



DRENAGEM PARA CONTROLE DA SALINIDADE

Ladilson de Souza Macêdo¹, Maria Rute de Sousa² e Waldirene Bezerra Barcos Morrill³

¹Embrapa/Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A. - Emepa. E-mail: emepa@emepa.org.br

²Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S.A. – Emepa. E-mail: emepa@emepa.org.br

³Aluna do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: wbbm.2006@hotmail.com

O uso permanente de terras localizadas em regiões áridas e semi-áridas, para fins agrícolas, depende fundamentalmente do controle de sais no solo. Os sais solúveis produzem efeitos adversos às plantas: i) aumentam a pressão osmótica da solução do solo com conseqüente redução da água disponível, ii) causam um desbalanceamento nutricional, iii) o excesso de sódio pode deteriorar a estrutura do solo resultando numa menor penetração das raízes e restringindo o movimento de água e ar, e iv) causam direta toxidez quando certos sais constituintes, tais como, cloretos, sódio e boro estão individualmente em excesso. O crescimento e a produtividade das culturas dependem basicamente do manejo do solo, da água de irrigação e dos tratos culturais, como: uso de plantas menos sensíveis aos sais, rotação de culturas e correta colocação das sementes a fim de evitar os locais de alta concentração de sais no leito de plantio.

O efeito mais direto da alta concentração de sais no solo sobre as plantas é limitar a absorção de água pelas raízes, em virtude do abaixamento do potencial da água do

solo. Entre os sais encontrados no solo, apenas alguns aparecem em concentrações realmente tóxicas. Todavia, como diferentes plantas respondem diferentemente aos solos salinos, generalizações tornam-se perigosas.

As principais fontes de sais solúveis dos solos agrícolas são: a) água de irrigação, b) depósitos de sais presentes no subsolo, c) água de drenagem proveniente de áreas irrigadas à montante e d) lençol freático de pouca profundidade.

A água de irrigação é o principal veículo de sais em áreas irrigadas. Rhoades (1974) exemplifica que as águas de irrigação podem conter de 0,1 a 4,0 toneladas de sais por 1.000 m³ e são, em geral, aplicadas à razão de 10.000 a 15.000 m³ por hectare anualmente. Conseqüentemente, cerca de 1 a 60 toneladas de sal por hectare poderão ser adicionadas aos solos irrigados por ano.

O objetivo deste trabalho é apresentar os métodos que têm sido empregados com sucesso na prevenção da salinização e/ou alcalinização de terras agrícolas. A recuperação de terrenos já salinizados não será abordada.

NECESSIDADE DE DRENAGEM

A perda de água do solo por meio do processo de evaporação e transpiração das plantas (fase de vapor) faz com que a concentração de sais da solução do solo atinja limites máximos.

A movimentação da água no solo ocorre de pontos de mais alto potencial para aqueles de menor potencial. A eliminação de água da zona radicular pela evapotranspiração diminui o potencial total da água do solo nesta região, podendo ainda ocorrer a movimentação ascendente de águas salinas de regiões mais profundas para as camadas superiores do solo devido ao desbalanceamento de potencial. Este é um dos processos pelo qual solos normais podem ser salinizados em conseqüência da elevação do lençol de água salina. Quando a água subterrânea é salina e o solo é de textura média, o lençol freático não deve ultrapassar a profundidade mínima de 1,80 a 2,00 m. Portanto, sais solúveis irão acumular em solos irrigados, caso medidas preventivas não sejam tomadas.

A distribuição e/ou remoção de sais no perfil do solo são controladas pelo manejo da água de irrigação, pois, os sais solúveis são transportados na fase líquida. É comum dizer-se: “Aonde vai

a água vai também o sal”. Portanto, para evitar a acumulação de sais no solo, deve ser aplicada uma lâmina de água adicional além daquela exigida pela evapotranspiração da cultura, para que o excesso de água passe por meio da zona do sistema radicular e lave ou lixivie os sais para a rede de drenagem. Esta deve ser dimensionada para suportar o fluxo de água proveniente da lixiviação e do lençol freático. Esta técnica é conhecida com Exigência de Lixiviação (EL), conforme U.S. Salinity Laboratory Staff (1954). Subseqüentes irrigações irão adicionar sal ao solo, que necessita ser levado para fora da zona radicular a fim de manter a salinidade dentro do limite de tolerância da cultura. Em longo tempo se formará um fluxo permanente de sais através do perfil do solo ou um “balanço de sais” (Schofield, 1940). A drenagem adequada do solo tem como finalidade conduzir a água salgada proveniente da exigência de lixiviação e do balanço de sais, para fora da área irrigada.

CONTROLE DA SALINIDADE TOTAL

Balanço de Sais na Solução do Solo

A exigência de lixiviação (EL) pode ser estimada por meio de um modelo de balanço de sais (BS). Num solo irrigado e provido de um sistema de drenagem, a longo prazo, o fluxo de sais através do perfil passa a ser estável. Considerando-se que as chuvas são insuficientes para promover a remoção de sais da zona radicular, uma equação relacionando entrada e saída de sais no perfil do solo (balanço de sais - BS) pode ser descrita segundo Rhoades (1974) por:

(Eq.1)

$$L_{ai}C_{ai} + L_{af}C_{af} + M_s + F_s - L_{ad}C_{ad} - P_s - R_s = S_{as}$$

em que:

L_{ai} = quantidade da água de irrigação;
 C_{ai} = concentração de sais da água de irrigação;
 L_{af} = quantidade de água;

C_{af} = concentração de sais provenientes do lençol freático;
 M_s = sais resultantes da intemperização dos minerais do solo;
 F_s = sais adicionados como fertilizantes.
 L_{ad} = quantidade de água drenada;
 C_{ad} = concentração de sais na água de drenagem;
 O_s = fração dos sais aplicados com a água de irrigação que se precipitam;
 R_s = quantidade de sais removidos nas colheitas;
 S_{as} = mudança na salinidade da água no solo.

Sob condições de fluxo estável de sais, S_{as} é zero. Assumindo: i) não haver adição nem eliminação de sais devido às chuvas, ii) profundidade do lençol freático suficiente para que sua contribuição $L_{af}C_{af}$ seja desprezível e iii) que a adição de sais pela intemperização e fertilizantes seja compensada pela precipitação pluvial e eliminação de sais nas colheitas, a equação Eq.1 reduz-se a:

$$\frac{L_{ad}}{L_{ai}} = \frac{C_{ai}}{C_{ad}} = \frac{CE_{ai}}{CE_{ad}} = EL$$

ou seja,
 $L_{ad} = EL \cdot L_{ai}$ (Eq.2)

em que:

CE_{ai} = condutividade elétrica da água de irrigação, em dS/M a 25°C;
 CE_{ad} = condutividade elétrica da água de drenagem, em dS/M a 25°C;
 EL = exigência de lixiviação (fração da água aplicada que deve ser drenada da zona radicular a fim de manter a CE_{ad} dentro de limites pré-fixados).

Lâmina de água a ser Drenada

A lâmina de água a ser drenada pode ser determinada pela equação 2 seguinte:

$$L_{ad} = EL \cdot L_{ai}$$

$$L_{ai} = L_{ad} + L_{uc} \quad (Eq.3)$$

$$L_{ad} = EL (L_{ad} + L_{uc}) = \frac{EL \cdot L_{uc}}{1 - EL} \quad (Eq.4)$$

em que:

L_{uc} = uso consuntivo ou demanda de evapotranspiração da cultura.

Portanto, uma vez determinada a condutividade elétrica da água de irrigação e de drenagem e o uso consuntivo da cultura, a quantidade de água a ser drenada (L_{ad}) é dada pelas Equações 2 e 4.

De acordo com o trabalho de Bower et al. (1969), logo após uma irrigação, a concentração de sais da solução do solo, junto à superfície, coincide com a da água de irrigação aumentando com a profundidade. A concentração de sais da água de drenagem corresponderá, portanto, à concentração máxima da solução do solo.

CONTROLE DE BORO E CLORETOS

Embora a salinidade total seja, geralmente, o fator adverso mais importante à germinação, crescimento e produção da maioria das culturas, algumas plantas são, particularmente, sensíveis a certas espécies de ions encontrados em excesso, mesmo quando a salinidade total é baixa. Dentre os solutos encontrados na água de irrigação capazes de causar direta toxidez, destacam-se o sódio, cloretos e boro. Bernstein (1974) apresenta uma completa discussão dos efeitos individuais destes íons sobre um grande número de culturas. Tabelas de tolerância das culturas à concentrações destes íons estão incluídas.

Rhoades (1974) adverte que a exigência de lixiviação e drenagem deve ser estimada separadamente quando o cloreto é mais limitante do que a salinidade total. De uma maneira análoga à Equação 2, a exigência de lixiviação para o controle específico de cloretos é dada por:

$$El_{cl} = CL_{ai}/CL'_{ad} \quad (Eq.5)$$

em que:

El_{cl} = exigência de lixiviação para cloretos;
 CL_{ai} = concentração de cloretos da água de irrigação;

CL'_{ad} = concentração máxima permitida de cloretos na água de drenagem.

A lâmina de água mínima a ser drenada, segundo Rhoades (1974), é calculada por:

$$L_{ad(min)} = \frac{CL_{ai}}{CL'_{ad} - CL_{ai}} \times L_{uc} \quad (\text{Eq.6})$$

O uso prolongado de água de irrigação contendo boro em concentrações que excedem o nível de tolerância das culturas pode causar direta toxidez.

CONTROLE DE SÓDIO

Em virtude de sua alta solubilidade o excesso de sódio na água de irrigação pode causar direta toxidez a certas plantas sensíveis (Bernstein & Pearson, 1956). Outro efeito nocivo do sódio é a deteriorização da estrutura do solo limitando o movimento de água e ar (McNeal & Coleman, 1966).

A exigência de lixiviação e drenagem para o caso da água de irrigação contendo sódio em significantes concentrações deve ser calculada em bases diferentes daquelas para o controle da salinidade total. Rhoades (1974) recomenda o uso da fórmula:

$$L_{ad(min)} = \frac{L_{uc}}{1 - EL_{RAS}} \times EL_{RAS} \quad (\text{Eq.7})$$

em que:

$L_{ad(min)}$ = lâmina mínima da água de drenagem;

EL_{RAS} = exigência de lixiviação para manter a razão de absorção de sódio dentro de limites pré-estabelecidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas regiões áridas e semi-áridas a drenagem de terras irrigadas é de fundamental importância para o sucesso da agricultura, pois, evita a acumulação de sais solúveis no perfil do solo com conseqüente redução e/ou eliminação das colheitas, tornando os solos improdutivos.

O sistema de drenagem deve ser dimensionado para suportar o fluxo de água proveniente da lixiviação exigida para manter a salinidade da água do solo dentro de limites pré-estabelecidos e controlar a profundidade do lençol de água subterrâneo.

O conceito de exigência de lixiviação (EL) pode ser usado para estimar a lâmina de água mínima a ser drenada, como água de lixiviação, para prevenir a acumulação nociva de sais da zona do sistema radicular. A exigência de lixiviação deverá ser considerada sobre três aspectos: controles da salinidade total; de cloretos e boro; e do íon sódio.

Fatores como propriedades físicas do solo, condições climáticas, características das culturas e manejo da água de irrigação afetam o fluxo de água e sais provenientes da água subterrânea para o perfil do solo. O lençol freático, para solos de textura média, deve ser mantido a uma profundidade mínima de 1,80 a 2,00 m nas áreas irrigadas, onde a potencialidade de salinização tenha sido constatada.

REFERÊNCIAS

BERNSTEIN, L. Crop growth and salinity. In: VAN SCHILFGAARDE, J. (ed.). **Drainage for agriculture**. Madison (EUA), 1974. p. 39-54. (Agronomy, 17).

BERNSTEIN L.; PEARSON, G.A. Influence of exchangeable sodium on yield and chemical composition of plants. I. Greenbeans, garden beets, clover, and alfafa. **Soil Science**, v.82, p.247-258. 1956.

BOWER, C.A.; OGATA, G.; TUCKER, J.M. Rootzone salt profiles and alfafa growth as influenced by irrigation water salinity and leaching fraction. **Agronomy Journal**, v 61, p. 783-785. 1969.

McCNEAL, B.L; COLEMAN N.T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. **Soil Science**, v.30, p.308-312. 1966.

RHOADES, J.D. Drainage for salinity control. In: VAN SCHILFGAARDE, J. (ed.). **Drainage for agriculture**. Madison (EUA), 1974. p. 433-461. (Agronomy, 17).

SCHOFIELD, C.S. Salt balance in irrigated areas. **Journal Agriculture Research**, v.61, p.17-39. 1940.

U.S. SALINITY LABORATORY STAFF. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. U.S. Dep. Agr, Handbook 60. 1954. 160 p.

Recebido em 18 de outubro de 2007 e aprovado em 20 de novembro de 2007