

## Correlações entre caracteres de raiz e análise de trilha para massa de raiz em populações de cenoura





***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Hortaliças  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

## **BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 157**

**Correlações entre caracteres de raiz e  
análise de trilha para massa de raiz em  
populações de cenoura**

*Giovani Olegário da Silva  
Agnaldo Donizete de Carvalho  
Jairo Vidal Vieira*

***Embrapa Hortaliças***  
Brasília, DF  
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

**Embrapa Hortaliças**

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9  
Caixa Postal 218  
Brasília-DF  
CEP 70.351-970  
Fone: (61) 3385.9000  
Fax: (61) 3556.5744  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac  
www.embrapa.br

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Hortaliças

Presidente  
*Jadir Borges Pinheiro*

Editora Técnica  
*Mariana Rodrigues Fontenelle*

Secretária  
*Gislaine Costa Neves*

Membros  
*Carlos Eduardo Pacheco Lima*  
*Raphael Augusto de Castro e Melo*  
*Ailton Reis*  
*Giovani Olegário da Silva*  
*Iriani Rodrigues Maldonade*  
*Alice Maria Quezado Duval*  
*Jairo Vidal Vieira*  
*Rita de Fátima Alves Luengo*

Supervisora Editorial  
*Caroline Pinheiro Reyes*

Normalização bibliográfica  
*Antônia Veras de Souza*

Tratamento das ilustrações  
*André L. Garcia*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*André L. Garcia*

Foto da capa  
*Agnaldo Ferreira de Carvalho*

1ª edição  
1ª impressão (2018): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Hortaliças

---

Silva, Giovani Olegário da.

Correlações entre caracteres de raiz e análise de trilha para massa de raiz  
em populações de cenoura / Giovani Olegário da Silva, Agnaldo Donizete de  
Carvalho, Jairo Vidal Vieira - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018.

16 p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças,  
ISSN 1677-2229 ; 157).

1. *Daucus carota*. 2. Seleção. I. Carvalho, Agnaldo Donizete de. II. Vieira,  
Jairo Vidal. III. Título. IV. Embrapa Hortaliças. V. Série.

CDD 635.13

# Sumário

Resumo .....7

Abstract .....8

Introdução.....9

Material e Métodos .....10

Resultados e Discussão .....10

Conclusões.....13

Referências .....13



# Correlações entre caracteres de raiz e análise de trilha para massa de raiz em populações de cenoura

Giovani Olegário da Silva<sup>1</sup>

Agnaldo Donizete de Carvalho<sup>2</sup>

Jairo Vidal Vieira<sup>3</sup>

**Resumo**—As estratégias de melhoramento genético frequentemente enfatizam a seleção para várias características em cada estágio de seleção. Entretanto, é importante determinar os efeitos que a seleção para um caráter específico possa ter em outros. O objetivo do trabalho foi verificar as correlações entre caracteres de raiz e os efeitos diretos destes caracteres na massa de raiz em populações de cenoura. Três populações de cenoura (derivadas da cv. Brasília) foram cultivadas durante o período do verão no Distrito Federal. Aos 90 dias após a semeadura foram colhidas 25 raízes por parcela e avaliadas individualmente os caracteres massa da raiz; comprimento de raiz; diâmetro da raiz e do xilema da raiz; espessura do floema e o valor do componente de cromaticidade  $a^*$  do xilema e floema. Foi realizada análise de variância e calculadas as correlações genéticas entre os caracteres. Posteriormente foi realizada a análise de trilha. Observou-se que massa de raiz apresenta correlação positiva com diâmetro de raiz, diâmetro de xilema e de floema da raiz e comprimento de raiz; diâmetro da raiz apresenta correlação positiva com diâmetro do xilema e do floema; e que comprimento de raiz apresenta a maior influência direta na massa de raiz, e menores efeitos positivos também existem entre a massa de raiz com o diâmetro do xilema e do floema e o diâmetro da raiz.

**Termos para indexação:** *Daucus carota* L., melhoramento, efeito direto.

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

<sup>3</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

## Título em inglês

**Abstract** – Breeding strategies often emphasize selection for many traits in each stage of selection. However, it is important to determine the effects that selection for one specific trait may have on others. The objective of this work was to verify the correlations between root characters and the direct effects of these characters on the root mass in carrot populations. Tree carrot populations (derived from the cv. Brasília) were cultivated during the summer in the Federal District, Brazil. Twenty-five roots were harvest (90 days after sowing) in each plot and evaluated individually to root mass, root length, root diameter, diameter of root xylem; phloem width, and to the chromaticity values  $a^*$  of the xylem and phloem. Analysis of variance was carried out with information within and among populations. The genetic correlations among this set of traits were also calculated, as well the direct effects of the path analysis were also determined. It was verified that root mass shows positive correlation with root diameter, xylem and phloem root diameter and root length; root diameter shows positive correlation with xylem and phloem diameter; and that root length has the higher direct influence on root mass, and lower positive effects also exist between root mass with the xylem and phloem diameter and the root diameter.

**Index terms:** *Daucus carota* L., breeding, direct effect.

## Introdução

---

As estratégias de melhoramento genético frequentemente enfatizam a seleção para várias características em cada estágio de seleção. Entretanto, é importante determinar os efeitos que a seleção para um caráter específico possa ter em outros (Pereira et al., 1994). A existência de associações genéticas entre diferentes caracteres determina se a seleção para um determinado caráter pode ocasionar alterações em outros caracteres, cujo sentido pode ou não ser de interesse para o melhoramento. Desta forma, o conhecimento das correlações entre caracteres é crucial. Essas informações permitem a construção de estratégias de seleção eficientes para uma característica de fenotipagem complexa que apresente, no entanto, alta correlação genética com outras de mais fácil mensuração e/ou com maiores herdabilidades (Goldenberg, 1968; Baker, 1986; Cruz; Regazzi, 2001; Silva et al., 2006). A utilização da análise de trilha (Li, 1975) permite desdobrar os coeficientes de correlação simples em seus efeitos diretos e indiretos, melhorando o entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas (Barbosa, 1996; Carvalho et al., 2004).

Nos programas de melhoramento genético de cenoura (*Daucus carota* L.), visando o desenvolvimento de novas cultivares, as características rendimento (produção) e aparência das raízes são muito importantes (Simon et al., 2008). Além disso, grande importância é dada ao teor de  $\beta$ -caroteno da raiz, visto seus benefícios à saúde humana como antioxidante e precursor da vitamina A (Carvalho et al., 2006). Michalik et al. (1985) mostraram a associação entre a pigmentação mais intensa das raízes, especialmente de sua parte interna, com maior conteúdo de caroteno. Da mesma forma, estudos realizados por Pereira (2002), concluíram que o uso de medidas de cor do sistema Hunter e do sistema CIE  $L^*a^*b^*$  podem ser utilizados na seleção para maiores teores de carotenoides em cenoura.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi verificar as correlações entre caracteres de raiz e os efeitos diretos destes caracteres na massa de raiz em populações de cenoura.

## Material e Métodos

---

Três populações de cenoura ('0312323', '0312324' e '0312325') derivadas da cultivar 'Brasília' foram cultivadas no verão de 2004, no Distrito Federal, em blocos casualizados com cinco repetições e parcelas de 1 m<sup>2</sup> (cinco linhas espaçadas em 20 cm). O desbaste foi realizado 30 dias após o semeio, de modo que os espaçamentos foram de 2 cm entre plantas. A semeadura foi realizada manualmente. A colheita foi realizada 90 dias após a semeadura, foram colhidas 25 raízes por parcela.

Foram avaliados os seguintes caracteres: massa da raiz (MAS) (g), comprimento de raiz (COM) (cm); diâmetro da raiz (DRA) (cm); diâmetro do xilema da raiz (DXR) (cm) e espessura do floema da raiz (EFR) (cm). Os dados de diâmetro e espessura foram avaliados no terço superior do comprimento das raízes. O valor do componente colorimétrico  $a^*$  foi obtido via leitura colorimétrica direta para os tecidos de xilema ( $a^*X$ ) e floema ( $a^*F$ ). Foi empregado o analisador de cor de tristimulus compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division). Segundo Pereira (2002) a utilização do parâmetro  $a^*$  pode estimar o teor de  $\beta$ -caroteno das raízes de cenoura com segurança.

Foi realizada análise de variância (ANAVA) com informação entre populações e dentro de população e calculadas as correlações genéticas entre os caracteres. Após diagnóstico de multicolinearidade e correção pelo coeficiente K, foi realizada a análise de trilha, de modo a identificar a magnitude dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre o caráter massa de raízes. As análises foram conduzidas com a utilização do aplicativo computacional 'Genes' (Cruz, 2013).

As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho et al. (2004):  $r = 0$  (nula);  $0 < |r| \leq 0,30$  (fraca);  $0,30 < |r| \leq 0,60$  (média);  $0,60 < |r| \leq 0,90$  (forte);  $0,90 < |r| \leq 1$  (fortíssima) e  $|r| = 1$  (perfeita).

## Resultados e Discussão

---

Diferenças significativas foram verificadas entre as populações de cenoura para todas as características avaliadas, exceto o valor de cromaticidade  $a^*$

do floema. Os coeficientes de variação ambientais variaram entre 1,44% (espessura do floema da raiz) a 13,72% (diâmetro do xilema da raiz), indicando níveis adequados de precisão experimental (dados não apresentados).

Na Tabela 1 estão discriminadas as correlações genotípicas entre os caracteres que apresentaram significância na ANAVA. Para a característica massa de raiz (MAS) foram verificadas correlações positivas (médias ou fortes) com os caracteres comprimento de raiz (COM), diâmetro da raiz (DRA), diâmetro de xilema de raiz (DXR) e a espessura do floema da raiz (EFR). Esses resultados indicam que seria possível obter ganhos correlacionados para massa de raiz com a seleção de raízes mais espessas e com maiores comprimentos, principalmente se a seleção for baseada no diâmetro da raiz. A observação de que maior diâmetro da raiz determina maior massa de raiz está de acordo com estudos conduzidos por Natarajam e Arumagan (1980), McCollum (1971), Alves et al. (2006), Silva e Vieira (2008), Silva et al. (2009), Silva et al. (2010) e Vieira et al. (2012). A informação de que maior diâmetro de xilema e floema determina maior massa de raiz concorda com Silva et al. (2010). Quanto à relação com maior diâmetro de xilema também concorda com Vieira et al. (2012).

**Tabela 1.** Correlações genotípicas entre caracteres fenotípicos avaliados em três populações do grupo Brasília no Distrito Federal. Brasília, 2010.

	MAS	COM	DRA	DXR	EFR
COM	0,79*				
DRA	0,84*	0,52*			
DXR	0,75*	0,50	0,84*		
EFR	0,51*	0,28	0,69*	0,18	
a*X	-0,12	0,02	-0,18	-0,24	-0,01

MAS: massa da raiz; COM: comprimento da raiz; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; EFR: espessura do floema; a\*X: parâmetro a\* do xilema. \*significativas ao nível de significância de 5% pelo teste t.

Para diâmetro das raízes, correlações fortes com os diâmetros de xilema e espessura de floema foram observadas. No entanto, a característica diâmetro do xilema mostrou maior influência no diâmetro da raiz. Isto indica que quanto maior o diâmetro do xilema, maior o diâmetro da raiz. A associação entre maior diâmetro do xilema e maior diâmetro da raiz concorda com os dados obtidos por Silva e Vieira (2008), Silva et al. (2009) e Silva e Vieira (2010). Não foi observada correlação significativa entre o diâmetro do xilema e espessura de floema. Alves et al. (2006) verificaram correlação fraca entre estes dois caracteres, da mesma forma Silva e Vieira (2010).

Correlação positiva entre comprimento de raiz e diâmetro de raiz de 0,52 foi verificada no presente trabalho, discordando dos resultados obtidos por Silva e Vieira (2008) e Silva et al. (2009). Silva et al. (2009) e Silva e Vieira (2010) verificaram correlação positiva mas fraca entre estes caracteres. A raiz de cenoura primeiramente cresce em comprimento para só depois crescer em diâmetro (ESAU, 1940). Assim, normalmente é observado que raízes mais compridas apresentam-se mais finas; pois as raízes mais curtas apresentariam maior facilidade para o aumento de diâmetro com uma mesma produção de fotoassimilados pelas plantas (SILVA et al., 2009). Desta forma, esta associação precisa ser mais bem investigada.

O valor de cromaticidade  $a^*$  do xilema ( $a^*X$ ) não apresentou correlações significativas com os demais caracteres, o que indica a ausência de resposta correlacionada com a seleção deste parâmetro. Por sua vez, a relação entre os demais caracteres com massa de raiz é mais bem entendida com a utilização de análise de trilha (Tabela 2). Pelos efeitos diretos, comprimento de raiz apresentou-se como o caráter de maior influência em massa de raiz. Porém, depois de desinflacionado dos efeitos indiretos de outros caracteres, o valor do efeito direto (0,46) não foi tão forte quanto o valor da correlação (0,79). Os caracteres diâmetro do xilema e espessura do floema também mostraram efeitos diretos positivos para massa de raiz, porém com magnitude mais fraca que a correlação (Tabela 2). Estes resultados da análise de trilha concordam com Silva et al. (2009) e Silva et al. (2010), que verificaram maior efeito direto em massa de raiz para o caráter comprimento de raiz e menores efeitos positivos para diâmetro do xilema e diâmetro da raiz. Isso demonstra a importância da análise de trilha na identificação de uma real associação entre dois caracteres.

**Tabela 2.** Análise de trilha para massa de raiz com caracteres avaliados em três populações de cenoura do grupo Brasília. Brasília, 2010.

Caractere	Efeito Indireto					Efeito Direto <sup>(1)</sup>
	COM <sup>(3)</sup>	DRA	DXR	EFR	a*X	
COM <sup>(2)</sup>		0,14	0,12	0,04	-0,01	0,46
DRA	0,24		0,21	0,09	0,01	0,27
DXR	0,23	0,22		0,02	0,01	0,25
EFR	0,12	0,18	0,04		0,01	0,14
a*X	0,01	-0,04	-0,06	-0,01		-0,01

COM: comprimento da raiz; DRA: diâmetro da raiz; DXR: diâmetro do xilema; DFR: espessura do floema; a\*X: parâmetro a\* do xilema. Efeitos diretos<sup>(1)</sup> dos caracteres da linha<sup>(2)</sup>, e os efeitos indiretos dos caracteres da coluna<sup>(3)</sup> no caráter massa de raiz.

## Conclusões

Massa de raiz apresenta correlação positiva com diâmetro de raiz, diâmetro de xilema e de floema da raiz e comprimento de raiz.

Diâmetro da raiz apresenta correlação positiva com diâmetro do xilema e do floema.

Comprimento de raiz apresenta a maior influência direta na massa de raiz, e menores efeitos positivos também existem entre a massa de raiz com o diâmetro do xilema e do floema e o diâmetro da raiz.

## Referências

ALVES, J. C. da S.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V.; BOITEUX, L. S. Herdabilidade e correlações genotípicas entre caracteres de folhagem e sistema radicular em famílias de cenoura, cultivar Brasília. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 363-365, 2006. Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/779724>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

BAKER, R. J. **Selection indices in plant breeding**. Florida: CRC Press, 1986. 218 p.

BARBOSA, M. H. P. **Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata**. 1996. 138 f. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Lavras.

CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142 p.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 397–404, 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390 p.

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

ESAU, K. Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. **Hilgardia**, v. 13, p. 175–226, 1940.

GOLDENBERG, J. B. El empleo de la correlación en el mejoramento genético de las plantas. **Fitotecnia Latinoamericana**, v. 5, p. 1-8, 1968.

LI, C. C. **Path analysis: a primer**. Pacific Grove: Boxwood, 1975. 346 p.

MCCOLLUM, G. D. Greening of carrot roots (*Daucus carota* L.): Estimates of heritability and correlation. **Euphytica**, v. 20, p. 549–560, 1971.

MICHALIK, B.; ZABAGALO, A.; ZUKOWSKA, E. Investigation of the interdependence of root color and carotene content in carrot variety Selecta. **Plant Breeding Abstracts**, v. 55, p. 316, 1985.

NATARAJAM, S.; ARUMAGAN, R. Association analysis of yield and its components in carrot (*Daucus carota* L.). **Madras Agriculture Journal**, v. 9, p. 594–597, 1980.

PEREIRA, A. S. da; TAI, G. C. C.; YADA, R. Y.; TARN, T. R.; SOUZA-MACHADO, V.; COFIN, R. H. Effect of selection for chip color on some economic traits of potatoes. **Plant Breeding**, v. 113, p. 312–317, 1994.

PEREIRA, A. S. **Teores de carotenoides totais em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. 2002. 128 f. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, G. O. da; SOUZA, V. Q. de; PEREIRA, A. da S.; CARVALHO, F. I. F. de; FRITSCHÉ, R. N. Early generation selection for tuber appearance affects potato yield components. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 6, p. 73-78, 2006.

SILVA, G. O. da; VIEIRA, J. V. Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 481–485, 2008. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362008000400011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362008000400011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 09 abr. 2018.

SILVA, G. O. da; VIEIRA, J. V. Relações entre caracteres de cenoura para sistemas de cultivos orgânico e convencional. **Ceres**, v. 57, p. 665-672, 2010. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/3052/305226799016/>> Acesso em: 10 abr. 2018.

SILVA, G. O.; VIEIRA, J. V.; VILELA, M. S. Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal. **Revista Ceres**, v.

56, p. 595-601, 2009. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175205/1/305226893011.pdf>> Acesso em: 09 abr. 2018.

SIMON, P. W.; FREEMAN, R. E.; VIEIRA, J. V.; BOITEUX, L. S.; BRIARD, M.; NOTHNAGEL, T.; MICHALIK, B.; KWON, Y. C. Carrot. In: PROHENS, J.; NUEZ, F. (Org.). **Handbook of plant breeding: vegetables**. New York: Springer, 2008. p. 327–357. Volume II. *Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*.

VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O. da; BOITEUX, L. S. Genetic parameter and correlation estimates of processing traits in half-sib progenies of tropical-adapted carrot germplasm. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 7-11, 2012. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175207/1/HBv30n1a02.pdf>> Acesso em: 09 abr. 2018.

