

FATORES GENÉTICOS RELACIONADOS COM A EXPRESSÃO DO CARÁTER PERCENTUAL DE CARIOPSE EM AVEIA BRANCA

GENETICS FACTORS RELATED WITH THE EXPRESSION OF THE TRAIT PERCENTAGE OF CARYOPSIS IN WHITE OATS

Andreomar José Kurek¹ Fernando Irajá Félix de Carvalho² Antônio Costa de Oliveira²
Volmir Sérgio Marchioro³ Pedro Jacinto Cruz⁴

RESUMO

A demanda por alimentos com maior qualidade e valor nutritivo propiciou à aveia se destacar como uma importante cultura para alimentação humana e animal. Assim, caracteres que conferem a qualidade do grão como o percentual de cariopse, passaram a receber maior atenção nos programas de melhoramento. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi estimar a herança genética do caráter percentual de cariopse, um dos principais caracteres responsável pela qualidade do grão. O experimento foi conduzido nos anos de 1999 e 2000, na Universidade Federal de Pelotas. Foram utilizados quatro cultivares para realizar os cruzamentos e obter a geração F₁. Uma nova semeadura em telado (janeiro/2000) foi realizada com os genitores e a F₁ para produzir a 1^a geração de retrocruzamentos. As sementes produzidas por autofecundação de plantas F₁, originaram a geração F₂. Os genitores (P₁ e P₂) e as gerações F₁, F₂, RC₁F₁ e RC₂F₁, foram semeadas separadamente a campo em junho/2000. As seis gerações obtidas foram conduzidas a campo e, em cada geração, uma amostra de 20 sementes de cada panícula foi selecionada, pesada e descascada para determinar o percentual de cariopse. Os cruzamentos entre CTC 5^{OR 2} e UPF 7^{UFRGS 19} evidenciaram as maiores variâncias fenotípicas e genéticas propiciando estimar valores altos de herdabilidade nestes cruzamentos. Os resultados indicaram que a aditividade é a de maior participação no controle do caráter. A observação de segregação transgressiva confirma a idéia de diferentes genes com a manifestação de 1 a 3 genes conforme os cruzamentos. Estes resultados indicam que a seleção para indivíduos superiores poderá ter sucesso mesmo ocorrendo em gerações altamente segregantes.

Palavras-chave: seleção, qualidade do grão, rendimento industrial, herdabilidade, número de genes.

SUMMARY

The demand for foods with better quality and nutritional value, propitiated to the oats to be an important culture for human and animal feeding. Traits that check the quality of the grain, as the percentage of caryopsis, has been receiving larger attention in the oat breeding programs. The objective of the present work was to determine the inheritance of number of genes, gene action and the heritability of the trait percentage of caryopsis. The experiment was made in the years of 1999 and 2000 in the Federal University of Pelotas – UFPel - Brazil. Four cultivar were used to do the crossings and to obtain the generation F₁. A new sowing in greenhouse (january/2000) was done with the parents and F₁ to produce the first backcrosses generation. The seeds produced by self-pollinization of plants F₁, originated the generation F₂. The parents (P₁ and P₂) and the generations F₁, F₂, BC₁F₁ and BC₂F₁, were sowed separately in the field in june/2000. The six generations obtained were driven and in each generation, a sample of 20 seeds of each panicle was selected, weighted and husked to determine the percentage of caryopsis. The crosses CTC 5^{OR 2} and UPF 7^{UFRGS 19} evidenced the largest phenotypic and genetics variances propitiating high values of heritability in these crossings. The results indicated that the additive is the most important in the control of the trait. The observation of transgressive segregation confirms the idea of different genes with the manifestation of 1 to 3 genes according to the crosses. These results indicate that the selection for superior individuals can be done in early generations.

Key words: selection, quality of the grain, industrial yield, heritability, number of genes.

¹Engenheiro Agrônomo, MSc., Professor do Curso de Agronomia do CEFET-PR, Unidade de Pato Branco, CP 571, 85503-390, Pato Branco, PR. E-mail: kurek@pb.cefetpr.br. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor do Departamento de Fitotecnia, Faculdade Agrária Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas - RS. E-mail: carvalho@ufpel.tche.br.

³Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Melhoramento Genético de Plantas, UFPel, RS.

⁴Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando em Genética e Biologia Molecular, Universidade Federal do Rio Grande Sul.

INTRODUÇÃO

O melhoramento genético de aveia no Brasil reconhece a importância do estudo da herança de caracteres relacionados à qualidade do grão como fator auxiliar no processo de seleção e desenvolvimento de genótipos superiores.

Conforme ressaltaram CARVALHO & FEDERIZZI (1989), os programas de melhoramento genético da aveia tiveram, com o aumento da utilização da aveia no sistema de produção, a necessidade de aprimorar rapidamente o porte de planta para cultivares de menor estatura, redução de ciclo e resistência às moléstias. O interesse por alimentos com maior qualidade e valor nutritivo propiciou à aveia destaque como uma importante cultura para alimentação humana e animal.

Os caracteres indicadores da qualidade do grão como o alto percentual de cariopse, alto peso do hectolitro, tamanho do grão e, principalmente proteínas e fibras solúveis (β -glucana) têm recebido maior atenção pelos melhoristas de aveia. Neste sentido, BROWN & PATTERSON (1992) afirmam que o principal objetivo dos programas de melhoramento dentro da qualidade do grão é a redução do percentual de casca. De acordo com FORSBERG & REEVES (1992), cultivares com menor proporção ou ausência de casca podem ser uma medida para melhorar a qualidade do grão. CHRISTENSON & MERONUCK (1986) apud RONALD *et al.* (1999) atribuem à casca, a função de proteção do grão contra fatores de ambiente e ataque de patógenos. Logo, os programas de melhoramento nacionais devem considerar a importância da casca e direcionar tentativas para aumentar a relação grão/casca sem afetar a qualidade do grão.

No entanto, é necessário primeiramente que pesquisas envolvendo o controle genético deste caráter nos genótipos nacionais sejam conduzidas. Neste sentido, há necessidade de estudos que estimem a herdabilidade, número de genes e ação gênica do caráter percentual de cariopse.

Conforme BARBOSA NETO *et al.* (1996), a relação grão/palha tem sido, com o rendimento de grãos e peso do hectolitro, os caracteres como maior ganho em percentual nos últimos 40 anos em aveia. É importante ressaltar que, para a indústria, interessa grãos pesados, com alto percentual de cariopse. Conforme resultados da Análise Conjunta do ensaio Brasileiro de cultivares recomendados de aveia

branca - 2000, apresentada por FLOSS *et al.* (2001), a cultivar com maior rendimento de grãos nos ensaios com aplicação de fungicidas, UFRGS 7, evidenciou o menor peso de grãos entre todas os genótipos avaliados, indicando a ocorrência de grãos pequenos, sendo estes de pouca aceitabilidade para o uso industrial. Com isso, ressalta-se a importância de conhecer os fatores genéticos associados ao caráter percentual de cariopse, de modo a obter cultivares com bons rendimentos e um alto percentual de cariopse.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi estimar a herança genética do caráter percentual de cariopse, de modo a contribuir diretamente com novos estudos e também no processo de seleção de genótipos superiores nos programas de melhoramento de aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos anos de 1999 e 2000 na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), sendo a fertilidade da área experimental corrigida conforme necessidades apontadas pela análise de solo. O campo experimental possui um solo classificado como Podzólico Vermelho-amarelo, com altitude de 13,24m acima do nível do mar. O clima, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Cfa, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1280,2mm (EMBRAPA, 1999).

Quatro genótipos (OR 2, CTC 5, UPF 7 e UFRGS 19) foram escolhidos para os cruzamentos artificiais, sendo estes recomendados para cultivo pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (2000).

Os cruzamentos para obter a geração \bar{F}_1 foram realizados durante o 2º semestre de 1999 no telado da UFPEL. Uma nova semeadura em telado (janeiro/2000) foi realizada com os genitores e a \bar{F}_1 para produzir a 1ª geração de retrocruzamentos RC_1F_1 ($F_1 \times P_1$) e RC_2F_1 ($F_1 \times P_2$) no 1º semestre de 2000. As sementes produzidas por autofecundação de plantas F_1 , originaram a geração F_2 .

Em junho/2000 os genitores (P_1 e P_2) e as gerações \bar{F}_1 , F_2 , RC_1F_1 e RC_2F_1 , foram semeadas separadamente a campo em linhas de 3m de comprimento com espaçamento de 0,3m entre e dentro de linhas.

O percentual de cariopse foi obtido através da trilha de 20 grãos por panícula/planta,

selecionados ao acaso e posteriormente pesadas as cariopses e as cascas e estimado o percentual de cariopse. De acordo com WESEMBERG & SHANDS (1971), 15 a 25 sementes representam um tamanho ideal de amostra. BUNCH & FORSBERG (1989) encontraram uma alta correlação (0,87) entre os caracteres peso do hectolitro e proporção grão/casca utilizando uma amostra de apenas 10 sementes primárias. Assim, o percentual de cariopse foi estimado através da seguinte fórmula:

$$\%CP = (PC/PGP) \times 100$$

Onde: %CP – percentual de cariopse

PC – peso da criopse (g)

PGP – peso do grão (g)

Para o estudo da herança do caráter e estimativa do número de genes, foi procedida a distribuição de frequências nas seis gerações em cada cruzamento através do agrupamento dos dados em classes. A herdabilidade foi estimada no sentido amplo ($h^2_a = \sigma^2_G / \sigma^2_{F2}$) e no sentido restrito ($h^2_r = \sigma^2_A / \sigma^2_{F2}$).

O efeito dos genes para o caráter foi estimado através do método “teste de escala conjunta” proposto por Cavalli (1952) apud MATHER & JINKS (1982).

O modelo com três parâmetros foi testado através do teste Qui-Quadrado, sendo os graus de liberdade à diferença entre o número de gerações envolvidas e o número de parâmetros estimados (MATHER & JINKS, 1982). A significância dos parâmetros foi verificada pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de estatísticas como médias e, principalmente, variâncias auxiliam no estudo genético dos caracteres qualitativos e quantitativos, por meio de modelos e expressões desenvolvidos para quantificar a contribuição genética e do ambiente na manifestação do fenótipo.

Os cruzamentos entre CTC 5 × OR 2 e UPF 7 × UFRGS 19 evidenciaram as maiores variâncias fenotípicas (Tabela 1). Nos quatro cruzamentos, a decomposição da variância fenotípica demonstrou predominância dos efeitos genéticos em relação aos de ambiente. Os resultados condizem com aqueles

obtidos por RONALD *et al.* (1999), nos quais o estudo sobre a percentagem de cariopse em aveia determinaram que os componentes genéticos foram mais importantes do que os de ambiente, inclusive a interação genótipo × ambiente foi significativa.

A presença de variabilidade genética é condição essencial para estimar a herdabilidade, sendo esta a razão da variância genética pela variância fenotípica no sentido amplo e da variância aditiva pela fenotípica no sentido restrito. Os valores de herdabilidade do caráter estudado (Tabela 1) são indicadores do progresso genético que pode ser obtido nos programas de melhoramento de aveia através da seleção fenotípica.

Embora ocorra considerável influência do ambiente, a percentagem de cariopse foi altamente herdável. Estimativas de herdabilidade no sentido amplo variaram de 63 a 74% com média de 66% e de 41 a 98% no sentido restrito sendo a média também igual a 66%. Os resultados obtidos são similares aos valores observados em estudos de herdabilidade conduzidos por RONALD *et al.* (1999) nos quais os valores variaram entre 35 a 72%. Para BUNCH & FORSBERG (1989), as estimativas, no sentido amplo, variaram entre 50 a 90% e, no restrito de 30 a 70%.

A análise de distribuição de frequência permitiu estimar o número de genes controlando o caráter analisado e a provável constituição genética destes genótipos.

As estimativas dos parâmetros genéticos [*m*], [*a*] e [*d*] se ajustaram com alta probabilidade, conforme o teste do Qui-quadrado (χ^2), para todos os cruzamentos testados, indicando a ausência de epistasia nestes cruzamentos, com exceção do cruzamento UFRGS 19 × UPF 7, em que os efeitos epistáticos foram significativos (Tabelas 2 e 3).

A determinação do grau de dominância (*d/a*), para o qual os valores variaram de -0,77 a 4,75

Tabela 1 - Valores da variância fenotípica (σ^2_{F2}), genética (σ^2_G), de ambiente (σ^2_E), aditiva (σ^2_A) e de dominância (σ^2_D) e coeficiente de herdabilidade no sentido amplo e restrito para o caráter percentual de cariopse em quatro cruzamentos de aveia. FAEM/UFPeI – Pelotas/RS, 2000.

Cruzamentos	Variâncias e herdabilidade para o caráter percentual de cariopse						
	σ^2_{F2}	σ^2_G	σ^2_E	σ^2_A	σ^2_D	h^2_a	h^2_r
UPF 7 × OR 2	6,61	4,14	2,47	1,71	2,43	63	41
UPF 7 × CTC 5	6,19	4,04	2,15	3,64	0,40	65	59
CTC 5 × OR 2	12,17	9,09	3,07	11,89	-2,80	74	98
UPF 7 × UFRGS 19	11,75	7,54	4,21	-	-	64	-

Tabela 2 - Médias das gerações P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁F₁ e RC₂F₁ e seus respectivos desvios-padrão, valores dos efeitos gênicos e do teste Qui-quadrado (χ^2) para o caráter percentual de cariopse em quatro cruzamentos de aveia. FAEM/UFPEL – Pelotas/RS, 2000.

Geração	OR 2 × UPF 7	UPF 7 × CTC 5	OR 2 × CTC 5	UPF 7 × UFRGS 19
P ₁ ^a	74,50 ± 1,443	68,33 ± 1,599	74,23 ± 1,600	68,56 ± 1,651
P ₂	68,19 ± 1,685	74,22 ± 1,378	74,26 ± 1,741	75,44 ± 2,076
F ₁	-	74,35 ± 1,412	74,28 ± 1,906	74,71 ± 2,370
F ₂	72,49 ± 1,616	71,82 ± 2,488	75,04 ± 3,489	72,84 ± 3,428
RC ₁ F ₁	73,50 ± 1,658	70,95 ± 1,986	75,16 ± 2,375	-
RC ₂ F ₁	69,87 ± 2,959	72,80 ± 2,191	75,88 ± 2,609	-
m	71,34 ± 1,108 *	71,07 ± 0,990 *	74,46 ± 1,126 *	71,97 ± 1,304 *
a	3,17 ± 1,050 *	-2,86 ± 0,991 *	0,08 ± 1,121 ^{NS}	-3,43 ± 1,325 *
d	1,26 ± 3,343 ^{NS}	2,89 ± 1,740 ^{NS}	0,38 ± 2,166 ^{NS}	2,63 ± 2,665 ^{NS}
d/a	0,40	-1,01	4,75	-0,77
χ^2	0,072	0,481	0,396	8,673
GL	2	3	3	1
P	1,0	0,95 – 0,90	0,95 – 0,90	0,01 – 0,001

^a O primeiro genitor de cada cruzamento corresponde ao P₁ e o segundo ao P₂

* Significativo a 5% pelo teste t; ^{NS} Não significativos.

evidenciou que tanto a aditividade como a dominância, além dos efeitos epistáticos contribuíram na expressão do caráter. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por WESEMBERG & SHANDS (1971) e STUTHMAN & GRANGER (1977), os quais consideraram, respectivamente, os efeitos de aditividade e de dominância no controle do caráter. KIBITE & EDNEY (1992) verificaram que o percentual de cariopse foi influenciado por fatores genéticos e de ambiente, enquanto para GULLORD & AASTVEIT (1987), a interação genótipos × ambiente também foi importante.

cariopse.

A baixa probabilidade, porém não significativa, evidenciada pelo teste Qui-quadrado no cruzamento UPF 7 × CTC 5 para o RC₂F₁, pode ser atribuída não apenas aos efeitos de ambiente mas à provável ocorrência de autofecundação ainda no processo de cruzamentos artificiais que não permitiram a expressão da frequência esperada que era de 0:1, ou seja, 0:25 plantas sendo a frequência observada de 7:18.

De acordo com a análise de distribuição de frequências (Tabela 4), foi possível estimar o

Os efeitos aditivos foram todos significativos com exceção do cruzamento OR 2 × CTC 5. Para os efeitos de dominância, não foi verificado nenhum valor significativo entre os cruzamentos.

Segregação transgressiva (Tabela 4), ou seja, a ocorrência de genótipos além da distribuição apresentada pelos genitores, foi evidenciada nos cruzamentos entre OR 2 × CTC 5 e UFRGS 19 × UPF 7, tanto para valores menores como maiores em relação aos genitores confirmando a idéia de diferentes genes e complementares nestes genótipos. WESEMBERG & SHANDS (1973) e RONALD *et al.* (1999) também encontraram segregação transgressiva para valores baixos e altos do percentual de

Tabela 3 - Significância do teste Qui-quadrado (χ^2) aplicado às gerações F₂, RC₁F₁ e RC₂F₁ relacionadas ao caráter percentual de cariopse em quatro cruzamentos de aveia. FAEM/UFPEL – Pelotas/RS, 2000.

Cruzamentos e gerações	N	Frequência observada	Frequência esperada	Frequência gênica	χ^2	Prob.
OR 2 × UPF 7						
F ₂	255	184:71	191:64	3:1	1,02	0,50 – 0,30
RC ₁ F ₁	12	12:0	12:0	1:0	0	1
RC ₂ F ₁	31	17:14	15,5:15,5	1:1	0,29	0,70 – 0,50
UPF 7 × CTC 5						
F ₂	252	181:71	189:63	3:1	1,35	0,30 – 0,20
RC ₁ F ₁	19	9:10	9,5:9,5	1:1	0,04	0,90 – 0,80
RC ₂ F ₁	25	7:18	0:25	0:1	1,96	0,20 – 0,10
OR 2 × CTC 5						
F ₂	242	16:148:78	15:151:76	1:10:5	0,17	0,70 – 0,50
RC ₁ F ₁	12	8:4	9:3	3:1	0,44	0,70 – 0,50
RC ₂ F ₁	17	12:5	12,75:4,25	3:1	0,17	0,70 – 0,50
UPF 7 × UFRGS 19						
F ₂	310	16:39:248:7	14:34:257:5	3:7:53:1	2,12	0,20 – 0,10

Tabela 4 - Distribuição de frequência, número de indivíduos (N), médias de gerações (\bar{X}) e variâncias (σ^2) para o caráter percentual de cariopse em seis gerações (P₁, P₂, F₁, F₂, RC₁F₁ e RC₂F₁) envolvendo quatro cruzamentos de aveia. FAEM/UPPel – Pelotas/RS, 2000.

Genitores e Gerações	Classes fenotípicas – percentual de cariopse										N	X	σ^2
	64	66	68	70	72	74	76	78	80				
OR 2					4	10	10				24	74,50	2,08
UPF 7		10	9	13							32	68,19	2,84
F ₂		8	15	48	65	73	46				255	72,49	6,61
RC ₁ F ₁					6	3	3				12	73,50	2,75
RC ₂ F ₁		9	3	5	9	5					31	69,87	8,75
UPF 7		6	8	10							24	68,33	2,55
CTC 5					7	19	11				37	74,22	1,90
F ₁					3	8	6				17	74,35	1,99
F ₂		14	21	36	107	50	24				252	71,83	6,19
RC ₁ F ₁			4	5	7	3					19	70,95	3,94
RC ₂ F ₁				7	6	7	5				25	72,80	4,80
OR 2					7	9	10				26	74,23	2,56
CTC 5					10	7	14				31	74,26	3,03
F ₁				2	5	8	13				28	74,28	3,63
F ₂			16	24	24	43	57	44	34		242	75,04	12,17
RC ₁ F ₁					3	3	2	4			12	75,17	5,63
RC ₂ F ₁					3	3	6	2	3		17	75,88	6,81
UPF 7		6	6	13							25	68,56	2,72
UFRGS 19					5	8	10	9			32	75,44	4,30
F ₁					12	6	8	8			34	74,71	5,61
F ₂	16	13	17	9	59	136	41	12	7		310	72,88	11,75

provável número de genes controlando o caráter percentual de cariopse em aveia e posteriormente determinar a constituição genética destes genótipos, sendo OR 2 (AAbbCC), UPF 7 (aabbCC), CTC 5 (aaBBCC) e UFRGS 19 (AABBcc). Para o caráter percentual de cariopse, a distribuição de frequências evidenciou comportamento diferente para os cruzamentos, conforme a presença de dissimilaridade genética entre os genitores. Nos dois primeiros cruzamentos, OR 2 × UPF 7 e CTC 5 × UPF 7, apenas 1 gene de expressão intermediária foi responsável na manifestação do fenótipo. Entretanto, nos cruzamentos OR 2 × CTC 5 e UFRGS 19 × UPF 7, ocorreu a manifestação de dois e três genes respectivamente. RONALD *et al.* (1999) encontraram distribuição normal de frequência sugerindo herança quantitativa para o caráter. WESEMBERG & SHANDS (1971) e STUTHMAN & GRANGER (1977) sugeriram vários genes no controle do caráter. Todavia, FORSBERG & REEVES (1992) identificaram genótipos com baixa percentagem de casca em gerações precoces, sugerindo que poucos genes estariam envolvidos no caráter.

CONCLUSÕES

De 1 a 3 genes, com aditividade e alta herdabilidade governam o caráter percentual de cariopse.

Considerando a existência de variabilidade genética, os altos valores de herdabilidade e a presença de poucos genes no controle do caráter percentual de cariopse indicam que a seleção em gerações altamente segregantes poderá ser eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA NETO, J.F., CARVALHO, F.I.F., FEDERIZZI, L.C. Progresso em caracteres de importância agrônômica em aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis : UFSC, 1996. p.98-101.
- BROWN, C.M., PATTERSON, F.L. Conventional oat breeding. In: MARSHALL, H.G., SORRELS, M.E. **Oat science and technology**. Madison, ni., 1992. p. 613-656.
- BUNCH, R.A., FORSBERG, R.A. Relationships between groat percentage and productivity in an oat head-row series. **Crop Science**, Madison, v.29, p.1409-1411, 1989.
- CARVALHO, F.I.F., FEDERIZZI, L.C. Evolução da cultura da aveia no sul do Brasil. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v.102, p.16-19, 1989.
- COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Recomendações técnicas para a cultura da aveia**. Porto Alegre : Evangraf, 2000. 69p.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília : SPT, 1999. 412p.

- FLOSS, E.L., FEDERIZZI, L.C., MATZEMBACKER, R.G., *et al.* Análise conjunta do ensaio Brasileiro de cultivares recomendados de aveia branca, 2000. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21, 2001, Lages. **Anais...** Lages : UDESC, 2001. p.350-356.
- FORSBERG, R.A., REEVES, D.L. Breeding oat cultivars for improved grain quality. In: MARSHALL, H.G., SORRELS, M.E. **Oat science and technology**, Madison, ni., 1992. p.751-770.
- GULLORD, M., AASTVEIT, A.H. Development stability in oats (*Avena sativa* L.). II Quality characters. **Hereditas**, v.107, p.65-74, 1987.
- KIBITE, S., EDNEY, M.J. Effects of genotype x environment interaction on the expression of grain quality traits in oat. In: BARR, A.H. **The changing role of oats in human and animal nutrition**, I. Austrália : Proc. 4th Intl. Oats Conference, 1992. p.101-103.
- MATHER, K., JINKS, J.L. **Biometrical genetics**. 3 ed. Cambridge : Cambridge University, 1982. 396p.
- RONALD, P.S., BROWN, P.D., PENNER, G.A., *et al.* Heritability of hull percentage in oat. **Crop Science**, Madison, v.39, p.52-57, 1999.
- STUTHMAN, D.D., GRANGER R.M. Selection for caryopsis percentage in oats. **Crop Science**, Madison, v.17, p.411-414, 1977.
- WESEMBERG, D.M., SHANDS, H.L. Caryopsis percentage and related characters in early generations of *Avena sativa* L. **Crop Science**, Madison, v.11, p.586-588, 1971.
- WESEMBERG, D.M., SHANDS, H.L. Heritability of oat caryopsis percentage and other grain quality components. **Crop Science**, Madison, v.13, p.481-484, 1973.