

MECANISMOS DE SELEÇÃO APLICADOS SOBRE O CARÁTER TAMANHO DE GRÃOS EM POPULAÇÕES SEGREGANTES DE TRIGO¹

IRNO L. MALLMANN², JOSÉ F. BARBOSA NETO³,
FERNANDO I. F. DE CARVALHO⁴ e LUIS C. FEDERIZZI⁵

RESUMO - Durante os anos de 1990 e 1991 foi conduzido um experimento na Estação Experimental Agronômica/UFRGS, em Eldorado do Sul (RS), com a finalidade de determinar a eficiência de seis mecanismos de seleção aplicados sobre o caráter tamanho de grãos, bem como seus efeitos indiretos sobre outros caracteres de importância agronômica, em cinco populações segregantes de trigo (*Triticum aestivum* L.). Os resultados revelaram que a obtenção de progresso genético para o caráter tamanho de grãos foi de relativa facilidade e esteve diretamente condicionado à variabilidade genética existente dentro das populações. Por outro lado, este caráter não foi apropriado para a seleção indireta de outros caracteres importantes, indicando que a seleção artificial indireta baseada nesse único caráter, analisado exclusivamente após a colheita, não parece ser um sistema adequado para ser utilizado em programas de melhoramento, para obtenção de progresso genético em populações segregantes de trigo.

Termos para indexação: *Triticum aestivum* L., genética, melhoramento, seleção, tamanho de grãos, caracteres morfológicos, variabilidade genética.

SELECTION MECHANISMS APPLIED TO THE KERNEL SIZE IN WHEAT SEGREGANT POPULATIONS

ABSTRACT - During 1990 and 1991 an experiment was conducted at the Agronomical Experimental Station/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), with the aim of determining the efficiency of six selection mechanisms applied on the kernel size, as their indirect effects on other important agronomic traits, in five wheat (*Triticum aestivum* L.) segregant populations. The results showed that the genetic progress on the kernel size has been relatively easy and directly conditioned to genetic variability in these populations. On the other hand, this character has not been adequate to the indirect selection of other important traits, indicating that indirect artificial selection based only in this character, analyzed only after the harvest, is not a proper system to be used in improvement programs to get genetical progress in wheat segregant populations.

Index terms: *Triticum aestivum* L., genetics, improvement, selection, kernel size, morphological traits, genetic variability.

INTRODUÇÃO

A seleção para o melhoramento de vários caracteres em plantas autógamas é uma tarefa extremamente difícil, devido à complexidade das bases genéticas envolvidas, à exigência de condução de populações com tamanho efetivo relativamente grande, à necessidade de várias gerações de recombinações, e à dificuldade do controle do ambiente que pode interferir na expressão feno-

¹ Aceito para publicação em 22 de outubro de 1993.

Trabalho extraído da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor, na Fac. de Agron./UFRGS, em julho de 1992.

² Eng.-Agr., M.Sc., Rua João Werlang, 281, 96825-350 - Santa Cruz do Sul, RS.

³ Eng.-Agr., M.Sc., Prof. Assistente, Fac. de Agron./UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Cx.Postal 776, 90001-970 - Porto Alegre, RS.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D., Prof. Titular, Fac. de Agron./UFRGS.

⁵ Eng.-Agr., Ph.D., Prof. Adjunto, Fac. de Agron./UFRGS.

típica dos caracteres analisados. Deste modo, o progresso genético a ser obtido com a seleção de um único indivíduo com todos os caracteres desejados passa a ser um trabalho árduo que nem sempre consegue ser alcançado pelo melhorista. Assim sendo, é importante o desenvolvimento de sistemas para a condução de populações segregantes de trigo que incrementem a eficiência na identificação dos melhores genótipos.

O mecanismo de seleção recorrente tem sido muito utilizado no melhoramento de plantas autógamias, tendo como principais objetivos promover a recombinação entre os diferentes genótipos da população e incrementar a frequência de genes superiores, sempre envolvendo a autofecundação das plantas selecionadas e posterior recombinação das progênies produzidas (Allard, 1960). Mesmo que existam fortes barreiras desestimulando o emprego de métodos recorrentes em plantas autógamias, principalmente pelas dificuldades nas realizações dos cruzamentos e pelo reduzido número de sementes normalmente produzidas, trabalhos recentes indicam considerável aumento na utilização desta técnica, ampliando a diversidade genética das populações (Abdalla et al, 1989; Avey et al., 1982; Beechly & Fehr, 1989; Branson & Frey, 1989; Busch & Kofoid, 1982; Guppton, 1981).

Um sistema muito utilizado pelos melhoristas de plantas autógamias é o de seleção planta/planta (genealógico); este método está baseado exclusivamente na seleção artificial dos indivíduos, que normalmente é feita a partir da primeira geração segregante (F_2), proporcionando um rápido avanço no sentido da homozigose sem a ação dos efeitos da seleção natural. Porém, o grande problema deste mecanismo está na maximização dos efeitos da interação genótipo x ambiente (Brim & Cockerham, 1961; Carvalho, 1982); dependendo do ambiente, o fenótipo pode estar sendo mascarado de tal forma que, ao escolher uma planta com características desejadas, não exista a correspondência do genótipo desejado.

A seleção massal é um dos métodos mais antigos no melhoramento de plantas, tendo por base a seleção artificial e natural. Consiste na semeadura em "bulk" das plantas selecionadas com densi-

dade igual da cultura no campo, o que estimula a competição entre os indivíduos, favorecendo os genótipos mais adaptados ao ambiente. Logo, a eficiência deste sistema está baseada na herdabilidade do caráter no ambiente em que a população está sendo conduzida, possuindo, assim, limitado valor na seleção de caracteres com baixa herdabilidade. Além disso, a seleção natural operando na população pode modificar as frequências gênicas em direção indesejável para o melhorista.

O mecanismo de seleção SSD (single seed descent) surgiu a partir do interesse dos melhoristas em uma rápida autofecundação e condução à homozigose de suas populações segregantes, antes de iniciar a avaliação individual das linhas. Está baseado na ausência da seleção artificial e natural, e se caracteriza pela manutenção da variabilidade genética dentro das populações, uma vez que a frequência de todos os genótipos permanece constante até a homozigose, o que proporciona a seleção de caracteres com baixa herdabilidade de forma mais adequada. A desvantagem é que este método exige muito trabalho, e a seleção artificial é baseada no fenótipo das plantas individuais e não no desempenho da progênie; além disso, a seleção natural não pode influir de maneira positiva na população.

Por outro lado, os componentes do rendimento (n° de espigas/ área, n° de grãos/espiga e peso de grãos) têm sido frequentemente apontados como úteis para serem selecionados em programas de melhoramento de plantas. Dentre estes, efeitos indiretos positivos no peso de grãos a partir do aumento do tamanho destes, têm proporcionado incremento do rendimento de grãos de trigo (Derera & Bhatt, 1972; Cruz et al., 1983; Ferreira Filho & Carvalho, 1986; Frey, 1967; Minella, 1979).

Desta forma, este trabalho teve como objetivos determinar a eficiência de alguns mecanismos de seleção aplicados sobre um único caráter (tamanho de grãos), bem como verificar seus efeitos indiretos sobre outros caracteres de importância agrônômica em populações de trigo com diferentes intensidades de variabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo e em laboratório nos anos de 1990 e 1991, na E.E.A./UFRGS, Eldorado do Sul (RS). O material utilizado neste trabalho era constituído de progênies de plantas individuais de cinco populações segregantes de trigo (F_2), provenientes dos seguintes cruzamentos artificiais: população 1 (PF85372/PF839204), população 2 (PF85372/PF83144), população 3 (PF85520/PF853048), população 4 (PF839204/PF83144), população 5 (Parula SIB/PF83144), (Tabela 1).

Sobre todas as plantas (F_2) destas populações foram empregados seis mecanismos distintos de seleção artificial e/ou natural para o caráter tamanho de grãos, conforme descrição a seguir:

1. Controle - Em março de 1990, foram separados (ao acaso) números iguais de grãos de todas as plantas (F_2), que foram misturados e formaram cinco "bulks" com 3.200 grãos/população; estes foram posteriormente utilizados, em 1991 no ensaio de comparação entre os diferentes mecanismos de seleção.

2. Mecanismo SSD (single seed descent) - Em março de 1990, foram separados (ao acaso) três grãos de todas as plantas (F_2), que foram misturados por população formando cinco "bulks"; estes foram semeados no campo, em junho de 1990, com espaçamento de 0,15 x 0,30 m em linhas de 3 m de comprimento. Todas as plantas (F_3) foram colhidas e trilhadas isoladamente, sendo posteriormente submetidas a dois novos mecanismos de seleção:

2.a. Mecanismo SSD sem Seleção - De todas as plantas (F_3) foram separados (ao acaso) números iguais de grãos, que, misturados, formaram cinco "bulks" com 3.200 grãos/população; estes foram pos-

teriormente utilizados, em 1991, no ensaio de comparação entre os diferentes mecanismos de seleção.

2.b. Mecanismo SSD com Seleção - Todos os grãos das plantas (F_3) foram selecionados pelo tamanho de grãos utilizando uma peneira com malha de 3 mm de diâmetro. Para cada planta foi determinada a frequência de grãos maiores de 3 mm de diâmetro, utilizando a seguinte fórmula: frequência de grãos maiores = peso de grãos maiores de 3 mm de diâmetro * 100 / peso total de grãos. As plantas cuja frequência de grãos maiores foi igual ou superior à média da população mais 1/2 desvio-padrão, foram separadas; deste modo foram selecionadas 89 plantas da população 1, 109 da população 2, 70 da população 3, 64 da população 4, e 60 plantas da população 5. Destas plantas foi retirado número igual de grãos maiores, que, misturados, formaram cinco "bulks" com 3.200 grãos/população, posteriormente utilizados no ensaio de comparação entre os diferentes mecanismos de seleção.

3. Mecanismo Planta/Planta (genealógico) - Em março de 1990, todos os grãos de cada planta (F_2) foram selecionados pelo tamanho de grãos utilizando uma peneira com malha de 3 mm de diâmetro. As plantas cuja frequência de grãos maiores foi igual ou superior à média da população mais 1 desvio-padrão, e cuja produção total foi superior a 20 g, foram separadas; desta forma, foram selecionadas 100 plantas (16 plantas da população 1, 11 da população 2, 32 da população 3, 8 da população 4, e 33 plantas da população 5). Em junho de 1990, foram semeados 20 grãos maiores de cada planta selecionada, com espaçamento de 0,15 x 0,30 m em linhas de 3 m de comprimento. Estas plantas (F_3) foram colhidas e trilhadas individualmente, sendo submetidas a uma nova seleção para o tamanho de grãos (peneira # 3 mm), separando as plantas cuja frequência de grãos maiores foi igual ou superior à média da população mais 1/2 desvio-padrão; desta maneira, foram selecionadas 118 plantas da população 1, 80 da população 2, 216 da população 3, 60 da população 4, e 289 plantas da população 5. Destas plantas foi retirado igual número de grãos maiores, que, misturados, formaram cinco "bulks" com 3.200 grãos/população, posteriormente utilizados no ensaio de comparação entre os diferentes mecanismos de seleção.

4. Mecanismo Massal - Das mesmas 100 plantas selecionadas pelo tamanho de grãos em março de 1990, conforme o mecanismo anterior, foram separados 180 grãos maiores/planta, e, em junho de 1990, semeados no campo, com uma distribuição de 60 grãos/m linear em linhas de 3 m de comprimento, com

TABELA 1. Populações segregantes de trigo, genótipos utilizados nos cruzamentos artificiais, número de plantas individuais (F_2) analisadas, média (\bar{X}) e variância (V_2) da porcentagem de grãos maiores de 3 mm de diâmetro, E.E.A./UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1990.

População n.º	Genótipos dos cruzamentos	Nº de plantas analisadas (F_2)	Média (\bar{X})	Variância (V_2)
1	PF85372/PF839204	271	91,9	17,47
2	PF85372/PF83144	199	89,8	39,69
3	PF85520/PF853048	101	92,9	19,36
4	PF839204/PF83144	163	91,9	26,01
5	Parula SIB/PF83144	164	92,9	22,09

espaçamento de 0,2 m. Cada linha (plantas F_3) foi colhida e trilhada individualmente e submetida a uma nova seleção para tamanho de grãos (peneira # 3 mm), separando as linhas cuja frequência de grãos maiores foi igual ou superior à média da população mais 1/2 desvio-padrão. Deste modo, foram separadas seis linhas (famílias) da população 1, 4 linhas da população 2, 12 da população 3, 5 da população 4, e 11 linhas da população 5; destas linhas foi retirado igual número de grãos maiores, que, misturados, formaram cinco "bulks" com 3.200 grãos/população, posteriormente utilizados no ensaio de comparação entre os diferentes mecanismos de seleção.

5. Mecanismo Recorrente Parcial - Das mesmas 100 plantas selecionadas pelo tamanho de grãos em março de 1990 (mecanismo planta/planta), foram retirados 20 grãos maiores/planta, e, em junho de 1990, semeados no campo, com espaçamento de 0,15 x 0,30 m em linhas de 3 m de comprimento. No estádio de espigamento, cinco espigas/linha de plantas diferentes foram emasculadas e polinizadas por cinco plantas individuais da linha anterior, completando um ciclo de intercruzamentos em cadeia entre linhas. Os grãos produzidos por estes cruzamentos foram identificados e colhidos isoladamente, sendo o restante da planta colhida e trilhada individualmente; os grãos destas plantas foram submetidos a uma nova seleção para o tamanho de grãos (peneira # 3 mm), e as plantas cuja frequência de grãos maiores foi igual ou superior à média da população mais 1/2 desvio-padrão foram separadas; desta maneira, foram selecionadas 12 plantas (F_3) da população 1, 8 da população 2, 38 da população 3, 10 da população 4, e 40 plantas da população 5. Em janeiro de 1991, os grãos (F_1) produzidos pelas plantas (F_3) selecionadas foram semeados em telado, para multiplicar o número de sementes e avançar uma geração; destas plantas foi retido igual número de grãos, que, misturados, formaram cinco "bulks" com 3.200 grãos/população e, posteriormente, utilizados no ensaio de comparação entre os diferentes mecanismos de seleção.

Em junho de 1991 os 30 tratamentos ("bulks") oriundos das cinco populações submetidas aos seis mecanismos de seleção foram instalados no campo, em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e oito repetições. As populações segregantes foram estabelecidas nas parcelas principais, e nas sub-parcelas, os mecanismos de seleção. Cada sub-parcela foi composta de duas fileiras de 3 m de comprimento, a espaços de 0,30 m. Em cada fileira foram distribuídos manualmente 180 grãos, a uma profundidade de 3 cm; entre as sub-parcelas fo-

ram semeadas duas fileiras de uma cultivar comercial de trigo (Embrapa BR 37), para efeito de bordadura. Os caracteres analisados em cada sub-parcela foram: (1) período de florescimento; (2) estatura da planta; (3) número de espigas/m²; (4) rendimento de grãos; (5) índice de colheita; (6) peso de mil grãos; (7) número de grãos/espiga; (8) peso do hectolitro; (9) porcentagem de grãos maiores de 3 mm.

A análise da variância para cada caráter foi realizada conforme o modelo proposto por Steel & Torrie (1980), sendo as médias comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

O resumo da análise da variância apresentado na Tabela 2 revela diferenças significativas para todos os caracteres estudados, tanto nas populações e nos mecanismos de seleção, como nas suas interações simples (mecanismos * populações).

Na Tabela 3 poderão ser examinados os efeitos médios das cinco populações segregantes em estudo (genótipos) em relação aos diferentes caracteres analisados. As populações 1 e 2, que expressaram as menores médias para a porcentagem de grãos maiores de 3 mm de diâmetro apresentando resultados similares entre si para os outros caracteres analisados, exceto para a estatura de plantas e período de florescimento. As médias destas duas populações para os caracteres rendimento de grãos, número de grãos/espiga, peso do hectolitro e índice de colheita, foram altamente expressivas. A maior média para o caráter porcentagem de grãos maiores de 3 mm de diâmetro foi obtida na população 3, expressa de forma significativa também para o caráter peso de mil grãos, que pouco contribuiu para o rendimento de grãos.

Além disso, esta população manifestou as menores médias para os caracteres número de espigas/m², número de grãos por espiga, estatura das plantas, período de florescimento, peso do hectolitro e índice de colheita. Contudo, estas evidências não foram detectadas na população 4, que, apesar de expressar uma média para porcentagem de grãos maiores de 3 mm de diâmetro intermediária, revelou resultados expressivos no caráter rendimento de grãos. A população 5 exibiu resultados variáveis para os diferentes caracteres

TABELA 2. Resumo dos quadros de análises de variância dos caracteres analisados, referente ao delineamento de blocos completamente causalizados com parcelas subdivididas, utilizado no experimento. E. E.A./UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1991.

Causas de variação	Caráter																	
	Rendimento de grãos (t/ha)		% grãos maior de 3 mm		Número espigas por m ²		Número de grãos por esp.		Peso de 1000 grãos (g)		Estatura plantas (cm)		Período de floresc. (dias)		Peso do hectolitro (g/100 ml)		Índice de colheita (%)	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Bloco	7	0,66*	7	124,06*	7	2667,89*	7	14,01	7	39,51*	7	26,86	7	3,78*	7	16,37*	7	0,002
População (A)	4	2,84*	4	1552,06*	4	8417,41*	4	561,60*	4	142,44*	4	183,62*	4	216,29*	4	16,20*	4	0,027*
Erro A	28	0,22	28	28,92	28	1123,62	28	10,23	28	6,64	28	37,53	28	1,31	28	3,04	28	0,002*
Mecanismo(B)	5	0,90*	5	407,50*	5	11792,06*	5	17,46*	5	75,72*	5	46,52*	5	21,26*	5	3,55*	5	0,003*
A * B	20	0,33*	20	62,98*	20	1427,88*	20	15,88*	20	15,00*	20	25,23*	20	5,45*	20	6,75*	20	0,003*
Erro B	175	0,05	175	8,62	169	383,41	171	5,86	175	2,25	175	8,32	175	0,92	175	1,27	174	0,0007
CV % (A)	27,81		6,26		20,28		11,42		6,99		6,62		1,74		2,14		11,77	
CV % (B)	13,04		3,42		11,85		8,64		4,07		3,12		1,46		1,38		7,35	

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

TABELA 3. Média das cinco populações segregantes de trigo em relação aos nove caracteres observados no experimento, E. E.A./UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1991.

População	Caráter								
	Rendimento de grãos (t/ha)	% grãos maior de 3 mm	Número espigas por m ²	Número de grãos por esp.	Peso de 1000 grãos (g)	Estatura plantas (cm)	Período de floresc. (dias)	Peso do hectolitro (g/100 ml)	Índice de colheita (%)
População 1	1,71 ab*	78,86 c	155,60 bc	31,53 a	35,03 b	94,70 a	69,00 a	81,24 abc	36,48 a
População 2	1,88 ab	81,23 c	173,72 ab	30,83 a	35,77 b	90,92 bc	66,14 b	82,23 a	38,54 a
População 3	1,33 c	92,65 a	148,43 c	22,92 c	39,25 a	90,46 c	63,21 d	81,13 bc	32,47 b
População 4	1,95 a	89,21 b	181,04 a	28,12 b	38,00 a	94,35 ab	65,67 b	82,12 ab	38,06 a
População 5	1,62 b	87,27 b	167,57 abc	26,51 b	36,30 b	91,85 abc	64,83 c	81,02 c	37,50 a
Médias	1,70	85,86	165,27	28,00	36,87	92,45	65,77	81,55	36,61
Desvio-padrão(±)	0,22	2,94	19,58	2,42	1,50	2,88	0,96	1,12	0,03

* Em cada coluna, as médias seguidas com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey (P>0,05).

analisados, efeitos estes que foram estatisticamente semelhantes aos resultados apresentados pela população 4 em cinco dos nove caracteres estudados.

Na Tabela 4 estão incluídas as estimativas dos nove caracteres analisados para os seis mecanismos distintos de seleção artificial e/ou natural. O mecanismo de seleção denominado Controle apresentou uma média para rendimento de grãos superior aos outros mecanismos, evidenciada principalmente por um dos componentes do ren-

dimento de grãos: número de espigas/m². Os mecanismos de seleção planta/planta (genalógico), massal e recorrente expressaram resultados estatisticamente semelhantes para os caracteres como rendimento de grãos, porcentagem de grãos maiores de 3 mm de diâmetro, peso de mil grãos, peso do hectolitro e índice de colheita. Quanto ao período de florescimento, o mecanismo massal expressou as menores médias, ou seja, exibiu as plantas de ciclo mais precoce.

As interações entre os seis mecanismos de se-

leção e as características genéticas entre as cinco populações segregantes de trigo estão incluídas na Tabela 5.

O mecanismo de seleção denominado Controle apresentou as melhores médias para o caráter rendimento de grãos em todas as populações estudadas. Para o caráter porcentagem de grãos maiores de 3 mm de diâmetro, os mecanismos planta/planta, massal e recorrente revelaram as maiores médias, que foram estatisticamente semelhantes em todas as populações, exceto na população 5, onde a seleção recorrente revelou valor estatisticamente inferior ao mecanismo massal. Em relação ao número de espigas/m² ocorreram diferenças significativas entre as médias produzidas pelos diferentes mecanismos de seleção em quatro das cinco populações analisadas, sendo que o controle revelou resultados superiores, exceto na população 1.

Por outro lado, os mecanismos SSD sem seleção e SSD com seleção produziram as menores médias em todas as populações. Das cinco combinações genéticas analisadas, quatro não revelaram diferenças entre as médias para o caráter número de grãos por espiga; somente a população 1 demonstrou haver diferenças entre as médias reveladas pelo mecanismo SSD sem seleção e pelo mecanismo recorrente. Com relação ao cará-

ter peso de mil grãos, o mecanismo planta/planta apresentou as melhores médias em todas as combinações genéticas. No aspecto relacionado com estatura das plantas, somente ocorreram diferenças significativas entre as médias produzidas pelos diversos mecanismos de seleção nas populações 1 e 5. O mecanismo de seleção recorrente exibiu a melhor média na população 1, enquanto que as menores médias foram expressadas pelo controle e SSD com seleção. Contudo, na população 5 as maiores médias foram obtidas através do mecanismo de seleção planta/planta, e a menor média pelo SSD sem seleção. Os mecanismos de seleção controle e SSD sem seleção revelaram as maiores médias para o período de florescimento em quatro combinações genéticas estudadas; no entanto, na população 5 não ocorreram diferenças significativas entre os mecanismos de seleção. Por outro lado, o mecanismo massal expressou as menores médias (ciclo mais precoce) nas populações 1 e 2.

Na análise do caráter peso do hectolitro não ocorreram diferenças estatísticas entre os valores médios dos mecanismos de seleção nas populações 1, 2 e 3. Os mecanismos planta/planta, recorrente e SSD com seleção expressaram as maiores médias na população 4; nesta população o mecanismo massal produziu o mais baixo resul-

TABELA 4. Média de seis mecanismos de seleção em relação aos nove caracteres observados no experimento. E. E. A./UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1991.

Mecanismo de seleção	Caráter								
	Rendimento de grãos (t/ha)	% grãos maior de 3 mm	Número espigas por m ²	Número de grãos por esp.	Peso de 1000 grãos (g)	Estatura plantas (cm)	Período de floresc. (dias)	Peso do hectolitro (g/100 ml)	Índice de colheita (%)
Controle	1,92 a*	83,30 c	196,18 a	27,46 ab	35,82 c	92,56 ab	65,80 b	81,44 ab	37,52 a
SSD s/sel.	1,53 c	81,02 d	154,18 cd	28,70 a	34,67 d	91,36 b	67,02 a	81,02 b	35,60 bc
SSD c/sel.	1,53 c	85,58 b	145,52 d	28,07 ab	37,02 b	92,14 ab	65,88 b	81,60 ab	35,45 c
Planta/Planta	1,69 b	88,64 a	160,13 c	28,26 ab	38,16 a	93,76 a	65,62 b	81,60 ab	36,90 abc
Massal	1,76 b	89,11 a	163,90 bc	28,54 a	38,10 a	91,28 b	64,78 c	81,87 a	37,70 a
Recorrente	1,76 b	87,47 a	172,68 b	26,94 b	37,44 ab	93,64 a	65,52 b	81,76 a	36,60 abc
Médias	1,70	85,85	165,43	28,00	36,87	92,46	65,77	81,55	36,61
Desvio-padrão(±)	0,22	2,94	19,58	2,42	1,50	2,88	0,96	1,12	0,03

* Em cada coluna, as médias seguidas com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey (P>0,05).

tado. Por outro lado, na população 5 a média do mecanismo massal foi superior a todos os demais mecanismos. O caráter índice de colheita não revelou médias estatisticamente diferentes entre os diversos mecanismos de seleção para as populações 1, 3 e 4. O mecanismo massal apresentou as

melhores médias nas combinações PF85372/PF83144 (população 2) e Parula SIB/PF83144 (população 5), porém estas não diferiram significativamente dos resultados apresentados pelos mecanismos controle, planta/planta e recorrente.

A análise dos caracteres através dos coeficien-

TABELA 5. Análise do efeito médio das interações de seis mecanismos de seleção com cinco populações, em relação aos nove caracteres observados no experimento. E.E.A./UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1991.

População/ Mecanismo	Caráter								
	Rendimento de grãos (t/ha)	% grãos maior de 3 mm	Número espigas por m ²	Número de grãos por esp.	Peso de 1000 grãos (g)	Estatura plantas (cm)	Período de floreosc. (dias)	Peso do hectolitro (g/100 ml)	Índice de colheita (%)
Pop 1 = PF85372/PF839204									
Controle	1,90 a*	75,29 b	180,12 a	30,97 ab	33,97 ab	90,70 b	68,25 ab	81,55 a	37,88 a
SSD s/sel.	1,82 a	74,40 b	161,75 ab	33,73 a	33,46 b	94,76 ab	69,75 a	80,92 a	38,38 a
SSD c/sel.	1,52 a	75,24 b	138,75 b	32,08 ab	34,34 ab	93,42 b	69,38 a	81,66 a	36,50 a
Planta/planta	1,61 a	83,79 a	137,12 b	32,21 ab	36,44 a	95,36 ab	69,50 a	80,78 a	35,75 a
Massal	1,72 a	83,30 a	145,62 ab	32,10 ab	36,50 a	94,65 ab	67,38 b	81,42 a	37,00 a
Recorrente	1,70 a	81,16 a	170,25 ab	28,13 b	35,46 ab	99,28 a	69,75 a	81,13 a	33,38 a
Pop 2 = PF85372/PF83144									
Controle	1,92 ab	77,03 b	203,43 a	28,31 a	33,65 c	92,44 a	66,88 ab	81,24 a	35,25 c
SSD s/sel.	1,56 b	74,24 b	155,43 b	31,32 a	33,80 c	88,52 a	68,25 a	81,56 a	36,62 abc
SSD c/sel.	1,55 b	77,41 b	150,25 b	29,85 a	34,61 bc	90,30 a	67,25 ab	82,12 a	35,88 bc
Planta/planta	2,25 a	84,60 a	198,75 a	32,00 a	37,77 a	91,59 a	66,12 bc	82,96 a	40,38 ab
Massal	1,92 ab	88,13 a	159,00 b	32,12 a	37,74 a	90,52 a	63,88 d	83,09 a	41,38 a
Recorrente	2,07 a	86,26 a	176,88 ab	31,06 a	37,05 ab	92,16 a	64,50 cd	82,44 a	40,12 abc
Pop 3 = PF85520/PF853048									
Controle	1,75 a	92,99 a	192,50 a	22,86 a	39,71 ab	92,24 a	63,50 ab	81,76 a	34,25 a
SSD s/sel.	1,22 b	91,16 a	137,88 b	23,50 a	37,33 b	90,20 a	64,25 a	80,93 a	32,88 a
SSD c/sel.	1,14 b	94,52 a	126,38 b	21,90 a	40,78 a	90,39 a	62,38 a	80,96 a	29,62 a
Planta/planta	1,24 b	92,76 a	137,28 b	23,70 a	39,17 ab	90,52 a	63,25 ab	81,42 a	34,00 a
Massal	1,32 b	93,58 a	141,57 b	23,37 a	40,41 a	88,32 a	62,62 ab	81,14 a	32,00 a
Recorrente	1,32 b	90,93 a	152,75 b	22,24 a	38,11 ab	91,08 a	63,25 ab	80,58 a	32,25 a
Pop 4 = PF839204/PF83144									
Controle	2,16 a	86,01 bc	199,00 a	29,85 a	36,46 c	94,38 a	66,00 ab	82,01 ab	39,00 a
SSD s/sel.	1,84 ab	84,12 c	171,25 a	29,62 a	35,56 c	94,84 a	67,00 a	82,03 ab	36,75 a
SSD c/sel.	1,96 ab	90,31 ab	165,12 a	29,14 a	38,06 bc	94,20 a	66,00 ab	82,39 a	38,12 a
Planta/planta	1,92 ab	93,32 a	183,57 a	26,16 a	40,58 ab	97,01 a	65,00 b	82,42 a	37,25 a
Massal	1,71 b	88,76 abc	177,88 a	26,45 a	36,39 c	92,61 a	65,38 ab	80,20 b	38,50 a
Recorrente	2,10 ab	92,76 a	189,75 a	27,25 a	40,93 a	93,05 a	64,62 b	83,66 a	38,75 a
Pop 5 = Parula SIB/PF83144									
Controle	1,86 ab	85,21 bc	208,28 a	25,12 a	35,32 bc	93,04 ab	64,38 a	80,65 b	39,62 a
SSD s/sel.	1,21 c	81,20 c	144,75 b	25,33 a	33,20 c	88,46 b	65,88 a	79,68 b	33,38 b
SSD c/sel.	1,48 bc	90,42 ab	147,12 b	27,39 a	37,28 ab	92,38 ab	64,38 a	80,86 b	37,12 ab
Planta/planta	1,43 c	88,73 ab	144,00 b	26,99 a	36,86 ab	94,31 a	64,25 a	80,40 b	36,75 ab
Massal	2,12 a	91,80 a	192,62 a	28,01 a	39,45 a	90,28 ab	64,62 a	83,51 a	39,62 a
Recorrente	1,60 bc	86,25 bc	173,75 ab	26,05 a	35,66 bc	92,65 ab	65,50 a	81,00 b	38,50 a

* Em cada coluna, as médias seguidas com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tukey (P>0,05).

tes de correlação fenotípica, apresentados na Tabela 6, evidenciou forte associação entre alguns caracteres estudados. O caráter rendimento de grãos manifestou correlação significativa e expressiva com o número de espigas/m², número de grãos/espiga, peso do hectolitro e índice de colheita; contudo, não esteve associado aos caracteres tamanho de grãos (% de grão maior 3 mm de diâmetro) e período de florescimento. O tamanho de grãos esteve correlacionado ao peso de grãos ($r = 0,84$), porém sua associação com o número de grãos/espiga e período de florescimento foi negativa, cujos coeficientes foram $r = -0,43$ e $r = -0,72$, respectivamente. Por outro lado, o caráter número de grãos/espiga revelou correlação positiva com o período de florescimento e índice de colheita, e negativa com pouca expressão ao peso de grãos ($r = -0,29$). Além disso, o peso de grãos também revelou reduzida associação com o rendimento de grãos, contudo esteve positivamente correlacionado com o peso do hectolitro ($r = 0,47$) e negativamente com o período de florescimento ($r = -0,57$).

DISCUSSÃO

Ficou evidente, pelos resultados obtidos, que, embora a seleção para tamanho de grãos tenha afetado diretamente o rendimento de grãos

(componente fundamental para o progresso genético) a partir do aumento do peso destes, isto, em média, não foi suficiente para compensar a redução constatada nos rendimentos, em decorrência do sensível decréscimo no número de espigas/m². De modo geral, estes resultados eram esperados, pois o componente do rendimento denominado peso do grão quase sempre tem menor influência na alteração do rendimento de grãos do que os outros dois componentes, número de espigas/m² e número de grãos/espiga. Porém, como as perdas em rendimento de grãos a partir do avanço de gerações em algumas combinações genéticas foi uma realidade, causada possivelmente pela redução do número de espigas/m², o que ocorreu provavelmente, foi uma alteração no valor fenotípico do número de espigas/m² dada a diferença do valor genotípico entre os homozigotos e heterozigotos originada pelo avanço de gerações (Allard, 1960).

Outros caracteres importantes como a estatura das plantas e o número de dias até o florescimento (ciclo) se manifestaram de maneira distinta, mas não da forma mais esperada; com o aumento do tamanho do grão, indiretamente ocorreu uma considerável redução no ciclo a partir da emergência até o florescimento (Tabela 6); contudo, sem modificações mais profundas na estatura das plantas. Uma vez que os conhecimentos básicos de fisiologia evidenciam que são as

TABELA 6. Coeficientes de correlação fenotípica computados entre todos os pares de observações dos nove caracteres estudados no experimento, E.E.A./UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1991.

Caracteres	% grãos maior de 3 mm	Número de espigas por m ²	Número de grãos por esp.	Peso de 1000 grãos (g)	Estatura plantas (cm)	Período de floresc. (dias)	Peso do hectolitro (g/100 ml)	Índice de colheita (%)
Rendimento de grãos (t/ha)	0,088	0,785**	0,514*	0,216**	0,239**	0,110	0,525**	0,717**
% Grãos maior de 3 mm		0,055	-0,431*	0,844**	0,027	-0,720**	0,274**	0,008
Número espigas por m ²			0,050	0,081	0,112	-0,020	0,329**	0,454**
Número de grãos por espiga				-0,287**	0,146*	0,541**	0,223**	0,595**
Peso de 1000 grãos (g)					0,037	-0,570**	0,472**	0,055
Estatura de plantas (cm)						0,255**	0,054	0,116
Período de floresc. (dias)							-0,101	0,121
Peso do hectol. (g/100 ml)								0,373**

*, ** Significância ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

plantas de porte mais alto, ciclo mais longo e de menor índice biológico que deveriam proporcionar um melhor enchimento de grãos (Ellison et al., 1983), o que provavelmente aconteceu foi que os genótipos com maior tamanho de grãos mantiveram um período mais longo de área verde no campo após a antese, estimulando a produção de carbo-hidratatos suficiente para a demanda no enchimento de grãos.

Outro fato observado foram os desempenhos semelhantes em muitos caracteres apresentados por algumas populações, o que provavelmente tem por base a influência de genótipos em comum nas combinações genéticas, associado à existência de capacidade combinatória entre os genitores (Carvalho, 1982). Isto, de modo geral, explica os resultados semelhantes para alguns caracteres nas populações 1 e 2 com o genitor PF85372 em comum, bem como as populações 4 e 5 com o genitor PF83144 em suas constituições. As populações 1 e 2 estiveram em destaque por apresentarem rendimentos de grãos superiores às populações 3 e 5, mesmo com valores reduzidos para o caráter selecionado (grãos maiores do que 3 mm de diâmetro) e peso dos grãos; isto, de uma certa forma, foi conseqüência da superioridade nas médias do componente do rendimento número de grãos/espiga. Por outro lado, as altas médias para o peso do hectolitro reveladas por estas combinações genéticas, tiveram como base o menor tamanho dos grãos que proporcionou possivelmente um melhor ajuste destes no cilindro da balança, evitando espaços vazios e provocando uma maior aglutinação dos grãos no momento de aferição do caráter. Da mesma maneira, na população 3 ocorreram valores superiores para os caracteres tamanho e peso dos grãos, porém com reduzido valor para o rendimento de grãos, provavelmente devido à ausência de potencial genético para o incremento dos outros componentes do rendimento. Por outro lado, o menor rendimento de grãos revelado pela população 5 - quando comparado com a população 4, as quais, além de possuírem o genitor PF83144 em comum, produziram resultados semelhantes para o tamanho de grãos, número de espigas/m², número de grãos/espiga, estatura das plantas e índice de colheita - foi provavelmente devido à diferença

na densidade dos grãos (dureza), que pôde ser constatada pelo menor valor para o peso de mil grãos e peso do hectolitro.

De certa forma, a ausência de diversificação entre os mecanismos de seleção dentro de cada população, para alguns caracteres analisados (Tabela 5), era resultado esperado, visto que a seleção para tamanho de grãos era sempre realizada após a colheita, desconsiderando a estrutura da planta no campo, o que impedia qualquer tipo de progresso em outros caracteres, exceto na presença de genes com controle sobre a manifestação de dois ou mais caracteres (pleiotropia) ou sob condições de genes ligados aos determinantes do tamanho de grãos. Deste modo, qualquer modificação observada foi totalmente ao acaso, independentemente do mecanismo de seleção empregado.

As vantagens apregoadas pela utilização do método recorrente, como o aumento da frequência de genes superiores e combinações desejáveis na população (Abdalla et al., 1989; Busch & Kofoid, 1982; Burton et al., 1990; Delogu et al., 1988) não foram observadas neste trabalho; é possível que este fato tenha origem em vários aspectos, como: (i) reduzido número de intercruzamentos realizados, não permitindo a total recombinação entre os genótipos selecionados; (ii) ineficiência na avaliação dos indivíduos selecionados, que não foi baseada em testes de progênies dos diferentes cruzamentos, e sim, a partir da avaliação das plantas maternas; (iii) por último, os resultados foram comparados entre gerações distintas, uma vez que as plantas provenientes do mecanismo recorrente foram examinadas na geração F₂ (ampla segregação), onde a alta frequência de heterozigotos nas populações poderia ter reduzido a média do caráter analisado, quando comparadas com os métodos planta/planta e massal que estavam duas gerações mais avançadas (F₄).

A ampla diversidade para a maioria dos caracteres estudados, revelada entre os mecanismos SSD sem seleção (geração F₄ sem seleção) e o controle (geração F₃ sem seleção) na Tabela 3, provavelmente tenha origem na variabilidade genética entre as populações, visto que estas diferenças não foram confirmadas no estudo das in-

terações, quando os efeitos dos diferentes mecanismos de seleção foram analisados dentro de cada população (Tabela 5). Por outro lado, o avanço de uma geração proporcionada pelo SSD sem seleção afetou consideravelmente o caráter número de espigas/m², com redução direta sobre o rendimento dos grãos. Isto provavelmente aconteceu devido a alterações na frequência genotípica do caráter número de espigas/m², em consequência da menor frequência de heterozigotos e/ou alteração nas frequências genotípicas das populações em virtude de uma eventual perda de alguns genótipos (plantas) no campo em 1990.

As semelhanças reveladas entre os mecanismos de seleção planta/planta e massal para o caráter tamanho de grãos, e, de modo geral, para os outros caracteres analisados em todas as populações (Tabela 5), eram resultados esperados, dadas as características genéticas do caráter tamanho de grãos. Desta maneira, foi confirmada a expectativa de que quando o caráter selecionado é controlado por poucos genes de efeito maior, com alta herdabilidade e relativa importância dos efeitos genéticos aditivos, os quais são requisitos básicos para uma eficiente seleção massal, não existe a necessidade do enorme esforço e dedicação despendidos pelo melhorista na condução do mecanismo planta/planta (Briggs & Knowles, 1967). Contudo, os menores valores revelados pelo mecanismo massal para o caráter período de florescimento nas populações 1 e 2 na Tabela 5, é provável que tenham ocorrido devido à ação da seleção natural onde as plantas mais precoces foram beneficiadas, produzindo, assim, grãos maiores, que foram selecionados por este mecanismo.

CONCLUSÕES

1. A obtenção de progresso genético para o caráter tamanho de grãos em trigo não revela maiores dificuldades, e independe do mecanismo de seleção utilizado.
2. A obtenção de progresso genético para o caráter tamanho de grãos em trigo está condicionado de forma direta à existência de variabilidade genética dentro das populações segregantes.
3. O tamanho dos grãos não foi um caráter apropriado para auxiliar na seleção indireta em

outros caracteres de importância agrônômica, principalmente no rendimento de grãos.

4. A seleção artificial indireta com base nesse único caráter, analisado exclusivamente após a colheita, não parece ser um sistema adequado para ser utilizado em programas de melhoramento para obtenção de progresso genético.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio e suporte financeiro durante a execução deste trabalho, e ao Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo apoio proporcionado através da utilização de pessoal, equipamentos e instalações.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.H.; COFFMANN, W.R.; SORRELLS, M.E.; BERGSTROM, G.C. Modified halfsib and phenotypic recurrent selection for resistance to powdery mildew in winter wheat. *Crop Science*, Madison, v.29, p.1391-1357, 1989.
- ALLARD, R.W. *Principles of Plant Breeding*. 3.ed. Nova York: J.Wiley, 1960.
- AVEY, D.P.; OHM, H.W.; PATTERSON, F.L.; NYQUIST, W.E. Three cycles of simple recurrent selection for early heading in winter wheat. *Crop Science*, Madison, v.22, p.908-911, 1982.
- BEEGHLY, H.H.; FEHR, W.R. Indirect effects of recurrent selection for efficiency in soybean. *Crop Science*, Madison, v.29, p.640-643, 1989.
- BRANSON, C.V.; FREY, K.J. Recurrent selection for groat oil content in oat. *Crop Science*, Madison, v.29, p.1382-1387, 1989.
- BRIGGS, F.N.; KNOWLES, P.F. *Introduction to Plant Breeding*. [S.l.]: Reinhold Publishing Co., 1967. 426p.
- BRIM, C.A.; COCKERHAM, C.C. Inheritance of quantitative characters in soybeans. *Crop Science*, Madison, v.1, p.187-190, 1961.
- BURTON, J.W.; KOINANGE, E.M.K.; BRIM, C.A. Recurrent selfed progeny selection for yield in

- soybean using genetic male sterility. **Crop Science**, Madison, v.30, p.1222-1226, 1990.
- BUSCH, R.H.; KOFOID, K. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.22, p.568-572, 1982.
- CARVALHO, F.I.F. Genética Quantitativa. In: OSÓRIO, E.A. **Trigo no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. p.65-94.
- CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Efeitos de populações e métodos de seleção aplicados em gerações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.5, p.533-541, 1983.
- DELOGU, D.; LORENZONI, C.; MAROCCO, A.; MARTINIELLO, P.; ODOARDI, M.; STANCA, A.M. A recurrent selection programme for grain yield in winter barley. **Euphytica**, v.37, p.105-110, 1988.
- DERERA, N.F.; BHATT, G.M. Effectiveness of mechanical mass selection in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.23, p.761-768, 1972.
- ELLISON, F.N.F.; DERERA, N.F.; PEDERSON, D.G. Inheritance of physiological characters associated with yield variation in bread wheat. **Euphytica**, v.32, p.241-255, 1983.
- FERREIRA FILHO, A.W.P.; CARVALHO, F.I.F. Seleção massal para tamanho do grão em populações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.11, p.1173-1183, 1986.
- FREY, K.J. Mass selection for seed width in oat population. **Euphytica**, v.16, p.341-349, 1967.
- GUPTON, C.L. Phenotypic recurrent selection for increased leaf weight and decrease alkaloid content of burley tobacco. **Crop Science**, Madison, v.21, p.921-925, 1981.
- MINELLA, E. Evaluation of ten generation of mechanical mass selection for seed size in wheat composite cross I. Davis: Univ. Calif., 1979. 53p. Thesis M.Sc.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. 2.ed. Nova York: Mc Graw-Hill, 1980. 633p.