

بسمه تعالی

## فصل چهارم زیست و آزمایشگاه ۳

## تغییر در اطلاعات وراثتی

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های مادهٔ وراثتی است اما در عین حال، ماده‌ی وراثتی به طور محدود تغییرپذیر است. تغییر پذیری ماده وراثتی باعث گوناگونی می‌شود و چنان که خواهیم دید توان بقای جمعیت ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و زمینه‌ی تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند.

## جهش:

هر گونه تغییر پایدار در مقدار یا ساختار ماده ژنتیک (DNA) جهش نامیده می‌شود. جهش باعث افزایش تنوع در خزانه ژنی جمعیت می‌شود و سازگاری جمعیت را با شرایط متغیر محیطی افزایش می‌دهد. جهش‌ها همواره در جمعیت‌های طبیعی روی می‌دهند و هیچ نیرویی نمی‌تواند از بروز آنها جلوگیری کند، جهش‌ها از هر نوع که باشند اساس ملکولی دارند و بر اثر واکنش‌های فیزیکی و یا شیمیایی روی می‌دهند. گروهی از جهش‌ها طی فرایند همانندسازی توسط آنزیم DNA پلیمراز ایجاد می‌شود به همین علت حتی اگر عوامل جهش‌زا از محیط حذف شوند باز هم جهش در ژنوم روی می‌دهد. گروه دیگر جهش‌ها در اثر عوامل جهش‌زای محیطی روی می‌دهند. این عوامل جهش‌زا می‌توانند عوامل فیزیکی یا شیمیایی باشند. جهش‌ها ممکن است اکتسابی یا ارثی باشند. جهش‌های اکتسابی در بدن فرد روی می‌دهند ولی جهش‌های ارثی از طریق سلول‌های جنسی (گامت‌ها) از والدین به فرد منتقل می‌شود.

باید توجه داشت که هر نوع جهش در ژنوم سلول‌های جنسی به نسل بعد منتقل نمی‌شود، به عنوان مثال در هنگام لقاح میتوکندری‌های اسپرم وارد تخمک نمی‌شود و ژنوم سیتوپلاسمی سلول تخم کاملاً از طریق تخمک تامین می‌شود به این پدیده توارث مادری می‌گویند زیرا ژنوم سیتوپلاسمی سلول تخم به طور کامل از طرف مادر تامین می‌شود. پس اگر جهشی در ژنوم سیتوپلاسمی اسپرم وجود داشته باشد به نسل بعد منتقل نمی‌شود.

جهش‌هایی که با تشکیل، شکستن و یا تغییر تعداد پیوندهای فسفودی استر توام هستند را، بر اساس تعداد نوکلئوتیدهایی که تحت تاثیر قرار می‌دهند به دو گروه جهش‌های کوچک و جهش‌های بزرگ تقسیم می‌کنند. جهش‌های کوچک در کاربوتیپ قابل مشاهده نیستند ولی جهش‌های بزرگ معمولاً در کاربوتیپ قابل مشاهده هستند هر جهشی که در کاربوتیپ قابل مشاهده باشد قطعاً یک جهش بزرگ است.

جهش‌هایی که در سلولهای پیکری روی می‌دهند معمولاً به نسل بعد منتقل نمی‌شوند و خود فرد را تحت تاثیر قرار می‌دهند. در صورتی که جهش‌هایی که در سلولهای جنسی روی می‌دهند (گامت‌ها و بعضی هاگها) به احتمال زیاد به نسل بعد منتقل می‌شوند.

جهش‌های کوچک ممکن است یک یا چند نوکلئوتید را، در ژن یا توالی‌های بین ژنی تحت تاثیر قرار دهند ولی جهش‌های بزرگ بر ساختار کروموزوم یا تعداد کروموزومها موثر هستند. جهش‌های کوچک به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند:

### الف- جهش جانشینی

**جهش جانشینی:** به تغییر و جایگزینی یک نوکلئوتید در ژنوم جهش جانشینی می‌گویند. به علت وجود رابطه مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته دنا، نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می‌دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود جهش‌های جانشینی که (صرفاً در منطقه رمزگردان ژنهای پروتئین‌ساز روی می‌دهند)، یعنی جهش‌های جانشینی که در رمزها رخ میدهند به چهار گروه زیر تقسیم می‌شوند:

#### ۱- دگر معنا

#### ۲- جهش خاموش

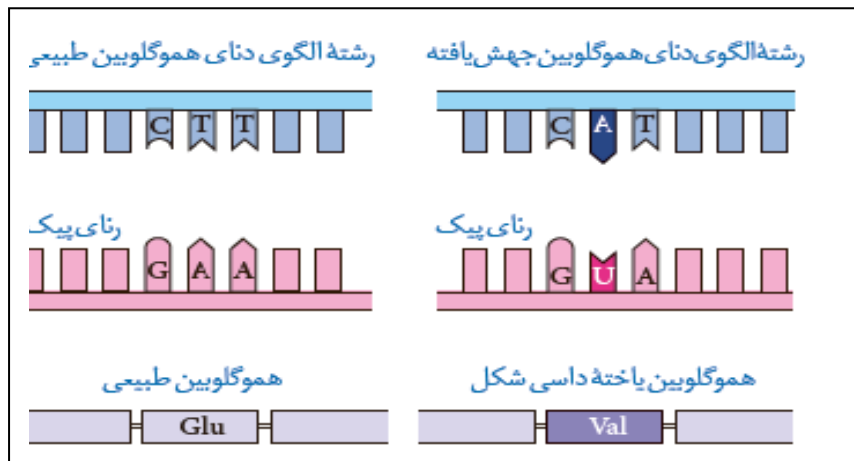
#### ۳- بی معنا

#### ۴- با معنا

جهش‌های جانشینی بالا فقط در ژنهای پروتئین‌ساز روی می‌دهد.

توجه داشته باشیم که تغییرات رنا جهش محسوب نمی‌شود فقط تغییراتی که در دنا روی می‌دهد جهش است.

**۱- جهش دگر معنا:** هرگاه جهش جانشینی کد (رمز) یک اسید آمینه را به کد (رمز) اسید آمینه دیگری تبدیل کند می‌گوییم جهش دگر معنا روی داده است. جهش دگر معنا باعث تغییر نوع یک آمینواسید در زنجیره پپتیدی ساخته شده توسط ژن می‌شود. در دیاگرام زیر جهش جانشینی دگر معنای ارثی که باعث ایجاد بیماری کم خونی داسی شکل می‌شود نمایش داده شده است:



هر گونه استفاده، انتشار و کپی برداری از این مجموعه بدون اجازه مولف ممنوع است. برگزاری کلاس و همایش در تمام کشور

بیماری کم خونی داسی شکل مثالی از جهش جانشینی دگر معنا است در این بیماری یک جهش جانشینی ارثی دگر معنا در کد ، ششمین اسید آمینه ژن B گلوبین روی داده است . در اثر این جهش هفدهمین نوکلئوتید حاوی اطلاعات در ژن B گلوبین را از نوکلئوتید تیمین دار به نوکلئوتید آدنین دار تغییر یافته است (جهش جانشینی  $T \rightarrow A$ ) ، یعنی نوکلئوتید A بجای T قرار گرفته است و در جایگاه ششم زنجیره بتا گلوبین اسید آمینه والین بجای اسید گلوتامیک قرار گرفته است والین اسید آمینه ای آبگریز و اسید گلوتامیک اسید آمینه ای آبدوست است . این جهش باعث تغییر ساختار اول ، دوم و سوم بتا گلوبین شده است و همچنین ساختار چهارم هموگلوبین را نیز تغییر داده است . این جهش جانشینی دگر معنا باعث تغییر شکل هموگلوبین و به دنبال آن داسی شدن برخی از گلوبولهای قرمز در خون فرد مبتلا به کم خونی داسی شکل می شود .

هموگلوبین در تعیین شکل گلوبولهای قرمز نقش دارد و تغییر شکل هموگلوبین باعث تغییر شکل گلوبول قرمز می شود .

ژن بتا گلوبین توسط آنزیم رنابسپاراز دو در هسته گلوبولهای قرمز نابالغ رونویسی می شود و رنای پیک حاصل بر روی ریبوزوم آزاد سیتوپلاسمی (سیتوسلی) ترجمه می شود .

جهش های دگر معنا همواره یک اسید آمینه را در زنجیره پپتیدی تغییر می دهند بسته به اینکه اسید آمینه تغییر یافته چه خواصی داشته و در کجای زنجیره پلی پپتیدی قرار گرفته باشد اثرات متفاوتی ایجاد می شود بعنوان مثال جهش دگر معنا در ژن آنزیم ساز در صورتی که باعث تغییر اسید آمینه در جایگاه فعال آنزیم شود می تواند باعث تغییر فعالیت آنزیم گردد و اگر اسید آمینه تغییر یافته از جایگاه فعال دور باشد جهش کم اثر یا بی اثر خواهد بود . حتی اگر اثر جهش دگر معنا در جایگاه فعال آنزیم قرار گیرد ممکن است بی اثر باشد . بنابراین یک جهش دگر معنا ممکن است بر فعالیت محصول پروتئینی ژن موثر باشد یا نباشد .

اگر بر اثر بروز یک جهش کوچک تعداد یا نوع اسیدهای آمینه در محصول پپتیدی ژن تغییر کند ، قطعا ساختار اول پروتئین تغییر کرده است ولی ممکن است در پی این تغییر ساختارهای دوم ، سوم ، چهارم و فعالیت پروتئین تغییر نکند.

**۲- جهش خاموش:** هر گاه جهش جانشینی رمز یک اسید آمینه را به رمز دیگری از همان اسید آمینه تبدیل کند یا یکی از کدهای پایانی را به کد (رمز) پایانی دیگری تبدیل کند می گوئیم جهش خاموش روی داده است . جهش های

خاموش هر چند محصول حاصل از رونویسی ژن (رونوست ژن یا رنا) را تغییر می دهند ولی بر محصول پتیدی یا پروتئینی حاصل از عمل ژن بی اثر هستند .

اسیدهای آمینه متیونین و تریپتوفان دارای یک نوع کد (ACC- TAC) و کدون (رمز و رمزه) هستند به همین علت این اسیدهای آمینه فاقد جهش خاموش می باشند . نمی توانیم بگوییم هر اسید آمینه دارای جهش خاموش است هر جهش کوچک که در یک ژن رخ می دهد قطعا محصول حاصل از رونویسی ژن را تغییر می دهد . به زبان ساده تر بروز هر نوع جهش که در ژن باعث تغییر توالی نوکلئوتیدها بشود RNA حاصل از رونویسی آن ژن را قطعا تغییر می دهد .

تشکیل دوپار تیمین بوسیله اشعه فرابنفش مثالی از جهش هایی است که در آن پیوند فسفودی استر تحت تاثیر قرار نمی گیرد این جهش یک جهش کوچک محسوب نمی شود و فرایند رونویسی را تحت تاثیر قرار نمی دهد ولی ایجاد اشکال در عمل دنا بسپاراز باعث اختلال در فرایند همانند سازی می شود .

راه انداز ، اپراتور ، جایگاه اتصال به فعال کننده و توالی افزایش دهنده بخشی از ژن محسوب نمی شوند . این توالی ها توالی بین ژنی تنظیمی هستند و بروز جهش در آنها بر (ساختار) محصولات حاصل از عمل ژن بی اثر است ولی مقدار محصول ژن را معمولا تغییر می دهند و (کم یا زیاد می کنند) . به چنین جهش هایی جهش های تنظیمی می گویند .

اپراتور و جایگاه اتصال به فعال کننده ، توالی های تنظیمی پروکاریوتی هستند در حالی که افزایش دهنده یک توالی تنظیمی یوکاریوتی است ، اغلب ژنهای یوکاریوتی افزایش دهنده دارند . بنابراین بیشتر (اغلب) ژنهای یوکاریوتی بیش از یک توالی تنظیمی دارند .

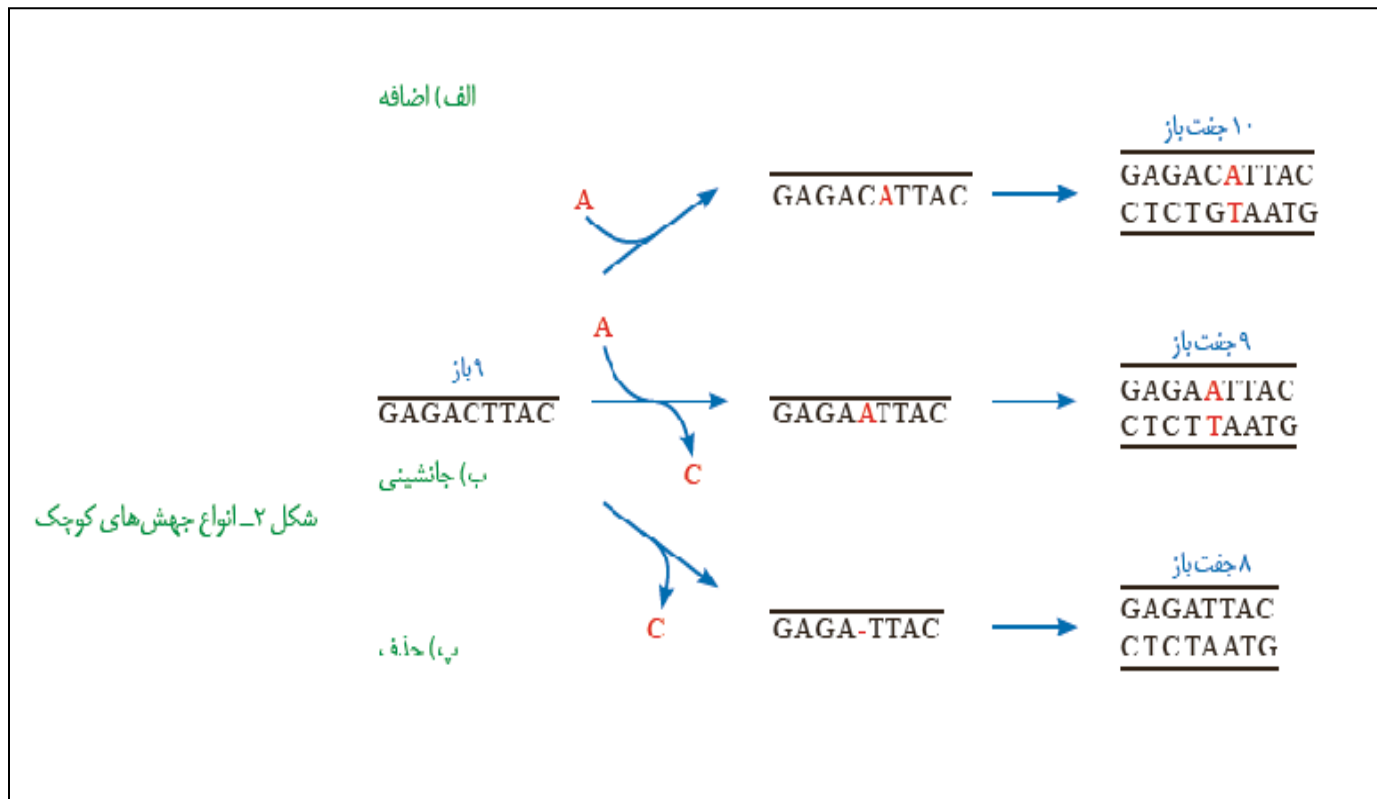
راه انداز نوعی توالی تنظیمی است که در یوکاریوتها و پروکاریوتها به طور مشترک وجود دارد راه اندازهای یوکاریوتی بسیار بزرگتر از راه اندازهای پروکاریوتی هستند . توالی های تنظیمی هیچگاه رونویسی نمی شوند ولی فرایند رونویسی را تحت کنترل دارند . اغلب ژنهای پروکاریوتی دارای راه انداز مشترک هستند اما اغلب ژنهای یوکاریوتی بیش از یک راه انداز دارند راه اندازهای یوکاریوتی برای هر ژن اختصاصی هستند .

**۳- جهش بی معنا:** اگر جهش جانشینی کد (رمز) یک اسید آمینه را به یکی از کدهای پایانی تبدیل کند ، علاوه بر تغییر mRNA ، باعث ساخته شدن زنجیره پلی پتیدی کوتاهتری می شود به این جهش ، جهش بی معنا می گویند که باعث پایان زودرس ترجمه می شود.

۴- جهش با معنا: اگر جهش جانشینی یکی از کدهای (رمزهای) پایانی را به رمز یک اسید آمینه تبدیل کند ، علاوه بر تغییر mRNA ، باعث ساخته شدن زنجیره پلی پپتیدی بلندتری می شود به این جهش ، جهش بامعنا می گویند که باعث پایان دیررس ترجمه می شود.

هیچگاه ، ابتدا و انتهای mRNA ها ترجمه نمی شود .

**جهش های حذف و اضافه :** هر گاه جهش باعث حذف یا اضافه شدن یک یا تعداد بیشتری نوکلئوتید به ژنوم شود می گوئیم جهش حذف و اضافه روی داده است جهش های حذف و اضافه نیز مانند جهش های جانشینی از نوع جهش های کوچک هستند و ممکن است در ژنها یا توالی های بین ژنی رخ دهند .



اگر نوکلئوتیدهایی که به ژن پروتئین ساز اضافه یا از آن حذف می شوند ضریبی از عدد سه نباشند ، چهارچوب خواندن mRNA را در یک یا دو موضع تغییر می دهند و باعث می شوند که نوع اسیدهای آمینه در زنجیره پپتیدی تغییر کند . چهار چوب خواندن کدونها از نقطه ای که جهش تغییر چهارچوب روی می دهد تا انتهای ناحیه رمزگردان

ژن تغییر می کند بنابراین هر چه جهش تغییر چهارچوب به رمز آغاز ترجمه نزدیکتر باشند اثر مخربتری بر محصول پروتئینی ژن دارد. جهش های تغییر چهارچوب اغلب به پایان زود رس یا دیر رس ترجمه منجر می شوند.

هر جهش حذف اضافه که در یک ژن پروتئین ساز روی می دهد یک جهش تغییر چهارچوب نیست ولی هر جهش تغییر چهارچوب یک جهش حذف یا اضافه است که در یک ژن پروتئین ساز روی داده است و تعداد نوکلئوتیدهای حذف یا اضافه شده به ژن پروتئین ساز ضریبی از عدد سه نیست.

حذف یا اضافه شدن غیر سه گانه نوکلئوتیدها (تعداد نوکلئوتیدهای حذف یا اضافه شده ضریبی از عدد سه نباشد) همواره به تغییر چهارچوب منجر نمی شود. زیرا رخداد تغییر چهارچوب فقط در ژنهای پروتئین ساز روی می دهد. مثلا چنین جهش هایی در ژنهای رنهای ناقل یا ژنهای رنهای رناتنی یا توالی های بین ژنی (مثلا اپراتور و راه انداز.....) به تغییر چهارچوب منجر نمی شود زیرا در این مکانها از دنا رمز و چهارچوب وجود ندارد.

اگر تعداد نوکلئوتیدهایی که به ژن پروتئین ساز اضافه می شود یا از آن حذف می گردد ضریبی از عدد سه باشد در این صورت جهش بدون تغییر چهارچوب روی داده است در این حالت اثر جهش به محل جهش در ژن و تعداد نوکلئوتیدهایی که از ژن حذف یا به ژن اضافه می شود بستگی دارد.

جهش های جانشینی هیچگاه به تغییر چهارچوب منجر نمی شوند.

باید توجه داشت که جهش های تغییر چهارچوب فقط در ژنهای پروتئین ساز روی می دهند و ژنهایی که mRNA تولید نمی کنند جهش تغییر چهارچوب ندارند.

جهش هایی که در ژنهای tRNA ها، rRNA ها و RNA های کوچک روی می دهند نمی توانند از نوع تغییر چهارچوب باشند. زیرا این ژنها فاقد اطلاعات برای رمز کردن اسیدهای آمینه هستند و هیچ کدونی تولید نمی کنند در واقع از رونویسی این ژنها هیچ پروتئینی ساخته نمی شود. همچنین جهش هایی که در توالی های تنظیمی (راه انداز، اپراتور، افزاینده و جایگاه اتصال فعال کننده) روی می دهند هیچگاه از نوع تغییر چهارچوب نیستند زیرا این توالی ها رونویسی نمی شوند و حاوی اطلاعات نمی باشند.

هر جهش تغییر چهارچوب یک جهش حذف یا اضافه محسوب می شود و هر جهش حذف یا اضافه نیز یک جهش کوچک یا نقطه ای است پس هر جهش تغییر چهارچوب یک جهش کوچک است.

رخداد جهش جانشینی در یک ژن باعث تغییر طول ژن نمی شود در حالی که رخداد جهش های حذف و اضافه در یک ژن باعث تغییر طول ژن می شود.

رخداد جهش جانشینی در ژنوم باعث تغییر مقدار ژنگان نمی‌شود در حالی که رخداد جهش‌های حذف و اضافه در ژنوم باعث تغییر مقدار ژنوم می‌شود.

رویداد هر نوع جهش کوچک در یک ژن باعث تغییر محصول رونویسی حاصل از آن ژن می‌شود. یعنی بروز هر جهش کوچک در ژن باعث تغییر RNA حاصل از رونویسی آن ژن می‌شود. جهش‌های کوچک ممکن است یک یا تعداد بیشتری نوکلئوتید را در رنا تغییر دهند یا باعث کوتاه شدن یا بلندتر شدن ملکول رنا شوند. فقط تغییرات پایداری که در دنا روی می‌دهد جهش هستند. تغییر در رنا و یا پروتئین جهش محسوب نمی‌شود.

**جهشهای کروموزومی یا جهش‌های بزرگ یا جهش‌های فام‌تنی: این جهش‌ها به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند:**

**۱- تغییر در تعداد کروموزومها (ناهنجاری عددی در فام‌تنها)**

**۲- تغییر در ساختار کروموزومها**

**تغییر در تعداد کروموزومها:** این نوع جهش در آنافازهای میوز و آنافاز میتوز رخ می‌دهد و به با هم ماندن کروموزومها معروف هستند. این جهش‌ها مقدار ژنوم جاندار یا یاخته حاصل از تقسیم را تغییر می‌دهند.

تقسیم نشدن یک یا تعداد بیشتری از تترادها (یا همه تترادها) در آنافاز میوز یک، به با هم ماندن کروموزومها منجر می‌شود. اگر همه تترادها تقسیم نشود و با هم به قطب یک سلول بروند می‌گوییم خطای میوزی روی داده است. خطای میوزی شدیدترین حالت جهش در باهم ماندن کروموزومها است. خطای میوزی منجر به تشکیل هاگها یا گامتهایی می‌شود که کاهش عدد کروموزومی ندارند و تعداد کروموزومهای آنها با تعداد کروموزومهای سلولی که میوز را آغاز کرده است برابر می‌باشد. چنین گامتهایی بعد از لقاح با یکدیگر جاندارانی با عدد کروموزومی دوبرابر ایجاد می‌کنند که به تشکیل گونه‌های جدید (گونه‌های پلی‌پلوئید یا چند لاد) طی گونه‌زایی هم میهنی منجر می‌شود.

خطای میوزی ممکن است در آنافاز میوز دو نیز رخ دهد در این صورت اگر خطای میوزی در یکی از یاخته‌های حاصل از میوز یک روی دهد. علاوه بر گامتهای طبیعی گامتهایی بدون کاهش عدد کروموزومی نیز ایجاد خواهند شد البته باید توجه داشته باشیم که در این حالت خطای میوزی بعد تقسیم کروموزومها در آنافاز میوز دو روی می‌دهد.

گیاهان چندلادی (پلی پلوئید) اغلب بر اثر خطای میوزی و برخی مواقع بر اثر خطای میتوزی ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدا نشدن کروموزومها (فام‌تن‌ها) در میوز به تشکیل گامت‌هایی با عدد کروموزومی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این گامت‌ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد.

☞ اگر خطای میوزی در آنافاز میوز یک روی دهد در این صورت دو نوع گامت ایجاد می شود نیمی از گامتها عدد کروموزومی تغییر نیافته خواهند داشت و نیمی دیگر فاقد کروموزوم خواهند بود ، یعنی دو نوع گامت تولید میشود ولی اگر خطای میوزی فقط در یکی از یاخته های حاصل از میوز دو روی دهد علاوه بر گامتهای غیر طبیعی که فاقد کروموزوم هستند یا عدد کروموزومی تغییر نیافته دارند ، گامتهایی با عدد کروموزومی طبیعی نیز ایجاد می شوند اگر خطای میوزی فقط در یکی از یاخته های حاصل از میوز دو روی دهد سه نوع گامت ایجاد می شود و تنوع گامتهای حاصل بیشتر از زمانی است که با هم ماندن کروموزومها در آنافاز میوز یک انجام می شود .

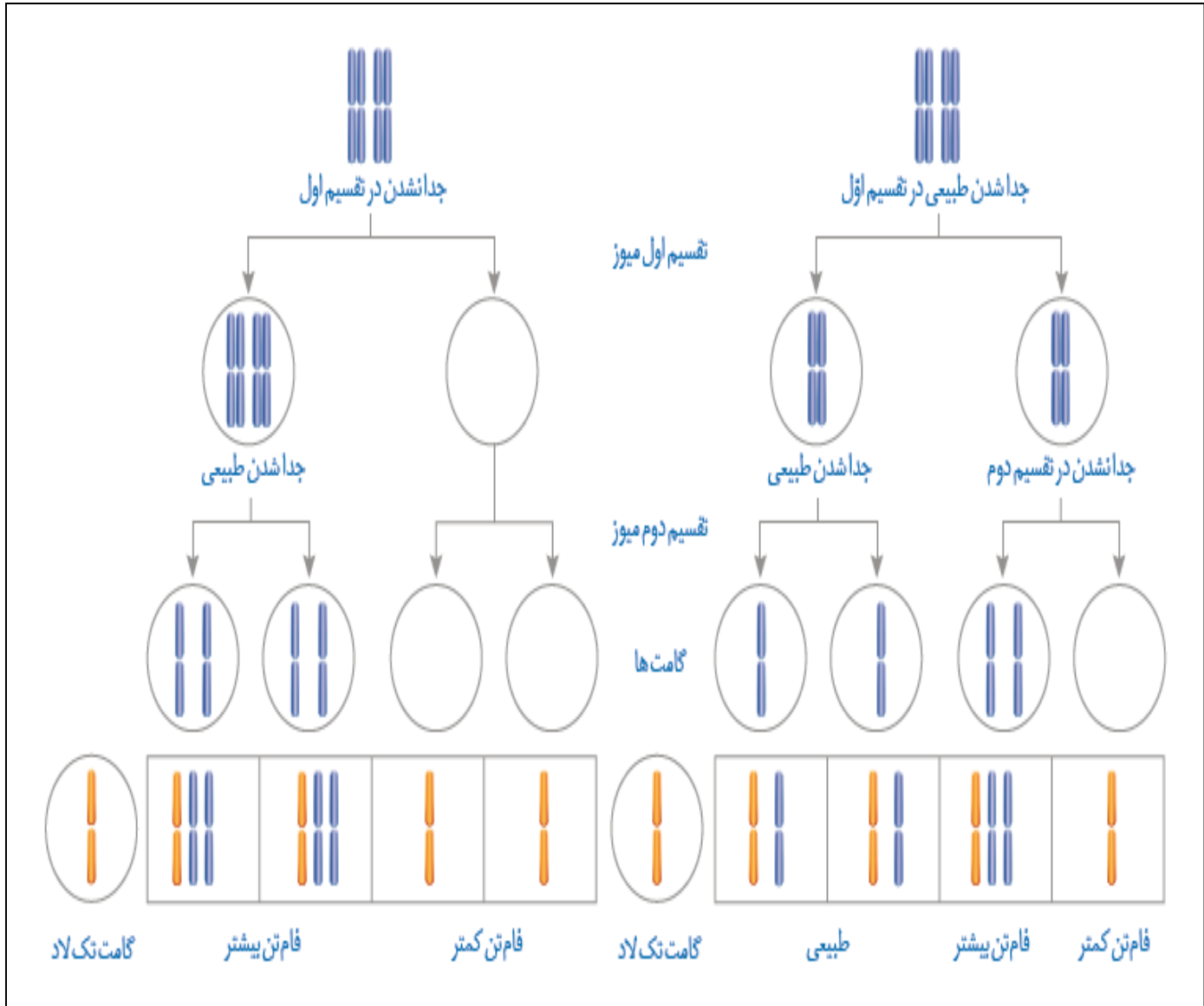
☞ گیاهان هنگام هاگزایی (نه گامتزایی) دچار خطای میوزی می شوند . زیرا گیاهان گامتهای خود را بر اثر تقسیم میتوز تولید می کنند . هاگهای گیاهان بر اثر تقسیم میوز حاصل می شود .

☞ گیاهان بی دانه هاگهای قابل انتشار و گیاهان دانه دار هاگهای غیر قابل انتشار دارند .

☞ خطای میتوزی (باهم ماندن کروموزومها در آنافاز میتوز) باعث تشکیل گامتهایی با عدد کروموزومی دو برابر نسبت به یاخته مادر می شود .







خطای میوزی (با هم ماندن همه کروموزومها) نوعی جهش است که با تشکیل هاگها و گامتهای دارای عدد کروموزومی غیر طبیعی باعث گونه‌زایی هم میهنی می‌شود.

با هم ماندن کروموزومها در آنافاز میوز یک، هنگام تخمک زایی در انسان، به تشکیل تخمکی با دو کروموزوم ۲۱ می‌شود اگر این تخمک با اسپرم طبیعی لقاح شود به تولد نوزادی با سه کروموزوم ۲۱ منجر می‌شود (تریزومی کروموزوم ۲۱) این افراد مبتلا به سندرم داون هستند و درجات متفاوتی از عقب ماندگی ذهنی را نشان می‌دهند. هر چه سن مادر بیشتر شود احتمال تولد افراد داون نیز بیشتر می‌شود. برای تشخیص سندرم داون از کاریوتیپ استفاده می‌کنند افراد داون بجای دو کروموزوم ۲۱، دارای سه کروموزوم ۲۱ در کاریوتیپ خود هستند.

تغییر در ساختار کروموزومها: جهش‌های بزرگی که باعث تغییر ساختار کروموزومها می‌شوند به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند:

### ۱- جهش تغییر ساختار بین دو کروموزوم

### ۲- جهش تغییر ساختار در یک کروموزوم

جهش تغییر ساختار بین دو کروموزوم: این جهش‌ها شامل جهش جابجایی و جهش مضاعف شدن می‌شود.

**جهش جابجایی:** جابه‌جایی، نوعی از ناهنجاری فام تنی است که در آن قسمتی از یک فام تن به فام تن غیرهمتا یا حتی بخش دیگری از همان فام تن منتقل می‌شود. بنابراین جهش جابجایی می‌تواند به تنهایی در یک فام تن روی دهد یا بین دو فام تن غیر همتا روی دهد یعنی قطعه‌ای از یک کروموزوم به کروموزوم غیر همتای آن متصل شود. جهش جابجایی اگر بین دو فام تن (غیر همتا) روی دهد در کاریوتیپ قابل مشاهده است و اگر در یک کروموزوم روی دهد به دلیل تغییر طول بازوهای کروموزوم باز هم می‌توان آن را در کاریوتیپ تشخیص داد. جهش جابجایی علاوه بر اینکه جایگاه‌های ژنی را تغییر می‌دهد باعث می‌شود که در هنگام تقسیم یاخته برخی ژنها از هم جدا نشوند و باهم به یک یاخته منتقل شوند.

در باکتریایی که فاقد پلازمید هستند جهش جابجایی روی نمی‌دهد. معمولاً باکتریها دارای پلازمید هستند.

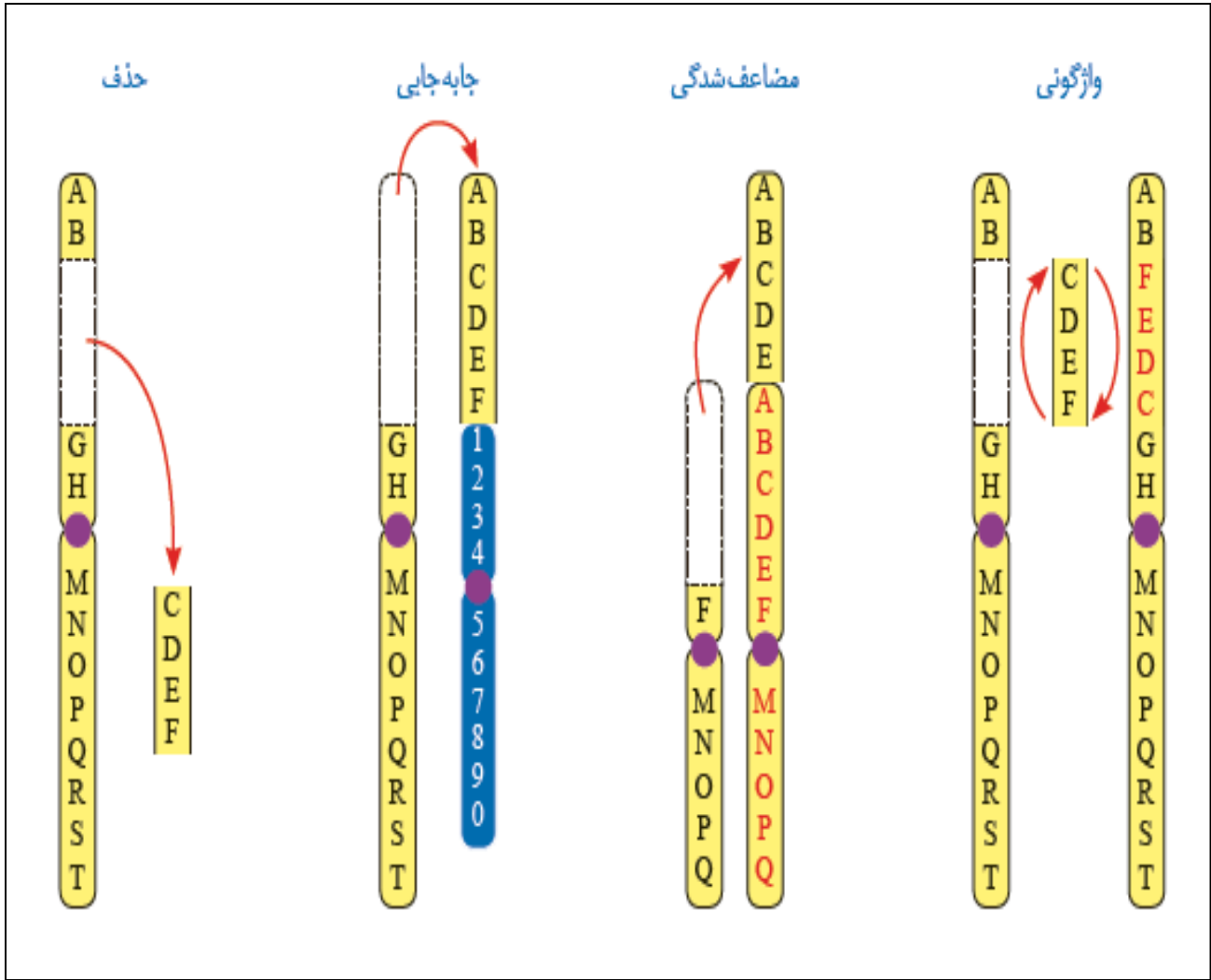
**مضاعف شدن یا مضاعف شدگی:** اگر قسمتی از یک فام تن به فام تن همتا جابه‌جا شود، آن گاه در فام تن همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، مضاعف شدگی می‌گویند.

مضاعف شدگی شامل فرایندهای حذف و جابجایی بین کروماتیدهای غیرخواه‌ری از دو کروموزوم همتا می‌شود. یاخته‌های هاپلوئید (تک لاد) فاقد جهش مضاعف شدن هستند مثلاً هسته اسپرم و تخمک بالغ انسان یا هسته یاخته‌های زنبور عسل فاقد جهش مضاعف شدگی هستند. پس از مضاعف شدگی کروموزوم همتایی که دچار جابجایی شده از بعضی از ژنهای آلل دو نسخه خواهد داشت بنابراین جهش مضاعف شدگی باعث پیوستگی ژنهای آلل می‌شود. البته باید توجه داشت که این آللها به طور معمول از یک نوع هستند.

هرگاه ژنهای آلل با هم پیوسته باشند جهش مضاعف شدگی یا جابجایی در یک کروموزوم مضاعف روی داده است این جهش‌ها باعث می‌شوند که ژنها (ژنهای آلل) در هنگام تقسیم یاخته از هم جدا نشوند و به یک هاگ یا گامت منتقل شوند.

در یاخته‌های زنده‌ای که فاقد ماده ژنتیک هستند هیچ نوع جهشی روی نمی‌دهد از جمله این سلولها می‌توان به آوندهای آبکشی (یاخته‌های غربالی) و گلوبولهای قرمز اشاره کرد. همچنین در یاخته‌های مرده نیز جهش روی نمی‌-





نت برداری در کلاس

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

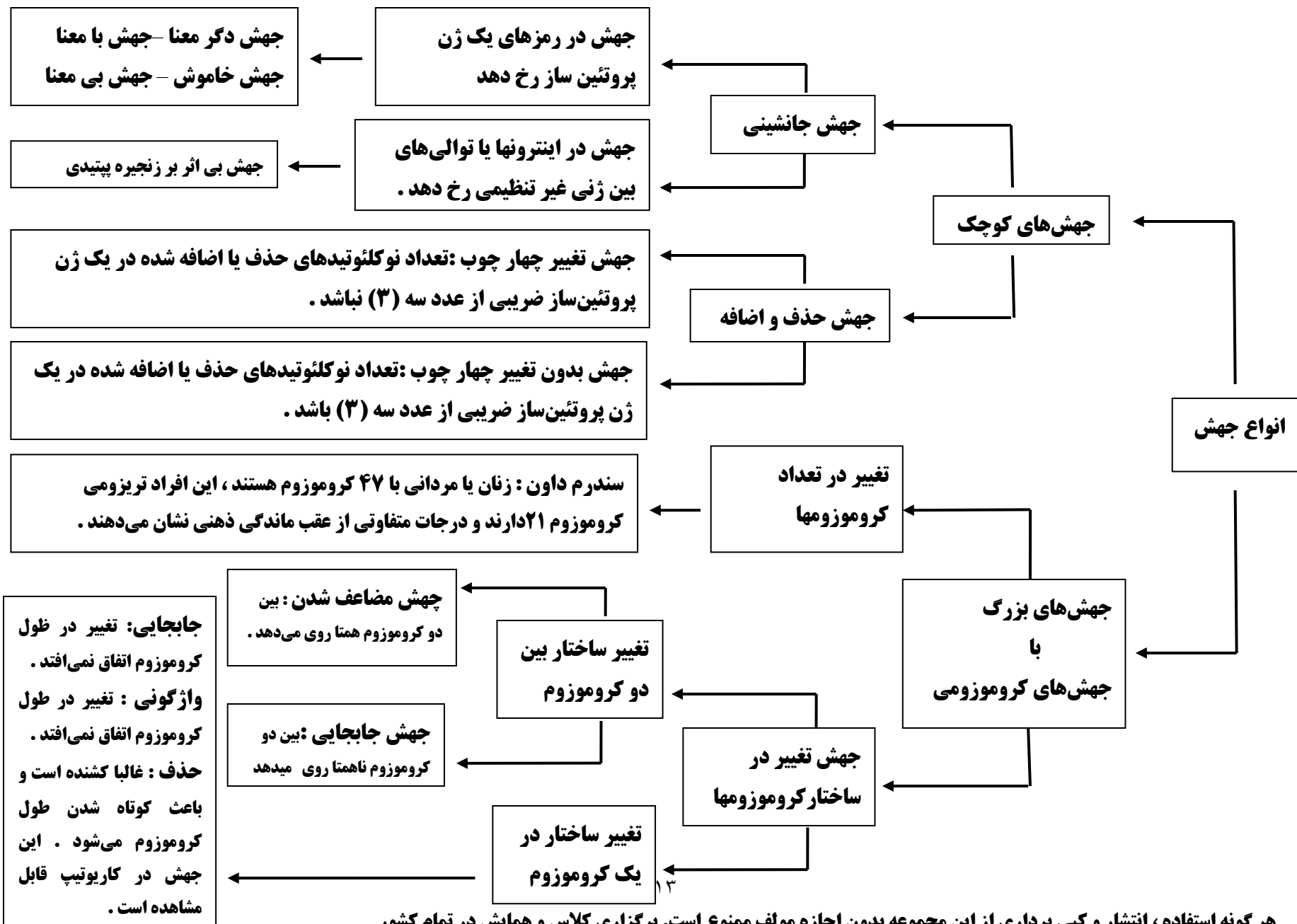
.....

.....

۰۹۱۵۱۵۶۶۱۲۱

### آموزش زیست شناسی کنکور

فریبرز کجویی



هر گونه استفاده، انتشار و کپی برداری از این مجموعه بدون اجازه مؤلف ممنوع است. برگزاری کلاس و همایش در تمام کشور

**جهش دگر معنا:** هرگاه جهش جانشینی کدون (رمزه) یک اسید آمینه را به کدون (رمزه) اسید آمینه دیگری تبدیل کند می‌گوییم جهش دگر معنا روی داده است، پس از جهش دگر معنا علاوه بر تغییر mRNA، یک اسید آمینه در محصول پپتیدی ژن تغییر می‌کند. این تغییر ممکن است به تغییر فعالیت محصول پروتئینی حاصل از عمل ژن منجر شود.

**جهش خاموش:** هرگاه جهش جانشینی کدون یک اسید آمینه را به کدون دیگری از همان اسید آمینه تبدیل کند یا یکی از کدون-های پایانی را به کدون پایانی دیگری تبدیل کند می‌گوییم جهش خاموش روی داده است. جهش‌های خاموش هرچند محصول حاصل از رونویسی ژن را تغییر می‌دهند ولی بر محصول پپتیدی یا پروتئینی حاصل از عمل ژن بی‌اثر هستند.

**جهش بی‌معنا:** اگر جهش جانشینی کدون یک اسید آمینه را به یکی از کدون‌های پایانی تبدیل کند، علاوه بر تغییر mRNA، باعث ساخته شدن زنجیره پلی‌پپتیدی کوتاهتری می‌شود به این جهش، جهش بی‌معنا می‌گویند که باعث پایان زودرس ترجمه می‌شود.

**جهش با معنا:** اگر جهش جانشینی یکی از کدون‌های پایانی را به کدون یک اسید آمینه تبدیل کند، علاوه بر تغییر mRNA، باعث ساخته شدن زنجیره پلی‌پپتیدی بلندتری می‌شود به این جهش، جهش با معنا می‌گویند که باعث پایان دیررس ترجمه می‌شود.

**جهشهایی که در اینترون‌ها و توالی‌های بین ژنی غیر تنظیمی روی می‌دهند.**

**جهشهایی که در توالی‌های بین ژنی تنظیمی مانند راه انداز - اپراتور - افزاینده و جایگاه اتصال فعال کننده روی می‌دهند و معمولاً مقدار محصول حاصل از ژن را تغییر می‌دهند ولی همواره بر ساختار محصول ژن بی‌اثر هستند**

**این جهشها قطعا باعث تغییر tRNAها و tRNAها می‌شود و ممکن است بر فعالیت آنها نیز موثر باشد**

**جهشهایی که در ژنهای سازنده رناهای رناتنی و tRNA روی می‌دهند.**

**جهشهای جانشینی که در رمزهای یک ژن mRNA ساز (پروتئین ساز) روی می‌دهند.**

**انواع جهش جانشینی**

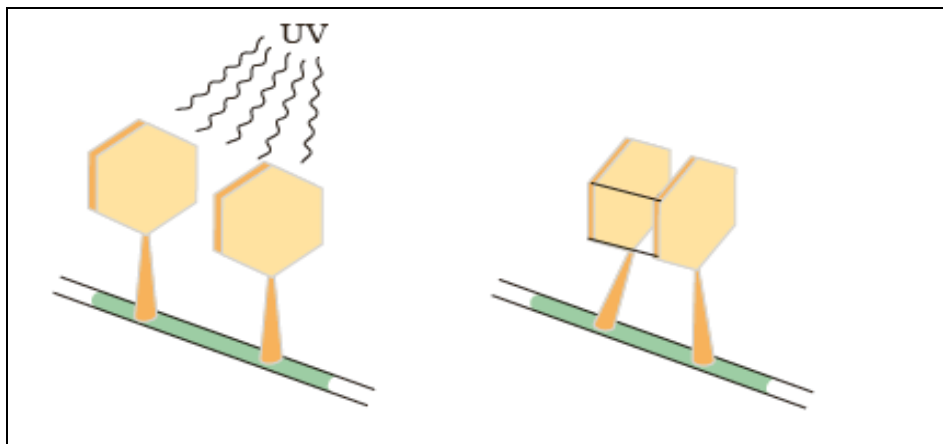
**جهشهای بی‌اثر**

**جهشهای تنظیمی**

اثر جهش بر محصول ژن به عوامل مختلفی بستگی دارد ، نوع جهش ، محل جهش در ژن و نوع آمینواسیدی که تغییر می کند از عواملی هستند که تعیین کننده اثر جهش بر محصول ژن می باشند . اگر جهش جانشینی دگر معنا در ژن یک آنزیم رخ دهد ، در صورتی که جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود ، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است (و با احتمال کمی این جهش ممکن است بی اثر باشد) ، اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال آنزیم روی دهد ، به طوری که بر آن اثری نگذارد ، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است .

گاهی جهش در یکی از توالی های تنظیمی رخ می دهد، مثلاً در راه انداز یا افزایشنده . این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه معمولاً بر مقدار آن تأثیر می گذارد. (البته ممکن است مقدار محصول تغییر نکند) جهش در راه انداز ، ممکن است آن را به راه اندازی قوی تر یا ضعیف تر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از ژن، محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند .

گاهی جهش ها هنگام سازی DNA رخ میدهند زیرا عمل دنابسپاراز هنگام سازی کاملاً دقیق نیست . بنابراین هیچ عاملی نمی تواند از بروز جهش جلوگیری کند جهش ، تحت اثر عوامل جهش زا هم می دهد . عوامل جهش زا را می توان به دو دسته ی فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد . پرتو فرابنفش یکی از عوامل جهش زای فیزیکی است . این پرتو، که در نور خورشید وجود دارد ، باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور یکدیگر ، در یک رشته دنا می شود . که به آن دوپار ( دیمر) تیمین می گویند و بین دو باز آلی تیمین مجاور دو پیوند کوالانسی ایجاد می کند . دو پار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم دنا بسپاراز، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می کند (مقابل دوپار تیمین باز آلی گوانین قرار می گیرد) . از مواد شیمیایی جهش زا می توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد . و جهشی ایجاد می کند که به سرطان منجر می شود. در شکل زیر چگونگی تشکیل دوپار تیمین نمایش داده شده است :



جهش ارثی یا اکتسابی است. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در گامت‌ها وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می‌کنند. در این صورت همه‌ی یاخته‌های حاصل از آن تخم، دارای آن جهش‌اند. جهش اکتسابی از محیط کسب می‌شود. مثلاً سیگار کشیدن می‌تواند باعث ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس شود.

سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند. در سال‌های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاد اکسنده و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. بعضی ویتامین‌ها مانند ویتامین C و E پاد اکسنده هستند. آنتوسانین‌ها که در واکوئل ذخیره می‌شود و کاروتنوئیدها که در کلروپلاست (سبزیس) و کروموپلاست (رنگ دیسه) ذخیره می‌شود از پاداکسنده‌ها (آنتی اکسیدان) هستند. در عین حال، شیوه‌ی فراوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد. تحقیقات نشان داده است در مناطقی که مصرف غذاهای نمک سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان‌ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است. گزارش‌های متعددی در دست است که نشان می‌دهد ترکیبات نیتريت‌دار مانند سدیم نیتريت، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آنها اضافه می‌شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایطی (در اثر گرما به نیتروز آمین تبدیل می‌شود) قابلیت سرطانزایی دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.



**تغییر در جمعیتها:**

آنتی بیوتیکها (پادزیست‌ها) ترکیبات آلی هستند که باعث مرگ باکتریها می‌شوند یا از رشد آنها جلوگیری می‌کنند. در بین جانداران فقط باکتریها و قارچها قادر به تولید آنتی بیوتیک هستند. بعد از کشف پادزیست‌ها (آنتی بیوتیک‌ها) در نیمه قرن گذشته، آدمی به یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا مجهز شد و توانست در نبرد با آنها پیروز شود با این وجود، مدتی است که از گوشه و کنار دنیا خبر می‌رسد باکتری‌ها نسبت به پادزیست‌ها مقاوم شده‌اند مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از مثال‌هایی است که نشان می‌دهد موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند.

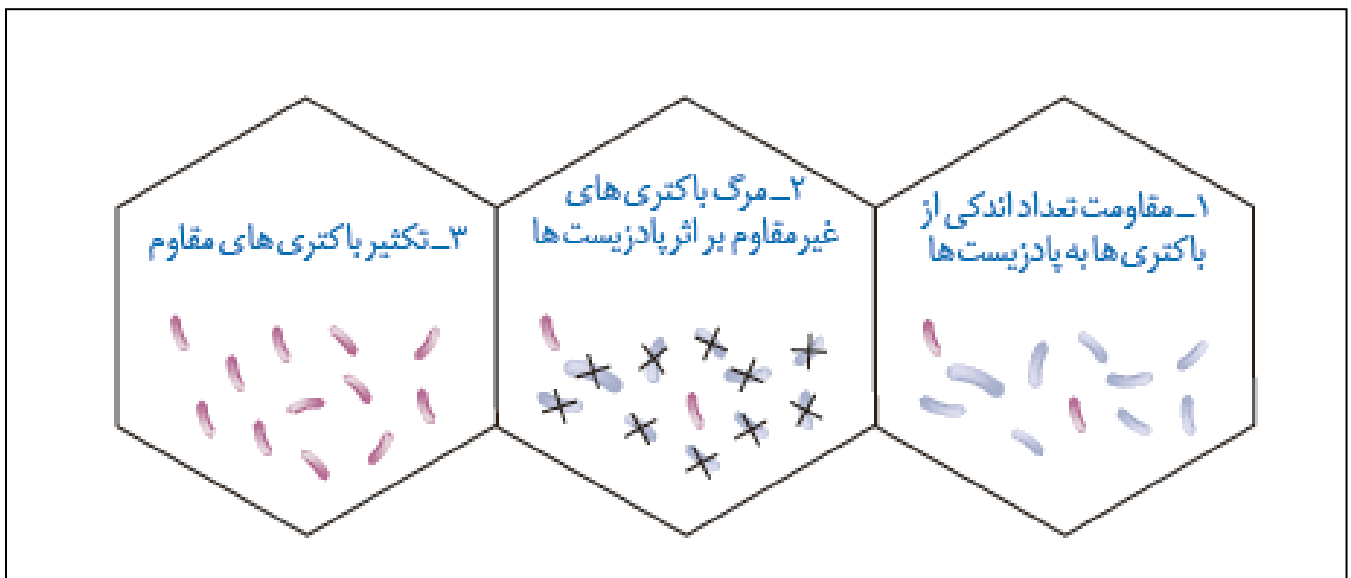
☞ به مجموعه افراد یک گونه که در یک زمان و در یک مکان باهم زندگی می‌کنند یک جمعیت می‌گوییم به تعداد افراد تشکیل دهنده جمعیت اندازه آن جمعیت می‌گوییم. در یک جمعیت علاوه بر اینکه افراد دارای شباهتهایی با یکدیگر هستند دارای تفاوت‌هایی نیز باهم می‌باشند، این تفاوتها باعث ایجاد تنوع در جمعیت می‌شود. وجود تنوع برای جمعیت مفید است. تنوع باعث پایداری جمعیت می‌شود و افزایش تنوع باعث افزایش پایداری جمعیت در مقابل شرایط متغیر محیطی می‌شود.

☞ به تکثیر افراد سازگاز و حذف یا کاهش فراوانی افراد ناسازگار در شرایط متغیر محیطی انتخاب طبیعی می‌گوییم. انتخاب طبیعی فرایندی است که طی آن چهره جمعیت در پاسخ به محیط تغییر می‌کند، انتخاب طبیعی ناشی از یکسان نبودن شانس بقاء و تولید مثل برای افراد یک جمعیت است، یعنی وجود تنوع در جمعیت هنگام تغییر محیط باعث بروز انتخاب طبیعی می‌شود. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آنهایی که شانس بیشتری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، انتخاب طبیعی می‌نامند. هنگام رویداد انتخاب طبیعی افراد تغییر نمی‌کنند، یعنی انتخاب طبیعی هیچ فرد ناسازگاری را به فرد سازگار تبدیل نمی‌کند بلکه باعث حذف افراد ناسازگار می‌شود. انتخاب طبیعی با حذف افراد ناسازگار و تکثیر افراد سازگار جمعیت‌ها را تغییر می‌دهد.

☞ بعد از بروز انتخاب طبیعی اندازه جمعیت کاهش می‌یابد و میزان تنوع در جمعیت معمولاً کم می‌شود در این حالت جمعیت با محیط سازگارتر می‌شود. انتخاب طبیعی جمعیت را در جهت سازش با محیط تغییر می‌دهد.

☞ انتخاب طبیعی باعث افزایش شانس بقاء و زادآوری افرادی می‌شود که دارای صفت یا صفات سازگار هستند. هیچ صفتی در ذات خود مفید (سازگار) یا مضر (ناسازگار) نیست، مفید یا مضر بودن یک صفت توسط محیط تعیین می‌شود. ممکن است با تغییر شرایط محیطی افرادی که قبلاً با محیط سازگار بوده‌اند اکنون ناسازگار باشند و یا

افرادی که قبل از تغییر، ناسازگار با محیط بوده‌اند بعد از تغییر محیط سازگار با محیط باشند. مثلا افرادی که مقاوم به سرما هستند بعد از گرم شدن هوا برتری خود را نسبت به افراد دیگر جمعیت از دست می‌دهند. انتخاب طبیعی می‌تواند علت مقاومت شدن جمعیت باکتریها به آنتی بیوتیکها را توضیح دهد، در این مثال باکتری های غیرمقاوم از بین می روند و باکتری های مقاوم تکثیر می‌شوند و به تدریج همه جمعیت را به خود اختصاص می دهند؛ در نتیجه جمعیت از غیرمقاوم به مقاوم تغییر می‌یابد. وقتی از تفاوت های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد. انتخاب طبیعی جمعیت را تغییر می‌دهد نه فرد را. جمعیت، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.



جهش و نوترکیبی آلهها که هنگام که هنگام تولید مثل جنسی انجام می‌شود منابع بی‌انتهای برای ایجاد تنوع به منظور عمل انتخاب طبیعی یا مصنوعی هستند. به بیان دیگر ممکن است انتخاب طبیعی باعث کاهش تنوع و حذف افراد ناسازگار از جمعیت شود ولی زاد آوری افراد سازگار به تشکیل تنوع بیشتر و حتی ایجاد بعضی زاده‌های ناسازگار با محیط منجر می‌شود. بنابراین همه زاده‌های یک فرد سازگار با محیط نمی‌توانند با محیط سازگار باشند.

تنوعی که در هر نسل، توسط جهش و نوترکیبی ایجاد می‌شود، باعث استمرار گوناگونی و به دنبال آن استمرار انتخاب طبیعی در جمعیت می‌شود.

جهش عامل اصلی ایجاد تنوع در جمعیت است.

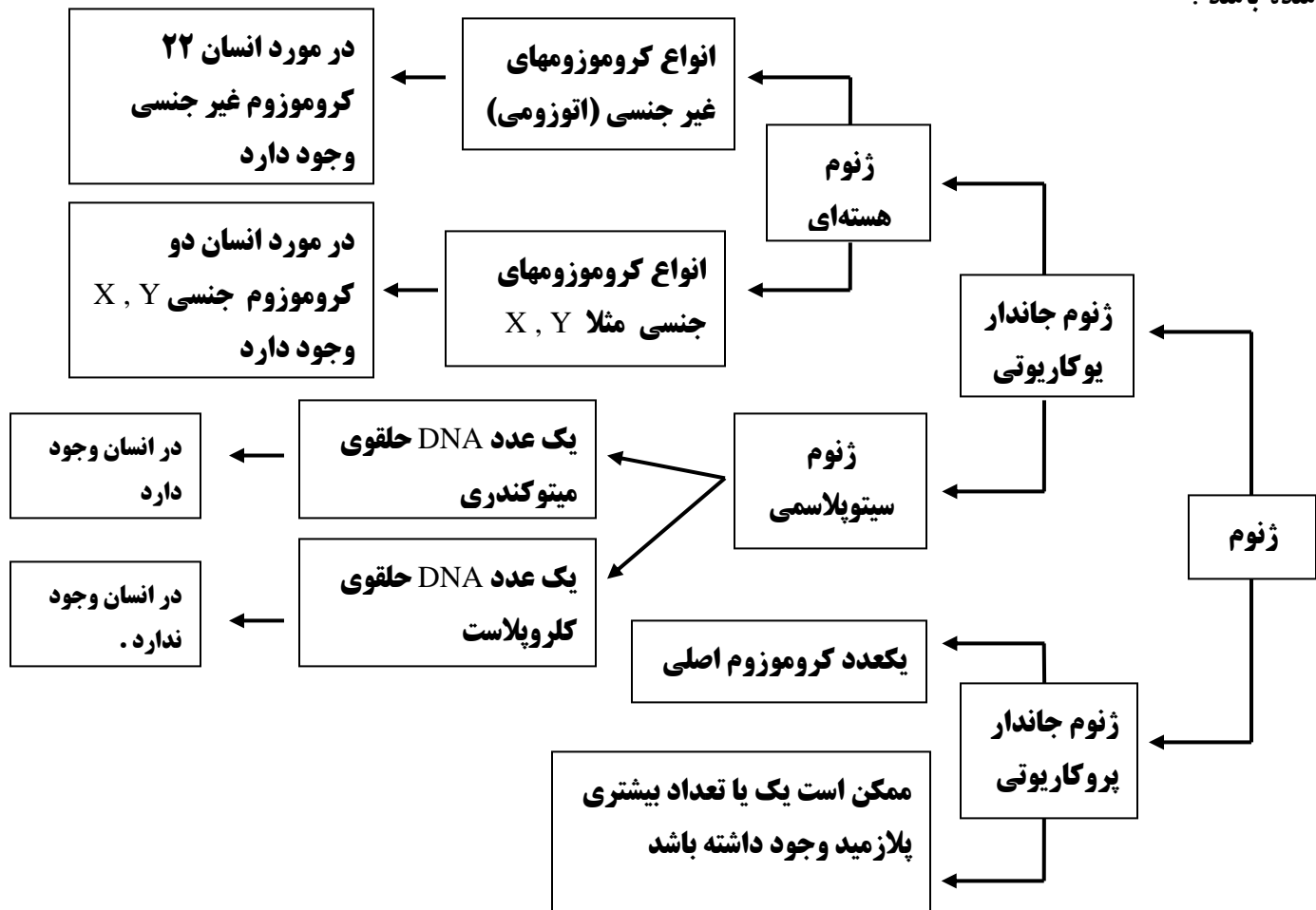
انتخاب طبیعی عامل اصلی تغییر فراوانی نسبی آلهها در جمعیت است.

انتخاب طبیعی و رانش دگره‌ای از عوامل بر هم زننده تعادل ژنی در جمعیت هستند که اندازه جمعیت را کاهش می‌دهند. انتخاب طبیعی ضمن کاهش اندازه جمعیت باعث سازگاری جمعیت نیز می‌شود ولی رانش دگره‌ای از سازگاری جمعیت می‌کاهد. رانش دگره‌ای بر خلاف انتخاب طبیعی به سازش منجر نمی‌شود.

**تعریف ژنوم:** به کل محتوای غیر تکراری DNA یک جاندار ژنوم آن جاندار می‌گوییم. در واقع ژنوم یک مجموعه‌ی کروموزومی غیر تکراری از انواع کروموزومهای افراد یک گونه است.

ژنوم جانداران پروکاریوتی صرفاً یک ژنوم سیتوپلاسمی است و شامل یک کروموزوم اصلی می‌شود، همچنین ممکن است یک یا تعداد بیشتری پلازمید نیز در ژنوم یک باکتری وجود داشته باشد.

ژنوم جانداران یوکاریوتی شامل ژنوم هسته‌ای و ژنوم سیتوپلاسمی می‌شود. ژنوم هسته‌ای شامل انواع کروموزومهای هسته‌ای می‌شود و ژنوم سیتوپلاسمی می‌تواند از یک کروموزوم میتوکندریایی و یک کروموزوم کلروپلاستی تشکیل شده باشد.



ژنوم انسان از ۲۵ کروموزوم تشکیل شده است. ژنوم سیتوپلاسمی انسان شامل یک کروموزوم میتوکندریایی و ژنوم هسته‌ای انسان شامل ۲۴ کروموزوم هسته‌ای می‌شود. ژنوم هسته‌ای انسان از ۲۲ کروموزوم غیر جنسی و دو کروموزوم جنسی (X و Y) تشکیل شده است.

☞ به جاننداری که انرژی مورد نیاز خود را از مواد آلی تولید شده توسط جانداران دیگر تامین می‌کند مصرف‌کننده یا هتروتروف می‌گوییم.

☞ ژنوم سیتوپلاسمی جانداران یوکاریوتی فتوسنتزکننده هوازی متنوع تر از ژنوم سیتوپلاسمی جانداران یوکاریوتی هتروتروف است.

☞ اگر یک جاندار یوکاریوتی هتروتروف و بی‌هوازی باشد، فاقد میتوکندری و کلروپلاست خواهد بود، چنین جاننداری فاقد ژنوم سیتوپلاسمی و زنجیره انتقال الکترون است، بی‌هوازی بوده و از ترکیبات آلی جانداران دیگر انرژی کسب می‌کند.

**تعریف خزانه ژنی:** مجموع همه‌ی دگره‌های موجود در همه‌ی جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

**تعادل (ژنی) در جمعیت:** اگر در جمعیتی فراوانی نسبی آلل‌ها (دگره‌ها) یا ژنوتیپها (ژن‌نمودها) از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن‌گاه می‌گویند، جمعیت در حال تعادل ژنی (تعادل هاردی-واینبرگ) است. تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست.

عوامل زیر باعث خارج شدن جمعیت از تعادل (ژنی) می‌شوند به این عوامل نیروهای تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت می‌گویند. همه این عوامل فراوانی نسبی ژنوتیپها را در جمعیت تغییر می‌دهند. بجز آمیزشهای غیر تصادفی سایر نیروهای تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت، باعث تغییر فراوانی نسبی آللها در جمعیت نیز می‌شوند. نیروهای تغییر دهنده ساختار ژنی عبارتند از:

۳- شارش ژنی

۲- رانش دگره‌ای

۱- جهش

۵- انتخاب طبیعی

۴- آمیزشهای غیر تصادفی

### عوامل موثر در برقرار ماندن تعادل ژنی در جمعیت:

برای برقرار ماندن تعادل ژنی در جمعیت، پنج شرط زیر باید به طور همزمان وجود داشته باشد:

۱- جهشی رخ ندهد یا اینکه جهش‌ها در تعادل باشند.

۲- مهاجرت به درون جمعیت صورت نگیرد یعنی اینکه شارش ژنی رخ ندهد.

۳- آمیزشها تصادفی باشند، یعنی جفت‌گیریها به ژنوتیپ و فنوتیپ افراد وابسته نباشد.

۴- جمعیت به قدری بزرگ باشد که اثر شانس سبب نوسانات تصادفی در فراوانی آلل‌ها نشود به عبارت دیگر بزرگی جمعیت اثر رانش ژنی را خنثی کند یا اصولاً رانش ژنی رخ ندهد.

۵- انتخاب طبیعی رخ ندهد یعنی شانس بقا و تولید مثل برای همه افراد جمعیت یکسان باشد.

چون در جمعیت‌های طبیعی هیچ‌گاه پنج شرط بالا همزمان فراهم نیست بنابراین خزانه ژنی و به عبارت دیگر فراوانی آللهای جمعیت از نسلی به نسل دیگر تغییر می‌کند. انباشته شدن این تغییرات کوچک (واگرایی) در زمان طولانی باعث تفاوت‌های بزرگ می‌شود. نیروهای برهم زننده تعادل ژنی را نیروهای تکاملی یا نیروهای تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت نیز می‌نامند.

**\* جهش: معمولاً تأثیر زیادی در تغییر فراوانی نسبی آللهای ندارد ولی فراوانی نسبی آللهای را تغییر می‌دهد.**  
**\* شارش ژنی و رانش دگره‌ای هر چند فراوانی نسبی آللهای را در جمعیت‌های کوچک به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌دهند، ولی بر خزانه ژنی جمعیت‌های بزرگ، چندان موثر نیستند.**  
**\* انتخاب طبیعی: عامل اصلی تغییر فراوانی آللهای در جمعیت است و همواره به مقدار زیادی فراوانی نسبی آللهای را در جمعیت تغییر می‌دهد**

خزانه ژنی و ساختار ژنی جمعیت را توأم با هم تغییر می‌دهند

نیروهای تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت

ساختار ژنی جمعیت را تغییر می‌دهند ولی اثری بر فراوانی نسبی آللهای ندارند و خزانه ژنی جمعیت را تغییر نمی‌دهند.

آمیزش‌های همسان پسندانه  
آمیزش‌های ناهمسان پسندانه

آمیزش‌های غیر تصادفی

- ☞ منظور از ساختار ژنی جمعیت، فراوانی نسبی ژنوتیپها در جمعیت است. وقتی از جهش، رانش دگره‌ای
- ☞ منظور از تغییر خزانه ژنی جمعیت، تغییر در فراوانی نسبی آللهای یا تغییر در نوع (تنوع) آللهای است.
- ☞ در صورت کوچکی اندازه جمعیت، رانش دگره‌ای، جهش و شارش ژنی می‌توانند به مقدار زیادی فراوانی نسبی آللهای را تغییر دهند. این عوامل در جمعیت‌های بزرگ فراوانی نسبی آللهای را به میزان ناچیزی تغییر می‌دهند.

آمیزش‌های غیر تصادفی هیچگاه فراوانی نسبی آله‌ها را در جمعیت تغییر نمی‌دهند. اثر جهش، رانش دگره‌ای و شارش ژنی در تغییر فراوانی نسبی آله‌ها در جمعیت به اندازه و بزرگی جمعیت بستگی دارد هر چه اندازه یک جمعیت بزرگتر باشد این عوامل به میزان کمتری فراوانی نسبی آله‌ها را تغییر می‌دهند. انتخاب طبیعی مهمترین عامل تغییر دهنده فراوانی نسبی آله‌ها در جمعیت است. هنگام رویداد انتخاب طبیعی فراوانی نسبی آله‌ها به مقدار زیادی در جمعیت تغییر می‌کند و این تغییر معمولاً با کاهش میزان تنوع همراه است.

در نوعی از انتخاب طبیعی متوازن‌کننده (برتری یا اهمیت افراد ناخالص)، انتخاب طبیعی ضمن تغییر فراوانی نسبی آله‌ها باعث حفظ تنوع در جمعیت می‌شود. یعنی تنوع را در جمعیت کاهش نمی‌دهد. توجه داشته باشیم که انتخاب طبیعی باعث افزایش تنوع در جمعیت نمی‌شود.

**۱- جهش:** جهش می‌تواند، با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژنی جمعیت را غنی‌تر کند و گوناگونی را افزایش دهد. بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر رخ نمود (فنوتیپ) ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط محیط ممکن است دگره‌ی جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

جهش عامل اصلی ایجاد تنوع در جمعیت است ولی آن را عامل اصلی تغییر فراوانی آله‌ها در جمعیت در نظر نمی‌گیرند زیرا آهنگ جهش برای اغلب ژنها بسیار کند است. عامل اصلی تغییر فراوانی آله‌ها در جمعیت انتخاب طبیعی است.

اگر تعداد جهش‌هایی که معکوس یکدیگر رخ می‌دهند در جمعیت باهم برابر باشد (تعادل در جهش‌ها)، در این صورت جهش نمی‌تواند جمعیت را از تعادل ژنی خارج کند. پس نمی‌توان گفت که پس از تأثیر یک نیروی تغییر دهنده تعادل بر جمعیت، قطعاً جمعیت از تعادل ژنی خارج می‌شود و روند تغییر را در پیش می‌گیرد.

**نکته:** جهش عامل اصلی ایجاد تنوع در جمعیت است، مهم‌ترین نقش جهش ایجاد تنوع در جمعیت است

**نکته:** در جمعیت‌های طبیعی همواره جهش‌های ژنی رخ می‌دهند و جهش‌یافته‌های جدید ممکن است سریعتر تولید مثل کنند.

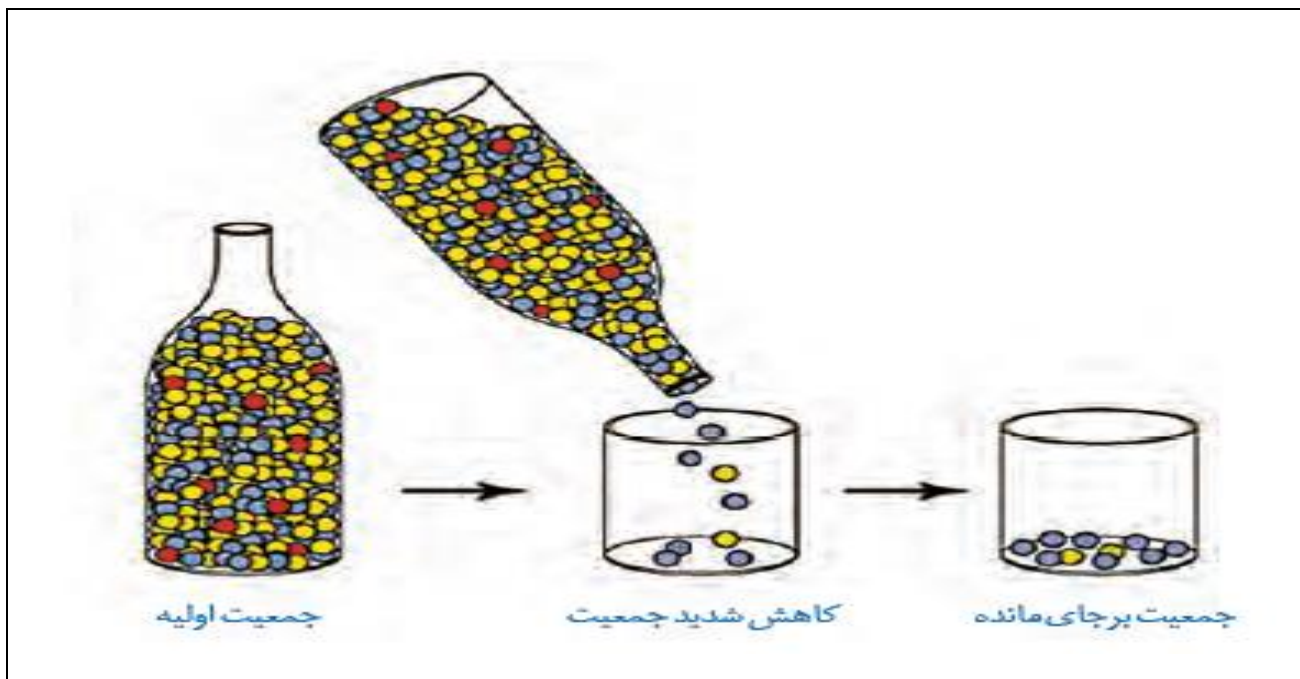
**نکته:** جهش‌ها باعث غنی‌تر شدن خزانه ژنی جمعیت‌ها می‌شوند و با به وجود آوردن آله‌های جدید ضمن افزایش تنوع ممکن است باعث پدید آمدن صفات جدید شوند.



۲- **رانش دگره‌ای یا رانش ژنی**: به حذف یک یا تعداد بیشتری از افراد جمعیت رانش دگره‌ای یا رانش ژنی می‌گویند. به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. رانش دگره‌ای گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد. رانش دگره‌ای معمولاً به کاهش تنوع در جمعیت منجر می‌شود.

گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آنهایی که می‌مانند ممکن است بیش از آنهایی باشند که زنده می‌مانند. بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین دگره‌های برجای مانده تشکیل خواهند شد. در این صورت نیز فراوانی دگره‌ها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آنها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد. هرچه اندازهٔ یک جمعیت کوچکتر باشد، رانش دگره‌ای اثر بیشتری دارد. به همین علت، برای آنکه جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازهٔ بزرگی داشته باشد. منظور از اندازهٔ جمعیت، تعداد افراد آن است. جمعیت‌های بزرگ در مقایسه با جمعیت‌های کوچک به تعادل ژنی نزدیکتر هستند.

**توجه:** همواره (همیشه) رانش ژنی با مرگ افراد انجام نمی‌شود و ممکن است با مهاجرت افراد به خارج از جمعیت روی دهد. یعنی بخش کوچکی از جمعیت به محیط جدیدی مهاجرت کند و جمعیت جدیدی را بنیانگذاری کند به این حالت از رانش ژنی، اثر بنیانگذار می‌گویند.





بعد از رویداد رانش دگره‌ای ، اندازه جمعیت کاهش می‌یابد و فراوانی نسبی ژنوتیپها و آللها در جمعیت تغییر می‌کند حتی ممکن است آلی از جمعیت حذف شود ، میزان تنوع در جمعیت کم می‌شود . میزان سازگاری جمعیت با محیط کاهش می‌یابد ، پایداری جمعیت کم می‌شود ، پس از وقوع رانش دگره‌ای ، شباهت افراد جمعیت به یکدیگر بیشتر می‌شود ولی شباهت جمعیت به جمعیت‌های دیگر کاهش می‌یابد و ممکن است گونه‌زایی دگر میهنی انجام شود .

در جمعیت کوچکی که شارش ژنی رخ نمی‌دهد ، تکرار رانش ژنی باعث گونه‌زایی دگر میهنی می‌شود .

**۳- شارش ژنی :** وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند و سبب تغییر در فراوانی نسبی دگره‌های هر دو جمعیت می‌شود. به این پدیده، شارش ژن می‌گویند. اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود . شارش ژنی می‌تواند یک طرفه یا دو طرفه باشد .

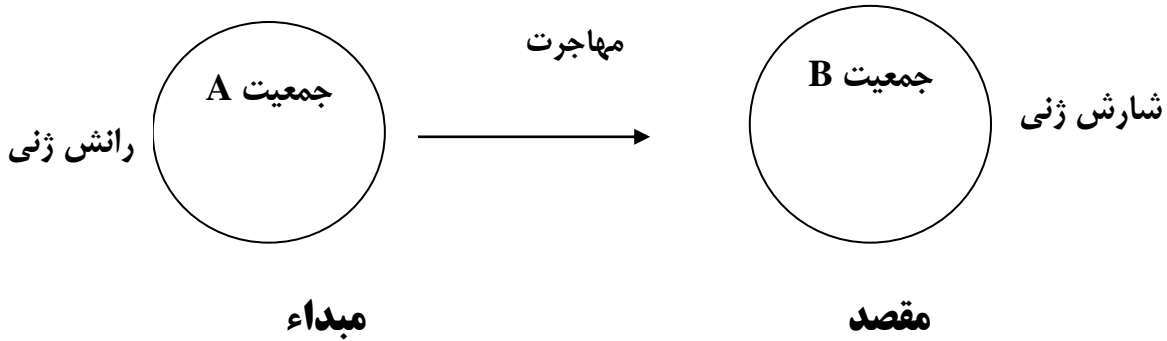
در واقع شارش ژنی مهاجرت افراد یک جمعیت به جمعیت هم گونه و زاد و ولد با آنها است . بعد از رویداد شارش ژنی ، اندازه جمعیت افزایش می‌یابد و فراوانی نسبی ژنوتیپها و آللها در جمعیت تغییر می‌کند حتی ممکن است آلی جدیدی به خزانه ژنی جمعیت اضافه شود ، میزان تنوع در جمعیت زیاد می‌شود . میزان سازگاری جمعیت با محیط افزایش می‌یابد ، پایداری جمعیت زیاد می‌شود ، پس از وقوع شارش ژنی ، شباهت افراد جمعیت به یکدیگر کمتر می‌شود ولی شباهت جمعیت به جمعیت‌های دیگر افزایش می‌یابد و گونه‌زایی دگر میهنی متوقف شده و از بروز آن جلوگیری می‌شود .

**اصل مجاورت داروین :** جاندارانی که در مناطق جغرافیایی مشابه ولی دور از هم زندگی می‌کنند تفاوت بیشتری نسبت به جاندارانی دارند که در مناطق جغرافیایی متفاوت ولی نزدیک به هم زندگی می‌کنند زیرا شارش ژنی باعث شباهت جمعیت‌های نزدیک به یکدیگر می‌گردد .

شارش و رانش ژنی فراوانی آللها را در جمعیت تغییر می‌دهند میزان تغییر فراوانی آللها (دگره‌ها) بر اثر رانش یا شارش ژنی در جمعیت ، به بزرگی جمعیت بستگی دارد هر چه جمعیت کوچکتر باشد رانش دگره‌ای و یا شارش ژنی به میزان بیشتری فراوانی آللها را در خزانه ژنی جمعیت تغییر می‌دهند . در جمعیت‌های بسیار بزرگ شارش و رانش ژنی تغییر چندانی در فراوانی دگره‌ها ایجاد نمی‌کنند .

**شارش ژنی یکطرفه:** زمانی روی میدهد که یک جمعیت مبدا (فرستنده) و جمعیت دیگر مقصد مهاجرت (پذیرنده) افراد یک گونه باشد در این حالت جمعیت مبدا دچار رانش ژنی شده و تنوع در آن کاهش می‌یابد و جمعیت مقصد دچار شارش ژنی گردیده و تنوع در آن افزایش می‌یابد.

شارش ژنی یک طرفه باعث کاهش تنوع در جمعیت مبدا می‌شود و افزایش تنوع در جمعیت مقصد می‌گردد.



#### در مبدا:

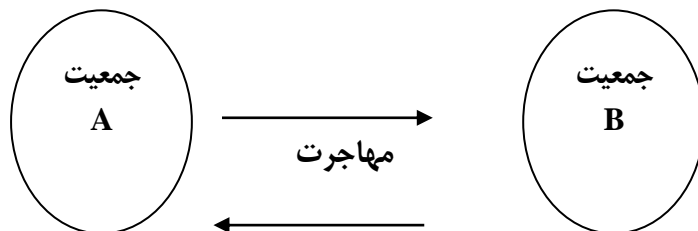
- \* اندازه جمعیت کاهش می‌یابد.
- \* معمولاً تنوع در جمعیت کاهش می‌یابد.
- \* درجه سازگاری جمعیت کاهش می‌یابد.
- \* درجه پایداری جمعیت کاهش می‌یابد.
- \* شباهت و همانندی افراد جمعیت به یکدیگر افزایش می‌یابد.
- \* میزان شباهت جمعیت به جمعیت‌های دیگر کاهش می‌یابد.
- \* احتمال تشکیل گونه جدید افزایش می‌یابد.
- \* آمیزش‌های همسان پسندانه رایج می‌شود.

#### در مقصد:

- \* اندازه جمعیت افزایش می‌یابد.
- \* تنوع در جمعیت افزایش می‌یابد.
- \* درجه سازگاری جمعیت افزایش می‌یابد.
- \* درجه پایداری جمعیت افزایش می‌یابد.
- \* شباهت و همانندی افراد جمعیت به یکدیگر کاهش می‌یابد.
- \* میزان شباهت جمعیت به جمعیت‌های دیگر افزایش می‌یابد.
- \* احتمال تشکیل گونه جدید کاهش می‌یابد.
- \* آمیزش‌های ناهمسان پسندانه رایج می‌شود.

**نکته:** شارش ژنی دو طرفه از گونه‌زایی دگرمیخی جلوگیری می‌کند.

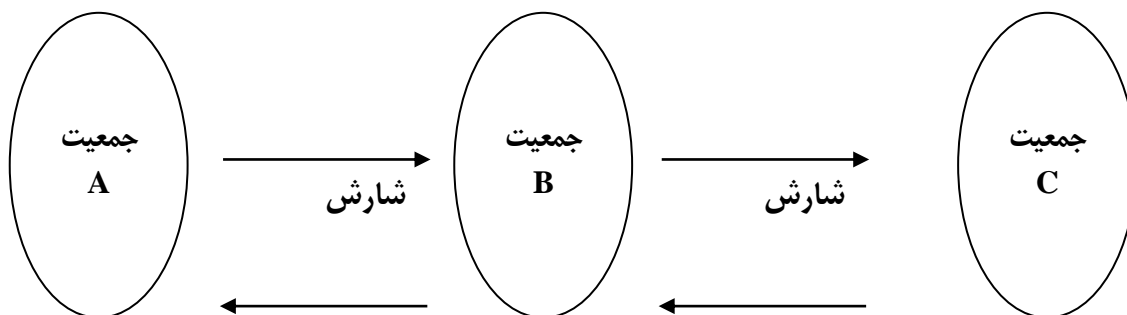
**شارش ژنی دو طرفه:** زمانی روی می‌دهد که دو جمعیت مبدا و مقصد یکدیگر در مهاجرت افراد یک گونه باشد در شارش ژنی دوطرفه با گذشت زمان خزانه ژنی دو جمعیت شبیه به هم می‌شود، به این ترتیب می‌توان گفت که شارش ژنی در جهت افزایش تنوع درون جمعیت و کاهش تفاوت بین جمعیتها عمل می‌کند. اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود. و از گونه‌زایی دگر میهنی جلوگیری می‌کند.



**شارش ژنی مستقیم:** زمانی که دو جمعیت بدون واسطه جمعیت دیگر با هم شارش ژنی داشته باشند می‌گوییم شارش ژنی از نوع مستقیم است مانند جمعیت‌های A و B در مثال بالا.

**شارش ژنی غیر مستقیم:** اگر دو جمعیت به واسطه یک یا چند جمعیت دیگر با هم شارش داشته باشند شارش ژنی غیر مستقیم است در این نوع شارش به جمعیت‌های واسطه راهرو یا دالان ژنی می‌گویند در شارش غیر مستقیم همه جمعیت‌های در حال شارش به یکدیگر شبیه می‌شوند شارش ژنی غیر مستقیم از جدایی تولید مثلی جمعیت‌های دور از هم که قادر به شارش ژنی مستقیم با یکدیگر نیستند جلوگیری می‌کند مثلاً در دیاگرام زیر جمعیت‌های A و C شارش ژنی غیر مستقیم دارند.

جمعیت‌های A و C شارش ژنی غیر مستقیم با یکدیگر دارند و جمعیت B راهرو ژنی بین آنها محسوب می‌شود.



۴- **آمیزشهای غیر تصادفی**: برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزشها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزشها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست. و صرفاً فراوانی نسبی ژنوتیپها را در جمعیت تغییر می‌دهد بر فراوانی نسبی آللهای بی اثر است. برای مثال، جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری انتخاب می‌کنند به طور معمول صفات ثانویه جنسی در نرها (صفات چشمگیر) مورد انتخاب ماده-ها قرار می‌گیرد و در جفت یابی و جفتگیری نقش دارند.

۵- **انتخاب طبیعی**: انتخاب طبیعی فراوانی دگرها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد. انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. به این ترتیب، خزانه ژن نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود. انتخاب طبیعی عامل اصلی تغییر فراوانی آللهای (دگرها) در جمعیت است.

انتخاب طبیعی معمولاً کاهش دهنده میزان تنوع در جمعیت است ولی باعث افزایش میزان سازگاری جمعیت با محیط می‌شود.

در هنگام بروز انتخاب طبیعی افراد تغییر نمی‌کنند بلکه با حذف یا کاهش فراوانی افراد ناسازگار و تکثیر افراد سازگار (چهره) جمعیت تغییر می‌کند.

عاملی که باعث بروز انتخاب طبیعی بین افراد یک جمعیت در (یک محیط مشخص) می‌شود تفاوت‌های فردی آنهاست که بر اثر جهش و نوترکیبی پدید آمده است. همواره باید توجه داشته که انتخاب طبیعی فنوتیپ افراد را برمی‌گزیند و تکیه بر فنوتیپ افراد جمعیت دارد و بر روی ژنوتیپ عملاً انتخابی از طرف طبیعت رخ نمی‌دهد، انتخاب ژنوتیپها از طریق انتخاب فنوتیپی است که بروز می‌دهند. عمل انتخاب طبیعی بر روی افرادی که ژنوتیپ-های متفاوت ولی فنوتیپ‌های یکسان دارند کاملاً مشابه است.

### تداوم گوناگونی در جمعیتها

دانستیم که نتیجهٔ انتخاب طبیعی، سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، دیدیم که گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد. از این رو به سازوکارهایی نیاز است که با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی تداوم داشته باشد. در ادامه، این سازوکارها را بررسی می‌کنیم.

### عوامل افزایش‌دهندهٔ تنوع در جمعیتها عبارتند از:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| (الف) جهش (مهمترین عامل افزایش تنوع)    | (ب) نوترکیبی و کراسینگ اور     |
| (ج) اهمیت (برتری) افراد ناخالص          | (د) گوناگونی دگره‌ای در گامتها |
| (ه) خطای میوزی و با هم ماندن کروموزومها | (و) شارش ژنی                   |
| (ز) قدرت تحرک بالای جاندار              | (ح) تولید مثل جنسی             |
| (ط) دگر لقاحی                           | (ی) زیاد بودن تعداد تترادها    |
| (ک) بزرگی جمعیت                         | (ل) بزرگی عدد کروموزومی جاندار |
| (م) آمیزشهای ناهمسان پسندانه            | (ن) لقاح تصادفی                |

**گوناگونی دگره‌ای در گامتها:** در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر گامت کدامیک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهار تایی‌ها (تترادها) در میوز ۱ بستگی دارد. در متافاز میوز ۱، فام‌تن‌ها با آرایشهای مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد.

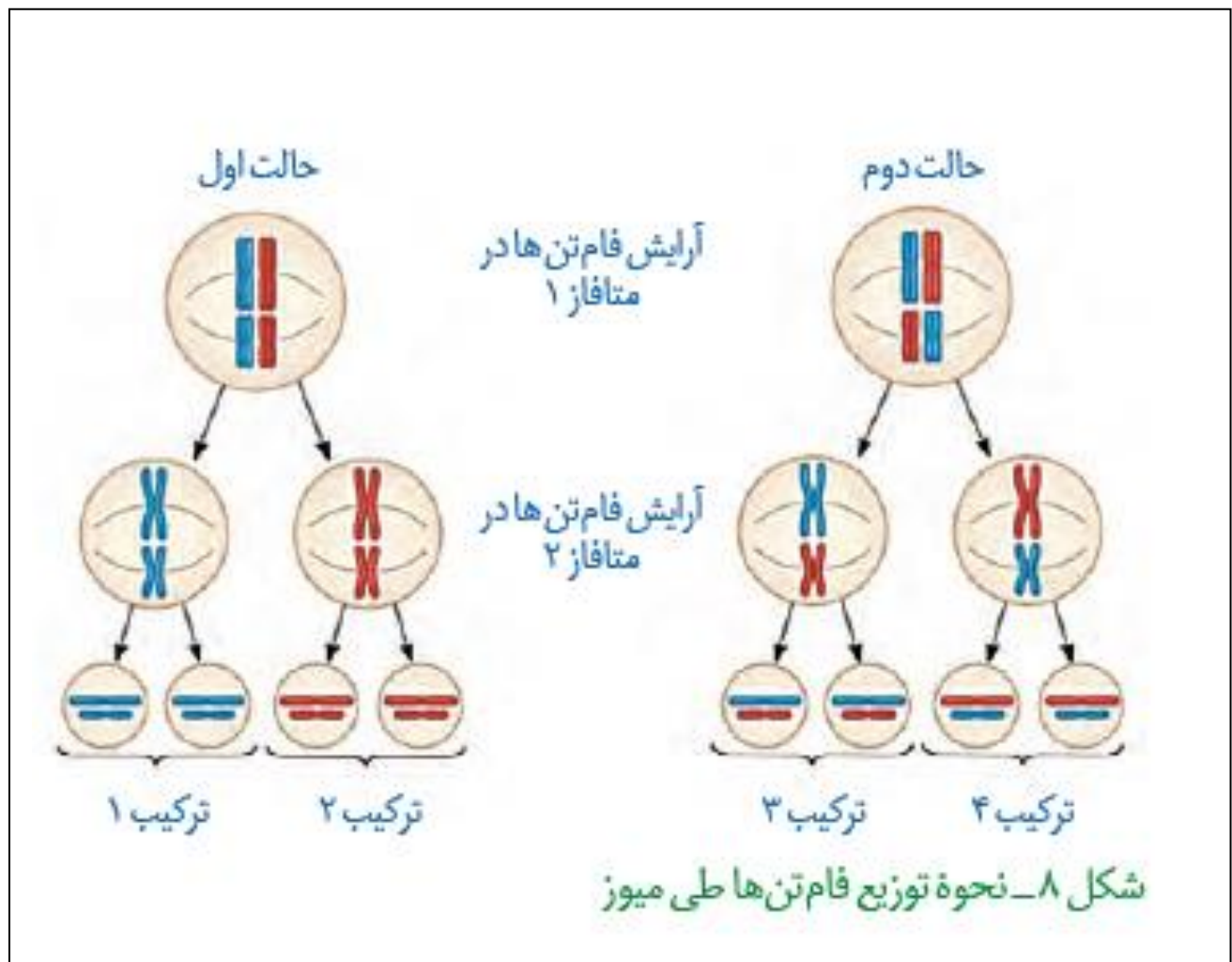
☞ اگر تعداد تترادهایی که هنگام میوز یک یاخته، حامل صفات ناخالص هستند برابر با  $n$  باشد انواع ردیفهای متافازی که احتمال دارد در متافاز میوز ۱ تشکیل شود برابر با  $2^{n-1}$  خواهد بود. مثلاً یاخته زاینده مگس سرکه ( $2n=8$ ) چهار تتراد تشکیل می‌دهد اگر هر چهار تتراد این یاخته زاینده، حامل حداقل یک صفت ناخالص باشند انواع ردیفهای متافازی احتمالی برای این یاخته زاینده برابر با ( $8 = 2^{4-1}$ ) هشت نوع خواهد بود. البته باید توجه داشت که از بین این هشت نوع ردیف متافازی، فقط یکی از آنها در یاخته تشکیل می‌شود.

☞ اگر تعداد تترادهایی که هنگام میوز یک یاخته، حامل صفات ناخالص هستند برابر با  $n$  باشد انواع گامتهایی احتمال دارد از میوز این یاخته حاصل شود، برابر با  $2^n$  خواهد بود. مثلاً یاخته زاینده مگس سرکه ( $2n=8$ ) چهار تتراد تشکیل می‌دهد اگر هر چهار تتراد این یاخته زاینده، حامل حداقل یک صفت ناخالص باشند انواع گامتهایی که

از میوز این یاخته ممکن است تشکیل شود برابر با ( $16 = 2^4$ ) شانزده نوع خواهد بود. البته باید توجه داشت که از بین این شانزده نوع گامت، به طور معمول فقط دو نوع گامت طی یک تقسیم میوز حاصل می‌شود، و اگر در یاخته‌ای که حداقل دو صفت ناخالص دارد در پروفاز میوز ۱ کراسینگ اور روی دهد، انواع گامتها طی یک تقسیم میوز به چهار نوع می‌رسد.

☞ اگر سلولی در همه صفات خالص باشد طی میوز فقط یک نوع گامت تولید می‌کند.

☞ اگر یک سلول ماده تقسیم میوز انجام دهد در هر حال یک نوع گامت تولید می‌کند حتی اگر ناخالص باشد.



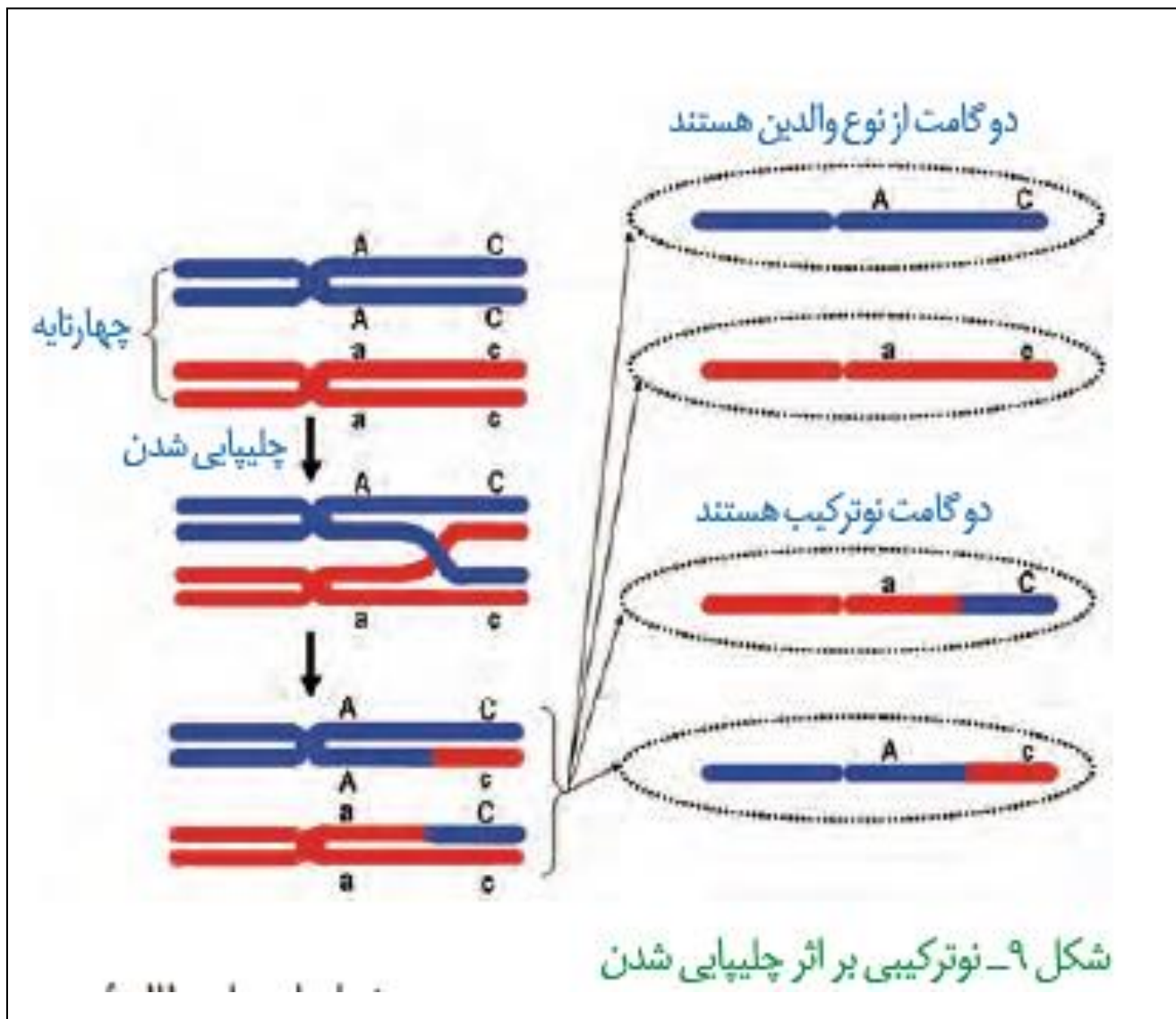
**نوتورکیبی:** در میوز 1، هنگام جفت شدن فامتن‌های همتا و ایجاد چهارتایه (تتراد)، ممکن است قطعه‌ای از فامتن بین فامینک‌های غیرخواه‌ری مبادله شود. این پدیده را چلیپایی شدن (کراسینگ اور) می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده

حاوی دگره‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌ها در این دو فامینک به وجود می‌آید و به آنها فامینک‌های نو ترکیب می‌گویند. از میان گامت‌ها، آنهایی که فامینک‌های نو ترکیب را دریافت می‌کنند، گامت نو ترکیب نامیده می‌شوند.

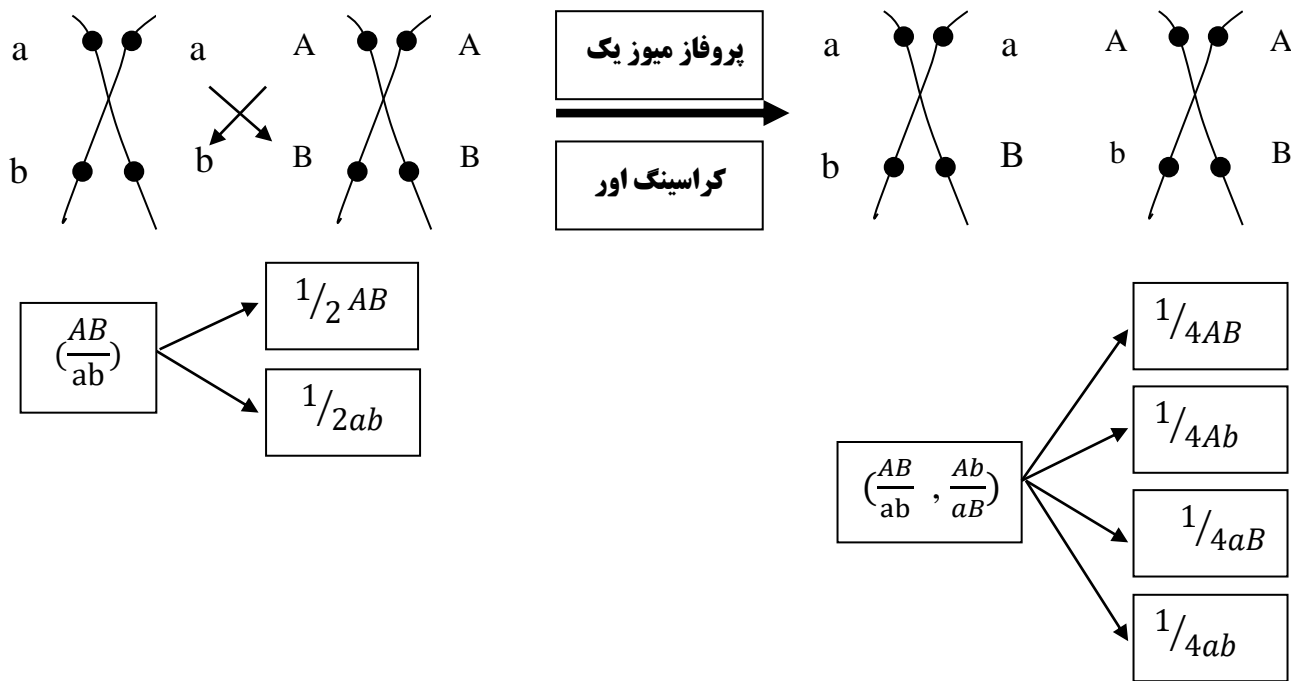
☞ کراسینگ اور جهش محسوب نمی‌شود.

☞ کراسینگ اور همواره باعث افزایش تنوع نمی‌شود، مثلاً اگر سلولی خالص باشد و یا اینکه فقط یک صفت ناخالص داشته باشد کراسینگ اور نمی‌تواند باعث افزایش تنوع گامت‌ها شود و بر تنوع حاصل از میوز بی اثر است.

☞ کراسینگ اور فقط در میوز یاخته‌هایی باعث افزایش تنوع می‌شود که حداقل دارای دو صفت ناخالص باشند.



**تعریف کراسینگ اور:** تبادل قطعات مشابه بین کروماتیدهای غیر خواهری از دو کروموزوم همتا در پروفاز میوز I (در هنگام تشکیل تتراد در درون هسته) کراسینگ اور نامیده می‌شود، کراسینگ اور در شیره هسته روی می‌دهد. کراسینگ اور باعث تشدید نوترکیبی در هنگام تولید مثل جنسی می‌شود این فرایند نوع پیوستگی بین ژن‌ها را تغییر می‌دهد و در صورتیکه ژنهای پیوسته بر روی کروموزومها همولوگ (همتا)، ناخالص باشند با وقوع کراسینگ اور ترکیبات ژنی جدید درون گامت‌ها و ژنوتیپها ایجاد می‌شود.



**نکته:** برای اینکه کراسینگ اور بتواند نوترکیبی را تشدید کند و گامت‌ها و هاگهای جدید بوجود بیاورد باید سلول در حال میوز (سلول زاینده یا سلول مادر هاگ) حداقل دو صفت ناخالص داشته باشد. کراسینگ اور نمی‌تواند در سلولهای هموزیگوت یا سلولهایی که در یک صفت ناخالص هستند ترکیبات ژنتیکی جدید ایجاد کند.

**نکته:** به ازاء هر بار کراسینگ اور در یک فرد ناخالص دو نوع گامت جدید تشکیل می‌شود.

**نکته:** کراسینگ اور (نوترکیبی) در کوتاه مدت (و جهش در دراز مدت) تنوع لازم برای انتخاب طبیعی یا انتخاب مصنوعی را فراهم می‌کنند

**نکته:** نوترکیبی و جهش ماده خام تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کنند.

**نکته:** به ازاء هر بار کراسینگ اور چهار پیوند فسفودی‌استر تشکیل و شکسته می‌شود



**نوترکیبی:**

نوترکیبی مکانیسمی ناشی از تقسیم میوزی است که طی تولید مثل جنسی یوکاریوتها هنگام میوز و لقاح تصادفی روی می دهد و بدون بروز جهش باعث تشکیل ترکیبات ژنتیکی جدید (ژنوتیپ) نسبت به نسل های گذشته در بین زاده ها می شود منظور از نوترکیبی ژنها، تشکیل ترکیبی از آللهای ژنهای مختلف است که پیشتر و در نسلهای قبل سابقه نداشته است.

نوترکیبی فقط در جاندارانی رخ می دهد که تولید مثل جنسی دارند به همین علت پروکاریوتها نوترکیبی ندارند. نوترکیبی از چهار فرایند زیر تشکیل شده است:

- ۱- کراسیتنگ اور در پروفاز میوز I که همزمان با تشکیل تترادها در غشاء هسته روی می دهد.
- ۲- نوع ردیف متافازی که در متافاز میوز I تشکیل می شود. در واقع اساس نوترکیبی در متافاز میوز I گذاشته می شود.
- ۳- جدا شدن کروموزومهای والدی (تقسیم تترادها) در آنافاز میوز I و تشکیل ترکیبات ژنی در قطبین سلولی که در حال انجام میوز است.

۴- لقاح تصادفی، به این معنی که مشخص نباشد کدام گامت نر با کدام گامت ماده در جمعیت لقاح می کند چهار مکانسیم بالا میزان نوترکیبی را در هنگام تولید مثل جنسی تعیین می کند. باید توجه داشت که هنگام تولید مثل غیر جنسی نوترکیبی روی نمی دهد.

**نکته:** نوترکیبی تنها در سلولهایی رخ می دهد که تقسیم میوز انجام دهند بنابراین جاندارانی که فاقد تقسیم میوز هستند نوترکیبی ندارند مثلاً باکتریها، آمیبها، تاژکداران چرخان، اوگلناها و دئوترومیستها نوترکیبی ندارند.

**اهمیت (برتری) ناخالص ها در تداوم گوناگونی:** اهمیت (برتری) ناخالصها را می توان به وسیله بیماری کم خونی ناشی از گویچه های قرمز داسی شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گویچه های قرمز داسی شکل ژن نمود  $Hb^S Hb^S$  دارند و در سنین پایین معمولاً می میرند. برخی از گلوبولهای قرمز افراد مبتلا به کم خونی داسی شکل داسی می شوند و با مسدود کردن مویرگها، باعث سکتته مغزی فرد مبتلا می شوند. برخی از گلوبولهای قرمز افراد  $Hb^S Hb^S$  در هر وضعیت داسی شکل هستند.. ژن نمود ناخالصها  $Hb^A Hb^S$  است و وضع بهتری دارند. گویچه های قرمز آنها فقط هنگامی داسی شکل می شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

ژن شناسان با مطالعه توزیع این بیماری در جهان دریافته اند که فراوانی دگره  $Hb^S$  در مناطقی که مالاریا شایع است، بسیار بیشتر از سایر مناطق است. بیماری مالاریا به وسیله نوعی انگل تک یاخته ای آغازی به نام پلاسمودیوم

فالسپاروم ایجاد می شود که بخشی از چرخه زندگی خود را در گویچه های قرمز می گذراند . افرادی که دارای آل  $Hb^S$  هستند نسبت به بیماری مالاریا مقاوم می باشند . افرادی که گویچه سالم دارند، یعنی  $Hb^A Hb^A$  هستند، در معرض خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند . این انگل نمی تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود، چون وقتی این گویچه ها را آلوده می کند، آنها داسی شکل اند و انگل می میرد . پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم اند . بنابراین، وجود دگره  $Hb^S$  در مناطق مالاریا خیز باعث بقای جمعیت می شود ؛ حال آنکه این دگره در سایر مناطق، دگره مناسبی نیست . این مثال، مثال خوبی است که نشان می دهد شرایط محیط، تعیین کننده صفتی (آلی) است که حفظ می شود .

**نکته:** فراوانی آل کم خونی داسی شکل ( $Hb^S$ ) در هر منطقه میزان شیوع مالاریا ، یعنی اینکه چقدر احتمال دارد هر فرد در طول زندگی خود با مالاریا رو به رو شود را تعیین می کند .

**نکته:** در هنگام برتری افراد ناخالص هیچیک از آل های  $Hb^A$  و  $Hb^S$  از جمعیت حذف نمی شود ، زیرا افراد ناخالص از جمعیت حذف نمی شوند . ولی فراوانی این آلها و فراوانی فنوتیپ مغلوب و فنوتیپ غالب مرتبا تغییر می کند .

### عوامل زیر از میزان تنوع در جمعیت گونه می کاهند :

(ب) انتخاب طبیعی

(الف) رانش ژنی

(د) کم بودن تعداد کروموزومها

(ج) تولید مثل غیر جنسی

(و) خود لقاحی

(ه) بکرزایی

(ک) شارش ژنی در میدا

(ز) قدرت کم تحرک جاندار

(ل) کوچکی جمعیت

عوامل کاهنده تنوع با کاهش تنوع در جمعیت ها باعث می شوند که جمعیتها بایکدیگر تفاوت بیشتری پیدا کنند ولی افراد درون یک جمعیت شباهت زیاد باهم داشته باشند در این حالت بر فراوانی افراد خالص افزوده می شود و از درجه سازگاری جمعیت کاسته می گردد و شانس بقاء و زاد آوری جمعیت کاهش می یابد.

## تغییر در گونه‌ها

گونه‌های بسیاری روی کره زمین زندگی می‌کنند. شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند و بسیاری گونه‌ها منشاء گونه‌های جدیدی شده‌اند. در ادامه به بررسی شواهد تغییر گونه‌ها می‌پردازیم.

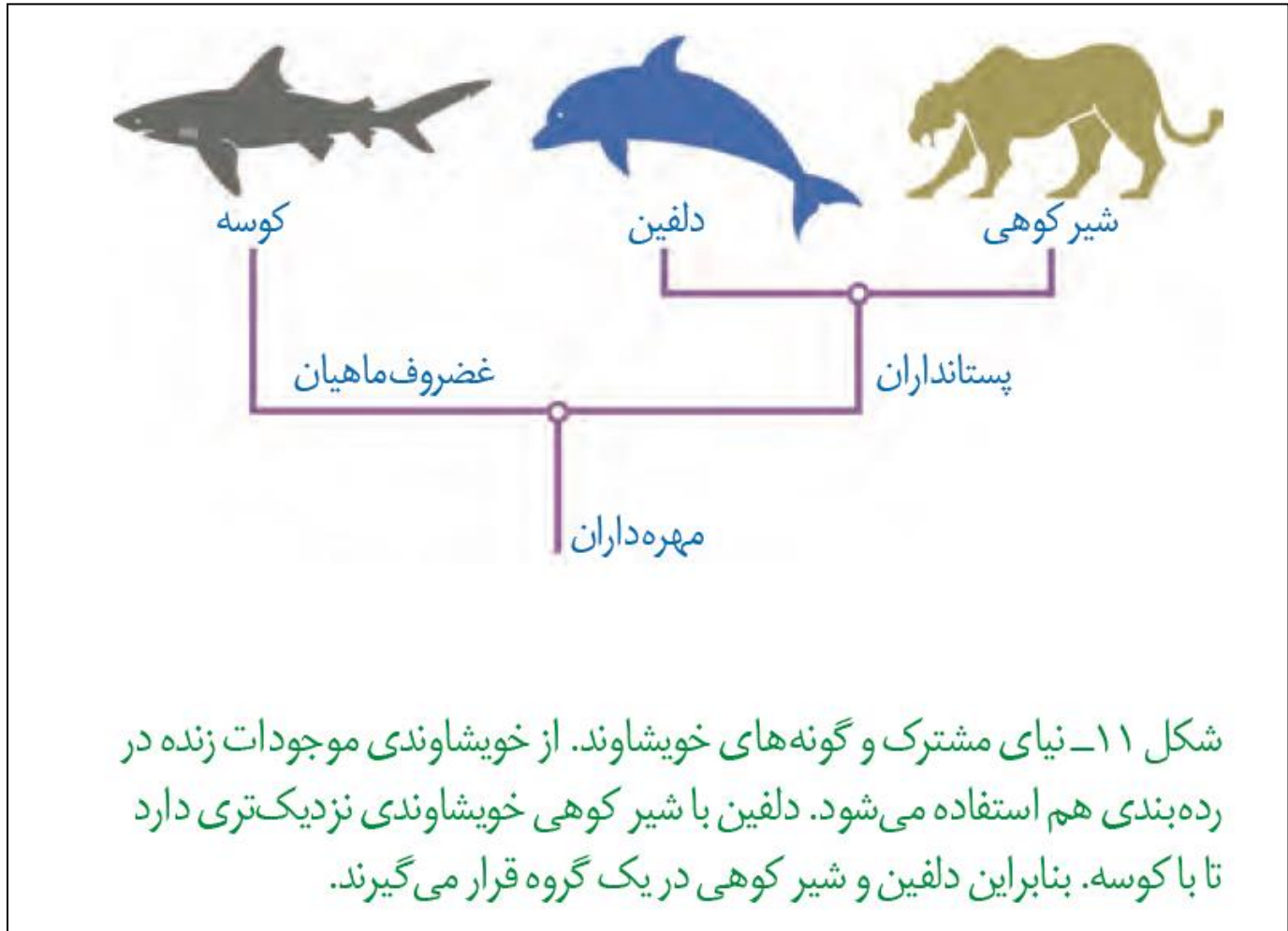
**الف - سنگواره‌ها یا فسیل‌ها:** سنگواره‌ها مستقیم‌ترین شواهد تغییر گونه هستند. سنگواره عبارت است، از بقایای یک جاندار یا آثاری از جاندارانی که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند. فسیل‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. دیرینه‌شناسان، که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازند، دریافته‌اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل دایناسورها. در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل گل لاله یا گربه. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند مثل درخت گیسو. شواهد سنگواره‌ای نشان می‌دهند که این درخت در 170 میلیون سال پیش هم وجود داشته است.

دیرینه‌شناسان قادرند عمر یک سنگواره را تعیین کنند. آنان اکنون می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند. در مجموع، سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.

**ب- تشریح مقایسه‌ای:** در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آنها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند، اندام‌ها یا ساختارهای همتا می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند.

**اندام همولوگ یا همتا:** به ساختارها و اندام‌هایی که در بین گونه‌های مختلف دارای ساختار کلی یکسانی باشند اندام همتا یا همولوگ می‌گوییم. اندام‌های همتا ممکن است کارهای متفاوتی انجام دهند اگر بین دو گونه یا چند گونه جاندار، اندام همتا وجود داشته باشد به این معنی است که این گونه‌ها دارای نیای (جد) مشترک هستند و با هم خوشاوند می‌باشند. اندام‌های حرکتی جلویی دلفین و شیر کوهی برخلاف کوسه با هم همتا هستند و ساختار کلی یکسانی دارند بنابراین میزان خویشاوندی دلفین و شیر کوهی به یکدیگر بیشتر از خویشاوندی آنها با کوسه است.

زیست‌شناسان از اندامهای هم‌تا برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند آنها شیرکوهی و دلفین را در رده پستانداران و کوسه ماهی را در راسته ماهیان غضروفی قرار می‌دهند. البته باید توجه داشته باشیم که همه مهره‌داران دارای یک جد مشترک هستند.



اندام وستیجیال: گاهی به ساختارهای هم‌تایی برمی‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر از گونه‌های جانداران، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای وستیجیال (به معنی رد پا) می‌نامیم. در واقع به اندام‌های هم‌تای تحلیل رفته کم‌کار یا بی‌کار اندام وستیجیال (وستیجیال به معنای رد پا) می‌گوییم در مقایسه دو گونه جاندار که یکی دارای اندام هم‌تای کارآمد و دیگری دارای اندام وستیجیال است، جاندار دارای اندام وستیجیال نسبت به جاندار دارای اندام هم‌تای کارآمد، جدیدتر است مثلاً بقایای پاهای مار پیتون نسبت به پاهای سوسمارها اندام‌های وستیجیال محسوب می‌شود

به این معنی که مارها از تغییر تکاملی سوسمارها طی میلیونها سال، ایجاد شده‌اند. مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان مارها و دیگر مهره داران است. در واقع ساختارهای وستیجیال ردپای تغییر گونه‌ها هستند. شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند. اندامهای وستیجیال نشانه تغییرات تکاملی شدید در گذشته جاندار هستند. بنابراین تشریح مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری مانند نوع اشتقاق و چگونگی تغییر جانداران را نیز فراهم می‌کند.

**اندامهای آنالوگ یا همکار:** به اندامهایی که در مقایسه بین گونه‌های مختلف کار یکسان ولی ساختار متفاوت دارند اندام آنالوگ یا همکار می‌گوییم. ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، ساختارهای آنالوگ می‌نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ اند چون هر دو برای پرواز کرد ناند (کار یکسان) گرچه ساختارهای متفاوتی دارند. ساختارهای آنالوگ نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند.

**مطالعات ملگولی:** مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان (ژنوم) هم انجام داد. در ژنگان شناسی مقایسه‌ای، ژنگان گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید. مثلاً اینکه کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند. همچنین، زیست‌شناسان (همانند تشریح مقایسه‌ای) از مقایسه بین دنا جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آنها استفاده می‌کنند. هرچه بین دنا دو جاندار شباهت بیشتری وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توان به تاریخچه تغییر آنها پی برد (همانند اندام‌های وستیجیال در تشریح مقایسه‌ای).

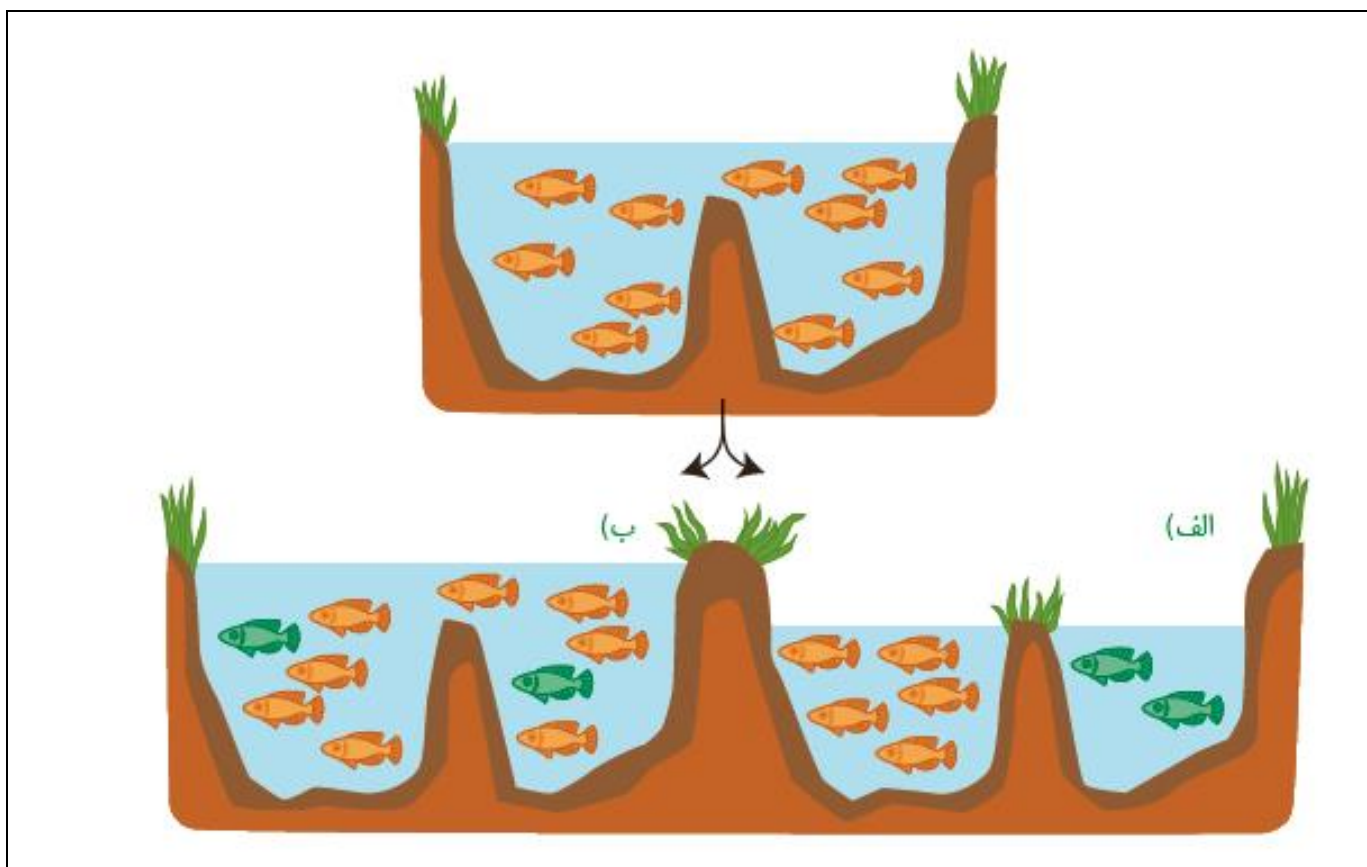
توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند توالی‌های حفظ شده می‌نامند. مثلاً ژنهای مشترک بین همه جانداران توالی‌های حفظ شده هستند.

### گونه‌زایی

یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که ارنست مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل جنسی دارند: گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند.

زیستا در تعریف بالا، به جاندارانی گفته می‌شود که زنده می‌مانند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد در واقع جاندارانی که به بلوغ می‌رسند جاندار زیستا نام دارد. همچنین، منظور از آمیزش موفقیت‌آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیستا و زایا منجر می‌شود.

دو جاندار زمانی عضو دو گونه متفاوت هستند که حداقل یک مکانسیم جدایی تولید مثلی بین آنها برقرار باشد. اگر میان افراد یک گونه جدایی تولید مثلی رخ دهد، آن‌گاه خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود. منظور از جدایی تولید مثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند.



الف-گونه‌زایی دگر میهنی

ب) گونه‌زایی هم میهنی

به طور کلی دو نوع گونه‌زایی در طبیعت دیده می‌شود :

۱-گونه‌زایی دگر میهنی

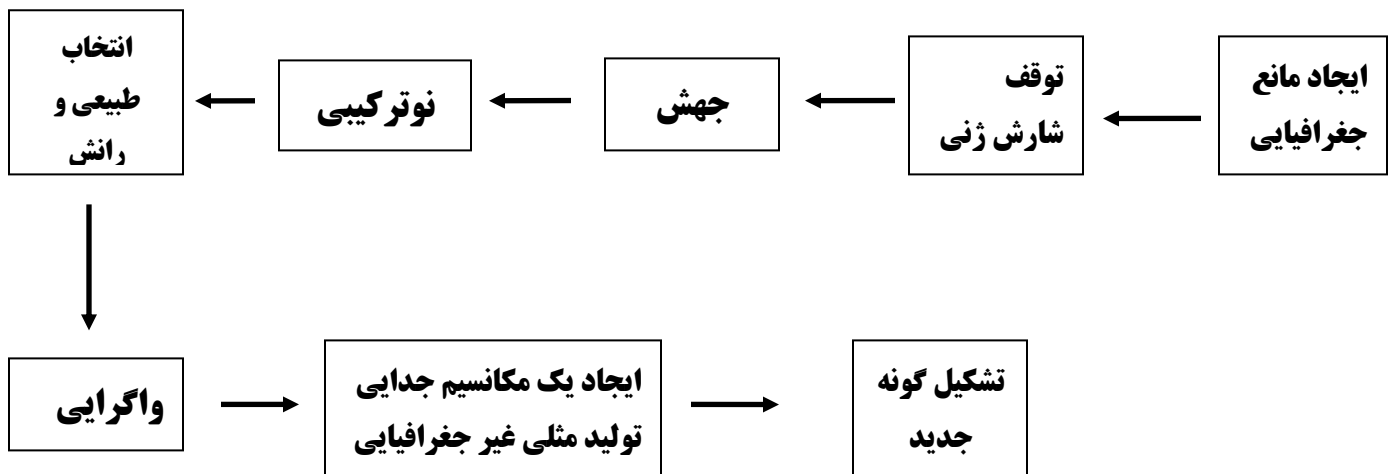
۲-گونه‌زایی هم میهنی

۱-گونه‌زایی دگر میهنی: گاهی در اثر رخدادهای زمین شناختی (تشکیل دریاچه، کوه یا دره) یک جمعیت به دو قسمت تقسیم می‌شود و دو جمعیت جدید بوجود می‌آید که بین آنها دیگر شارش ژنی روی نمی‌دهد. در واقع گونه‌زایی دگر میهنی شکلی از گونه‌زایی است که با جدایی جغرافیایی و توقف شارش ژنی آغاز می‌شود. سپس بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند. اگر جمعیت کوچک باشد رانش ژنی نیز به افزایش تفاوت میان دو جمعیت کمک می‌کند. و به علت عدم وقوع شارش ژنی بین دو جمعیت مرتباً تفاوت آنها با یکدیگر زیاد می‌شود (واگرایی). به طوریکه یک مکانسیم جدایی تولید مثلی غیر جغرافیایی بین آنها برقرار می‌شود (مثلاً زمان تولید مثل آنها با هم متفاوت می‌شود) این دو جمعیت بعد از ایجاد مکانسیم جدایی تولید مثلی غیر جغرافیایی به دو گونه جدید تبدیل می‌شوند. چون اگر مانع جغرافیایی از میان آنها برداشته شود، قادر به آمیزش موفقیت آمیز با یکدیگر نیستند و توانایی تشکیل فرزند زایا و زیستا را با یکدیگر ندارند. باید توجه داشت که گونه‌زایی دگر میهنی یک فرایند تدریجی است و انجام آن به زمان بسیار طولانی احتیاج دارد.

☞ در گونه‌زایی دگر میهنی، جدایی تولید مثلی و گونه‌زایی در دو نسل جدا از هم انجام می‌شود

☞ شارش ژنی دو طرفه، یک نیروی تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت است که از وقوع گونه‌زایی دگر میهنی جلوگیری می‌کند.

مراحل وقوع گونه‌زایی دگر میهنی در دیاگرام زیر نمایش داده شده است:

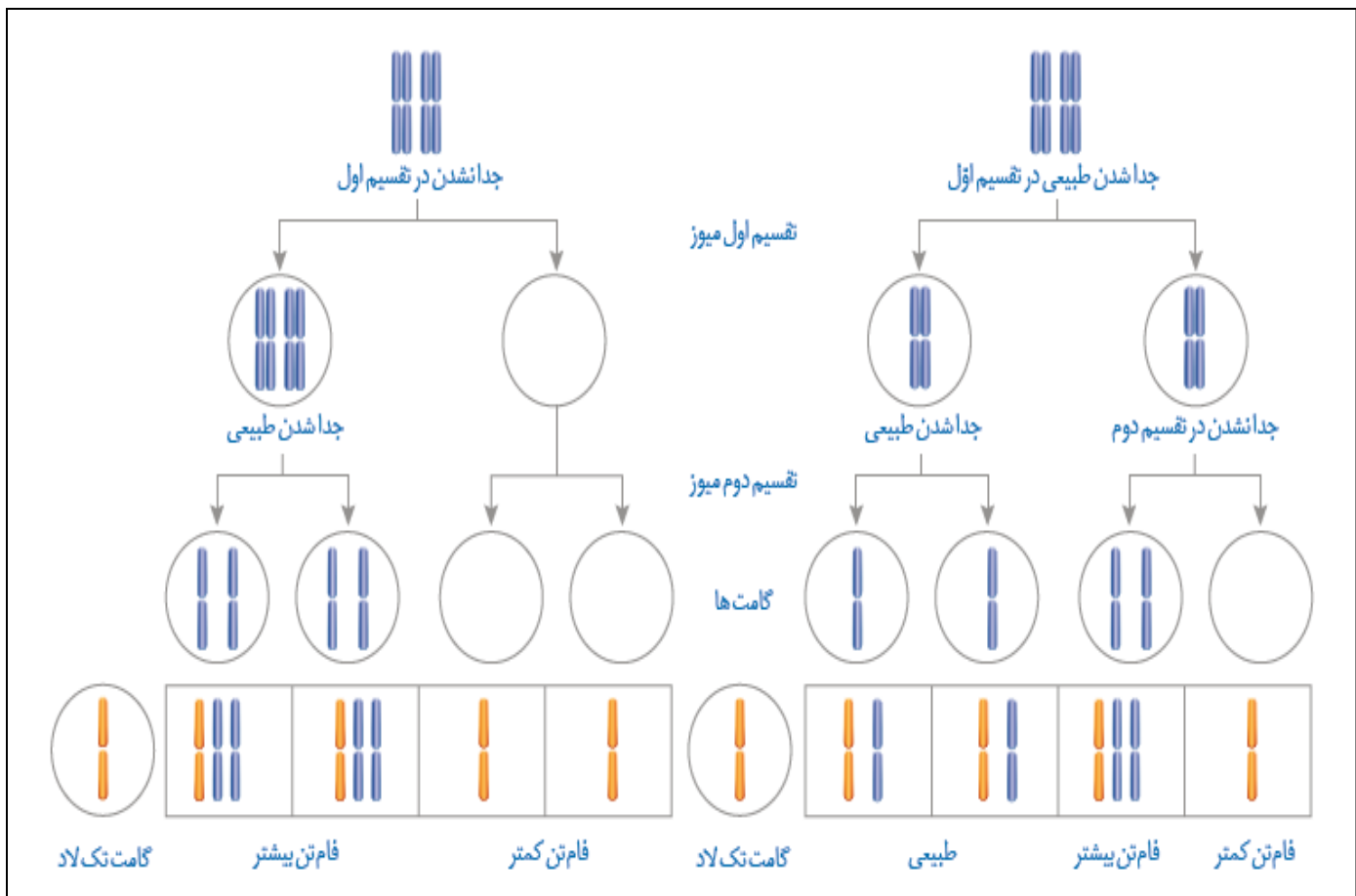


۲- گونه‌زایی هم میهنی: این نوع گونه‌زایی بدون جدایی جغرافیایی و به طور ناگهانی انجام می‌شود. در گونه‌زایی هم میهنی جدایی تولید مثلی و گونه‌زایی در یک نسل انجام می‌شود.

گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را گونه‌زایی هم میهنی می‌نامند. در گونه‌زایی هم میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگر میهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

پیدایش گیاهان چندلادی (پلی‌پلویدی)، مثال خوبی از گونه‌زایی هم میهنی است. چندلادی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیستا و زایا هستند اما نمی‌توانند در نتیجه‌ی آمیزش با افراد گونه‌ی نیایی خود، زاده‌های زیستا و زایا پدید آورند و بنابراین گونه‌ی جدید به شمار می‌روند.

گیاهان چندلادی بر اثر خطای میوزی ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدانشدن فام‌تن‌ها در میوز به تشکیل گامت‌هایی با عدد فام‌تنی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این گامت‌ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد.







در اوایل دهه‌ی 1900 دانشمندی به نام هوگو دووری که با گیاهان گل‌مغربی (شکل بالا) ( $2n = 14$ ) کار می‌کرد، متوجه شد که یکی از گل‌های مغربی‌ظاهری متفاوت با بقیه دارد این گیاه نسبت به سایرین درشت‌تر بود و گلبرگ‌های پررنگ‌تری داشت. وی با بررسی فام‌تن‌های آن دریافت که این گیاه به جای چهارده فام‌تن، بیست و هشت فام‌تن دارد و بنابراین چارلاد (تتراپلوئید) ( $4n=28$ ) است. گامت‌هایی که گیاه چارلاد ایجاد می‌کند، دولا ( $2n$ ) اند نه تک لاد ( $n$ ). اگر گامت‌های این گیاه با گامت‌های گیاهان طبیعی، که تک لادند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه لاد (تریپلوئید) ( $3n=21$ ) خواهند شد. گیاه سه لاد حاصل از نمو این تخم، نازاست. اما اگر گیاه چارلاد بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارلاد مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم  $4n$  خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به میوز بوده، بنابراین زیاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که  $2n$  بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه‌ی جدیدی تعلق دارد که افراد آن  $4n$  هستند در واقع از آمیزش گیاهان تتراپلوئید و دیپلوئید مغربی با یکدیگر زاده‌ای تریپلوئید حاصل می‌شود که نازا است زیرا جاندارانی که عدد کروموزومی فرد دارند میوز ندارند. پس بین گیاه دیپلوئید و تتراپلوئید مغربی جدایی تولید مثلی از نوع نازایی دو رگه وجود دارد. شکل صفحه بعد این ساز و کار را برای گیاهی با شش فام‌تن نشان می‌دهد.

