

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

O. Garcia, Giovanni de; Ferreira, Paulo A.; Figueiredo, Walfredo S. C.; Santos, Delfran B. dos
Fator de susceptibilidade e produtividade da ervilha para diferentes alturas de lençol freático

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 2, abril-junio, 2010, pp. 265-271

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119016982018>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160
v.5, n.2, p.265-271, abr.-jun., 2010

Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI 10.5039/agraria.v5i2a457

Protocolo 457 - 19/09/2008 - Aprovado em 07/04/2010

Giovanni de O. Garcia¹

Paulo A. Ferreira^{2,5}

Walfredo S. C. Figueiredo³

Delfran B. dos Santos⁴

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, s/n, Centro, CEP 29500-000, Alegre-ES, Brasil. Fone: (28) 35528926. E-mail: giovanni@cca.ufes.br

² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. Fone: (31) 38991911. Fax: (31) 38992735. E-mail: pafonso@ufv.br.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Campus Januária, Fazenda São Geraldo, s/n, km 6, CEP 39480-000, Januária-MG, Brasil. Fone: (38) 3621-1100. Fax: (38) 3621-1081. E-mail: wsergio@uai.com.br.

⁴ Instituto Federal Baiano, Campus Senhor do Bonfim, km 04 da Estrada da Igara, s/n, Zona Rural, CEP 48970-000, Senhor do Bonfim-BA, Brasil. Caixa-Postal: 55. Fone: (74) 3541-3676. E-mail: delfran.batista@gmail.com.

⁵ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Fator de susceptibilidade e produtividade da ervilha para diferentes alturas de lençol freático

RESUMO

Nesse trabalho, objetivou-se determinar o fator de susceptibilidade e os efeitos do índice diário de estresse e da inundação temporária sobre a produção da ervilha (*Pisum sativum* L.), cultivada em lisímetros de drenagem. Foram estudados os efeitos de cinco tratamentos, consistindo dos valores do excesso de água acima da profundidade de 30 cm: T₁: = 0 cm d⁻¹ (testemunha); T₂: = 96 cm d⁻¹; T₃: = 144 cm d⁻¹; T₄: = 192 cm d⁻¹; e T₅: = 240 cm d⁻¹. No tratamento testemunha o lençol freático permaneceu a 50 cm de profundidade durante o ciclo fenológico da cultura. Para os outros tratamentos, foram realizadas seis elevações do lençol freático de 10 em 10 dias, com duração de dois dias cada uma. Na determinação do coeficiente de susceptibilidade, a cultura foi submetida a encharcamento do solo com dois dias de duração até 5 cm de profundidade, em cada estágio de desenvolvimento. A cultura da ervilha mostrou-se mais sensível ao estresse imposto no primeiro estágio de crescimento e menos sensível no quarto estágio. Os tratamentos envolvendo elevações freáticas e o índice diário de estresse apresentaram uma correlação linear negativa diminuindo os valores da altura de planta, peso médio de vagens por planta, peso total de vagens por planta, número médio de vagens por planta e o número total de vagens por planta.

Palavras-chave: encharcamento do solo, lisímetro de drenagem, *Pisum sativum* L.

Susceptibility factor and productivity of peas in different water table heights

ABSTRACT

This paper aimed at determining the susceptibility factor and the effects of daily stress index and temporary flooding on the production of peas (*Pisum sativum* L.), cultivated in lysimeters drainage. We studied the effects of five treatments consisted of five values of SEW30: Q1: = 0 cm d⁻¹ (witness), T2: = 96 cm d⁻¹; T3: = 144 cm d⁻¹; T4: = 192 cm d⁻¹, and T5: = 240 cm d⁻¹. In dealing witness the water table remained at 50 cm in depth during the Phenologic cycle of the culture. For other treatments, there were six elevations of the water table of 10 in 10 days, lasting for two days each. In determining the coefficient of susceptibility, the culture was subjected to waterlogging with two days' duration at 5 cm in depth, at each stage of development. The crop of peas was more sensitive to the stress imposed on the first stage of growth and less sensitive on the fourth stage. Treatments involving water table elevations and daily stress index showed a negative linear correlation reducing the values of the plant height, average weight of pods per plant, total weight of pods per plant, average number of pods per plant and the total number of pods per plant.

Key words: soil waterlogging, drainage lysimeter, *Pisum sativum* L.

INTRODUÇÃO

Grande parte das culturas cultivadas comercialmente não está adaptada a variações extremas de umidade, provocadas por frequentes inundações temporárias ou contínuas, ocasionadas principalmente por precipitações excessivas e pela deficiente drenagem natural. Nestas condições, o excesso de umidade interfere na aeração do solo, diminuindo a disponibilidade de oxigênio para a planta (Sá et al., 2004).

A redução de O_2 no solo causa distúrbios funcionais em toda a planta afetando, principalmente, a absorção de água e de nutrientes pelas raízes (Glinski & Stepniewski, 1986). A deficiência de O_2 nos solos inundados, especialmente nos solos ácidos, pode ocasionar toxidez às plantas, principalmente pelo excesso de Fe e Mn e pelo acúmulo de substâncias fitotóxicas como dióxido de carbono e etileno (Silva, 1986; Rodrigues et al., 1993). Em estudo realizado com milho, Cruciani (1985) constatou que após 2 horas de inundação, a concentração de CO_2 se elevou de 1 para 35,5% e em 216 horas a concentração de CO_2 no solo aumentou para 64%.

O conhecimento das respostas das culturas às elevações do lençol freático é muito importante. Um parâmetro relevante ao otimizar um sistema de irrigação de drenagem é o índice diário de estresse (IDS), possibilitando a avaliação do estresse imposto à cultura durante seu período de crescimento, sendo aplicado para caracterizar as necessidades de irrigação, em áreas com problemas de déficit hídrico, bem como a necessidade de drenagem em solos com excesso de água (Ferreira, 2001).

O efeito da variação do nível freático na produção de algumas culturas tem sido estudado desde a década de 60 (Bouwer, 1974). Nesse contexto, Sieben (1964) introduziu o conceito do SEW30, correspondente ao somatório do excesso de água acima da profundidade de 30 cm, em estudos de efeito da flutuação do lençol freático sobre a produtividade de algumas culturas. Os conceitos do SEW30 e do IDS têm sido, desde então, utilizados para relacionar a produção das culturas à ocorrência de lençol freático.

A queda de flores e legumes, como resultado da saturação hídrica do solo, é devida à reduzida difusão de oxigênio (Luxmoore et al., 1973). A redução da PTV pode atingir valores de 31%, quando a saturação ocorre no período vegetativo, e de 53%, no florescimento (Barni, 1973), revelando-se como o componente do rendimento que mais decresce com a saturação hídrica do solo (Barni, 1978). Para Griffin & Saxton (1988), a PTV não varia com o tempo de duração da saturação.

Segundo Belford et al. (1980) os efeitos da inundação são mais drásticos em plantas velhas do que em plantas novas devido ao comprimento do sistema radicular. No entanto, Sá et al. (2004) verificaram que os danos nas raízes em plantas de ervilhas decorrentes da inundação do solo foram maiores no estágio vegetativo da cultura.

Objetivou-se com este estudo determinar o fator de susceptibilidade e os efeitos do índice diário de estresse e de inundações temporárias sobre a produção de ervilha (*Pisum sativum* L.), cultivada em lisímetros de drenagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em lisímetros de drenagem construídos de caixa de cimento amianto com 1,10 m de largura, 1,60 m de comprimento, construídos no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, com coordenadas geográficas de 20° 45' de latitude Sul, 42° 45' de longitude Oeste e altitude de 651 m. Cada lisímetro foi preenchido com uma camada de 0,60 m de um material de solo, coletado no perfil natural de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa, sendo a caracterização química e física (Tabela 1) realizada nos laboratórios de Análises de Física do Solo e de Água e Solo dos Departamentos de Solo e de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, conforme rotina (Embrapa, 1997).

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros de drenagem

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil used in the completion of drainage lysimeters

Característica	Valor
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	15,0
Areia fina (dag kg ⁻¹)	8,0
Silte (dag kg ⁻¹)	6,0
Argila (dag kg ⁻¹)	71,0
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,20
Densidade de partículas (kg dm ⁻³)	2,63
Porosidade total (dm ³ dm ⁻³)	0,54
pH em água	4,6
P (mg dm ⁻³)	1,4
K ⁺ (mg dm ⁻³)	22,0
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,2
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,1
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	1,8
H + Al (cmolc dm ⁻³)	6,3

Ao material de solo de cada lisímetro foram misturados 3 kg de calcário, seguindo a recomendação da Comissão de Fertilizantes do Solo de Minas Gerais (1999), além do calcário, as seguintes quantidades de fertilizantes foram adicionadas em cada lisímetro: sulfato de amônio, 0,5 kg; superfosfato simples, 4,0 kg; cloreto de potássio, 0,4 kg; sulfato de magnésio, 0,2 kg; ácido bórico, 15 mg; sulfato de zinco, 15 mg; e molibdato de sódio, 1,5 mg.

Os dados médios de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar e a precipitação acumulada foram coletados numa estação meteorológica localizada próxima à área experimental e seus valores foram, respectivamente, 25,2; 11,4°C; 89,8% e 29,8 mm. As lâminas de irrigação equivalentes à evapotranspiração real da cultura (ET_r) foram calculadas em função da evapotranspiração de referência (ET₀) e corrigida para os valores de K_c da cultura conforme estabelecido por Bernardo et al. (2005). A evapotranspiração de referência (ET₀) da cultura foi corrigida pontualmente em cada lisímetro por meio de um balanço de água no solo empregando-se a equação:

$$ET_0 = I + P - D \quad (1)$$

em que: ET_0 – Evapotranspiração de referencia (mm); I – lâmina de irrigação no lisímetro (mm), P – precipitação pluviométrica no lisímetro (mm) e D – lâmina de percolação profunda (mm).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e três repetições, perfazendo um total de 15 unidades experimentais. Os cinco tratamentos foram constituídos de quatro elevações do lençol freático até as profundidades de 22, 18, 14 e 10 cm em relação à superfície do solo, correspondentes aos valores de SEW_{30} de 96, 144, 192 e 240 cm dia^{-1} e um sem elevação (testemunha) correspondente aos valores do excesso de água acima da profundidade de 30 cm (SEW_{30}) de 0 cm dia^{-1} . As elevações do lençol freático ocorreram durante todo o ciclo fenológico da cultura, em intervalos de 10 em 10 dias e tiveram duração de dois dias cada uma.

Os lisímetros foram interligados a um sistema de drenagem de fundo de caixa conectado a uma estação de coleta do efluente equipada com dispositivo que permitiu manter o nível do lençol freático nas profundidades preestabelecidas. Os lisímetros foram equipados com poços de observação, construídos com tubos de PVC de 70 cm de comprimento e 20 mm de diâmetro. As determinações do nível freático foram feitas, medindo-se o nível de água dentro dos poços de observação com o auxílio de uma sonda elétrica.

Para determinação do IDS, utilizou-se a equação descrita por Ferreira (2001):

$$IDS = \sum_{i=1}^n (SD_i \times CS_i) \quad (2)$$

em que n - número de estádios de crescimento considerado; SD_i = fator de estresse diário, cm dia; e CS_i - coeficiente de susceptibilidade da cultura no estágio i . O coeficiente de

$$CS_i = \frac{Y_0 - Y_i}{Y_0} \quad (3)$$

susceptibilidade foi calculado pela expressão descrita por Ferreira (2001):

em que Y_0 - produção da cultura sem estresse; e Y_i = produção da cultura sob condições de estresse no estágio i .

$$SD_i = SEW_{30} = \sum_{j=1}^N (30 - X_j) \quad (4)$$

O SD_i é expresso pela soma do excesso de água acima da profundidade de 30 cm, SEW_{30} , foi calculado pela expressão descrita por Ferreira (2001):

em que X_j - altura média do lençol freático acima de 30 cm durante o dia j , cm; e N - número de dias que o lençol freático permaneceu acima de 30 cm durante o ciclo da cultura.

Adicionalmente aos 15 lisímetros contendo os tratamentos, foram utilizados quatro lisímetros para determinação do coeficiente de susceptibilidade da cultura em quatro estádios de crescimento da planta, ou seja, estágio vegetativo (1°); florescimento (2°); formação das vagens (3°) e maturação (4°). Em cada estágio atingido, durante dois dias, a cultura foi submetida ao encharcamento da zona radicular, em cada um dos lisímetros, quando o lençol freático era mantido a 5 cm de profundidade.

Utilizou-se a cultivar de ervilha Torta de Flor Roxa sendo plantio feito manualmente, colocando-se três sementes por cova na profundidade de 3 cm. Não foi realizado nenhum desbaste, ou seja, foram deixadas três plantas por lisímetros. Aos 20 dias após o plantio, iniciaram-se os tratamentos, pois, nessa ocasião, a maioria das plantas já possuía 4 a 6 folhas definitivas.

Os efeitos da elevação do lençol freático sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura da ervilha foram avaliados por meio da altura média das plantas, obtida medindo-se

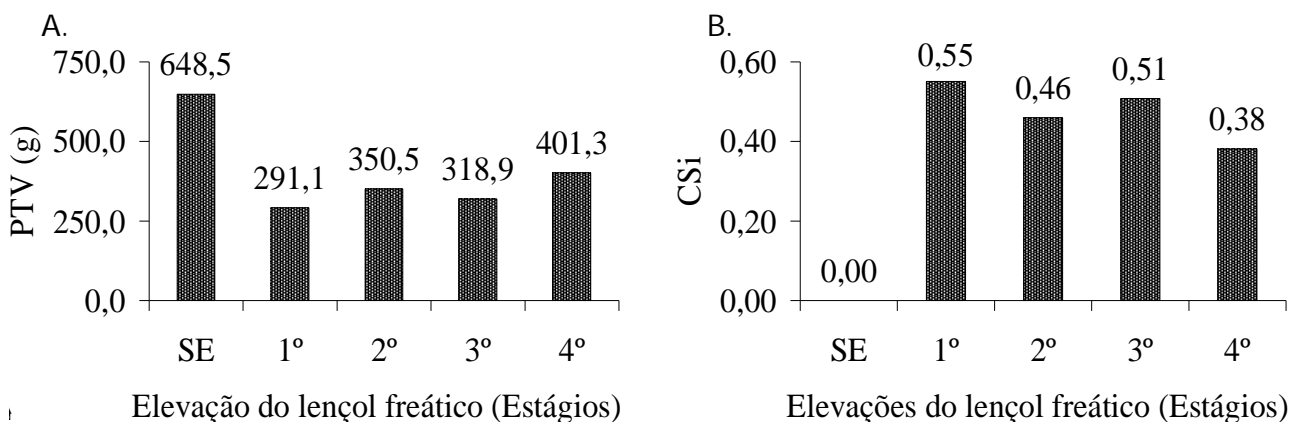


Figura 1. Peso total de vagens por planta (A) e coeficiente de susceptibilidade da cultura ao encharcamento (B) em função das elevações do lençol freático nos quatro estágios de desenvolvimento das plantas de ervilha cultivadas nos lisímetros de drenagem

Figure 1. Total pod weight per plant (A) and susceptibility coefficient of the culture to waterlogging (B) in function of water table elevations in the four stages of development of the pea plants cultivated in the lisimeters drainage

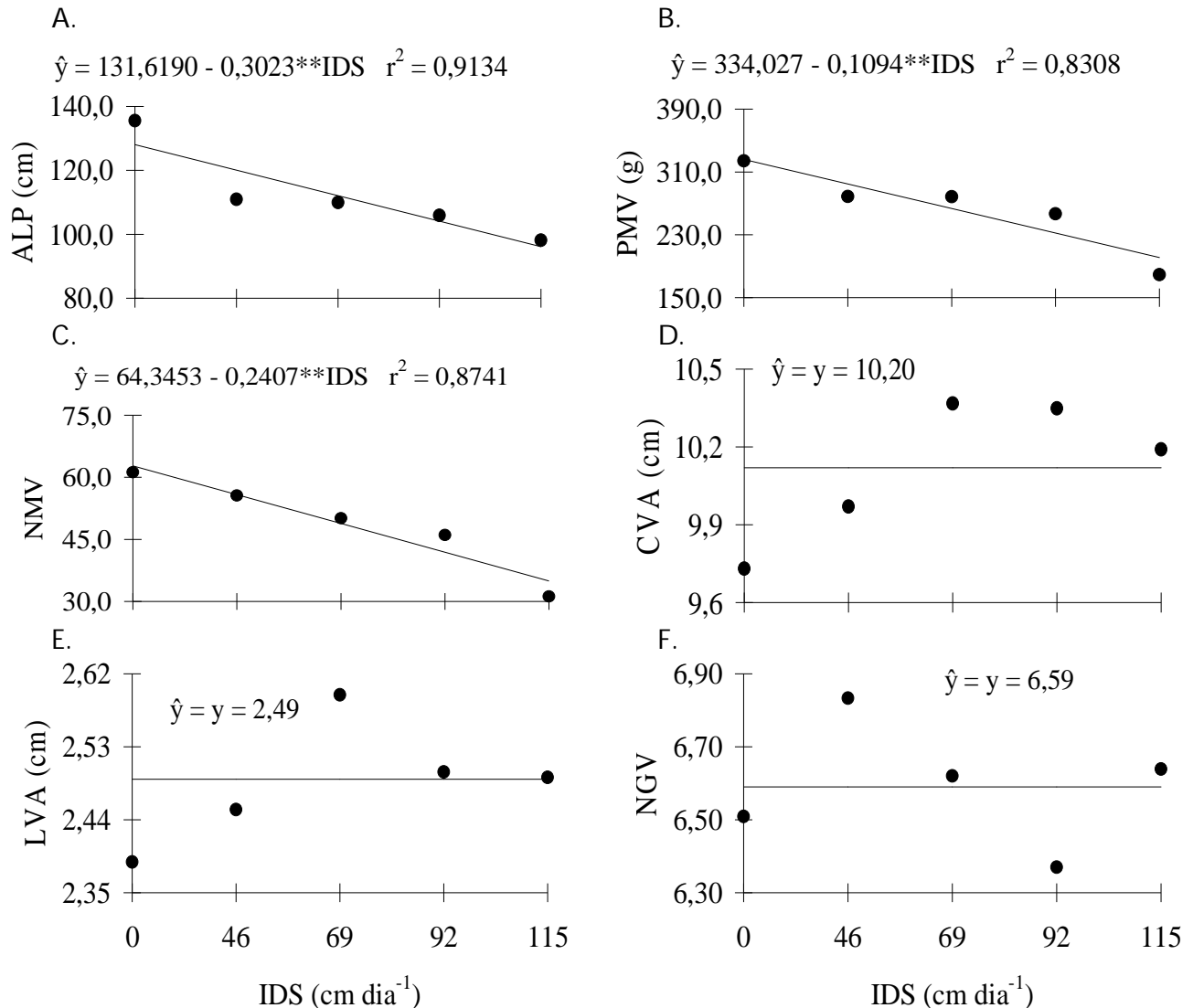


Figura 2. Curvas de resposta das variáveis: altura de planta, ALP, (A), peso médio de vagens por planta, PMV, (B), número médio de vagens por planta, NMV, (C), comprimento médio de vagens, CVA, (D), largura média de vagens, LVA, (E) e número médio de grãos por vagens, NGV, (F) em função do IDS nas plantas de ervilha cultivadas nos lisímetros de drenagem; ** – significativo a 1% de probabilidade

Figure 2. Response curves of the variables: plant height ALP, (A), medium weight of pod per plant, PMV, (B), average number of pod per plant, NMV, (C), pod medium length, CVA, (D), pod medium width, LVA, (E) and average number of grains per pod, NGV, (F) in function of IDS in pea plants cultivated in drainage lisimeters; ** - significant to 1% of probability

do colo à extremidade da haste principal, quando 50% das plantas apresentavam-se na fase de florescimento; comprimento e largura das vagens, obtidos com auxílio de uma régua; peso médio de vagens por planta, obtida por meio da pesagem das vagens em uma balança de precisão; número médio de vagens por planta, obtido por meio da contagem do número de vagens produzidas e número médio de grãos por vagens, obtido por meio da contagem de grãos produzidos.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se do teste “t” e adotando-se α de até 5%, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno em estudo. Os efeitos da elevação do lençol freático ocorridos nos quatro estádios de de-

seenvolvimento da cultura foram avaliados por meio de uma estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coefficiente de susceptibilidade da cultura ao encharcamento (CSI)

Os efeitos da elevação do lençol freático, ocorridos nos quatro estádios de desenvolvimento da cultura, sobre peso total de vagens por planta e o coeficiente de susceptibilidade da cultura ao encharcamento (CSI) estão apresentados na Figura 1 (A e B).

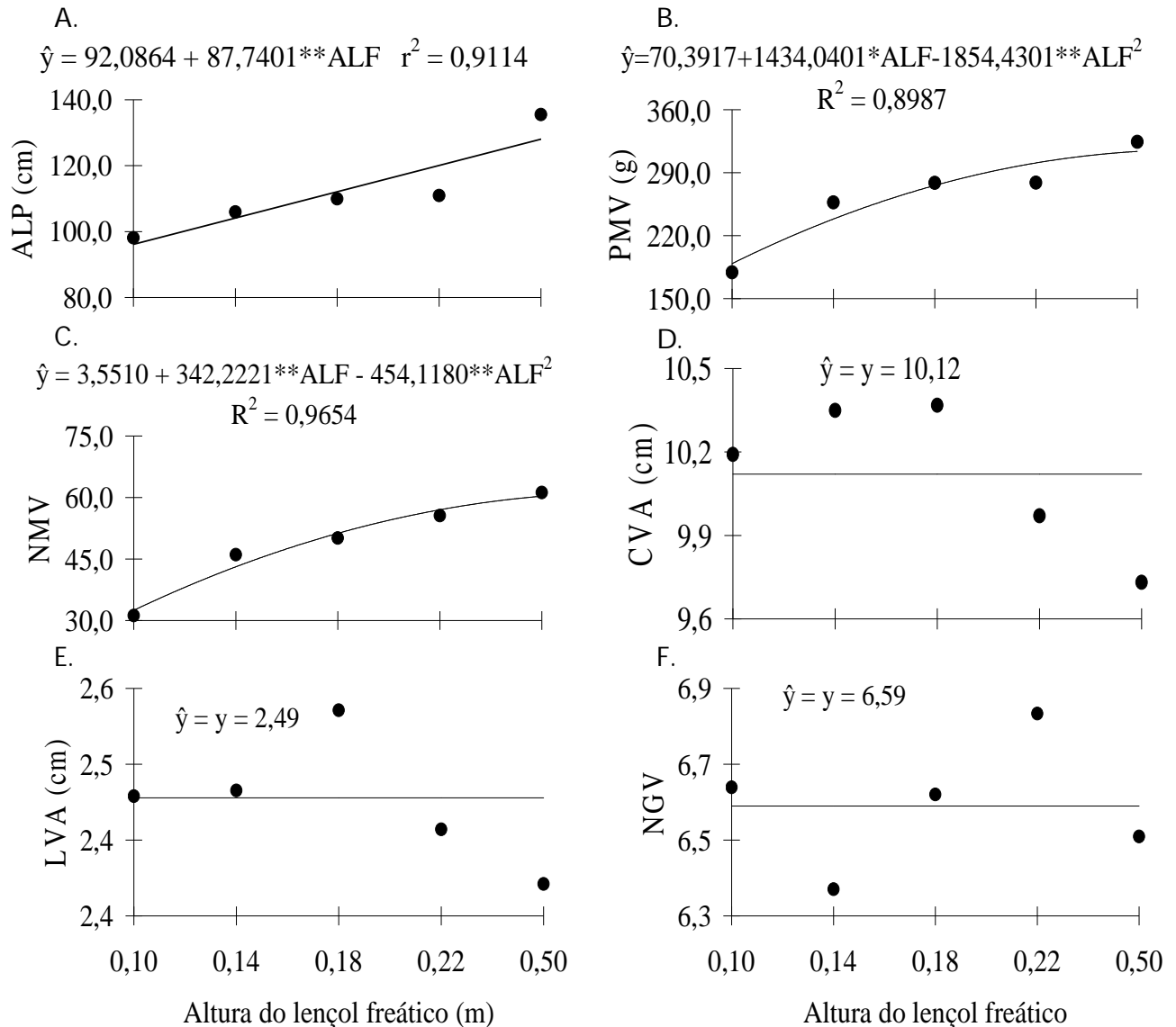


Figura 3. Curvas de resposta das variáveis: altura de planta (A), peso médio de vagens por planta (B), número médio de vagens por planta (C), comprimento médio de vagens (D), largura média de vagens (E) e número médio de grãos por vagens (F) em função da altura do lençol freático (ALF) nas plantas de ervilha cultivadas em lisímetros de drenagem; * e ** – significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

Figure 3. Response curves of the variables: plant height (A), weigh medium weight of pod per plant (B), average number of pod per plant (C), pod medium length (D), pod medium width (E) and average number of grains per pod (F) in function of the height of the water table (AFL) in pea plants cultivated in drainage lisimeters; * and ** - significant to 5 and 1% of probability, respectively

Observando os valores do peso total de vagens (PTV) apresentada na Figura 1A, nota-se que a elevação do lençol freático acarretou maior redução no peso das vagens quando ocorrida no estágio vegetativo, seguido dos estágios de florescimento e maturação.

Esses resultados podem ser atribuídos ao excesso de água durante o período reprodutivo, que proporcionou acentuada queda de flores e de legumes, fato que confirma resultados anteriormente obtidos por Schöffel et al. (2001).

Os valores de CSI (Figura 1B) demonstram que a cultivar de ervilha Torta de Flor Roxa foi mais sensível ao estresse imposto no estágio vegetativo, seguido da formação de va-

gens, sendo a maturação, o estágio menos sensível ao estresse por excesso de água no solo.

Efeito do índice diário de estresse (IDS) e da elevação do lençol freático sobre as características analisadas

Os valores do IDS calculados em função dos coeficientes de susceptibilidade (CSI) encontrados e dos valores de SEW_{30} determinados para cada estágio de crescimento, foram 0, 46, 69, 92 e 115 $cm\ dia^{-1}$, para valores de SEW_{30} de 0, 96, 144, 192 e 240 $cm\ dia^{-1}$, respectivamente.

Os efeitos do índice diário de estresse (IDS) sobre as características avaliadas estão apresentados na Figura 2

(A a H). Os resultados apresentados mostram que com o aumento dos valores do IDS diminuíram linearmente a altura de planta, o peso médio de vagens por planta e o número médio de vagens por planta, não influenciando o comprimento, a largura média de vagens e o número médio de grãos por vagens.

O IDS de 115 cm d⁻¹ resultou no menor valor de produção de vagens (Figura 2C), ou seja, 321,319 g lisímetro⁻¹. Esta produção é 53,31% menor do que a alcançada pela testemunha, 688,054 g lisímetro⁻¹, com IDS igual a 0 cm dia. Resultados semelhantes foram obtidos por Sá et al. (2004) ao verificarem significativa redução na produtividade da cultura da ervilha com o rebaixamento do nível freático de 60 para 10 cm d⁻¹. Segundo os autores a redução da produtividade pode estar relacionada com a alteração da área fotossinteticamente ativa das plantas, ocasionada por amarelecimento e senescência das folhas.

Os demais resultados apresentados na Figura 2 demonstram que o modelo linear foi o que apresentou melhor ajuste, em concordância com dados obtidos em trabalhos realizados com outras culturas, como soja (Scott et al., 1989), milho (Mukhtar et al., 1990), cenoura (Vildoso, 1995), ervilha (Sá et al., 2004) e alface (Mingoti et al, 2006). A diminuição gradativa das demais características apresentadas na Figura 3 em função de incrementos do IDS pode, também, ter sido causada pela menor aeração do solo, nos tratamentos que foram submetidos a elevações do nível freático próximo da superfície do solo. Conforme Cannell et al. (1979), a ervilha é sensível ao excesso de água no solo e qualquer prática de campo que proporcione a elevação do nível freático no solo pode aumentar o risco de redução no crescimento e rendimento das plantas.

Os efeitos da elevação do lençol freático sobre altura de planta (ALP), peso médio (PMV) de vagens por planta, número médio (NMV) de vagens por planta, comprimento médio de vagens (CVA), largura média de vagens (LMV) e número médio de grãos por vagens (NGV) estão apresentados na Figura 3 (A a H). Os resultados apresentados mostram que a elevação do lençol freático aumentou a ALP, PMV, PTV, NMV, e NTV, por outro lado, a CVA, LVA, e NGV não foram influenciados.

A altura do lençol freático a 0,386 cm a partir da superfície do solo resultou na maior valor de produção de vagens (Figura 3C). Resultados semelhantes foram obtidos por Belford et al. (1980) estudando os efeitos do excesso de água no solo sobre a cultura da ervilha e Sá et al. (2005) com soja.

A maior produção de vagens ocorrida para o tratamento que não sofreu elevação do nível freático (testemunha), comparativamente às produções dos outros tratamentos, pode ser atribuída à melhor aeração do solo durante o ciclo da cultura. Além disto, o lençol freático mantido a 0,386 m de profundidade evitou déficit de água no solo em níveis prejudiciais à produção.

CONCLUSÕES

A cultivar de ervilha Torta de Flor Roxa é mais sensível ao estresse imposto no estágio vegetativo e menos sensível no estágio de maturação;

A altura do lençol freático a 0,386 cm a partir da superfície do solo resulta na maior valor de produção de vagens;

A altura de planta, peso médio de vagens por planta, número médio de vagens por planta reduzem linearmente com o aumento do índice diário de estresse (IDS).

LITERATURA CITADA

- Bernardo, S. Manual de irrigação. 7ª. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.
- Barni, N.A. Efeitos de períodos de inundação sobre o rendimento de grãos e características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1973. 153 p. Dissertação Mestrado.
- Barni, N.A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à inundação do solo durante o período reprodutivo. *Agronomia Sulriograndense*, v.14, n.2, p.215-225, 1978.
- Belford, R.K., Cannell, R.Q., Thomson, R.J., Dennis, C.W. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 31, n. 9, p. 62-65, 1980.
- Bouwer, H. Developing drainage design. In: Van Schilfgaarde, J. (Ed.). *Drainage for agriculture*. New York: American Society of Agronomy, 1974. p. 67-79. (Agronomy, 17).
- Cannell, R.Q., Gales, K., Snaydon, R.W., Suhail, B.A. Effects of short-term waterlogging on the growth and the yield of peas (*Pisum sativum*). *Annals of Applied Biology*, v. 93, n. 3, p. 327-335, 1979.
- Comissão de Fertilizantes do Solo de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5.ª aproximação. Viçosa: UFV, 1999. 369 p.
- Cruciani, D.E. Caracterização agrônômica do coeficiente de drenagem para a elaboração de projetos com cultura de milho (*Zea mays* L.). *Revista Item*, n.22, p.28-31, 1985.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p
- Ferreira, P. A. Drenagem em terras agrícolas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 415 p.
- Glinski, J., Stepniewski, W. Soil aeration and its role for plants. Florida: CRC Press Inc, 1986. 228 p.
- Griffin, J.L., Saxton, A.M. Response of solid-seeded soybean. *Agronomy Journal*, v.80, n.6, p.885-888, 1988.
- Luxmoore, R.J., Sojka, R.E., Stolzy, L.H. Flooding and temperature affects on wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, v.65, n.3, p.361-364, 1973.
- Mingoti, R.; Flecha P.A.N.; Duarte, S.N.; Cruciani, D.E. Efeito de velocidades de rebaixamento do nível freático em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura da alface. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 1, p.10-16, 2006.

- Mukhtar, S.; Baker, J. L.; Kanwar, R. S. Corn growth as affected by excess soil water. Transactions of the ASAE, v.33, n.2, p.437-442, 1990.
- Rodrigues, T.J.D.; Rodrigues, L.R.A.; Reis, R.A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: Simpósio Sobre Ecossistema de Pastagens, Jaboticabal, 1993. Anais. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.17-61.
- Sá, J.S., Cruciani, D.E., Duarte, S.N, Pereira, J.R.B. Sensibilidade de plantas de soja ao rebaixamento do nível freático. Revista irriga, v.10, n.2, p.135-145, 2005.
- Sá, J.S., Cruciani, D.E., Minami, K. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. Horticultura Brasileira, v.22, n.1, p.50- 54, 2004.
- Scott, H. D.; De Angulo, J.; Daniels, M. B.; Wood, L. S. Flood duration effects on soybean growth and yield. Agronomy Journal, v.81, n.2, p. 631-636, 1989.
- Schoffel, E.R.; Saccol, A.V.; Manfron, P.A.; Medeiros, S.L.P. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. Ciencia Rural , v. 31, n. 1, p.7-12, 2001.
- Sieben, W.H., Relationship between drainage conditions and crop yield for young light clay soils in the Nordost polder. Amsterdam: Skaggs, 1964. 233 p.
- Silva, A.R. Tolerância das plantas ao encharcamento. In: Simpósio Sobre Alternativas ao Sistema Tradicional de Utilização das Várzeas do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986. Anais... Brasília: Provárzeas; Profir, 1986. p.166-181.
- Vildoso, T.A. Relação entre a produção relativa e o índice diário de stress para a cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 43 p. Dissertação Mestrado.