

## ÍNDICE DE ESTRESSE “SOMA DO EXCESSO DE ÁGUA (SEW<sub>30</sub>)” NA CULTURA DO MILHO EM SOLO DE VÁRZEA SOB SISTEMA DE DRENAGEM SUBTERRÂNEA

SERGIO N. DUARTE<sup>1</sup> MARCOS EMANUEL da C. VELOSO<sup>2</sup>, JARBAS H. de MIRANDA<sup>3</sup>, DURVAL D. NETO<sup>3</sup>, DÉCIO E. CRUCIANI<sup>4</sup>, VALDEMÍCIO F. de SOUSA<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Prof. Doutor, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESAL/USP, Piracicaba, SP. E-mail: [snduarte@esalq.usp.br](mailto:snduarte@esalq.usp.br)

<sup>2</sup> Eng. Agr., Embrapa Meio Norte, Doutorando em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Prof. Associado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP

<sup>4</sup> Prof. Titular, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP

<sup>5</sup> Eng.Agr. D.Sc. Embrapa Meio-Norte. Teresina, PI

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

**RESUMO:** O excesso, a falta d'água e a deficiência nutricional, geralmente produzem decréscimos nos rendimentos das culturas. As áreas de várzeas, geralmente, encontram-se próximo a corpos de água, as quais tem grande influência nas flutuações do LF regulando o teor de O<sub>2</sub> nos macro e microporos. O objetivo deste trabalho foi o de quantificar o efeito das flutuações do lençol freático e das doses crescentes de N na produtividade da cultura do milho, utilizando o índice de estresse SEW<sub>30</sub> em solos de várzea. O experimento foi conduzido em uma várzea pertencente a ESALQ/USP, com sistema de drenagem implantada com 19 drenos subterrâneos, espaçados de 10 m. Utilizou-se um delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 3 repetições. Cada parcela possuía um dreno subterrâneo e um poço de observação instalado. A profundidade do LF variou inversamente aos valores das chuvas. A produtividade relativa (%) do milho em função do índice SEW<sub>30</sub> apresentou um modelo de regressão linear crescente (P<0,05). O rendimento da cultura não foi comprometido pelo excesso de umidade do solo. Concluiu-se que (1) o índice de estresse SEW<sub>30</sub> respondeu de forma linear crescente as produtividades relativas dos grãos de milho; (2) as elevações do LF em função das chuvas ao longo do ciclo da cultura do milho contribuíram para o aumento da produtividade da cultura do milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, drenagem, lençol freático, estresse de planta.

## STRESS INDEX "EXCESSIVE SOIL WATER (SEW30)" IN THE CULTURE OF CORN IN SOIL OF MEADOW UNDER SYSTEM OF UNDERGROUND DRAINAGE

**ABSTRACT:** The excess, the of lack water and the nutritional deficiency, usually produces decreases in the yield of the cultures. The meadows areas, usually, meet close to bodies of water, which have big influences in the flotation of water table regulating the tenor of O<sub>2</sub> in the macro and microspores. The aim at work was of quantifying the effect of the flotation of the water table and of the growing doses of N in the productivity of the culture of the corn, using the excessive soil water SEW<sub>30</sub> in meadow soil. The experiment was conduct in a meadow belonging ESALQ/USP, with drainage system implanted with 19 underground drains, spaced of 10 m. The experimental design was randomized complete blocks, with 5 treatments and 3 repetitions. Each treatment possessed an underground drain and an observation well (OW) installed. The depth of OW varies inversely to the values of the rains. The relative productivity (%) of the corn in function of the index SEW<sub>30</sub> presented a model of growing lineal regression (P<0,05). The yield of the culture was not committed by the excess of humidity of the soil. It conclude that (1) the stress index SEW<sub>30</sub> answered in a increase lineal way the relative productivities of the corn grains; (2) the elevations of OW in function of the rains along the cycle of the culture of the corn contributed to the increase of the productivity of the culture of the corn.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, drainage, water table, plant stress.

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é o terceiro maior produtor de milho (*Zea mays*), após os EUA e a China. As áreas de várzeas no Brasil abrangem um total de 30 milhões de hectares, aproximadamente (LAMSTER, 1980), caracterizam-se por apresentar grandes variações espaciais, temporais e possuir drenagem natural deficiente. Um dos índices que avalia o estresse hídrico em planta é o  $SEW_{30}$  (FEDDES, 1988). Este índice é empregado para quantificar condições de umidade excessiva durante o ciclo da cultura em função da profundidade do LF abaixo da superfície do solo no dia e o número de dias na estação de crescimento, e permite avaliar a produtividade das culturas sob condições que o lençol freático atinja a zona radicular (MIRANDA, 1997). O índice  $SEW_{30}$  pode ser considerado um método aproximado para medir a qualidade da drenagem. De um modo geral, considera-se adequada àquela drenagem que proporciona um  $SEW_{30}$  menor do que  $100 \text{ cm dia}^{-1}$  durante o ciclo da cultura (SKAGGS et al., 1981). As áreas de várzeas sistematizadas e drenadas com sistema de drenagem subterrânea, geralmente, encontram-se próximas a corpos de água, os quais tem grande influencia nas flutuações do LF regulando o teor de oxigênio nos macro e microporos do solo influenciando fortemente a produtividade das culturas. Atualmente, há carência de pesquisa sobre o comportamento do estresse hídrico em áreas de várzeas das regiões brasileiras de clima sub-úmido e úmido, cultivada com milho sob adubação de N e que contribua para o desenvolvimento sustentável e melhoria da qualidade de vida do homem nessas regiões; o objetivo do presente trabalho foi o de quantificar o efeito das flutuações do lençol freático e das doses crescentes de nitrogênio na produtividade da cultura do milho, utilizando o índice de estresse  $SEW_{30}$  em solos de várzea sob sistema de drenagem subterrânea.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido em uma várzea localizada no Campo Experimental de Drenagem pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da ESALQ-USP. A área é área sistematizada, medindo  $8.100 \text{ m}^2$  ( $180 \text{ m} \times 45 \text{ m}$ ). O sistema de drenagem é constituído por 19 drenos subterrâneos paralelos de PVC corrugado, espaçados de 10 m, instalados na profundidade de 1 m e declividade de 3 por mil e que deságuam em um dreno coletor aberto. Utilizou-se um delineamento experimental de blocos casualizados, com 5 tratamentos ( $0, 50, 100, 150$  e  $200 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) e 3 repetições, totalizando 15 parcelas medindo cada uma  $302,4 \text{ m}^2$  ( $9 \text{ m} \times 33,6 \text{ m}$ ). Em cada parcela experimental havia um dreno subterrâneo na sua parte central e um poço de observação instalado a 2 m ao lado de cada dreno subterrâneo e a 15 do coletor. Os poços de observação foram constituídos de tubos de PVC com diâmetro nominal de 50 mm, PN 80, com 1,5 m de comprimento, instalados a 1,2m de profundidade, 7 dias após a semeadura (DAE). Foram semeadas longitudinalmente na área, no dia 05/11/04, 48 fileiras de milho híbrido simples 30P70, de ciclo precoce da Pioneer, espaçadas de 0,7 m, e com 170 m de comprimento, para uma população de plantas almeçadas de 60 mil por hectare, ocupando uma área de  $5.712 \text{ m}^2$  ( $170 \times 33,6 \text{ m}$ ). A colheita foi realizada manualmente aos 132 DAE. A área útil constou de 20 amostragens de 3 m de comprimento, totalizando uma área de  $42 \text{ m}^2$ , coletadas aleatoriamente ao longo da área plantada de cada tratamento. Os dados climáticos relativos à precipitação pluviométrica foram obtidos da Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, localizada à aproximadamente a 500 metros da área experimental, até o 16° DAE. Nesta data, instalou-se um pluviômetro dentro da área experimental, com a finalidade de melhor avaliar esse parâmetro. Com os dados de profundidade do lençol freático permitiram quantificar, para cada unidade experimental, o índice de estresse  $SEW_{30}$ , utilizando-se a seguinte equação:  $SEW_{30} = \sum_{i=1}^n (30 - y(i))$  em que  $y(i)$  é a profundidade do LF abaixo da superfície do solo no dia “i” (cm) e “n” é o número de dias na estação de crescimento (SKAGGS et al., 1981). As produtividades absolutas do milho foram convertidas para produtividade relativas, considerando-se a razão entre a produtividade medida para cada parcela e a produtividade potencial, sendo esta considerada como a produtividade mais alta. Na análise da dinâmica do lençol freático em relação ao rendimento da cultura, foi realizada análise de ajuste de equações relacionando a produtividade relativa com a profundidade média do lençol freático e a produtividade relativa com o índice  $SEW_{30}$ .

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As precipitações pluviométricas da semeadura a colheita foram bem distribuídas, de um modo geral, atendendo à necessidade hídrica da cultura do milho, especialmente no estágio de floração e enchimento dos grãos. Nos meses de novembro a março choveu 562 mm, sendo que 99,3% deste total ocorreu no período da semeadura à colheita do milho, ocorrendo maior intensidade mês de janeiro. As precipitações pluviométricas constituem-se os principais fatores a serem considerados nas avaliações de flutuações do LF, descargas dos drenos e lixiviação de íons (WALKER et al., 2000; BAKSH et al., 2001; NANGIA et al., 2005). A necessidade hídrica do milho, segundo Doorenbos et al. (1994), para se obter produção máxima está entre 500 a 800 mm de água, dependendo do clima. Lawlor et al. (2005) encontrou forte correlação entre doses de N, precipitação pluviométrica e produtividade de milho sob sistema de drenagem subterrânea. Os valores da profundidade média do lençol freático ocorrido no período da emergência à colheita do milho e a produtividade relativa (%) para a cultura do milho com diferentes índices SEW<sub>30</sub> são apresentadas na Figura 1. As profundidades do lençol freático variaram inversamente aos valores das precipitações pluviométricas, ou seja, nos períodos de maior concentração de chuvas, o lençol freático ficava mais próximo da superfície do solo, ocupando uma área porosa do solo maior e reduzindo a aeração do solo. Esse processo foi controlado por causa da existência da drenagem subterrânea e superficial que controlavam a altura do LF, não permitindo a existência de longos períodos de solos inundados e/ou encharcados o que poderia prejudicar a disponibilidade de oxigênio no solo e impedir o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular do milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Duarte et al. (2005) utilizando o modelo SISDRENA após sua calibração com os dados locais, sendo o de maior relevância a lâmina de “seepage” que é um fenômeno que ocorre na área experimental de várzea da ESALQ/USP, em função da encosta adjacente e ausência de drenos de cintura. Verifica-se também pela Figura 1 que a produtividade relativa em função do índice de estresse SEW<sub>30</sub> apresentou um modelo de regressão linear crescente. Após ter sido submetido ao teste F foi significativo ao nível de 1%, rejeitando-se assim a hipótese de nulidade e aceitando-se como comprovado que havia diferenças reais, não casuais, entre as médias dos tratamentos; portanto essa equação de regressão explica de forma significativa a variável dependente ‘produtividade relativa’, ao nível de 1% de probabilidade. O coeficiente de regressão (R<sup>2</sup>) de 89,9% indica que a variação da variável ‘produtividade relativa’ é explicada pelo modelo de regressão. Percebe-se que o rendimento da cultura não foi comprometido pelo excesso de umidade do solo no período da emergência das plântulas à colheita. Isto ocorreu, provavelmente, em função dos baixos valores do índice de estresse SEW<sub>30</sub> que variaram de 64 a 178 cm dia, indicando que esse índice favoreceu o aumento da produtividade de grãos de milho. Costa (1994) encontrou resultado semelhante utilizando o cultivar de milho Piranão VD2, de porte baixo. Skaggs et al. (1981) cita que a produtividade relativa começa a cair gradativamente para valores maiores que 100 ou 200 cm dia para plantas susceptíveis ou tolerantes respectivamente, à umidade excessiva do solo durante o ciclo da cultura. Observando-se os dois últimos e maiores pontos, do gráfico, percebe-se que o penúltimo ponto foi superior ao último, onde observa-se que há uma tendência de encontrar um ponto de máximo e o início da redução da produtividade do milho, caso o teor de umidade do solo fosse um pouco superior. Kanwar et al. (1988) avaliaram o excesso de umidade do solo na cultura do milho por três anos, utilizando as relações entre a produtividade relativa e o índice de estresse SEW<sub>30</sub> e concluíram que o modelo linear foi o que melhor se ajustou nesse período. Hardjoamidjojo et al. (1982) também encontraram modelo linear como o melhor modelo para o ajuste da produtividade relativa em função do estresse diário. O resultado da análise de regressão de fato sugere que a produtividade do milho pode aumentar com os valores de SEW<sub>30</sub>, dentro dos limites estudados.

**CONCLUSÕES:** De acordo com os resultados obtidos, nas condições do experimento, pode-se concluir que: (1) O índice de estresse ‘soma do excesso de água’ (SEW<sub>30</sub>) em solos de várzea sob sistema de drenagem subterrânea respondeu de forma linear crescente às produtividades relativas dos grãos de milho a 13% de umidade; (2) as elevações do lençol freático em função das precipitações pluviométricas ao longo do ciclo da cultura do milho contribuíram para o aumento da produtividade da cultura do milho.

## REFERENCIAS

- BAKHSH, A.; KANWAR, S.R.; JAYNES, B.B.; COLVIN, T.S.; AHUJA, L.R. Simulating effects of variable nitrogen application rates on corn yields and NO<sub>3</sub>-N losses in subsurface drain water. **Transactions of the ASAE**. v.44, n.2, p.269-276, 2001.
- COSTA, R.N.T. **Espaçamento econômico de drenos laterais e a dinâmica do lençol freático sobre o rendimento da cultura de milho (*Zea mays*, L.)**. Piracicaba, 1994. 88p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H.; **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de GHEYI, H.R.; SOUSA, A.A.; DAMASCENO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F. Campina Grande: UFPB, 1994. p. 154-159. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DUARTE, S.N.; VELOSO, M.E.C.; MIRANDA, J.H., BÉRGAMO, L.R. Calibração e validação de modelo de simulação de desempenho de sistemas de drenagem. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15. 2005. Teresina: CONIRD 2005: **Anais...** Teresina: ABID, 2005, 1 CD-ROM.
- FEDDES, R.A. Effects of drainage on crops and farm management. *Agricultural Water Management*, v.14, n.1, p.3-18, 1988.
- HARDJOAMIDJOJO, S.; SKAGGS, R.W.; SCHWA, B.O. Corn yield response to excessive soil water conditions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 25(4): 922-927, 34, 1982.
- LAMSTER, E.C. Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas – Provárzeas. **Inf. Agropec.**, v.6, n.65,p.3-8, 1980.
- LAWLOR, P.A.; HELMERS, M.J.; BAKER, J.L.; MELVIN, S.W.; LEMKE, D.W. Nitrogen application rate effects on corn yield and nitrate-nitrogen concentration and loss in subsurface drainage. In: **ASAE annual international meeting**, 2005. Florida. 17-20 July 2005. Paper number 052025. CD
- MIRANDA, J.H. **Modelo para simulação da dinâmica da água em sistemas de drenagem subterrânea e cálculo do espaçamento econômico entre drenos**. Piracicaba, 1997, Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- NANGIA, V.; GOWDA, P.H.; MULLA, D.J.; SANDS, G.R. Modeling nitrate-nitrogen losses in response to tile drain depth and spacing in a cold climate. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING 2005. Tampa, FL. **meeting TAMPA: ASAE**, 2005. 1CD ROOM.
- SKAGGS, R.W., **DRAINMOD – Reference report: methods for design and evaluation of drainage-water management systems for soils with high water tables**. Raleigh: USDA-SCS, 1981. 329 p.
- WALKER, S.E.; MITCHELL, J.K.; HIRSCHI, M.C.; JOHNSEN, K.E. Sensitivity analysis of the root zone water quality model. **Transactions of the ASAE**. V.43, n.4, p.841-846, 2000.

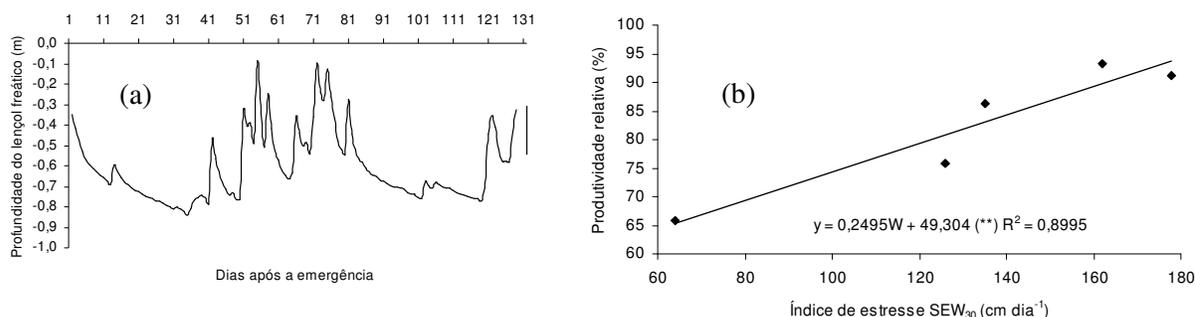


Figura 1 - Valores da profundidade média do lençol freático ocorrido no período da emergência à colheita do milho (a) e produtividade relativa (%) para a cultura do milho com diferentes índices SEW<sub>30</sub> (b).