

RESPOSTAS DE MILHO (*ZEAMAYS* L.) À SALINIDADE DO SOLO INDUZIDA POR APLICAÇÃO DE VINHAÇA. I. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ÁREA FOLIAR ⁽¹⁾

R.O.P. ROSSIELLO ⁽²⁾, W. DE A. FERREIRA ⁽³⁾ & M.S. FERNANDES ⁽⁴⁾

RESUMO

Em dois experimentos conduzidos em casa de vegetação, foram estudados os efeitos da aplicação de doses crescentes de vinhaça sobre a área foliar e a produção de matéria seca pelo milho (*Zea mays* L.). Foram usadas doses de vinhaça equivalentes a 0, 200, 400, 800, 1.200 e 1.600 m³/ha em um dos experimentos (n.º 1) e doses equivalentes a 0, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600 m³/ha no outro (n.º 2). Foi observado um aumento progressivo na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, a 25°C (EC_e) medida antes do plantio (EC_e inicial, experimento n.º 1) ou por ocasião da colheita (EC_e final, experimento n.º 2), com a aplicação de doses crescentes de vinhaça. Os aumentos da EC_e inicial com doses crescentes de vinhaça mostraram dependência das características texturais dos solos usados. Os níveis de EC_e nos quais se verificam quedas significativas de matéria seca e área foliar ocorreram a diferentes níveis de aplicação de vinhaça. Os resultados sugerem que a produção de área foliar é menos sensível à salinidade induzida por doses crescentes de vinhaça do que a produção de matéria seca total. Os prováveis mecanismos responsáveis por esse tipo de resposta são discutidos. É concluído que as características dos solos, tanto quanto a composição da vinhaça, são responsáveis pelas respostas da planta a diferentes níveis de salinidade induzidos pela aplicação de doses crescentes de vinhaça. Sugere-se que sejam feitos experimentos adicionais para verificar as respostas do milho à salinidade, em fases do ciclo da planta diferentes da usada neste trabalho (0-40 dias) e para avaliar as diferenças entre os resultados obtidos em casa de vegetação e os obtidos sob condições de campo.

SUMMARY: EFFECTS OF SOIL-APPLIED VINASSE ON GROWTH OF CORN PLANTS (*ZEAMAYS* L.). I. EFFECTS ON SOIL SALINITY, DRY MATTER AND LEAF AREA

Two experiments were conducted under greenhouse conditions to study the effects of applications of increasing vinasse levels on the leaf area expansion and dry matter accumulation in corn (*Zea mays* L.). Vinasse was applied at rates of 0, 200, 400, 800, 1200, and 1600 m³/ha in one of the experiments (N.º 1) and at rates of 0, 50, 100, 200, 400, 800 and 1600 m³/ha in the other (N.º 2).

Electroconductivity of saturated soil extracts at 25°C (EC_e) was measured before seeding (Initial EC_e, exp. 1) and after harvest (Final EC_e, exp. 2). In both cases there was an increase in EC_e with increasing levels of applied vinasse. However, the increases in initial EC_e were dependent on soil texture.

Expansion of leaf area was less sensitive to induced soil salinity than was dry matter accumulation. Possible mechanisms responsible for that are discussed in the text.

It was concluded that soil type, as well as vinasse composition affect plant growth when soil salinity is induced by application of increasing levels of vinasse. It is suggested that further studies should be made on the responses of corn plants to vinasse induced salinity at several stages of growth and also, to verify if the results obtained under greenhouse are reproducible under field conditions.

INTRODUÇÃO

A maioria dos estudos dos efeitos da salinidade sobre o crescimento vegetal tem sido realizados com relação aos íons sódio (Na) e cloro (Cl) (Robinson, 1971). Poucas informações

existem sobre efeitos de salinidade decorrentes da dominância de outros íons na solução do solo, particularmente potássio (K).

Com o advento do problema "vinhaça", como consequência da expansão e intensificação da cultura canavieira para produção de ál-

⁽¹⁾ Trabalho realizado em convênio com a FINEP (Processo IF/780). Recebido para publicação em maio e aprovado em novembro de 1981.

⁽²⁾ Professor Assistente do Dept.º de Solos da UFRJ, km 47 da Rodovia Rio-São Paulo. 23460 - Seropédica (RJ).

⁽³⁾ Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico úmido (CPATU/EMBRAPA) — Belém (PA).

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - 23460 - RJ.

cool, o uso e a eficiência de reciclagem agrícola desse rejeito, com alto teor de K, têm sido estudados nos últimos anos (Gloria et alii, 1973 e Stuppiello et alii, 1977). Contudo, observa-se na literatura ampla faixa de níveis aplicados, oscilando em torno de 40m³/ha (Stuppiello et alii, 1977) até 1.000m³/ha (Rodella & Ferrari, 1977). Fatores como a origem e o sistema de distribuição da vinhaça, e as características dos solos condicionam, na prática, as taxas de aplicação. Por necessidades prementes, os dois primeiros fatores têm sido extensivamente estudados. O efeito diferencial do tipo de solo tem merecido uma atenção relativamente menor. Por outro lado, informações sobre a aplicação de vinhaça a culturas que não a cana-de-açúcar, embora uma perspectiva ocasionalmente aventada, estão faltando na literatura. Luisi (1979) estudou os padrões de acumulação de N, P e K e matéria seca em milho (*Zea mays* L.) em resposta à aplicação de dois níveis de vinhaça (50 e 100m³/ha) e duas fontes de nitrogênio. Santos et alii (1981) mostraram, em experimento de casa de vegetação, que a incubação da camada superficial de um Podzólico com doses crescentes de vinhaça (entre 0 e 1.600m³/ha), induziu aumentos consistentes na condutividade elétrica do extrato de saturação (EC_e). Milho, plantado subsequentemente nos potes de incubação, mostrou reduções na porcentagem de emergência de plântulas e na produção de matéria seca. A produção máxima foi atingida nesse trabalho, a uma dose de 800m³/ha, correspondendo a uma EC_e de 3,3 mmhos/cm.

O presente trabalho representa uma ampliação das observações iniciais de Santos et alii (1981), visando caracterizar, através de ampla faixa de salinidade, induzida por aplicação de vinhaça em diferentes solos, as respostas de milho a esse fator, com relação à produção de matéria seca e área foliar, durante a fase vegetativa de crescimento do ciclo da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho são discutidos os resultados de dois experimentos, ambos conduzidos em casa de vegetação.

Experimento 1. Foram usados três solos, coletados à profundidade de 0-20cm: **a)** Hidromórfico cinzento dostrófico (Abruptic Arenic Ochraqult, Ramos et alii, 1973), coletado na área experimental da U.F.R.R.J.; **b)** Podzólico Vermelho-Amarelo (Typic Paleudult, D.P. Ramos, comunicação pessoal), coletado no município de Campos (RJ); **c)** Aluvial, textura argilosa, coletado em Campos (RJ). As principais características físicas e químicas desses solos foram determinadas por Ferreira (1980), sendo mostradas no quadro 1. Volumes de 2.000cm³ dos três solos foram acondicionados em potes plásticos, os quais foram incubados com doses de vinhaça equivalentes a 0, 200, 400, 800, 1.200 e 1.600m³/ha. Foi utilizada vinhaça de mosto de melaço, coletada na Usina São João, município de Campos (RJ). A análise química dessa vinhaça (Ferreira, 1980) revelou os seguintes teores: C = 1,6%; P total = 26 ppm; K = 1.150 ppm; Ca = 545 ppm; Mg = 238 ppm; condutividade elétrica = 5,9 mmhos/cm; pH = 3,6. O período de incubação foi de 35 dias, durante o qual a umidade nos potes foi mantida a aproximadamente 90% da capacidade de campo, para cada solo. Após esse período, uma amostra foi coletada, sendo determinada a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_e, mmhos/cm, a 25°C) (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). Es-

sa medição representa a EC_e inicial dos solos antes do plantio e, como tal, será referida no texto (Quadro 2).

Cinco sementes de milho doce (*Zea mays* L.) foram semeadas em cada pote. Cinco dias após a emergência das plântulas, foi feito um desbaste, deixando-se duas plantas por pote. Quarenta e cinco dias após a emergência, procedeu-se à colheita. Previamente, foi feita uma determinação da área foliar total por pote, por medição direta da máxima largura e comprimento de todas as folhas. A área retangular obtida foi corrigida pelo fator 0,75 (Montgomery, 1911). A parte aérea e as raízes foram cuidadosamente separadas do solo, sob jato de água corrente, e os pesos frescos correspondentes registrados. Pesos secos de ambas as partes vegetativas foram registrados após secagem do material por 72 horas em estufa com circulação de ar, a 60°C. O experimento foi disposto em forma completamente casualizada, com três repetições.

Experimento 2. Os materiais e métodos usados foram previamente descritos por Santos et alii (1981). Sucintamente, usou-se a camada superficial de um Podzólico Vermelho-Amarelo (Typic Hapludult, Ramos et alii, 1973), de ocorrência na área experimental da U.F.R.R.J. Volumes de 2.000cm³ de solo (terra fina) foram incubados com vinhaça (mosto misto, 1.250mg/lit K) a nível equivalentes a 0, 50, 100, 200, 400, 800 e 1.600m³/ha. Após trinta dias de incubação (nas mesmas condições que as descritas para o experimento 1), foram plantadas 16 sementes de milho (variedade Piranão) por pote. Após desbaste, duas plantas por pote foram colhidas, após um período de crescimento de trinta dias. Após a colheita das plantas, foi determinada a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, sendo os valores correspondentes referidos no texto como EC_e final (Quadro 2). Os valores de peso seco de raízes e parte aérea foram registrados de forma similar à do experimento 1, e já foram discutidos previamente (Santos et alii, 1981). Esses dados são usados neste trabalho para correlacionar a distribuição de peso seco com os valores de EC_e final observados. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 são mostradas as principais características físicas e químicas dos solos utilizados no experimento 1. Destaque-se a variação no teor de argila total e no nível de fertilidade natural entre os solos, a qual segue a ordem crescente: Hidromórfico < Podzólico Vermelho-Amarelo < Aluvial (Ferreira, 1980). É interessante notar o fato de a análise química realizada após a incubação desses solos com as doses de vinhaça mostradas no quadro 2, ter revelado aumentos consistentes de pH e teor de C orgânico nos três solos, sendo a variação no teor de P disponível praticamente negligível (Ferreira, 1980). As diferenças texturais entre os solos determinam as variações nos valores de EC_e mostrados no quadro 2. Assim, por exemplo, tomando-se a dose máxima de aplicação (1.600m³/ha), verifica-se um valor extremo de EC_e inicial de 10,9 mmhos/cm para o solo Hidromórfico (textura arenosa), que quase duplica o correspondente valor do PVA (textura média) e excede o valor observado no Aluvial (textura argilosa) por um fator de 3,8, comparados à mesma dose de aplicação. No mesmo quadro 2, são mostrados os valores de EC_e final (medido após a colheita das plantas), do solo PVA empregado no experimento 2 (Santos et alii, 1981). Os valores obtidos, particularmente nas doses de 800 e 1.600m³/ha, são superiores aos observados no PVA do experimento 1, provavelmente

Quadro 1. Características físicas e químicas dos solos utilizados no experimento 1 (Ferreira, 1980)

	Solos		
	Hidromórfico	PVA	Aluvial
Argila total (%)	5,5	37,4	51,5
Umidade (1/3 atm)	18,6	14,9	41,6
pH (água)	4,9	5,0	5,1
M.O. (%)	1,1	2,1	1,9
Ca (meq/100cm ³)	0,40	2,45	5,04
Mg (meq/100cm ³)	0,11	0,90	3,51
K (meq/100cm ³)	0,06	0,22	0,34
Al (meq/100cm ³)	0,40	0,41	0,67
P (ppm)	6,0	16,0	9,0

como consequência de diferenças nas concentrações salinas das vinhaças usadas em ambos os experimentos e de variações na composição granulométrica entre as amostras dos solos empregados.

A produção total de matéria seca (raiz + parte aérea) de milho, correspondente ao experimento 1, é mostrada no quadro 3. Como consequência da diferença no nível de fertilidade natural entre os solos, as comparações são feitas dentro de solos, embora um componente de interação entre fertilidade e nível de salinidade, possa ser admitido (Bernstein et alii, 1974, e Maas & Hoffman, 1977).

No solo Hidromórfico, a produção máxima de matéria seca é atingida com uma aplicação equivalente a 400m³/ha de vinhaça (Quadro 3), correspondente a uma EC_e inicial de 3,52 mmhos/cm (Quadro 2). Tomando-se esse valor como o máximo rendimento relativo (100%), observa-se, neste solo, uma relação linear entre produção relativa e EC_e. A relação é altamente significativa ($r = -0,998^{**}$) e indica um decréscimo de aproximadamente 8,9% de produção de matéria seca por aumento unitário de conduti-

vidade elétrica, acima de 3,5 mmhos/cm, ou um decréscimo equivalente de 4,9% de produção relativa de matéria seca para cada 100m³/ha de vinhaça aplicada (acima de 400m³/ha). Para os outros solos usados no experimento 1, uma relação similar não se verifica. Assim, no PVA não existe resposta em termos de produção de matéria seca entre 0 e 400m³/ha (na faixa de 0,75-1,80 mmhos/cm de EC_e inicial, quadro 2); atinge um máximo entre 800 e 1.200m³/ha, para finalmente decrescer em aproximadamente 60% a 5,70 mmhos/cm (Quadros 2 e 3). Tomando-se nesse solo a média de EC_e inicial correspondente aos níveis de máxima produção de matéria seca (800-1.200m³/ha), obtém-se o valor de 3,47 mmhos/cm, próximo do valor de 3,52 mmhos/cm observado no solo Hidromórfico, e coincidente também com o valor de 3,3 mmhos/cm para a dosagem de 800m³/ha, observado por Santos et alii (1981) para o experimento 2. Para o Aluvial, o padrão de resposta é diferente, posto que não se observa depressão da produção de matéria seca em nenhuma das faixas de aplicação (Quadro 3). Existe, nesse solo, um aumento significativo de produção entre 800 e 1.200m³/ha (correspondente a valores de EC_e inicial de 1,54 a 2,27 mmhos/cm, quadro 2). É interessante notar que somente os solos Hidromórfico e PVA apresentam valores de condutividade elétrica inicial acima do limite convencionalmente admitido para que um solo seja reconhecido como salinizado (Ferreira, 1980).

A distribuição relativa da matéria seca total produzida (relação raiz/parte aérea) como uma função da EC_e dos solos é mostrada na figura 1. A relação raiz/parte aérea mostra um declínio linear com o aumento da EC_e inicial (experimento 1) ou final (experimento 2). Esse resultado coincide com observações anteriores (Bingham & Garber, 1970), quando, no entanto, a salinização do sistema radicular do milho foi induzida por NaCl. Observam-se, contudo, diferenças nos valores da relação entre os dois

Quadro 2. Condutividade elétrica do extrato de saturação observada nos solos dos experimentos 1 e 2, em função das doses de vinhaça aplicadas

Doses de vinhaça	EC _e inicial (experimento 1) ⁽¹⁾			EC _e final (experimento 2) ⁽²⁾
	Hidromórfico	PVA	Aluvial	PVA
	mmhos/cm			
m ³ /ha				
0	0,21	0,75	0,69	0,23
50	...	...	...	0,31
100	...	...	...	0,50
200	1,77	1,25	0,67	0,80
400	3,52	1,80	0,92	1,62
800	5,80	2,83	1,54	3,30
1.200	7,77	4,10	2,27	...
1.600	10,90	5,70	2,85	7,95

(1) Dados de Santos et alii (1981). (2) Dados de Ferreira (1980).

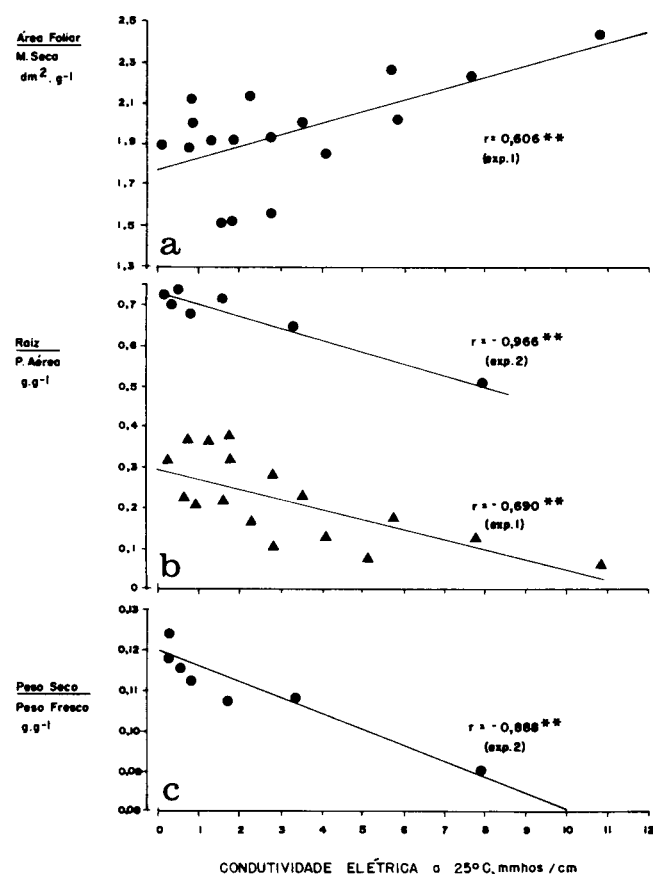


Figura 1. (a) Variação da relação área foliar/matéria seca total em função da condutividade elétrica inicial (experimento 1); (b) variação da relação raiz/parte aérea (peso seco), em função da condutividade elétrica inicial (experimento 1) ou final (experimento 2); (c) variação da relação peso seco/peso fresco, em função da condutividade elétrica final (experimento 2).

experimentos (Figura 1), as quais poderiam estar relacionadas a diferenças ambientais nos respectivos períodos de crescimento, já que outros fatores que normalmente afetam a distribuição de sistemas radiculares em experimentos de casa de vegetação, como volume de solo, regime de irrigação, foram similares em ambos os casos.

A produção de área foliar total (dm²/pote), para o experimento 1, é mostrada no quadro 4. O padrão da resposta nos três solos é similar ao já discutido com relação à produção de matéria seca total. No Hidromórfico, a produção máxima de área foliar se verifica à dose de 400m³/ha. A duplicação dessa dose, nesse solo, produz uma diminuição não significativa de área foliar (Quadro 4). Para os solos PVA e Aluvial, o máximo absoluto se observa à dosagem de 1.200m³/ha. Nos três solos do experimento 1, observa-se também que a produção de área foliar obtida com a dose máxima de aplicação não difere daquela observada nas respectivas testemunhas (Quadro 4).

Quando se calcula a relação entre a área foliar e a matéria seca total para o conjunto das observações do experimento 1 e se associa esse

Quadro 3. Produção de matéria seca total (raiz + parte aérea) de milho em três solos em resposta à aplicação de doses crescentes de vinhaça (Experimento 1)

Vinhaça	Matéria seca (1)		
	Hidromórfico	PVA	Aluvial
m³/ha	g/pote		
0	1,44d	4,55b	4,00d
200	2,70c	4,72b	5,20cd
400	4,95a	4,68b	4,73d
800	3,98b	7,45a	6,71abc
1.200	3,24bc	7,29a	7,31a
1.600	1,70d	3,06c	5,42bcd
C.V. (%)	16,0	14,0	16,3

(1) Médias seguidas de letras comuns, dentro de colunas, não diferem significativamente, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

Quadro 4. Área foliar de milho, em três solos, em resposta à aplicação de doses crescentes de vinhaça (experimento 1)

Vinhaça	Área foliar (1)		
	Hidromórfico	PVA	Aluvial
m³/ha	dm²/pote		
0	2,74e	8,55bcd	10,28b
200	5,16cd	9,17bcd	9,36b
400	10,16a	7,03cd	9,50b
800	8,32ab	11,66ab	10,41b
1.200	7,26bc	13,57a	15,72a
1.600	4,11de	6,87d	10,48b
C.V. (%)	6,5	17,8	10,4

(1) Médias seguidas de letras comuns, dentro de colunas, não diferem significativamente ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

quociente ao nível de EC_e inicial, obtém-se a relação linear mostrada na figura 1a. O fato de que essa relação seja crescente dentro da faixa de EC_e estudada, indica uma sensibilidade diferencial de ambos os processos (produção de área foliar e peso seco), sendo que aparentemente a produção de matéria seca é mais sensível ao aumento da salinidade. Em princípio, a redução nos parâmetros de crescimento mostrados nos quadros 3 e 4 e figura 1, poderia ser atribuída ao fato de que o aumento na concentração de sais na solução de solo (com as doses crescentes de vinhaça), abaixando o potencial hídrico do solo, reduziria drasticamente a absorção de água pelas plantas, conduzindo a uma situação de "stress", ou, como é melhor conhecida essa interpretação, a uma "seca fisiológica" (Gale, 1975). Se tal interpretação fosse correta, deveria ser esperada uma queda significativa na turgência foliar, tal como se observa em plantas de milho expostas a dessecação progressiva do solo (Rossiello et alii, 1981a). Entretanto, o que se nota no presente caso, é que o peso seco é reduzido mais drasticamente que o peso fresco, com o aumento da sali-

nidade. Então, como mostra a figura 1c, a relação peso seco/peso fresco, quando relacionada à EC_e final — experimento 2 — mostra uma correlação negativa altamente significativa. Para o experimento 1, a tendência também é negativa, porém os dados mostram maior dispersão, e a correlação é menor ($r = -0,462$, dados não apresentados). Esses resultados concordam com a observação de que as plantas crescidas em substratos salinos são freqüentemente mais suculentas e não menos túrgidas que os respectivos controles não salinizados (Gale, 1975). É provável que a manutenção de um gradiente osmótico entre plantas e solo seja parcialmente responsável por essa situação (Hsiao et alii, 1976), forçando um ajuste osmótico regulatório nos tecidos foliares, capaz de sustentar a produção de área foliar, a níveis de salinidade que limitem a acumulação de matéria seca total, conduzindo ao tipo de relação mostrada na figura 1a. A acumulação de íons e a hidrólise de solutos orgânicos de elevado peso molecular seriam os fatores envolvidos no processo de regulação osmótica foliar (Hsiao et alii, 1976 e Gale, 1975). Para o experimento 2, Santos et alii (1981) mostraram que o aumento em suculência da parte aérea das plantas está positivamente correlacionada com a porcentagem de K nos tecidos. O possível envolvimento de carboidratos solúveis nesse processo, com relação aos experimentos aqui discutidos, é considerado em outro trabalho (Rossiello et alii, 1981b). Contudo, se a absorção de íons contra gradientes de potencial eletroquímico é um processo necessário ao ajustamento osmótico, isso exigiria um investimento adicional de recursos energéticos por parte das plantas, reduzindo, portanto, a parcela disponível para o aumento do peso seco (Gale, 1975). O resultado líquido, contudo, é uma redução em ambos os processos (produção de matéria seca e área foliar), ao menos em espécies moderadamente sensíveis à salinidade, como é o caso do milho (Maas & Hoffman, 1977).

Finalmente, considerando-se a significação dos dados apresentados, duas ponderações devem ser feitas: 1) Os resultados discutidos referem-se a respostas de milho numa dada fase do crescimento vegetativo (8-12 folhas) e não são necessariamente uma indicação da tolerância do milho a doses elevadas de vinhaça em termos de produção final. As respostas à salinidade de dada espécie variam com a fase de crescimento (Maas & Hoffman, 1977). Por exemplo, para as condições do experimento 2, Santos et alii (1981) notaram que a dose de 800m³/ha, que determinou a máxima produção de matéria seca, determinou também uma severa redução de "stand", quando os efeitos foram analisados com relação à fase de emergência de plântulas; 2) As condições experimentais usadas nos experimentos acima referidos são obviamente diferentes das observadas no campo, sendo de particular interesse, nesse sentido, a ausência de lixiviação nos potes experi-

mentais. Sob condições de campo, taxas de lixiviação adequadas (natural ou artificialmente induzidas), podem reduzir efetivamente a concentração salina na zona radicular, particularmente em solos de textura arenosa.

LITERATURA CITADA

- BERNSTEIN, L.; FRANÇOIS, L.E.; CLARK, R.A. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron. J.*, 66:412-421, 1974.
- BINGHAM, F.T. & GARBER, M.J. Zonal salinization of the root system with NaCl and boron in relation to growth and water uptake of corn plants. *Proc. Soil. Sci. Soc. Am.*, 34:122-126, 1970.
- FERREIRA, W.A. Efeito da vinhaça em solos de diferentes texturas. Tese de Mestrado. Seropédica, RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1980. 67f. Mimeo.
- GALE, J. Water balance and gas exchange of plants under saline conditions. In: Popjakoff-Mayber, A. e Gale, J., ed. *Plants in saline environments. Ecological studies* 15. New York - Berlin, Springer-Verlag, 1975. p.168-185.
- GLORIA, N.A., SANTA ANA, A.C.; BIAGI, E. Composição dos resíduos de usina de açúcar e destilarias. *Brasil Açucareiro*, 81:78-87, 1973.
- HSIAO, T.C., ACEVEDO, E., FERERES, E.; HENDERSON, D.W. Stress metabolism. Water stress, growth and osmotic adjustment. *Phil. Trans. R. Soc., London B.*, 273:479-500, 1976.
- LUISI, M.V.V. Efeitos da vinhaça sobre a fertilidade do solo e a nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). Tese de Mestrado. Seropédica, RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1979. 83f. Mimeo.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.L. Crop salt tolerance - current assessment. *J. of the Irrigation and Drainage Div., ASCE*, 103:115-134, 1977.
- MONTGOMERY, E.G. Correlation studies in corn. *Neb. Agric. Exp. Stn. Annu. Rep.* 24:108-159, 1911.
- RAMOS, D.P., CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. *Pesq. agropec. bras.*, 8:1-27, 1973.
- ROBINSON, J.B. Salinity and the whole plant. In: Talma, T. e Phillip, J.R. ed. *Salinity and water use*. New York, Wiley-Interscience, 1971. p.193-206.
- RODELLA, A.A. & FERRARI, S.E. Composição da vinhaça e efeitos de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, 90:6-13, 1977.
- ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S.; FLORES, J.O.P. Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e a acumulação de carboidratos solúveis de milho. *Pesq. agrop. bras.*, 16:561-566, 1981a.
- ROSSIELLO, R.O.P.; FERREIRA, W.A.; FERNANDES, M.S. Respostas de milho (*Zea mays* L.) à salinidade do solo induzida por aplicação de vinhaça. II. Produção de carboidratos solúveis e absorção de nitrogênio. *R. bras. Ci. Solo*, 5:176-181, 1981b.
- SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S.; O'GRADY, P.C. Efeitos da vinhaça sobre o pH do solo, a germinação e o acúmulo de potássio em milho. *Pesq. agropec. bras.*, 16:489-493, 1981.
- STUPIELLO, P.; PEIXE, C.A.; MONTEIRO, C.A.; SILVA, L.H. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana de açúcar. *Brasil Açucareiro*, 90:41-50, 1977.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Handbook* 60, 1954. 160p.