

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE CEBOLA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOLO E CLIMA. I: *Desenvolvimento vegetativo e taxa de crescimento absoluto*¹

A.E. Klar², J.F. Pedras³ e J.D. Rodrigues³

RESUMO. — O presente trabalho visa estudar o comportamento da cultura da cebola (*Allium cepa*, L.) em dois solos (solo A — Unidade Experimental e solo B — Unidade Lageado), e dois climas, sob diferentes regimes de água do solo; em condições de campo os tratamentos distinguiram-se pelos seguintes potenciais mínimos de água do solo: -15,0; -0,8; -0,3; -0,15 bares e irrigação diária; e na casa de vegetação: -15,0; -0,2 bares e irrigação diária, com este recebendo água com e sem gotejamento.

Para as condições de campo, as produções de matéria verde e seca foram mais elevadas no tratamento com potencial mínimo de água do solo de -0,15 bares em ambos os solos, porém com o solo A (textura mais grosseira) sendo menos produtivo. Os solos, na casa de vegetação, comportaram-se de maneira semelhante quanto às produções de matérias verde e seca, entretanto, salientaram-se as parcelas irrigadas diariamente, com pequena vantagem para as que receberam irrigação por gotejamento.

Houve uma tendência ao decréscimo das taxas de crescimento absoluto nos tratamentos mantidos a potenciais mais elevados para os mais baixos em ambos os solos e climas, considerando-se as diferenças entre as duas primeiras coletas; levando-se em conta as diferenças entre a terceira e a segunda coletas, esta tendência manteve-se na casa de vegetação, havendo, porém, inversão no campo. Entre a quarta e a terceira coletas houve tendência ao decréscimo dos tratamentos considerados mais úmidos para os mais secos no campo, ocorrendo o contrário na casa de vegetação.

Termos para indexação: disponibilidade de água às plantas, taxas de crescimento absoluto.

INTRODUÇÃO

Existem fatores genéticos, ambientais e outros afetando a resposta das plantas ao déficit de água. Explorações detalhadas destas variações não são compensadoras, face às dificuldades experimentais e interpretativas; o maior problema consiste em se separar os efeitos, devidos principalmente ao estado interno da água e às diferenças nas respostas metabólicas e de crescimento para um potencial de água na planta (Ψ_{pl}) particular (Singh *et al.* 1973). Mecanismos como o da transpiração interferem no potencial de água dos tecidos durante um período de déficit, sendo de importância na determinação da taxa de crescimento das plantas, durante um período de seca (May & Milthorpe 1962).

Singh *et al.* (1973) verificaram que a atividade da desidrogenase, em plantas de cevada, decresceu com a diminuição no Ψ_{pl} ; isto sugere que os sistemas de transporte de elétrons foram rompidos. E salientaram, ainda, que a imposição de tensão de

água induziu um rápido decréscimo no Ψ_{pl} , não sendo afetado por anteriores déficits de água, de maneira que as plantas sujeitas a um ciclo de seca recuperam rapidamente o nível de Ψ_{pl} , igualando-o àquelas não sujeitas a déficit.

A relação entre os potenciais de água do solo (Ψ_s) e da planta é complicada pelas variações diurnas em Ψ_s , que parecem estar relacionadas à temperatura do solo e à extração de água pelas raízes (Klepper *et al.* 1973).

Os fatores que interferem na produção e concentração de matéria seca, bem como na translocação de nutrientes são governados pela idade das plantas e pelo suprimento de água e nutrientes; através de uma melhor dotação de água, há aumento na produção de matéria seca (Friis-Nielsen 1973). Este mesmo autor verificou um aumento na taxa de translocação de fotossintéticos da fonte para os órgãos de reserva, com o aumento dos níveis de água do solo, na cultura do tomateiro.

As folhas das plantas de cebola operam a baixos potenciais de turgescência e num estreito intervalo, e isto pode ter um significativo efeito no controle da abertura dos estômatos e absorção de CO_2 , sendo que a condutância estomática decresce linearmente com o Ψ_{pl} ; por outro lado a taxa de crescimento das folhas diminui com os decréscimos no Ψ_{pl} e no potencial de turgescência, havendo ainda uma estreita relação entre a condutância dos estô-

¹ Aceito para publicação em 23 de fevereiro de 1977. Parte da Tese de Docência-Livre apresentada à Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.

² Professor-Titular de Irrigação e Drenagem da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Cx. Postal 102, São Paulo.

³ Professor-Assistente-Doutor de Fisiologia Vegetal da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.

matos e o intervalo de água disponível, conforme asseveram Millar *et al.* (1971) baseados nas respostas de três solos estudados.

O objetivo do presente trabalho é verificar o comportamento da cultura da cebola para dois solos e dois climas (campo e casa de vegetação), face a diferentes regimes de umidade do solo. Foram abordados alguns dos aspectos mais evidentes que apresentam praticidade, para levar a bom termo os estudos em pauta, dentro das condições ambientais existentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram desenvolvidos na Estação Experimental "Presidente Médici" no município de Botucatu, Estado de São Paulo.

Solos

O trabalho foi conduzido em dois solos distintos: o solo A – Unidade Experimental, com característi-

cas intermediárias entre solos com B latossólico (latossolo vermelho escuro – fase arenosa) e solos com B textural (terra roxa estruturada); o solo B é designado Unidade Lageado, correspondendo ao grande grupo terra roxa estruturada (Klar 1974).

A Tabela 1 apresenta a análise textural dos solos até a profundidade de 60 cm, bem como a densidade aparente (D_a) determinada pelo método da balança hidrostática.

As relações entre os teores de umidade do solo ($U\%$ – base em peso seco) e os potenciais matriciais (Ψ_s), determinados através de placa e membrana de pressão, encontram-se na Tabela 2, que também mostra os teores de umidade com base em volume (Θ).

A estimativa da função difusividade – D (Θ) – foi determinada de acordo com o método de Bruce e Klute (1956). Para tanto, os solos foram colocados às densidades desejadas (Yaron *et al.* 1966), e os teores de umidade foram avaliados por atenuação de raios gama (Gardner 1965). Os valores de

TABELA 1. Análise textural e densidade aparente para os dois solos.

Solo	Profund. (cm)	Análise textural (%)			D_a (g/cm ³)
		Argila	Limo	Areia	
A	0 – 20	45,4	1,5	53,1	1,42
	20 – 40	40,1	13,0	46,9	1,35
	40 – 60	41,0	11,3	47,7	1,33
B	0 – 20	57,9	23,9	18,2	1,30
	20 – 40	61,4	25,4	13,2	1,31
	40 – 60	62,7	22,1	15,2	1,33

TABELA 2. Relações entre os teores e os potenciais matriciais de água do solo, condutibilidades hidráulicas e difusividades respectivas.

Solo A				
Θ (cm ³ /cm ³)	U%	Ψ_s (bar)	D (cm ² /s)	K (cm/s)
0,246	17,3	-0,10	7,968.10 ⁻³	1,716.10 ⁻⁵
0,227	16,0	-0,20	5,200.10 ⁻³	6,971.10 ⁻⁶
0,208	14,6	-0,33	3,393.10 ⁻³	2,646.10 ⁻⁶
0,194	13,7	-0,80	2,478.10 ⁻³	1,241.10 ⁻⁶
0,166	11,7	-15,00	1,321.10 ⁻³	2,441.10 ⁻⁷
Solo B				
0,367	28,2	-0,10	8,883.10 ⁻³	1,914.10 ⁻⁵
0,338	26,0	-0,20	5,148.10 ⁻³	7,107.10 ⁻⁶
0,324	24,9	-0,33	3,957.10 ⁻³	4,233.10 ⁻⁶
0,296	22,7	-0,80	2,337.10 ⁻³	1,389.10 ⁻⁶
0,259	19,9	-15,00	1,165.10 ⁻³	2,718.10 ⁻⁷

D (Θ) (Tabela 2) foram obtidos a partir da equação proposta por Reichardt & Libardi (1973), que para os solos usados foram:

$$\text{solo A: } D(\Theta)_A = 12,211 \cdot 10^{-5} \exp 22,464 (\Theta - 0,06)$$

$$\text{solo B: } D(\Theta)_B = 5,858 \cdot 10^{-5} \exp 18,807 (\Theta - 0,10)$$

A condutibilidade hidráulica - K (Θ) - (Tabela 2) foi estimada a partir da avaliação de D (Θ) e das relações entre Ψ_s e Θ . Para os ensaios específicos dos solos A e B, as equações utilizadas, propostas por Reichardt *et al.* (1974), tomaram as seguintes expressões:

$$\text{solo A: } K(\Theta)_A = 135,466 \cdot 10^{-2} \exp (-94,406 \Theta^2 + 92,054 \Theta - 5,183)$$

$$\text{solo B: } K(\Theta)_B = 31,181 \cdot 10^{-12} \exp (-66,171 \Theta^2 + 80,818 \Theta - 7,420)$$

As propriedades químicas dos solos encontram-se na Tabela 3.

Clima

Na classificação de Köppen, o tipo climático da região é definido como Cfb.

Através do método de Penman (1948), foram estimadas as condições de evapotranspiração potencial (EP), que para o período de 16/5 a 29/7/1971 produziram 174,39mm de altura de água; de 30/7 a 22/9, 186,22mm e durante o ciclo da cultura, 360,61mm. As precipitações foram: de 16/5 a 29/7, 178,5mm; de 30/7 a 22/9, 73,2mm e não chegaram a interferir nos objetivos dos ensaios devido à irregularidade na distribuição.

Evapotranspiração real

A evapotranspiração real (ER) foi avaliada através da metodologia exposta por Damagnez (1968), usando-se de gravimetria para a determinação dos teores de umidade do solo, com a utilização de um dos cinco blocos de cada experimento, quando, por ocasião de chuvas intensas, a ER foi estimada através do coeficiente de conversão ER/EP.

Instalação do experimento

Os experimentos de campo foram instalados em dois locais, representativos dos solos A (ensaio II) e B (ensaio I), utilizando-se a variedade de cebola "Texas Early Grano 502" (*Allium cepa*, L.). Empregou-se o espaçamento de 50 x 10cm (Portas 1973). A adubação foi aplicada em sulcos, na base de 100g por metro linear, da fórmula 5:13:8, cujas fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, foram, respectivamente, sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. O transplante das mudas para o campo foi realizado quando apresentavam um diâmetro em torno de 0,7 cm, a 16 de maio de 1971. Os demais tratamentos culturais seguiram as recomendações de Dias (1966).

Utilizou-se a irrigação por sulcos de infiltração em nível, fechados, com comprimento útil de 4m, com três sulcos por parcela, sendo duas linhas úteis e duas bordaduras.

Ambos os ensaios (I e II) foram delineados em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos diferenciaram-se pela variação nos potenciais de umidade do solo pelo

TABELA 3. Propriedades químicas dos solos.

			Solo A					
Prof. (cm)	pH	Mat. Org. (%)	Teor trocável em e.mg/100g de terra					
			PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺
0 - 20	4,9	1,81	0,030	0,065	1,36	0,12	5,08	0,84
20 - 40	4,9	1,21	0,015	0,048	1,64	0,16	4,12	0,52
40 - 60	4,9	1,13	0,017	0,045	1,84	0,56	3,96	0,52
			Solo B					
0 - 20	5,2	1,86	0,353	0,258	3,92	0,48	5,06	0,24
20 - 40	5,2	1,50	0,039	0,275	3,36	0,16	5,28	0,31
40 - 60	5,0	1,89	0,025	0,303	2,64	0,44	6,08	0,24

Ψ_s mínimos seguintes: -15,0; - 0,8; -0,30; -0,15 bares e irrigação diária (tratamentos 1 a 5, respectivamente).

Visando estudar as variações advindas da atuação da casa de vegetação, instalou-se o ensaio III, com a utilização dos mesmos solos, coletados junto aos experimentos de campo, na camada 0-20cm.

A casa de vegetação de vidro apresenta as seguintes dimensões: comprimento: 11,70m; largura: 4,20m; altura no centro: 3,90m; altura das paredes, no sentido do comprimento, onde terminam as duas águas da cobertura: 2,90m; a mureta que sustenta as paredes apresenta a altura de 0,80m, a orientação ocorre no sentido leste-oeste.

Foram utilizados vasos de barro cozido, impermeabilizados com "neutrol", que receberam 9kg de terra seca ao ar, passada em peneira de 5mm e adubação correspondente à utilizada no campo e quatro plantas. Os vasos foram instalados em palanques, de maneira que as bordas ficassem em altura superior à mureta da casa de vegetação.

O controle da água baseou-se em pesagens diárias, em balança com sensibilidade de 1g, sendo a irrigação procedida por dois processos: num deles, acrescentava-se água de uma só vez, e em outro, por gotejamento, com vazão aproximada de 0,8 litro/hora.

O ensaio foi delineado de maneira que os vasos fossem divididos em quatro grupos de 48, sendo que em cada grupo, metade recebeu o solo A, e a outra, o solo B. Os tratamentos, delineados em blocos ao acaso, diferenciaram-se pelos potenciais mínimos de umidade do solo seguintes: -15,0 bares (A_1 e B_1); -0,2 (A_2 e B_2), e irrigação diária, A_3 e B_3 recebendo água de uma só vez e A_4 e B_4 , por gotejamento.

Os vasos foram corrigidos quinzenalmente, tendo-se, para tanto, vasos sobressalentes.

Como um dos objetivos do trabalho é comparar os resultados auferidos no campo com os da casa de vegetação, procurou-se conduzir os trabalhos de coleta de maneira semelhante.

O desenvolvimento vegetativo pode ser estimado pelos pesos de matéria verde e seca (MV e MS). Em condições de campo, foram retiradas duas plantas por coleta por parcela, e na casa de vegetação procedia-se da mesma maneira, com cada grupo correspondendo a uma coleta. Estas foram realizadas a 16 de julho, 7 de agosto, 25 de agosto e 3

de setembro. Esta última foi feita antes do "tom-bamento". Para avaliação da MS, as plantas coletadas foram cuidadosamente limpas, pesadas (obten-do-se MV) e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C.

De acordo com Beauchamp & Lathwell (1967) a taxa de crescimento relativo (TCR) pode ser utilizada para comparar os efeitos de tratamentos e é baseada na taxa de acumulação de MS por unidade de MS presente, de acordo com a equação:

$$TCR = \frac{dw}{dt} \cdot \frac{1}{w} = \frac{\log_e w_2 - \log_e w_1}{t_2 - t_1}$$

onde w_1 e w_2 correspondem aos pesos de MS nos tempos t_1 e t_2 , respectivamente e \bar{w} é a média do peso de MS no intervalo $t_2 - t_1$. Uma alternativa seria a TCA, definida pela equação:

$$TCA = \frac{dw}{dt} = \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

que será usada no presente trabalho, visto que, de acordo com os autores acima citados, TCA e TCR são correlacionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo encerra uma tentativa de conclusão sobre o comportamento da cultura de cebola face às suas necessidades hídricas para diferentes condições de solo e clima.

Produção de matérias verde e seca

A transpiração decresce com o potencial de água da planta, que por sua vez está intimamente ligado ao potencial de água do solo (Janes 1970). Por outro lado, a qualquer hora do dia, a transpiração é afetada por fatores climáticos e das folhas (Elfvig *et al.* 1972).

O Ψ_{pl} interfere no crescimento através da elongação celular, no arrançamento e distribuição de alguns tipos de células e em certas transformações bioquímicas das plantas (Slatyer 1967) e, se houver déficit, haverá inibição na síntese de proteínas e modificação no metabolismo dos aminoácidos (Singh *et al.* 1973). Com o aparecimento do déficit de água há menor transpiração e, por consequência, menor ou até paralisação do crescimento.

Brix (1962) assevera que há um paralelismo entre a fotossíntese e a transpiração, à medida que surgem decréscimos nos potenciais de água do solo, o que mostra que a regulação estomatal interfere nas trocas gasosas, afetando a produção de matéria seca.

Considerando-se as evapotranspirações reais (ER) ocorridas durante o ciclo para os tratamentos 5 (307,13mm) e 1 (254,30mm) para o ensaio I e para os mesmos tratamentos no ensaio II (trat. 5 = 285,62mm e trat. 1 = 226,43mm), verifica-se uma queda na evapotranspiração relativa (ER/EP), à medida que decrescem os Ψ_s ; estes decréscimos afetam substancialmente o crescimento das plantas, conforme pode-se avaliar pelos dados das Tabelas 4 e 5. Porém, há ainda a considerar, a

significativa queda de produção de MS e MV das folhas do tratamento 5 em relação ao 4. A diferença entre os tratamentos 5 e 4 pode ser explicada pelos decréscimos nas taxas de aeração do solo daquele em relação a este, provocados pela irrigação diária. Entretanto, estas diferenças não foram tão consistentes em relação aos bulbos cujas produções médias finais foram: 232,04; 244,83; 200,71; 102,52 e 82,68 gramas de matéria verde por planta, considerando-se as médias de ambos os ensaios, respectivamente para os tratamentos 5, 4, 3, 2 e 1 para as condições de campo (Klar 1974).

O déficit de água induz um aumento de ABA (ácido absícico) nas folhas, o que inibe o crescimento, devido a um mais rápido fechamento dos estômatos, além de outros efeitos fisiológicos

TABELA 4. Médias de produção de matéria verde de folhas em gramas e respectivos testes estatísticos (Ensaio I e II).

Ensaio	Coletas	Tratamentos					
		5	4	3	2	1	
(Solo A)	1ª	27,09	25,26	34,27	29,94	23,49	20,51
	2ª	50,42	59,53	61,76	49,83	49,83	42,41
	3ª	66,88	67,31	77,94	68,83	64,65	55,70
	4ª	77,41	86,24	96,88	83,88	66,69	53,35
II		55,42	59,33	67,71	58,12	49,52	42,41
(Solo B)	1ª	31,86	34,75	42,25	33,13	26,56	22,52
	2ª	58,72	76,72	88,90	64,58	58,49	29,07
	3ª	82,73	81,34	106,09	84,07	76,08	66,03
	4ª	99,35	114,70	126,24	105,83	87,97	62,02
I		68,16	76,72	88,90	71,90	58,22	45,07
	1ª	29,48	31,00	38,31	31,54	25,02	21,51
	2ª	54,51	66,32	71,34	57,20	42,77	34,91
	3ª	74,80	74,33	92,02	76,45	70,36	60,86
	4ª	88,38	100,47	111,56	94,85	77,33	57,69
I e II		68,03	78,31	65,01	53,87	43,74	
Causas de Variação		Teste F		d.m.s. (Tukey) a 5%			
Solo (S)		57,4097**		-			
Tratamento (T)		50,2340**		7,1730			
Coleta (C)		235,0189**		6,1730			
C x S		5,2532**		8,7307			
S x C		5,2532**		6,6249			
S x T		3,7467*		7,6581			
T x S		3,7467*		10,8764			
T x C		3,4570		14,6647			
C x T		3,4570**		13,8047			

** Significativo a 1%; * Significativo a 5%

TABELA 5. Médias de produção de matéria seca das folhas em gramas, com os respectivos testes estatísticos (Ensaio I e II)

Ensaio	Coletas	Tratamentos					
		5	4	3	2	1	
(Solo A)	1ª	2,69	2,71	3,37	2,95	2,34	2,07
	2ª	5,23	5,86	6,43	5,24	4,50	4,12
	3ª	6,53	6,51	7,64	6,74	6,40	5,37
	4ª	7,06	7,89	8,91	7,70	6,14	4,66
II		5,38	5,74	6,59	5,66	4,85	4,05
(Solo B)	1ª	3,17	3,38	4,14	3,24	2,70	2,36
	2ª	6,10	8,03	8,29	6,52	4,48	3,22
	3ª	8,00	7,86	10,16	8,14	7,38	6,44
	4ª	8,91	10,02	11,39	9,74	8,04	5,36
I		6,55	7,32	8,49	6,91	5,65	4,34
	1ª	2,93	3,05	3,76	3,10	2,52	2,22
	2ª	5,67	6,94	7,36	5,88	4,49	3,67
	3ª	7,26	7,19	8,89	7,44	6,89	5,90
	4ª	7,98	8,96	10,15	8,72	7,09	5,01
I e II		6,53	7,54	6,28	5,25	4,20	
Causas de Variação		Teste F		d.m.s. (Tukey) a 5%			
Solo (S)		43,0402**		-			
Tratamento (T)		41,2368**		0,8139			
Coleta (C)		170,6858**		0,6329			
C x S		3,1646*		0,8951			
S x C		3,1646*		0,6792			
S x T		2,5732		-			
T x S		2,5732		-			
T x C		3,2151*		1,5035			
C x T		3,2151*		1,4153			

** Significativo a 1%; * Significativo a 5%

(Wright 1969; Cummins *et al.* 1971). Estando as condições hídricas e de luminosidade favoráveis, os estômatos permanecem abertos tornando mais viável a atividade fotossintética. Esta variação hídrica manifestou-se de maneira mais evidente no tratamento 4, fazendo com que o tratamento 5, por deficiência de aeração no solo, e os demais, por produzirem déficits hídricos, tenham-se comportado de maneira a serem menos propícios às produções de MS e MV.

Os solos também se comportaram diferentemente, sendo o A menos produtivo que o B. O fator solo atua no déficit de água da planta pela capacidade em conduzir a água para satisfazer a demanda evaporativa da atmosfera, com os parâ-

metros Ψ_s e K interagindo para caracterizar o controle da taxa de fluxo líquido (Ekern *et al.* 1967). No presente estudo, de acordo com a Tabela 2, verifica-se a acentuada queda na mobilidade da água com os decréscimos em Ψ_s , além de o solo A apresentar K menores que o B, ao longo do intervalo de Ψ_s estudado. Este fato, acrescido de outras propriedades físicas, como a textura, que, quando grosseira, resulta num menor suprimento de água às raízes, pela menor difusividade em relação à textura fina (Haise *et al.*, citados por Ekern *et al.* 1967); por outro lado, também a estrutura do solo influi em K, principalmente a elevados Ψ_s . Rynasiewicz, citado por Black (1968), encontrou correlação linear entre o rendimento de plantas de cebola e a porcentagem de agregados maiores que

0,5 mm, havendo até triplicações da produção. No presente caso, o solo B apresenta melhores qualidades estruturais que o A. Acrescente-se ainda que as propriedades químicas, mais favoráveis às plantas no solo B que no A (Tabela 3), influíram também no desenvolvimento vegetal.

A matriz do solo exerce influência através da impedância mecânica oferecida ao desenvolvimento das raízes, a qual é negativamente correlacionada com a densidade aparente (Danielson 1967). Nos solos estudados, o solo A apresentou Da mais elevados que o B (Tabela 1).

Convém salientar que houve interação entre coletas e solos, estes dentro das coletas e estas dentro daqueles. Também as coletas interagiram com os tratamentos, principalmente pelas menores pro-

duções obtidas naqueles que receberam irrigações menos freqüentes na quarta coleta, em relação à terceira, em ambos os solos. Este fato pode ser explicado pelo fato de a quarta coleta ter sido realizada com as plantas em início de senescência. Com as devidas ressalvas, pode-se asseverar estar a resistência ao fluxo de água diretamente ligada à idade das plantas e, estando a transpiração relacionada à fotossíntese, esta também diminui com a queda da transpiração.

As Tabelas 6 e 7 mostram as produções de matéria verde e seca da parte aérea em condições de casa de vegetação. Embora não fosse possível a manutenção de potenciais de umidade do solo idênticos aos do campo, devido às demandas evaporativas da atmosfera (DEA) e à metodologia usada,

TABELA 6. Médias dos pesos de matéria verde, em gramas, nas folhas e respectivos testes estatísticos para o ensaio III.

Solos	Coletas	Tratamentos				
		4	3	2	1	
A	1ª	17,62	22,04	20,46	16,46	11,56
	2ª	30,59	36,06	34,41	29,04	19,24
	3ª	49,03	63,17	59,21	42,64	31,09
	4ª	43,62	53,17	51,48	39,71	30,12
		35,22	43,61	41,39	31,96	23,90
B	1ª	24,99	30,39	30,14	22,63	16,79
	2ª	38,11	45,95	45,09	35,11	26,28
	3ª	60,02	74,64	72,92	51,67	40,86
	4ª	43,90	70,00	66,88	46,12	32,61
		44,26	55,24	53,76	38,88	29,14
A e B	1ª	21,31	26,21	25,30	19,54	14,18
	2ª	24,35	41,01	39,76	32,07	24,56
	3ª	54,53	68,91	66,07	47,17	35,98
	4ª	48,76	61,58	59,18	42,92	31,36
A e B		49,43	47,58	35,42	26,52	
Causas de Variação		Teste F	d.m.s. (Tukey) a 5%			
Solo (S)		113,0137**	—			
Tratamento (T)		160,7308**	3,1377			
Coleta (C)		308,3201**	3,1377			
C x S		1,2080	—			
S x C		1,2080	—			
S x T		4,2348*	3,3669			
T x S		4,2348*	4,4374			
T x C		8,5255**	6,2754			
C x T		8,5255**	6,2754			

** Significativo a 1%; * Significativo a 5%

TABELA 7. Médias dos pesos de matéria seca, em gramas, nas folhas e respectivos testes estatísticos para o ensaio III.

Solos	Coletas		Tratamentos			
			4	3	2	1
A	1ª	1,51	1,83	1,76	1,43	1,03
	2ª	2,51	3,02	2,84	2,46	1,74
	3ª	4,14	5,38	5,10	3,54	2,56
	4ª	3,53	4,35	4,21	3,20	2,37
		2,92	3,65	3,47	2,66	1,93
B	1ª	1,85	2,12	2,15	1,66	1,44
	2ª	3,36	4,13	4,21	2,99	2,09
	3ª	5,22	6,82	6,56	4,25	3,26
	4ª	4,41	5,98	5,54	3,65	2,46
		3,71	4,77	4,62	3,14	2,32
A e B	1ª	1,68	1,98	1,95	1,55	1,23
	2ª	2,94	3,58	3,53	2,73	1,92
	3ª	4,69	6,10	5,83	3,89	2,91
	4ª	3,97	5,17	4,87	3,43	2,41
			4,21	4,04	2,90	2,12
Causas de Variação			Teste F	d.m.s. (Tukey) a 5%		
Solo (S)			88,9811**	-		
Tratamento (T)			141,7718**	0,3062		
Coleta (C)			248,2245**	0,3062		
C x S			3,6377**	0,4330		
S x C			3,6377**	0,3285		
S x T			5,8726**	0,3285		
T x S			5,8726**	0,4330		
T x C			10,8726**	0,6124		
C x T			10,3000**	0,6124		

** Significativo a 1%;

pode-se traçar paralelos, apesar de o estudo das semelhanças de comportamento se tornar dificultado. Os resultados obtidos na casa de vegetação, assim como os obtidos no campo, mostram menores produções de MV e MS das folhas, à medida que foram atingidos os potenciais mais baixos de umidade do solo. Houve pequenos acréscimos nas parcelas que receberam irrigação por gotejamento, porém, sem significância estatística.

O acréscimo de produção ocorrido no tratamento gotejado pode ter base nas assertivas de Wilcox (1960, 1962) de que as plantas extraem água acima da capacidade de campo, quando a drenagem é mais intensa; se a água for aplicada de uma só vez, haverá um período de tempo em que a aeração do solo, favorável à planta, estará prejudicada, promovendo uma fase, embora passageira,

de influência na absorção de nutrientes e da própria água; isto não ocorre com o gotejamento, que pela própria natureza não conduz o solo a condições saturadas. Convém salientar que o sistema de irrigação por gotejamento foi instalado apenas na casa de vegetação, devido às dificuldades encontradas para fazê-lo em condições de campo, na ocasião.

Os solos, na casa de vegetação, comportaram-se de modo semelhante ao campo, interagindo com os tratamentos, exceto com as coletas e com o B apresentando as maiores produções. A interação coletas x tratamentos deve-se ao fato de que na quarta coleta houve decréscimos em todos os tratamentos, em ambos os solos, enquanto que no campo apenas os tratamentos mantidos a menores Ψ s assim se comportaram.

Em trabalho realizado em 1967, Klar observou que os potenciais de umidade do solo interferiram significativamente no peso da parte aérea, com as maiores produções ocorrendo a potenciais superiores a $-0,5$ bares.

Taxa de crescimento absoluto

Analisando-se os dados de TCA (Tabela 8), verificam-se decréscimos a partir do tratamento 5 ao 1, em ambos os solos, entre a segunda e primeira coletas, com maior eficiência para o tratamento 5 no acúmulo de matéria seca. Este fenômeno não se repete, ao serem consideradas as diferenças entre a terceira e segunda coletas onde o mesmo tratamento apresentou a menor eficiência. Este fato pode ser explicado, talvez, pela translocação de fotossintetizados em direção aos bulbos, para formá-los. Porém, isto não se repetiu para as TCA entre a quarta e terceira coletas, onde os maiores valores surgiram nos tratamentos cujos Ψ s foram mais elevados.

Na comparação entre solos, como era de se esperar, o B apresentou as maiores TCA, devido ao seu maior potencial produtivo que o A.

A TCA, no ensaio da casa de vegetação, apresentou um comportamento semelhante ao do campo, quanto à diferença entre a segunda e terceira coletas, apenas distinguindo-se no que tange às posições praticamente invertidas dos tratamentos com Ψ s mais baixos nos solos (Tabela 9). Este fato não é, provavelmente, decorrente das propriedades físicas do solo e sim do estágio de desenvolvimento da cultura. Este mesmo raciocínio pode ser utilizado para explicar o ocorrido na TCA entre a terceira e a segunda coletas, quando as posições inverteram-se completamente, com os maiores valores nos tratamentos com Ψ s mais elevados para a casa de vegetação e nos com Ψ s mais baixos dos ensaios de campo. Porém, entre a quarta e terceira coletas, os ensaios de campo é que apresentaram os tratamentos com Ψ s mais elevados, com as TCA mais altas, contrariamente ao que ocorreu na casa de vegetação.

Torna-se evidente que o comportamento da cultura em ambos os climas é distinto no aspecto taxa de crescimento absoluto, mostrando que as condições ambientais interferiram de maneira marcante nesta característica.

TABELA 8. Médias das taxas de crescimento absoluto (TCA) para as folhas nos ensaios I e II.

Ensaio	Coletas	Tratamentos				
		5	4	3	2	1
(Solo A)	2ª - 1ª	0,109	0,106	0,079	0,074	0,071
	3ª - 2ª	0,027	0,050	0,063	0,079	
	4ª - 3ª	0,036	0,033	0,025	- 0,007	- 0,018
(Solo B)	2ª - 1ª	0,160	0,143	0,113	0,061	0,030
	3ª - 2ª	- 0,007	0,078	0,068	0,121	0,134
	4ª - 3ª	0,057	0,032	0,042	0,017	- 0,028

TABELA 9. Médias das taxas de crescimento absoluto (TCA) para as folhas no ensaio III.

Ensaio	Coletas	Tratamentos			
		4	3	2	1
(Solo A)	2ª - 1ª	0,041	0,037	0,035	0,024
	3ª - 2ª	0,098	0,094	0,045	0,034
	4ª - 3ª	- 0,047	- 0,040	- 0,013	0,006
(Solo B)	2ª - 1ª	0,069	0,071	0,046	0,022
	3ª - 2ª	0,112	0,098	0,053	0,049
	4ª - 3ª	- 0,051	- 0,055	- 0,028	- 0,035

REFERÊNCIAS

- BEAUCHAMP, F.G. & LATHWELL, D.J. 1967. Effect of changes in root zone temperature on the subsequent growth and development of young corn plants. *Agron. J.* 59:189-193.
- BLACK, C.A. 1968. *Soil Plant Relationships*. John Wiley & Sons, New York. 792 p.
- BRIX, H. 1962. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato and loblolly pine seedlings. *Physiol. Plant.* 15:10-20.
- BRUCE, R.R. & KLUTE, A. 1965. The measurement of soil moisture diffusivity. *Soil Sci.* 83:458-462.
- CUMMINS, W.R.; KENDE, H. & RASCHKE, K. 1971. Specificity and reversibility of the rapid stomatal response to abscisic acid. *Planta* 99: 347-351.
- DAMAGNEZ, J.A. 1968. Production de matière sèche des cultures irriguées en zone méditerranéenne aride. INRA, Centre de Recherches Agron. du Sud. - Est., Avignon, p. 343-355.
- DANIELSON, R.E. 1967. Root systems in relation to irrigation. *In: Irrigation of Agricultural Lands*, Haise, J.R.; Hagan, R.M. & Edminster, T.D. (ed.) Madison, Am. Soc. Agron. p. 390-424.
- DIAS, M.S. 1966. Instruções para a cultura de cebola pelo processo de bulbinho: plantação de bulbinho. Inst. de Genética, Piracicaba. 7 p. (mimeo).
- EKERN, P.C.; ROBINS, J.S. & STAPLE, W.J. 1967. Soil and cultural factors affecting evapotranspiration. *In: Irrigation of Agricultural Lands*. Haise, J.R.; Hagan, R.M. & Edminster, T.D. (ed.) Madison, Am. Soc. Agron., p. 577-604.
- ELFVING, D.C.; KAUFFMAN, M.R. & HALL, A.E. 1972. Interpreting leaf water potential measurements with a model of the soil-plant-atmosphere continuum. *Physiol. Plant.*, 26:161-168.
- FRIIS-NIELSEN, B. 1973. Growth, water and nutrient status of plants in relation to patterns of variations in concentrations of dry matter and nutrient elements in base to top leaves. II. Relations between distribution of concentrations of dry matter and nutrient elements in tomato plants. *Plant and Soil*, 39:675-686.
- GARDNER, W.H. 1965. Water content. *In: C.A. Black et al.* (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1. Agronomy 9:82-127.
- JANES, B.E. 1970. Effect of carbon dioxide, osmotic potential of nutrient solution and light intensity of transpiration and resistances to flow of water in pepper plants. *Plant Physiol.*, 45:95-103.
- KLAR, A.E. 1967. A influência da umidade do solo sobre a cultura da cebola (*Allium cepa* L.). Tese de Doutorado, Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Univ. São Paulo. 77 p (mimeo).
- KLAR, A.E. 1974. A influência do solo e do clima nas necessidades hídricas da cultura da cebola. Tese de Livre-Docência, Fac. Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, S. Paulo. 171 p.
- KLEPPER, B.; TAYLOR, H.M.; HUCK, M.G. & FISCUS, E.L. 1973. Water relations and growth of cotton in drying soil. *Agron. J.*, 65:307-310.
- MAY, L.H. & MILTHORPE, F.L. 1962. Drought resistance of crop plants. *Fld Crop Abstr.* 15: 171-179.
- MILLAR, A.A.; Gardner, W.R. & Goltz, S.M. 1971. Internal water status and water transport in seed onions plants. *Agron. J.* 63: 779-784.
- PENMAN, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Royal Soc., Series A*, 193:120-145.
- PORTAS, C.A.M. 1973. Development of root systems during the growth of some vegetable crops. *Plant Soil.* 39:507-518.
- REICHARDT, K. & LIBARDI, P.L. 1973. A new equation for the estimation of soil water diffusivity. *Symp. Isotopes and Nuclear Techniques in Studies of Soil Physics. Irrigation and Drainage, as Related to Crop Production*. IAEA, Vienna: 1-5.
- REICHARDT, K. LIBARDI, P.L. & NIELSEN, D.R. 1975. Unsaturated hydraulic conductivity determination by a scaling technique. *Soil Sci.* 120:165-168.
- SINGH, T.N.; PALLEG, L.G. & ASPINALL, D. 1973. Stress metabolism. I. Nitrogen metabolism and growth in the barley plant during water stress. *Aust. J. biol. Sci.* 26:45-55.
- SLATYER, R.O. 1967. *Plant-water relationships*. Academic Press, London. 366 p.
- WILCOX, J.C. 1960. Rate of soil drainage following an irrigation. II. Effects on determination of rate of consumptive use. *Canad. J. Soil Sci.* 40:15-27.
- WILCOX, J.C. 1962. Rate of soil drainage following an irrigation. III. A new concept of the upper limit of available matter. *Canad. J. Sci.* 42:122-128.
- WRIGHT, S.T.C. 1969. An increase in the 'inhibitor' content of detached wheat leaves following a period of wilting. *Planta* 86:10-20.
- YARON, B.; BRESLER, E. & SHALHEVET, J. 1966. A method for uniform packing of soil columns. *Soil Sci.* 101:205-209.

ABSTRACT. – ONION PLANT DEVELOPMENT UNDER DIFFERENT SOIL AND CLIMATE CONDITIONS. I: VEGETATIVE DEVELOPMENT AND ABSOLUTE GROWTH RATE.

The present paper refers to the onion crop (*Allium cepa*, L.) behavior, on two soils (Soil A – Unidade Experimental and Soil B – Unidade Lageado) and two climates, under different soil water regimes; in the field conditions the treatments were distinguished by the following minimum soil water potentials: –15.0; –0.8; –0.3; –0.15 bars, and daily irrigation; in the greenhouse conditions the following treatments were used: – 15.0; –0.2 bars, and other two daily irrigated; these latter were distinguished by receiving or not the drip irrigation.

The treatments with minimum soil water potentials of –0.15 bars allowed the best yields, as in fresh as in dry matter of plants for both soils in the field conditions, however the soil A (thicker texture) was less yielding. In the greenhouse conditions, the soils behaved in the same way, but the daily irrigated treatments were the best, with small advantage for the drip.

There was a tendency to decrease the absolute growth rates of the treatments from the highest to the lowest soil water potentials in both soil and climates for the differences between the two first collects; this tendency was maintained in the greenhouse conditions, but with inversion in the field for the differences between the third and the second collects. There was a tendency to decrease from the highest to the lowest soil water potential treatments in field conditions, but the inverse occurred in the greenhouse conditions.

Index terms: available water to the plants, absolute growth rate.