

# Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal

Giovani Olegário da Silva<sup>1</sup>, Jairo Vidal Vieira<sup>2</sup>, Michelle Souza Vilela<sup>3</sup>

## RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estimar a herdabilidade, a importância relativa dos caracteres na discriminação das famílias, os ganhos com a seleção e, ainda, a relação entre os caracteres em uma população de cenoura cultivada em dois sistemas agroecológicos de produção. Os ensaios foram conduzidos em Brasília, no verão de 2006/2007. Foram avaliadas 100 famílias de meios-irmãos de cenoura em delineamento de blocos casualizados, com duas repetições. Foram colhidas individualmente 20 plantas por parcela e avaliadas para caracteres de raiz. Realizou-se análise de variância conjunta e para cada sistema (Agricultura Natural e Agricultura Orgânica). Estimaram-se os parâmetros genéticos, a importância relativa dos caracteres na diferenciação das famílias, as correlação fenotípicas entre os caracteres, a análise de trilha para o caráter massa de raiz e os ganhos pela seleção direta e por índices de seleção. Verificou-se que os caracteres comprimento de raiz e diâmetro de xilema são os mais importantes na diferenciação das famílias. Maior massa de raiz é determinada por maior diâmetro, diâmetro de xilema e comprimento de raiz. Os melhores índices de seleção para serem utilizados são o Índice de Elston (1963) e, principalmente, o Índice de Willians (1962). Os caracteres massa, diâmetro de xilema e relação entre diâmetro de xilema e diâmetro de raiz poderiam ser avaliados apenas em um dos sistemas de produção testados, trazendo economia de recursos financeiros, tempo e mão de obra.

**Palavras-chave:** *Daucus carota* L., ganhos com a seleção, parâmetros genéticos, relações entre caracteres.

## ABSTRACT

### Selection for carrot characters cultivated in two agroecologic production systems in the Federal District

The objectives of this work were to estimate the heritability, the relative importance of the characters in families discrimination, the gains with the selection and the relationship between the characters in a carrot population cultivated in two agroecologic production systems. The essays were conducted in Brasília, in the summer of 2006/2007. 100 half-sib families of carrot were evaluated in a randomized complete block design with two replications. 20 plants were harvested individually per plot and evaluated for root characters. Joint variance analysis, and goes each system (Natural Agriculture and Organic Agriculture) were performed. Genetic parameters were estimated, the relative characters importance in the families differentiation, the phenotypic correlation among the characters, patch analysis for the character root mass and the gains for direct selection and selection indexes. It was verified that the characters root length and xylem diameter are more important in the families differentiation. Larger root mass is determined by larger diameter, xylem diameter and root length. The best selection indexes to be used are Index of Elston (1963) and especially the Index of Willians (1962). The characters mass, xylem diameter and relationship between xylem diameter and root diameter could be evaluated only in one of the production systems tested, bringing savings of financial resources, time and labor.

**Key words:** *Daucus carota* L., gain with selection, genetic parameters, relations between characters.

Recebido para publicação em maio de 2008 e aprovado em abril de 2009

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor. Embrapa Hortaliças, BR 060, Km 09, C.P. 218, 70359-970, Brasília, Distrito Federal, Brasil, olegario@cnph.embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor. Embrapa Hortaliças, BR 060, Km 09, C.P. 218, 70359-970, Brasília, Distrito Federal, Brasil, jairo@cnph.embrapa.br

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, Mestre. Universidade Federal de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Dentre as estratégias de melhoramento genético empregadas na cultura da cenoura, destaca-se o método de seleção recorrente, baseado no desempenho de populações de meios-irmãos. Contudo, um aumento na eficiência do processo de melhoramento genético depende grandemente da obtenção de estimativas confiáveis dos parâmetros genéticos relacionados às características de interesse.

O conhecimento a respeito da magnitude dos valores de herdabilidade e correlações entre as diversas características de seleção é essencial, permitindo o estabelecimento de um conjunto de estratégias e métodos de melhoramento genético muito mais efetivo (Alves *et al.*, 2006).

A herdabilidade é uma medida do grau em que o fenótipo é influenciado geneticamente e, portanto, o grau em que ele pode ser modificado por seleção fenotípica (Carvalho *et al.*, 2001). De forma que maiores coeficientes de herdabilidade proporcionam maiores progressos genéticos com a seleção (Eberhart, 1970). Já a existência de correlação entre caracteres determina que a seleção praticada em determinado caráter pode ocasionar alterações em outros, cujo sentido pode ou não ser de interesse para o melhoramento, podendo-se construir uma estratégia de seleção visando um caráter de interesse, baseando-se em outros com alta correlação, maiores herdabilidades e de mais fácil medição ou identificação (Cruz & Regazzi, 2001; Silva *et al.*, 2006).

A associação entre caracteres pode ser melhor entendida com a utilização da análise de trilha, que 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).

Da mesma forma, o melhoramento pode ser ainda mais efetivo com a utilização de índices de seleção, que permitem combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, de modo que seja possível a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico (Cruz & Regazzi, 2001). Diversos são os trabalhos encontrados na literatura comparando diferentes índices de seleção, com resultados variando entre as culturas. O Índice Livre de Pesos e Parâmetros (Elston, 1963) apresentou boas respostas em eucalipto e feijão-de-corda (Martins *et al.*, 2003; Santos & Araújo, 2001). Os índices de seleção propostos por Smith (1936) e Hazel (1943), Willians (1962) e Pesek & Baker (1969) mostraram bom desempenho em batata (Barbosa & Pinto, 1998), e o índice de Smith (1936) e Hazel (1943) mostrou-se superior também em milho pipoca (Granate *et al.*, 2002).

Várias são as características avaliadas nos programas de melhoramento de cenoura para o desenvolvimento de novos cultivares, dentre esses as relacionadas com o ren-

dimento e a aparência das raízes são muito importantes. Além disso, grande atenção é dada ao teor de  $\beta$ -caroteno, devido a sua influência na saúde humana, por ser precursor da vitamina A. 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 recentes realizados por Pereira (2002) concluíram que o uso de medidas de cor dos sistemas Hunter e sistema CIELAB pode perfeitamente substituir os métodos laboratoriais “espectrofotométricos e cromatográficos”, que são utilizados para determinação de carotenóides em cenoura.

Pelo aumento do interesse por produtos com baixo nível de resíduos de agrotóxicos e produção menos agressiva ao meio ambiente, a agricultura agroecológica tem tido crescimento acelerado em todo o mundo. Considerando-se que a agroecologia representa um conjunto de técnicas e conceitos que visa a produção de alimentos mais saudáveis e naturais, as linhas agroecológicas mais relevantes são: Agricultura Orgânica, Agricultura Biodinâmica, Agricultura Biológica, Agricultura Ecológica, Agricultura Natural e Permacultura (Souza, 2006).

A Agricultura Orgânica tem como principal característica o processo ‘Indore’ de compostagem, que se caracteriza por uma compostagem em pilhas ou leiras a céu aberto, as quais são removidas por processo manual. Admite que a verdadeira fertilidade dos solos deve estar assentada sobre amplo suprimento de matéria orgânica e, principalmente, na manutenção de elevados níveis de húmus no solo (Souza, 2006). A Agricultura Natural teve como fundador o senhor Mokiti Okada. Ele propôs um sistema de produção agrícola que tomasse a natureza como modelo. Nesse sistema, o solo não deve ser movimentado, todos os restos culturais e palhadas devem ser reciclados e não se deve utilizar esterco animal nos compostos (Souza, 2006).

Os objetivos deste trabalho foram estimar a herdabilidade, a importância relativa dos caracteres na discriminação das famílias, os ganhos com a seleção com a utilização de diferentes índices de seleção e, ainda, a relação entre os caracteres por correlação e análise de trilha em uma população de cenoura cultivada em dois sistemas agroecológicos de produção.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no verão de 2006/2007, em duas propriedades com cultivo agroecológico em Brasília: Associação Mokiti Okada, que segue modelo de Agricultura Natural, Brazlândia, DF e Núcleo Rural Taguatinga, que segue modelo de Agricultura Orgânica, Taguatinga, DF. Os tratos culturais foram efetuados de acordo com os procedimentos usuais de cada proprieda-

de, seguindo as orientações dos respectivos modelos agroecológicos. Foram avaliadas 100 famílias de meios-irmãos de cenoura oriundas de uma população derivada do cultivar Alvorada do programa de melhoramento da Embrapa Hortaliças. As famílias foram dispostas em delineamento de blocos casualizados, com duas repetições e parcelas de 1m<sup>2</sup>. A semeadura foi feita em quatro linhas transversais ao comprimento do canteiro, espaçadas de 25 cm uma da outra, totalizando aproximadamente 100 plantas por m<sup>2</sup> na Fundação Mokiti Okada e 130 plantas por m<sup>2</sup> no Núcleo Rural Taguatinga, devido ao desbaste, que nas duas propriedades foi realizado 30 dias após semeio, e variou de acordo com o manejo normalmente utilizado nas duas propriedades.

Foram colhidas 20 plantas competitivas por parcela (e não todas as raízes, devido à colheita, que é determinada pela venda das raízes nas propriedades, ser feita de forma escalonada) com 90 dias após semeio e avaliadas individualmente para os caracteres comprimento de raiz (mm), diâmetro da raiz (mm), avaliado na metade do comprimento da mesma, massa da raiz (g), diâmetro do xilema da raiz (mm), avaliado na metade do comprimento da raiz, relação diâmetro do xilema/diâmetro da raiz, tipo de ponta da raiz (critério de notas: 1- arredondada, 2- levemente afilada e 3- afilada), tipo de ombro da raiz (critério de notas: 1- côncavo, 2- arredondado, 3- plano e 4- côncavo), e leitura colorimétrica direta, determinando-se o parâmetro a\* para os tecidos xilema e floema de cada raiz, utilizando o analisador de cor de tristimulus compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division), parâmetro de cor que determina o teor de  $\beta$ -caroteno das raízes de cenoura (Pereira, 2002).

Os dados foram submetidos à análise homogeneidade de variância (teste de Bartlett) e de normalidade (Lilliefors) para cada sistema individualmente e de homogeneidade de variância entre os dois sistemas. Os caracteres parâmetro a\* do xilema para o primeiro sistema e a\* do floema para o segundo foram transformados por  $\sqrt{x}$ , enquanto diâmetro do xilema, tipo de ombro, tipo de ponta para o segundo sistema e diâmetro de raiz para os dois sistemas foram transformados por  $\sqrt{x+0,50}$ , para atender à pressuposição de normalidade de distribuição.

Posteriormente, foi realizada análise de variância conjunta e análise de variância para cada sistema, com informação entre e dentro de parcelas, para os caracteres que apresentaram interação genótipo x ambiente ou que não apresentaram homogeneidade de variância na análise conjunta. Foram estimadas a herdabilidade pelo quadrado médio (Cruz & Regazzi, 2001), a relação entre o coeficiente de variação genético e ambiental (CVg/CV) e a importância relativa dos caracteres na diferenciação das famílias pela estatística de Singh (1981). Foram calculadas ainda

as correlações fenotípicas entre os caracteres e efetuada análise de trilha para o caráter massa de raiz, sem colinearidade, devido à fraca colinearidade diagnosticada.

Foram estimados ainda os ganhos pela seleção (GS) direta entre e dentro de famílias, com a seleção de 20% das melhores famílias e 50% das melhores plantas dentro de famílias, em que  $GS = DS.H^2$ , em que DS: corresponde ao diferencial de seleção ou diferença entre a média dos selecionados subtraída da média da população-base. Estes ganhos diretos em cada caráter serviram como referencial para a avaliação do desempenho de índices de seleção aplicados (Santos & Araújo, 2001).

Os índices de seleção utilizados foram: clássico proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), base de Willians (1962), com base nos ganhos desejados de Pesek & Baker (1969) e livre de pesos e de parâmetros de Elston (1963), segundo Cruz & Regazzi (2001). Com peso dos caracteres igual ao desvio padrão genético para todos os índices, exceto o de livre de peso e parâmetros de Elston (1963), em que os valores mínimos foram iguais à média para cada caráter.

Todas as operações estatísticas foram realizadas utilizando-se o aplicativo computacional Genes (Cruz, 1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância conjunta para os dois sistemas de produção orgânica, verificou-se que os caracteres massa, diâmetro de xilema e relação entre diâmetro de xilema não apresentaram interação famílias x sistema de produção; além disso, a relação entre as variâncias residuais para estes caracteres foi inferior a 7. Portanto, para estes a avaliação poderia ser efetuada apenas em um dos sistemas de produção, com economia de tempo, mão de obra e recursos financeiros (dados não apresentados).

Os caracteres massa, diâmetro de xilema e relação entre diâmetro de xilema, foram significativos em diferenciar as famílias (dados não mostrados), apresentaram coeficiente de variação reduzido, com valor máximo de 21,32%, herdabilidades médias entre famílias medianas a baixas, variando de 38,60 a 61,06, e relação entre o coeficiente de variação genético e ambiental inferior a 1, indicando predominância de efeitos ambientais em detrimento dos de ordem genética (Tabela 1). No entanto, podendo-se esperar ganho positivo com a seleção. Brar & Sukhija (1980) verificaram herdabilidade alta para massa de raízes, com valor de 88%. Valores dentro deste intervalo também foram verificados por Korla *et al.* (1980) e Alves *et al.* (2006), na ordem de 64 a 57%, respectivamente; portanto, superiores aos do presente trabalho (47,73%). No entanto, esta estimativa concorda com Vieira (1988), que observou valor de 48% para herdabilidade e grande influência do ambiente na expressão deste caráter.

Para os caracteres que apresentaram interação entre famílias x sistema de produção e ainda diâmetro de raiz que não teve homogeneidade de variância, as inferências foram efetuadas para cada sistema.

Para o sistema de produção Agricultura Natural, apenas o caráter a\* do floema (medida indireta do teor de carotenóides) não se apresentou significativo na diferenciação das famílias (dados não mostrados), com herdabilidade média muito baixa (9,0%). Para os demais caracteres, a herdabilidade foi reduzida, com exceção para comprimento de raiz, que foi mediana (65%). A relação CVg/CV também foi superior a um apenas para o último caráter, indicando que para ele maiores ganhos com a seleção podem ser esperados na próxima geração. Além disso, os coeficientes de variação ambientais foram reduzidos para todos os caracteres, indicando boa precisão experimental (Tabela 1).

Para o sistema de produção Agricultura Orgânica, diâmetro de raiz foi o único caráter que não foi significativo em diferenciar as famílias estudadas (dados não mostrados), sendo o valor de herdabilidade para esse caráter nulo. Já para os demais caracteres, as herdabilidades variaram de medianas a baixas para comprimento de raiz, a\* do floema e tipo de ponta (49 a 53%) a alto para tipo de ombro (70%) e a\* do xilema (81%). A relação CVg/CV foi reduzida apenas para diâmetro de raiz, sendo superior a um para o parâmetro a\* do floema e tipo de ombro e chegando a dois para a\* do xilema, indicando que na comparação dos dois sistemas de produção o último (Agricultura Orgânica) teve maior efeito de variações de ordem genética e que a seleção nesse sistema seria mais eficiente. Os coeficientes de variação ambientais para os caracteres

significativos na análise de variância também foram na sua maioria mais reduzidos neste sistema (Tabela 1).

Para os caracteres comprimento de raiz, diâmetro de raiz e diâmetro de xilema, os valores de herdabilidade verificados por Alves *et al.* (2006) foram de 42, 29 e 57%, respectivamente. Valores muito semelhantes aos estimados no presente trabalho, com exceção para comprimento de raiz, em que os valores verificados no presente trabalho foram de 53 e 65%. Da mesma forma, McCollum (1971) considerou estes caracteres como tendo reduzido valores de herdabilidade.

A afirmação de que a coloração de raízes possui herdabilidade não muito elevada discorda de Laferriere & Gabelman (1968) e de Buishand & Gabelman (1979). No entanto, estimativas semelhantes foram obtidas por Santos & Simon (2006) com herdabilidade de 28 a 42% para teor de  $\beta$ -caroteno, por Vieira (1988) com 21 a 35% para cor de raízes e por Traka-Mavrona (1996) com valores de 49 a 86% também para cor de raízes.

Os caracteres comprimento de raiz e diâmetro de xilema, além de apresentar medianos valores de herdabilidade, foram os com maior importância relativa para a discriminação das famílias estudadas pela estatística de Singh (1981). O contrário foi verificado para diâmetro de raiz, e relação entre diâmetro de xilema e diâmetro de raiz que foram os caracteres com menor importância, e para eles poderia ser dada menor importância no momento da seleção (Tabela 1).

A correlação indica que o ganho com a seleção para determinado caráter pode ocasionar mudanças em outros caracteres correlacionados, sendo que essa associação pode ou não ser de interesse para o melhorista (Silva *et*

**Tabela 1.** Coeficiente de variação ambiental (CV), relação entre coeficiente de variação genético e ambiental (CV/CVg), herdabilidade média no sentido amplo baseada na média das famílias (Ha<sup>2</sup>), médias, herdabilidade no sentido amplo dentro de famílias (Ha<sup>2</sup>d) e importância relativa dos caracteres (IR) na diferenciação das famílias pela estatística de Singh (1981) para caracteres de raiz, decorrentes da avaliação de uma população com 100 famílias de cenoura cultivadas em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal, Agricultura Natural (AN) e Agricultura Orgânica (AO). Brasília, 2008

	COMR	DRAIZ	MASSA	DXILE	DX/DR	XILE-a*	FLOE-a*	TIPP	TIPOO
CV	8,86	28,66	21,32	17,31	17,81	5,36	5,90	10,50	9,60
CV/CVg	0,75	0,13	0,48	0,63	0,40	1,10	0,50	0,49	0,46
Ha <sup>2</sup> (%) média	69,43	6,40	47,73	61,06	38,60	82,87	49,58	48,57	45,43
Média	14,51	2,26	29,52	0,90	0,40	18,73	22,16	2,12	2,08
Ha <sup>2</sup> d (%) AN	27,00	7,28	9,06	19,31	1,38	7,17	1,65	15,34	11,00
Ha <sup>2</sup> d (%) AO	36,26	0,00	18,94	25,21	19,39	69,94	12,38	30,06	35,00
Ha <sup>2</sup> (%) média AN	65,00	29,00	- <sup>1</sup>	-	-	40,00	33,00	40,00	33,00
Ha <sup>2</sup> (%) média AO	53,00	0,00	-	-	-	81,00	49,00	51,00	70,00
Média AN	14,60	2,20	-	-	-	17,80	22,00	2,00	1,90
Média AO	14,40	2,29	-	-	-	19,61	22,28	2,28	2,25
IR (%) AN	22,17	6,30	7,94	20,31	3,97	9,96	7,77	11,48	10,08
IR (%) AO	16,18	3,11	4,49	18,79	3,42	25,13	4,35	8,97	15,53

<sup>1</sup>Não apresentaram interação entre famílias com sistemas de produção e apresentaram homogeneidade de variância na análise de variância conjunta (teste F). COMR: comprimento de raiz; DRAIZ: diâmetro de raiz; MASSA: massa da raiz; DXILE: diâmetro de xilema, DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz; XILE-a\*: parâmetro a\* do xilema; FLOE-a\*: parâmetro a\* do floema; TIPP: tipo de ponta; e TIPOO: tipo de ombro.

*al.*, 2006). Os caracteres a\* do xilema e floema, apesar de se correlacionarem positivamente nos dois sistemas, a correlação foi significativa apenas com os dados obtidos no sistema Agricultura Orgânica, indicando que raízes com maior teor de  $\beta$ -caroteno nos tecidos do xilema não obrigatoriamente possuem relação linear com o teor no tecido do floema (Tabela 2). Pode-se verificar ainda correlação negativa mediana e significativa para os dois sistemas entre diâmetro de xilema e o caráter a\* do xilema, mostrando que quanto maior o diâmetro deste tecido menor é a concentração de  $\beta$ -caroteno existente na raiz, provavelmente pela maior diluição do  $\beta$ -caroteno em raízes com maior volume de xilema.

Correlações fortes, iguais ou acima de 0,60, para os dois sistemas indicam que maior massa é associada a maior comprimento de raiz. Maiores diâmetros de raiz, segundo os dados do sistema Agricultura Natural, também estão associados com maiores massas de raiz e ainda com maiores diâmetros de xilema, e massa e diâmetro de xilema estiveram associados nos dois sistemas de produção, com valores de correlação muito semelhantes e um pouco superiores a 0,50. Além disso, diâmetro de xilema também se correlacionou fortemente com a relação entre diâmetros de xilema e de raiz, mostrando que raízes com maior comprimento e diâmetro possuem maior massa (Tabela 2). Do ponto de vista de mercado, as exigências com diâmetro e comprimento de raiz são bastante variáveis, mas deve-se ter o cuidado de não haver seleção que aumente em demasia o comprimento e diâmetro das raízes para consumo *in natura*. O diâmetro na maioria das vezes deve estar próximo de 2,5 cm e o comprimento de 20 cm (Vieira, 1988). No presente trabalho, o comprimento médio de raízes foi de 14,51, provavelmente devido a características do ambiente onde elas foram cultivadas, cultivo orgânico, com adubação diferente do sistema convencional.

Correlações entre massa com diâmetro de xilema (0,51), entre diâmetro de xilema e diâmetro de raiz (0,35) e entre

diâmetro de raiz com rendimento (0,54) foram também observadas por Alves *et al.* (2006). A indicação de que maior diâmetro de raiz determina maior rendimento concordou ainda com Natarajam & Arumagan (1980) e McCollum (1971), que encontraram valor de correlação 0,87.

Para melhor entender a influência efetiva de cada caráter na massa das raízes, foram realizadas análises de trilha (Tabela 3). Pode-se verificar que diâmetro de xilema, nos dois sistemas de produção, foi responsável por consideráveis efeitos indiretos sobre vários caracteres, e após esses e outros efeitos indiretos serem desinflacionados dos valores de correlação, confirmou-se que o aumento da massa das raízes apresenta-se efetivamente influenciado por maiores comprimentos de raiz e por maiores diâmetros de xilema. Diâmetro total da raiz também demonstrou efeito direto importante (0,40) para o sistema Agricultura Natural, no qual foi significativo pela análise de variância.

Para os caracteres tipo de ponta e tipo de ombro, os ganhos não foram estimados, pois ambos os valores maiores ou menores poderiam ser importantes, dependendo da opção do melhorista (Tabela 4).

Os ganhos diretos com a seleção entre famílias indicam que maiores ganhos poderiam ser obtidos para o sistema Agricultura Natural para a maioria dos caracteres, com exceção para os parâmetros a\* do xilema e floema. Já para a seleção dentro de famílias, maiores ganhos seriam obtidos no sistema Agricultura Orgânica para a maioria dos caracteres, concordando com os valores das herdabilidades dentro de família que foram maiores nesse sistema (Tabela 1).

Em relação aos ganhos estimados com os índices de seleção para o sistema Agricultura Natural, verifica-se muita semelhança nos valores dos ganhos em cada caráter para os índices de Willians (1962) e de Smith (1936) e Hazel (1943). O índice baseado nos ganhos desejados de

**Tabela 2.** Correlação fenotípica entre caracteres de raiz de cenoura, decorrentes da avaliação de uma população com 100 famílias e 20 plantas por parcela com duas repetições, cultivadas em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal, Agricultura Natural (diagonal inferior) e Agricultura Orgânica (diagonal superior). Brasília, 2008

	COMR	DRAIZ	MASSA	DXILE	DX/DR	XILE-a*	FLOE-a*	TIPP	TIPOO
COMR	-	0,12	0,65*	0,41*	0,15	-0,12	0,24*	0,03	0,19*
DRAIZ	0,19*	-	0,19	0,19	-0,18	-0,12	-0,05	-0,09	-0,07
MASSA	0,61*	0,66*	-	0,56*	0,23*	-0,25*	0,30*	-0,10	0,26*
DXILE	0,14	0,73*	0,52*	-	0,82*	-0,51*	-0,10	-0,26*	-0,06
DX/DR	0,10	0,38*	0,25*	0,75*	-	-0,48*	-0,25*	-0,20*	-0,13
XILE-a*	0,04	-0,10	0,04	-0,32*	-0,25*	-	0,61*	-0,04	0,03
FLOE-a*	0,14	0,18	0,19	0,11	0,02	0,26	-	-0,12	0,22*
TIPP	0,14	-0,14	-0,06	-0,04	0,07	-0,21*	-0,20	-	-0,08
TIPOO	0,23*	0,06	0,13	0,03	0,05	0,15	0,13	0,19*	-

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste T entre caracteres significativos pelo teste F da análise de variância.

COMR: comprimento de raiz; DRAIZ: diâmetro de raiz; MASSA: massa da raiz; DXILE: diâmetro de xilema, DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz; XILE-a: parâmetro a\* do xilema; FLOE-a: parâmetro a\* do floema; TIPP: tipo de ponta; e TIPOO: tipo de ombro.

Pesek & Baker (1969) ocasionaria redução no comprimento de raiz e no parâmetro a\* do xilema, enquanto o índice livre de pesos e medidas de Elston (1963) proporcionaria ganhos positivos para todos os caracteres, porém com magnitudes inferiores aos dois índices primeiramente citados, que, portanto, seriam relativamente os melhores para serem empregados neste sistema.

Para os índices de seleção no sistema Agricultura Orgânica, verifica-se que o índice de Willians (1962) e o livre de pesos de Elston (1963) seriam superiores aos demais, porém a utilização do primeiro ocasionaria pequena redução no valor da relação entre diâmetro de xilema/diâmetro de raiz e para o segundo no parâmetro a\* do xilema. Com a utilização do índice de Pesek & Baker (1969), pequenos

**Tabela 3.** Análise de trilha para massa de raiz de cenoura com dados derivadas de 100 famílias de meios-irmãos, cultivadas em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal, Agricultura Natural e Agricultura Orgânica. Brasília, 2008

Caráter	Efeito Indireto <sup>1</sup>								Efeito Direto <sup>4</sup>
	COMR <sup>3</sup>	DRAIZ	DXILE	DX/DR	XILE-a*	FLOE-a*	TIPP	TIPO O	
Agricultura Natural									
COMR <sup>2</sup>		0,07	0,05	-0,02	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,52
DRAIZ	0,09		0,24	-0,06	-0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,40
DXILE	0,07	0,29		-0,13	-0,04	-0,01	0,01	-0,01	0,33
DX/DR	0,05	0,15	0,25		-0,03	-0,01	0,01	-0,01	-0,17
XILE-a*	0,02	-0,04	-0,11	0,04		-0,01	0,01	-0,01	0,13
FLOE-a*	0,07	0,07	0,04	-0,01	0,03		0,01	-0,01	-0,02
TIPP	0,07	-0,06	-0,01	-0,01	-0,03	0,01		-0,01	-0,02
TIPOO	0,12	0,03	0,01	-0,01	0,02	-0,01	-0,01		-0,04
Agricultura Orgânica									
COMR		-0,01	0,30	-0,06	0,03	0,08	0,01	0,02	0,29
DRAIZ	0,03		0,14	0,08	0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,07
DXILE	0,12	-0,01		-0,38	0,14	-0,03	-0,01	-0,01	0,74
DX/DR	0,04	0,01	0,60		0,12	-0,08	-0,01	-0,02	-0,46
XILE-a*	-0,03	0,01	-0,37	0,21		0,29	-0,01	0,01	-0,26
FLOE-a*	0,07	0,01	-0,08	0,11	-0,16		-0,01	0,03	0,31
TIPP	0,01	0,01	-0,19	0,09	0,01	-0,04		-0,01	0,01
TIPOO	0,05	0,01	-0,04	0,06	-0,01	0,07	-0,01		0,12

<sup>1</sup>Efeito indireto dos caracteres na vertical (°) via os caracteres na horizontal (°) sobre massa; <sup>4</sup>efeito direto dos caracteres(°) sobre a massa.

COMR: comprimento de raiz; DRAIZ: diâmetro de raiz; DXILE: diâmetro de xilema, DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz; XILE-a: parâmetro a\* do xilema; FLOE-a: parâmetro a\* do floema; TIPP: tipo de ponta; e TIPOO: tipo de ombro.

**Tabela 4.** Estimativas de ganho com a seleção e famílias selecionadas, de acordo com a seleção direta e baseado em diferentes índices de seleção para caracteres medidos no sistema de Agricultura Natural e Agricultura Orgânica. Brasília, 2008

		Agricultura Natural						
		COMR	DRAIZ	MASSA	DXILE	DX/DR	XILE-a*	FLOE-a*
Seleção direta	Ganho de seleção entre (%)	8,98	3,34	15,09	21,91	7,82	2,92	0,65
	Ganho de seleção dentro (%)	7,59	1,92	2,75	7,84	0,39	0,57	0,06
Índice Willians (1962)	Ganho de seleção (%)	8,94	0,67	2,10	1,73	0,22	0,02	0,01
Índice Smith (1936) e Hazel (1943)	Ganho de seleção (%)	8,84	0,17	2,04	0,57	0,13	-0,02	0,01
Índice Pesek & Baker (1969)	Ganho de seleção (%)	-2,09	0,79	0,62	4,74	1,40	-0,19	0,06
Índice Elston (1963)	Ganho de seleção (%)	3,64	1,04	1,63	4,96	0,99	0,71	0,15
		Agricultura Orgânica						
		COMR	DRAIZ	MASSA	DXILE	DX/DR	XILE-a*	FLOE-a*
Seleção direta	Ganho de seleção entre (%)	6,75	0	6,21	11,42	7,20	8,69	3,23
	Ganho de seleção dentro (%)	6,19	0	6,15	11,41	5,18	8,65	1,64
Índice Willians (1962)	Ganho de seleção (%)	5,39	0	4,56	0,14	-1,71	2,82	2,39
Índice Smith (1936) e Hazel (1943)	Ganho de seleção (%)	-1,37	0	-0,19	-5,42	-5,43	0,55	-0,07
Índice Pesek & Baker (1969)	Ganho de seleção (%)	0,88	0	-2,07	0,61	2,93	2,41	-0,68
Índice Elston (1963)	Ganho de seleção (%)	4,81	0	5,69	9,71	4,94	-3,08	0,42

COMR: comprimento de raiz; DRAIZ: diâmetro de raiz; MASSA: massa da raiz; DXILE: diâmetro de xilema, DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz; XILE-a: parâmetro a\* do xilema; FLOE-a: parâmetro a\* do floema; TIPP: tipo de ponta; e TIPOO: tipo de ombro.

ganhos seriam conseguidos para a maioria dos caracteres, e ainda perder-se-ia em massa e  $a^*$  do floema. Já o índice de Índice Smith (1936) e Hazel (1943) ocasionaria um ganho negativo para a maioria dos caracteres. Pode-se verificar, portanto, que os melhores índices de seleção para serem utilizados nos dois sistemas seriam o Índice de Elston (1963) e, principalmente, o de Willians (1962).

## CONCLUSÕES

Os caracteres de maior herdabilidade são comprimento de raiz e cor  $a^*$  do xilema.

Os caracteres comprimento de raiz e diâmetro de xilema são mais importantes na diferenciação das famílias, o contrário é verificado para diâmetro de raiz e relação entre diâmetro de xilema e diâmetro de raiz.

Maior diâmetro de xilema determina menor concentração de  $\beta$ -caroteno no xilema da raiz.

Maior massa de raiz é determinada por maior diâmetro de raiz e, principalmente, por maiores comprimento de raiz e diâmetro de xilema.

Os melhores índices de seleção para serem utilizados nos dois sistemas de produção agroecológicos são o Índice de Elston (1963) e, principalmente, o Índice de Willians (1962).

Os caracteres massa, diâmetro de xilema e relação entre diâmetro de xilema e diâmetro de raiz podem ser avaliados apenas em um dos sistemas de produção testados.

## REFERÊNCIAS

Alves JC da S, Peixoto JR, Vieira JV & Boiteux LS (2006) Herdabilidade e correlações genotípicas entre caracteres de folhagem e sistema radicular em famílias de cenoura, cultivar Brasília. Horticultura Brasileira, 24:363-367.

Barbosa MHP (1996) Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 138p.

Barbosa MHP & Pinto CABP (1998) Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33:149-156.

Brar JS & Sukhija BS (1980) Variability, heritability and genetic advance in carrot (*Daucus carota* L.). Journal of Research Punjab Agriculture University, 17:442-443.

Buishand JG & Gabelman WH (1979) Investigations on the inheritance of colour and carotenoid content in phloem and xylem of carrot roots (*Daucus carota* L.). Euphytica, 28:611-632.

Carvalho FIF de, Silva SA, Kurek AJ & Marchioro VS (2001) Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção. Pelotas, Ed. Universitária da UFPel. 99p.

Carvalho FIF de, Lorencetti C & Benin G (2004) Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Pelotas, Ed. Universitária da UFPel. 142p.

Cruz CD (1997) Programa genes: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, Editora UFV. 442p.

Cruz CD & Regazzi AJ (2001) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, Editora UFV. 390p.

Eberhart SA (1970) Factors affecting efficiencies of breeding methods. African Soils, 15:669-680.

Elston RCA (1963) Weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. Biometrics, 19:85-97.

Granate MJ, Cruz CD & Pacheco CAP (2002) Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37:1001-1008.

Hazel LN (1943) The genetic basics for constructing selections indexes. Genetics, 28:476-490.

Korla BN, Singh AK & Pattan RS (1980) A research note on variability studies in carrot. Punjab Horticulture Journal, 20:215-217.

Laferrere L & Gabelman WH (1968) Inheritance of colour, total carotenoids, alpha-carotene and beta-carotene in carrots *Daucus carota* L. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 93:408-418.

Martins IS, Martins R de CC & Pinho D dos S (2003) Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Cerne, 12:287-291.

McCollum GD (1971) Greening of carrot roots (*Daucus carota* L.): Estimates of heritability and correlation. Euphytica, 20:549-560.

Michalik B, Zabagalo A & Zukowska E (1985) Investigation of the interdependence of root color and carotene content in carrot variety Selecta. Plant Breeding Abstracts, 55:316.

Natarajam S & Arumagan R (1980) Association analysis of yield and its components in carrot (*Daucus carota* L.). Madras Agriculture Journal, 9:594-597.

Pereira AS (2002) Teores de carotenóides em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 128p.

Pesek J & Baker RJ (1969) Desired improvement in relation to selected indices. Canadian Journal Plant Science, 49:803-804.

Santos CAF & Araújo FP de (2001) Aplicação de índices para seleção de caracteres agrônômicos de feijão-de-corda. Ciência Agronômica, 32:78-84.

Santos CAF & Simon PW (2006) Heritabilities and minimum gene number estimates of carrot carotenoids. Euphytica, 151:79-86.

Singh D (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 41:237-245.

Silva GO da, Souza VQ de, Pereira A da S, Carvalho FIF de & Fritsche RN (2006) Early generation selection for tuber appearance affects potato yield components. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 6:73-78.

Smith HF (1936) A discriminant function for plant selection. Annual Eugenics, 7:240-250.

Souza JL de (2006) Manual de horticultura orgânica. 2.ed. Viçosa, Aprenda Fácil. 843p.

Traka-Mavrona E (1996) Effects of competition on phenotypic expression and differentiation of five quality traits of carrot (*Daucus carota* L.) and their implications in breeding. Scientia Horticulturae, 65:335-340.

Vieira JV (1988) Herdabilidade, correlações e índice de seleção em populações de cenoura (*Daucus carota* L.). Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 86p.

Willians JS (1962) The evaluation of a selection index. Biometrics, 18:375-393.