

## **EFEITOS DA IRRIGAÇÃO E DA COBERTURA DO SOLO POR POLIETILENO PRETO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO PIMENTÃO.**

**Antonio Evaldo Klar**

*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. CP 237, CEP 18603-970. E-mail: klar@fca.unesp.br*  
*Pesquisador Científico do CNPq.*

**Sidnei Osmar Jadoski**

*Centro de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP. CEP 19001-970. E-mail: jadoski@agro.unoeste.br*

### **1 RESUMO**

Os experimentos foram desenvolvidos no ano agrícola 1999-2000, em casa de vegetação, no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, campus de Botucatu, SP. O objetivo foi estudar o efeito de diferentes manejos da água de irrigação e de cobertura de polietileno na superfície do solo sobre o comportamento de características morfológicas das plantas de pimentão. O pimentão híbrido Elisa foi cultivado por um período de 230 dias após o transplante das mudas (DAT). O trabalho foi composto por dois experimentos: I) manejos da irrigação nas tensões de água no solo de 50 kPa e 1500 kPa, com e sem a presença de cobertura de polietileno preto sobre a superfície do solo, para o período de 29 a 168 DAT. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis repetições, e II) aplicação de deficiência hídrica severa no solo, através da suspensão das irrigações e retirada da cobertura de polietileno do solo, no período de 169 a 230 DAT. Verificou-se que a ocorrência de deficiência hídrica severa ocasiona elevada senescência e abscisão de folhas nas plantas; o manejo da irrigação afeta as características morfológicas das plantas, entretanto, quando submetidas a ciclos consecutivos de secamento do solo, estas plantas desenvolvem características de 'endurecimento' aos efeitos da deficiência hídrica. A presença de cobertura polietileno na superfície do solo está associada com alterações nas relações hídricas e na morfologia das plantas.

**UNITERMOS:** Morfologia de plantas, manejo da irrigação, cobertura do solo.

**KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O. EFFECTS OF IRRIGATION AND BLACK POLYETHYLENE MULCH ON MORPHOLOGIC CHARACTERISTICS OF SWEET PEPPER PLANTS**

### **2 ABSTRACT**

This study was developed over the 1999-2000 agricultural year at the Rural Engineering Department of Agronomic Science College – UNESP, Botucatu, SP. The objective was to evaluate the influence of different irrigation water management and black polyethylene mulch on morphologic characteristics of sweet pepper plants. The Elisa hybrid was developed over a 230 day-period

following seedling transplant (DAT). The work was divided into two experiments: i) application of the irrigation water management at 50 kPa and 1500 kPa with and without black polyethylene mulch on the soil, from 29 to 168 DAT. The randomized experimental design was used with six replications, and ii) severe water deficit on the soil through irrigation suspension and mulch removal (169 to 230 DAT). It was verified that severe drought stress caused significant leaf senescence and abscission. Irrigation management affected plant morphologic traits, however, when submitted to repeated soil water deficiency cycles, the plants developed 'hardening' to water stress. Presence of mulch on soil surface was associated to water relationship and pepper morphology characteristics.

**KEYWORDS:** Plant morphology, water management, mulch, sweet pepper.

### 3 INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é um dos principais fatores causadores de estresse nas culturas e responsável por alterações nas características de crescimento e produção das plantas. Cordeiro & Sá (2001) referem-se ao estresse em plantas como uma situação fisiológica induzida quando ocorre intensa ou constante variação do meio ambiente, alterando o padrão fisiológico e adaptativo normal da planta. Durante períodos de deficiência hídrica muitas mudanças ocorrem na planta. Estas mudanças dependem da severidade e da duração do estresse, do genótipo, do estágio de desenvolvimento e da natureza do estresse. A maioria destas modificações visa manter o desenvolvimento e a reprodução da planta em ambiente com limitações na disponibilidade de água (KRAMER & BOYER, 1995).

Um dos primeiros efeitos da deficiência hídrica se reflete sobre o crescimento das plantas. Conforme MacCree & Fernandez (1989), nestas condições as plantas tendem a desenvolver adaptações morfo-fisiológicas visando reduzir o consumo de água. Dentre as principais adaptações estão as reduções no desenvolvimento do dossel vegetativo, aceleração da senescência das folhas, controle do mecanismo estomático e alterações no desenvolvimento radicular.

A tolerância às condições de deficiência hídrica pelas plantas geralmente se inicia com modificações nas taxas de expansão foliar, que se constitui em uma simples medida para reduzir o consumo de água, sendo dependente

da severidade e da duração de tais condições (BOYER, 1995). Dentre outros autores, Rosenthal et al. (1987) acrescentam também a sensibilidade da cultura, e Shultz & Matthews (1993), as características e expansão do sistema radicular.

Quanto aos efeitos da disponibilidade de água sobre o desenvolvimento do dossel vegetativo das plantas, Taiz & Zeiger (1998) enfatizam que a limitação na expansão da área foliar pode ser considerada como uma das primeiras reações das plantas em relação à deficiência hídrica, a qual, de acordo com Hsiao (1973), atua diretamente reduzindo o crescimento das plantas pela diminuição da turgescência celular. Para Krudev (1994) este efeito é mais expressivo na fase inicial da expansão celular.

Referindo-se aos efeitos da deficiência hídrica sobre a expansão celular, Neumann (1995) enfatiza que a redução da extensibilidade com o enrijecimento da parede de células de folhas em desenvolvimento, pode representar o mecanismo de ajuste primário ao déficit hídrico. Para Jensen (1981), a mudança na plasticidade das células pode estar relacionada ao "endurecimento" da planta que se torna menos sensível ao déficit hídrico.

Diversos trabalhos demonstram a sensibilidade das plantas de pimentão quanto ao fator hídrico, sendo que tanto às reduções na disponibilidade de água no solo, quanto o excesso prejudicam o desenvolvimento normal da cultura. Segundo Caixeta (1984) a quantidade de água a ser colocada à disposição da cultura do pimentão é fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas

exercendo efeito direto sobre o comportamento da cultura. As necessidades variam entre diferentes locais, de acordo com os fatores climáticos e edáficos. Para Casali (1984), a disponibilidade hídrica para a cultura do pimentão constitui fator de extrema importância, sendo limitante ao cultivo; influencia nas características morfológicas da planta, reduzindo o número de flores e frutos, além do tamanho dos frutos e acúmulo de matéria seca na planta.

A eficiência do uso do polietileno preto para redução das perdas de água do solo é bastante conhecida (STRECK et al., 1996). No caso específico do pimentão algumas pesquisas enfatizam resultados enfocando o comportamento produtivo da cultura com relação ao uso de cobertura no solo e outras referem-se à disponibilidade hídrica (TEODORO et al., 1993; CARVALHO et al., 2001), contudo, poucos estudos avaliaram os efeitos do uso de cobertura do solo e manejo da irrigação sobre a morfologia das plantas.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar o efeito de diferentes manejos da água de irrigação e de cobertura de polietileno na superfície do solo sobre o comportamento de características morfológicas das plantas de pimentão.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural na Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu - SP, durante o período de novembro de 1999 a agosto de 2000. As coordenadas geográficas do local são: 22°51'03" de latitude Sul e 48°25'37" de longitude Oeste, com altitude de 786 m.

O solo do local é classificado como Terra Roxa Estruturada, intergreide para Latossolo Vermelho Escuro, textura média argilosa (CARVALHO et al., 1983), correspondente a Nitossolo Vermelho transição para latossolo, textura média/argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA

AGROPECUÁRIA, 1999). Os resultados da análise das características físicas do solo demonstraram a ocorrência de valores médios para massa específica, macroporosidade e microporosidade do solo, para a camada de zero a 40 cm de profundidade, de 1,49 g.cm<sup>-3</sup>, 17,2% e 26,9 %, respectivamente.

Os estudos foram conduzidos com pimentão (*Capsicum annuum* L.) híbrido Elisa (Rogers), que apresenta como características o fruto de película vermelha e formato retangular (TIVELLI, 1998). Utilizou-se uma estufa do tipo túnel alto orientada no sentido norte – sul, com dimensões de 27,5m de comprimento por 8,0m de largura, pé direito com altura de 2 m e 4 m de altura no centro.

As mudas foram produzidas em casa de vegetação do viveiro de produção de mudas do setor de Engenharia Florestal FCA/UNESP/Botucatu. A semeadura foi realizada no dia 03/11/1999, utilizando-se bandejas de isopor com 128 células. O período entre a semeadura e o transplante foi de 55 dias, sendo que 10 dias antes do transplante as mudas foram transportadas para a área experimental, visando a adaptação destas às condições do local.

Para o transplante foram demarcados e construídos cinco canteiros separados lateralmente em 0,50m, com 1,0m de largura, 26m de comprimento e, aproximadamente, 0,10m de altura, alinhados longitudinalmente na estufa. Os canteiros localizados em cada uma das laterais, o canteiro central e 1m em cada uma das extremidades de todos os canteiros foram utilizados como bordadura.

Sobre estes canteiros foram demarcadas 24 parcelas com dimensões de 2,0 m de comprimento por 1,0 m de largura. O transplante foi realizado no dia 29/11/1999. Sobre cada parcela foram transplantadas duas linhas de plantas, espaçadas em 0,60m, com 0,50m entre plantas na linha, a distância lateral entre as linhas de plantas de parcelas distintas foi de 0,90m. Com estes espaçamentos o stand final foi estabelecido em 26.660 plantas ha<sup>-1</sup>. Foram cultivadas oito plantas em cada parcela.

As plantas foram cultivadas no sistema de condução “livre”, isto é, sem o emprego de podas. Realizou-se somente a retirada das folhas até a primeira bifurcação e a eliminação

dos brotos “ladrões”, além da retirada da primeira flor emitida pela planta, conforme preconiza Tivelli (1998). O cultivo foi realizado em “V,” sendo tutoradas todas as linhas de plantas, inclusive as bordaduras.

Como cobertura do solo “mulching”, utilizou-se um filme de polietileno preto de 30  $\mu$ m de espessura, que foi instalado em todas as parcelas, inclusive nas bordaduras, visando homogeneizar as condições experimentais durante a fase de estabelecimento da cultura, sendo posteriormente retirada conforme o tratamento utilizado.

Após o transplante das mudas o pimentão foi cultivado à campo por um período de 230 dias. A fase inicial de desenvolvimento da cultura no campo estendeu-se até o dia 25/01/2000. Nesta fase a umidade do solo foi mantida próximo às condições de capacidade de campo em todas as parcelas.

A coleta de dados envolveu a condução de dois experimentos, onde a cultura foi submetida a diferentes manejos da irrigação e deficiência hídrica severa.

O Experimento I estendeu-se durante o período compreendido entre 29 e 168 dias após o transplante das mudas (DAT), entre as datas de 26/01/2000 e 13/06/2000.

Este experimento foi organizado e conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando-se quatro tratamentos, correspondentes a dois manejos da irrigação (50 e 1500 kPa), e dois sistemas de manejo da superfície do solo, pelo emprego ou não de cobertura de polietileno preto. Desta forma, os tratamentos podem ser descritos como: T1 – irrigado a 50 kPa e com cobertura sobre a superfície do solo; T2 – irrigado a 50kPa e sem cobertura sobre a superfície do solo; T3 – irrigado a 1500 kPa e com de cobertura sobre a superfície do solo; T4 – irrigado a 1500 kPa e sem cobertura sobre a superfície do solo. Foram utilizadas seis repetições de cada tratamento, perfazendo um total de 24 unidades experimentais.

Para o manejo da irrigação, utilizou-se como limite superior o conteúdo de água retido pelo solo nas condições de capacidade de campo a 10 kPa (24,3%). Como limite inferior, o valor de conteúdo de água retido pelo solo nos potenciais de 50 kPa e 1500 kPa, de acordo

com o nível de manejo da irrigação considerado para os respectivos tratamentos, conforme a equação da curva característica de retenção de água no solo. Os referidos potenciais correspondem a umidades gravimétricas de aproximadamente 22% e 15%, respectivamente. Estes tratamentos foram estabelecidos visando alcançar um possível pré-condicionamento das plantas à condições de deficiência hídrica.

O Experimento II teve início no dia 14/06/2000 e estendeu-se até o dia 14/08/2000. Durante este período o manejo foi similar em todas as parcelas, sendo as irrigações suspensas e eliminada a cobertura de polietileno da superfície do solo. Com este manejo as plantas foram submetidas a condições de progressivo aumento da deficiência hídrica.

A irrigação foi aplicada via gotejamento. Em cada parcela foi instalado um registro de esfera com fechamento rápido, possibilitando o manejo independente da irrigação. Foram utilizados tubogotejadores ‘Chappin’ de longo percurso em labirinto com 200 micra de espessura de parede, espaçamento entre saídas de gotas de 0,20 m e vazão de 3,5 L  $h^{-1}$  m linear<sup>-1</sup>, à 7 m.c.a. A aplicação de água ocorreu através da instalação de duas linhas de tubogotejadores em cada parcela, posicionados próximos às linhas de plantas. Com este procedimento estabeleceu-se uma vazão média de 7,0 mm  $h^{-1}$  para o sistema.

O monitoramento do teor de umidade do solo foi realizado com utilização de uma sonda de nêutrons CPN modelo 503 DR Hidroprobe (50mCi Am-241/Be). As leituras foram realizadas diariamente, através de tubos de acesso instalados até um metro de profundidade à aproximadamente 15 cm de uma das linhas de gotejamento, na parte central da parcela. Foram compostas por três repetições por tratamento nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade no solo, com tempo de contagem de 16 segundos e três repetições em cada profundidade, conforme Jadoski & Andrade (1999).

Para o cálculo do volume de água a ser aplicado por irrigação, considerou-se como alcance efetivo do sistema radicular a profundidade de 20 cm durante a fase de estabelecimento da cultura (até 28 DAT) e 40

cm para as demais fases de desenvolvimento da cultura.

Como adubação de base, aplicou-se 60 g.planta<sup>-1</sup> de termofosfato Yoorin B Zn (17,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,15% B, 0,4% Zn). A adubação de manutenção foi realizada via fertirrigação. No florescimento e início de formação dos primeiros frutos, foram aplicados 0,136 g. de nitrato de potássio, 0,2 g. de nitrato de cálcio e 0,136 g. de fosfato monoamônio (MAP) por planta e por dia. A partir da formação dos primeiros frutos, a dosagem foi elevada para 0,2 g de nitrato de potássio, 0,3 g de nitrato de cálcio e 0,25 g de MAP, considerando-se que a planta sustenta flores e frutos em diferentes estágios de formação, esta dosagem foi mantida até o final do período de aplicação das irrigações no experimento. Efetuou-se uma aplicação de B e Zn via foliar aos 150 DAT, através de solução contendo 0,5% de sulfato de zinco e 0,1% de Bórax.

Durante a condução do experimento foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar dentro da estufa. Para isso, um termohigrógrafo (Dickson mod. THDx) foi instalado a 1,5 m de altura dentro de um abrigo meteorológico, localizado no centro da estufa. Os dados climáticos gerais, externos à estufa, foram fornecidos pela estação meteorológica do Setor de Ciências Ambientais FCA/UNESP/Botucatu, localizada a aproximadamente 600 m da área experimental.

A avaliação do desenvolvimento vegetativo das plantas foi realizada através de determinações da altura de plantas e índice de área foliar. Estas características foram avaliadas quinzenalmente durante o período de desenvolvimento dos Experimentos I e II, em uma planta previamente identificada para este fim em cada uma das unidades experimentais.

A altura das plantas foi medida com fita métrica, sendo considerada a distância vertical compreendida entre o colón da planta ao nível da superfície do solo e a ramificação mais elevada no ápice da planta.

O índice de área foliar foi determinado pela razão entre a área fotossinteticamente ativa das folhas na planta e a área da superfície de solo ocupada pela planta. Nas determinações de campo foram tomadas somente as medidas de comprimento de todas as folhas da planta,

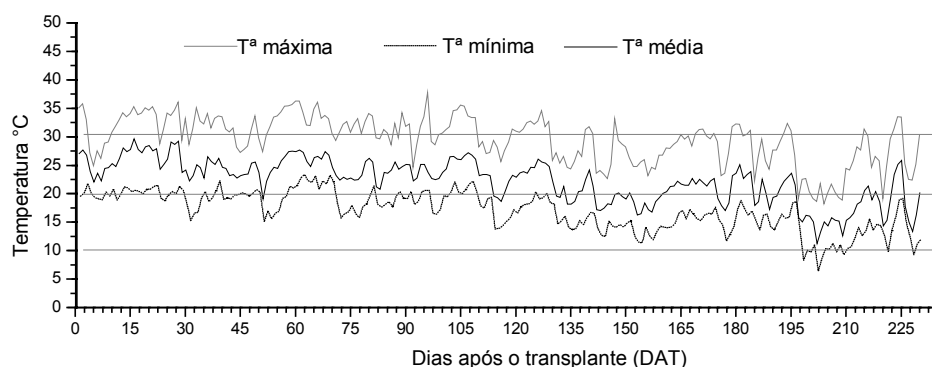
exceto das senescentes. A área foliar foi determinada a partir da equação de regressão linear  $Y = 3,0926X + 24,605$  ( $r^2 = 0,98$ ), ajustada através da correlação entre o comprimento e a área total da folha (variável dependente). Os dados para o ajuste desta equação foram obtidos de trinta folhas de diferentes tamanhos, tomadas ao acaso em diversas posições nas plantas.

No final do Experimento II determinou-se o número de hastes e de internódios das plantas, através de contagem. Para isso as plantas foram cortadas ao nível do solo. Posteriormente, estas plantas foram utilizadas para a determinação da matéria seca estrutural da parte aérea, onde foram retiradas as folhas ainda remanescentes, sendo o caule e hastes postos para secar em estufa à 60°C, até massa constante. A matéria seca das folhas não foi incluída para esta avaliação, devido ao elevado índice de abscisão foliar apresentado pelas plantas naquele momento.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias em nível de significância de 5%, utilizando-se o programa Statistical Analysis System – SAS<sup>TM</sup>, versão 6.06. Para o estudo de alguns fatores foi realizado o desdobramento dos tratamentos em contrastes ortogonais com estimativa do teste de hipótese para os efeitos definidos nos contrastes.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações da temperatura ocorridas durante a condução dos experimentos são apresentadas na Figura 1. Verifica-se que houve redução da temperatura durante o período, sendo que as máximas acima de 35 °C ocorreram com frequência até aproximadamente aos 100 DAT, coincidindo com o final do verão. Durante o período posterior, até a colheita das plantas aos 230 DAT, as temperaturas máximas no interior da estufa situaram-se próximas ou inferiores a 30°C e as mínimas não inferiores a 10°C, mostrando-se adequadas à cultura do pimentão, conforme preconizam Pádua et al. (1984).



**Figura 1.** Valores máximos, mínimos e médios da temperatura no interior da estufa durante o período de 29/12/1999 a 14/08/2000.

No Quadro 1 apresenta-se um resumo dos resultados referentes ao manejo da irrigação no experimento. Com relação aos diferentes manejos da irrigação verifica-se que a demanda

hídrica apresentada pelos tratamentos irrigados a 1500kPa, foi em média 48% inferior em relação aos tratamentos irrigados a 50kPa.

**Quadro 1.** Turno médio de irrigação, quantidade de irrigações realizadas e lâmina de água aplicada para os tratamentos durante o desenvolvimento do Experimento I.

Tratamento	Descrição	Quantidade	Irrigações	
			Turno médio (dias)	Lâmina aplicada Total (mm)
1	Irigado a 50 kPa com cobertura no solo	23	03	322,6
2	Irigado a 50 kPa sem cobertura no solo	43	06	627,8
3	Irigado a 1500 kPa com cobertura no solo	04	43	194,6
4	Irigado a 1500 kPa sem cobertura no solo	05	29	272,6

Foram observadas diferenças estatísticas para o índice de área foliar (IAF) das plantas dos diferentes tratamentos (Quadro 2). Durante o Experimento I (29 a 168 DAT) as maiores médias para esta característica foram verificadas nas plantas dos Tratamentos 1 e 2, que, no entanto, não diferiram significativamente das observadas nas plantas do Tratamento 3. Neste período as plantas do Tratamento 4 foram as que apresentaram os menores valores de IAF, todavia, similares estatisticamente ao Tratamento 3.

O estabelecimento do IAF máximo ocorreu já no período inerente ao Experimento II, aproximadamente aos 170 DAT para as

plantas dos Tratamentos 1 e 2 e próximo aos 180 DAT nas plantas do Tratamento 3 (Figura 2). Pela proximidade entre estas datas e a aplicação da última irrigação aos 168 DAT, é pouco provável que as plantas destes tratamentos tenham estabelecido o IAF máximo com limitações em função do déficit hídrico do solo.

Para as plantas do Tratamento 4, o IAF máximo foi verificado somente aos 198 DAT. Contudo, é importante salientar que devido a curva de expansão foliar destas plantas estar em ascensão (Figura 2), restam dúvidas para se determinar com clareza se este dado representa o crescimento máximo potencial das plantas, ou

se foi ocasionado pela redução da disponibilidade de água no solo, ou por ambos, o que parece aceitável para as circunstâncias.

Com relação ao desenvolvimento do dossel vegetativo durante este período, observa-se que os tratamentos afetaram o desenvolvimento da cultura que se mostrou sensível às variações na disponibilidade de água no solo. Contudo, tanto as curvas da expansão do IAF como os resultados estatísticos indicam que as condições oferecidas pelo Tratamento 4 foram as que ocasionaram as maiores restrições ao desenvolvimento das plantas. No caso do Tratamento 3, o desenvolvimento vegetativo similar ao das plantas dos tratamentos irrigados a 50 kPa demonstra os efeitos da utilização da cobertura de polietileno sobre o solo para melhor aproveitamento da água pelas plantas. Neste sentido, os resultados do manejo da irrigação apresentados no Quadro 1,

demonstram que o turno de irrigação foi em média 15 dias mais curto para o Tratamento 4 em comparação ao verificado para o Tratamento 3. Sendo que, provavelmente, a intensidade de redução da disponibilidade de água tenha afetado de forma mais severa as plantas do Tratamento 4, que tiveram seu desenvolvimento reduzido em relação ao apresentado pelas plantas dos tratamentos irrigados a 50 kPa. Com os efeitos da cobertura diminuindo a evaporação direta da água do solo, as plantas do Tratamento 3 tiveram melhores condições para o aproveitamento da água disponível, que ao ser reduzida de forma mais gradual durante os ciclos de umedecimento e secagem do solo, possivelmente tenha ocasionado menores níveis de estresse nas plantas, que conseguiram se desenvolver melhor.

**Quadro 2.** Valores médios e análise de variância para o índice de área foliar (IAF) apresentado pelas plantas dos diferentes tratamentos nos Experimentos (I) Manejo da irrigação e cobertura do solo e (II) Condições crescentes de deficiência hídrica.

Colheita			Médias dos tratamentos							
DAT	CV%	DMS	1		2		3		4	
Experimento I										
29	21,06	0,015	0,0442	a	0,0418	a	0,0511	a	0,0401	a
44	21,50	0,050	0,1590	a	0,1315	a	0,1450	a	0,1290	a
58	20,87	0,064	0,2192	a	0,1682	a	0,1792	a	0,1702	a
72	20,10	0,075	0,2558	a	0,2292	a	0,2238	a	0,1880	a
86	19,30	0,092	0,3092	a	0,2810	ab	0,2642	ab	0,2166	b
100	22,24	0,113	0,3461	a	0,3316	a	0,3033	a	0,2455	a
114	19,18	0,111	0,3953	a	0,3741	ab	0,3408	ab	0,2798	b
128	18,60	0,122	0,4445	a	0,4311	ab	0,3830	ab	0,3128	b
142	19,92	0,123	0,5035	a	0,4816	a	0,4171	ab	0,3491	b
156	14,23	0,114	0,5340	a	0,5455	a	0,4605	ab	0,3911	b
Experimento II										
170	12,46	0,105	0,5398	a	0,5640	a	0,4926	ab	0,4280	b
184	10,33	0,088	0,5285	ab	0,5673	a	0,5135	ab	0,4455	b
198	9,32	0,076	0,5000	a	0,5171	a	0,4846	a	0,4565	a
212	11,15	0,080	0,4403	a	0,4680	a	0,4280	a	0,4430	a
221	13,78	0,074	0,2936	b	0,3711	a	0,3678	a	0,3883	a
241	12,95	0,090	0,1538	b	0,2533	a	0,2725	a	0,2588	a

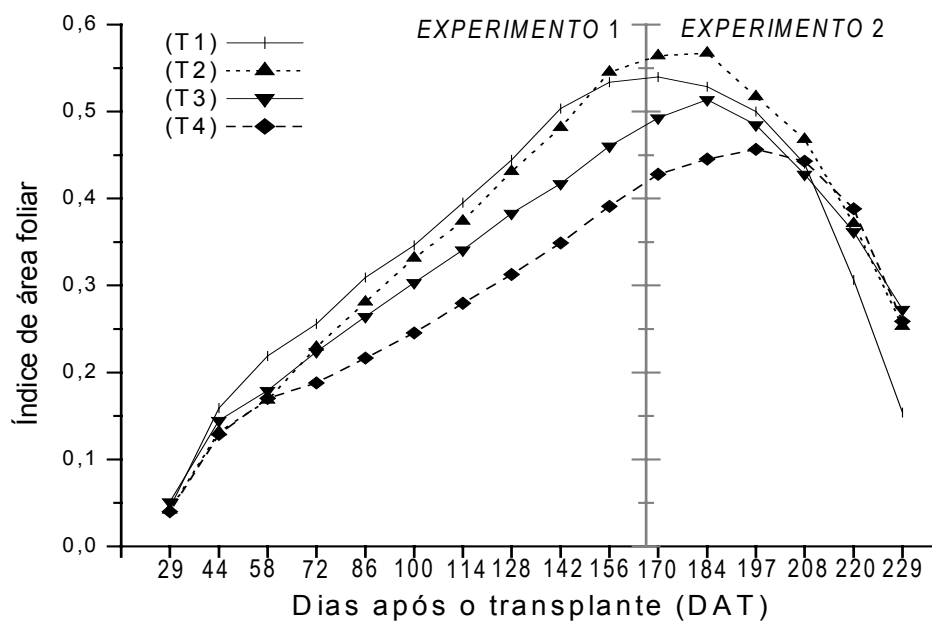
Graus de liberdade: tratamento = 3; erro = 20; total = 23

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando a fragilidade das plantas no início do ciclo de desenvolvimento, principalmente no que se refere ao sistema radicular superficial, é importante se fazer uma inferência sobre o valor médio relativamente elevado da densidade global do solo da área experimental ( $1,49\text{g.cm}^{-3}$ ) o qual, conforme Klein & Libardi (2000), pode impor restrições dificultando a expansão radicular das plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento. Desta forma, é possível que, principalmente no primeiro ciclo de irrigação, com o rápido secamento do solo as plantas do Tratamento 4 tiveram dificuldades para extrair água em maior profundidade no solo, sendo que no caso do Tratamento 3, as condições foram mais favoráveis, devido ao maior tempo para o desenvolvimento radicular até que fossem

atingidos os níveis mínimos de umidade no solo.

Quando a ocorrência de déficit hídrico é rápida, a planta precisa adaptar seus mecanismos morfo-fisiológicos à nova situação, sendo as modificações no dossel vegetativo uma das primeiras alterações verificadas (KLAR et al., 1985). Os resultados observados estão de acordo com Bray (1997) e Boyer (1995), que consideram a redução da expansão foliar como um dos primeiros sintomas do déficit, sendo que a amplitude destas reduções depende da intensidade da deficiência de água experimentada pelas plantas. Pimentel e Perez (2000) verificaram alta correlação entre as alterações do IAF e a ocorrência de deficiência hídrica em plantas de feijão.



**Figura 2.** Comportamento do índice de área foliar apresentado por plantas de pimentão cultivadas em diferentes tratamentos de irrigação e cobertura do solo.

Nas condições do experimento, as alterações na expansão foliar do pimentão podem ser, em parte, explicadas conforme relatos de diferentes pesquisadores. Em condições de déficit hídrico, os níveis de auxina são reduzidos em função do aumento da concentração de etileno (XING & RAJASHEKAR, 1999), sendo o potencial de

parede e o alongamento celular afetados (LARCHER, 1995). Newman (1995) acrescenta reduções na extensibilidade e aumento no enrijecimento da parede celular, reduzindo o crescimento da folha de plantas afetadas por condições de deficiência hídrica o que, segundo Begg & Turner (1976), em tais condições ocorre mais em função de reduções no tamanho



das células do que no número de células formadas. Para Jensen (1981), estes fatores podem reduzir a sensibilidade das plantas aos efeitos da deficiência hídrica.

Durante o Experimento II, grandes alterações ocorreram no dossel vegetativo das plantas em decorrência da severidade da deficiência hídrica imposta às plantas. Cinco dias após a suspensão das irrigações (173 DAT), as plantas dos Tratamentos 1 e 2 passaram a ser submetidas a condições de umidade no solo inferiores a 22% (50 kPa), limite inferior utilizado para manejo da irrigação no Experimento I. No caso dos Tratamentos 3 e 4 este limite é alcançado aos 212 DAT quando a umidade do solo reduz-se a níveis inferiores a 15% ou 1500 kPa.

Através dos resultados verifica-se que as condições de deficiência hídrica afetaram com severidade o metabolismo das plantas, ocasionando senescência e elevada abscisão de folhas e reduzindo drasticamente o IAF (Figura 2). Nas plantas dos Tratamentos 1 e 2 os sintomas da deficiência hídrica são desencadeados mais rapidamente, sendo que as plantas do Tratamento 1 apresentam as mais elevadas taxas de redução do IAF, atingindo menores valores observados dentre os diferentes tratamentos nas últimas avaliações (Quadro 2).

A ocorrência mais tardia das alterações no IAF das plantas do Tratamento 4, sob condições mais severas de deficiência hídrica no solo, deve estar relacionada com maior resistência destas plantas às condições adversas ocasionadas pelo déficit hídrico, sendo que inferências no sentido oposto podem ser feitas com relação às plantas do Tratamento 1, que foram rapidamente afetadas pelo aumento da deficiência hídrica.

Neste sentido pode-se salientar que as situações de rápidas e intensas reduções da disponibilidade de água no solo, a que as plantas do Tratamento 4 foram submetidas durante o Experimento I, devem ter induzido alterações nos padrões fisiológicos normais destas plantas, que passaram a apresentar características de adaptação a tais condições. A menor expansão do dossel vegetativo em relação às plantas dos demais tratamentos pode ser considerada como importante indicativo de

uma adaptação da morfologia destas plantas, para prevenir as perdas de água para o ambiente.

Por outro lado, as alterações mais intensas no dossel vegetativo das plantas do Tratamento 1 indicam que o emprego da cobertura tornou as plantas mais suscetíveis aos efeitos do déficit hídrico em relação às plantas do Tratamento 2. Embora o manejo da irrigação tenha evitado que as plantas de ambos os tratamentos fossem submetidas à deficiência hídrica, no caso do Tratamento 2 a intensidade da evapotranspiração foi maior, devido às maiores perdas por evaporação, o que deve ter contribuído para a menor fragilidade das plantas, que experimentaram um maior número de ciclos de irrigação.

Outro fator que deve ter influenciado de forma decisiva para estes resultados está relacionado ao desenvolvimento do sistema radicular. Tsekleev et al. (1993) e Streck et al. (1996) relatam que a associação de elevados teores de umidade com o emprego de cobertura tornando as temperaturas mais elevadas próximo à superfície do solo, ocasiona condições altamente restritivas ao aprofundamento do sistema radicular das plantas.

O processo de abscisão é bastante discutido na literatura. Uma das alternativas para evidenciar as relações entre causa e efeito para os resultados verificados, pode ser atribuído à possibilidade de o aumento da deficiência hídrica poder ter ocasionado alterações metabólicas na planta que, conforme Taiz & Zeiger (1998), favorecem alterações na camada de abscisão da base foliar, reduzindo a exportação de auxina para o pecíolo e promovendo acumulação de ácido abscísico (ABA) na região, facilitando a queda. Além disso, o aumento do nível de etileno que tem ação na regulação da auxina e na síntese e ativação de enzimas de degradação celular (CASTILLO, 1986; GASPAR, 1985), está envolvido na abscisão prematura de folhas (LARCHER, 1995) e é rapidamente acelerado em plantas sobre estresse por deficiência hídrica (XING & RAJASHEKAR, 1999). Observando resultados similares, Batal & Smittle (1981) ressaltam que a abscisão foliar caracteriza as

plantas de pimentão como sensíveis com relação a deficiência hídrica.

A avaliação do número médio de hastes e de internódios nas plantas não demonstrou diferenças significativas entre os tratamentos. Os valores observados foram de aproximadamente 98 internódios distribuídos em 13,0 hastes por planta (Quadro 3).

Como as plantas foram cultivadas no sistema de condução livre (sem a limitação do número de hastes através de podas), verifica-se que a quantidade de hastes produzidas pelas

plantas foi mais elevada do que a normalmente utilizada no cultivo conduzido por podas, que é de aproximadamente 4,0 a 6,0 (TIVELLI, 1998). Por outro lado, para o caso deste trabalho, a poda poderia influenciar nas avaliações, mascarando as respostas das plantas frente aos tratamentos. Além disto, de acordo com Locascio & Stall (1994), em muitos países a cultura do pimentão é tradicionalmente cultivada sem a prática da poda, havendo nos últimos anos uma grande tendência de adoção do sistema de condução livre.

**Quadro 3.** Valores médios do número médio de internódios e de hastes nas plantas de pimentão submetidas a diferentes manejos da irrigação e cobertura do solo.

CV%	DMS	Médias dos tratamentos							
		1		2		3		4	
Variável: número médio de internódios									
19,04	23,42	100,31	a	104,72	a	97,19	a	92,08	a
Variável: número médio de hastes por planta									
23,68	5,18	14,24	a	13,05	a	13,13	a	12,19	a
Graus de liberdade: tratamento = 3: erro = 20: total = 23									

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.*

Os resultados da avaliação da altura das plantas no experimento são apresentados na Figura 3, onde se pode observar que o estabelecimento dos máximos valores para este parâmetro ocorreu aproximadamente aos 150 DAT. As plantas dos Tratamentos 3 e 4 foram as que apresentaram as menores taxas de crescimento alcançando alturas máximas de 103cm e 87cm, respectivamente. O maior crescimento em altura foi apresentado pelas plantas dos Tratamentos 1 e 2, que alcançaram os respectivos valores de 115cm e 105cm. A altura das plantas do Tratamento 4 foi significativamente inferior ao Tratamento 1 desde os 58 DAT e a partir dos 128 DAT também em relação às plantas do Tratamento 2 (Quadro 4).

O comportamento da altura de plantas foi aproximadamente similar ao verificado para o IAF, indicando que a deficiência hídrica, que afetou as plantas do Tratamento 4 no início do ciclo, ocasionou também restrições em seu

crescimento vertical. Evidencia-se novamente o efeito da cobertura de polietileno, que no caso do Tratamento 3, possibilitou um crescimento das plantas estatisticamente similar ao verificado nos tratamentos irrigados a 50 kPa, o que não ocorreu com as plantas do Tratamento 4. De acordo com Larcher (1995) a deficiência hídrica altera o balanço dos reguladores vegetais e a turgescência celular, a parede celular depende destes fatores para distender, com isso o crescimento da planta afetada por deficiência hídrica é prejudicado.

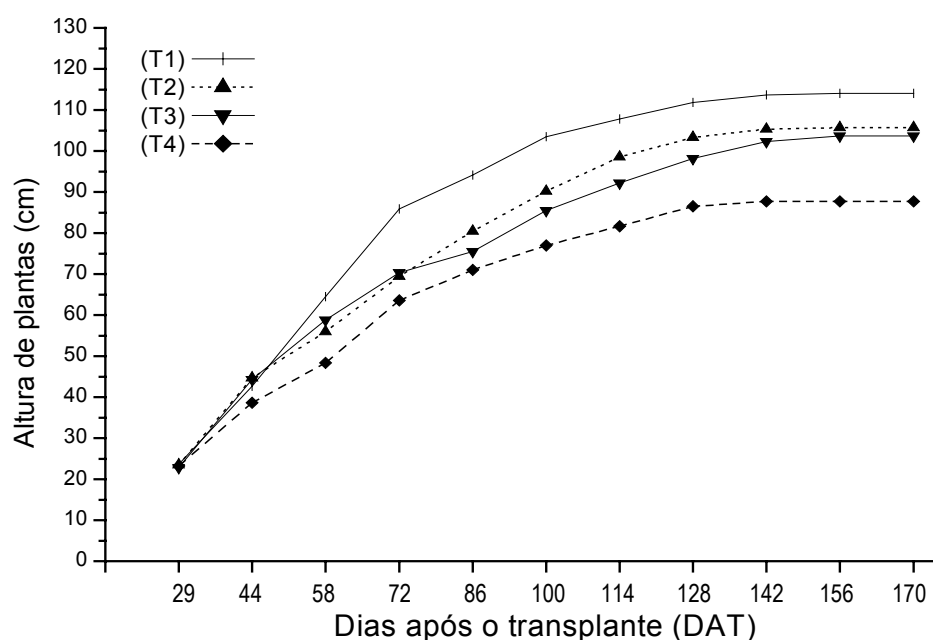
Grande parte das informações relacionam as reduções do crescimento em plantas sob deficiência hídrica, principalmente com aumento de síntese de ácido abscísico (ABA) e etileno, inibição da síntese e distribuição de auxina e reduções na taxa de fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 1998), além de alterações bioquímicas à nível de parede celular (BRAY, 1997).

**Quadro 4.** Altura das plantas: médias observados nos diferentes tratamentos do Experimento I (manejo da irrigação e cobertura do solo).

DAT	Avaliação		Médias dos tratamentos					
	CV%	DMS	1	2	3	4		
29	13,68	5,304	23,667 a	23,500 a	22,833 a	23,167 a		
44	12,71	9,008	42,667 a	44,667 a	44,333 a	38,583 a		
58	10,87	10,294	64,500 a	56,000 ab	58,833 a	48,333 b		
72	13,81	16,617	85,833 a	69,417 ab	70,333 ab	63,583 b		
86	14,40	19,234	94,167 a	80,500 ab	75,500 ab	71,000 b		
100	13,89	20,586	103,50 a	90,167 ab	85,500 ab	77,000 b		
114	12,10	14,484	107,83 a	98,500 ab	92,167 bc	81,667 c		
128	12,54	16,413	111,83 a	103,333 a	98,167 ab	86,500 b		
142	12,59	16,686	113,67 a	105,333 a	102,33 ab	87,667 b		
156	12,84	17,366	114,00 a	105,667 a	103,66 ab	87,750 b		
170	12,84	17,366	114,00 a	105,667 a	103,66 ab	87,750 b		

Graus de liberdade: tratamento = 3; erro = 20; total = 23

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.

**Figura 3.** Variações no crescimento em altura apresentado pelas plantas de pimentão cultivadas em diferentes tratamentos de irrigação e cobertura do solo.

Os resultados verificados neste trabalho podem ser correlacionados com outros estudos que se referem à deficiência hídrica. Regina &

Carbonneau (1997) salientam que além de afetar as trocas gasosas na parte aérea por alterar a abertura estomática, o ABA atua na

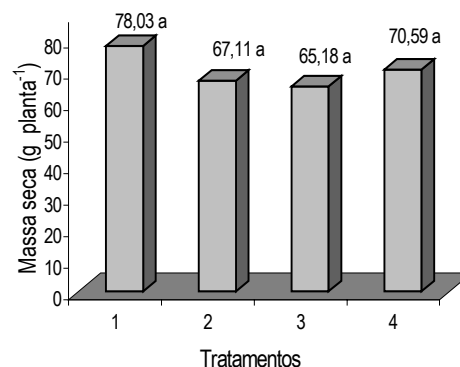
redução do crescimento, que é também afetado pela redução do ácido giberélico (GA) que juntamente com a auxina atua na expansão celular. De acordo com Davis & Zang (1991), um dos efeitos do ABA é aumentar o desenvolvimento radicular, geralmente em detrimento do crescimento da parte aérea das plantas em condições de estresse hídrico. Lea et al. (1995) demonstram que o acúmulo de ABA procedente das raízes do milho ocasionou restrições no desenvolvimento da parte aérea da planta, em favor da continuidade do desenvolvimento radicular. Conforme Wu et al. (1997), a maioria dos genes induzidos pela deficiência hídrica estudados até o momento, e que afetam o crescimento das plantas, são induzidos pelo ABA.

Estas relações podem contribuir para a interpretação das alterações morfológicas observadas nas plantas frente às condições experimentais impostas, entretanto, deve-se considerar, conforme ressaltam Taiz & Zeiger (1998), que as relações fisiológicas no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas são complexas e podem ser afetadas por diversos fatores.

Através dos resultados da avaliação da massa seca estrutural das plantas (Figura 4), verifica-se que as diferenças observadas na altura das plantas para os diferentes tratamentos não foram proporcionalmente traduzidas em produção de massa seca, sendo que os valores médios de massa seca produzidos nas plantas do Tratamento 4, foram similares aos verificados nas plantas dos Tratamentos 1 e 2, entretanto, estas apresentaram altura estatisticamente superior, e similar número médio de hastes e internódios.

Considerando que devido ao elevado índice de abscisão foliar nas determinações finais, a massa das folhas não foi contabilizada, estes resultados devem estar atrelados a diferenças estruturais na formação dos tecidos da planta, com um maior espessamento da parede celular e de crescimento radial nas plantas do Tratamento 4, o que segundo Schultz & Matthews (1993), é comum acontecer em plantas que sofrem deficiência hídrica. Neste caso, conforme Jensen (1981) e Neumann (1995) este poderia ser considerado um indicativo claro da

adaptação morfológica das plantas para evitar as perdas de água para o ambiente, processo que os autores apontam como uma das principais características inerentes ao “endurecimento” por deficiência hídrica.



**Figura 4.** Massa seca estrutural (*parte aérea, exceto folhas*) das plantas de pimentão para os diferentes manejos da irrigação e cobertura do solo.

## 6 CONCLUSÕES

As plantas de pimentão cultivadas sem a utilização de cobertura de polietileno sobre o solo e com manejo da irrigação a 1500 kPa apresentaram menor índice de área foliar e menor crescimento em altura em relação ao manejo da irrigação a 50 kPa.

Em situações de ciclos de deficiência hídrica severa, a presença de cobertura de polietileno sobre a superfície do solo diminui a intensidade das reduções da disponibilidade de água do solo, ocasionando efeito positivo sobre o desenvolvimento do dossel vegetativo das plantas de pimentão.

O número de hastes e de internódios em plantas de pimentão do híbrido Elisa cultivadas no sistema de condução livre são pouco influenciadas pelo manejo da irrigação e pela utilização de cobertura de polietileno sobre o solo.

Plantas de pimentão submetidas a condições de deficiência hídrica severa apresentam elevados índices de senescência e abscisão de folhas.

Plantas de pimentão submetidas a um pré-condicionamento através de consecutivos ciclos de deficiência hídrica, apresentam alterações na estrutura dos tecidos de hastes e ramos com características de ‘endurecimento’ para suportar com maior habilidade situações de disponibilidade hídrica restrita. Na presença de cobertura de polietileno sobre o solo esta característica é menos expressiva.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAL, G. P. A.; SMITTLE, D. A. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen and plant population. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 3, p. 259-262, 1981.
- BEGG, J. E.; TURNER, N. C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 28, n. 1, p. 161-207, 1976.
- BOYER, J. S. **Measuring the water status of plants and soils**. New York: Academic Press, 1995. 177 p.
- BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, London, v. 2, n. 1 p. 48-54, 1997.
- CAIXETA, T. J. Irrigação nas culturas de pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 35-37, 1984.
- CARVALHO, J. et al. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico e de doses de nitrogênio sobre a produção de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n.3, p. 262-269, 2001.
- CARVALHO, W. A. P. et al. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – “Estação Experimental Presidente Médici”. **Boletim Científico**, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, n. 1, p. 9-13, 1983.
- CASALI, V. W. D. Origem e botânica de capsicum. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.
- CASTILLO, F. J. Extracelular preoxidases as markers of stress? In: GREPPIN, H.; PENEL, C.; GASPAR, T. H. (Ed.). **Molecular and physiology aspects of plant peroxidases**. Genevé: Université de Genevé, 1986. p. 419-426.
- CORDEIRO, M. C. R.; SÁ, M. F. G. Interação planta-patógenos e uso da biotecnologia na obtenção de plantas resistentes. **Biotechnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 10 n. 23, p. 34-39, 2001.
- DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 2, n. 1, p. 55-76, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação/Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412 p.
- GASPAR, T. et al. A two sep control of basic and acid preoxidase and its significance for growth and development. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 64, n. 2, p. 418-423, 1985.
- HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 24, n. 5, p. 519-570, 1973.
- JADOSKI, S. O.; ANDRADE, A. R. S. Influência do tempo de contagem na calibração da sonda de nêutrons. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999. Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999. p. 283-288.
- JENSEN, C. R. Influence of water and Salt stress on water relationships and carbon dioxide exchange of top and roots in beans. **New Phytologist**, Oxford, v. 87, n. 1, p. 285-295, 1981.
- KLAR, A. E. et al. Medidas da adaptação de plantas de trigo à déficits hídricos. **Científica**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 117-127, 1985.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um latossolo roxo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 959-964, 2000.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.

- KRUDEV, T. G. **Água, vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994. 178 p.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1995. 505 p.
- LEA, P. J. et al. Absorção e metabolismo de nitrogênio sobre estresse hídrico. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1995, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo/EMBRAPA, 1995. v. 1, p. 163-194.
- LOCASCIO, S. J.; STALL, W. M. Bell pepper yield influenced by plant spacing and row arrangement. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 5, p. 899-902, 1994.
- McCREE, K.; FERNANDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 353-360, 1989.
- NEUMANN, P. M. The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1258-66, 1995.
- PÁDUA, J. G. et al. Efeitos climáticos sobre pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 11-13, 1984.
- PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 46-58, 2000.
- REGINA, M.; CARBONNEAU, A. Trocas gasosa em *Vitis vinífera* sob regime de estresse hídrico III. Ácido abscísico e comportamento varietal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 36-42, 1997.
- ROSENTHAL, W. D. et al. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 8, p. 1019-1026, 1987.
- SHULTZ, H. R.; MATTHEWS, M. A. Growth, osmotic adjustment, and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 2, p. 287-294, 1993.
- STRECK, N. A. et al. Effect of black polyethylene mulch on the thermal regime of a soil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 15-20, 1996.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1998. 565 p.
- TEODORO, R. E. F. et al. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 327-343, 1993.
- TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. In: GOTO, R. (Org.) **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. p. 15-30.
- TSEKLEEV, G. et al. Influence of photo-selective mulch films on tomatoes in greenhouses. **Plasticulture**, (S.I.), v. 95, n. 1, p. 45-49, 1993.
- WU, Y. et al. Absciscic acid signaling through cyclic ADP-ribose in plants. **Science**, New York, v. 278, n. 10, p. 2126-2130, 1997.
- XING, W.; RAJASHEKAR, C. B. Alleviation of water stress in beans by exogenous glycine betaine. **Plant Science**, London, v. 148, n. 1, p. 185-195, 1999.