



Capítulo 1

PROCESSOS GENÉTICO-EVOLUTIVOS E OS RECURSOS FITOGENÉTICOS

Nelcimar Reis Sousa¹

Introdução

É conveniente alertar para o fato de que a intenção deste capítulo é apenas realçar alguns processos genéticos relevantes para o entendimento das fontes de variação entre indivíduos da mesma população e entre populações de uma espécie, à proporção que novas gerações são formadas durante sua evolução e domesticação. Logo, maior profundidade sobre o assunto poderá ser obtida em livros especializados.

O germoplasma de uma espécie manifesta graus de variação para os diversos caracteres, que podem ter sido originados há milhares de anos ou em épocas mais recentes. O efeito dos processos de modificações genéticas naturais e/ou artificiais é função do tempo de duração e do número de gerações envolvidas, de tal modo que populações de espécies de ciclo curto podem diferenciar-se muito mais rápido do que as de ciclo longo. As coletas normalmente são realizadas com o intuito de representar o máximo possível a variabilidade genética resultante desses processos. Na área de ocorrência natural, a variabilidade genética é distribuída em unidades: população da espécie ou subespécie (ecótipo); plantas de uma mesma população; frutos de uma mesma infrutescência ou frutos isolados; sementes do mesmo fruto; óvulo e pólen (Schattan, 1984).

Na prática, nem sempre as expedições são realizadas por equipes multidisciplinares e, dependendo da especialização dos membros, aspectos ecológicos e taxonômicos podem ser privilegiados. A negligência de aspectos genéticos reduz as chances de se organizar uma coleção de indivíduos contendo alelos comuns e raros. Além disso, apenas parte da variação resgatada é de natureza genética e de interesse para ser conservada, avaliada e utilizada como matéria-prima em programas de melhoramento. Portanto, os eventos responsáveis pelo aparecimento de indivíduos variáveis na descendência de uma população não devem ser ignorados pelos coletores.

Variabilidade genética

A variabilidade genética é resultado da quantidade de locos e alelos envolvidos na expressão de um determinado caráter numa população da mesma espécie. Dos eventos genéticos que modificam a variação original, o único que realmente gera diferenças entre indivíduos descendentes é a mutação. A manifestação dessa mudança depende, se os genes são dominantes ou recessivos, da natureza dos pares de alelos, do grau de sua interação com genes em outros locos e da extensão da influência ambiental (Okigbo, 1992).

A mutação promove o aparecimento de novos alelos em decorrência da troca, inserção ou deleção de algum nucleotídeo numa seqüência de DNA que codifica para uma proteína, alterando sua função na expressão de um determinado fenótipo. A importância da mutação como fonte de variabilidade genética abrange desde processos naturais de evolução até sua identificação como alelo potencialmente útil para o homem. Em muitas espécies cultivadas, mutantes excepcionais têm sido preservados e aproveitados no desenvolvimento de variedades com características particulares.

A ampliação da variabilidade genética ocorre pelo surgimento de novos genótipos como resultado de processos genéticos derivados de rearranjos de alelos existentes numa população, em consequência de hibridações naturais ou artificiais. Basicamente, o surgimento de novas combinações genéticas envolve a fusão de

¹Eng.ª Agr.ª, M.Sc., Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, CEP 69011-970, Manaus, AM. nelcimar@cpaa.embrapa.br

gametas, a recombinação de alelos durante o pareamento dos cromossomos homólogos, a segregação e geração de descendentes viáveis.

Essas modificações genéticas podem envolver um único loco ou vários locos de genes com efeitos pequenos e cumulativos para a expressão do mesmo fenótipo. No caso de efeitos combinados de muitos locos envolvendo interações, os fenótipos dos descendentes podem variar de intermediários entre os pais, devido a efeitos aditivos, e/ou podem estar associados a efeitos não aditivos de dominância (interação alélica) e de epistasia (interação não alélica).

A variabilidade observada para um determinado caráter nem sempre é transmitida de geração para geração, evidenciando que o efeito do ambiente é a principal causa de variação. Propriedades físicas e químicas de solo, ausência de patógenos, proteção por outras espécies e fatores climáticos, entre outros, promovem o aparecimento de fenótipos diferentes na população.

Coletas orientadas para germoplasma com características superiores têm pouca probabilidade de sucesso, quando os caracteres de interesse são fortemente influenciados pelo ambiente, como resistência a doenças e produção. Sem dúvida, coletas dirigidas são mais eficientes para caracteres com herdabilidade alta, ou seja, pouco influenciados pelo ambiente.

Sistema reprodutivo

Os eventos genéticos envolvidos na origem e ampliação da variação são difíceis de serem visualizados diretamente, mas seus efeitos numa população podem ser previstos pelo conhecimento do sistema reprodutivo da espécie. Em populações de espécies que se reproduzem por cruzamentos, a maioria dos locos encontra-se em heterozigose, o que implica em maior grau de variabilidade genética dentro das progênes descendentes. Ao contrário, as populações que se reproduzem por autofecundação são formadas por diferentes linhas de indivíduos homozigotos, portanto concentra maior variação entre progênes.

O sistema de reprodução não é absoluto em muitas espécies, pois populações que se reproduzem por autofecundação podem

apresentar variações de taxas de cruzamento ou vice-versa, resultando numa descendência com estrutura intermediária entre homozigotos e heterozigotos. Predominantemente, culturas autógamias têm um pouco menos diversidade genética do que espécies alógamas ou com sistema de cruzamento misto (Hamrick & Godt, 1997).

A taxa de cruzamento de uma espécie era estimada com o uso de marcadores morfológicos na identificação da progênie oriunda de cruzamento; atualmente, metodologias menos laboriosas e mais precisas são adotadas. O sistema de cruzamento das espécies pode ser estudado com marcadores moleculares, e a taxa natural de autofertilização e o nível natural de endogamia podem ser estimados (Vencovsky & Crossa, 1999).

A probabilidade de reunir a quantidade ideal de variação local, sem sobrecarga dos esforços de coleta, é ampliada quando se tem informações prévias sobre o sistema reprodutivo e do padrão de dispersão da espécie, principalmente, ao tratar-se de coletas de populações naturais de espécies pouco estudadas. Uma única amostra de modesto tamanho poderia ser suficiente para espécies com estruturas simples, como uma população homogênea com completa endogamia ou com alelos distribuídos independente e uniformemente em freqüências genotípicas de *Hardy-Weinberg* (Namkoong, 1988).

Diversidade genética

A quantidade de variação genética presente numa população ou espécie, em conseqüência de processos evolutivos, corresponde à diversidade genética (IBPGR, 1991), cuja importância para a agricultura começa na conservação e aumenta com a sua utilização em programas de melhoramento para diferentes propósitos.

Coletivamente, genes dentro de espécies cultivadas ou grupo de espécies relacionadas representam a diversidade genética com a qual os cientistas deveriam trabalhar (Fitzgerald, 1988). Esse deveria ser o objetivo de todas as coleções, mas pode tornar-se impraticável quando limitações financeiras e geográficas interferem na quantidade e qualidade representativa das amostras coletadas.

O processo de diferenciação de grupos de indivíduos está fundamentado em princípios genéticos de populações. Conceitualmente, indivíduos que dividem o mesmo conjunto de alelos no espaço e no tempo constituem uma população. O princípio básico de equilíbrio de *Hardy-Weinberg* estabelece que em uma população grande de acasalamento ao acaso, sem sobreposição de gerações, as frequências genotípicas e alélicas permanecerão constantes de geração para geração quando não houver mutação, migração e seleção natural (Falconer & Mackay, 1996). A diferenciação entre grupos de indivíduos é resultado de um processo lento de modificação das frequências alélicas de diferentes locos (Allard, 1999).

O nível de diversidade genética é influenciado pelos fatores que afetam a frequência alélica em populações de acasalamentos ao acaso e são derivados de processos evolutivos. Sem estas mudanças evolutivas não haveria nenhuma adaptação para adversidades das condições ambientais e nenhuma seleção natural poderia ter ocorrido (Okigbo, 1992). Assim, a dinâmica de mudanças das propriedades genéticas de populações naturais é regulada por vários acontecimentos imperceptíveis em curto espaço de tempo, mas com efeitos marcantes ao longo de muitas gerações:

1. Tamanho da população

O tamanho da população é que determina a probabilidade de um alelo estar presente nos gametas utilizados para a formação da geração descendente. Os alelos encontram-se dispersos na população em frequências variáveis, e a probabilidade dos gametas formados conterem um alelo em frequência baixa é muito pequena, ao contrário dos alelos em frequência alta. Portanto, há necessidade da formação de um número elevado de gametas, para que um alelo raro tenha chance de ser repassado para a geração seguinte. Conseqüentemente, em populações muito pequenas, nem todos os alelos estarão presentes nos gametas formados, provocando uma modificação aleatória da frequência alélica entre a população original e a descendente, que será mais intensiva quanto menor for a amostra de gametas.

Assim, pequenas populações estão sujeitas a flutuações de frequências alélicas, importantes do ponto de vista evolutivo, porém com efeito extremo de deriva genética com o passar das gerações. Este processo de duplo sentido, de fixação de um alelo e eliminação de outro, resulta na subdivisão da população original em subpopulações ou raças locais e, simultaneamente, redução da variabilidade genética e aumento da homozigosidade dentro das diferentes subpopulações derivadas. O efeito da deriva genética depende decisivamente do tamanho efetivo da população, ou seja, do número de indivíduos que realmente contribuirão com gametas para a formação da geração descendente.

2. Mutação

A mutação acontece ao acaso e em probabilidades muito pequenas; isso implica na necessidade de um número elevado de gerações para o surgimento de um alelo novo na população. Essa renovação da variação, sob efeito da seleção natural, poderá persistir ou desaparecer da população. Os indivíduos mutantes recessivos deletérios tendem a ser eliminados naturalmente sem afetar a estrutura genética da população, enquanto os indivíduos heterozigotos conferem aumento da variabilidade genética. Enfim, esta fonte primária de variação é de extrema importância para uma população enfrentar condições ambientais adversas e tornar-se mais adaptada.

3. Migração

A migração está relacionada com a entrada ou a saída de alelos de uma população para outra por meio de indivíduos férteis, sementes ou por pólen transportado por vetores de polinização. Como resultado dessa mistura, tem-se a alteração da estrutura genética da população ao longo de gerações.

Dependendo dos limites de dispersão e de barreiras reprodutivas naturais, as possibilidades de ocorrer migração são intensificadas em situações ambientais particulares, como uma modificação temporal da floração em decorrência de alteração climática. Assim, a troca de alelos entre subpopulações ou

populações adjacentes tende a acontecer com mais facilidade em espécies que apresentam isolamento reprodutivo parcial e menor dispersão. Essas características também podem ser indicadoras de compatibilidade entre indivíduos.

4. Seleção natural

A seleção natural é reconhecida como o principal mecanismo de adaptação de indivíduos a diferentes ambientes e utiliza a mutação como matéria-prima. A seleção favorável a um determinado genótipo torna-o vantajoso quanto à capacidade de contribuir com mais descendentes para a próxima geração, aumentando sua adaptação. Também pode ocorrer seleção oposta à mutação, finalizando em equilíbrio entre seleção e mutação.

A compreensão desses processos genético-evolutivos que asseguram variabilidade e adaptabilidade é fundamental para o planejamento de estratégias de conservação de recursos genéticos, especialmente de populações naturais de espécies nativas. Em espécies menos estudadas é necessário considerar o problema biológico de como os alelos estão distribuídos na população e os tipos de coleções que poderiam ser úteis, no futuro, para conservadores, melhoristas ou outros usuários (Namkoong, 1988).

Geralmente, essas informações eram obtidas após a coleta com estudos de diversidade, com base principalmente em caracteres morfológicos e isoenzimas. Nos últimos anos, os avanços conseguidos na área de marcadores moleculares têm permitido a obtenção de informações mais rápidas e anteriores ao planejamento de coletas definitivas. As estimativas de parâmetros genéticos populacionais têm sido importantes para definir o número de indivíduos a serem coletados entre e dentro de subpopulações/populações, respeitando-se a distribuição espacial da espécie.

Nitidamente, o êxito das ações de coleta e conservação de populações naturais está associado ao conhecimento da diversidade genética, incluindo os aspectos ecológicos e genéticos que orientam a estrutura populacional da espécie, de tal modo que seja assegurada a representação mais próxima do potencial evolutivo do germoplasma.

Referências bibliográficas

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1999. 254 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. E. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. London: Logman/Tech. Harlow, 1996. 464 p.

FITZGERALD, P. J. Genetic considerations in the collection and maintenance of germplasm. **Hortscience**, v. 23, n. 1, p. 84-85, 1988.

HAMRICK, J. L.; GODT, M. J. W. Allozyme diversity in cultivated crops. **Crop science**, v. 37, p. 26-30, 1997.

IBPGR. **Elseviers dictionary of plant genetic resources**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1991. 187p.

NAMKOONG, G. Sampling for germplasm collections. **Hortscience**, v. 23, n. 1, p. 79-81, 1988.

OKIGBO, B. N. Conservation and use of plant germplasm in african traditional agriculture and land use systems. In: PUTTER, A. (Ed.). **Safeguarding the genetic basis of Africa's traditional crops. Proceedings...** Nairobi: CTA/IBPGR/KARI/UNEP, 1992. p. 15-38.

SCHATTAN, S. **Levantamento integrado para coleta de recursos genéticos na Amazônia com utilização das técnicas de amostragem**. Brasília: EMBRAPA-DDT. 1984. 22 p. (EMBRAPA-DDT. Documentos, 11).

VENCOVSKY, R.; CROSSA, J. Variance effective population size under mixed self and random mating with applications to genetic conservation of species. **Crop Science**, v. 39, p. 1282-1294, 1999.