



Revista Ceres

ISSN: 0034-737X

ceresonline@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa  
Brasil

Ferreira de Carvalho, Agnaldo Donizette; Olegário da Silva, Giovani; Borges Pereira,  
Ricardo

Capacidade de combinação de genitores de cenoura para caracteres de produtividade de  
raízes e tolerância à queima-das-folhas

Revista Ceres, vol. 63, núm. 2, março-abril, 2016, pp. 183-190

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305245781009>

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

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

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

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

# Capacidade de combinação de genitores de cenoura para caracteres de produtividade de raízes e tolerância à queima-das-folhas

Agnaldo Donizette Ferreira de Carvalho<sup>1\*</sup>, Giovani Olegário da Silva<sup>2</sup>, Ricardo Borges Pereira<sup>3</sup>

10.1590/0034-737X201663020009

## RESUMO

A demanda de mercado por uniformidade e produtividade de raízes comerciais de cenoura tem priorizado materiais híbridos em detrimento às variedades de polinização aberta. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho estimar as capacidades de combinação de genitores de cenoura para os caracteres produtividade de raiz e resistência à queima-das-folhas. Os experimentos foram realizados no Gama, DF, nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Foram avaliados 33 híbridos de cenoura, originados de cruzamentos entre três populações macho-estéreis, com 11 linhagens S<sub>2</sub> macho-férteis, sendo todos os genitores de origem tropical. Aos 90 dias após a semeadura, foi estimada a severidade da doença queima-das-folhas, nas parcelas. Aos 100 dias após a semeadura, foi realizada a colheita e foram avaliados os caracteres de produtividade de raízes. Foram realizadas análises de variância e análise dialélica parcial, para cada ano e, conjunta, para os dois anos. Verificou-se que genes de efeitos aditivos e não aditivos são importantes na manifestação dos caracteres de produtividade de raízes e de resistência à queima-das-folhas, em híbridos de cenoura. Os genitores macho-estéreis com maior capacidade geral de combinação para produtividade de raízes são as linhagens LM-649 e LM-650 e, dentre os macho-férteis, a linhagem LM-555-2-2. Os melhores híbridos para produtividade de raízes e para resistência à queima-das-folhas são LM-649 × LM-555-11-1, LM-650 × LM-555-7-1 e LM-650 × LM-554-8-1.

**Palavras-chave:** *Daucus carota* L., híbridos, análise dialélica parcial.

## ABSTRACT

### Combining ability of carrot progenitors for the characters root yield and leaf blight tolerance

The market demand for uniformity and productivity of commercial carrot roots has prioritized hybrid materials instead of open pollinated varieties. In this sense, the objective of this study was to estimate the ability of combining carrot progenitors for the characters root yield and tolerance to leaf blight. The experiments were carried out at Gama-DF, during the 2012-13 and 2013-14 season. Thirty-three carrot hybrids, originated from crosses among three male-sterile populations and 11 male-fertile S<sub>2</sub> lines from tropical origin were assessed. At 90 days after sowing, the incidence of leaf blight disease was evaluated in the plots. At 100 days after sowing, the plants were harvested and root yield characters were evaluated. The analysis of variance was performed and the effects of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) were estimated. It was verified that both additive and non-additive genes are important to express characters of root yield and leaf blight tolerance. The male-sterile progenitors with higher general combining ability for root yield are the LM-649 and LM-650 lines, and among the male-fertile, the LM-555-2 line is the highest. The best hybrids for root yield and tolerance to leaf blight are LM-649 × LM-555-11-1, LM-650 × LM-555-7-1 and LM-650 × LM-554-8-1.

**Key words:** *Daucus carota* L., hybrids, partial diallel analysis.

Submetido em 29/06/2015 e aprovado em 24/11/2015.

<sup>1</sup> Embrapa Hortaliças, Brasília, Distrito Federal, Brasil. agnaldo.carvalho@embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa Hortaliças/SPM, Canoinhas, Santa Catarina, Brasil. giovani.olegario@embrapa.br

<sup>3</sup> Embrapa Hortaliças, Brasília, Distrito Federal, Brasil. ricardo-borges.pereira@embrapa.br

\*Autor para correspondência: agnaldo.carvalho@embrapa.br

## INTRODUÇÃO

No início dos anos 80 foi lançada a cultivar de cenoura Brasília (*Daucus carota* L.), pela Embrapa (Vieira *et al.*, 1983), que chegou a ocupar mais de 80% da área cultivada com cenoura de verão, no Brasil (Vilela *et al.*, 1997). Esse sucesso deu-se em função da alta produtividade de Brasília e, principalmente, da resistência à queima-das-folhas (doença causada pelo complexo *Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Sholk, *Cercospora carotae* (Passerini) Solheim e *Xanthomonas campestris* (Pam.) Dows. pv. *carotae* Kendr), considerada mundialmente a principal doença da cenoura, em cultivos de verão (Le Clerc *et al.*, 2015).

Contudo, em função da demanda atual do mercado de sementes, por cultivares híbridas, a comercialização de sementes de cultivares de polinização livre, a exemplo das cultivares lançadas pela Embrapa, vem sendo substituída por híbridos. Essa demanda deve-se à maior uniformidade de raízes dos híbridos e, conseqüentemente, ao maior rendimento de raízes comerciais (Vieira *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2012).

Diante dessa tendência, os programas de melhoramento genético da cultura de cenouras, que inicialmente trabalhavam no desenvolvimento de cultivares de polinização aberta, iniciaram programas visando à obtenção de sementes híbridas, o que também ocorreu na Embrapa. A obtenção de híbridos de cenoura em escala comercial somente foi possível após a descoberta da macho-esterilidade, denominada “brown”, que possibilitou o cruzamento entre linhagens distintas (Alessandro *et al.*, 2013).

Para a seleção de linhagens genitoras, uma das metodologias mais eficientes e comumente utilizadas em programas de melhoramento genético é a análise dialélica, a qual propicia estimativas de parâmetros genéticos, úteis para a seleção de genitores a serem utilizados na hibridação e no entendimento da ação gênica envolvida na determinação dos caracteres e da existência de heterose, proporcionando, assim, grandes avanços para a seleção (Cruz *et al.*, 2012). Dentre os vários métodos propostos para a análise de cruzamentos dialélicos, o método de Griffing (1956) tem sido amplamente empregado. Esse método proporciona informações a respeito da capacidade geral de combinação dos genitores (CGC), que está relacionada com a concentração de genes predominantemente aditivos, e da capacidade específica de combinação (CEC), relacionada com a concentração de genes de efeito basicamente não aditivo [(dominância e epistasia) (Castiglioni *et al.*, 1999)].

A dificuldade de se estudar grande número de genitores nos dialelos completos fez com que adaptações, como a dos dialelos parciais, fossem desenvolvidas. Essas adaptações envolvem a avaliação de genitores dis-

postos em dois grupos, pertencentes ou não a um conjunto comum, sendo as inferências feitas para cada grupo (Cruz *et al.*, 2012).

Poucos trabalhos publicados na literatura apresentam estimativas da capacidade combinatória em cenoura. No entanto, alguns estudos mostraram a existência de heterose e a eficiência da utilização de análise dialélica, para a escolha de genitores e de combinações híbridas superiores (Duan *et al.*, 1996; Simon & Strandberg, 1998; Guan *et al.*, 2001; Jagosz, 2012; Carvalho *et al.*, 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar as capacidades de combinação, identificando os melhores genitores de cenoura para caracteres de produtividade de raiz e de tolerância à queima-das-folhas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Gama, DF, nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Foram avaliados 33 híbridos de cenoura, originados de cruzamentos controlados entre dois grupos de genitores, em modelo dialélico parcial ( $3 \times 11$ ), conforme o modelo do “experimento 2” de Comstock & Robinson (1948). Esse modelo envolve a avaliação de genitores dispostos em dois grupos, pertencentes ou não a um conjunto comum (Cruz *et al.*, 2012). Os genitores do grupo I foram as linhagens macho-estéreis denominadas LM-633, LM-649 e LM-650, enquanto o grupo II foi composto pelos genitores macho-férteis: LM-555-13-1, LM-555-2-2, LM-555-7-1, LM-555-2-1, LM-555-60-1, LM-554-8-1, LM-570-34-1, LM-588-11-1, LM-555-29-2, LM-588-11-4, LM-555-59-3, sendo os dois grupos de origem tropical.

No ano agrícola de 2012/13, os 33 híbridos foram cultivados em delineamento de blocos aumentados e três cultivares testemunhas, coincidentes em cada repetição, Brasília, Juliana F<sub>1</sub> e BRS Planalto. A semeadura foi realizada em 18/11/2012. O uso desse delineamento deu-se em função da pequena quantidade de sementes disponíveis. Já no ano agrícola de 2013/14, os híbridos foram cultivados em delineamento de blocos casualizados, com três repetições, e a semeadura foi realizada no dia 12/11/2013.

Para a realização dos experimentos, o solo foi convencionalmente preparado com aração e gradagem. Em seguida, foram suspensos canteiros de 1,0 m de largura, os quais foram adubados, a lanço, com 1.200 kg.ha<sup>-1</sup> do formulado comercial (N-P-K) 04-30-16, mais boro e zinco. Para a incorporação do adubo nos canteiros, utilizou-se um roto-encanteirador. Em ambos os experimentos, a semeadura foi realizada em sulcos feitos no sentido transversal dos canteiros, em espaçamento duplo, sendo o espaça-

mento entre linhas simples de 10 cm e entre fileiras duplas de 20 cm, com quatro linhas duplas em cada parcela. As parcelas mediram 1,2 m<sup>2</sup>. Os tratamentos culturais dos experimentos foram realizados conforme Filgueira (2003). O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida *linuron*, na dose de 0,99 L de i.a. ha<sup>-1</sup> quatro dias após a semeadura. O desbaste das plantas foi realizado 30 dias após a semeadura, deixando o espaçamento aproximado de 5 cm entre plantas. Em seguida, fez-se a adubação de cobertura, com aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio (N = 20%). A irrigação suplementar, quando necessária, foi realizada por aspersão convencional, até que o solo atingisse a capacidade de campo. Não foram utilizados fungicidas ou bactericidas para o controle de doenças.

Aos 90 dias após a semeadura, foi avaliada a severidade da queima-das-folhas, nas parcelas, e, aos 100 dias, foi realizada a colheita e avaliados os caracteres número total de raízes na parcela (NTR), massa total de raízes na parcela (MTR), número de raízes comercializáveis por parcela (NRC), massa de raízes comercializáveis por parcela (MRC). Foram consideradas comercializáveis as raízes com, no mínimo, 2,5 cm de diâmetro e 14 cm de comprimento. Os caracteres MTR e MRC foram transformados para t ha<sup>-1</sup>.

Os dados foram confirmados quanto à normalidade de distribuição (teste de Lilliefors) (Campos, 1983) e à homogeneidade de variância (teste de Bartlett) (Steel & Torrie, 1980) dos erros. Posteriormente, foram realizadas análises de variância e dialélica parcial, para cada ano, e, conjunta, para os dois anos.

As análises foram realizadas com o programa GENES VS. 2013.5.1 (Cruz, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância dialélica parcial revelaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para todos os caracteres, entre híbridos e cultivares, nos anos agrícolas de 2012/13, e entre híbridos, em 2013/14 (Tabela 1). Houve interação significativa entre genótipos e anos e interação entre capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) com anos de cultivo, para todos os caracteres.

As produtividades de raízes foram maiores em 2013/14, em comparação com as de 2012/13 (Tabela 1). Em 2012/13, quando foram utilizados cultivares testemunhas, em média, a produtividade de raízes dos híbridos foram semelhantes às dos cultivares Juliana F<sub>1</sub> e BRS Planalto, e superiores à do cultivar Brasília. Quanto à queima-das-folhas, os híbridos, em média, foram mais tolerantes do que os cultivares Juliana F<sub>1</sub> e Brasília e semelhantes a

BRS Planalto. A produtividade média de raízes comercializáveis dos híbridos variou de 24,26 a 38,43 t ha<sup>-1</sup>, nos dois anos, enquanto a produção total de raízes variou de 33,26 a 48,81 t ha<sup>-1</sup>; já a severidade média para queima-das-folhas variou de 16,77 a 29,18%. Carvalho *et al.* (2014) avaliaram híbridos obtidos de linhagens temperadas e tropicais e verificaram produtividade de raízes superiores às obtidas neste trabalho, com 40,58 t ha<sup>-1</sup> de raízes comercializáveis e 55,63 t ha<sup>-1</sup> de rendimento total de raízes; já para a queima-das-folhas, a severidade média foi semelhante, 28,32%. Esses valores de produtividade de raízes são superiores à média nacional, que é de 29,43 t ha<sup>-1</sup> (Embrapa Hortaliças, 2012), enquanto, em regiões que utilizam híbridos e grande quantidade de insumos, principalmente fertilizantes, agroquímicos e irrigação suplementar por pivô central, em praticamente 100% da área, como em São Gotardo-MG e Criatalina-GO, os rendimentos podem chegar a 100 t ha<sup>-1</sup>, em cultivos de inverno (Hortifruti Brasil, 2014).

No conjunto de caracteres avaliados, considerando-se ambos os anos, verificou-se que os efeitos de CGC e CEC foram significativos para a maioria dos caracteres, a única exceção foi para a CGC do grupo I de genótipos para o caráter produtividade total de raízes (PTR), em 2013/14 (Tabela 1). Na observação da magnitude dos quadrados médios, pode-se verificar que não há predominância de efeitos da CGC ou da CEC nos diferentes anos, ou seja, ambos os efeitos foram importantes.

Simon & Strandberg (1998) avaliaram cinco linhagens divergentes e amplamente utilizadas nos programas de melhoramento de cenoura dos EUA, para tolerância a queima de alternária, e verificaram predomínio dos efeitos aditivos no controle desse caráter, mas com algum efeito de dominância. Já Carvalho *et al.* (2014) avaliaram híbridos obtidos em cruzamentos de linhagens de origem tropical e temperada e verificaram predominância de efeitos não aditivos para a queima-das-folhas.

Em relação à produtividade de raízes, Duan *et al.* (1996) e Guan *et al.* (2001) constataram efeitos de heterose e predomínio dos efeitos da CGC, em trabalhos realizados com híbridos de cenoura, embora os efeitos de dominância (CEC) também tenham contribuído significativamente na produtividade de raízes da maioria das combinações híbridas. Jagosz (2012), estudando linhagens europeias, verificaram predominância de efeitos aditivos para produtividade total de raízes, e não aditivos para produtividade de raízes comercializáveis. Já Carvalho *et al.* (2014) verificaram predominância de efeitos aditivos na expressão dos caracteres de produtividade de raízes. Considerando-se a inexistência de um padrão entre as literaturas, os resultados obtidos neste estudo,

e no trabalho de Carvalho *et al.* (2014), que utilizaram linhagens de origens temperada e tropical, sugere que a predominância de ação gênica aditiva ou não aditiva, em híbridos de cenoura, é específica dos grupos heteróticos avaliados.

Em relação à CGC do grupo I de genótipos, linhas macho-estéreis, observando as estimativas que se repetiram nos dois anos, verifica-se que a linhagem LM-649 foi superior às demais para a maioria dos caracteres de produtividade de raízes, contribuindo com genes aditivos principalmente para a massa de raízes comercializáveis (MRC) e totais (MTR), enquanto a linhagem LM-650 apresentou maior CGC para número de raízes comercializáveis (NRC) e a linhagem LM-633 não apresentou desempenho estável nos dois anos (Tabela 2). Para a tolerância à queima-das-folhas, em que valores negativos de capacidade de combinação são preferíveis, observa-se que a linhagem LM-633 foi superior, em 2012/13, e, LM-649, em 2013/14, enquanto a linhagem LM-650 apresentou o pior desempenho (Tabela 2).

A variabilidade genética entre linhagens de origem temperadas foi estudada por Simon & Strandberg (1998). Esses autores encontraram diferenças altamente significativas entre elas e concluíram que as linhagens poderi-

am contribuir de forma distinta, nos híbridos, para a maior ou menor tolerância à queima-das-folhas. O mesmo foi observado por Carvalho *et al.* (2014) que verificaram grande variabilidade para a tolerância à queima-das-folha, sem genitores de origem temperada, algumas contribuindo para melhoria do caráter. Em relação à seleção de genitores mais tolerantes à queima-das-folhas, para produção de híbridos de verão, essa característica deve ser considerada, pois, segundo Brito *et al.* (1997) e Pereira *et al.* (2012), a desfolha causada pela doença reflete-se em menores produtividade e qualidade de raízes.

As maiores e mais estáveis CGC para os genótipos do grupo II, linhas macho-férteis, para os caracteres de produtividade de raiz, foram obtidas pela linhagem LM-555-2-2, que apresentou desempenho inferior apenas em relação ao número total de raízes por parcela (Tabela 2); da mesma forma, as linhagens LM-554-8-1 e LM-588-11-4 também apresentaram maiores CGC para massa de raízes comercializáveis (MRC). Para a tolerância à queima-das-folhas, os maiores valores negativos para CGC foram obtidas pelas linhagens LM-555-29-2, LM-588-11-4 e LM-555-59-3. Observa-se, portanto, que não foi possível identificar linhagens, no grupo II, que contribuíssem com CGC desejáveis para ambos, os caracteres de produtividade

**Tabela 1:** Quadrados médios da análise de variância dialélica de genitores de cenoura, para caracteres de produtividade de raízes e tolerância à queima-das-folhas, avaliados nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14, Brasília, 2014

FV	GL	NRC	MRC	NTR	MTR	QDF
2012/13						
Genótipos	32	203,18*	90,18*	837,87*	132,78*	454,48*
CGC-grupo I	2	94,18*	76,23*	1490,27*	6,69*	1046,13*
CGC-grupo II	10	365,20*	164,75*	946,60*	220,59*	393,61*
CEC	20	133,08*	54,29*	718,27*	101,47*	426,25*
Média dos híbridos	-	35,33	24,26	70,33	33,26	29,18
Média Brasília	-	22,78	14,11	69,11	23,86	46,11
Média Juliana F <sub>1</sub>	-	33,89	21,68	69,89	32,12	50,70
Média BRS Planalto	-	30,44	24,10	69,56	32,95	30,32
2013/14						
Genótipos	32	125,95*	54,00*	604,08*	72,88*	195,17*
CGC-grupo I	2	42,88*	10,30*	1306,44*	1,90	198,83*
CGC-grupo II	10	79,22*	35,85*	392,36*	50,75*	271,54*
CEC	20	157,63*	67,44*	639,70*	91,04*	156,61*
Média dos híbridos	-	67,23	38,43	108,78	48,81	16,77
Conjunta						
Genótipo × ano	32	165,29*	77,85*	607,24*	103,65*	211,08*
CGC-grupo I × ano	2	80,40*	24,78*	1172,56*	7,73*	559,62*
CGC-grupo II × ano	10	221,50*	98,63*	541,72*	103,69*	239,88*
CEC × ano	20	145,67*	72,76*	583,46*	113,22*	161,83*

NRC: número de raízes comercializáveis por parcela; MRC: massa de raízes comercializáveis t ha<sup>-1</sup>; NTR: número total de raízes por parcela; MTR: massa total de raízes t ha<sup>-1</sup>; QDF: severidade da queima-das-folhas. CGC: Capacidade geral de combinação; CEC: Capacidade específica de combinação.

\*Diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade.



de raízes e os de tolerância à queima-das-folhas, indicando que se deve tentar obter cruzamentos entre genótipos dos dois grupos, buscando aliar elevada produtividade de raízes e tolerância à doença.

Observando as estimativas de capacidades específicas de combinação, que foram mais estáveis nos anos de 2012/13 (Tabela 3) e 2013/14 (Tabela 4), verifica-se que, para os caracteres de raízes comercializáveis, os cruzamentos LM-649 × LM-555-2-1, LM-649 × LM-555-59-3, LM-650 × LM-555-7-1 e LM-650 × LM-554-8-1 foram superiores aos demais. Para a recomendação de um cruzamento, é necessário que pelo menos um dos genitores apresente elevada CGC (Cruz *et al.*, 2012). Ambas as linhagens do grupo I, contidas nestes cruzamentos, tam-

bém foram melhores para estes caracteres em relação à CGC, enquanto, para o grupo II, apenas a linhagem LM-554-8-1 apresentou maior CGC para a PRC. Estes resultados das combinações específicas indicam que houve complementaridade gênica nesses cruzamentos, ocasionada por genes aditivos e também por genes não aditivos, concordando com as proporções dos quadrados médios observados na Tabela 1.

Para o caráter MTR, destacaram-se para os dois anos os cruzamentos LM-649 × LM-588-11-1 e LM-650 × LM-588-11-4 (Tabelas 3 e 4). As linhagens do grupo I envolvidas nestes cruzamentos apresentaram valores positivos de CGC para MTR, em 2012/13, enquanto, em 2013/14, as estimativas não foram significativas. Para os genitores do

**Tabela 2:** Capacidade geral de combinação de genitores de cenoura, para caracteres de produtividade de raízes e de tolerância à queima-das-folhas, avaliados nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14, Brasília, 2014

Genitor	Caracteres <sup>1</sup>				
	Grupo I 2012/13				
	NRC	MRC	NTR	MTR	QDF
LM-633	-1,88	-0,80	-1,97	-0,52	-5,94
LM-649	1,39	1,75	-5,52	0,32	0,68
LM-650	0,49	-0,95	7,49	0,19	5,26
Grupo I 2013/14					
LM-633	-0,11	-0,63	6,64	0,25 <sup>ns</sup>	0,78
LM-649	-1,08	0,45	-5,88	-0,22 <sup>ns</sup>	-2,75
LM-650	1,19	0,18	-0,76	-0,03 <sup>ns</sup>	1,97
Grupo II 2012/13					
LM-555-13-1	11,67	4,02	17,00	5,52	-1,78
LM-555-2-2	4,67	4,76	-6,67	1,10	-1,78
LM-555-7-1	-2,33	-4,47	0,33	-4,02	4,68
LM-555-2-1	-4,00	-2,49	-8,00	-3,82	4,68
LM-555-60-1	-8,33	-5,42	-9,00	-5,28	2,07
LM-554-8-1	1,00	3,11	0,67	3,32	8,53
LM-570-34-1	-8,33	-5,47	-18,67	-7,95	8,53
LM-588-11-1	1,00	-1,40	2,33	-1,68	0,84
LM-555-29-2	8,33	6,18	13,33	6,80	-10,69
LM-588-11-4	0,33	2,63	3,00	5,60	-9,47
LM-555-59-3	-4,00	-1,46	5,67	0,41	-5,62
Grupo II 2013/14					
LM-555-13-1	2,22	-1,59	3,10	-0,85	7,41
LM-555-2-2	2,66	2,16	-3,12	1,43	1,17
LM-555-7-1	-2,34	-3,28	-1,79	-3,80	2,69
LM-555-2-1	-5,24	-1,20	-7,56	-2,18	-2,92
LM-555-60-1	0,32	0,22	1,55	-0,22	10,22
LM-554-8-1	-2,68	1,33	-12,57	3,38	1,80
LM-570-34-1	1,99	3,23	4,99	1,74	-1,88
LM-588-11-1	1,22	-1,19	2,10	-3,54	-7,98
LM-555-29-2	-3,79	-1,80	4,66	0,77	-4,69
LM-588-11-4	2,55	1,86	-3,01	0,78	-5,72
LM-555-59-3	3,10	0,28	11,66	2,49	-0,11

NRC: número de raízes comercializáveis por parcela; MRC: massa de raízes comercializáveis t ha<sup>-1</sup>; NTR: número total de raízes por parcela; MTR: massa total de raízes t ha<sup>-1</sup>; QDF: severidade da queima-das-folhas.

grupo II, as linhagens LM-588-11-1 e LM-588-11-4 apresentaram CGC positivas para o NTR e MTR, respectivamente (Tabela 2). Jagosz (2012) verificou que, para produtividade de raízes de cenoura, as linhagens com elevada CGC produzem os híbridos com maior CEC.

Para a tolerância à queima-das-folhas (QDF), considerando-se os cruzamentos que se destacaram para a produtividade de raízes e foram estáveis nos dois anos, maiores valores negativos foram obtidos para os cruzamentos LM-649 × LM-555-2-1, LM-650 × LM-555-7-1 e LM-650 × LM-554-8-1. Do primeiro cruzamento, a linhagem LM-649 destacou-se em relação à CGC para MRC, MTR e QDF, enquanto a linhagem LM-555-2-1 não apresentou bom desempenho para esses caracteres, em relação à CGC, mas pela complementaridade gênica, com ação não aditiva,

o híbrido obtido destacou-se positivamente. A linhagem LM-650 dos dois outros cruzamentos contribuiu com genes aditivos para NRC e MTR; a linhagem LM-554-8-1 contribuiu com genes de ação aditiva para MRC e MTR, enquanto a linhagem LM-555-7-1 também apresentou boa complementaridade gênica e contribuiu com genes não aditivos. Os maiores níveis de tolerância à QDF foram obtidos pelos dois últimos híbridos, que foram formados por genitores que não tiveram valores negativos de CGC para este caráter, sugerindo que para a QDF a CEC foi mais importante, concordando com as observações de Carvalho *et al.* (2014) que verificaram predominância de efeitos não aditivos para a tolerância à queima-das-folhas, também com a avaliação de híbridos de genótipos tropicais e temperados.

**Tabela 3:** Capacidade específica de combinação de genitores de cenoura, para caracteres de produtividade de raízes e de tolerância à queima-das-folhas, avaliados no ano agrícola 2012/13. Brasília, 2014

Híbridos	NRC	MRC	NTR	MTR	QDF
LM-633 × LM-555-13-1	3,88	5,25	6,64	8,27	9,79
LM-633 × LM-555-2-2	5,88	4,78	12,30	7,03	9,79
LM-633 × LM-555-7-1	2,88	-0,26	5,30	1,00	3,33
LM-633 × LM-555-2-1	-5,46	-2,31	-11,36	-4,00	-8,21
LM-633 × LM-555-60-1	-6,12	-2,17	-22,36	-6,00	5,94
LM-633 × LM-554-8-1	-4,46	-5,70	13,97	-1,80	18,86
LM-633 × LM-570-34-1	-2,12	-0,40	-12,70	-3,53	-0,52
LM-633 × LM-588-11-1	-5,46	-2,26	-6,70	-4,07	-15,90
LM-633 × LM-555-29-2	10,21	5,43	8,30	3,98	-8,05
LM-633 × LM-588-11-4	-1,79	-3,22	1,64	-2,22	-5,59
LM-633 × LM-555-59-3	2,55	0,87	4,97	1,32	-9,44
LM-649 × LM-555-13-1	-4,39	-6,11	-11,82	-7,10	-8,38
LM-649 × LM-555-2-2	0,61	-0,58	1,85	-1,01	-8,38
LM-649 × LM-555-7-1	-5,39	-2,82	-4,15	-1,97	16,08
LM-649 × LM-555-2-1	9,27	3,67	30,18	8,04	-3,30
LM-649 × LM-555-60-1	-1,39	0,47	3,18	2,37	-0,68
LM-649 × LM-554-8-1	-5,73	0,80	-25,49	-4,43	-7,14
LM-649 × LM-570-34-1	3,61	0,58	8,85	-0,10	-7,14
LM-649 × LM-588-11-1	8,27	4,85	10,85	5,37	0,55
LM-649 × LM-555-29-2	-3,06	-2,93	2,85	-1,26	12,08
LM-649 × LM-588-11-4	-3,06	-1,64	-11,82	-5,06	-0,69
LM-649 × LM-555-59-3	1,27	3,71	-4,49	5,14	7,01
LM-650 × LM-555-13-1	0,52	0,86	5,18	-1,17	-1,41
LM-650 × LM-555-2-2	-6,49	-4,20	-14,15	-6,02	-1,41
LM-650 × LM-555-7-1	2,52	3,08	-1,15	0,96	-19,41
LM-650 × LM-555-2-1	-3,82	-1,36	-18,82	-4,04	11,51
LM-650 × LM-555-60-1	7,52	1,70	19,18	3,63	-5,26
LM-650 × LM-554-8-1	10,18	4,90	11,52	6,23	-11,72
LM-650 × LM-570-34-1	-1,49	-0,18	3,85	3,63	7,66
LM-650 × LM-588-11-1	-2,82	-2,59	-4,15	-1,30	15,35
LM-650 × LM-555-29-2	-7,15	-2,50	-11,15	-2,73	-4,03
LM-650 × LM-588-11-4	4,85	4,86	10,18	7,27	6,28
LM-650 × LM-555-59-3	-3,82	-4,58	-0,49	-6,46	2,43

NRC: número de raízes comercializáveis por parcela; MRC: massa de raízes comercializáveis t ha<sup>-1</sup>; NTR: número total de raízes por parcela; MTR: massa total de raízes t ha<sup>-1</sup>; QDF: severidade da queima-das-folhas.

**Tabela 4:** Capacidade específica de combinação de genitores de cenoura, para caracteres de produtividade de raízes e de tolerância à queima-das-folhas, avaliados no ano agrícola de 2013/14. Brasília, 2014

Híbridos	NRC	MRC	NTR	MTR	QDF
LM-633 × LM-555-13-1	-4,67	-0,48	-16,19	-3,34	-2,14
LM-633 × LM-555-2-2	-4,78	-6,04	3,36	-5,27	8,67
LM-633 × LM-555-7-1	-0,78	0,93	-11,31	-0,61	-0,54
LM-633 × LM-555-2-1	5,45	-1,03	14,81	-3,66	5,07
LM-633 × LM-555-60-1	5,56	10,36	1,36	10,17	-0,38
LM-633 × LM-554-8-1	10,89	0,49	25,14	7,65	14,50
LM-633 × LM-570-34-1	2,89	3,10	8,59	3,15	-9,69
LM-633 × LM-588-11-1	-5,67	0,64	-7,52	1,50	-5,78
LM-633 × LM-555-29-2	-7,66	-5,96	-14,75	-7,56	-6,15
LM-633 × LM-588-11-4	3,67	3,04	9,92	3,08	-5,84
LM-633 × LM-555-59-3	-4,89	-5,03	-13,41	-5,10	2,27
LM-649 × LM-555-13-1	1,63	-2,56	9,32	2,04	-5,57
LM-649 × LM-555-2-2	-1,14	2,23	-12,12	2,43	-0,05
LM-649 × LM-555-7-1	-5,14	-3,43	4,55	-2,34	2,26
LM-649 × LM-555-2-1	4,41	3,61	-2,34	4,96	-4,39
LM-649 × LM-555-60-1	-6,14	-5,52	7,22	-3,57	-0,68
LM-649 × LM-554-8-1	-11,14	-3,19	-25,01	-9,14	-9,83
LM-649 × LM-570-34-1	5,53	-1,24	5,43	-1,96	2,99
LM-649 × LM-588-11-1	4,30	-0,96	12,32	0,22	5,25
LM-649 × LM-555-29-2	10,97	5,64	13,44	4,44	9,64
LM-649 × LM-588-11-4	-5,70	-0,39	-17,57	-3,14	2,99
LM-649 × LM-555-59-3	2,42	5,79	4,77	6,04	-2,62
LM-650 × LM-555-13-1	3,03	3,04	6,87	1,30	7,71
LM-650 × LM-555-2-2	5,92	3,81	8,76	2,84	-8,62
LM-650 × LM-555-7-1	5,92	2,50	6,76	2,95	-1,72
LM-650 × LM-555-2-1	-9,86	-2,57	-12,47	-1,30	-0,68
LM-650 × LM-555-60-1	0,59	-4,84	-8,58	-6,60	1,06
LM-650 × LM-554-8-1	0,26	2,70	-0,13	1,49	-4,67
LM-650 × LM-570-34-1	-8,42	-1,86	-14,02	-1,19	6,70
LM-650 × LM-588-11-1	1,36	0,32	-4,80	-1,72	0,53
LM-650 × LM-555-29-2	-3,31	0,32	1,31	3,12	-3,49
LM-650 × LM-588-11-4	2,03	-2,65	7,65	0,06	2,85
LM-650 × LM-555-59-3	2,48	-0,76	8,64	-0,94	0,35

NRC: número de raízes comercializáveis por parcela; MRC: massa de raízes comercializáveis t ha<sup>-1</sup>; NTR: número total de raízes por parcela; MTR: massa total de raízes t ha<sup>-1</sup>; QDF: severidade da queima-das-folhas.

## CONCLUSÕES

Os genitores com maior capacidade geral de combinação para produtividade de raízes foram as linhagens macho-estéreis LM-649 e LM-650 e a linhagem macho-fértil 555-2-2.

Os melhores híbridos para produtividade de raízes e para resistência à queima-das-folhas foram LM-649 × LM-555-11-1, LM-650 × LM-555-7-1 e LM-650 × LM-554-8-1.

## REFERÊNCIAS

- Alessandro MS, Galmarini CR, Iorizzo M & Simon PW (2013) Molecular mapping of vernalization requirement and fertility restoration genes in carrot. *Theoretical and Applied Genetics*, 126:415-423.
- Brito CH, Pozza EA, Juliatti FC, Luz JMQ & Paes JMV (1997) Resistência de cultivares de cenoura (*Daucus carota*) a queima-das-folhas durante o verão. *Revista Ceres*, 44:371-379.
- Campos H (1983) *Estatística experimental não paramétrica*. 4ª ed. Piracicaba, FEALQ. 349p.
- Carvalho ADF, Silva GO, Pereira RB, Pinheiro JB & Vieira JV (2014) Capacidade combinatória em cenoura para componentes de produção e tolerância à queima-das-folhas. *Horticultura Brasileira*, 32:190-193.
- Castiglioni VBR, Oliveira MF & Arias CAA (1999) Análise da capacidade combinatória entre linhagens de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:981-988.
- Comstock RE & Robinson HF (1948) The components of genetic variance in populations. *Biometrics*, 4:254-266.
- Cruz CD (2013) *Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics*. *Acta Scientiarum Agronomy*, 35:271-276.



- Cruz CD, Regazzi AJ & Carneiro PC (2012) Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético 4ª ed. Viçosa, UFV. 414p.
- Duan Y, Wang Y, Ren X & Du G (1996) Analyze of heterosis and combining ability for main yield characteristics in carrot. *China Vegetables*, 2:1-7.
- Embrapa Hortaliças (2012) Situação da Produção de Hortaliças no Brasil – 2000-2012. Disponível em: < [http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas\\_em\\_numeros/hortalicas\\_em\\_numeros.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm)>. Acessado em: 21 de outubro de 2014
- Filgueira FAR (2003) Novo manual de olericultura; Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed. Viçosa, UFV. 412p.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9:463-493.
- Guan C, Yin L, Gu Z & Chen L (2001) Study on heterosis of single root weight and combining ability of main economic characteristics in carrot. *Tianjin Agricultural Sciences*, 4:8-14.
- Hortifruti Brasil: Anuário 2013/14 (2014) Piracicaba: CEPEA n.130. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/130/full.pdf>>. Acessado em: 25 de outubro de 2014.
- Jagosz B (2012) Combining ability of carrot (*Daucus carota* L.) lines and heritability of yield and its quality components. *Folia Horticulturae*, 24:115-122.
- Le Clerc V, Marques S, Suel A, Huet S, Hamama L, Voisine L, Auperpin E, Jourdan M, Barrot L, Prieur R & Briard M (2015) QTL mapping of carrot resistance to leaf blight with connected populations: stability across years and consequences for breeding. *Theoretical Applied Genetics*, 8:1-11.
- Pereira RB, Carvalho ADF, Pinheiro JB, Silva GO & Vieira JV (2012) Resistência de populações de cenoura à queima-das-folhas com diferentes níveis de germoplasma tropical. *Horticultura Brasileira*, 30:489-493.
- Simon PW & Strandberg JO (1998) Diallel analysis of resistance in carrot to *Alternaria* leaf blight. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123:412-415.
- Steel RGD & Torrie JH (1980) Principles and procedures of statistics. 2ª ed. New York, McGraw-Hill Book. 633p.
- Vieira JV, Della Vecchia PT & Ikuta H (1983) Cenoura Brasília. *Horticultura Brasileira*, 1:42.
- Vieira JV, Silva GO, Boiteux LS & Simon PW (2009) Divergência genética entre acessos de cenoura pertencentes a grupos varietais distintos utilizando caracteres morfológicos. *Horticultura Brasileira*, 27:473-477.
- Vieira JV, Silva GO, Charchar JM, Fonseca MEN, Silva JBC, Nascimento WM, Boiteux LS, Pinheiro JB, Reis A, Resende FV & Carvalho ADF (2012) BRS Planalto: cultivar de cenoura de polinização aberta para cultivo de verão. *Horticultura Brasileira*, 30:359-363.
- Vilela NJ, Morelli JB & Makishima N (1997) Impactos socioeconômicos da pesquisa de cenoura no Brasil: 1977-1996. Brasília, Embrapa Hortaliças. 20p. (Documentos, 11).