

**Número mínimo de plantas por parcela
experimental para avaliação de caracteres
de raiz em populações de cenoura**

Foto: Jairo V. Vieira



República Federativa do Brasil
Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Reinhold Stephanes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração
Luiz Gomes de Souza
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Hélio Tollini
Ernesto Partemiani
Cláudia Assunção dos Santos Viegas
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa
Silvio Crestana
Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de Franca
Kepler Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Hortaliças
José Amauri Buso
Chefe-Geral

Carlos Alberto Lopes
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Gilmar Paulo Henz
Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

André Nepomuceno Dusi
Chefe Adjunto de Administração



ISSN 1677-2229
Junho, 2008

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

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 39

**Número mínimo de plantas por parcela
experimental para avaliação de caracteres
de raiz em populações de cenoura**

*Jairo Vidal Vieira
Giovani Olegário da Silva*

Brasília-DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

BR 060 km 9 – Rod. Brasília-Anápolis
Caixa Postal 218
70351-970 Brasília-DF
Telefone (61) 3385-9115
E-mail: sac@cnph.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Hortaliças (2004-2008)

Presidente: Gilmar P. Henz
Secretária-Executiva: Fabiana S. Spada
Pollyanna T. B. de Moraes
Editor Técnico: Flávia A. de Alcântara
Membros: Alice Maria Quezado Duval
Edson Guiducci Filho
Milza M. Lana
Raquel Freitas
Waldir A. Marouelli

Normalização bibliográfica: Rosane Mendes Parmagnani
Editoração eletrônica: Rafael Miranda Lobo

1ª edição
1ª impressão (2008): 50 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

Vieira, Jairo Vidal

Número mínimo de plantas por parcela experimental para avaliação de caracteres de raiz em populações de cenoura / Jairo Vidal Vieira, Giovani Olegário da Silva. -- Brasília : Embrapa Hortaliças, 2008.

20 p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, ISSN 1677-2229 / Embrapa Hortaliças ; 39)

1. Cenoura – Amostragem. I. Silva, Giovani Olegário da. II. Título. II. Série.

CDD 635.13 (21. ed.)

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	01
Abstract	02
Introdução	03
Material e Métodos	03
Resultados e Discussão	04
Conclusões	08
Referências Bibliográficas	10

Número Mínimo de Plantas por Parcela Experimental para Avaliação de Caracteres de Raiz em Populações de Cenoura

*Jairo Vidal Vieira*¹

*Giovani Olegário da Silva*²

Resumo

A estimativa do número ideal de plantas para a avaliação de populações de cenoura é importante para que se possa reduzir o erro experimental e, com isso, maximizar a precisão das informações obtidas num experimento, além de contribuir sobremaneira para a redução de recursos financeiros empregados na pesquisa. O objetivo deste trabalho foi estimar o número mínimo de plantas por parcela para avaliação de caracteres de raiz em ensaios de populações de cenoura, utilizando-se os métodos de Máxima Curvatura Modificado e da Estabilização da Média e Variância Genética. Os ensaios, compostos por nove populações, foram conduzidos em três locais no verão de 2004: Brasília, DF; São Gotardo, MG e Lapão, BA, com delineamento em blocos casualizados com quatro repetições de parcelas com 2m². Aos 90 dias após o plantio, 15 plantas competitivas por parcela em cada uma população foram colhidas e avaliadas para massa da raiz, comprimento de raiz, comprimento do ombro verde da raiz, formato de ponta da raiz, formato de ombro da raiz, diâmetro da raiz, diâmetro do xilema da raiz, relação diâmetro do xilema / diâmetro da raiz e os parâmetros de cor L* a* b* para os tecidos xilema e floema. Os métodos de Máxima Curvatura Modificado e da Estabilização da Média e Variância Genética foram utilizados para estimar o número mínimo de plantas para representar cada parcela. Os valores encontrados para cada procedimento indicam que 13 plantas por parcela são suficientes para garantir uma adequada avaliação de populações de cenoura para o conjunto de caracteres estudados.

¹ Eng. Agr., DSc., Embrapa Hortaliças. E-mail: jairo@cnph.embrapa.br

² Eng. Agr., DSc., Embrapa Hortaliças. E-mail: olegario@cnph.embrapa.br

Minimum Plants Number per Plot to Evaluate Carrot Populations Using Root Traits

Abstract

The estimate of the optimal number of plants per plot for the evaluation of carrot populations is important to reduce the experimental error and enhance the accuracy of the information obtained in breeding experiments. Additionally it contributes to reduce the financial costs of the research. The objective of the present work was to estimate the minimum number of plants per plot for root characters evaluation of carrot populations using the Maximum Curvature Modified and the Stabilization of the Average and Genetic Variance Methods. The essays, composed by nine populations, were conducted in the summer of 2004 at three representative areas for carrot production in Brazil, respectively: Brasília, DF; São Gotardo, MG and Lapão, BA, in random blocks design with four replications consisting of plots with 2m². Harvesting took place 90 days after sowing. In each population, 15 competitive plants per plot were harvest and evaluated for root mass, root length, root green shoulder length, root tip shape, root shoulder shape, root diameter, root xylem diameter, relationship among xylem diameter / root diameter and the L a* b* color parameters for the xylem and phloem. The Maxim Curvature Modified and the Stabilization of the Average and Genetic Variance Methods were used to estimate the minimum plants number to represent each plot. The results obtained for each procedure indicated that 13 plants per plot are enough to guarantee an appropriate evaluation of carrot populations for the group of studied characters.*

Index terms: Daucus carota L., Maxim Curvature Modified, Stabilization of the Average and Genetic Variance, sampling.

Introdução

O correto dimensionamento do tamanho, formato e número de repetições das parcelas experimentais, é fundamental para reduzir o erro experimental e, com isso, maximizar a precisão das informações obtidas em um experimento (STEEL; TORRIE, 1980).

Nos programas de melhoramento, a diminuição do erro experimental pode ser alcançado através da otimização do número de plantas por parcela e do número de repetições, o que resulta em redução da variância fenotípica, contribuindo para o aumento do coeficiente de herdabilidade, e, conseqüentemente, para maiores progressos genéticos com a seleção (EBERHART, 1970). Além disso, o tamanho de parcela está diretamente ligado ao custo de implantação de experimentos e das avaliações, sendo que o balanço entre custo e precisão determina o tamanho ótimo de parcelas (ZHANGA et al., 1994; STORCK et al., 2006). Segundo Freitas et al. (2001), estudos sobre tamanho de parcela têm contribuído sobremaneira para a redução de recursos financeiros empregados na pesquisa de várias culturas.

A despeito da importância da cultura da cenoura e da disponibilidade de cultivares de verão desenvolvidas por empresas públicas e privadas no Brasil, há pouca informação registrada sobre os detalhes metodológicos aplicados durante o processo de desenvolvimento dessas cultivares (VIEIRA et al. 2006).

O tamanho mínimo da amostra de trabalho em ensaios de melhoramento genético depende da espécie, da população sob avaliação, do tipo de população, das inferências que se deseja realizar, das condições ambientais sob as quais é conduzida a população e do nível de precisão desejado (GRAYBILL; KNEEBONE, 1959; PALOMINO et al., 2000; VIANA, et al., 2002, ALVES; SERAPHIN, 2004), tornando fundamental que, dentro dos programas de melhoramento, sejam realizados estudos sob as condições locais em que é aplicada a seleção.

Dentre as várias metodologias de determinação do tamanho e forma das parcelas experimentais destacam-se: métodos baseados na estabilização da variância genética e média, Método da Máxima Curvatura, Método de Fairfield Smith, Método da Máxima Curvatura Modificado, Método da Informação Relativa, Método da Regressão Múltipla, Método de W. H. Hatheway, Método de Pimentel Gomes (ZANON; STORCK, 2000). Os vários métodos se baseiam na relação observada entre o tamanho da parcela e a variação residual, e diferem entre si em diversos aspectos, sendo que o aumento no tamanho da parcela leva a diminuição da variação entre parcelas. No entanto, tal diminuição não é infinitamente proporcional ao tamanho da parcela, pois pouco ganho em precisão é obtido com o incremento no tamanho de unidades experimentais já suficientemente grandes (LE CLERG, 1967).

De acordo com WU et al. (1978), para fins de melhoramento genético, o tamanho mínimo da amostra é o número mínimo de elementos necessários para estimar a média e a variância de um dos caracteres da população, com precisão razoável. Storck e Uitdewilligen (1980) e Silva et al., (2003), consideram que o Método da Máxima Curvatura da função do coeficiente de variação experimental (CV) tem se mostrado muito consistente. Segundo Viana et al. (2002), o Método da Máxima Curvatura Modificado, embora utilize o mesmo princípio do método da máxima curvatura, fornece resultados mais precisos do que esse, por estabelecer uma equação de regressão para explicar a relação existente entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcela.

O objetivo deste trabalho foi estimar o número mínimo de plantas por parcela para avaliação de caracteres de raiz em ensaios de populações de cenoura, utilizando-se os Métodos de Máxima Curvatura Modificado e da estabilização da média e variância genética.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos em três locais representativos das principais áreas de produção de cenoura no país, a saber: Campo Experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF (A); uma propriedade particular em São Gotardo, MG (B); e uma propriedade particular em Lapão, BA (C). Foram avaliadas 9 populações de cenoura em cada local, cultivadas no verão de 2004, utilizando-se delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições e parcelas de 2m². Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura em cada região. Por ocasião da colheita, 15 plantas competitivas (em espaçamento normal, competindo por nutrientes, água, luminosidade) por parcela foram coletadas e avaliadas individualmente para os caracteres massa da raiz (g), comprimento de raiz (mm), comprimento do ombro verde da raiz (mm), formato de ponta da raiz (critério de notas: 1- arredondada, 2- levemente afilada, 3- afilada), formato de ombro da raiz (critério de notas: 1- cônico, 2- arredondado, 3- plano, 4- côncavo), diâmetro da raiz (mm) avaliado na metade do comprimento da mesma, diâmetro do xilema da raiz (mm) avaliado na metade do comprimento da raiz e relação diâmetro do xilema / diâmetro da raiz. Adicionalmente, determinou-se por leitura colorimétrica direta os parâmetros L* a* b* para os tecidos xilema e floema de cada raiz, utilizando-se o analisador de cor de *tristimulus* compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division).

Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (teste de Bartlett) (STEEL; TORRIE, 1980), de normalidade (Lilliefors) (CAMPOS, 1983), onde os caracteres formato de ombro e formato de ponta foram transformados em $\sqrt{x + 0,50}$ para atender a pressuposição de normalidade. Posteriormente, foi realizada análise de variância conjunta utilizando-se o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 1997) e análise de representatividade do número mínimo de plantas para representar linhagens utilizadas em combinações híbridas por dois métodos diferentes, objetivando maior confiabilidade dos resultados: determinação baseada na Estabilização da Média e Variância genética por *Bootstrap* de Simulação de Subamostras e pelo Método da Máxima Curvatura Modificado. Para o primeiro método, iniciou-se com subamostras de duas plantas, com incremento de uma planta, de uma rodada para a outra. O número de plantas foi sucessivamente aumentado até 15. Para cada tamanho de subamostra fizeram-se 15 rodadas, de forma aleatória, com reposição. Para cada subamostra, foram estimados os parâmetros genéticos, obtendo-se em seguida a média das 15 subamostras do mesmo tamanho utilizando-se o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 1997). O número de plantas, para representar a população, foi determinado visualmente como o ponto a partir do qual a estimativa do parâmetro escolhido tornou-se estável, de acordo com retas de limites superiores e inferiores da média mínima não significativa (LMNS), pelo teste t a 5% de probabilidade, tomando-se como referência a média obtida com as 9 populações.

Para a determinação do número mínimo de plantas, pelo Método da Máxima Curvatura Modificado (LESSMAN; ATKINS, 1963), utilizou-se a expressão apresentada por Chaves (1985):

$$N = [a^2 b^2 (2b-1) / (b-2)]^{1 / (2 - 2/b)},$$

onde a e b são os coeficientes de regressão estimados a partir do ajuste do modelo apresentado por Chaves(1985), envolvendo o coeficiente de variação experimental e o número de plantas por parcela.

A escolha destas duas metodologias foi devido a serem de fácil utilização e também serem bastante precisos.

Resultados e Discussão

Pela análise de variância conjunta para os três locais de cultivo (Tabela 1), pode-se verificar que todos os caracteres foram significativos em diferenciar as populações estudadas. A interação populações x local foi significativa para todos os caracteres, e por isso as inferências foram efetuadas para cada local separadamente. Os coeficientes de variação ambiental foram reduzidos, principalmente para os caracteres de cor medidos em laboratório, indicando boa precisão experimental.

De acordo com o método de máxima curvatura modificado são necessárias de 7 a 8 plantas para representar uma parcela quanto ao caráter massa das raízes (Figuras 1A, 1B e 1C). Este valor é cerca de 50% inferior ao número de plantas utilizado nos experimentos deste trabalho (15 plantas por parcela), indicando que quando o objetivo for a avaliação de genótipos para este caráter, uma economia muito grande de recursos e mão-de-obra pode ser alcançada, mantendo-se a mesma exatidão das estimativas. O uso da equação de regressão permitiu que fossem feitas estimativas do número mínimo de plantas por parcela nos intervalos entre as amostras predeterminadas, de maneira não subjetiva e, nesse caso, com elevada precisão, uma vez que os valores de R^2 obtidos variaram de 0,98 a 0,99 para todos os caracteres (VIANA et al., 2002).

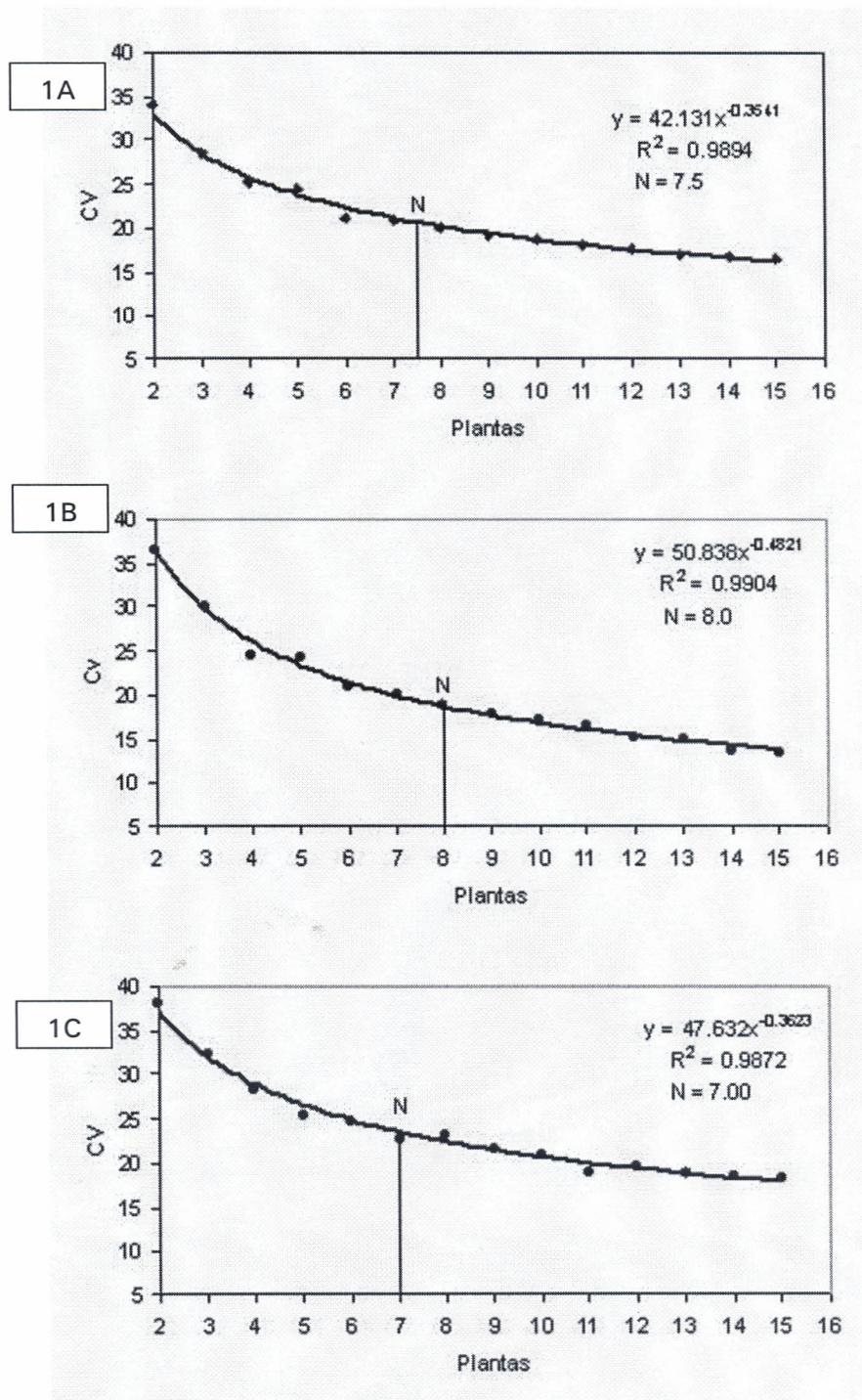


Fig. 1. Número mínimo de plantas (N) por parcela para populações de cenoura pelo método de curvatura máxima modificado, em três experimentos (Brasília (A), São Gotardo (B) e Lapão (C), para o caráter rendimento de raízes. Brasília, 2007.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta para caracteres de raiz de cenoura, em 9 populações cenoura cultivadas em 3 locais distintos representativos das regiões de produção no país, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições, Brasília, 2004.

Fonte de variação	Quadrado Médio													
	GL	MASSA	COMR	FORP	FORO	DRAIZ	DXILE	XILE-L	XILE-A	XILE-B	FLOE-L	FLOE-A	FLOE-B	DX/DR
Bloco/Local	9	537,94	0,79	0,02	0,01	10,62	2,83	2,22	7,09	7,02	0,60	4,16	0,77	0,01
Populações(P)	8	680,29*	6,90*	0,03*	0,02*	11,76*	11,64*	3,76*	65,43*	34,19*	2,58*	2,38	9,54*	0,01*
Local (L)	2	52759,3*	321,00*	0,08*	0,45*	449,56*	130,24*	32,47*	6,73	2,71	49,39*	51,20	83,59*	0,02*
P x L	16	684,42*	3,53*	0,02*	0,02*	8,95*	6,10*	2,69*	23,19*	11,64*	2,72*	2,29	5,00*	0,01*
Resíduo	72	161,57	1,97	0,01	0,01	2,68	0,96	0,92	4,26	2,49	0,86	1,00	2,78	0,01
CV	-	17,74	9,10	4,74	4,47	6,89	10,72	1,90	6,78	3,40	1,72	2,88	3,25	7,74
Média	-	71,65	15,41	1,58	1,63	23,75	9,14	50,44	30,46	46,41	53,89	34,81	51,31	0,38

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

CV: coeficiente de variação ambiental; MASSA: massa da raiz; COMR: comprimento de raiz; FORP: formato de ponta; FORO: formato de ombro; DRAIZ: diâmetro de raiz; DXILE: diâmetro de xilema, XILE-L: parâmetro L* do xilema; XILE-A: parâmetro A* do xilema; XILE-B: parâmetro B* do xilema; FLOE-L: parâmetro L* do floema; FLOE-A: parâmetro A* do floema; FLOE-B: parâmetro B* do floema; DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz.

Ainda para o caráter massa de raízes, mas de acordo com o método de estabilização da média (Figuras 2A, 2B e 2C), verificou-se que dentre as médias das 210 subamostras obtidas com as 9 populações, 5, 3 e 4 pontos, correspondendo a 75, 45 e 60 subamostras, encontram-se fora dos limites superior e inferior de 5% de probabilidade de erro, respectivamente para os três experimentos. O primeiro ponto da série que esteve dentro do limite de erro variou de 5 para o segundo experimento (Figura 2B) a 7 para os demais (Figuras 2A e 2C), sugerindo que 7 deve ser considerado como a estimativa do número mínimo de plantas por parcela para representar uma população em condições de campo. Quando se utilizou o método de estabilização da variância genética, 5, 4 e 5 pontos, correspondendo a 75, 60 e 75 subamostras, estiveram fora do limite de confiança, respectivamente para os ensaios A, B e C. Neste caso, o primeiro ponto de uma série constante dentro dos limites inferior e superior variou 5 a 9 para o segundo e primeiro experimento (Figuras 2-B e 2-A), respectivamente.

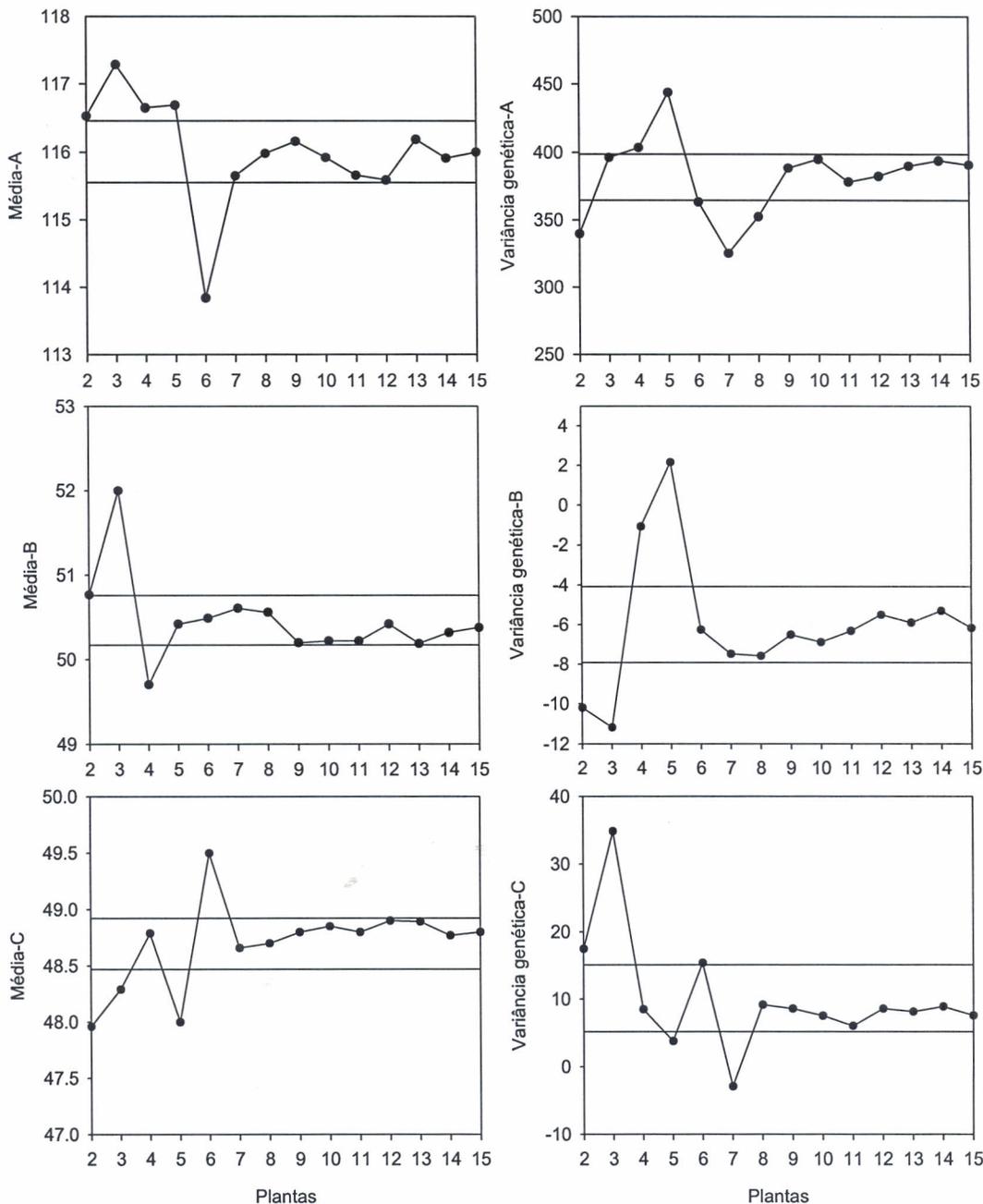


Fig. 2. Número mínimo de plantas por parcela para populações de cenoura pelo método de simulação de acordo com a estabilização da média e variância genética, em três experimentos (Brasília (A), São Gotardo (B) e Lapão (C)), para o caráter rendimento de raízes. Brasília, 2007.

Portanto, por este método, recomenda-se que sejam utilizadas no mínimo 9 plantas por parcela para representar uma população de cenoura, visto que números superiores a estes não acrescentariam maiores informações e não proporcionariam redução significativa do erro (ZANON; STORCK, 2000).

Os valores de número mínimo de plantas para os demais caracteres foram estimados da mesma forma e estão discriminados na Tabela 2. Verifica-se que os caracteres de coloração de xilema e floema, medidos via colorimetria, apresentaram reduzidos coeficientes de variação, pelo método de Máxima Curvatura Modificado e, devido a isso, para estes caracteres e por esse método, um reduzido número de plantas seria necessário para representar uma parcela a campo. No entanto, pela Estabilização das Médias e Variâncias, estes caracteres não se apresentaram estáveis com este reduzido número de plantas, exigindo portanto, um número de plantas variando de 7 a 10 para estes caracteres de colorimetria. Isto evidencia a importância de levar em consideração diferentes métodos, os quais estejam baseados em diferentes princípios, para se ter conclusões mais consistentes.

Pode-se verificar que para todos os caracteres avaliados, o número de 15 plantas por parcela, utilizados no estudo, oriundas dos ensaios realizados em cada região de produção, foi suficiente para propiciar uma adequada avaliação/caracterização das populações em teste, de acordo com os métodos empregados.

Verifica-se ainda, conforme Tabela 2, que com exceção de formato de ombro, diâmetro de raiz e diâmetro de xilema, para todos os demais caracteres, estima-se que no máximo 10 plantas por parcela são suficientes para representar uma parcela, sendo que para o conjunto de todos os caracteres estudados, 13 plantas por parcela seriam suficientes para caracterizar as populações estudadas. Em milho, Chaves (1985) e Chaves e Miranda (1992) estimaram que, para avaliação, são necessárias cerca de 15 a 20 plantas por parcela. Também para milho, Palomino et al. (2000) verificaram a necessidade de pelo menos 20 a 25 plantas por parcela. Em cenoura, até o presente momento, os autores desconhecem a existência de estudos semelhantes a estes e, desta forma, os resultados deste estudo podem ser utilizados como guia para futuros trabalhos.

Conclusão

- Parcelas com 13 plantas competitivas coletadas em ensaios com 4 repetições, são suficientes para garantir uma adequada avaliação de populações de cenoura para o conjunto de caracteres estudados.

Tabela 2. Estimativas do número mínimo de plantas por parcela, pelos métodos de Curvatura Máxima Modificado, e por simulação de acordo com a Estabilização da Média e Variância Genética, utilizando-se dados de caracteres de raiz de cenoura decorrentes da avaliação de nove populações em três locais: Brasília (A), São Gotardo (B) e Lapão (C). Brasília, 2007.

Caráter / Regiões	Curvatura máxima modificado			Simulação / média			Simulação / variância genética			Valor Médio	Maior Valor
	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
MASSA	7,50	8,00	7,00	7,00	5,00	7,00	9,00	6,00	8,00	7,17	9
COMR	5,90	4,77	5,85	9,00	4,00	8,00	4,00	7,00	7,00	6,17	9
FORP	3,16	3,30	1,00	8,00	6,00	8,00	8,00	6,00	9,00	5,83	9
FORO	1,39	1,00	3,03	13,00	10,00	7,00	12,00	10,00	11,00	7,60	13
DRAIZ	4,60	4,97	5,20	9,00	13,00	7,00	8,00	11,00	4,00	7,42	13
DXILE	11,35	13,11	7,19	11,00	10,00	7,00	7,00	9,00	5,00	8,96	13
XILE-L	1,01	1,01	1,00	7,00	9,00	7,00	6,00	8,00	5,00	5,00	9
XILE-A	2,38	1,78	2,69	7,00	6,00	6,00	6,00	8,00	3,00	4,76	8
XILE-B	1,84	1,39	1,00	6,00	8,00	4,00	5,00	7,00	6,00	4,47	7
FLOE-L	1,00	1,00	1,00	6,00	5,00	4,00	6,00	3,00	8,00	3,89	8
FLOE-A	1,01	1,47	1,22	8,00	5,00	4,00	8,00	8,00	4,00	4,52	8
FLOE-B	1,00	1,26	1,09	7,00	10,00	7,00	4,00	10,00	7,00	5,37	10
DX/DR	4,69	4,15	5,15	9,00	6,00	4,00	9,00	6,00	4,00	5,78	9

MASSA: massa da raiz; COMR: comprimento de raiz; FORP: formato de ponta; FORO: formato de ombro; DRAIZ: diâmetro de raiz; DXILE: diâmetro de xilema; XILE-L: parâmetro L do xilema; XILE-A: parâmetro A do xilema; XILE-B: parâmetro B do xilema; FLOE-L: parâmetro L do floema; FLOE-A: parâmetro A do floema; FLOE-B: parâmetro B do floema e DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz, Valor Médio: média das estimativas obtidas para cada característica; Maior Valor: maior valor estimado para cada característica.

Referências

- ALVES, S. M. de F.; SERAPHIN J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p.105-111, 2004.
- CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 1983. 349 p.
- CHAVES, L. J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays*)**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 148 p.
- CHAVES, L. J.; MIRANDA FILHO, J. B. Plot size for progeny selection in maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 84, n. 7-8, 1992.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442p.
- EBERHART, S. A. Factors affecting efficiencies of breeding methods. **African Soils**, Paris, v.15, p. 669-680, 1970.
- FREITAS, J. A. de; SILVA, E. B.; FALLIERI, J. LANZA, M. A.; FARIA, R. S.; SILVA, P. J. Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo *Gossypium hirsutum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 583-587, 2001.
- GRAYBILL, F. A.; KNEEBONE, W. R. Determining minimum populations size for initial evaluation of breeding material. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, p. 4-6, 1959.
- LECLERG, E. L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K. J. (Ed.). **Plant breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1967. p. 243-313
- LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, p. 477-481, 1963.
- PALOMINO, E. C.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Tamanho da amostra para avaliação de famílias de meios-irmãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1433-1439, 2000.
- SILVA, R. L. da; XAVIER, A.; LEITE, H. G.; PIRES, I. E. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasses e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 669-676, 2003.
- STELL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill Book. 1980. 633 p.
- STORCK, L.; UITDEWILLIGEN, W. P. M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p.269-282, 1980.
- STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 903-909, 2006.
- VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R.; LOPES, S. C.; SEDIYAMA, M.A.N. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 58-63, 2002.
- VIEIRA, J. V.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, J. B. C. Número mínimo de populações de meios-irmãos para avaliação de uma população de cenoura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 365-367, 2006.

- ZHANGA, R.; WARRICK, A. W.; MYER, D. E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, v.62, p.183-197, 1994.
- ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. em dois estádios de desenvolvimento. **Cerne**, v.6, n.2, p.104-111, 2000.
- WU, K. K.; HEINZ, D. J.; MEYER, H. K.; LADD, S. L. Minimum sample size for estimating progeny mean and variance. **Crop Science**, Madison, v.18, p.57-62, 1978.