foi comparada a produção de grãos obtida na área salina com a produção da área não-salina.

Termos para indexação: *Zea mays*, condutividade elétrica, produção de grãos, irrigação.

MAIZE CULTIVAR EVALUATION IN SALINE SOIL OF THE SEMI-ARID REGION OF PERNAMBUCO STATE, BRAZIL

ABSTRACT - Eight maize cultivars (*Zea mays* L.) were planted in two different areas: a saline area (Ece of 9,88 d S/M) and a non-saline area (Ece of the 2,01 ds/m). The following parameters were observed: mean plant height, grain production, Na/K ratio. The cultivars were irrigated by furrow, with non-saline water (CE = 0,68 ds/m). The salinity (Ece) of saturated paste extract from the root zone was measured monthly and the leaf content of Na/K was determined. The concentrations of Na and K as well as their ratio were higher for the plants subjected to salinity. The effect of saline stress was more marked on the production than on the vegetative growth. The cultivars studied showed no difference as regards salinity tolerance. A tendency to tolerance was observed in the Jatinã C-3 anão, Dentado Composto, and CMS-22 varieties and in the Pioneer 6875 hybrid given that they maintained a relative yield that exceeded 50%.

Index terms: corn, *Zea mays*, electric conductivity, irrigation.

INTRODUÇÃO

A crescente salinização do solo e da água ameaça a agricultura de zonas áridas e semi-áridas e de outras regiões do mundo (Epstein et al., 1980), onde cerca de 1/3 das áreas irrigadas já se encontram salinizadas (Maas & Hoffman, 1977).

A agricultura moderna tem procurado associar, às práticas convencionais de manejo e adequação

do solo à planta, tecnologias biológicas para obtenção de novas cultivares, adaptadas às diversas condições ambientais. Este caminho é particularmente importante, tratando-se de solos salinos, uma vez que a correção destes é lenta e onerosa.

Por outro lado, o milho é considerado uma espécie moderadamente tolerante à salinidade (Maas, 1984), e vem sendo cultivado em muitas regiões onde o nível de sais no solo é um fator limitante da produção (Asharaf & McNeilly, 1989). Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos buscando conhecer a sensibilidade do milho à salinidade nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (Pyrzyzan, 1959; Kaddah & Growail, 1964; Maas et al., 1983). Em todos observou-se

¹ Aceito para publicação em 28 de janeiro de 1994.

² Eng. - Agr., Prof., UFRPE, Recife, PE.

³ Enga. - Agr., M.Sc., Prof., UFRPE.

⁴ Eng. - Agr., M.Sc., IPA. Bolsista do CNPq. Caixa Postal 1022, CEP 50761-000 Recife, PE.

⁵ Eng. - Agr., M.Sc., IPA.

maior sensibilidade no período de desenvolvimento vegetativo e maior tolerância na época de floração; é discutível o efeito sobre a germinação. No que se refere à produção de grãos, esta é mais afetada em condições de campo do que em casa de vegetação (Hoffman et al., 1983).

O presente trabalho foi conduzido em condições de campo, com oito cultivares de milho, durante todo o ciclo fenológico. Os objetivos gerais foram: avaliar o comportamento das cultivares em solo salino em condições de campo; observar o comportamento destas ante uma elevação natural da salinidade do solo; e o efeito da salinidade sobre a produção de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas oito cultivares de milho (*Zea mays* L.) a saber: os híbridos BR-301, AG-404 e Pioneer 6875, recomendados para cultivo sob condições agrônomicas ótimas; as variedades Dentado Composto e Centralmex, sendo esta última a que, tradicionalmente, ocupa maior área cultivada na região; Jatinã C-3 anão, cultivada em pequenas áreas sob irrigação no Vale do Rio São Francisco; CMS-22, variedade recomendada para condições de sequeiro no Semi-árido, e CMS-06, de elevada produtividade e recomendada para cultivo em ambiente favorável. Estas cultivares apresentaram um potencial germinativo de 87 a 100%, a uma condutividade elétrica do extrato saturado do solo de 8,01 dS/m em experimento preliminar em condições de casa de vegetação.

O experimento foi desenvolvido em 1989, em duas áreas de cultivo da Estação Experimental do Moxotó, base física pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE - Município de Ibitimir, localizada na microrregião homogênea do Sertão do Moxotó, Semi-Árido de Pernambuco, em solo franco-argiloso-siltoso de alta fertilidade. As duas áreas diferiam quanto à salinidade. Na área considerada salina, a condutividade elétrica do extrato saturado do solo (CEe) foi de 8,6 a 11,8 dS/m e na não-salina, de 1,57 a 2,01 dS/m, durante todo o ciclo da cultura. O acompanhamento do nível de salinidade do solo foi realizado mensalmente, através da determinação da condutividade elétrica do extrato saturado, em amostras colhidas em cada fileira de plantio, até os 20 cm de profundidade e a 25 cm de distância das plantas, colhendo-se uma mostra por 1,5 m².

A densidade de plantio utilizada foi de 50.000 plan-

tas/ha. Realizou-se uma adubação nitrogenada na dosagem de 200 kg N/ha, na forma de uréia, aplicando-se 50% em fundação e o restante, 20 dias após a germinação. Utilizou-se o sistema de irrigação por sulco, com intervalo de regas a cada três a quatro dias, em função da precipitação pluvial, numa vazão de (1,0 l/s) por sulco, com água de CE média de 0,68 dS/m.

O comportamento das cultivares foi avaliado mediante os seguintes parâmetros: altura da planta, produção de grãos e análises foliares dos teores de Na e K em relação Na/K.

O parâmetro relativo à altura da planta foi medido 90 dias após o plantio (d.a.p.), em duas plantas por sulco.

As amostragens para análise química foram realizadas, também, aos 60 e 90 d.a.p., colhendo-se a folha do terço médio, de duas plantas por sulco. Os teores de Na e K foram determinados por espectrofotometria de chama.

A colheita do grão maduro realizou-se aos 132 dias após o plantio. O experimento foi conduzido sob delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x8 (área salina e área não-salina x oito cultivares de milho), com quatro repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da CE do extrato saturado do solo (CEe) indicou que na área-controle o nível de salinidade manteve-se na faixa de 1,57 a 2,01 dS/m. Na área salina, constatou-se grande variabilidade espacial, além do aumento da salinidade no decorrer do experimento. Este aumento coincidiu com a fase reprodutiva da cultura, e alcançou 11,80 dS/m aos 93 dias de cultivo, ante um valor de 8,62 dS/m por ocasião do plantio. Registrou-se, contudo, um decréscimo da salinidade do solo na fase de maturação dos grãos (Fig. 1). A CEe média nesta área foi de 9,88 dS/m. Considera-se a salinidade efetiva na zona radicular como a média espacial e temporal (Meiri & Plaut, 1985).

O milho é considerado moderadamente sensível à salinidade (Maas, 1984). O seu limite de tolerância sem perda de produção foi estabelecido em 3,7 dS/m (CE do extrato da pasta saturada do solo), segundo Hoffman et al. (1983). O nível de salinidade onde se verifica redução de 50% na produção é de 5,9 dS/m (Ayers et al., citado por Casanellas & Reguerín, 1985) e o limite de tole-

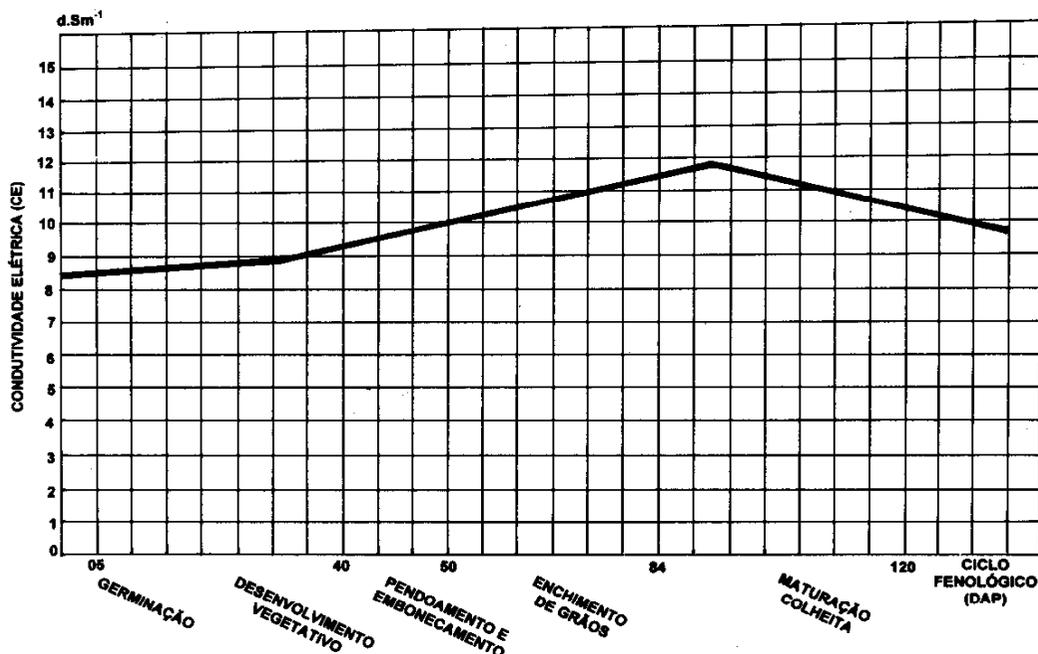


FIG. 1. Condutividade elétrica média do extrato saturado do solo, área salina, durante o ciclo fenológico do milho: Ibimirim, 1989.
 d.a.p. = dias após o plantio
 Os dados de CE são as médias das amostragens por época de coleta.

rância para crescimento vegetativo é de 7,06 dS/m (Levitt, 1980).

A diminuição do crescimento vegetativo é um dos efeitos mais comumente verificados em plantas cultivadas em condições salinas (Greenway & Munns, 1980; Selassie & Wagenet, 1981; François et al., 1986; Hoffman et al., 1986; Munns & Termaat, 1986). Maas et al. (1983) verificaram, aos 60 dias, um decréscimo de 4,4% na altura das plantas por unidade de condutividade elétrica acima do limite de 4,1 dS/m. O limiar de tolerância do milho para produção de grãos em solo salino é de 5,5 dS/m. Reduções de 30% foram registradas em um cultivo de milho submetido por 84 dias à irrigação com água salina a uma CE de 25,8 dS/m (Siegel et al., 1980). No presente experimento,

constataram-se, aos 90 d.a.p., reduções de até 34% na altura das plantas cultivadas no solo salino. De maneira geral, a redução média da altura da planta foi de 69%, quando o grupo de cultivares foi cultivado na área salina. Nesse contexto, as cultivares BR-301 e CMS-22 foram as que sofreram mais redução em termos de altura relativa. Entretanto, as cultivares AG-404 e CMS-06 foram as menos afetadas, tendo apresentado uma altura relativa de 73 e de 75%, respectivamente, em relação aos dados obtidos na área salina (Tabela 1).

Segundo Salassie & Wagenet (1981), foram registradas reduções na produção de grãos de até 52% em cultivo de milho irrigado com água salina, CEe de 9,6 dS/m. Na Tabela 2, pode ser observado que, dentre as cultivares testadas, a produção de grãos na área salina sofreu um decrésci-

TABELA 1. Altura média, aos 90 d.a.p., e crescimento relativo de 8 cultivares de milho em dois níveis de salinidade do solo. Ibimirim, 1989.

Cultivar	Altura média		Diferença
	Área n/salina (CE<2,01 ds/m)	Área salina (CE=9,88 ds/m)	
	cm		
AG 404	260 c	191 ab	69
CMS 06	272 c	204 ab	68
CMS 22	270 c	179 ab	91
Jatimã C-3 anão	234 c	159 b	75
Dentado composto	320 ab	221 a	99
Pioneer 6875	277 bc	189 ab	88
Centralmex	325 a	226 a	99
BR 301	260 c	171 b	89
Média	277 A	192 B	85

F área (A)**

F cultivar (B)**

F interação (AxB) - NS

CV (%) 9,07

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

d.a.p. - dias após plantio.

TABELA 2. Produção de grão e rendimento relativo de 8 cultivares de milho submetidas a dois níveis de salinidade do solo. Ibimirim, 1989.

Cultivar	Produção de grãos		Dife/reunpa
	Área n-salina (CE<2,01 ds/m)	Área salina (CE=9,88 ds/m)	
	kg/ha		
AG 404	6065 ac	2769 ab	3296
CMS 06	5067 abc	2144 a	2923
CMS 22	4654 ab	2586 a	2048
Jatimã C-3 anão	3748 b	2872 a	876
Dentado composto	5046 ab	2703 a	2343
Pioneer 6875	4884 ab	2663 a	2221
Centralmex	5961 ab	2417 a	3544
BR 301	5632 ab	2311 a	3321
Média	5130 A	2559 B	2571

F área (A)**

F cultivar (B) - NS

F interação (AxB) - NS

CV (%) 26,40

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Teores de Na, K e relação NA/K, aos 60 d.a.p., na parte aérea de 8 cultivares de milho submetidas a dois níveis de salinidade do solo. Ibimirim, 1989.

Cultivar	Na		K		Na/K	
	Área não-salina CE<2,01 ds/m	Área salina CE=9,88 ds/m	Área não-salina CE<2,01 ds/m	Área salina CE=9,88 ds/m	Área não-salina CE<2,01 ds/m	Área salina CE=9,88 ds/m
	%					
AG 404	0,29	0,35	2,37	2,30	0,13	0,15
CMS 06	0,33	0,33	2,49	2,36	0,13	0,14
CMS 22	0,32	0,35	2,55	2,35	0,13	0,15
Jatimã C-3 anão	0,34	0,40	2,59	2,42	0,14	0,17
Dentado composto	0,27	0,34	1,96	2,29	0,14	0,15
Pioneer 6875	0,27	0,32	2,08	2,34	0,13	0,14
Centralmex	0,30	0,31	2,38	2,17	0,13	0,14
BR 301	0,30	0,34	2,41	2,17	0,13	0,16
Média	0,30 B	0,34 A	2,35 A	2,30 A	2,30 A	0,15 A

d.a.p. - dias após o plantio

F área (A)

F cultivar (B)

F interação (A x B)

CV (%)

Na K Na/K

** NS **

NS NS NS

NS 18,46 16,09

17,16 18,46 16,09

mo na faixa de 24 a 60% aproximadamente. De maneira geral, os dados obtidos para produção de grãos na área salina apresentaram redução de 50,12% em relação à área não-salina. Na área não-salina o híbrido AG-404 superou a variedade Jatinã C-3 anão, porém não houve diferença entre as demais cultivares. Em condições salinas, embora a produção absoluta não tenha diferido entre as cultivares, o rendimento relativo foi variável. Dentado composto, Pioneer 6875, CMS-22 e Jatinã C-3 anão, apresentaram rendimento superior a 50% a uma CEE média de 9,88 ds/m, o que sugere uma tendência à tolerância à salinidade, em especial para a Jatinã C-3 anão, que manteve 75,6% do seu potencial produtivo. Esta cultivar foi a única na qual a produção de grãos foi menos reduzida que o crescimento. A cultivar Centralmex, amplamente difundida na região, mostrou-se bastante produtiva na área-controle, mas sofreu uma queda de produção da ordem de 60% na área salina. Sua sensibilidade mostrou-se semelhante à dos híbridos AG-404 e BR301.

O resultado das análises dos teores de Na e K

na parte aérea, aos 60 e 90 dias após o plantio, são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Diversos estudos têm indicado o efeito competitivo entre Na e K em condições de salinidade (Flowers & Lauchli, 1981; Cramer et al., 1987; Caplan et al., 1990). A seletividade por estes íons e sua relação com a sensibilidade das plantas à salinidade também têm sido revisadas (Jeschke, 1984). É reconhecida a importância do Na para plantas com metabolismo fotossintético C-4, sendo citado como micronutriente para elas (Flowers & Lauchli, 1981; Grof et al., 1989). Tem-se verificado que, a baixas concentrações, o Na pode aumentar a absorção do K, tendo efeito contrário quando presente em altas concentrações (Levitt, 1980). Por outro lado, o aumento em Na em espécies tolerantes à salinidade está geralmente associado a um decréscimo em K, enquanto que espécies sensíveis usualmente aumentam seu conteúdo de K em 20 a 30% (Greenway et al., 1981).

Quanto à relação Na/K, esta apresentou-se maior na área salina aos 90 d.a.p., provavelmente em decorrência da concentração do K.

TABELA 4. Teores de Na, K e relação Na/K, aos 90 d.a.p., na parte aérea de 8 cultivares de milho submetidas a dois níveis de salinidade do solo. Ibimirim, 1989.

Cultivar	Na		K		Na/K	
	Área não-salina CE<2,01 ds/m	Área salina CE=9,88 ds/m	Área não-salina CE<2,01 ds/m	Área salina CE=9,88 ds/m	Área não-salina CE<2,01 ds/m	Área salina CE=9,88 ds/m
	%					
AG 404	0,22 a	0,26 a	1,47 a	1,56 a	0,15 a	0,17 a
CMS 06	0,16 ab	0,23 a	1,12 ab	1,29 a	0,15	0,19 a
CMS 22	0,18 ab	0,23 a	1,22 ab	1,30 a	0,15 a	0,18 a
Jatinã C-3 anão	0,17 ab	0,24 a	1,25 ab	1,38 a	0,14 a	0,17 a
Dentado composto	0,15 ab	0,21 a	1,01 a	1,30 a	0,15 a	0,16 a
Pioneer 6875	0,16 ab	0,24 a	1,02 ab	1,38 a	0,16 a	0,18 a
Centralmex	0,18 ab	0,23 a	1,15 ab	1,19	0,15 a	0,20 a
BR 301	0,12 b	0,20 a	0,79 b	1,31 a	0,17 a	0,16 a
Média	0,17 B	0,23 A	1,13 B	1,34 A	0,15 B	0,18 A

d.a.p. - dias após o plantio	Na	K	Na/K
F área (A)	**	**	**
F cultivar (B)	*	*	NS
F interação (A x B)	NS	NS	NS
CV (%)	19,22	19,55	11,39

CONCLUSÕES

1. O efeito do estresse salino foi mais severo na produção de grãos do que no crescimento em altura de planta.

2. As cultivares Jatinã C-3 anão, CMS-22, Dentado Composto e Pioneer 6875 apresentaram maior tolerância à salinidade, quando comparadas às demais cultivares. Estes materiais apresentaram rendimento relativo de grãos entre 53 e 76% em área salina com condutividade elétrica de 8,6 a 11,8 ds/m, em comparação com os dados obtidos em área não-salina.

REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M.; McNEILLY, T. Effect of salinity on some cultivar of maize. *Maydick*, v.34, p.179-189, 1989.
- CAPLAN, A.; CLAES, B.; DEKEYSER, R.; VAN MONTAGU, M. Salinity and drought stress in rice. In: SANGWAN, R.S.; SANGWANNOREL, B.S. (Eds.). *The impact of biotechnology in agriculture*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1990. p.391-401.
- CASANELLAS, J.P.; REGURÍN, M.L.A. La salinidad como condicionante del comportamiento de los cultivos. Salinidad en los suelos. In: JORNADA SOBRE SALINIDAD EN EL SUELO, I., 1985, Zaragoza. *Anais...* Zaragoza: Diputación General de Aragón, 1985. p.51-74.
- CRAMER, G.R.; LYNCH, J.; LAUHL, A.; EPSTEIN, E. Influx of Na, K, and Ca into roots of salt stressed cotton seedlings. Effects of supplemental Ca. *Plant Physiology*, v.83, p.510-516, 1987.
- EPSTEIN, E.; NORLYN, J.D.; RUSH, D.W.; KINGSBURY, R.W.; KELLY, D.B.; CUNNIGHAN, G.H.; WRONA, A.W. Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, v.210, p.399-404, 1980.
- FLOWERS, T.L.; LAUHLI, A. Sodium versus potassium substitution and compartmentation. *Physiological Plant Ecology*, Bulin, v.15b, p.651-681, 1981.
- FRANÇOIS, L.E.; DURAND, T.A.; MANNEAU, B.U. Effect of salinity on grain yield and quality vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. *Agronomy Journal*, v.78, p.1053-1058, 1986.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, v.31, p.149-190, 1980.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R.; KINST, G.O. Halophytes, higher plants and algae. *Physiological Plant Ecology*, Bulin, v.15b, p.722-743, 1981.
- GROF, C.P.L.; JOHNSTON, M.; BROWNELL, P.F. Effect of sodium nutrition on the ultrastructure of chloroplasts of C4 plants. *Plant Physiology*, v.89, p.539-543, 1989.
- HOFFMAN, G.J.; MAAS, E.V.; MING, R. Irrigation water quality options for corn on saline, organic soils. *Irrigation Science*, v.7, p.265-275, 1986.
- HOFFMAN, G.J.; MAAS, E.V.; PRCHARD, T.L.; MEYER, J.L. Salt tolerance of corn in the Sacramento San Joaquin Delta of California. *Irrigation Science*, v.4, p.31-44, 1983.
- JESCHKE, W.D. K-Na exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In: STAPLES, R.C.; TOENNISSEN, G.H. (Eds.). *Salinity tolerance in plants*. [S.I.]: J. Wiley and Sons, 1984. p.37-66.
- KADDAH, M.T.; GROWAIL, S.I. Salinity effects on the growth of corn at different stages of development. *Agronomy Journal*, v.56, p.214-217, 1964.
- LEVITT, J. *Response of plants to environmental stress*. New York: Academic Press, 1980. p.365-488.
- MAAS, E.V. 1984. *Crop tolerance*. California: California Agriculture, 1984. 46p.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, v.103, p.115-134, 1977.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J.; CHABA, G.D.; POSS, G.A.; SHANNON, M.C. Salt sensitivity of corn at various growth stages. *Irrigation Science*, v.4, p.45-57, 1983.
- MEIRI, A.; PLAUT, Z. Crop production and management under saline conditions. *Plant and Soil*, v.89, p.253-271, 1985.
- MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.13, p.143-160, 1986.

PYRUZYAN, S.S. Effect of soil salinity on the growth and development of corn. **Soviet Soil Science**, v.2, p.221, 1959.

SELASSIE, T.G.; WAGENET, R.J. Interactive effect of soil salinity, fertility and irrigation on field corn.

Irrigation Science, v.2, p.67-78, 1981.

SIEGEL, S.M.; SIEGEL, B.Z.; MASSEY, J.; SANNE, P.; CHEN, J. Growth of corn in saline waters. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.50, p.71-73, 1980.