

EFICIÊNCIA DE ÍNDICES DE SELEÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DE CLONES SUPERIORES DE BATATA¹

MÁRCIO HENRIQUE PEREIRA BARBOSA² e CÉSAR AUGUSTO BRASIL PEREIRA PINTO³

RESUMO - A maioria dos melhoristas, analíticos ou intuitivos, praticam seleção para múltiplas características no desenvolvimento de cultivares. O objetivo deste trabalho foi avaliar métodos de seleção na identificação de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.) produtivos, com elevados percentuais de tubérculos graúdos, boa aparência geral de tubérculos e alta densidade relativa de tubérculos. Para tanto, foram avaliados em Lavras, MG, 817 clones em delineamento de blocos aumentados. De acordo com os valores mínimos pré-estabelecidos para seleção, empregando-se tanto o método dos níveis independentes de eliminação como o índice de Elston (1963), foi possível selecionar clones dentro dos limites almejados. Entretanto, a população inicial foi drasticamente reduzida podendo ter excluído genótipos com adaptação mais ampla. Pela utilização de alguns índices de seleção, foi possível obter uma melhor distribuição percentual dos ganhos para os caracteres sob seleção em relação à seleção direta para os mesmos. Sugere-se para uso em programas de melhoramento de batata os índices de seleção propostos por Smith (1936), Hazel (1943), Williams (1962), Pesek & Baker (1969) e Mulamba & Mock (1978), empregando-se nos dois primeiros o desvio padrão genético ou sua recíproca como peso econômico.

Termos para indexação: métodos de seleção, seleção de múltiplas características, melhoramento, *Solanum tuberosum*.

EFFICIENCY OF SELECTION INDICES TO IDENTIFY SUPERIOR CLONES OF POTATO

ABSTRACT - Most breeders, either analytically or intuitively, practice multiple trait selection when developing cultivars. The objective of this paper was to evaluate the selection methods used to identify high yielding potato (*Solanum tuberosum* L.) clones, with high percentage of large tubers, good general tuber appearance and superior specific gravity. In Lavras, State of Minas Gerais, Brazil, 817 experimental clones were evaluated by means of augmented block designs. Using either independent culling level or Elston (1963) indices allowed selection of clones with defined limits, but the population size was severely reduced possibly excluding genotypes with wide adaptation. Selection indices improved the distribution of genetic gains of important characters compared with direct selection for the same characters. Indices of Smith (1936), Hazel (1943), Williams (1962), Pesek & Baker (1969) and Mulamba & Mock (1978) were indicated to be used in potato breeding programs making use of the genetic standard deviations and or their reciprocals as economic weights.

Index terms: selection methods, multiple trait selection, breeding, *Solanum tuberosum*.

¹ Aceito para publicação em 31 de outubro de 1997.

² Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto, Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEP 36571-000 Viçosa, MG.

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

INTRODUÇÃO

Os melhoristas de plantas freqüentemente se defrontam com o problema de identificar genótipos superiores baseados em avaliações subjetivas. Durante os vários ciclos de seleção clonal, procura-se selecionar materiais que possuam equilíbrio de atributos desejáveis e que justifiquem o lançamento como uma nova cultivar. O índice de seleção é uma técnica que permite uma aplicação objetiva da seleção simultânea de um conjunto de caracteres importantes agronomicamente.

O índice constitui-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres preferencialmente não correlacionados. O valor observado para cada característica é ponderado por um coeficiente, representado como $I = b_1P_1 + \dots + b_iP_i$, onde I é o índice de seleção, P_i representa o valor fenotípico observado para a i -ésima característica e b_i é o coeficiente atribuído à i -ésima característica no

índice de seleção (Cruz & Regazzi, 1994). Deste modo torna-se possível efetuar, com eficiência, a seleção simultânea de caracteres com base nos valores genéticos dos indivíduos ou famílias.

Têm sido descritas várias propostas para obtenção de índices de seleção. De modo geral, há métodos que caracterizam-se pela necessidade de estimar variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas e de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres (Smith, 1936; Hazel, 1943). Por outro lado, Williams (1962) sugeriu ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos, evitando desta forma a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias. Outros índices (Elston, 1963; Mulamba & Mock, 1978) identificam-se por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias. Devido à dificuldade em estabelecer pesos econômicos, Tallis (1962), Pesek & Baker (1969), Harville (1974) e Tai (1977) propuseram um índice com base nos ganhos desejados, enquanto Cruz (1990) sugeriu estimá-los a partir de estatísticas dos próprios dados experimentais.

Poucos são os trabalhos com batata (*Solanum tuberosum* L.) relatados na literatura empregando-se índice de seleção (Torres et al., 1974; Tai, 1977; Gaur et al., 1978). Nessa espécie é mais freqüente a utilização dos níveis independentes de eliminação como critério de seleção. Entretanto, como ressalta Bradshaw & Mackay (1994), o uso do índice de seleção poderá melhorar a eficiência do processo seletivo. Em outras culturas tem sido verificado que a seleção em tandem é menos eficiente que a seleção pelo método dos níveis independentes de eliminação, que por sua vez é menos eficiente que a seleção com base em índices (Baker, 1986; Cruz, 1990).

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de diferentes métodos de seleção na identificação de clones superiores de batata.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 817 clones de quarta geração, representando 42 famílias oriundas dos cruzamentos entre cultivares nacionais e importadas, empregando-se o delineamento de blocos aumentados (Federer, 1956). O termo geração, mencionado anteriormente, refere-se a tubérculos multiplicados em campo por quatro vezes após a geração “seedling” ou geração plântula. Como tratamentos comuns a todos os blocos, utilizaram-se as cultivares Achat e Baraka. A parcela constituiu-se de uma linha com cinco plantas espaçadas de 0,35 m. O ensaio foi conduzido na safra de inverno, em 1995, no departamento de biologia da Universidade Federal de Lavras, com o uso das práticas culturais normalmente empregadas na cultura.

As características avaliadas foram: produção total de tubérculos por planta (g); porcentagem da produção total de tubérculos graúdos; densidade relativa de tubérculos, calculada pela relação: (peso no ar)/(peso ar - peso água), com as pesagens feitas em balança hidrostática; aparência geral de tubérculos (notas de 1 a 9 registradas no momento da colheita), sendo as notas maiores atribuídas aos clones com película mais lisa, olhos pouco profundos e formato de tubérculos mais alongado.

As herdabilidades no sentido amplo para seleção de clones foram obtidas pela expressão:

$$h_{a(\text{clones})}^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_G^2}$$

onde:

é a variância genética e $\hat{\sigma}^2$, a variância residual ou “erro efetivo”.

Para se obter essas estimativas procedeu-se a recuperação da informação interblocos, estimando-se o “erro efetivo” após a análise intrablocos, por meio da expressão empregada por Martins (1995) e Barbosa (1996). O procedimento consiste em obter nova soma de quadrados e novo quadrado médio para clones empregando-se as médias ajustadas, e neste caso a esperança matemática equivale a $\hat{\sigma}^2 + \hat{\sigma}_G^2$.

Os ganhos com a seleção direta e indireta, bem como as estimativas dos coeficientes de variação genético e ambiental para os caracteres, foram obtidos conforme Cruz & Regazzi (1994).

Os índices de seleção empregados foram aqueles descritos por Smith (1936), Hazel (1943), Williams (1962), Elston (1963), Pesek & Baker (1969), Subandi et al. (1973) e Mulamba & Mock (1978), empregando-se como peso econômico para alguns dos índices o desvio padrão genético e sua recíproca e a relação entre o coeficiente de variação genético e ambiental, conforme sugerido por Cruz (1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se as estimativas de ganhos pela seleção direta e indireta considerando-se as proporções 3,18; 10 e 20% de clones selecionados. Observa-se que, para todos os caracteres, o ganho percentual por meio da seleção indireta foi sempre inferior ao obtido pela seleção direta. De fato, segundo Falconer (1987), a seleção indireta somente seria superior à seleção direta se o caráter secundário apresentasse herdabilidade substancialmente maior do que o caráter principal, se a intensidade de seleção no caráter secundário pudesse ser bem maior do que no caráter principal e se a correlação genética entre os dois fosse alta. Torna-se evidente que o equilíbrio entre os quatro caracteres sob seleção direta não foi obtido para esta população. Portanto, a seleção em tandem, ou seja, a seleção de um caráter por vez, acarretará em pouca eficiência do programa de melhoramento.

TABELA 1. Estimativas de herdabilidade (h^2), ganhos percentuais com seleção (Gs%) e média dos clones selecionados (\bar{X}_s) para os caracteres aparência geral de tubérculos (Ap.tub.), densidade de tubérculos (Dens.), produção total de tubérculos por planta em gramas (Prd./pl) e porcentagem da produção total de grãos (% tub.gr.) obtidas pela seleção direta e indireta de 3,18; 10 e 20% de 817 clones de batata.

Número do método de seleção	Variável sob seleção	h^2 (%)	Proporção de clones selecionados	Aparência tubérculos		Densidade tubérculos		Produção total/planta		% da prod.tot. de tub.grãos		Total geral Gs (%)
				Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	
1	Ap.tub	41,54	3,18%	20,10	6,13	0,04	1,0726	31,35	626,03	10,43	57,37	61,92
			10%	14,72	5,10	0,00	1,0716	23,02	576,18	11,56	58,37	49,30
			20%	11,26	4,50	0,05	1,0730	14,64	526,10	5,94	53,41	31,89
2	Dens.	39,13	3,18%	-0,22	2,75	0,81	1,0937	-10,32	376,76	-12,77	36,88	-22,50
			10%	0,10	2,79	0,62	1,0886	-1,58	429,07	-3,09	45,43	-3,95
			20%	0,19	2,81	0,49	1,0851	-0,20	437,34	-2,24	46,18	-1,76
3	Prd./pl.	73,31	3,18%	4,31	3,39	-0,04	1,0706	107,08	1078,97	26,20	71,29	137,55
			10%	4,50	3,42	-0,01	1,0715	81,32	924,92	23,61	69,01	109,42
			20%	3,00	3,20	0,01	1,0721	60,39	799,73	20,36	66,14	83,76
4	% tub.gr.	54,54	3,18%	1,97	3,05	0,02	1,0723	24,54	585,29	57,59	99,01	84,12
			10%	3,01	3,20	0,05	1,0731	34,76	646,39	47,01	89,67	84,83
			20%	2,15	3,08	0,03	1,0725	29,31	613,82	39,79	83,30	71,28

Na prática, o que tem sido feito no melhoramento genético da batata é empregar o método dos níveis independentes de eliminação, que baseia-se no estabelecimento de níveis mínimos ou máximos para cada caráter, e posterior seleção dos clones cuja performance se enquadra nos limites pré-estabelecidos. Procedendo desta forma, estabeleceu-se para seleção os seguintes limites mínimos: produção de tubérculos de 600 g/pl; densidade de tubérculos de 1,0750; porcentagem da produção total de tubérculos grãos de 70%, e aparência geral de tubérculos com nota de 3,24.

Considerou-se, portanto, que clones com essa performance poderiam se tornar boas cultivares ou pais em programas de hibridação. Assim, selecionaram-se onze clones (1,35%) cujas médias dos caracteres anteriormente mencionados foram respectivamente 866,58 g/pl; 1,0815; 82,69%; e nota 4,26 (Tabela 2, método de seleção nº24).

Verificou-se que foi possível selecionar clones dentro dos limites almejados, muito embora a população inicial tenha sido extremamente reduzida, podendo ter excluído genótipos superiores, tendo em vista que a avaliação foi feita em apenas um local.

Mesmo que a seleção direta tenha proporcionado a maximização dos ganhos individuais, não possibilitou a obtenção de ganhos em níveis satisfatórios para os demais caracteres. Entretanto, pela utilização de alguns índices de seleção, foi possível obter uma melhor distribuição percentual dos ganhos para os caracteres sob seleção, como apresentado na Tabela 2 para os índices números 7, 11, 12, 14, 18 e 20. Nota-se que esses índices consideraram todos os caracteres como principais, quando foram ponderados pelos seus respectivos

pesos econômicos ou pelos coeficientes estimados. Entre alguns desses índices verifica-se também a utilização do desvio padrão e/ou sua recíproca como peso econômico associado aos caracteres.

TABELA 2. Estimativas de ganhos percentuais com a seleção (Gs%) de 3,18%; 10% e 20% de 817 clones de batata para quatro caracteres.

Número do método de seleção	Índice ¹	Pesos econômicos associados às variáveis				Proporção de clones selecionados	Aparência tubérculos		Densidade tubérculos		Produção total de tubérculos		% da prd.tot. de tub.graúdos		Total geral Gs(%)
		Ap. tub.	Dens. tub.	Prd./pl.	% tub. gr.		Gs(%)	\bar{X}_s^2	Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	
5	SH	1	1	1	1	3,18%	5,20	3,52	-0,02	1,0710	106,85	1077,62	26,12	71,22	138,15
5						10%	4,86	3,47	0,02	1,0720	81,25	923,52	22,63	67,76	108,76
5						20%	3,43	3,26	0,04	1,0727	60,24	797,99	18,25	63,92	81,96
6	SH	0	1	1	0	3,18%	5,24	3,53	-0,02	1,0712	106,20	1073,69	22,38	67,92	133,80
6						10%	4,88	3,48	0,02	1,0722	80,91	921,49	20,93	66,27	106,74
6						20%	2,89	2,78	0,04	1,0728	59,86	795,68	15,55	61,55	78,34
7	SH	1/Dp	1/Dp	1/Dp	1/Dp	3,18%	12,70	4,74	0,29	1,0796	75,65	890,99	29,01	73,78	117,65
7						10%	10,08	4,30	0,20	1,0772	61,01	802,57	24,82	69,70	96,11
7						20%	7,47	3,88	0,20	1,0769	47,06	719,24	21,85	67,09	76,58
8	SH	0	1/Dp	1/Dp	0	3,18%	8,84	4,09	0,30	1,0799	87,39	961,24	18,36	64,37	114,89
8						10%	6,75	3,76	0,25	1,0784	65,61	830,06	11,23	57,76	83,84
8						20%	5,48	3,57	0,24	1,0781	48,86	730,00	9,25	56,02	63,83
9	SH	CVg/	CVg/	CVg/	CVg/	3,18%	5,09	3,50	-0,03	1,0707	106,37	1077,13	24,73	70,00	136,56
9		CVe	CVe	CVe	CVe	10%	4,81	3,47	0,02	1,0721	81,10	922,63	21,85	67,09	107,78
9						20%	3,15	3,22	0,05	1,0729	60,10	797,12	17,32	63,10	80,62
10	SH	0	CVg/	CVg/	0	3,18%	5,24	3,53	-0,02	1,0712	106,20	1073,69	22,38	67,92	133,80
10			CVe	CVe		10%	4,88	3,48	0,02	1,0722	80,91	921,49	20,93	66,27	106,74
10						20%	2,89	3,18	0,04	1,0728	59,86	795,68	15,55	61,55	78,34
11	SH	10	1000	1	21	3,18%	10,44	4,33	0,37	1,0818	71,89	868,47	32,97	77,28	115,67
11						10%	8,30	4,00	0,33	1,0808	49,63	735,34	26,94	71,95	85,20
11						20%	6,57	3,73	0,28	1,0793	39,37	673,98	23,20	68,64	69,42
12	PB	Dp	Dp	Dp	Dp	3,18%	5,15	3,49	0,46	1,0843	53,67	759,54	42,01	85,26	101,29
12						10%	3,93	3,34	0,40	1,0826	41,24	684,48	31,95	75,96	77,52
12						20%	3,29	3,24	0,33	1,0806	35,07	647,59	26,49	71,16	65,18
13	PB	0	Dp	Dp	0	3,18%	9,48	4,20	0,37	1,0818	78,13	905,80	16,10	62,38	104,08
13						10%	8,22	4,00	0,32	1,0803	54,90	766,05	7,97	54,90	71,41
13						20%	5,56	3,58	0,32	1,0803	39,76	675,61	6,00	53,17	51,64
14	Base	1/Dp	1/Dp	1/Dp	1/Dp	3,18%	14,51	5,06	0,29	1,0795	61,00	803,35	34,04	78,22	109,84
14						10%	9,84	4,26	0,23	1,0708	53,66	758,66	30,52	74,69	94,25
14						20%	6,91	3,79	0,23	1,0778	42,07	689,42	26,12	70,84	75,33

TABELA 2. Estimativas de ganhos percentuais com a seleção (Gs%) de 3,18%; 10% e 20% de 817 clones de batata para quatro caracteres.

Número do método de seleção	Índice ¹	Pesos econômicos associados às variáveis				Proporção de clones selecionados	Aparência tubérculos		Densidade tubérculos		Produção total de tubérculos		% da prd.tot. de tub.graúdos		Total geral Gs(%)
		Ap.	Dens.	Prd./	% tub.		Gs(%)	\bar{X}_s ²	Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	Gs(%)	\bar{X}_s	
		tub.	tub.	pl.	gr.										
15	Base	0	1/Dp	1/Dp	0	3,18%	2,38	3,09	0,57	1,0872	61,77	807,94	15,66	61,99	80,38
15						10%	2,56	3,14	0,44	1,0836	50,03	736,99	14,92	60,99	67,95
15						20%	1,74	3,02	0,38	1,0818	37,12	659,82	12,43	58,81	51,67
16	Base	CVg/	CVg/	CVg/	CVg/	3,18%	4,55	3,42	-0,02	1,0711	106,90	1077,91	29,40	74,12	80,38
16	CVe	CVe	CVe	CVe	Cve	10%	4,24	3,38	0,00	1,0715	81,49	924,94	25,10	69,94	110,83
16						20%	2,95	3,19	0,01	1,0720	60,45	799,24	22,67	67,81	86,08
17	Base	0	CVg/	CVg/	0	3,18%	4,31	3,38	-0,04	1,0706	107,08	1078,97	26,20	71,29	137,55
17			CVe	CVe		10%	4,47	3,42	-0,01	1,0714	81,55	925,30	24,23	69,17	110,24
17						20%	2,96	3,19	0,02	1,0721	60,54	799,78	20,99	66,33	84,51
18	Base	10	1000	1	21	3,18%	3,20	3,23	0,56	1,0870	35,39	650,20	37,34	81,13	76,49
18						10%	2,36	3,11	0,50	1,0854	27,92	605,51	24,88	70,13	55,66
18						20%	1,61	3,00	0,39	1,0824	25,74	592,46	22,01	67,59	49,75
19	Multi ³	-	-	-	-	3,18%	9,56	4,20	-0,01	1,0713	90,55	980,10	43,02	86,14	143,12
19						10%	6,10	3,64	0,05	1,0730	71,03	863,37	36,41	80,31	113,59
19						20%	4,80	3,46	0,05	1,0729	53,85	760,60	31,80	76,24	90,50
20	Rank ³	-	-	-	-	3,18%	11,26	4,50	0,33	1,0808	56,34	775,49	37,97	81,69	105,91
20						10%	8,58	4,05	0,25	1,0786	50,60	741,18	32,75	77,08	92,19
20						20%	6,33	3,70	0,21	1,0775	40,93	683,32	28,69	73,50	76,17
21	Els ⁴	2,78	1,070	438,5	48,16	10%	7,42	3,87	0,25	1,0784	45,38	709,93	27,01	72,01	80,06
22	Els	2,78	1,070	600,0	70,00	3,18%	9,08	4,09	0,20	1,0772	67,72	843,56	39,93	83,42	116,93
23	Els	0	1,070	600,0	0	10%	3,56	3,28	0,25	1,0784	62,72	813,64	24,85	70,11	91,38
24	Els/NIE	3,24	1,075	600,0	70,00	1,35%	9,87	4,26	0,36	1,0815	71,72	866,58	39,62	82,69	121,57

¹ Índice: SH - Smith (1936) e Hazel (1943); Base - Williams (1962); PB - Pesek & Baker (1969); Multi - Subandi et al. (1973); Rank - Mulamba & Mock (1978); Els - Elston (1963); NIE - níveis independentes de eliminação.

² Média dos clones selecionados.

³ Método que não emprega pesos econômicos.

⁴ Método que utiliza valores mínimos para seleção.

Nota-se também na Tabela 2 forte semelhança entre as estimativas de ganhos totais e para cada caráter, pelo emprego dos índices de Smith (1936) e Hazel (1943) n^{os} 5, 6, 9 e 10; de Williams (1962) n^{os} 16 e 17; e também de Subandi et al. (1973) n^o19, em relação às estimativas obtidas pela seleção direta para produção (Tabela 1). Verifica-se, portanto, que a utilização de quaisquer desses índices não trouxe benefícios adicionais em comparação às estimativas obtidas nessa população pela seleção direta em produção, embora tenha ocorrido um pequeno acréscimo, porém irrelevante, nos ganhos para densidade relativa de tubérculos.

No índice proposto por Pesek & Baker (1969), faz-se necessário o estabelecimento prévio dos ganhos desejados para cada caráter. Verifica-se pela Tabela 2 (índice n^{os} 12 e 13) que a utilização do ganho desejado equivalente a um desvio padrão genético para cada caráter considerado como principal (n^o12) ou quando considerou-se como principais somente os caracteres produção e densidade relativa de tubérculos (n^o13), os ganhos percentuais para cada caráter foram elevados e bem distribuídos. Da mesma forma, trabalhando respectivamente com milho e cenoura, Crosbie et al. (1980) e Vieira (1988) obtiveram ganhos satisfatórios empregando-se também o desvio padrão genético como peso econômico.

Pode-se verificar ainda na Tabela 2 que quando empregou-se a recíproca do desvio padrão genético como peso econômico nos índices de Smith (1936), Hazel (1943), Williams (1962) (n^o14), os ganhos percentuais foram melhor distribuídos entre os caracteres, quando comparados aos ganhos obtidos pelo uso da relação CV_g/CV_e (n^{os} 9 e 16) ou considerando-se a unidade como peso econômico (n^o5). De fato, os ganhos percentuais para produção de tubérculos foram favorecidos pela utilização da unidade ou da relação CV_g/CV_e , devido ao caráter produção ter apresentado herdabilidade superior aos demais; como consequência causou pior distribuição dos ganhos percentuais entre os demais caracteres.

Considerando-se para a seleção, como principais, somente os caracteres densidade relativa e produção de tubérculos, observa-se que houve diminuição nos ganhos percentuais para aparência geral de tubérculos e porcentagem da produção total de tubérculos graúdos, conforme pode-se comparar pela Tabela 2 os índices de Smith (1936) e Hazel (1943) n^o7 com o n^o8; os índices de Pesek & Baker (1969) n^o12 com o n^o13, os índices de Williams (1962) n^o14 com o n^o15; e os índices de Elston (1963) n^o21 com o n^o23. Por outro lado, a redução nos ganhos percentuais foi menos marcante quando se comparou os índices de Smith (1936) e Hazel (1943) n^o5 com o n^o6 e o n^o9 com o n^o10, e também os índices de Williams (1962) n^o16 com o n^o17.

Conforme Baker (1986), os pesos econômicos devem ser estabelecidos respeitando-se a proporcionalidade de valores econômicos relativos dos caracteres envolvidos. Entretanto, esta não tem sido uma tarefa fácil e alternativas para evitar a falta de precisão na fixação dos pesos econômicos têm sido relatadas. De acordo com Cruz (1990), os índices propostos por Elston (1963) e Mulamba & Mock (1978) caracterizam-se por eliminar a necessidade de fixar pesos econômicos relativos aos vários caracteres e de estimar as variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas, que, muitas vezes, provocam distorções no índice clássico, em função da baixa precisão a que estão associadas. Baseando-se nessas considerações, verifica-se que o índice de Mulamba & Mock (1978) n^o20 pode ser considerado bastante promissor para uso em programas de melhoramento de batata, por ter apresentado ganhos percentuais bem distribuídos para cada caráter à semelhança dos índices números 7, 11, 12, 14 e 18, além da simplicidade em sua construção.

No índice de Elston (1963) ou índice livre de pesos e de parâmetros (n^{os} 21 a 24), estabeleceu-se valores mínimos ou máximos (k_j) para seleção de cada caráter, conforme apresentados na Tabela 2. O índice foi definido por $I=w_1.w_2.w_3.w_4$, onde $w_j=x_j-k_j$, sendo x_j as médias observadas dos clones para cada caráter. Na prática, o índice referido seria apenas um algoritmo para o método dos níveis independentes de eliminação, principalmente quando se assume que w_j é nulo nos casos em que x_j está abaixo (ou acima) do nível mínimo (ou máximo) pré-estabelecido (Cruz, 1990). Tal fato pôde ser constatado comparando-se os ganhos percentuais mostrados na Tabela 2 para o critério de seleção n^o 24, onde o índice de Elston equivaleu-se ao método dos níveis independentes de eliminação. Novamente, verifica-se uma redução muito drástica da população inicial num só ciclo de seleção. Esse fato é inconveniente, tendo em vista que altas intensidades de seleção nas primeiras avaliações poderiam eliminar clones com adaptação ampla em decorrência da seleção daqueles com adaptação específica. Portanto, a alternativa para contornar essa situação seria a de aumentar a proporção de clones selecionados diminuindo os limites mínimos para seleção, conforme o índice n^o21. Assim, utilizou-se como limites mínimos a média populacional para cada caráter, possibilitando a seleção de 10% dos clones.

Os clones selecionados com base no índice serão posteriormente avaliados experimentalmente em mais ambientes, com o objetivo de identificar aqueles com adaptação mais ampla.

Em programas de melhoramento de batata sugere-se combinar a seleção em tandem com a aplicação do índice. Em tais programas, cerca de 10.000 a 60.000 clones são avaliados na primeira geração clonal (Tai,

1975; Anderson & Howard, 1981; Brown et al., 1984; Maris, 1988) e freqüentemente mais de 90% desta população é eliminada baseando-se apenas em discriminações visuais (aparência geral de tubérculos) no próprio campo, sob critério de seleciona ou descarta. A população remanescente poderia ser avaliada com melhor precisão nas gerações subseqüentes, e neste caso a aplicação do índice de seleção seria muito útil, principalmente empregando-se caracteres agronomicamente importantes e de fácil mensuração, como produção total de tubérculos, densidade de tubérculos e porcentagem de tubérculos graúdos.

CONCLUSÃO

Os índices de seleção propostos por Smith (1936), Hazel (1943), Williams (1962), Pesek & Baker (1969) e Mulamba e Mock (1978) são indicados para uso em programas de melhoramento de batata.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.A.D.; HOWARD, H.W. Effectiveness of selection in the early stages of potato breeding programmes. **Potato Research**, Wageningen, v.24, p.289-299, 1981.
- BAKER, R.J. **Selection indices in plant breeding**. Florida: CRC Press, 1986. 218p.
- BARBOSA, M.H.P. **Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Lavras: UFLA, 1996. 143p. Tese de Doutorado.
- BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. In: BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. (Eds.). **Potato genetics**. Wallingford: CAB Int., 1994. p.467-497.
- BROWN, J.; CALIGARI, P.D.S.; MACKAY, G.R.; SWAN, G.E.L. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.103, p.339-346, 1984.
- CROSBIE, T.M.; MOCK, J.J.; SMITH, D.S. Comparison of gains predicted by several selection methods for cold tolerance traits of two maize populations. **Crop Science**, Madison, v.20, p.649-655, 1980.
- CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 188p. Tese de Doutorado.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- ELSTON, R.C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, Tucson, v.19, p.85-97, 1963.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record**, Honolulu, v.55, p.191-208, 1956.
- GAUR, P.C.; KISHORE, H.; GUPTA, P.K. Studies on character association in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.90, p.215-219, 1978.
- HARVILLE, D.A. Optimal procedures for some constrained selection problems. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, v.69, p.446-456, 1974.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Baltimore, v.28, p.476-490, 1943.
- MARIS, B. Correlations within and between characters and generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, Wageningen, v.37, p.205-224, 1988.
- MARTINS, P.R. **Capacidade de combinação de cultivares de batata para reação à pinta-preta e outros caracteres agronômicos**. Lavras: UFLA, 1995. 64p. Tese de Mestrado.
- MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v.7, p.40-51, 1978.
- PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selected indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.49, p.803-804, 1969.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v.7, p.240-250, 1936.
- SUBANDI; COMPTON, W.A.; EMPIG, L.T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. **Crop Science**, Madison, v.13, p.184-186, 1973.

- TAI, G.C.C. Effectiveness of visual selection for early clonal generation seedlings of potato. **Crop Science**, Madison, v.15, p.15-18, 1975.
- TAI, G.C.C. Index selection with desired gains. **Crop Science**, Madison, v.17, p.182-183, 1977.
- TALLIS, G.M. A selection index for optimum genotype. **Biometrics**, Tucson, v.18, p.120-122, 1962.
- TORRES, G.J.; GALAN, J.M.; DIAS, E.C. Correlaciones genéticas e índices de selección en la papa (*Solanum tuberosum* L.). **Agrociencia**, Chapingo, v.16, p.21-37, 1974.
- VIEIRA, J.V. **Herdabilidade, correlações e índice de seleção em populações de cenoura (*Daucus carota* L.)**. Viçosa: UFV, 1988. 86p. Tese de Doutorado.
- WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Madison, v.18, p.375-393, 1962.