

OLIVEIRA VR; MAROUELLI WA; TOSTA AL; SELEGUINI A; CARVALHO ADF. 2014. Regime de irrigação para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao deficit hídrico. Horticultura Brasileira 31: S2047- S2054.

Regime de irrigação para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao deficit hídrico

Valter Rodrigues Oliveira¹; Waldir Aparecido Marouelli^{1,3}; Alex Leonardo Tosta²; Alexander Seleguini²; Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho¹

¹Embrapa Hortaliças. C. Postal 218, 70359-970 Brasília-DF; valter.oliveira@embrapa.br, waldir.marouelli@embrapa.com.br, agnaldo.carvalho@embrapa.br; ²Universidade Federal de Goiás. C. Postal 131, 74001-970 Goiânia-GO; alex.tosta@gmail.com, aseleguini@ufg.br; ³Bolsista PQ-CNPq

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o regime de irrigação mais adequado para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao deficit de água em programas de melhoramento genético. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças, Brasília-DF. Os tratamentos, em esquema fatorial, consistiram na combinação de oito genótipos de cebola (Grano TX-08, “IPA-11”, “BRS 367”, “Primavera”, “Optima F₁”, “IPA-10”, CNPH 6179org e “Alfa Tropical”) e cinco regimes de irrigação (100, 80, 60, 40 e 20% da evapotranspiração máxima da cultura - ET_{c_m}). A escolha do melhor regime de irrigação para a discriminação genotípica em condições de deficit hídrico foi baseada em estimativas de precisão experimental e de variáveis que expressam a variabilidade genotípica para caracteres de produção e eficiência de uso da água. Entre os diferentes regimes de irrigação aplicados, o equivalente a 60% da ET_{c_m} foi escolhido como o mais adequado para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao deficit de água em programas de melhoramento genético.

PALAVRAS-CHAVE: *Allium cepa* L., evapotranspiração, melhoramento genético.

ABSTRACT

Irrigation regime for selection of onion genotypes with tolerance to water deficit

The aim of this study was determine the irrigation regime more adequate to the selection of onion genotypes with tolerance to water deficit in genetic breeding programs. The experiment was carried out in greenhouse at Embrapa Vegetables, Brasília-DF, Brazil. The treatments, in a factorial experimental design, consisted of the combination of eight onion genotypes (Grano TX-08, IPA-11, BRS 367, Primavera, Optima F₁, IPA-10, CNPH 6179org and Alfa Tropical) with five irrigation regimes (100, 80, 60, 40 and 20% of maximum crop evapotranspiration - ET_{c_m}). The choice of the best irrigation regime for genotypic discrimination under water deficit conditions was based on estimates of experimental accuracy and parameters that express the genotypic variability

OLIVEIRA VR; MAROUELLI WA; TOSTA AL; SELEGUINI A; CARVALHO ADF. 2014. Regime de irrigação para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao déficit hídrico. Horticultura Brasileira 31: S2047- S2054.

for production characters and water use efficiency. Among the different irrigation regimes evaluated, 60% ETC_m was chosen as the most suitable for the selection of onion genotypes tolerant to water deficit in genetic breeding programs.

Keywords: *Allium cepa* L., evapotranspiration, genetic breeding.

A cebola é espécie altamente exigente em água em todas as fases de crescimento e desenvolvimento, especialmente durante a bulbificação (Marouelli *et al.*, 2011b). A oferta de cebola nacional nos primeiros meses do ano tem oscilado, entre outros fatores, em consequência de quedas de rendimento provocadas por veranicos na Região Sul do Brasil, cujos Estados são os principais fornecedores do produto nos primeiros meses do ano.

Períodos de estresses abióticos, como a seca, tenderão a ser cada vez mais frequentes em decorrência das mudanças climáticas previstas para as próximas décadas. Conseqüentemente, o uso de irrigação em cebola, preferencialmente por meio de sistemas de alta eficiência, deverá ser intensificado como forma de minimizar riscos e aumentar os atuais níveis de produtividade da cultura. Contudo, em muitas regiões não há como ampliar o consumo de água na produção de alimentos, de forma que, para reduzir o uso de água em níveis sustentáveis, além de aumentar a eficiência no uso da água na agricultura irrigada, será necessário investir em novas tecnologias poupadoras de água, incluindo cultivares tolerantes ao déficit hídrico e/ou mais eficientes no uso de água (Rosegrant *et al.*, 2005; Kongyan, 2005).

Uma das etapas para o estabelecimento de programas de melhoramento para maior tolerância ao déficit hídrico e/ou alta eficiência no uso da água consiste em se definir metodologia de avaliação e seleção que possibilitem a expressão de características associadas ao caráter em estudo.

O objetivo deste trabalho foi determinar o regime de irrigação mais adequado para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao déficit hídrico em programas de melhoramento genético.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças, Brasília-DF. Os tratamentos, em esquema fatorial, consistiram na combinação de oito genótipos de cebola (Grano TX-08, “IPA-11”, “BRS 367”, “Primavera”, “Optima F₁”, “IPA-10”,

OLIVEIRA VR; MAROUELLI WA; TOSTA AL; SELEGUINI A; CARVALHO ADF. 2014. Regime de irrigação para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao déficit hídrico. Horticultura Brasileira 31: S2047- S2054.

CNPH 6179org e “Alfa Tropical”) e cinco regimes de irrigação (100, 80, 60, 40 e 20% da evapotranspiração máxima da cultura – ET_{c_m}). Os genótipos foram escolhidos com base na diversidade genética (Santos *et al.*, 2011, Santos *et al.*, 2012) e em estudo prévio de desempenho de genótipos submetidos a diferentes tensões de água no solo (Marouelli *et al.*, 2011a).

O delineamento foi em blocos ao acaso com cinco repetições e a parcela experimental constituiu de um vaso de polietileno de 14,1 dm³, contendo seis plantas. O substrato para os vasos foi composto de mistura de Latossolo Vermelho-Amarelo, areia fina e composto orgânico, na proporção de 100:15:5, em volume, com a adubação conforme análise de solo. Os vasos foram revestidos internamente com saco plástico, para evitar a perda de água por drenagem, e enchidos com 10 kg do substrato.

Após o transplante de mudas foi colocado uma camada (10-15 mm) de palha de arroz sobre a superfície do solo em cada vaso para reduzir a evaporação e, conseqüentemente, o intervalo entre irrigações.

As regas foram diárias e uniformes até o início de bulbificação (relação entre bulbo e pseudocaule de 2:1), tendo sido realizadas quando a tensão média de água no solo, avaliada por tensiômetros instalados a 8 cm de profundidade, atingia 10 kPa (Marouelli *et al.*, 2011b).

Por ocasião do início dos tratamentos, instalou-se tensiômetros a 12 cm de profundidade, em todas as parcelas dos tratamentos com 100% ET_{c_m} . Durante os primeiros 30 dias, as leituras de tensão foram feitas pela manhã, das 8h às 9h30min, e, posteriormente, também à tarde, das 15h às 16h. Todos os tratamentos de um mesmo genótipo eram irrigados quando a médias das tensões no tratamento 100% ET_{c_m} atingia 10 kPa.

O volume de água aplicado nas parcelas com 100% ET_{c_m} foi o necessário para que o solo retornasse ao seu limite superior de retenção (5 kPa), tendo sido calculado usando curva de retenção ajustada por Marouelli *et al.* (2011a). Os volumes de água aplicados nas demais parcelas foram equivalentes a 20, 40, 60 e 80% da ET_{c_m} . A última rega e a colheita, num mesmo tratamento, foram realizadas com 50% e 90% de plantas estaladas, respectivamente.

Foram avaliados a massa fresca e a massa seca de bulbos, a massa seca de raízes, a eficiência no uso da água (Eua) com base na massa fresca e na massa seca de bulbos, a

OLIVEIRA VR; MAROUELLI WA; TOSTA AL; SELEGUINI A; CARVALHO ADF. 2014. Regime de irrigação para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao deficit hídrico. Horticultura Brasileira 31: S2047- S2054.

relação entre massa fresca de bulbos e massa seca de raízes e a relação entre massa seca de bulbos e massa seca de raízes. A Eua foi definida pela relação entre a massa fresca ou seca de bulbos e o volume total de água aplicado por parcela do transplante até a colheita (ΣET_c).

Realizou-se a análise de variância (teste F, $p \leq 0,05$) de cada uma das características avaliadas, em cada regime de irrigação, adotando-se o modelo estatístico fixo. Adicionalmente, da análise de variância estimaram-se, para cada característica e regime de irrigação, as seguintes estatísticas: componente de variação fenotípico ($\hat{\sigma}_f^2$), dado pela relação QMG/r; componente quadrático que expressa a variabilidade genotípica entre as médias de genótipos ($\hat{\phi}_g$), dado pela relação (QMG-QMR)/r; coeficiente de variação experimental (CV_e), dado pela expressão $100\sqrt{QMR}/\hat{m}$; coeficiente de variação genotípico (CV_g), dado pela expressão $100\sqrt{\hat{\phi}_g}/\hat{m}$; relação CV_g/CV_e ; e coeficiente de determinação genotípico (H^2), dado pela relação $\hat{\phi}_g/\hat{\sigma}_f^2$. Nas expressões anteriores, QMG, QMR, r e \hat{m} correspondem ao quadrado médio de genótipos, quadrado médio do resíduo, número de repetições e média geral da característica avaliada, respectivamente. Estes parâmetros foram utilizados na identificação do regime de irrigação mais adequado para a discriminação genotípica para estudos de tolerância ao deficit hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores significativos da estatística F (Tabela 1) indicam a ocorrência de diferenças entre médias de genótipos para todos os caracteres em todos os regimes de irrigação avaliados. Para massa fresca (MFbu) e massa seca (MSbu) de bulbos e para os caracteres de eficiência de uso da água (EbuF e EbuS), as diferenças entre médias de genótipos (maiores valores de F) foram mais evidentes nos regimes de irrigação de 80 e 100% da ET_{c_m} , considerados ótimos para o crescimento e produção de plantas de cebola (Marouelli *et al.*, 2011b). Por outro lado, para os dois caracteres que relacionam a produção da biomassa de bulbos com a biomassa de raiz (MFbuMSra e MSbuMSra), os valores de F tenderam a ser maiores nos regimes de irrigação intermediários (40 e 60% ET_{c_m}). Para massa seca de raiz (MSra), maior valor de F ocorreu no regime de irrigação de 20% da ET_{c_m} . A ampla variabilidade apresentada pelos genótipos indica

que o critério de escolha de genótipos com base na diversidade genética foi adequado para o presente estudo.

De modo geral, as maiores amplitudes de variação nos valores máximo e mínimo ocorreram nos caracteres de produção MFbu, MSbu e MSra e nos caracteres MFbuMSra e MSbuMSRA em todos os regimes hídricos (Tabela 1).

A eficiência de programas de melhoramento de cebola visando maior tolerância ao deficit hídrico depende da escolha do regime de irrigação para avaliação e seleção que permita a expressão dos caracteres relacionados à tolerância. Assim, o melhor regime de irrigação para a discriminação genotípica quanto a tolerância ao deficit hídrico deve ser aquele, abaixo do ótimo para a produção, que proporcione boa precisão experimental ($<CV_e$) e permita a maior expressão da variabilidade genotípica para os caracteres importantes. Neste sentido, os elevados valores da estatística F e dos parâmetros CV_e , H^2 e CV_g/CV_e para todos os caracteres avaliados no regime de 60% ET_{c_m} evidenciam uma situação favorável à identificação de genótipos contrastantes para tolerância ao deficit hídrico (Tabela 1).

Estimativa elevada do coeficiente de determinação genotípico (H^2) indica que a maior parte da variação observada entre as médias de genótipos é de natureza genética, enquanto valores superiores à unidade na relação CV_g/CV_e indicam que a variação genética supera a variação ambiental, sendo ambas as situações indicativas de sucesso na seleção de genótipos superiores (Vencovsky, 1987).

Os coeficientes de correlação de postos de Spearman entre as médias dos níveis 40 e 60% da ET_{c_m} dos caracteres MFbu, MSbu, MSra, EbuF e EbuS foram positivos e de magnitude variando de 0,88 a 0,95 (Tabela 2). Os altos valores de correlação indicam que houve alta taxa de coincidência na ordem de classificação dos genótipos nos dois regimes de irrigação para estes caracteres, ou seja, os melhores genótipos no nível 40% da ET_{c_m} também tenderam a ser os melhores no nível 60% da ET_{c_m} .

Conclui-se que, apesar das estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos no regime de 40% ET_{c_m} não indicarem situação tão favorável à seleção quanto no regime de 60% ET_{c_m} , regimes de irrigação de 40% a 60% ET_{c_m} poderão ser adotados em trabalhos de melhoramento de cebola visando tolerância ao deficit hídrico.

REFERÊNCIAS

KONGYAN Y. 2005. Water-saving farming technologies. *New AG International*, Middlesex, p.46-3.

OLIVEIRA VR; MAROUELLI WA; TOSTA AL; SELEGUINI A; CARVALHO ADF. 2014. Regime de irrigação para a seleção de genótipos de cebola tolerantes ao déficit hídrico. *Horticultura Brasileira* 31: S2047- S2054.

MAROUELLI WA; OLIVEIRA VR; TOSTA AL; BARRETO YC; MACEDO TC. 2011a. Avaliação de genótipos de cebola submetidos a diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá. *Geração de tecnologias inovadoras e o desenvolvimento do Cerrado Brasileiro: Anais*. Jaboticabal: SBEA, CD-Rom.

MAROUELLI WA; VIDIGAL SM; COSTA EL. 2011b. Irrigação e fertirrigação na cultura da cebola. In: SOUSA VF; MAROUELLI WA; COELHO EF; PINTO JM; COELHO FILHO MA (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.585-608.

ROSEGRANT MW; CAI X; CLINE SA. 2002. *Global water outlook to 2025: averting an impending crisis*. Washington: International Food Policy Research Institute: International Water Management Institute. 28p.

SANTOS MDM; RAGASSI CF; FONSECA MEN; BUZAR AGR; OLIVEIRA VR; MELO PCT; BOITEUX LS. 2012. Diversidade genética em germoplasma tropical de cebola estimada via marcadores RAPD. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.1, p. 112-118.

SANTOS CAF; OLIVEIRA VR; RODRIGUES MA; RIBEIRO HLC; SILVA GO. 2011. Similaridade genética entre cultivares de cebola de diferentes tipos e origens, baseada em marcadores AFLP. *Horticultura Brasileira* 29: 32-37.

VENCOVSKY R. 1987. Herança quantitativa. In. PATERNIANI, E; VIEGAS, GP (Eds.) *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p.135-214.



Tabela 1. Estatística F, coeficientes de variação genotípico (CV_g) e experimental (CV_e), relação CV_g/CV_e , coeficiente de determinação genotípico (H^2) e valores máximo, mínimo e médio de massa fresca de bulbos (MFbu), massa seca de bulbos (MSbu), massa seca de raízes (MSra), eficiências de uso da água com base na massa fresca de bulbos (EbuF) e na massa seca de bulbos (EbuS), relação massa fresca de bulbos/massa seca de raízes (MFbuMSra), relação massa seca de bulbos/massa seca de raízes (MSbuMSra) de genótipos de cebola nos cinco regimes de irrigação (% evapotranspiração máxima – ET_{c_m}). [F Statistics, genotypic coefficient of variation (CV_g), experimental coefficient of variation (CV_e), ratio CV_g/CV_e , genotypic coefficient of determination (H^2) and maximum, minimum and average values of fresh weight of bulbs (MFbu), dry weight of bulbs (MSbu), dry weight of roots (MSra), water use efficiency based on fresh weight of bulbs (EbuF), water use efficiency based on dry weight of bulbs (EbuS), ratio fresh weight of bulbs/dry weight of roots (MFbuMSra), and ratio dry weight of bulbs/dry weight of roots (MSbuMSra) of onion genotypes, according the irrigation levels (% maximum evapotranspiration – ET_{c_m})]. Brasília-DF, Embrapa Hortaliças, 2013.

Parâmetro	Característica						
	MFbu (g)	MSbu (g)	MSra (g)	EbuF (kg L ⁻¹)	EbuS (g L ⁻¹)	MFbuMSra (g g ⁻¹)	MSbuMSra (g g ⁻¹)
----- 20% ET_{c_m} -----							
F	11,70*	19,71**	39,05**	2,44*	7,40**	3,33*	3,16*
CV_g	48,39	52,99	57,93	15,65	29,82	33,16	26,79
CV_e	33,08	27,39	21,00	29,13	26,35	48,60	40,78
CV_g/CV_e	1,46	1,93	2,76	0,54	1,13	0,68	0,66
H^2	91,45	94,93	97,44	59,01	86,50	69,96	68,33
Máximo	736,90	47,61	12,08	24,20	1,97	206,20	11,83
Mínimo	37,40	3,36	1,00	4,36	0,39	24,13	1,87
Médio	251,78	19,04	4,55	13,20	1,00	63,66	4,67
----- 40% ET_{c_m} -----							
F	15,43**	22,97**	23,12**	5,56**	14,85**	3,23**	5,71**
CV_g	34,37	50,76	55,32	18,38	36,55	22,91	8,67
CV_e	20,23	24,21	26,30	19,25	21,97	34,33	39,84
CV_g/CV_e	1,70	2,10	2,10	0,96	1,66	0,67	0,97
H^2	93,52	95,65	95,68	82,01	93,26	69,00	82,49
Máximo	1102,00	99,23	12,65	37,88	3,07	243,27	21,91
Mínimo	127,30	7,71	1,21	10,02	0,63	32,25	2,69
Médio	550,14	42,86	4,87	21,85	1,63	133,20	9,83
----- 60% ET_{c_m} -----							
F	27,13**	34,91**	30,71**	6,51**	23,09**	3,82**	6,39**
CV_g	31,37	49,94	51,92	14,38	34,32	22,86	29,81
CV_e	13,72	19,18	21,30	13,70	16,33	30,46	28,71
CV_g/CV_e	2,29	2,60	2,44	1,05	2,10	0,75	1,04
H^2	96,31	97,14	96,74	84,63	95,67	73,79	84,35
Máximo	1237,00	116,76	11,87	41,35	3,20	382,66	24,78
Mínimo	244,90	11,55	0,64	15,03	0,61	68,05	3,69
Médio	828,96	60,89	5,00	25,93	1,82	195,49	13,22
----- 80% ET_{c_m} -----							
F	63,95**	68,77**	29,98**	11,22**	20,99**	2,44*	2,69*
CV_g	33,03	54,49	52,53	15,32	35,03	20,03	20,21
CV_e	9,31	14,80	21,82	10,71	17,52	37,37	34,74
CV_g/CV_e	3,55	3,68	2,41	1,43	2,00	0,54	0,58
H^2	98,44	98,55	96,66	91,10	95,24	58,96	62,86
Máximo	1565,90	139,55	13,52	38,23	3,22	515,90	30,26
Mínimo	205,70	11,10	0,96	13,24	0,71	85,82	4,67
Médio	1041,00	73,41	5,97	26,83	1,80	207,48	13,16
----- 100% ET_{c_m} -----							
F	32,22**	53,12**	31,61**	8,85**	28,94**	3,39**	3,00*
CV_g	30,46	51,57	63,87	12,97	32,49	29,22	26,82
CV_e	12,19	15,97	25,81	10,35	13,74	42,26	42,45
CV_g/CV_e	2,50	3,23	2,47	1,25	2,36	0,69	0,63
H^2	96,90	98,12	96,84	88,70	96,55	70,50	66,62
Máximo	1830,90	184,41	18,68	35,66	3,00	612,67	39,95
Mínimo	396,40	19,39	0,83	16,12	0,82	61,76	4,28
Médio	1226,30	87,52	6,79	27,16	1,84	235,71	15,06

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. (significant at 1% and 5% of probability, respectively, according to F test).

Tabela 2. Médias de massa fresca de bulbos (MFbu), massa seca de bulbos (MSbu), massa seca de raízes (MSra), eficiência de uso da água com base na massa fresca de bulbos (EbuF), eficiência de uso da água com base na massa seca de bulbos (EbuS), relação massa fresca de bulbos/massa seca de raízes (MFbuMSra) e relação massa seca de bulbos/massa seca de raízes (MSbuMSra) de oito genótipos de cebola nos regimes de irrigação de 40 e 60 % ETC_m (evapotranspiração máxima). [Means of fresh weight of bulbs (MFbu), dry weight of bulbs (MSbu), dry weight of roots (MSra), water use efficiency based on fresh weight of bulbs (EbuF), water use efficiency based on dry weight of bulbs (EbuS), ratio fresh weight of bulbs/dry weight of roots (MFbuMSra), and ratio dry weight of bulbs/dry weight of roots (MSbuMSra) of eight onion genotypes, according the irrigation levels of 40 and 60% ETC_m (maximum evapotranspiration)]. Brasília-DF, Embrapa Hortaliças, 2013.

Genótipo	Característica							
	MFbu (g)		MSbu (g)		MSra (g)		EbuF (kg L ⁻¹)	
	% ETC _m							
	40	60	40	60	40	60	40	60
CNPH 6179org	789,6	1071,5	69,2	93,2	6,37	6,12	24,4	27,3
“Alfa Tropical”	634,3	1056,5	54,1	78,6	10,73	10,34	15,6	20,7
“IPA 10”	711,8	971,4	68,7	96,4	5,07	4,71	25,2	25,6
“IPA 11”	618,6	849,1	31,4	41,0	4,41	4,55	25,6	27,4
“Optima F ₁ ”	177,2	282,5	9,8	14,5	1,58	1,15	16,3	21,5
“Primavera”	378,5	636,4	16,4	29,5	3,43	3,23	19,2	25,2
“BRS 367”	501,6	785,1	49,6	81,7	4,10	5,55	21,3	25,8
Grano - TX 08	589,6	979,1	43,8	52,1	3,22	4,34	27,2	33,9
r ¹	0,88		0,95		0,92		0,93	
Genótipo	EbuS (g L ⁻¹)		MFbuMSra (g g ⁻¹)		MSbuMSra (g g ⁻¹)			
	% ETC _m							
	40	60	40	60	40	60	40	60
	CNPH 6179org	2,1	2,4	147,2	187,5	12,8	16,0	
“Alfa Tropical”	1,3	1,5	60,5	105,5	5,1	7,8		
“IPA 10”	2,4	2,5	152,1	209,7	14,7	21,0		
“IPA 11”	1,3	1,3	147,4	196,2	7,3	9,5		
“Optima F ₁ ”	0,9	1,1	120,8	276,6	6,6	14,2		
“Primavera”	0,8	1,2	118,1	214,1	5,1	9,8		
“BRS 367”	2,1	2,7	131,5	145,2	12,9	15,4		
Grano - TX 08	2,0	1,8	188,1	229,1	14,2	12,2		
r ¹	0,90		0,31		0,69			

¹ Coeficiente de correlação de Spearman entre médias nos regimes de irrigação de 40 e 60% da ETC_m para cada característica. (Spearman's rank correlation coefficient between means at irrigation levels of 40 and 60% ETC_m, for each character).