

Seleção em gerações iniciais para caracteres agrônômicos em batata

Giovani O da Silva^{1*}; Arione da S Pereira²

¹Embrapa Hortaliças/SNT, C. Postal 317, 89460-000 Canoinhas-SC; olegario@cnpq.embrapa.br, *autor correspondente; ²Embrapa Clima Temperado, C. Postal 403, 96001-970 Pelotas-RS; arione.pereira@cnpq.embrapa.br

RESUMO

A presente revisão objetivou fazer algumas considerações sobre a seleção nas gerações iniciais (geração de plântula, primeira e segunda geração clonal) e as implicações no melhoramento genético de batata. Em batata, onde milhares de plântulas têm que ser avaliadas para possibilitar a identificação de um genótipo superior e, considerando os elevados custos com o processo de melhoramento da cultura, é imprescindível o aprimoramento das técnicas de seleção pela utilização de informações provenientes da experimentação. A exclusão dos genótipos inferiores o mais cedo possível, por meio da seleção em gerações iniciais, evita que genótipos inferiores sejam mantidos nos ensaios de campo, proporcionando reduções consideráveis de custos pela menor utilização de insumos, área de plantio e mão de obra. Apesar de serem encontrados na literatura consultada alguns casos indicando a baixa eficiência na seleção de genótipos de batata em gerações precoces, principalmente para caracteres quantitativos; pode-se também observar situações onde este tipo de seleção mostrou-se eficiente. Pôde-se concluir que há evidências que a seleção nas gerações iniciais, começando na geração de plântula, seja uma opção viável, possibilitando maior versatilidade e eficiência aos programas de melhoramento de batata. No entanto, devem ser definidos os caracteres mais eficazes de serem selecionados e a pressão de seleção a ser aplicada, para não correr o risco de eliminar materiais que deveriam ser mantidos na população.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., melhoramento, eficiência de seleção.

ABSTRACT

Selection in early generations to agronomic characters in potatoes

This review aimed to make some considerations about the selection in early generations (seedling generation, first and second clonal generations) and its implications for the potato breeding, which requires the evaluation of thousands of seedlings in order to identify the best genotypes. Considering the high costs of the breeding process, the constant improvement of the selection techniques by the utilization of experimental information is essential. The elimination of the worst genotypes as earlier as possible, by means of selection in early generations, avoids that the inferior genotypes be kept in the population, providing considerable reduction in inputs, field and labor, which means a lower cost. Although there are some studies in the literature reporting low selection efficiency of potato genotypes in early generations, mainly in relation to quantitative characters; other publications show it is efficient. It was concluded that selection in early generations, beginning in the seedling generation, is a viable alternative, allowing higher versatility and efficiency to the potato breeding programs. However, the traits more effective to be selected and the selection pressure applied should be defined in order to avoid the elimination of materials that should be kept in the population.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., breeding, selection efficiency.

(Recebido para publicação em 29 de junho de 2010; aceito em 21 de setembro de 2011)

(Received on June 29, 2010; accepted on September 21, 2011)

Em batata (*Solanum tuberosum* L.), onde milhares de plântulas têm que ser avaliadas para possibilitar a identificação de um genótipo superior, e considerando os elevados custos do processo de melhoramento da cultura, é imprescindível o constante aprimoramento das técnicas de seleção pela utilização de informações provenientes da experimentação.

Normalmente, nos programas de melhoramento de batata inicia-se o processo de seleção nas gerações de campo (gerações clonais), sendo que a pressão de seleção nas primeiras gerações varia de um programa para outro, e muitas vezes não é alta. A eliminação dos ge-

nótipos inferiores o mais cedo possível, por menor que seja a pressão de seleção, implica em redução de gastos com mão de obra, materiais de consumo e área de plantio nas sucessivas gerações de cultivo, possibilitando direcionar esforços para populações que proporcionem maior probabilidade de obtenção de genótipos superiores.

Alguns trabalhos podem ser encontrados na literatura considerando a possibilidade de seleção na geração de plântula. Boa parte destes foram desenvolvidos com populações adaptadas a dias longos e com plântulas cultivadas a campo. Muitos evidenciam uma baixa eficiência da seleção nesta geração, no

entanto alguns autores como Swiezynski (1978), Love *et al.* (1997), Bisognin & Douches (2002), Neele & Louwes (1989) e Xiong *et al.* (2002) consideram que é possível fazer seleção para alguns caracteres, diminuindo o tamanho da população na geração seguinte.

A presente revisão objetivou fazer algumas considerações sobre a seleção nas gerações iniciais e as implicações no melhoramento genético de batata, sem a pretensão de esgotar a discussão sobre o assunto.

A cultura da batata - A batata é uma dicotiledônea da família *Solanaceae* pertencente ao gênero *Solanum* que contém mais de 2000 espécies. Destas,

cerca de 160 produzem tubérculos. Entretanto, apenas cerca de 20 espécies de batata são cultivadas (Hawkes, 1993; Pinto, 1999). A batata mais cultivada em todo mundo, pertence à espécie *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*, que é autotetraplóide ($2n = 4x = 48$ cromossomos), com herança tetrassômica multialélica (Hawkes, 1993).

A espécie é originária dos Andes (Peru e Bolívia), estando adaptada aos dias curtos daquela região, onde existe uma ampla gama de biótipos silvestres, que são de grande importância aos programas de melhoramento (Fortes & Pereira, 2003). Sua introdução na Europa fez com que a espécie fosse selecionada para tuberação em dias longos. A partir daí foi disseminada para muitos países (Pinto, 1999).

Muito embora algumas cultivares floresçam e produzam sementes, a batata cultivada é propagada vegetativamente por meio de tubérculos (clones). A propagação clonal possibilita que o vigor híbrido (heterose) obtido a partir de cruzamentos seja mantido em sucessivas gerações (Hoopes & Plaisted, 1987).

A cultura é um dos principais alimentos da humanidade, sendo cultivada em mais de 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas. Ocupa a quarta posição entre as principais culturas produzidas mundialmente, sendo superada apenas pelo trigo, milho e arroz (Hawkes, 1993).

A produção mundial anual de batata supera 300 milhões de toneladas em uma área de 19 milhões de hectares. O Brasil é responsável por cerca de 3,4 milhões de toneladas por ano. As regiões Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) do Brasil apresentam maiores destaques; e o estado de Minas Gerais se apresenta como o principal produtor brasileiro (1.205 mil toneladas) em 2009 (FNP, 2009). Tais produções são alcançadas devido às modernas técnicas de cultivo empregadas pelos produtores, associadas ao uso de cultivares mais produtivas, que são desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético.

Seleção nas primeiras gerações
- Para produzir uma nova variedade de batata, é necessário obter, em um programa de melhoramento, um número

elevado de plântulas. Quanto maior este quantitativo, maior será a probabilidade de se obter variedades potencialmente superiores (Anderson & Howard, 1981; Brown *et al.*, 1984; Tai & Young, 1984; Maris, 1988). De acordo com Wenzel *et al.* (1983), para obter uma nova cultivar são necessários de 500 mil a dois milhões de plântulas.

Os melhoristas de batata precisam disponibilizar permanentemente genótipos que atendam às exigências das indústrias, dos consumidores e ainda dos agricultores. Além das exigências de mercado, atenção tem que ser dada em relação à adaptação ao ambiente, tolerância a pragas e doenças, melhoria de estrutura de planta, dentre outras. Portanto é indispensável que o melhoramento seja dinâmico, rápido e economicamente eficiente. Para que a eficiência seja melhorada, é importante um constante aprimoramento dos mecanismos de seleção.

Segundo Carvalho *et al.* (2001), um inadequado mecanismo de seleção pode inviabilizar qualquer esforço para a obtenção de progresso genético no melhoramento de plantas. Desta forma, justifica-se a necessidade de se estabelecer critérios de seleção artificial que sejam eficientes em otimizar o ganho genético para caracteres de importância agrônoma.

A exclusão dos genótipos inferiores o mais cedo possível, por meio da seleção em gerações iniciais, evita que genótipos inferiores sejam mantidos nos ensaios de campo, proporcionando reduções consideráveis de custos pela menor utilização de insumos, área de plantio e mão de obra (Maris, 1988).

Há a possibilidade de seleção dos genótipos pela visualização dos minitubérculos provenientes de plântulas obtidas a partir das sementes verdadeiras ('seedlings'), produzidas geralmente em recipientes plásticos em casa de vegetação - diferentemente das técnicas tradicionais de melhoramento, onde a primeira fase de seleção se inicia nas duas primeiras gerações clonais de campo (primeira e segunda geração clonal), aplicando seleção positiva para caracteres de alta herdabilidade e eliminação de clones portadores de defeitos óbvios - porém esta seleção ainda não

é realizada por muitos programas de melhoramento, por ter sua eficiência questionada.

A segunda fase de seleção é aplicada nas gerações clonais subsequentes, terceira e quarta geração, onde é possível a avaliação de maior número de clones por genótipo e ainda a realização de experimentos com repetições, aplicando uma maior pressão de seleção, mantendo só as constituições genéticas de elevada qualidade. Uma terceira fase consiste na seleção dos genótipos a campo, com práticas culturais utilizadas em lavouras comerciais, com realização de ensaios em diferentes locais e anos (Pereira & Daniels, 2003).

Na geração de plântula e primeira geração clonal, a porcentagem de retenção normalmente varia de 3 a 30%, de um programa de melhoramento para outro, com uma relação negativa entre o número de clones produzidos e a proporção de retenção. Essa relação tende a aumentar a partir da segunda geração clonal, pois são produzidos tubérculos em maior número e de tamanhos maiores, facilitando a visualização dos caracteres de interesse (Maris, 1988).

Resultados de algumas investigações indicam que a eficiência da seleção em gerações precoces é baixa a muito baixa. Consideram ainda que a geração de plântula deve servir apenas para produção de tubérculos para o plantio no campo na geração seguinte (Anderson & Howard, 1981; Brown *et al.*, 1984; Gopal & Minocha, 1997).

Uma possível causa dessa baixa eficiência de seleção pode estar vinculada com a reduzida manifestação de caracteres indesejáveis nas plântulas em casa de vegetação, caracteres que posteriormente no campo teriam melhor expressão, aumentando a eficiência da seleção.

Outra causa da baixa eficiência é o fato de que as primeiras gerações clonais seriam influenciadas pelo tamanho dos tubérculos, ou seja, os maiores tubérculos de plântulas originam os maiores tubérculos na primeira geração clonal, resultando em maior probabilidade de seleção pelo melhorista (Brown *et al.*, 1984; Brown & Caligari, 1986; Pinto *et al.*, 1994; Gopal, 1997). Assim, para a geração de plântula e segunda geração

clonal esta relação não se repetiria. Swiezynski (1968) observou que para o caráter rendimento, eliminando-se a influência do tamanho de tubérculo, o valor de correlação entre a geração de plântula e primeira geração clonal diminuiu de 0,35 para 0,17. O autor verificou também que para os caracteres uniformidade de formato de tubérculo e profundidade dos olhos, os tubérculos maiores apresentaram valores de correlação mais elevados entre a geração de plântula e primeira geração clonal. Da mesma forma, Davies & Johnston (1965) e Rowell *et al.* (1968) concluíram que avaliações em tubérculos maiores são mais eficientes, pela melhor visualização proporcionada.

No entanto, a utilização de recipientes maiores para o cultivo de plântulas, poderia minimizar estes problemas, por proporcionar a produção de tubérculos maiores, facilitando a visualização da expressão dos caracteres. Nos programas da Universidade de Cornell (EUA) e do INIA (Chile) o cultivo de plântulas é realizado em recipientes grandes, com seleção, quando praticada, apenas para eliminar genótipos com tubérculos apresentando defeitos fisiológicos externos (rachaduras, etc) e película indesejável quanto à aspereza e coloração. Nesta estratégia, são utilizados os quatro tubérculos maiores obtidos de cada plântula em vez de um na primeira geração clonal, como é normalmente feito na maioria dos programas, aumentando a precisão dos resultados desta geração (Comunicação Pessoal: Walter De Jong, UC; Julio Kalazich, INIA/Chile). A baixa eficiência da seleção em primeiras gerações clonais poderia também ser fruto da não aplicação do manejo utilizado nas lavouras comerciais, influenciando a manifestação dos caracteres fenotípicos (Hoopes & Plaisted, 1987).

Entretanto, outros autores (Swiezynski 1978; Love *et al.*, 1997; Bisognin & Douches, 2002; Xiong *et al.*, 2002) contradizem as afirmativas quanto à ineficiência nesta fase do processo de seleção. Bisognin & Douches (2002) consideraram que a seleção para caracteres de qualidade pode ser iniciada em plântulas, usando uma moderada intensidade de seleção. Love *et al.* (1997), trabalhando com plântulas a

campo, concluíram que a seleção nesta geração pode ser aplicada para coloração de tubérculo, formato de tubérculo, profundidade de olhos e tubérculos rachados. Swiezynski (1978), também em geração de plântula cultivada em campo, verificou que o efeito da seleção para rendimento de tubérculos proporcionou evidente acréscimo na frequência de plantas com maior rendimento. Xiong *et al.* (2002) consideraram que a seleção para baixo teor de glicose em plântulas pode economizar consideráveis recursos em um programa de melhoramento.

Implicações da herdabilidade e intensidade da seleção - A intensidade de seleção nas estações de melhoramento depende dos parâmetros e equipamentos de avaliação, do número de plantas utilizadas na geração de plântula e primeira geração clonal e do tempo necessário para plantio, cultivo e seleção (Neele *et al.*, 1988). A pressão ideal de seleção é dependente também da herdabilidade de cada caráter em consideração.

A herdabilidade é um indicativo de superioridade fenotípica de origem genética, que pode ser transmitida aos descendentes; no sentido amplo inclui a aditividade, dominância e epistasia, e no sentido restrito somente a aditividade na proporção da variância genética total (Carvalho *et al.*, 2001). Para o melhoramento da batata, a herdabilidade no sentido amplo é mais importante devido aos efeitos de dominância e epistasia serem mantidos nas sucessivas gerações pela propagação clonal.

A herdabilidade pode ser usada para medir o avanço ou os ganhos por seleção. Este avanço pode ser aumentado reduzindo a variação não herdável (causada pelo ambiente) durante o curso da seleção. A participação direta dos efeitos do ambiente na manifestação fenotípica, e a existência de respostas diferenciadas de genótipos têm sido frequentemente constatadas em várias espécies de plantas cultivadas. Essa interação causa dificuldades aos programas de melhoramento na obtenção de ganhos genéticos, pois indicam a inconsistência da superioridade do genótipo com relação à variância de ambiente, tornando a seleção mais difícil (Briggs & Knowles, 1967; Tai & Young, 1984; Cruz & Castoldi, 1991; Love *et al.*, 1997).

Maris (1988) relatou que, de acordo com análise entre gerações, a aparência geral, número de hastes e data de emergência são caracteres de baixa herdabilidade, portanto a seleção em gerações iniciais poderia ser de baixa eficiência. O autor cita ainda que estatura de planta possui herdabilidade medianamente baixa, sendo, portanto possível a realização de seleção moderada para este caráter em geração de plântula. Da mesma forma, Pinto (1999) concluiu que profundidade de olhos, coloração, aspereza e formato de tubérculo são caracteres de alta herdabilidade.

Analisando a relação entre segunda e terceira geração clonal, Love *et al.* (1997) observaram altos valores de herdabilidade para grau de aspereza, 0,92; porcentagem de defeito de pele, 0,83; severidade de defeitos de pele, 0,81; formato de tubérculo, 0,79; porcentagem de tubérculos rachados, 0,76; produção, 0,74; profundidade de olhos, 0,72; e menores valores para número de tubérculos, 0,70; porcentagem de apontados, 0,68; média de massa de tubérculos, 0,68; porcentagem de tubérculos curvos, 0,66; tubérculos achatados, 0,58; severidade de tubérculos apontados, 0,55; uniformidade de tamanho, 0,44; uniformidade de formato, 0,42; e severidade de curvos, 0,28. Calculando os valores médios de herdabilidade em três gerações (plântula, primeira e segunda geração clonal), Bradshaw *et al.* (1998) encontraram valores de 0,76, 0,72 e 0,74, para preferência visual, produção e aparência, respectivamente.

Tai & Young (1984), analisando as quatro primeiras gerações clonais, calcularam os valores de herdabilidade para maturidade, 0,67; vigor de planta, 0,35; estatura de planta, 0,52; aparência, 0,34; produção de tubérculos comercializáveis, 0,39; produção total, 0,38; número de tubérculos, 0,31; número de tubérculos comercializáveis, 0,15; massa média de tubérculo, 0,42. Da mesma forma, Gopal *et al.* (1994) estimaram a herdabilidade para rendimento, número de tubérculos e massa média de tubérculos, entre a geração de plântula e terceira geração clonal, encontrando valores de 0,33, 0,30 e 0,58, respectivamente. Portanto, a seleção poderia ser mais efetiva para massa média de tubérculo do que

para rendimento e número de tubérculos.

Silva *et al.* (2007) verificaram que a geração de plântula em casa de vegetação proporcionou melhor expressão da variabilidade de ordem genética de caracteres componentes de aparência de tubérculo do que a primeira geração clonal em campo, provavelmente pelo maior efeito do ambiente em campo. Baseado nestas estimativas, os autores concluíram que para a população avaliada, poder-se-ia aplicar forte pressão de seleção nas gerações iniciais para os caracteres formato de tubérculo, apontamento de tubérculo e curvatura de tubérculo, ao passo que para, aspereza da película e sobrançelha, menor intensidade de seleção deveria ser usada. Maiores ganhos com a seleção seriam esperados em relação à profundidade de olhos de tubérculo com a seleção na primeira geração clonal, e em proeminência de sobrançelha e curvatura de tubérculos na geração de plântula. Os valores de herdabilidade estimados para caracteres de tubérculo na geração de plântula foram de 0,81 para aparência geral, 0,82 para aspereza da película, 0,91 para formato, 0,09 para uniformidade de formato, 0,57 para tamanho, 0,41 para uniformidade de tamanho, 0,68 para profundidade de olhos, 0,89 para sobrançelha e apontamento, 0,94 para curvatura e 0,53 para achatamento. Na primeira geração clonal as estimativas de herdabilidade foram de 0,45 para aspereza, 0,90 para formato, 0,43 para tamanho, 0,13 para uniformidade de tamanho, 0,81 para profundidade de olhos, 0,44 para sobrançelha, 0,75 para apontamento, 0,70 para curvatura e 0,43 para achatamento.

Na seleção em primeiras gerações, pode-se efetuar uma seleção leve, em que os piores genótipos são descartados, ou uma seleção positiva com a seleção dos melhores materiais. No entanto, a seleção leve tem se mostrado a melhor opção (Tai & Young, 1984; Maris, 1988; Gopal, 1997). Segundo Love (1997), na geração de plântula pode-se aplicar seleção mais forte para grau de aspereza de tubérculo e defeitos severos de pele; podendo ser apropriado realizar seleção leve para tubérculos rachados, mal formados, curvados, apontados, olhos profundos, tamanho de tubérculo, ren-

dimento, número de tubérculos e massa média de tubérculo. O autor concluiu também que nesta geração não pode ser realizada seleção para uniformidade de formato e uniformidade de tamanho de tubérculo.

Tai & Young (1984) e Gopal (1997) consideram que em plântulas apenas uma seleção de moderada intensidade deve ser aplicada. De acordo com Maris (1988), o nível de rejeição pode ser calculado de acordo com os valores das correlações entre gerações para diversos caracteres, podendo ser realizada pequena rejeição se $r < 0,30$, seleção moderada e positiva quando $r > 0,60$ e uma maior pressão de seleção quando $r > 0,80$. Segundo este autor, pode ser aplicada seleção moderada já em plântulas para rendimento de tubérculos.

Segundo Maris (1988), a seleção de plântulas crescidas em casa de vegetação deveria ser moderada, com porcentagem de retenção de 35 a 90%. Nas demais gerações (gerações clonais) esta retenção poderia ser reduzida. Entretanto, Tai & Young (1984) sugerem que é apropriado eliminar 99% dos genótipos avaliados nos três primeiros ciclos de seleção (*seedling*, primeira e segunda geração clonal); do mesmo modo, Brown (1988) cita que normalmente em muitos programas de melhoramento são descartados 90 a 99% dos genótipos nos dois primeiros ciclos de seleção. Bradshaw *et al.* (1998) comentam que no Instituto Escocês de Pesquisa (SCRI), de 100 mil plântulas iniciais, são mantidos 40 mil na primeira geração clonal, quatro mil na segunda geração clonal e finalmente apenas um mil na terceira geração clonal.

Correlação entre gerações - Um bom indicador da herdabilidade é a correlação entre caracteres e entre gerações (Maris, 1988; Pinto *et al.*, 1994), o que demonstra o grau de associação entre as variáveis. O coeficiente de correlação entre plântula e primeira geração clonal varia entre cruzamentos e, em muitos casos, não é alto (Tai & Young, 1984). Bhering *et al.* (2009), verificando a correlação entre a geração de plântula, primeira e segunda geração clonal para teor de açúcares redutores e de matéria seca, não verificaram associação consistente entre os resultados das diferentes

gerações, principalmente entre a geração de plântula e primeira geração clonal. Porém as metodologias de avaliação entre estas duas gerações foram diferentes, dado a dificuldade da avaliação destes caracteres em tubérculos pequenos e em grande número.

Analisando dados de 1600 genótipos em dois locais, Brown & Caligari (1986) verificaram que o rendimento de tubérculos entre geração de plântula e primeira geração clonal apresentou correlação moderada e significativa (0,46 e 0,42). Isso sugere que a seleção para rendimento em plântulas pode ser eficiente; entretanto, segundo os autores, devido ao tamanho dos tubérculos estes coeficientes podem ter sido superestimados.

Neste sentido, estudando separadamente tubérculos maiores e menores provenientes de plântulas, Pinto *et al.* (1994) verificaram correlação significativa, porém baixa, entre geração de plântula e primeira geração clonal. Para tubérculos de tamanhos maiores, as correlações foram: produção de tubérculos, 0,22; número de tubérculos por planta, 0,09; e para massa média de tubérculos, 0,07. Para tubérculos menores: produção de tubérculos, 0,22; número de tubérculos por planta, 0,12; e massa média de tubérculos, 0,07.

Valores reduzidos de correlação para número de tubérculos e para média de massa de tubérculos entre geração de plântula e primeira geração clonal foram observadas também por Maris (1988) e Brown & Caligari (1986); estes autores reportaram correlação moderada para rendimento de tubérculos. No entanto, Brown & Caligari (1986) sugeriram que estas correlações podem ter sido superestimadas pela associação com a massa dos tubérculos plantados na primeira geração clonal.

Xiong *et al.* (2002) verificaram significativa associação entre as gerações de plântula e primeira geração clonal para peso específico. Do mesmo modo, estudando as gerações de plântula e primeira geração clonal, porém cultivados a campo, Gopal (1997) encontrou correlações significativas entre as gerações para produção de tubérculos, 0,56; número de tubérculos, 0,37; aparência geral, 0,60; coloração, 0,81; formato,

0,69; uniformidade de formato, 0,51; e massa média de tubérculos, 0,26.

Objetivando averiguar a implicação da repetibilidade na expressão de caracteres de tubérculo nas três primeiras gerações de seleção em batata (plântula, primeira e segunda geração clonal), visando a seleção na geração de plântula, Silva *et al.* (2008) verificaram que correlações genéticas e fenotípicas da geração de plântula com a primeira e a segunda geração clonal foram significativas, indicando que aparência, aspereza, formato, sobrançelha, apontamento, curvatura e achatamento de tubérculo mantiveram suas expressões nas diferentes gerações. Estes autores verificaram ainda que maiores coeficientes de repetibilidade também foram verificados para estes caracteres e concluíram que é possível aplicar seleção na geração de plântula para aparência, aspereza da película, formato, profundidade de olhos, sobrançelha, apontamento, curvatura e achatamento de tubérculos, sendo que para formato de tubérculo, pode-se utilizar maior pressão de seleção. Os autores verificaram também que os valores de correlação genética positivos e significativos entre a geração de plântula com a primeira geração clonal, para caracteres medidos nos tubérculos, foram de 0,48 para aparência, 0,36 para aspereza, 0,51 para formato, 0,91 para profundidade de olhos, 0,99 para sobrançelha, 0,84 para apontamento, 0,79 para curvatura e 0,50 para achatamento. Entre a geração de plântula e a segunda geração clonal, os valores foram de 0,55 para aparência, 0,99 para aspereza da película, 1,00 para formato, 0,72 para uniformidade de formato, 0,32 para uniformidade de tamanho, 0,37 para profundidade de olhos, 0,98 para sobrançelha, 0,43 para apontamento, 0,56 para curvatura, 0,43 para achatamento, 0,72 para número de tubérculos e 0,42 para massa média. No que tange à repetibilidade entre as três gerações os valores foram de 0,32 para aparência, 0,39 para aspereza, 0,67 para formato, 0,20 para uniformidade de formato, 0,04 para tamanho de tubérculos, -0,07 para uniformidade de tamanho, 0,32 para profundidade de olhos, 0,55 para sobrançelha, 0,41 para apontamento, 0,39 para curvatura, 0,38 para achatamento, 0,06 para rendimento, 0,05 para

número e 0,12 para massa média.

Particularidades da seleção em gerações iniciais - Normalmente, as observações dos caracteres em estudo na geração de plântula são efetuadas apenas no tubérculo maior. Desta forma, a viabilidade de avaliações em apenas um tubérculo, portanto sem repetição, tem sido estudada. Swiezynski (1978), cultivando plântulas a campo, considerou que a seleção baseada em apenas um tubérculo foi efetiva na eliminação de clones com formato irregular de tubérculo e olhos profundos.

Os critérios para seleção na geração de plântula quase sempre são baseados na discriminação visual de um melhorista ou um grupo de selecionadores (Anderson & Howard, 1981; Brown *et al.*, 1984; Tai & Young, 1984; Brown *et al.*, 1987; Maris, 1988). Desta forma, Tai (1975) e Bradshaw (1998) observaram que seleção visual tem tido baixa eficiência, pois os caracteres que mais influenciariam a preferência visual apresentam baixa herdabilidade. Também, devido ao julgamento diferenciado dos selecionadores para os diversos caracteres, e à baixa habilidade dos selecionadores em identificar os genótipos superiores, a seleção visual deveria se limitar apenas à discriminação entre cruzamentos. No entanto, conforme Tarn *et al.* (1992), a discriminação visual é provavelmente o mais eficiente e econômico método para selecionar genótipos para vários caracteres agrônômicos em grandes populações de melhoramento nas primeiras gerações de seleção.

Existe a possibilidade de selecionar nas gerações iniciais cada genótipo ou ainda a população/família como um todo. Neele & Louwes (1989), realizando cálculos de correlação, concluíram que pode-se fazer seleção de populações na geração de plântula para conteúdo de matéria seca e de glicose, e que pode ainda ser feita seleção individual dentro das famílias para matéria seca, porém deve ser menos rigorosa. Considerando o peso específico de tubérculos, o índice de formato de tubérculos e notas com glico-fita, Amaro *et al.* (2003) calcularam os coeficientes de correlação entre geração de plântula, primeira e segunda gerações clonais, e verificaram maiores valores de correlação quando entre

famílias, indicando baixa eficiência de seleção precoce entre clones. Da mesma forma, Gopal (1997) e Gopal & Minocha (1997) concluíram que é melhor selecionar entre famílias; sendo um bom indicativo para a escolha das melhores combinações de genitores.

Nas primeiras gerações de seleção, além da seleção direta para cada caráter de interesse, pode-se também adotar a estratégia de utilização da seleção indireta ou correlacionada, ou mesmo a utilização de índices de seleção. Silva *et al.* (2007b) avaliaram 15 famílias compostas por 60 genótipos cada uma, nas gerações de plântula e primeira geração clonal, buscando verificar as correlações entre caracteres da aparência e de rendimento de tubérculo, bem como a influência de caracteres da aparência na expressão do caráter aparência de tubérculo e suas implicações na seleção, e verificaram que a aparência de tubérculo correlacionou-se mais estreitamente com formato, curvatura, apontamento e sobrançelha de tubérculo, na geração de plântula; e com uniformidades de formato e tamanho de tubérculo na primeira geração clonal. Já o caráter rendimento foi mais fortemente associado com tamanho, número e massa média de tubérculos, na geração de plântula e com tamanho, número, massa média, achatamento de tubérculo e vigor de planta, na primeira geração clonal. Verificaram ainda que curvatura de tubérculo apresentou-se como o caráter mais efetivo na seleção indireta para a melhoria da aparência em ambas as gerações, sendo que na geração de plântula, o apontamento de tubérculo deve ser considerado em conjunto com curvatura de tubérculo na seleção para aparência de tubérculo.

Também, observando a associação entre caracteres nas primeiras gerações, Silva *et al.* (2009) avaliaram 20 famílias de batata com 15 genótipos cada uma, nas gerações de plântula, primeira e segunda geração clonal. Os resultados deste trabalho permitiram concluir que maior tamanho de tubérculo e maior uniformidade de tamanho dos tubérculos proporcionaram maiores rendimentos. O maior rendimento, no entanto, foi acompanhado de menor massa média e maior número de tubérculos. Os autores

verificaram ainda que a aparência dos tubérculos foi favorecida em genótipos que apresentam maior tamanho, rendimento e número de tubérculos, bem como, com maior uniformidade em relação a tamanho e formato; e ainda tubérculos mais arredondados e menos curvados e achatados.

Utilizando correlação canônica entre caracteres dos tubérculos plantados e tubérculos colhidos, na sequência das três primeiras gerações clonais, Rigão *et al.* (2009) observaram que houve relação para os caracteres comprimento de tubérculo, medida do maior diâmetro, medida do menor diâmetro e massa fresca. O comprimento de tubérculo apresentou a maior associação entre os tubérculos plantados e colhidos, onde tubérculos-semente compridos resultaram na produção de tubérculos alongados, indicando que a seleção precoce seria eficiente.

Desta forma, as informações relacionadas na literatura evidenciam que a seleção nas gerações iniciais, começando na geração de plântula, seja uma opção viável, possibilitando maior versatilidade e eficiência aos programas de melhoramento de batata. Devem ser definidos, no entanto, os caracteres mais eficazes de serem selecionados e a pressão de seleção a ser aplicada, para não correr o risco de eliminar materiais que deveriam ser mantidos na população. Os caracteres com maiores valores de repetibilidade, herdabilidade e correlações entre as gerações, e que foram assim considerados por vários autores foram: formato de tubérculo, aspereza de tubérculo, tubérculos apontados, e tubérculos curvos; assim, maiores pressões de seleção poderiam ser aplicadas para estes caracteres nas primeiras gerações de seleção. No entanto, muitos caracteres foram avaliados por um ou poucos autores, necessitando de estudos complementares.

REFERÊNCIAS

- AMARO GB; PINTO CABP; LAMBERT ES; MARTINS NETO LL. 2003. Early selection of potato clones for tuber characters. *Ciência e Agrotecnologia* 27: 585-589.
- ANDERSON JAD; HOWARD HW. 1981. Effectiveness of selection in the early stages of potato breeding programs. *Potato Research* 24: 289-299.
- BHERINGI LL; PINTO CABP; BENITES FRG; LEITE ME; SILVA FL. 2009. Seleção assistida por marcadores para teor de matéria seca e açúcares redutores em tubérculos de batata. *Ciência Rural* 39: 38-44.
- BISOGNIN DA; DOUCHES DS. 2002. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. *Euphytica* 127: 1-9.
- BRADSHAW JE; DALE MFB; SWAN GEL; TODAL D; WILSON RN. 1998. Early generation selection between and within pair crosses in a potato (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) breeding program. *Theoretical and Applied Genetics* 97: 1331-1339.
- BRIGGS FN; KNOWLES PF. 1967. *Introduction to plant breeding*. New York: Reinhold. 426 p.
- BROWN J; CALIGARI PDS; MACKAY GR; SWAN GEL. 1984. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding program. *Journal of Agricultural Science* 103: 339-346.
- BROWN J; CALIGARI PDS. 1986. The efficiency of seedling selection for yield and yield components in a potato breeding program. *Pflanzenzucht* 96: 53-62.
- BROWN J. 1988. The use of cross prediction methods in a potato breeding program. *Theoretical and Applied Genetics* 76: 33-38.
- CARVALHO FIF; SILVA SA; KUREK AJ. 2001. *Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção*. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 99 p.
- CRUZ CD; CASTOLDI FL. 1991. Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa. *Revista Ceres* 38: 422-430.
- DAVIES HT; JOHNSTON GR. 1965. First clonal generation potato seedling selection at two locations. *American Potato Journal* 42: 186-189.
- FNP Consultoria e Comércio. Batata. *Agrianoal*. 2009. *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p. 201-207.
- FORTES GRL; PEREIRA JES. 2003. Classificação e Descrição Botânica. In: PEREIRA AS; DANIELS J (eds). *O cultivo da batata na região Sul do Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 69-79.
- GOPAL J; GAUR PC; RANA MS. 1994. Heritability, intra- and inter-generation associations between tuber yield and its components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Breeding* 112: 80-83.
- GOPAL J. 1997. Progeny selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding program. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 307-311.
- GOPAL J; MINOCHA JL. 1997. Effectiveness of selection at microtuber crop level in potato. *Plant Breeding* 116: 293-295.
- HAWKES JG. 1993. *Origins of cultivated potatoes and species relationships*. In: BRADSHAW JE; MACKAY GR. (ed). *Potato Genetics*, Cambridge: CAB International. p. 3-42.
- HOOPES PW; PLAISTED RL. *Potato*. In: FEHR WR. 1987. *Principles of cultivar development*. New York: Iowa State University 2: 385-435.
- LOVE SL; WERNER BK; PAVEK JJ. 1997. Selection for individual traits in the early generations of a potato breeding program dedicated to producing cultivars with tubers having long shape and russet skin. *American Potato Journal* 74: 199-213.
- MARIS B. 1988. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. *Euphytica* 37: 205-209.
- NEELE AEF; BARTEN JHM; LOUWES KM. 1988. Effects of plot size and selection intensity on efficiency of selection in the first clonal generation of potato. *Euphytica* 39: 27-35.
- NEELE AEF; LOUWES KM. 1989. Early selection for chip quality and dry matter content in potato seedling populations in greenhouse or screenhouse. *Potato Research* 32: 293-300.
- PEREIRA AS; DANIELS J. 2003. *O cultivo da batata na região Sul do Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 567 p.
- PINTO CAB; VANDERLEI IRV; ROSSI MS. 1994. Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 29: 771-778.
- PINTO CAB. 1999. Melhoramento genético de batata. Belo Horizonte: *Informe Agropecuário* 20: 120-128.
- RIGÃO MH; STORCK L; BISOGNIN DA; LOPES SJ. 2009. Correlação canônica entre caracteres de tubérculos para seleção precoce de clones de batata. *Ciência Rural* 39: 2347-2353.
- ROWELL AB; EWING EE; PLAISTED RL. 1986. Comparative field performance of potatoes from seedlings and tubers. *American Potato Journal* 63: 219-227.
- SILVA GO; PEREIRA A S; SOUZA VQ; CARVALHO FIF; NETO, RF. 2007. Parâmetros genéticos em primeiras gerações de seleção de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Magistra* 19: 98-103.
- SILVA GO; PEREIRA AS; SOUZA VQ; CARVALHO FIF; NETO, RF. 2007b. Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. *Bragantia* 66: 381-388.
- SILVA GO; PEREIRA AS; SOUZA VQ; CARVALHO FIF; NETO, RF. 2008. Seleção para caracteres fenotípicos de tubérculos nas primeiras gerações em batata. *Ceres* 55: 168-172.
- SILVA GO; PEREIRA AS; SOUZA VQ; CARVALHO FIF; NETO, RF. 2009. Correlações entre caracteres fenotípicos e análise de trilha para aparência e rendimento de batata. *Ceres* 56: 63-68.
- SWIEZYNSKI KM. 1968. Field production of first-year potato seedlings in the breeding of early varieties. *European Potato Journal* 11: 141-149.
- SWIEZYNSKI KM. 1978. Selection of individual tubers in potato breeding. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 307-311.

- Applied Genetics* 53: 71-80.
- TAI GCC. 1975. Effectiveness of visual selection for early clonal generation seedlings of potato. *Crop Science* 15: 15-18.
- TAI GCC; YOUNG DA. 1984. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. *American Potato Journal* 61: 419-434.
- TARN TR; TAI GCC; JONG H; MURPHY AM; SEABROOK JEA. 1992. Breeding potatoes for long-day, temperate climates. *Plant Breeding Reviews* 9: 217-332.
- WENZEL G; BAPAT VA; UHRIG H. 1983. *New strategy to tackle breeding problems of potato*. In: SEN SK; GILES KL. (eds) 1983. *Plant Cell Culture in Crop Improvement*. New York: Plenum Press 337-349.
- XIONG X; TAI GCC; SEABROOK JEA. 2002. Effectiveness of selection for quality traits during the early stage in the potato breeding population. *Plant Breeding* 121: 441-444.
-