



Meiose e Variabilidade genética

A existência de variabilidade genética em uma população é fator essencial à sobrevivência e manutenção dos processos evolutivos dessa mesma população. Sabe-se que novas variações alélicas surgem a partir de mutações. Todavia, a transmissão desses alelos e incorporação destes em variados genótipos só é possível, considerando mecanismos naturais, a partir da reprodução sexuada.

O objetivo deste texto dissertativo é descrever o processo de meiose como processo central de manutenção da variabilidade genética nas populações e discutir sobre a importância disso na conservação e evolução das espécies.

A formação de gametas para viabilização da reprodução sexuada ocorre por divisões celulares no processo de meiose. Diferentemente do processo de multiplicação celular via mitose, na meiose uma única célula é capaz de formar quatro células gaméticas com metade do material genético da célula-mãe. Ainda, ao passo que na mitose cada célula-mãe (é capaz de gerar) seja capaz de gerar duas células-filhas com material genético idêntico, na meiose, as células gaméticas geradas possuem material genético arranjado de forma distinta da célula-mãe.

Essa distinção ocorre devido a eventos particulares da meiose. As etapas de divisão celular da meiose ocorrem em uma primeira fase de divisão reducional (meiose I) e com uma segunda fase chamada equacional (meiose II). A meiose I é subdividida nas etapas de prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I.

Os eventos responsáveis pela geração de variabilidade na prole ou geração seguinte ocorrem nos subetapas da prófase I, comper-



me descreve a seguir. Durante a subetapa denominada leptóteno o material genético começa a se condensar. Em sequência na fase denominada zigóteno, as cromátides irmãs iniciam as sinapses, que consistem em aproximações (entorses) singulares. O conjunto de cromátides em sinapse formam o denominado complexo sinaptonêmico, o qual viabiliza a troca de material genético entre cromossomos homólogos, processo este, denominado crossing-over.

A literatura traz incertezas sobre o momento exato de ocorrência do crossing-over e sobre a obrigatoriedade de ocorrência do complexo sinaptonêmico. Assim, tem-se que em geral, o processo ocorre (na subetapa da paquíteno) entre as subetapas de zigóteno, passando pelo Paquíteno e culminando uma etapa de Diplotênio, onde são observados os quiasmas - pontos de ligação entre cromátides homólogas onde ocorre o embaralhamento de alelos.

Na subetapa seguinte, a Diacinese, os quiasmas são mais claramente visíveis e estão ligados aos fiéis do fuso.

Na etapa posterior, (~~a Anáfase I~~) a Metafase I, os cromossomos são (~~organizados~~) reunidos em alinhamento à placa equatorial. Em seguida, durante a (~~Anáfase I~~) Anáfase I, os cromossomos são separados de forma aleatória, de modo que, diferentemente da mitose, pode haver união de cromossomos homólogos em uma célula. Essa aleatoriedade na separação de cromossomos tem reflexo na variabilidade genética, conforme discutido mais à frente.

Na Telófase I, os cromossomos chegam aos polos do fuso e o envoltório nuclear se forma novamente, permitindo a difusão do material genético em cromatina. O curto intervalo entre a meiose I e a meiose II é denominado intercinese. Nesse intervalo as células se preparam para a fase de divisão (~~equacional~~) equacional da meiose.

DB 1242025-35

3



A meiose II se assemelha ao processo de mitose. Durante a Prófase II o material genético novamente se condensa e o envoltório nuclear é degradado. Na metáfase II os cromátides se alinham na placa equatorial com posterior separação durante a anáfase II. Ao fim da telófase II os cromátides atingem os polos do fuso e o envoltório nuclear se forma novamente. Apesar da semelhança ao processo, é importante lembrar que o resultado ao final da meiose II se difere da mitose, pois na meiose se formam células com metade da ploidia das células mães.

Descrito o processo de meiose, o texto agora discutirá como esses mecanismos são capazes de resultar em variabilidade genética.

Se todos os organismos fossem gerados pela duplicação de células via processo de mitose, todos seriam geneticamente idênticos. Toda a variabilidade genética existente nesse cenário hipotético se daria via mutações pontuais. Dadas as probabilidades de perpetuação de uma mutação em decorrência de agregação de vantagem adaptativa, serem muito baixas, esperaria-se que as taxas evolutivas seriam muito menores do que aquelas realmente estimadas.

Logo, toda a diversidade hoje conhecida, em especial a diversidade intraspecífica é resultado direto de dois processos envolvidos na meiose: a) o crossing-over e; b) a separação aleatória dos cromossomos e cromátides na anáfase I e metáfase I.

O crossing-over é o responsável pelo embaralhamento dos alelos entre cromossomos homólogos. O mecanismo de crossing-over elucidado o que Mendel afirmava sobre segregação independente dos "fatores". Enquanto isso, a separação aleatória dos cromossomos garante a formação de gametas com inúmeras possibilidades de conformação alélica (entre 2^n). Ao considerar



DB 124 2025-35

25-780533 57 (4)

a espécie humana, por exemplo, com seus 23 pares de cromossomos, estima-se a possibilidade de mais de 3 milhões de gametas distintas quanto aos arranjos alélicos em seu conjunto de genes.

Assim, somado à existência de diferentes variantes alélicas, o processo de formação de gametas por meiose é responsável por manter a variabilidade genética intraespecífica ao longo das gerações. Consequentemente, contribui para a expressão de variados fenótipos, incluindo plasticidade à população o que resulta diretamente na conservação das espécies.

Não obstante, a existência de variabilidade fornece subsídio para constante processo de adaptação e evolução das espécies via ação da seleção natural e deriva genética.

O conhecimento sobre os mecanismos de recombinação e casualização de cromossomos presentes na meiose tem subsidiado valiosos modelos de predição genética em populações ameaçadas, cálculo de número efetivo de indivíduos, planejamento de introdução de novos indivíduos para aumento de diversidade genética e até de número mínimo de cruzamentos em programas de melhoramento genético.

Espera-se que os constantes avanços em fenômenos moleculares possam auxiliar e aprofundamento dos estudos sobre a meiose e, consequentemente, gerar avanços nas estratégias de conservação das espécies.