

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 31: S1751 – S1758.

Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal

Agnaldo D. F. de Carvalho¹; Giovani O. da Silva¹ Jadir B. Pinheiro¹ Ricardo B.

Pereira¹ Geovani B. Amaro¹. Embrapa Hortaliças-Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, Rodovia Brasília/Anápolis BR 060 Km 09 Gama – DF, Caixa Postal 18 CEP 70351-970 carvalhoadf@gmail.com

RESUMO

O mercado de sementes híbridas de cenoura de verão tem aumentado com intensidade na última década. Assim objetivou-se com esse trabalho estimar a capacidade geral e específica de combinação de linhagens e híbridos de cenoura da Embrapa Hortaliças. Os híbridos foram sintetizados em esquema de dialelo parcial 3 x 11, sendo utilizadas três populações macho-estéreis e onze linhagens macho-férteis, sendo dois grupos de origem tropical. Avaliaram-se 33 híbridos em campo experimental da Embrapa Hortaliças na safra 2012/13. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com duas repetições. A parcela experimental foi constituída de um canteiro com 1,0 m de largura por 3,0 m de comprimento. Foi avaliada a tolerância à queima-das-folhas aos 90 dias após o semeio, e aos 100 dias foi realizada a colheita e mensuradas a produtividade total, comercial e não comercial de raízes. Realizou-se a análise de variância e as estimativas dos efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC). Ocorreram diferenças significativas entre híbridos para todos os caracteres avaliados. Houve efeitos predominantes da CGC sobre CEC para os caracteres componentes de produção: peso de raízes não comerciais, peso de raízes comerciais, peso de raízes totais e severidade a queima-das-folhas. Os efeitos da CEC foram importantes para a manifestação de todos os caracteres avaliados. As populações do Grupo 1 foram bastante similares entre si enquanto que para o grupo 2 foi possível a seleção das melhores linhagens em combinações híbridas. O dialelo parcial foi eficiente na discriminação do melhor grupo, linhagem e combinação híbrida podendo ser empregado no desenvolvimento de híbridos de cenoura.

PALAVRAS-CHAVE. Capacidade combinatória, Híbridos, *Daucus carota* L.

ABSTRACT

Partial diallel to evaluating summer carrot lineages evaluated in the Federal District

The marketing for hybrids of summer carrots has increased in the last ten years. So the aim with this study was to estimate the general and specific combining ability of carrot lineages. Hybrids were synthesized in partial diallel design 3 x 11, three male sterile

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Diallelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 31: S1751 – S1758.

lines and eleven male fertile lines were used, with the two groups of tropical origin. Thirty three experimental hybrids were evaluated in field of Embrapa Vegetables in season 2012/13. The completely randomized block design with two replications was used. The experimental plot consisted of a building with 1.0 m wide by 3.0 m long. Were evaluated symptoms of leaf-blight at 90 days after sowing, and at 100 days the crop was harvested and measured the total commercial and noncommercial root yield. Was conducted an analysis of variance and estimates the effects of general (GCA) and specific combining (SCA). Were observed significant differences among hybrids for all traits. Were found predominant effects of GCA on SCA for yield components: weight of unmarketable roots, weight of marketable roots, and weight of total roots and severity of leaf-blight. SCA effects were important for the expression of all traits. The populations of Group 1 were quite similar to each other while to the group 2 was possible to select the best lineage in hybrid combinations. The partial diallel was efficient in discriminating the best group, lineage and hybrid combination and may be employed in the development of carrot hybrids.

Keywords: Combining ability, Hybrids, *Daucus carota* L.

A cenoura é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil. Anualmente são cultivadas aproximadamente 25 mil hectares com uma produção próxima a 800 mil toneladas (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2012).

No Brasil a cultura da cenoura teve grande impulso depois do lançamento da cultivar de cenoura Brasília (Vieira *et al.*, 1983), que permitiu a expansão do cultivo em períodos de verão e para novas fronteiras agrícolas chegando esta cultivar a ocupar mais de 80% da área cultivada com cenoura de verão (Vilela *et al.*, 1997). Depois da cultivar Brasília a Embrapa aprimorou os trabalhos de melhoramento em populações de Brasília e lançou as cultivares Alvorada em 2000 e BRS Planalto em 2009 (Vieira *et al.*, 2012). Apesar do potencial agrônômico das cultivares de polinização livre como Brasília, Alvorada e BRS Planalto serem bastante satisfatórios (Vieira *et al.*, 2009), a expressiva vantagem das cultivares híbridas sobre as cultivares de polinização livre, fez com que, na última década, o mercado de semente demandasse principalmente híbridos de cenoura para sistemas de agricultura empresarial.

Poucos são os estudos relatando resultados comparativos entre cultivares de polinização livre e híbrida no Brasil, sendo restritos a trabalhos realizados por técnicos

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 31: S1751 – S1758.

que fazem o desenvolvimento de produtos para empresas privadas multinacionais de sementes. No entanto, a vantagem de híbridos de cenoura com base nos efeitos de heterose já foi relatada por Pearson (1983).

Em um programa de melhoramento de híbridos o melhorista gera grande quantidade de linhagens que precisam ser testadas em combinações híbridas. Essa tarefa é laboriosa e dispendiosa e na prática difícil de ser realizada. Contudo, ferramentas biométricas foram desenvolvidas para permitir a avaliação das combinações híbridas e o resultado *per se* das linhagens a fim de selecionar aquelas mais promissoras. Um exemplo é o estudo da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), sugerido por Sprague & Tatum (1942), que auxilia o melhorista na seleção das melhores linhagens ou combinações híbridas. Por esse método é possível avaliar as linhagens com melhor comportamento médio dentro do conjunto de genitores testados (CGC) ou com base no desempenho específico em uma combinação híbrida (CEC).

O esquema para realização dos cruzamentos é denominado de dialelo e originalmente sugeria o cruzamento de todas as linhagens, o que era trabalhoso e gerava grande quantidade de híbridos a serem avaliados. Assim, foram propostos os esquemas de dialelo parcial e circulante, que reduzem a quantidade de cruzamentos a serem realizados e fornecem informações sobre um conjunto relativamente grande de genitores (Cruz & Regazzi, 1997). No caso do dialelo parcial os cruzamentos envolvem genitores alocados em dois grupos e as inferências são realizadas para cada grupo separadamente.

Poucos estudos envolvendo a capacidade combinatória em cenoura são encontrados na literatura. Simon & Stradberg (1998) destacam os efeitos predominantes da CGC sobre CEC e relação à tolerância para alternária em linhagens divergentes utilizadas em programas de melhoramento genético de cenoura dos EUA. Na China Duan *et al.* (1996) e posteriormente Guan *et al.* (2001) também relatam efeitos superiores dos efeitos aditivos dos alelos sobre os efeitos de dominância para produção de raízes, embora esse último também interfira significativamente na manifestação do caráter.

Desse modo, esse trabalho teve como objetivos estimar a capacidade geral e específica de combinação entre dois grupos de linhagens de cenoura para componentes de produção e tolerância à queima-das-folhas por meio do esquema de dialelo parcial.

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 31: S1751 – S1758.

MATERIAL E MÉTODOS

O esquema adotado para obtenção dos híbridos experimentais foi o dialelo parcial 3 x 11, sendo utilizadas como genitores femininos as populações macho-estéreis CNPH-633, CNPH-649 e CNPH-650 e como genitores masculinos as linhagens CNPH-555-13-1, CNPH-555-2-2, CNPH-555-7-1, CNPH-555-2-1, CNPH-555-60-1, CNPH-554-8-1, CNPH-570-34-1, CNPH-588-11-1, CNPH-555-29-2, CNPH-588-11-4 e CNPH-555-59-3.

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Hortaliças. Foram avaliados na safra 2012/13, novembro a março, 33 híbridos de cenoura. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com duas repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de um canteiro com 3 m de comprimento por 1,0 m de largura, totalizando 3,0 m². O sulco de plantio foi feito no sentido transversal ao canteiro em espaçamento duplo, sendo o espaçamento entre linhas simples de 10 cm e entre fileiras duplas de 20 cm. O desbaste foi realizado aos 35 dias após o semeio deixando um espaço de 5 cm entre plantas, o que resultou numa população equivalente a 890 mil plantas ha⁻¹.

A adubação de plantio foi realizada com a formulação comercial 04-30-16 (NPK) na dose de 1200 kg ha⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada aos 35 dias após a semeadura com sulfato de amônio na dose de 400 kg ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi realizado após a semeadura com a aplicação do herbicida *linurom*, na dose de 900 mL i.a. ha⁻¹. Na fase de desenvolvimento da cenoura o controle do mato foi realizado manualmente com a catação das plantas competidoras. A irrigação, quando necessária, foi realizada por aspersão com lâmina suficiente para manter o solo na capacidade de campo. Não foi aplicado nenhum produto visando o controle de doenças fúngicas ou bacterianas. Os demais tratos culturais seguiram os normalmente recomendados para a cultura da cenoura de verão nas condições do cerrado brasileiro.

Aos 90 dias após a semeadura foi avaliada a severidade da queima-das-folhas (QDF) utilizando-se uma escala de notas de 1 a 5 para as parcelas, em que: 1 = mais de 90% de severidade, 2 = de 50 a 90% de severidade, 3 = de 12,5 a 50% de severidade, 4 = de 3,8 a 12,5% de severidade e 5 = menos de 3,8% de severidade, e aos 100 dias após o semeio foi realizada a colheita e mensurados os pesos das raízes totais, comerciais e não comerciais (refugo), sendo estes caracteres convertidos em t ha⁻¹.

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 31: S1751 – S1758.

Os dados foram submetidos às pressuposições da análise de variância e houve a necessidade de transformação da variável QDF para $\sqrt{x + 0,5}$. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico-genético Genes[®] (Cruz, 2006), inclusive a análise dos dialelos parciais utilizando a metodologia de Kempthorne & Cunow (1961).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreram diferenças significativas ($P < 0,05$) ou altamente significativas ($P < 0,01$) para todos os caracteres avaliados para todas as fontes de variação (dados não apresentados). Em relação à CGC-1 (Tabela 1), verifica-se a redução do número de raízes refugo quando empregada como genitor feminino a população CNPH-649. Esse fato pode ser explicado porque essa população está sendo melhorada em relação à qualidade raízes, sendo que depois de três gerações de retrocruzamentos já recuperou grande parte dessa característica. Em relação à severidade da queima-das-folhas a população CNPH-633 aumenta o índice de tolerância em 0,26 enquanto que CNPH-650 reduz a tolerância em 0,20 nos cruzamentos em que participam. Esse fato pode ser explicado pelas origens das fontes de macho-esterilidade utilizadas, já que a população não recorrente é diferente nas duas populações. No caso de CNPH-633 a fonte de macho-esterilidade é um híbrido de verão, enquanto que para CNPH-650 foram híbridos de inverno. O fato do híbrido de verão ter índices maiores de tolerância à queima-das-folhas fez com que a população CNPH-633 adquirisse maiores níveis de resistência mais rapidamente, se comparado à população CNPH-650.

Em relação aos efeitos da CGC do grupo 2 (Tabela 1), para o caráter peso de raízes refugo destacam-se as linhagens CNPH-555-2-2 reduzindo o valor do caráter em 3,66 t ha⁻¹ nos híbridos em que a mesma está presente, enquanto CNPH-588-11-4 aumenta em 2,98 t ha⁻¹ o peso de raízes não comercializáveis. Em relação à PRC, PRT e QDF chama atenção positivamente a linhagem CNPH-555-29-2 que aumentou a produção de raízes comerciais em 6,18 t ha⁻¹, de raízes totais em 6,81 t ha⁻¹ e aumentou a nota dos sintomas de queima-das-folhas em 0,52. Por outro lado destaca-se negativamente o comportamento da linhagem CNPH-570-34-1 que reduz em 5,46 t ha⁻¹ a PRC, em 7,95 a PRT e diminuiu a nota para severidade a queima-das-folhas em 0,32. Embora não realizado estudo de correlação, verifica-se a tendência de híbridos mais produtivos apresentarem maiores níveis de tolerância à queima-das-folhas. Esse fato

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. *Horticultura Brasileira* 31: S1751 – S1758.

acontece porque segundo Brito et al. (1997) e Pereira *et al.* (2012) a desfolha causada pela queima-das-folhas reflete em menor produtividade e qualidade de raízes.

Os efeitos associados à capacidade específica de combinação estão apresentados na Tabela 2. Conforme as significâncias dos quadrados médios da fonte de variação da CEC (dados não apresentados) verifica-se que todos os caracteres estudados são influenciados por efeitos de dominâncias dos alelos. O híbrido com maior efeito na redução de PRR é a combinação 649x554-8-1 que apresenta uma redução -5,24 t ha⁻¹ em relação à média do conjunto dos híbridos estudados. Contudo, essa combinação também apresenta uma baixa produção de raízes totais, ou seja, produz baixa quantidade de raízes refugo porque produz pequena quantidade total de raízes. Chama atenção positivamente o comportamento do híbrido 633x555-29-2, que embora não seja o melhor em relação à PRT, 3,98 contra 8,27 t ha⁻¹ do híbrido 633x555-13-1, foi a melhor combinação em relação à quantidade de raízes comercializáveis, (5,43 contra 5,25 t ha⁻¹). Esse fato é semelhante ao que ocorre em programas de melhoramento de híbridos de milho, em que raramente o híbrido mais produtivo acaba sendo lançado, ou seja, é preciso levar em consideração outras características na indicação de uma nova cultivar.

Para QDF destaca-se negativamente o híbrido 649x555-29-2 com valor -0,61 e positivamente o híbrido 650x555-7-1 com valor 0,70, ou seja, os níveis de tolerância à queima-das-folhas podem ser incrementados na escolha da melhor combinação híbrida e nesse caso, ainda pode aumentar o valor de PRC (3,08 t ha⁻¹). Para QDF Simon & Strandberg (1998) relatam efeitos predominantes da CGC sobre CEC. Contudo, assim como no presente estudo, os autores reforçam a importância dos efeitos da CEC que não devem ser negligenciados na composição de híbridos de cenoura.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2012. *Brazilian Vegetable Yearbook*. Santa Cruz do Sul: Gazeta. 88p.
- BRITO CH; POZZA EA; JULIATTI FC; LUZ JMQ; PAES JMV. 1997. Resistência de cultivares de cenoura (*Daucus carota* L.) à queima das folhas durante o verão. *Revista Ceres* 44: 371-379.
- CRUZ CD. 2006. *Programa Genes: Biometria*. Viçosa: UFV. 382p.
- CRUZ CD; REGAZZI AJ. 1997. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2 (ed). Viçosa: UFV. 390p.
- DUAN Y; WANG Y; REN X; DU G. 1996. Analyze of heterosis and combining ability for main yield characteristics in carrot. *China Vegetables* 02: 1-7

- CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Diallelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. *Horticultura Brasileira* 31: S1751 – S1758.
- 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
- KEMPTHORNE O; CUNOW RN. 1961. The partial diallel cross. *Biometrics* 17:229-250.
- PEARSON, OH. 1983. Heterosis en Vegetable Crops. In: FRANKEL R. (ed). Monographs on theoretical and applied genetics. *Heterosis* 6:138-157
- 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.
- SPRAGUE GF; TATUM LA. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy* 34: 923-932
- 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.
- VIEIRA JV; DELLA VECCHIA PT; IKUTA H. 1983. Cenoura Brasília. *Horticultura Brasileira* 1:42
- VILELA NJ; MORELLI JB; MAKISHIMA N. Impactos Socioeconômicos da Pesquisa de Cenoura no Brasil:1977-1996. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 20p. (EMBRAPA HORTALIÇAS. Documentos, 11).

Tabela 1. Efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de linhagens de cenoura (Effects of general combining ability (GCA) of carrots lineages). Embrapa Hortaliças, Distrito Federal, 2013.

	Linhagens	PRR ¹	PRC	PRT	QDF
Grupo 1	CNPH-633	0,29	-0,80	-0,52	0,26
	CNPH-649	-1,43	1,75	0,32	-0,06
	CNPH-650	1,14	-0,95	0,20	-0,20
Grupo 2	CNPH-555-13-1	1,49	4,03	5,52	0,02
	CNPH-555-2-2	-3,66	4,76	1,09	0,02
	CNPH-555-7-1	0,45	-4,46	-4,01	-0,15
	CNPH-555-2-1	-1,33	-2,49	-3,81	-0,15
	CNPH-555-60-1	0,14	-5,42	-5,28	-0,15
	CNPH-554-8-1	0,20	3,12	3,32	-0,32
	CNPH-570-34-1	-2,48	-5,46	-7,95	-0,32
	CNPH-588-11-1	-0,29	-1,40	-1,68	0,02
	CNPH-555-29-2	0,63	6,18	6,81	0,52
	CNPH-588-11-4	2,98	2,62	5,61	0,35
CNPH-555-59-3	1,87	-1,46	0,41	0,18	

CARVALHO ADF; SILVA GO; PINHEIRO JB; PEREIRA RB; AMARO GB. 2014. Dialelo parcial na avaliação de genótipos de cenoura de verão no Distrito Federal. Horticultura Brasileira 31: S1751 – S1758.

PRR¹ - peso de raízes refugo em t ha⁻¹, PRC- peso de raízes comerciais em t ha⁻¹, PRT- peso de raízes totais em t ha⁻¹ e QDF- Nota para severidade da queima-das-folhas.

Tabela 2. Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) para híbridos de cenoura (Effects of specific combining ability (SCA) for carrot hybrids). Embrapa Hortaliças, Distrito Federal, 2013.

Híbrido	PRR ¹	PRC	PRT	QDF	Híbrido	PRR ¹	PRC	PRT	QDF
633x555-13-1	3,02	5,25	8,27	-0,42	649x570-34-1	-0,68	0,58	-0,10	0,23
633x555-2-2	2,24	4,78	7,03	-0,42	649x588-11-1	0,52	4,85	5,37	-0,11
633x555-7-1	1,26	-0,26	1,00	-0,26	649x555-29-2	1,68	-2,93	-1,25	-0,61
633x555-2-1	-1,69	-2,31	-4,00	0,24	649x588-11-4	-3,41	-1,64	-5,05	0,06
633x555-60-1	-3,82	-2,17	-6,00	-0,26	649x555-59-3	1,44	3,71	5,15	-0,27
633x554-8-1	3,91	-5,71	-1,80	-0,59	650x555-13-1	-2,03	0,86	-1,17	0,03
633x570-34-1	-3,13	-0,40	-3,53	-0,09	650x555-2-2	-1,81	-4,20	-6,02	0,03
633x588-11-1	-1,80	-2,27	-4,06	0,58	650x555-7-1	-2,12	3,08	0,96	0,70
633x555-29-2	-1,44	5,43	3,98	0,58	650x555-2-1	-2,68	-1,36	-4,04	-0,30
633x588-11-4	1,00	-3,22	-2,22	0,24	650x555-60-1	1,92	1,70	3,63	0,20
633x555-59-3	0,44	0,87	1,31	0,41	650x554-8-1	1,33	4,91	6,23	0,36
649x555-13-1	-0,99	-6,11	-7,10	0,39	650x570-34-1	3,81	-0,18	3,63	-0,14
649x555-2-2	-0,43	-0,58	-1,01	0,39	650x588-11-1	1,28	-2,58	-1,31	-0,47
649x555-7-1	0,86	-2,82	-1,96	-0,44	650x555-29-2	-0,24	-2,50	-2,73	0,03
649x555-2-1	4,37	3,67	8,04	0,06	650x588-11-4	2,41	4,86	7,27	-0,30
649x555-60-1	1,90	0,47	2,37	0,06	650x555-59-3	-1,88	-4,58	-6,46	-0,14
649x554-8-1	-5,24	0,80	-4,43	0,23					

PRR¹ - peso de raízes refugo em t ha⁻¹, PRC- peso de raízes comerciais em t ha⁻¹, PRT- peso de raízes totais em t ha⁻¹ e QDF- Nota para severidade da queima-das-folhas.

