



Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo¹

Vladimir B. Figueirêdo², Manoel A. de Faria³ & Elio L. da Silva³

RESUMO

A cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) vem-se expandindo para regiões ainda pouco exploradas, em que o uso da irrigação com água salina possa ser fator limitante. Nesse contexto, avaliou-se o crescimento inicial do cafeeiro, conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), submetendo-o a níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos ($S_0 = 0,0 \text{ dS m}^{-1}$, $S_1 = 0,6 \text{ dS m}^{-1}$, $S_2 = 1,2 \text{ dS m}^{-1}$, $S_3 = 1,8 \text{ dS m}^{-1}$, $S_4 = 2,4 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_5 = 3,0 \text{ dS m}^{-1}$) e 4 repetições. A reposição de água foi realizada com base na curva característica do solo, pela leitura da tensão de água por blocos de resistência, retornando o conteúdo de água à capacidade de campo. Verificou-se que os tratamentos influenciaram significativamente as características da planta e que a salinidade da água a partir de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ prejudicou o crescimento e, em alguns casos, provocou a morte das plantas. A área foliar foi a variável mais prejudicada. Ao final do experimento o solo foi classificado como salino-sódico.

Palavras-chave: salinidade da água, *Coffea arabica* L., café, solo salinizado

Initial growth of coffee plants irrigated with saline water and soil salinization

ABSTRACT

The coffee crop is expanding to new areas with not enough studies about its response to saline irrigation water. The initial growth of coffee plant was evaluated, in greenhouse at the Engineering Department of the Federal University of Lavras (UFLA), under different levels of irrigation water salinity. The completely randomized design was used with 6 treatments ($S_0 = 0.0 \text{ dS m}^{-1}$, $S_1 = 0.6 \text{ dS m}^{-1}$, $S_2 = 1.2 \text{ dS m}^{-1}$, $S_3 = 1.8 \text{ dS m}^{-1}$, $S_4 = 2.4 \text{ dS m}^{-1}$ and $S_5 = 3.0 \text{ dS m}^{-1}$) and 4 replications. The irrigation was accomplished according to soil water retention curve and resistance block reading, restoring the soil water content to its field capacity. It was verified that water salinity affected the plants characteristics significantly. The water salinity above 1.2 dS m^{-1} caused damage to plant development resulting, in some cases, in death of plants. The leaf area of plant was the variable most affected by salinity of irrigation water. By the end of the experiment, the soil was classified as saline-sodic.

Key words: salinity of irrigation water, *Coffea arabica* L., coffee plant, soil salinity

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor

² Doutorando, DER/UNESP, CP 237, CEP 18610-280, Botucatu, SP. Fone: (84) 8835-9147. E-mail: vladedin@fca.unesp.br.

³ DE/UFLA. E-mail: mafarria@ufla.br, elemos@ufla.br.

INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos agrícolas de maior significação dentro do cenário mundial e o segundo maior gerador de divisas, perdendo apenas para o mercado do petróleo, movimentando cerca de 12 a 13 bilhões de dólares em todo mundo e sua importância socioeconômica no Brasil é facilmente notada quando se observam os lotes de divisas internacionais e o número de empregos gerados no campo (Guimarães et al., 2002). Mesmo regiões tradicionais e climaticamente aptas para o cultivo do café, como o Sul de Minas, têm necessitado de irrigação suplementar. Segundo Camargo (1987) as regiões com elevada deficiência hídrica, acima de 200 mm anuais, poderão ser inaptas ao cultivo do cafeeiro.

Com o advento da irrigação e posterior aumento de produtividade, o cultivo do cafeeiro se tem expandido para regiões até então consideradas inaptas, chamadas “fronteiras agrícolas”; são elas o norte e o noroeste de Minas Gerais, o sudoeste e o oeste da Bahia, o norte do Espírito Santo e o cerrado da região Centro-Oeste, entre outras. O cultivo do cafeeiro nessas regiões é uma realidade, expondo a cultura a uma nova situação, ou seja, a perspectiva de ser submetida a condições de estresse salino. Apesar de sua importância, poucos trabalhos têm dado valor ao cafeeiro, no que diz respeito aos efeitos de qualidade de água e de salinidade do solo sobre o rendimento, enquanto para outras culturas são encontradas várias referências.

Percebe-se, então, a carência de informações com bases científicas no cultivo do cafeeiro nessas regiões, principalmente quanto a tolerância da cultura aos sais presentes no solo e na água utilizada na irrigação. Karasawa et al. (2000), observando o efeito de cinco níveis de salinidade da água (1,5; 2,0; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) no desenvolvimento de mudas de café, estádio de palito de fósforo, verificaram que todas as plantas morreram na ordem decrescente de concentração de sais na água de irrigação, o que pode evidenciar que a cultura, nesta fase, é bem susceptível à salinidade. Matiello (1999), trabalhando com irrigação por gotejamento em cafeeiro, observou que mesmo as plantas jovens suportam bem a salinidade, desde que a água não seja excessivamente salina, até 2,0 dS m⁻¹ e que, em determinados períodos no ano, apresente boa distribuição das chuvas.

Normalmente, a salinidade em áreas irrigadas é consequência do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta. Qualquer que seja sua fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a qualidade e a quantidade possam variar bastante (Medeiros & Gheyi, 1994). Com relação às espécies vegetais, os efeitos da salinidade e/ou da sodicidade, são diferentes, variando entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie. Isto ocorre porque algumas espécies produzem rendimentos aceitáveis, em níveis relativamente altos de condutividade elétrica, enquanto outras são sensíveis (Ayers & Westcot, 1991). Entretanto, pela importância do cafeeiro no cenário nacional, os técnicos e produtores sentem a necessidade de informações que visem melhorar o rendimento e esclarecer dúvidas que existem freqüentemente, como a resposta desta cultura à salinidade

da água de irrigação, ou sobre o correto manejo da irrigação, para o aumento de sua produtividade.

Devido a esta falta de conhecimento específico, aliada à expansão da cafeicultura irrigada e fertirrigada, este trabalho teve o objetivo de avaliar o comportamento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em relação ao uso de seis níveis de salinidade da água de irrigação, durante os primeiros seis meses após o transplântio das mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, a uma latitude sul de 21° 15' e 45° 00', longitude oeste e altitude de 918 m no período de dezembro de 2002 a maio de 2003. Utilizaram-se mudas de cafeeiro da cultivar Catuaí, com 5 meses de idade, conduzidas de forma a serem levadas ao plantio no campo. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com volume de 13 L (altura de 30 cm, diâmetro superior de 32 cm e diâmetro inferior de 22 cm) utilizando-se uma planta por vaso. O material de solo foi coletado, secado ao ar e à sombra, destorroado e passado na peneira de 2,0 mm (terra fina secada ao ar – TFSA); pelos dados da análise granulométrica o solo foi classificado como de textura média e a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) depois de adubado e fumigado, foi de 1,05 dS m⁻¹. Houve monitoramento da temperatura e a umidade relativa através de uma estação climatológica digital portátil (Weather Monitor II – Davis Instruments).

A curva de retenção de água foi obtida com amostras deformadas de solo, em que os dados de umidade (g g⁻¹) e tensão ou potencial mátrico (kPa) foram ajustados de acordo com a metodologia proposta por van Genuchten (1980). Amostras indeformadas de solo do vaso foram retiradas para determinação da “densidade” global, utilizando-se o método do cilindro de Umland e se encontrando o valor de 1,36 g cm⁻³. Os tratamentos foram compostos de seis níveis de salinidade da água de irrigação (testemunha S0 = 0,0 dS m⁻¹, S1 = 0,6 dS m⁻¹, S2 = 1,2 dS m⁻¹, S3 = 1,8 dS m⁻¹, S4 = 2,4 dS m⁻¹ e S5 = 3,0 dS m⁻¹). O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e três plantas por parcela.

Para a testemunha utilizou-se água destilada, enquanto os outros níveis foram produzidos pela adição de cloreto de sódio (NaCl) à água de torneira; para tanto determinou-se, em laboratório, a variação da condutividade elétrica (CE) de soluções preparadas com NaCl nas concentrações de 100, 90, 80, 70, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 8, 6, 4 e 2 cmol L⁻¹, com água de torneira e condutividade elétrica de 0,09 dS m⁻¹ a 25 °C, em triplicatas. Deste modo e após análise de regressão, obteve-se a Eq.1, utilizada para a determinação das quantidades de sal necessárias para produzir as águas com os níveis de salinidade desejados.

$$\text{NaCl} = 0,0132 \text{ CE}_a^2 + 9,5589 \text{ CE}_a - 2,1966 \quad (1)$$

em que:

NaCl – concentração da solução de NaCl, cmol L⁻¹

CE_a – condutividade elétrica da solução, dS m⁻¹

As irrigações foram realizadas igualmente para todas as plantas, utilizando-se de blocos de resistência elétrica, instalados a 13 cm de profundidade na região central do vaso para monitorar a tensão de água no solo, em três repetições e, com base na curva de retenção de água no solo, determinava-se a umidade do solo. O volume de água fornecido foi então calculado de acordo com a Eq. 2 (Cabello, 1996). Então, a reposição d'água era realizada elevando-se a umidade do solo à tensão média da capacidade de vaso. Deste modo, em todas as irrigações não houve lixiviação.

$$V = (U_{cc} - U_{12kPa}) \cdot Dg \cdot V_v \quad (2)$$

em que:

V – volume d'água a ser aplicado, L

U_{cc} – umidade do solo na capacidade de vaso, g g⁻¹

U_{12kPa} – umidade do solo a tensão de 12 kPa, g g⁻¹

Dg – densidade global, g cm⁻³

V_v – volume do vaso, L

Após o transplante das mudas para os vasos, estas foram irrigadas durante 10 dias apenas com água destilada, até se verificar o aparecimento de novas folhas, para favorecer o pegamento das mudas nos vasos, chamando-o de período de estabelecimento. Desta maneira, as avaliações foram realizadas durante o período de 163 dias após o período de estabelecimento (DAE). A coleta dos dados de altura, área foliar e diâmetro do caule, foi realizada logo após o período de estabelecimento e aos 16, 37, 57, 78, 102, 125, 145 e 163 DAE.

A altura foi determinada medindo-se do colo da planta ao seu meristema apical e a medida do diâmetro se deu 1 cm acima do solo na região do colo da planta, através de um paquímetro de precisão de 0,02 mm; já a área foliar foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Barros et al. (1973), que usa a equação “y = 0,667x”, em que “y” é a área foliar e “x” a área do retângulo circunscrito à folha, isto é, área correspondente ao produto do maior comprimento pela maior largura da folha. Esta determinação foi realizada em todas as plantas no experimento, medindo-se o comprimento e a largura de uma folha em cada par de folhas da planta, considerando-se a simetria foliar inerente à cultura e se multiplicando este resultado por dois, para obtenção da área foliar total de cada planta.

Ao final do experimento procedeu-se ao corte das plantas e se fez a pesagem da massa fresca de caule, folhas e das raízes, em que a última foi determinada após a separação da terra, por meio do processo de lavagem sobre peneira de arame com malha de 2,0 mm e sob jato de água corrente; posteriormente, esses materiais foram secados em estufa a 70 °C até atingirem peso constante para obtenção da massa seca de folhas, caule e raízes. De posse desses dados, pôde-se estabelecer a relação raiz/parte aérea da planta (R/A). O teor de massa seca da parte aérea (TMSA) foi calculado utilizando-se a Eq. 3 (Alvarenga, 1999).

$$TMSA = \frac{MSPA}{MFPA} \cdot 100 \quad (3)$$

em que:

MSPA – soma da massa seca do ramo mais caule e folhas;

MFPA – soma da massa fresca do ramo mais caule e folhas.

Realizaram-se coletas de solo nas camadas 0-10 e 10-20 cm para determinação da evolução da salinidade do solo ao longo do experimento, com auxílio de um trado próprio para instalação de tensiômetros. Essas coletas se deram nas mesmas épocas de avaliação do crescimento das plantas, enquanto a salinidade do solo (CE_{es}) foi estimada aplicando-se a Eq. 4, a partir da CE_{1:5}, medida no sobrenadante obtido numa mistura de uma parte de solo para cinco de água destilada, seguindo-se a metodologia descrita em Slavich & Petterson (1993). Para determinação desta equação foi realizada, em laboratório, a incubação do solo já adubado, secado ao ar e passado em peneira de 2,0 mm. Para incubação aplicou-se o sal NaCl nas concentrações de 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80 e 100 mmol_c kg⁻¹ utilizando-se, para cada concentração, 1 kg de solo; depois de dez dias incubado, quando a umidade do solo permaneceu na capacidade de campo, as amostras nessas concentrações foram analisadas em quatro repetições com relação às CE_{es} e CE_{1:5}. A pasta de saturação foi preparada segundo o método padrão de Richards (1954).

$$CE_{es} = 10,886 \cdot CE_{1:5} - 0,2661 \quad (4)$$

Na Figura 1 tem-se a relação da CE_{es} e CE_{1:5}. A escolha da determinação da CE_{es} estimada pelas medidas de CE_{1:5} se deve ao pequeno volume de solo que se poderia coletar nos vasos, seguindo-se o recomendado por Richards (1954). Para variáveis como área foliar, altura, diâmetro e salinidade do solo, os tratamentos foram dispostos num esquema de parcelas subdivididas tendo-se, nas parcelas, os tratamentos e, nas subparcelas, os tempos avaliados. Para as variáveis coletadas ao final do experimento, como massa seca e fresca, os tratamentos foram dispostos num esquema de delineamento inteiramente casualizado, tendo-se como única fonte de variação os tratamentos. Para os dois casos, os dados

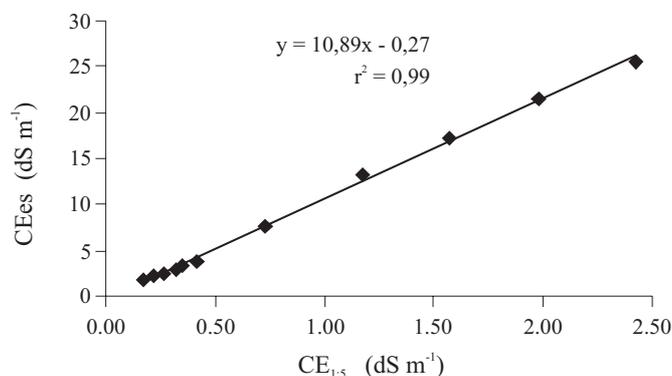


Figura 1. Relação entre a condutividade elétrica da solução de 1:5 (CE_{1:5}) e a CE_{es}

foram interpretados por meio de análise de regressão, em virtude dos dados serem quantitativos (Barbin, 1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas e mínimas coletadas durante a condução do experimento, estão na Figura 2. As temperaturas máximas atingidas no interior da casa de vegetação ficaram entre 44 e 27 °C, com média máxima de 36 °C, enquanto as mínimas ficaram entre 24 e 7 °C, com média mínima de 19 °C. As umidades relativas máximas e mínimas estão apresentadas na Figura 2, em que umidades relativas máximas encontradas ficaram entre 92 e 72%, enquanto as mínimas permaneceram entre 64 e 30%, com médias máximas e mínimas de 81 e 43%, respectivamente. Estas umidades se encontram em faixas consideradas ótimas para o cultivo do café arábica, não tendo influência negativa para o seu desenvolvimento. Verifica-se, pelas tensões de água no solo (Figura

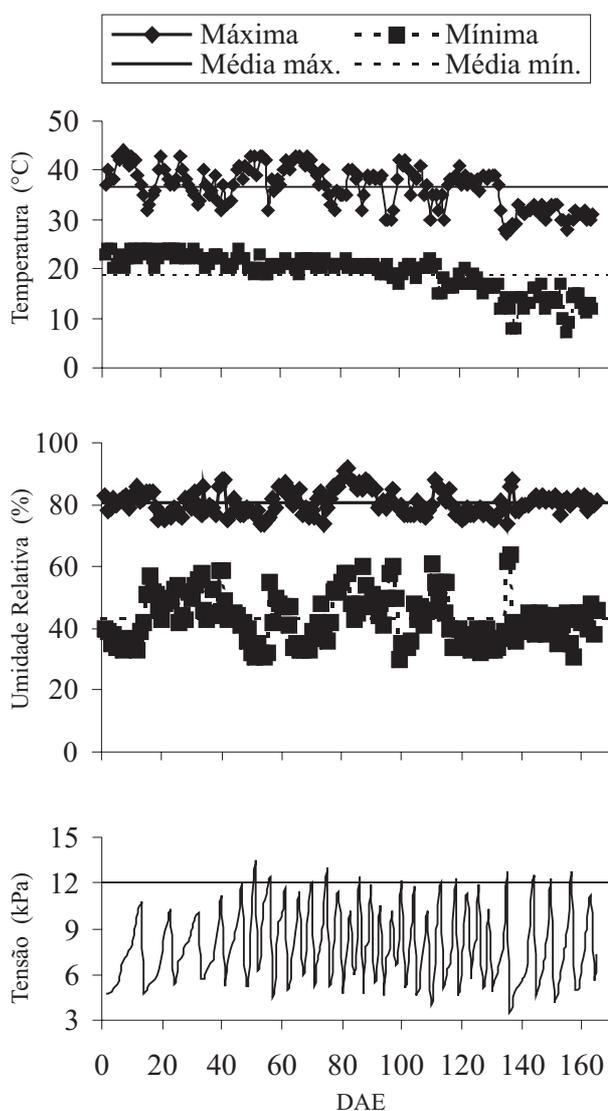


Figura 2. Temperatura (°C), umidade relativa (%) e variação da tensão de água no solo (kPa) em função de DAE

ra 2) que, inicialmente, as irrigações foram realizadas numa frequência menor, devido à redução do consumo de água pela planta, até próximo dos 30 DAE; a partir de então, as irrigações foram realizadas numa frequência maior, em intervalos de 3 a 4 dias, até aproximadamente os 145 DAE. Após este período, reduziu-se o consumo de água, diminuindo a frequência de irrigação, devido às condições climáticas mais amenas, conforme pode ser visto na Figura 2.

A tensão na capacidade de vaso foi igual a 5 kPa, encontrada em ensaio com quatro vasos adicionais dentro da casa de vegetação.

Todas as variáveis vegetativas foram influenciadas pelos níveis de salinidade da água de irrigação e os decréscimos foram maiores para a área foliar (Figura 3), em que, inicialmente, a taxa de crescimento foi baixa até o 78 DAE, cujo comportamento foi quase que linear até o 145 DAE retornando, posteriormente, a uma taxa de crescimento menor.

Encontram-se, na Tabela 1, as equações de regressão correspondentes à Figura 3, na qual se observa o bom ajuste

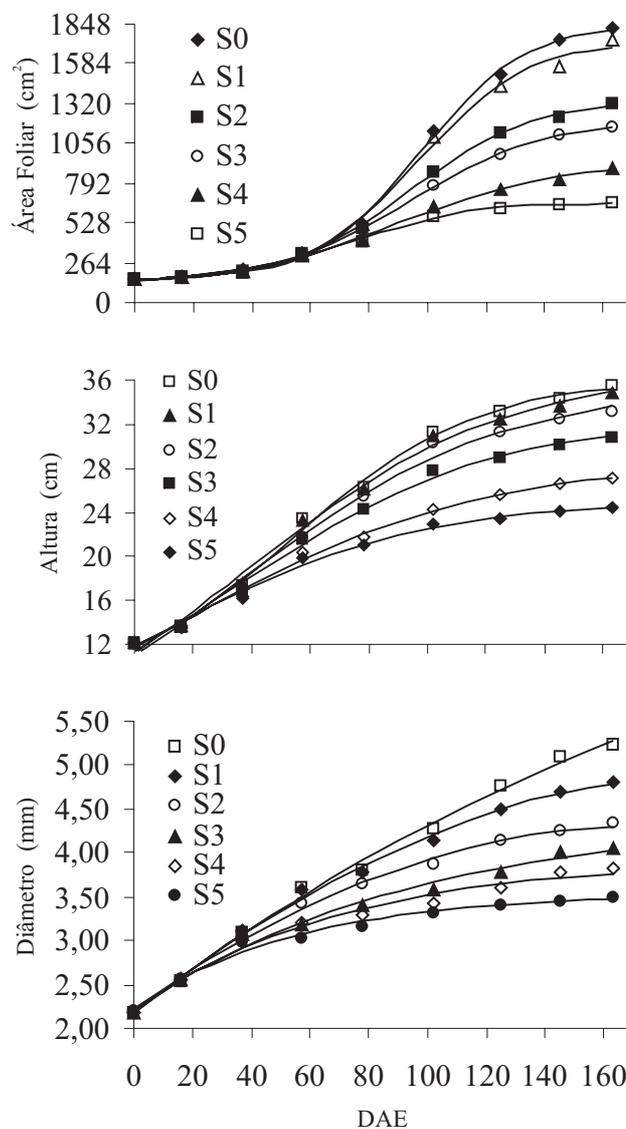


Figura 3. Curvas de regressão ajustadas para a área foliar, altura da planta e diâmetro do caule, em função de DAE para os diversos tratamentos

Tabela 1. Equações de regressão ajustadas para a área foliar (AF) em cm², altura das plantas (A) em cm e diâmetro do caule (D) em mm, em função de DAE

CEa dS m ⁻¹	Equações	R ²
0,0	$AF = 154,44 - \frac{1696,46}{[1 + \exp(5,591 - 0,057 \cdot DAE)]}$	0,998**
0,6	$AF = 149,15 - \frac{1577,42}{[1 + \exp(5,323 - 0,055 \cdot DAE)]}$	0,997**
1,2	$AF = 142,10 - \frac{1205,98}{[1 + \exp(4,567 - 0,048 \cdot DAE)]}$	0,999**
1,8	$AF = 134,87 - \frac{1083,84}{[1 + \exp(4,145 - 0,044 \cdot DAE)]}$	0,999**
2,4	$AF = 119,99 - \frac{806,20}{[1 + \exp(3,358 - 0,037 \cdot DAE)]}$	0,997**
3,0	$AF = 141,74 - \frac{524,16}{[1 + \exp(3,794 - 0,051 \cdot DAE)]}$	0,997**
0,0	$A = \frac{37,84}{[1 + \exp(0,879 - 0,023 \cdot DAE)]}$	0,994**
0,6	$A = \frac{36,89}{[1 + \exp(0,84 - 0,023 \cdot DAE)]}$	0,994**
1,2	$A = \frac{35,56}{[1 + \exp(0,801 - 0,022 \cdot DAE)]}$	0,992**
1,8	$A = \frac{32,65}{[1 + \exp(0,638 - 0,022 \cdot DAE)]}$	0,995**
2,4	$A = \frac{28,65}{[1 + \exp(0,362 - 0,02 \cdot DAE)]}$	0,994**
3,0	$A = \frac{25,02}{[1 + \exp(0,139 - 0,023 \cdot DAE)]}$	0,992**
0,0	$D = 2,7875 + 0,025 \cdot DAE - 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot DAE^2$	0,996**
0,6	$D = 2,1806 + 0,0264 \cdot DAE - 6,3 \cdot 10^{-5} \cdot DAE^2$	0,997**
1,2	$D = 2,2206 + 0,0239 \cdot DAE - 6,8 \cdot 10^{-5} \cdot DAE^2$	0,995**
1,8	$D = 4,448 \cdot \{1 - 10^{[-0,0045 \cdot (DAE + 67,14)]}\}$	0,988**
2,4	$D = 3,945 \cdot \{1 - 10^{[-0,0061 \cdot (DAE + 58,79)]}\}$	0,982**
3,0	$D = 3,523 \cdot \{1 - 10^{[-0,0083 \cdot (DAE + 51,62)]}\}$	0,987**

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; CEa condutividade elétrica da água de irrigação

das equações. Como pode ser visto na Figura 3, o modelo tipo logístico modificado foi o que melhor se ajustou aos dados de área foliar, o que ocorreu para todos os demais tratamentos; a estabilização ao final das avaliações se deve ao fator temperatura (Figura 2) pois, com dias mais frios, o consumo das plantas foi diminuído e, conseqüentemente, seu crescimento.

Na Figura 3 se encontram também as curvas de regressão obtidas para característica altura das plantas em função de DAE. Analisando-se esta Figura, verifica-se que para a altura das plantas o modelo tipo logístico foi o que melhor

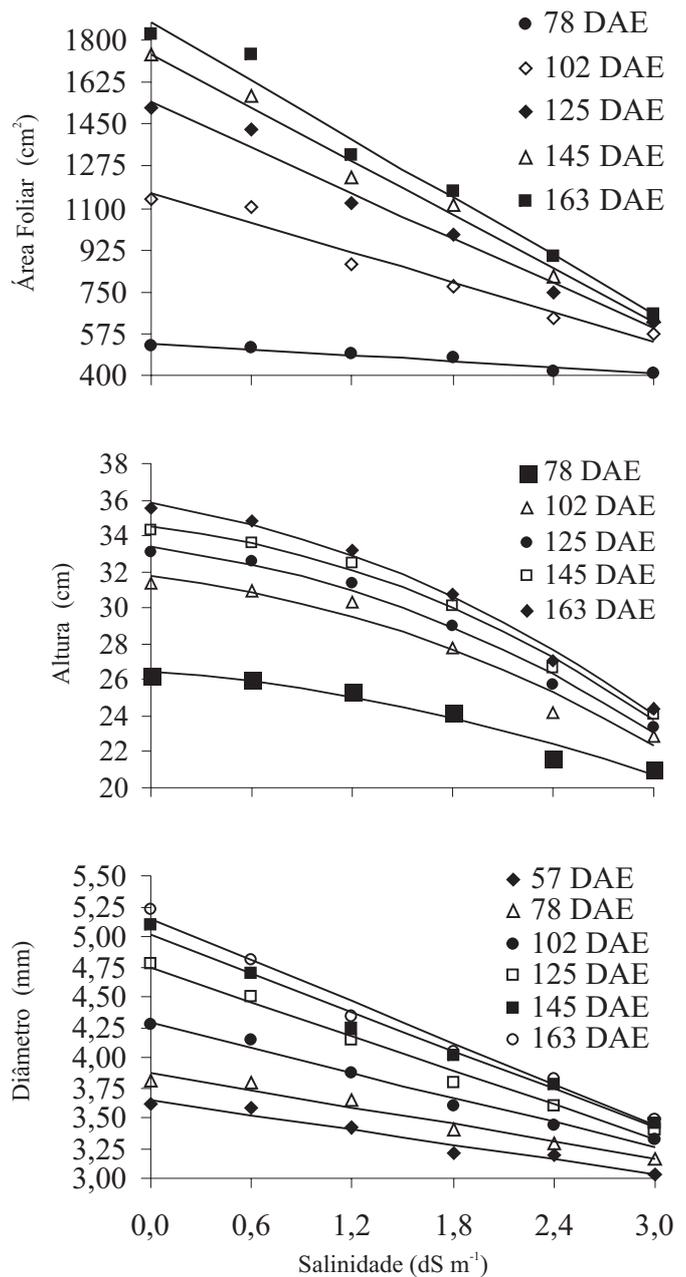


Figura 4. Curvas de regressão ajustadas para a área foliar, altura da planta e diâmetro do caule em função da salinidade, nas diferentes épocas de avaliação

se ajustou aos dados, para todos os níveis de salinidade em função de DAE, o qual pode ser explicado pela menor taxa de crescimento das plantas, até os 37 DAE com, subseqüentemente, aumentos crescentes nas avaliações aos 57, 78, 102 e 125 DAE e, posteriormente, com aumentos decrescentes nas duas últimas avaliações (145 e 163 DAE). A menor taxa de crescimento no final das avaliações se deve ao fator temperatura, já mencionado para área foliar. O diâmetro do caule foi influenciado pela salinidade da água ao longo do tempo, como pode ser visto também na Figura 3, em que se constata os pontos observados, com suas respectivas curvas de regressão.

O comportamento do diâmetro foi diferenciado entre as salinidades no tempo, como se observa nas equações da

Tabela 1. Verifica-se que os níveis S0, S1 e S2 mostraram comportamento quadrático enquanto os níveis S3, S4 e S5 o tiveram conhecido por lei de Mitscherlich.

Na Figura 4 pode-se observar as curvas de regressão do efeito de salinidade dentro de cada tempo analisado (DAE) para a variável área foliar, altura da planta e diâmetro do caule. Para área foliar este efeito foi significativo apenas para os tempos do 78 DAE em diante, mantendo comportamento linear para todas as avaliações. Com relação à análise da altura de plantas dentro de cada tempo (DAE), os tratamentos diferiram significativamente apenas para as avaliações a partir do 78 DAE (Figura 4). Pode-se ter uma idéia deste efeito para a altura ainda na Figura 3 pela proximidade dos pontos entre as curvas de regressão. Neste caso, os melhores ajustes com desvios não significativos foram obtidos para o modelo logístico para todas as avaliações realizadas (78, 102, 125 e 145 DAE). Na Figura 4

também se pode verificar o efeito da salinidade no diâmetro do caule dentro de cada época (DAE) avaliada. Neste caso, ocorreu efeito significativo apenas para as avaliações dos 57 DAE em diante, diferente da altura e área foliar, que tiveram efeito apenas dos 78 DAE em diante. As curvas de regressão para o diâmetro observado na Figura 4, ajustaram-se ao modelo linear e decrescente em todas as épocas avaliadas.

Esses resultados revelam que nas épocas de avaliação a partir do 57 DAE para o diâmetro do caule e a partir dos 78 DAE para a área foliar e altura das plantas, houve redução no crescimento dessas variáveis com o aumento da salinidade da água de irrigação, assemelhando-se aos resultados obtidos para outras culturas (Silva, 2002; Blanco, 1999; Medeiros, 1998).

Na Figura 5 vê-se o comportamento da massa fresca e seca do caule, folhas e raízes, em função dos níveis de salinidade

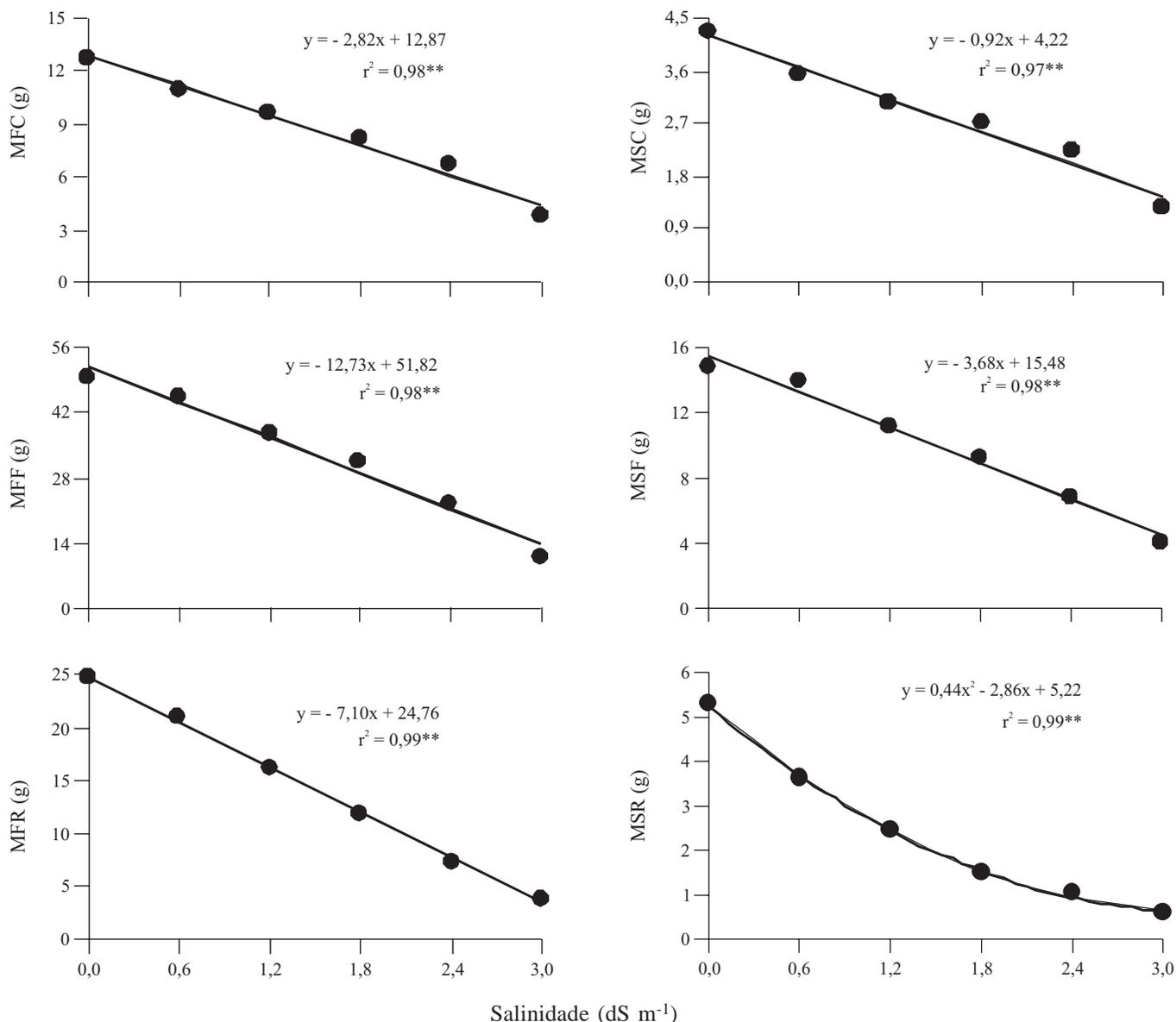


Figura 5. Curvas de regressão ajustadas para as características massa fresca do caule (MFC), massa seca do caule (MSC), massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), massa fresca das raízes (MFR) e massa seca das raízes (MSR), em função dos níveis de salinidade, aos 163 DAE

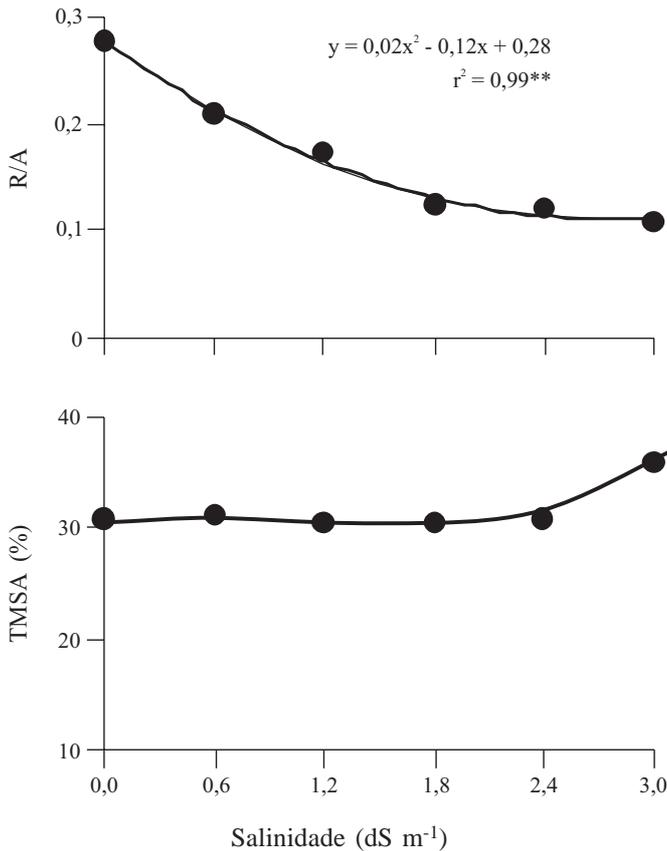


Figura 6. Curvas de regressão ajustadas para a característica relação R/A e TMSA, em função dos níveis de salinidade aos 163 DAE

da água de irrigação e suas respectivas equações de regressão, mostrando o bom ajuste das mesmas.

Apesar de não terem sido descritos, na literatura, sintomas de toxidez pelo Na no cafeeiro, sabe-se que a toxidez pelo excesso desse nutriente causa sintomas de clorose entre as nervuras, estendendo-se para a borda da folha com limbo ligeiramente crestado e aspecto mosqueado (Maas & Hoffman, 1977). Esses sintomas foram observados no experimento e, posteriormente, também em algumas plantas submetidas aos dois níveis mais elevados de salinidade, que sofreram paralisia total em seu crescimento, e outras morreram.

Na Figura 6 observa-se o comportamento da relação R/A e o TMSA, em função da salinidade da água de irrigação. O TMSA não foi significativo pelo teste F. Medeiros (1998), trabalhando com pimentão, não encontrou diferenças no teor de massa seca com os diferentes níveis de salinidade da água. Segundo este autor, a percentagem de massa seca da planta tende a aumentar com a salinidade. Verifica-se, ainda na Figura 6, que a relação R/A decresceu em função da salinidade da água de irrigação, devido à diminuição do sistema radicular, já que as variáveis da parte aérea analisadas (área foliar, altura e diâmetro da planta) não aumentaram com o nível de salinidade. Além da salinidade da água de irrigação, outro fato que pode ter ocasionado a diminuição do sistema radicular, se refere às coletas de solo realizadas ao longo do experimento e em duas profundidades, mesmo sendo essas coletas de apenas 10 a 15 gramas de solo. Constata-se, com esses resultados, a importância do cuidado em relação

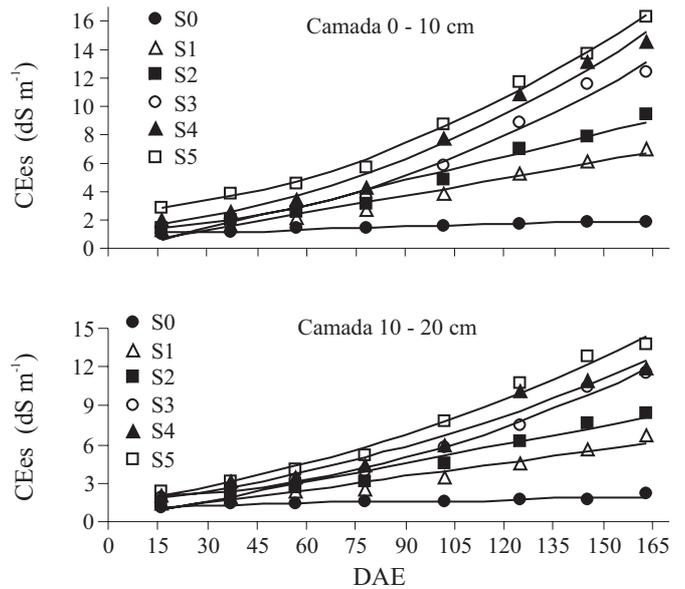


Figura 7. Evolução da salinidade do solo ao longo dos DAE, para diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e para as duas camadas avaliadas

aos prejuízos causados no sistema radicular, principalmente quando se utiliza água salina neste período de implantação, quando a interferência no desenvolvimento radicular poderá causar danos irreparáveis no crescimento e, posteriormente, na produção do cafeeiro.

Vê-se na Figura 7, a evolução da salinidade do solo coletado nas camadas 0-10 e 10-20 cm. Logicamente, para um mesmo volume de água aplicado quanto maior a salinidade da água, mais sais são adicionados ao solo. Esta foi a principal influência da salinidade da água de irrigação, produzindo valores maiores de salinidade do solo, desde o início do experimento, quanto mais salina foi a água. Outro fato importante é que a salinidade na camada mais superficial

Tabela 2. Concentração de nutrientes no solo, ao final do experimento

Salinidade (dS m ⁻¹)	pH (H ₂ O)	P K e Na (mg dm ⁻³)			Ca Mg Al T (cmol _c dm ⁻³)			
		P	K	Na	Ca	Mg	Al	T
0,0	5,3	88,2	83	16,6	1,3	0,6	0,1	4,5
0,6	5,6	93,3	70	154,6	1,4	0,5	0,1	4,8
1,2	5,6	93,3	81	353,3	1,2	0,7	0,1	5,8
1,8	5,5	78,2	72	441,6	1,2	0,4	0,1	5,8
2,4	5,4	83,2	81	677,1	1,1	0,9	0,1	7,3
3,0	5,6	78,2	80	971,5	1,3	0,7	0,1	8,3
Salinidade (dS m ⁻¹)	P-rem (mg L ⁻¹)	Zn Mn Cu B S PST V (mg dm ⁻³)			S PST V (%)			
		Zn	Mn	Cu	B	S	PST	V
0,0	35,7	7,4	7,6	1,8	0,2	36,2	1,61	58,7
0,6	37,7	6,7	4,8	1,6	0,2	24,1	13,86	59,7
1,2	37,7	5,8	4,5	1,8	0,2	50	26,75	63,5
1,8	37,7	5,7	4,8	1,4	0,3	39,2	33,08	63,8
2,4	37,7	6,1	4,6	1,5	0,4	47,3	40,60	71
3,0	39,8	5,8	6,1	1,4	0,6	40,3	50,72	77,2

pH em água, relação 1:2,5; P K e Na, extrator de Mehlich 1; Ca, Mg Al, extrator: KCL 1N; CTC (T) capacidade de troca catiônica a pH 7,0; P-rem = fósforo remanescente; V = índice de saturação de bases

(0–10 cm) foi um pouco mais elevada, chegando a um máximo de 16,23 dS m⁻¹ para o nível S5 enquanto na camada 10–20 cm se verifica um máximo de 13,68 dS m⁻¹. No geral, pode-se observar, para a salinidade do solo, curvas lineares e quadráticas aproximadamente paralelas entre tratamentos. Segundo Medeiros (1998), uma das principais conseqüências negativas da irrigação é o possível aparecimento dos problemas da salinidade, sobretudo quando os teores de sais na água são elevados.

As concentrações totais dos nutrientes do solo em cada tratamento podem ser observadas na Tabela 2. A salinidade da água de irrigação aumentou a concentração de Na no solo e sua CTC (T), enquanto para os outros nutrientes não se verificou tendência definida, concordando com os resultados encontrados por Silva (2002), Blanco (1999) e Medeiros (1998).

Em se tratando de Na, o mais importante é verificar sua concentração relativa no complexo sortivo, a qual é dada pela PST (percentagem de sódio trocável). Apesar de não se ter dados da influência direta da PST no cafeeiro, dentro da classificação descrita em Cabello (1996), Christiansen et al. (1977) e Richards (1954), para o tratamento S0 o solo foi não sódico, para o S1 mediantemente sódico, para o S2 fortemente sódico e, para os demais tratamentos, extremamente sódicos, ao final do experimento.

CONCLUSÕES

1. O crescimento inicial do cafeeiro é prejudicado pela salinidade da água, a partir de 1,2 dS m⁻¹, podendo paralisar seu crescimento e levá-lo à morte.

2. A área foliar do cafeeiro é a variável mais afetada pela salinidade da água de irrigação.

3. O uso de água com salinidade superior a 1,8 dS m⁻¹ levou o material de solo a ser classificado como salino e extremamente sódico.

LITERATURA CITADA

- Alvarenga, M. A. R. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de Nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de Cálcio aplicado via foliar. Lavras: UFLA, 1999. 117p. Tese Doutorado
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29
- Barbin, D. Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos. 1.ed. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1994, 135p.
- Barros, R. S.; Maestri, M.; Vieira, M.; Braga Filho, L. J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L. cv “Bourbon Amarelo”). Revista Ceres, Viçosa, v.20, n.107, p.44-52, 1973.
- Blanco, F. F. Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo. Piracicaba: ESALQ, 1999. 104p. Dissertação Mestrado
- Cabello, P. F. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF), goteo, microaspersión, exudación. 3.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1996. 511p.
- Camargo, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: Simpósio sobre Manejo de Água na Agricultura, 1987, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.53-90.
- Christiansen, J. E.; Oelsen, E. C.; Willardson, L. S. Irrigation water quality evaluation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v.103, n.2, p.155-169, 1977.
- Guimarães, R. J.; Mendes, A. N. G.; Souza, C. A. S. Cafeicultura. 1.ed. UFLA/FAEPE, Lavras, 2002. 317p.
- Karasawa, S.; Silva, R. A da; Miranda, J. H. de; Duarte, S. N. Comportamento de mudas de café submetidas a irrigação com diferentes níveis de salinidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 24, 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBEA, 2000. CD Rom.
- Maas, E. V.; Hoffmaan, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v.103, n.1, p.115-134, 1977.
- Matiello, J. B. Evolução da salinidade e comportamento do cafeeiro em área irrigada por gotejamento em Brejões, BA. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira, 25, 1999, Franca. Anais... Franca: CP&D, 1999. p.185.
- Medeiros, J. F. de. Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão. Piracicaba: ESALQ, 1998. 152p. Tese Doutorado
- Medeiros, J. F. de; Gheyi, H. R. A qualidade da água de irrigação. Mossoró: ESAM, 1994. 60p. Boletim Técnico, 22
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. USDA. Agriculture Handbook, 60
- Silva, E. F. F. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando-se extratores de solução do solo. Piracicaba: ESALQ, 2002. 136p. Tese Doutorado
- Slavich, P. G.; Peterson, G. H. Estimating a electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture. Australian Journal of Soil Research, Melbourne, v.31, n.1, p.73-81, 1993.
- van Genuchten, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.44, n.3, p.892-898, 1980.