



Divergência genética entre genótipos de cenoura através de caracteres agrônômicos

Genetic divergence among carrot genotypes through agronomic characteristics

Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho^{1*}, Giovani Olegário da Silva²

Resumo: O objetivo deste trabalho foi quantificar a divergência genética entre 20 genótipos de cenoura com base em testes de agrupamento para caracteres agrônômicos. O experimento foi conduzido em Brasília - DF, entre março e julho de 2013. Foram avaliados 20 genótipos de cenoura em experimento em blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de um canteiro com 2 x 1 m de comprimento e largura, respectivamente; o plantio foi realizado em linhas transversais ao canteiro, em espaçamento duplo, sendo 20 cm entre fileiras duplas e 10 cm entre fileiras simples. Aos 90 dias após a semeadura, foram avaliados os sintomas da queima das folhas; e aos 110 dias, realizada a colheita das plantas das parcelas e avaliados os caracteres componentes de produção e de qualidade de raízes. Foi realizada análise de variância e por meio da distância generalizada de Mahalanobis foi realizado o teste de agrupamento de Tocher e o teste de agrupamento pela ligação média entre grupos (UPGMA). A análise de variância demonstrou diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) para todos os caracteres, e a precisão experimental foi condizente com a relatada na literatura para esses caracteres. Houve a formação de grupos divergentes, porém, os genótipos derivados de Brasília não apresentaram divergência entre eles. Desse modo, os cruzamentos mais indicados são Kuroda ou Nantes, com genótipos derivados de Brasília, para a formação de populações com maior variabilidade genética.

Palavras-chave: *Daucus carota* L. Distância morfológica. Dissimilaridade genética.

Abstract: The aim of this study was to quantify genetic divergence among 20 carrot genotypes based on cluster analysis of their agronomic characteristics. The experiment was conducted in Brasília - Federal District, from March to July of 2013. Twenty carrot genotypes were evaluated in a randomised block design with four replications. An experimental plot consisted of one bed with a length and width of 2 x 1 m. Planting was carried out in rows that were transversal to the bed, at a spacing of 20 cm between each set of double rows, and 10 cm between single rows. At 90 days after sowing, symptoms of leaf burn were evaluated; at 110 days, the plants were harvested, and the components of root production and quality evaluated. Variance analysis was performed, and the Tocher clustering test and the average linkage between groups (UPGMA) test were performed using the Mahalanobis generalised distance. The analysis of variance showed highly significant differences ($P < 0.01$) for all the characteristics, and the experimental precision was consistent to that reported in the literature for these traits. Diverging groups were formed; however, the derived genotypes from Brasília showed no divergence. Kuroda or Nantes, with derived genotypes from Brasília, are therefore the most indicated crosses for the formation of populations of greater genetic variability.

Key words: *Daucus carota* L. Morphological distance. Genetic dissimilarity.

*Autor para correspondência

Enviado para publicação em 22/07/2016 e aprovado em 10/02/2017

¹Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA HORTALIÇAS, Rodovia BR-060, Km 09 (Brasília/Anápolis), Fazenda Tamanduá, Caixa Postal: 218 CEP: 70275-970 - Brasília/DF, agnaldo.carvalho@embrapa.br

²Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA HORTALIÇAS, Canoinhas, SC, Brasil, 89460-000, giovani.olegario@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é a principal espécie dentro da família Apiaceae, que inclui outras hortaliças, como mandioquinha-salsa, aipo, funcho, salsa, coentro, entre outras plantas medicinais ou especiarias (IORIZZO *et al.*, 2016). No Brasil, encontra-se entre as cinco principais hortaliças cultivadas, e todo ano mais de 760 mil toneladas são colhidas em uma área de aproximadamente 24,5 mil hectares (Anuário Brasileiro de Hortaliças, 2015). Esse cenário é em grande parte atribuído ao lançamento da cultivar de cenoura Brasília em 1981, que permitiu o plantio em períodos mais quentes e chuvosos, pois tolerava as doenças foliares que acometiam as cultivares de cenoura daquela época (GRANGEIRO *et al.*, 2012).

Após o lançamento da cv. Brasília várias empresas de sementes fizeram trabalhos de melhoramento genético tomando como base essa cultivar. Surgiram no mercado inúmeras variações, como Brasília RL, Brasília Calibrada Média, Brazlândia, Carandaí, Alvorada, Suprema, BRS Planalto, entre outras, que são derivadas diretamente de Brasília. Os objetivos desses programas de melhoramento, que tinham a cv. Brasília como germoplasma, era aumentar a produtividade de raízes comerciais e, principalmente, melhorar a qualidade de raízes. Devido a grande variabilidade genética presente na cv. Brasília, os trabalhos de seleção apresentaram ganhos expressivos, fazendo com que as cultivares derivadas de Brasília sejam bastante distintas morfológicamente da cultivar original lançada em 1981 (GRANGEIRO *et al.*, 2012).

Estudos visando identificar o grau de divergência genética existente dentro de uma espécie agrônômica têm como um dos objetivos identificar diferentes grupos heteróticos visando a extração de linhagens com grande capacidade de complementariedade na exploração de híbridos (VIEIRA *et al.*, 2009). Assim, a formação de grupos divergentes permite maior acurácia nas tomadas de decisões, pois permitem o cruzamento entre linhagens divergentes que maximizam a heterose (SILVA *et al.*, 2012b; CRUZ *et al.*, 2014; LAUDE; CARENA, 2015).

No Brasil, estudos de divergência genética entre acessos de cenoura são descritos em alguns trabalhos, entre eles, Vieira *et al.* (2009) e Granjeiro *et al.* (2012). Na pesquisa realizada por Vieira *et al.* (2009), os autores demonstraram grande divergência fenotípica entre 22 acessos de cenoura cultivados no Distrito Federal. Contudo, tratava-se de genitores pertencentes a grupos comerciais distintos, o que poderia gerar combinações híbridas sem valor comercial. Já o trabalho de Granjeiro *et al.* (2012), em estudo de divergência genética entre diferentes derivações da cultivar Brasília, verificou variação apenas para os caracteres produção e coloração de raízes, sendo que para os demais caracteres, a similaridade pode ser um complicador em programas de melhoramento, sendo necessária a ampliação da divergência genética para aumentar a eficiência no ganho genético.

A mensuração da divergência genética pode ser realizada por meio de caracteres morfoagronômicos, moleculares, entre outros. Quando se trata de dados quantitativos, essa divergência pode ser descrita utilizando-se medidas de dissimilaridade, destacando-se, entre elas: a distância generalizada de Mahalanobis (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010). Essa medida leva em consideração as variâncias e covariâncias residuais existentes entre os caracteres avaliados, quando o experimento é conduzido utilizando-se algum delineamento experimental (CRUZ *et al.*, 2012; CRUZ *et al.*, 2014).

Para selecionar genótipos divergentes a fim de poder formar populações de ampla variabilidade genética, as quais possam possibilitar a seleção de indivíduos superiores, este trabalho teve como objetivo quantificar a divergência genética entre 20 genótipos de cenoura com base em testes de agrupamento para caracteres agrônômicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Brasília-DF, no campo experimental da Embrapa Hortaliças de março a julho de 2013 (15° 56' 01" S, 48° 08' 10" O, 995 m.a.n.m). Avaliou-se 20 genótipos de cenoura (Tabela 1) em experimento de blocos ao acaso com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de um canteiro com 2 x 1 m de comprimento e largura, respectivamente. O plantio foi realizado em linhas transversais ao canteiro, em espaçamento duplo, sendo 20 cm entre fileiras duplas e 10 cm entre fileiras simples. O preparo do solo foi constituído de aração, levantamento de canteiros, distribuição do adubo e incorporação com encanteirador. A adubação de plantio foi de 3.000 kg ha⁻¹ da fórmula comercial NPK 04-14-08 (8 % Ca; 10 % S).

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida *Linuron* na dose de 2,2 L ha⁻¹ do produto comercial, três dias após a sementeira e catação manual no momento do raleio, que foi realizado aos 36 dias após a sementeira, com estande final de 800 mil plantas por hectare. A adubação de cobertura foi realizada com sulfato de amônio na dose de 400 kg ha⁻¹ aos 37 dias após a sementeira. A irrigação suplementar foi realizada com aspersão convencional quando necessária e suficiente para manter a umidade do solo próxima da capacidade de campo.

A avaliação dos sintomas da queima das folhas (QDF) foi realizada 90 dias após a sementeira, utilizando a escala de notas de Souza *et al.* (2002). Aos 110 dias, realizou-se a colheita e os seguintes caracteres foram mensurados por parcela: massa total de raízes (MRT); massa de raízes comerciais CAT I (MRC), conforme proposta de classificação da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) (CEAGESP, 2015); massa de raízes refugo (MRR); número total de raízes (NTR); número de raízes comerciais (NRC); número de

Tabela 1 - Cultivares de cenoura identificadas quanto ao tipo, procedência e grupo agrônômico. Brasília-DF, Embrapa, 2016**Table 1** - Carrot cultivars identified for type, provenance and agronomic group. Brasília, DF, Embrapa, 2016

Número	Cultivar	Tipo	Procedência	Grupo
1	1212554	População	Embrapa	Brasília
2	Alvorada	Cultivar OP	Embrapa	Brasília
3	Alvorada calibrada média	Cultivar OP	ISLA	Brasília
4	Brasília	Cultivar OP	Agrocinco	Brasília
5	Brasília	Cultivar OP	Embrapa	Brasília
6	Brasília	Cultivar OP	Horticeres	Brasília
7	Brasília	Cultivar OP	Tecnoseed	Brasília
8	Brasília calibrada média verão	Cultivar OP	ISLA	Brasília
9	Brasília Irecê	Cultivar OP	Feltrin	Brasília
10	BRS Planalto	Cultivar OP	Agrocinco	Brasília
11	BRS Planalto	Cultivar OP	Embrapa	Brasília
12	Carandaí	Cultivar OP	Horticeres	Brasília
13	Danvers meio comprida	Cultivar OP	ISLA	Nantes
14	Juliana	Híbrido F1	Seminis	Brasília
15	Kuroda	Cultivar OP	Agrocerec	Kuroda
16	Kuronan	Cultivar OP	Embrapa	Kuroda
17	Nantes Calibrada média	Cultivar OP	ISLA	Nantes
18	Planeta	Cultivar OP	Top Seed	Paris Market
19	Suprema	Cultivar OP	ISLA	Brasília
20	Tropical	Cultivar OP	ISLA	Brasília

OP= cultivar de polinização aberta.

OP = Open pollinated cultivar.

raízes refugio (NRR); número de plantas florescidas (FL); porcentagem de raízes rachadas (RR); porcentagem de raízes comerciais (COM) e porcentagem de raízes com ombro verde (OV).

Os dados foram submetidos às pressuposições da análise de variância, e os caracteres QDF, FL, RR, COM e OV foram transformadas para $\sqrt{x + 0,375}$, entendendo as pressuposições da análise. Realizou-se análise de variância para cada caráter e posteriormente teste de agrupamento de médias de Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, com as médias e a matriz de variâncias e covariâncias residuais, calculou-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2).

A importância relativa dos caracteres foi estimada por meio da participação dos componentes de D^2 , relativos a cada característica, no total da dissimilaridade observada. Com a matriz de dissimilaridade, foi realizado o agrupamento em dendrograma pelo método de agrupamento das distâncias médias (UPGMA) e diagnóstico da correlação cofenética entre a matriz e o agrupamento, além do método otimizado de Tocher para verificar a coerência do dendrograma. Todas as análises foram realizadas com o software estatístico GENES VS 2013.5.1 (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, estão apresentados os resumos das análises de variância para as características analisadas dos 20 genótipos de cenoura. Verificam-se diferenças altamente significativas ($p < 0,01$) entre genótipos, para todos os caracteres avaliados. Esse fato reflete a variabilidade genética existente entre esses genótipos e indica uma possível separação de grupos contrastantes, os quais poderão formar cruzamentos em programa de melhoramento genético de cenoura. Os coeficientes de variação experimental variaram de 14,48 % para MRT a 44,44 % para OV e são condizentes com valores de coeficiente de variação encontrados na literatura para a cultura da cenoura em experimentos conduzidos em campo (OLIVEIRA, *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2012).

A contribuição relativa dos caracteres variou de 0,21 a 31,58 % para OV e MRT, respectivamente. As características que mais contribuíram para a discriminação das cultivares e para formação dos grupos foram MRT, MRC, NRC, NTR e MRR, cada uma com valores acima de 12 %. Os demais caracteres avaliados apresentaram, cada um, valores inferiores a 4 %, o que reflete menor importância desses

Tabela 2 - Resumo da análise de variância e contribuição relativa (CR) de cada caráter para divergência genética, massa de raízes comerciais (MRC), massa de raízes refugo (MRR), massa de raízes total (MRT), número de raízes comerciais (NRC), número de raízes refugo (NRR), número total de raízes (NTR), incidência de queima das folhas (QDF), porcentagem de florescimento (FL), porcentagem de raízes rachadas (RR), porcentagem de raízes comerciais (COM) e porcentagem de raízes com ombro verde (OV) para cultivares de cenoura avaliadas no Distrito Federal. Brasília-DF, Embrapa, 2016

Table 2 - Summary of the analysis of variance and relative contribution (CR) of each characteristic of genetic divergence: commercial root weight (MRC); non-commercial root weight (MRR); total root weight (MRT); number of commercial roots (NRC); number of non-commercial roots (NRR); total number of roots (NTR); incidence of leaf burn (QDF); percentage flowering (FL); percentage split roots (RR); percentage commercial roots (COM); and percentage roots with green shoulder (OV), for carrot cultivars evaluated in Brasília, DF, Embrapa, 2016

	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		MRC (t ha ⁻¹)	MRR (t ha ⁻¹)	MRT (t ha ⁻¹)	NRC (x 1000 t ha ⁻¹)	NRR (x 1000 t ha ⁻¹)	NTR (x 1000 t ha ⁻¹)
Cultivares	19	177,68**	91,36**	493,72**	10.246,14**	16.483,82**	24.765,32**
Resíduo	57	19,1	9,97	27,09	1.810,66	5.726,29	5.906,35
Média	-	17,86	18,08	35,94	186,57	434,32	620,89
CV (%)	-	24,46	17,47	14,48	22,81	17,42	12,38
CR (%)	-	20,32	12,32	31,58	16,93	3,82	13,67

	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		QDF (%)	FL (%)	RR (%)	COM (%)	OV (%)	-
Cultivares	19	15,00**	0,23**	7,29**	11,09**	13,95**	-
Resíduo	57	1,65	0,09	1,34	2,65	3,77	-
Média	-	27,72	0,3	27,4	27,08	18,72	-
CV (%)	-	24,25	35,96	22,01	31,03	44,44	-
CR (%)	-	0,45	0,15	0,29	0,25	0,21	-

** Significativos a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

** Significant at 1 % probability by F-test.

caracteres na formação dos grupos para o conjunto dos 20 genótipos de cenoura avaliados. Em cenoura do grupo Brasília, Vieira *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2013) também encontraram caracteres componentes de produção, como comprimento e diâmetro da raiz, explicando grande parte da variabilidade genética existentes entre genótipos de cenoura, e salientando a importância da avaliação dos caracteres da parte aérea como características auxiliares na discriminação de genótipos de cenoura.

Na Tabela 3, estão apresentadas as médias dos caracteres analisados pelo teste de Scott & Knott. Houve pelo menos a formação de dois grupos de médias para cada caráter analisado. Para MRC, as médias variaram de 5,14 a 27,97 t ha⁻¹ para os genótipos 18 e 11, respectivamente. Para MRT, as médias variaram entre 10,20 a 52,06 t ha⁻¹ para os mesmos genótipos supracitados, ou seja, no presente estudo, os genótipos com maior MRT também foram os com maior MRC. Para QDF, a menor incidência foi para o genótipo 10 (1,43 %), enquanto o genótipo 17 apresentou mais de 70 % de sua parte aérea destruídas por essa doença. Em relação à FL, o destaque foi o genótipo 9, que apresentou média de 1,49 % plantas floridas por parcela. Já para RR, variaram de 2,47 % (genótipo 17) a 45,55 % (genótipo 4).

Para COM, os valores variaram de 0,04 % a 62,20 % para os genótipos 14 e 1 (população 1212554), respectivamente. A falta de padrão comercial do genótipo 1 se deve por esse ser uma população em fase inicial de seleção. Para OV, o destaque foi a genótipo 1 que, por apresentar coloração roxa das raízes, mascarou a pigmentação verde que porventura poderia ter aparecido.

Na Figura 1, está apresentado o agrupamento dos genótipos através da distância generalizada de Mahalanobis pela metodologia UPGMA.

O coeficiente da correlação cofenética foi de 0,84**, indicando que os dados da matriz estão bem representados. Verifica-se a formação de dois grupos, um formado pelos genótipos 13 e 17 (cultivares *Danvers* e *Nantes* da ISLA) e outro formado pelos demais genótipos, exceto 15 e 18 (cultivares *Kuroda* da Agrocere e *Planeta* da Topseed). Verifica-se que todos os genótipos do grupo Brasília pertenceram ao mesmo agrupamento, portanto, pelos resultados do presente estudo, as seleções independentes que as empresas sementeiras fizeram dentro da cv. Brasília não permitiram alterações agronômicas suficientes para distingui-las em diferentes grupos. Esse fato talvez justificasse a formação de apenas uma população de

Tabela 3 - Agrupamento de médias por Scott & Knott para as características massa de raízes comerciais (MRC), massa de raízes refugo (MRR), massa total de raízes (MRT), número de raízes comerciais (NRC), número de raízes refugo (NRR), número total de raízes (NTR), incidência de queima das folhas (QDF), porcentagem de florescimento (FL), porcentagem de raízes rachadas (RR), porcentagem de raízes comerciais (COM), porcentagem de raízes com ombro verde (OV), para cultivares de cenoura avaliadas no Distrito Federal. Brasília-DF, Embrapa, 2016

Table 3 - Clustering of mean values by the Scott-Knott test, for the characteristics: commercial root weight (MCR); non-commercial root weight (MRR); total root weight (MRT); number of commercial roots (NRC); number of non-commercial roots (NRR); total number of roots (NTR); incidence of leaf burn (QDF); percentage flowering (FL); percentage split roots (RR); percentage commercial roots (COM); and percentage roots with green shoulder (OV), for carrot cultivars evaluated in Brasília, DF, Embrapa, 2016

Genótipo	MRC (t ha ⁻¹)	MRR (t ha ⁻¹)	MRT (t ha ⁻¹)	NRC (x1000 t ha ⁻¹)	NRR (x1000 t ha ⁻¹)	NTR (x1000 t ha ⁻¹)	QDF (%)	FL (%)	RR (%)	COM (%)	OV (%)
1	19,0/1 a	19,8 b	38,8 b	163,3 b	474,2 a	637,5 a	15,9 b	0,2 b	22,8 a	62,2 a	0,0 b
2	23,3 a	16,7 b	40,0 b	217,5 a	405,8 b	623,3 a	33,7 b	0,2 b	27,7 a	13,8 b	22,8 a
3	14,8 b	18,4 b	33,2 b	180,0 b	536,7 a	716,7 a	33,7 b	0,4 a	27,7 a	33,2 a	13,8 a
4	20,9 a	22,3 a	43,2 a	206,7 a	470,8 a	677,5 a	27,0 b	1,1 a	45,6 a	27,7 a	27,7 a
5	25,5 a	22,5 a	48,0 a	216,7 a	440,0 b	656,7 a	33,2 b	0,0 b	39,1 a	22,8 a	33,2 a
6	24,5 a	23,4 a	48,0 a	279,2 a	480,8 a	760,0 a	20,1 b	0,7 a	33,2 a	27,7 a	33,2 a
7	22,0 a	21,2 a	43,2 a	200,0 a	430,8 b	630,8 a	29,3 b	0,8 a	33,2 a	39,1 a	33,2 a
8	17,5 b	17,5 b	35,0 b	164,2 b	394,2 b	558,3 b	33,7 b	0,6 a	39,1 a	31,9 a	29,3 a
9	16,3 b	20,6 a	36,8 b	150,0 b	483,3 a	633,3 a	24,7 b	1,5 a	22,8 a	37,7 a	27,7 a
10	27,0 a	24,6 a	51,6 a	249,2 a	408,3 b	657,5 a	1,4 c	0,0 b	42,5 a	31,9 a	21,1 a
11	28,0 a	24,1 a	52,1 a	263,3 a	452,5 a	715,8 a	2,5 c	0,4 a	27,7 a	7,1 b	7,1 b
12	12,8 b	16,1 b	29,0 c	144,2 b	436,7 b	580,8 b	30,6 b	0,9 a	22,8 a	27,1 a	7,1 b
13	5,6 c	12,9 c	18,5 d	75,0 c	526,7 a	601,7 b	51,8 a	0,0 b	2,5 b	56,4 a	7,1 b
14	16,4 b	17,7 b	34,1 b	183,3 b	412,5 b	595,8 b	39,7 b	0,0 b	27,7 a	0,0 c	0,0 b
15	12,0 b	12,8 c	24,8 c	104,4 c	286,7 b	391,1 c	2,5 c	0,0 b	36,6 a	44,5 a	29,7 a
16	20,2 a	18,9 b	39,0 b	185,0 b	410,0 b	595,0 b	24,2 b	0,2 b	33,2 a	13,8 b	33,2 a
17	8,3 c	11,9 c	20,2 d	147,5 b	533,3 a	680,8 a	70,3 a	0,0 b	2,5 b	22,8 a	2,5 b
18	5,1 c	5,1 d	10,2 e	217,8 a	328,9 b	546,7 b	64,4 a	0,0 b	29,8 a	44,5 a	45,6 a
19	21,7 a	17,2 b	38,9 b	222,5 a	380,8 b	603,3 b	36,4 b	0,0 b	37,7 a	17,8 b	27,7 a
20	16,5 b	18,0 b	34,4 b	161,7 b	393,3 b	555,0 b	50,4 a	0,0 b	27,7 a	33,2 a	39,1 a

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

cenoura do grupo pelo inter cruzamento dessas cultivares derivadas de Brasília, a fim de criar uma população de base genética ampla que poderia ser usada em programas de melhoramento, como enfatizam Luby e Goldman (2016).

Em estudo de diversidade genética em populações de cenoura de origem asiática, Maksylewicz e Baranski (2013) também encontraram pequena diversidade genética entre populações, atribuíram esse fato a capacidade de espécies alógamas serem mais capazes de preservarem a diversidade genética, se comparado a espécies autógamas. No presente estudo, a cultivar Kuroda não formou grupo junto com as cultivares oriundas de Brasília. Resultados conflitantes foram relatados por Baranski *et al.* (2012) em estudo de diversidade genética entre acessos de cenoura de diversas partes do mundo, através de marcadores moleculares e

fenotípicos, não encontraram diferenças entre cenouras americanas, europeias e asiáticas de coloração laranja. Nesse caso, os autores justificam a similaridade entre esses genótipos devido a mesma origem, ou seja, europeia e que, por mais que tenham sofrido processos seletivos ao longo dos séculos, não foram suficientes para distanciá-los em grupos distintos. Entre cenouras cultivadas da espécie *Daucus carota*. var. *sativus*, Nowicka *et al.* (2016), também não encontraram diferenças significativas em relação a variação de conteúdo de DNA entre grupos de diferentes partes do mundo. Esse fato indica a preservação da homogeneidade entre conteúdos de DNA, o que pode refletir em similaridade genética.

Os resultados deste estudo são discordantes em relação aos trabalhos de Silva *et al.* (2013), nos quais

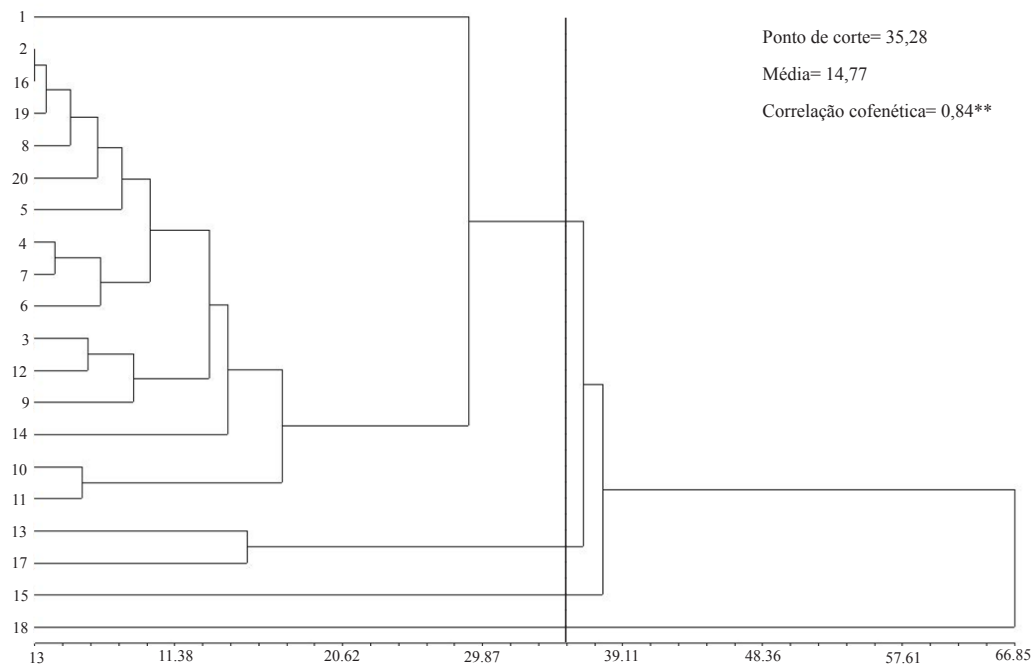


Figura 1 - Dendrograma mostrando a divergência entre cultivares de cenoura avaliada em Brasília-DF em 2013. Brasília-DF, Embrapa, 2016.

1= População 1212554/ Embrapa; 2= Alvorada/ Embrapa; 3= Alvorada/ISLA; 4= Brasília/Agrocinco; 5= Brasília/ Embrapa; 6= Brasília/ Hortices; 7=Brasília/ Tecnoseed; 8= Brasília/ ISLA; 9= Brasília/Feltrin; 10= Planalto/Agrocinco; 11= Planalto/Embrapa; 12=Carandaí/ Hortices; 13= Danvers/ISLA; 14= Juliana/Seminis; 15= Kuroda/Agroceres; 16= Kuronan/ Embrapa; 17=Nantes/ISLA; 18= Planeta/ Topseed; 19= Suprema/ISLA e 20= Tropical/ISLA.

Figure 1 - Dendrogram showing divergence among carrot cultivars evaluated in Brasília in 2013. Brasília, DF, Embrapa, 2016.

1= Population 1212554/ Embrapa; 2= Alvorada/ Embrapa; 3= Alvorada/ISLA; 4= Brasília/Agrocinco; 5= Brasília/ Embrapa; 6= Brasília/ Hortices; 7=Brasília/ Tecnoseed; 8= Brasília/ ISLA; 9= Brasília/Feltrin; 10= Planalto/Agrocinco; 11= Planalto/Embrapa; 12=Carandaí/ Hortices; 13= Danvers/ISLA; 14= Juliana/Seminis; 15= Kuroda/Agroceres; 16= Kuronan/ Embrapa; 17=Nantes/ISLA; 18= Planeta/ Topseed; 19= Suprema/ISLA and 20= Tropical/ISLA.

os autores encontraram divergência fenotípica entre a cultivar Brasília e BRS Planalto, contudo, esses autores destacam as interferências da interação genótipos x ambientes influenciando na manifestação dos caracteres agrônômicos, aproximando ou distanciando os genótipos dependendo do ambiente de avaliação. Já Grangeiro *et al.* (2012), ao trabalharem com caracteres morfoagronômicos, por dois anos agrícolas, em cenouras Brasília de diferentes procedências, verificaram divergência entre as diferentes origens, e justificaram esta variação ao fato da cultivar ‘Brasília’ ser oriunda de uma população de ampla base genética, o que permitiu que as empresas desenvolvessem cultivares distintas, atendendo as necessidades particulares de cada empresa, e assim, cultivares distintas da cultivar Brasília original. No entanto, os autores justificaram a falta de coerência entre os agrupamentos das cultivares nos dois anos agrícolas avaliados também devido à interação genótipos x ambientes. Os mesmos efeitos ambientais destacados por Silva *et al.* (2013) e Granjeiro *et al.* (2012) podem ter

influenciado no experimento do referido estudo, fazendo com genótipos possivelmente divergentes apresentassem comportamentos similares. Esse fato reforça a necessidade de estudos desse gênero serem realizados de maneira a atenuar os efeitos ambientais, ou seja, reduzir esse efeito pela avaliação do mesmo experimento por vários anos agrícolas.

Pode-se observar que a formação de apenas um grupo com as cultivares derivadas de Brasília indica pequena divergência genética entre elas, principalmente em relação aos caracteres componentes de produção (Figura 1). As diferenças agrônômicas entre os grupos de cenoura derivadas de Brasília com os genótipos 13, 15, 17 e 18 são, a priori, indicativo de que cruzamentos entre esses grupos resultariam em população com satisfatória variabilidade genética, o que possibilitaria sucesso em programas de melhoramento populacional, principalmente para a extração de linhagens em programas que visam cultivares híbridas (Figura 1).

Na Tabela 4, encontra-se o teste de agrupamento de Tocher para o conjunto dos 20 genótipos avaliados.

Tabela 4 - Agrupamento pelo método de Tocher, com base nas distâncias de Mahalanobis, obtidas de 11 caracteres em 20 genótipos de cenoura. Brasília-DF, Embrapa, 2016

Tabela 4 - Clustering by the Tocher method based on Mahalanobis distance, from 11 characteristics in 20 carrot genotypes. Brasília, DF, Embrapa, 2016

Grupo	Número de genótipos	Genótipos	Dissimilaridade média intragrupo
1	19	2, 14, 19, 8, 20, 7, 4, 5, 3, 9, 10, 6, 17, 16, 1, 12, 15, 11, 13	62,59
2	1	18	

Verifica-se coerência entre o dendrograma e teste de Tocher, porém esse último, mais restritivo na formação de grupos, apenas dois. Por esse método, houve a formação de apenas um grupo com 19 genótipos, e a cv. Planeta (genótipo 18) se isolou, não pertencendo a nenhum grupo. Esse fato demonstra a semelhança entre os genótipos avaliados quanto aos caracteres componentes de produção, ou seja, genótipos com padrão comercial semelhante. Planeta é uma cultivar de raízes de formato globular e de baixa produtividade se comparada aos demais genótipos avaliados, portanto, a única cultivar discriminada pelo teste de Tocher.

Além da divergência genética entre os genótipos, é importante que esses apresentem também características superiores agronomicamente para se ter maior chance de obtenção de populações ou híbridos superiores (BERTAN *et al.*, 2007; HAWERROTH *et al.*, 2011). Pode-se verificar que pelo agrupamento de médias, dentre os genótipos mais contrastantes em relação ao grupo de genótipos derivados de Brasília, o genótipo 15 (Kuroda) se destacou em relação aos demais por apresentar produção intermediária, grande tolerância à queima

das folhas, baixa porcentagem de florescimento e grande porcentagem de raízes comerciais, embora apresente rachadura e pigmentação no ombro da raiz. Para a melhoria da qualidade de raízes, cruzamentos envolvendo cultivares derivadas de Brasília (grupo maior) e Nantes podem ser uma alternativa, já que esse genótipo não apresenta rachaduras, florescimento ou pigmentação nos ombros das raízes. Contudo, é preciso levar em consideração a possível perda de resistência à queima das folhas no cruzamento entre cenouras de verão e cenouras do grupo Nantes.

CONCLUSÕES

Os genótipos derivados de Brasília não apresentam divergência genética que justifique cruzamentos entre si para formação de novas populações;

Os cruzamentos entre genótipos do grupo Brasília com os genótipos Nantes ou Kuroda são os mais promissores para geração de variabilidade genética.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

Anuário brasileiro de hortaliças. **Brazilian Vegetable Yearbook**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2015. 68 p.

BARANSKI, R.; MAKSYLEWICZ-KAUL, A.; NOTHNAGEL, T.; CAVAGNARO, P. F.; SIMON, P.; W.GRZEBELUS, D. Genetic diversity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars revealed by analysis of SSR loci. **Genetic resources and crop evolution**, v. 59, n. 2, p. 163-170, 2012.

BERTAN, I.; VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SCHEEREN, P. L.; OLIVO, F. Variabilidade genética em trigo aferida por meio da distância genealógica e daucomorfológica. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 67- 4, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; BURIN, C. Consistência do padrão de agrupamento de cultivares de feijão conforme medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 236-243, 2010.

CRUZ, C. D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4ª.ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. V.2, 3ª.ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

GRANGEIRO, L. C.; AZEVÊDO, P. E.; NUNES, G. H. S.; DANTAS, M. S. M.; CRUZ, C. A. Desempenho e divergência genética de cenoura 'Brasília' em função da procedência das sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 137-142, 2012.

- HAWERROTH, F. J.; CRESTANI, M.; SANTOS, J. C. P. Desempenho de cultivares de feijoeiro sob inoculação com *Rhizobium* e relação entre os caracteres componentes do rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 897-908, 2011.
- IORIZZO, M., ELLISON, S., SENALIK, D., ZENG, P., SATAPOOMIN, P., HUANG, J. YILDIZ, M. A high-quality carrot genome assembly provides new insights into carotenoid accumulation and asterid genome evolution. **Nature Genetics**, v. 48, n. 6, p. 657, 2016.
- LAUDE, T. P.; CARENA, M. J. Genetic diversity and heterotic grouping of tropical and temperate maize populations adapted to the northern US Corn Belt. **Euphytica**, v. 201, p. 1-17, 2015.
- LUBY, C. H.; GOLDMAN, I. L. Improving Freedom to Operate in Carrot Breeding through the Development of Eight Open Source Composite Populations of Carrot (*Daucus carota* L. var. *sativus*). **Sustainability**, v. 8, n. 5, p. 479, 2016.
- MAKSYLEWICZ, A.; BARANSKI, R. Intra-population genetic diversity of cultivated carrot (*Daucus carota* L.) assessed by analysis of microsatellite markers. **Acta Biochimica Polonica**, v. 60, p. 753-760, 2013.
- NOWICKA, A.; SLIWINSKA, E.; GRZEBELUS, D.; BARANSKI, R.; SIMON, P. W.; NOTHNAGEL, T.; GRZEBELUS, E. Nuclear DNA content variation within the genus *Daucus* (Apiaceae) determined by flow cytometry. **Scientia Horticulturae**, v. 209, p. 132-138, 2016.
- OLIVEIRA, C. D.; BRAZ, L. T.; BANZATTO, D. A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 88-92, 2008.
- CEAGESP - (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo). Normas de classificação de Cenoura (*Daucus carota* L.). São Paulo: CEAGESP. 2015. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cenoura.pdf>>. Acessado em 10 feve. 2017.
- SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V. Caracterização e dissimilaridade entre populações de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 30-35, 2013.
- SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Adaptability and stability of the carrot population. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 80-83, 2012.
- SILVA, G. O.; PONIJAŁEKI, R.; SUINAGA, F. A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando caracteres fenotípicos de raiz. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 595-599, 2012.
- SOUZA, R. T.; FORCELINI, C. A.; REIS, E. M.; CALVETE, E. O. Validação de dois sistemas de previsão para a queima das folhas da cenoura. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 87-90, 2002.
- VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S.; SIMON, P. W. Divergência genética entre acessos de cenoura pertencentes a grupos varietais distintos utilizando caracteres morfológicos. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 473-477, 2009.