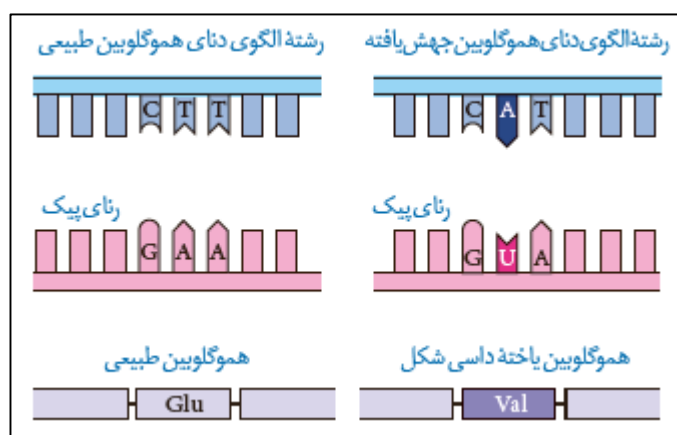


مقدمه

- پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های ماده وراثتی است اما در عین حال، ماده وراثتی به طور محدود تغییرپذیر است.
- تغییر در ماده ژنتیک ← باعث ایجاد گوناگونی می‌شود. ← توان بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد ← زمینه تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند.

گفتار ۱ : تغییر در ماده وراثتی جانداران

- تغییرپذیری ماده وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. ← این تغییر، ممکن است مفید، مضر یا خنثی باشد.
 - علت بیماری کم‌خونی داسی نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین دچار تغییر شود.
 - مقایسه ژن‌های زنجیره بتای هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید A به جای نوکلئوتید T قرار گرفته است. ← رمز گلوتامیک اسید (Glu) به رمز والین (Val) تبدیل شده است.
- ششمین آمینواسید در زنجیره بتای هموگلوبین طبیعی ← گلوتامیک اسید می‌باشد.
 - ششمین آمینواسید در زنجیره بتای هموگلوبین سلول داسی شکل ← والین می‌باشد.



Glu : گلوتامیک اسید

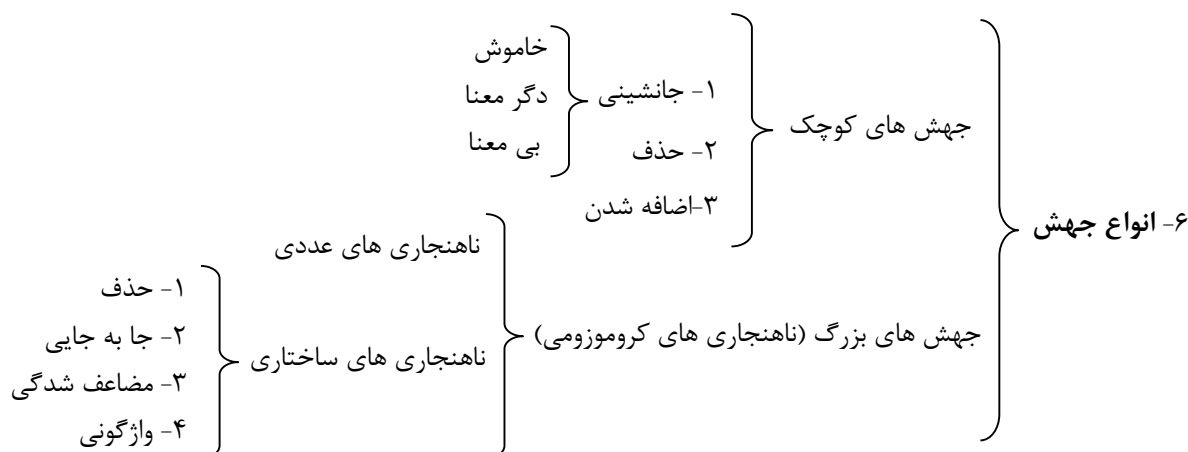
Val : والین

مقایسه ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار ←

۴- جهش : تغییر دائمی در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می‌نامند.

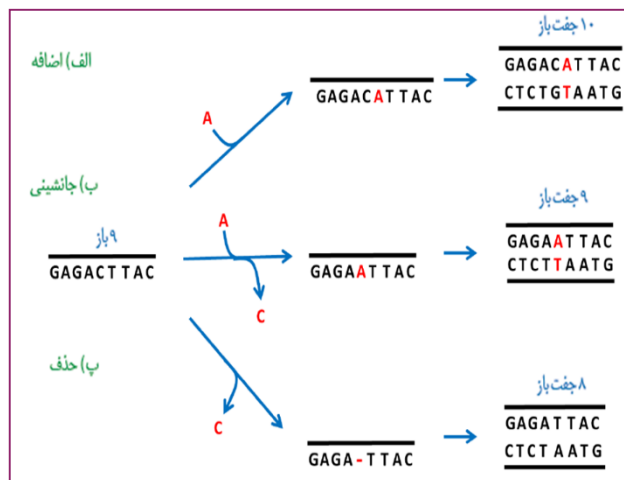
۵- جهش را می‌توان از دیدگاه‌های مختلفی تقسیم‌بندی کرد:

- الف- انواع جهش بر اساس اثرات جهش: ۱- جهش‌های مفید ۲- جهش‌های مضر ۳- جهش‌های خنثی
- ب- انواع جهش بر اساس میزان تغییر در ماده وراثتی: ۱- جهش‌های کوچک ۲- جهش‌های بزرگ



۷- جهش‌های کوچک: جهش‌هایی هستند که موجب تغییر در یک یا چند نوکلئوتید می‌شوند.

* کم‌خونی داسی شکل نمونه‌ای از جهش کوچک است.



■ جهش اضافه شدن: نوعی جهش کوچک که در آن یک یا چند نوکلئوتید به بخشی از ژن اضافه می‌شود.

■ جهش جانشینی: نوعی جهش کوچک که در آن یک نوکلئوتید جانشین نوکلئوتید دیگری می‌شود.

■ جهش حذف: نوعی جهش کوچک که در آن یک یا چند نوکلئوتید از بخشی از ژن حذف می‌شود.

۸- به علت وجود رابطه مکملی بین بازها ← تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته DNA، نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می‌دهد ← به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.

۱- جهش خاموش:

در این نوع جهش، رمز یک آمینواسید به رمز دیگری برای همان آمینو اسید تبدیل می‌شود. این نوع جهش تأثیری بر توالی آمینواسیدهای پروتئین نخواهد گذاشت.

۲- جهش بی معنا:

در این نوع جهش، رمز یک آمینواسید به رمز پایانی ترجمه تبدیل می‌شود. ← در این صورت پلی پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد.

۳- جهش دگر معنا:

در این نوع جهش، رمز یک آمینواسید به رمز آمینواسید دیگری تبدیل می‌شود.
* مثال: در کم‌خونی داسی شکل رمز گلوبتامیک اسید به رمز والین تبدیل می‌شود.

۹- تغییرات ناشی از وقوع جهش‌های جانشینی

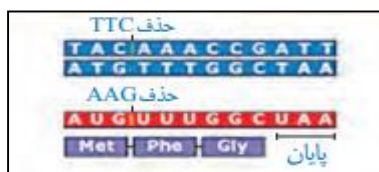
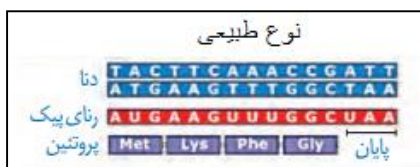
۱- باعث تغییر در چارچوب خواندن می‌شود.

با توجه به اینکه رمز DNA به صورت دسته‌های سه تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ← ترتیب و چینش دسته‌های سه تایی نوکلئوتیدها (رمزه‌ها = کدون‌ها) به هم می‌ریزد. ← چارچوب خواندن رمزهای سه نوکلئوتیدی موجود در DNA تغییر می‌کند.

۲- باعث تغییر در چارچوب خواندن نمی‌شود.

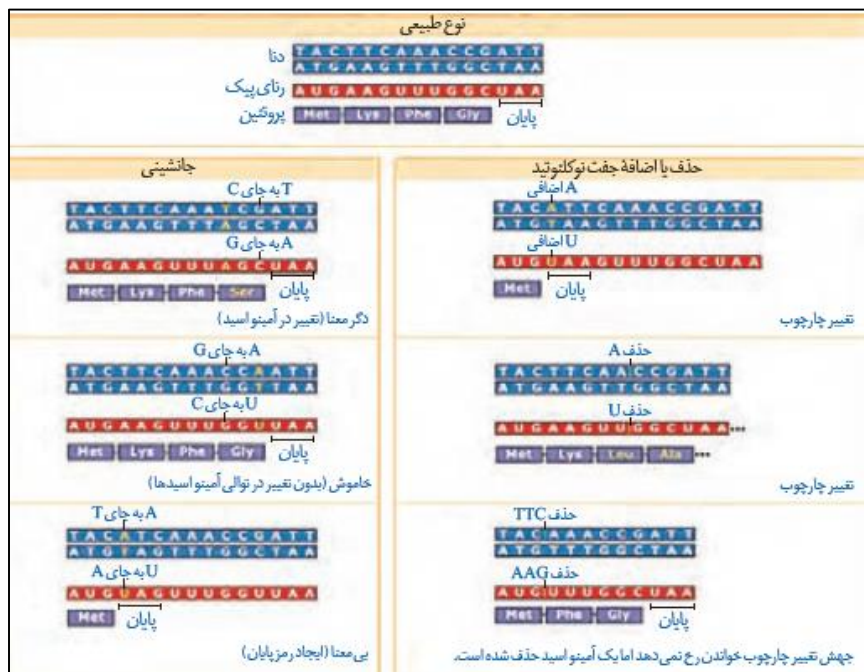
با توجه به شکل مشخص می‌گردد که جهش‌های حذف و اضافه الزاماً به تغییر در چارچوب خواندن نمی‌شود.

۱۰- تغییرات ناشی از وقوع جهش‌های حذف و اضافه



۱۱- برای درک بهتر تغییرات ناشی از وقوع جهش‌های کوچک از نوع حذف و اضافه که منجر به تغییر در چارچوب خواندن می‌شود، به این مثال توجه کنید.

جمله «این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است، به صورت مقابل در نظر بگیرید: ا ی ن / س ی ب / س ر خ / ا س ت
اگر یک حرف ر به جایی درون این جمله اضافه شود ترتیب و چینش کلمات سه حرفی به هم می‌ریزد. ← کلمات تغییر کرده و جمله معنای خود را از دست می‌دهد. ← ا ی ن / ر س ی / ب س ر / خ ا س / ت



تأثیر جهش بر پروتئین

۱۲- جهش‌های بزرگ (ناهنجاری‌های کروموزومی)

گاهی جهش در مقیاس وسیعی رخ می‌دهد تا جایی که به ناهنجاری‌های کروموزومی، مانند تغییر در تعداد یا تغییر در ساختار کروموزوم منجر می‌شود. * با مشاهده کاریوتیپ می‌توان از وجود ناهنجاری کروموزومی یعنی جهش‌های بزرگ آگاه شد.

۱۳- انواع جهش‌های بزرگ (ناهنجاری‌های کروموزومی)

۱- ناهنجاری‌های عددی

تغییر در تعداد فام تن هارا ناهنجاری عددی در فام تن ها می‌نامند.

این تغییر به دلیل با هم ماندن کروموزوم ها در تقسیم میوز به وجود می‌آید.

مثال: مبتلایان به بیماری نشانگان داون، یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارند. (۴۷ کروموزوم دارند)

۱) حذف: قسمتی از کروموزوم از دست می‌رود.

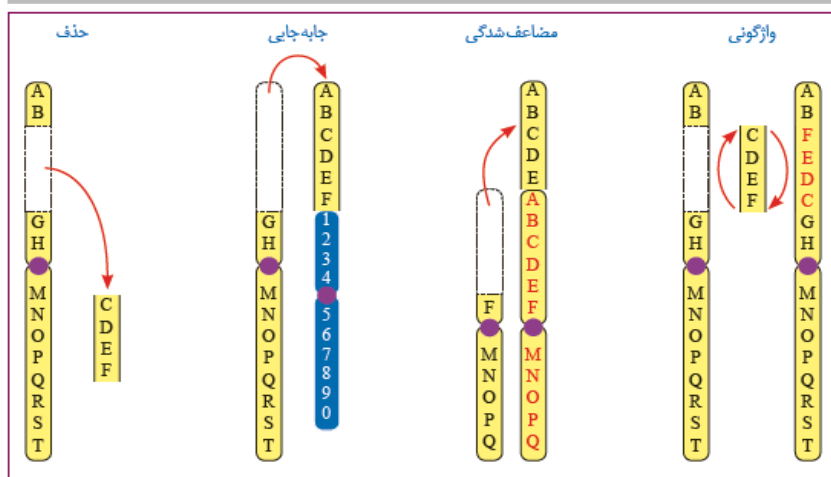
* جهش‌های کروموزومی حذفی غالباً باعث مرگ می‌شوند.

۲) جا به جایی: قسمتی از یک کروموزوم ۱- به کروموزوم غیرهمتا یا ۲- حتی بخش دیگری از همان کروموزوم منتقل می‌شود.

۳) مضاعف‌شدگی: قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم همتا جابه‌جا می‌شود → در کروموزوم همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود.

۴) واژگونی: در این نوع ناهنجاری‌های کروموزومی، جهت قرارگیری قسمتی از یک کروموزوم در جای خود معکوس می‌شود.

۲- ناهنجاری‌های ساختاری



انواع ناهنجاری‌های ساختاری در کروموزوم‌ها ←

۱۴- پیامدهای جهش

تأثیر جهش به عوامل مختلفی بستگی دارد. ← یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در ژنگان (ژنوم) است.

تعریف: به کل محتوای ماده وراثتی موجود در یک سلول ژنگان (ژنوم) گفته می‌شود.

ژنوم برابر است با ← مجموع محتوای ماده وراثتی هسته ای و سیتوپلاسمی.

- ژنوم هسته ای: مجموعه ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع کروموزوم‌ها است.
- ژنوم هسته ای انسان شامل ۲۲ کروموزوم غیرجنسی و کروموزوم‌های جنسی X و Y است.
- ژنوم سیتوپلاسمی: DNA میتوکندری و DNA کلروپلاست

۱۵- ژنگان (ژنوم)

۱۶- اثر جهش بر روی توالی‌های مختلف روی ژنگان (ژنوم)

• اثر جهش در توالی‌های بین ژنی

اگر جهش در توالی‌های بین ژنی رخ دهد. ← در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت. (یعنی بر نوع و مقدار محصول تأثیر نمی‌گذارد)

• اثر جهش در توالی‌های درون ژنی

اگر جهش در توالی‌های درون ژنی رخ دهد. ← پیامدهای آن مختلف خواهد بود. (ممکن است مفید، مضر یا خنثی باشد)

مثال و سوال: اگر در ژن مربوط به نوعی آنزیم، جهش جانشینی رخ دهد. طوریکه رمز یک آمینواسید به رمز آمینواسید

دیگری تبدیل شود. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟

پاسخ: بستگی دارد که این آمینواسید در کجای آنزیم قرار داشته باشد. به عبارتی دیگر به محل وقوع تغییر در ساختار

آنزیم بستگی دارد.

الف) اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود ← احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است.

ب) اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری که بر آن اثری نگذارد ← احتمال تغییر در عملکرد

آنزیم کم یا حتی صفر است.

• اثر جهش در توالی‌های تنظیمی

اگر جهش در یکی از توالی‌های تنظیمی رخ دهد، مثلاً در راه انداز یا افزایشنده ← این جهش بر توالی پروتئین (نوع محصول)

اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تأثیر می‌گذارد.

* جهش در راه انداز، ممکن است آن را به راه اندازی قوی‌تر یا ضعیف‌تر تبدیل کند ← و با اثر بر میزان رونویسی از ژن،

محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند.

فعالیت ۱:

الف) چه صورت طول یک رشته پلی پپتیدی ممکن است افزایش یابد؟

ب) اگر تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده مضربی از سه باشد، چه پیامدی مورد انتظار است؟

الف) در صورتی که رمز پایان به رمز یک آمینواسید تبدیل شود.

یا

مثلا اگر جهش از نوع اضافه شدن باشد و تعداد نوکلئوتیدهای اضافه شده مضربی از ۳ باشد و این نوکلئوتیدهای اضافه شده رمز پایان نباشند بلکه رمز مربوط به یک آمینو اسید باشند.

ب) برای پاسخ به سوال ب دو حالت را باید بررسی کنیم:

۱- حالتی که نوکلئوتیدهای سه تایی اضافه یا حذف شده در فاصله بین دو رمز قرار گرفته باشند.

۲- حالتی که نوکلئوتیدهای سه تایی اضافه یا حذف شده درون یک رمز قرار گرفته باشند.

اگر نوکلئوتیدهای سه تایی اضافه شده در فاصله بین دو رمز قرار گرفته باشند:

نوکلئوتیدهای سه تایی اضافه شده باعث اضافه شدن یک یا چند رمز به صورت کامل می شوند.

پیامد: در این صورت آمینواسیدهایی مطابق با توالی رمزهای اضافه شده به زنجیره پلی پپتیدی، اضافه می شوند.

مثال:

نوکلئوتیدهای ا ی ن س ی ب ی س ر خ س ی ب ا س ت که خوانده یا ترجمه می شود. " این سیب سرخ سیب است. "

سه نوکلئوتید س ی ب در فاصله دو رمز اضافه شده و باعث شده که یک آمینواسید سیب دوم، به توالی افزوده شود.

اگر نوکلئوتیدهای سه تایی حذف شده در فاصله بین دو رمز قرار گرفته باشند.

نوکلئوتیدهای سه تایی حذف شده باعث حذف یک یا چند رمز به صورت کامل می شوند.

پیامد: در این صورت آمینواسیدهایی مطابق با توالی رمزهای حذف شده از زنجیره پلی پپتیدی، حذف می شوند.

مثال:

نوکلئوتیدهای ا ی ن س ی ب ی س ر خ ا س. ت که خوانده یا ترجمه می شود. " این سرخ است "

سه نوکلئوتید س ی ب در فاصله دو رمز حذف شده و باعث شده که یک آمینواسید سیب، از توالی حذف شود.

اگر نوکلئوتیدهای سه تایی حذف یا اضافه شده درون یک رمز قرار گرفته باشند:

می تواند منجر به تغییر در چهارچوب خواندن شود و به طور کلی در این حالت پیامد حذف و اضافه این است که آمینواسیدهایی که به

زنجیره اضافه یا حذف می شوند لزوما مطابق با توالی نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده نیستند.

مثال برای جهش اضافه: اگر نوکلئوتیدهای سه تایی اضافه شده درون یک رمز قرار گرفته باشند:

نوکلئوتیدهای ا ی ن س ی ب ی ب ی س ر خ ا س ت که خوانده می شود " این سسی بیب سرخ است " سه نوکلئوتید س ی ب از

نظر تعداد یک آمینواسید به زنجیره اضافه شده و از نظر نوع ، آمینواسید سیب نیست و دو آمینواسید متفاوت در توالی حضور دارد

مثال برای جهش حذف: اگر نوکلئوتیدهای سه تایی حذف شده درون یک رمز قرار گرفته باشند:

نوکلئوتیدهای ا ی ن س ی ب ی س ر خ ا س ت که خوانده یا ترجمه می شود " این سیخ است " سه نوکلئوتید ب س ر حذف شده و از

نظر تعداد، یک آمینواسید از زنجیره کم شده و از نظر نوع ، دو نوع آمینواسید سیب و سرخ وجود ندارند و یک آمینواسید جدید سیخ در

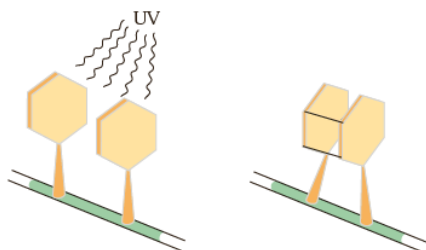
توالی دیده می شود.

۱- خطاهای رخ داده در هنگام همانندسازی

گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی DNA وجود دارد اما با وجود اینها، گاهی در همانند سازی خطاهایی رخ می دهد که باعث جهش می شوند.

۱- عوامل جهش‌زای شیمیایی

مانند پرتوی فرابنفش که در نور خورشید وجود دارد. ← باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم در DNA می شود که به آن دوپار (دیمِر) تیمین می گویند. ← دوپار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم DNA پلیمراز، همانندسازی DNA را با مشکل مواجه می کند.



تشکیل دوپار (دیمِر) تیمین ←

۲- عوامل جهش‌زای فیزیکی

مانند بنزو پیرن که در دود سیگار وجود دارد. ← بنزوپیرن جهشی ایجاد می کند که به سرطان منجر می شود.

۱۷- علت جهش

۲- عوامل جهش‌زا

۱۸- جهش ارثی یا اکتسابی است.

- **جهش ارثی:** از یک یا هر دو والد به فرزند می رسد.
- این جهش در گامت ها وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می کنند. ← در این صورت همه یاخته های حاصل از آن تخم، دارای آن جهش هستند.
- **جهش اکتسابی:** از محیط کسب می شود. مثلاً سیگار کشیدن می تواند باعث ایجاد جهش در یاخته های دستگاه تنفس شود.

۱۹- پیشگیری از سرطان

- سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند.
- ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت هستند.
- غذاهای گیاهی که آنتی اکسیدان و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثر هستند.
- شیوه فراوری و پخت غذا که بر سلامت غذا اثر می گذارد.

۲۰- مثال از عوامل سرطان‌زایی که مربوط به شیوه فراوری و پخت غذا می باشد:

- در مناطقی که مصرف غذاهای نمک سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد.
- ارتباط بعضی از سرطان ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است.
- ترکیبات نیتريت دار مانند سدیم نیتريت، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آنها اضافه می شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارند. ← بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.

گفتار ۲ : تغییر در جمعیت‌ها

۲۱- موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند.

مثال: امروزه باکتری‌ها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها مقاوم شده‌اند. (گرچه دانشمندان با طراحی داروهای جدید، برتری انسان را در این نبرد همچنان حفظ کرده‌اند).

۲۲- جمعیت: مجموعه افراد یک گونه که در یک زمان و در یک مکان زندگی می‌کنند.

*در یک جمعیت افراد مختلف یک گونه ویژگی‌های مشترکی دارند ولی در عین حال با هم تفاوت‌های فردی نیز دارند که باعث شناخت آنها از یکدیگر می‌شود.

۲۳- تاثیر تفاوت‌های فردی در پایداری گونه‌ها

- سوال: تفاوت‌های فردی چگونه می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد؟
- پاسخ با ذکر مثالی در این مورد: فرض کنید در نوعی از جانوران، بعضی‌ها می‌توانند سرما را تحمل کنند و بعضی دیگر نمی‌توانند. این جمعیت با توجه به تغییر شرایط محیطی در گذر زمان تغییر می‌کند.

الف) اگر سرمای شدیدی رخ دهد، آنان که سرما را تحمل می‌کنند شانس بیشتری برای زنده ماندن دارند. ← این افراد، بیشتر از دیگران تولید مثل می‌کنند ← صفت تحمل سرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود.

اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آنها که سرما را تحمل می‌کنند، شانس بیشتری برای تولید مثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد را خواهند داشت ← بعد از مدتی با جمعیتی روبه‌رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمعیت اول، بیشتر است و این یعنی تغییر در جمعیت

ب) اگر گرمای شدیدی رخ دهد، آنان که گرما را تحمل می‌کنند شانس بیشتری برای زنده ماندن دارند. ← این افراد، بیشتر از دیگران تولید مثل می‌کنند ← صفت تحمل گرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود.

اگر گرما همچنان ادامه یابد، باز هم آنها که گرما را تحمل می‌کنند، شانس بیشتری برای تولید مثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد را خواهند داشت ← بعد از مدتی با جمعیتی روبه‌رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که گرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمعیت اول، بیشتر است و این یعنی تغییر در جمعیت

- نتیجه‌گیری از مثال فوق: برای تغییر، شرایطی لازم است. یکی از این شرایط، وجود تفاوت‌های فردی است. ← تفاوت‌های فردی موجب باقی ماندن افراد سازگارتر با محیط می‌شود.

- توجه کنید: «بهبودن» یک صفت همیشگی نیست. بلکه شرایط محیط تعیین‌کننده صفات بهتر است. مثلاً صفت مقاومت به سرما در شرایط هوای سرد محیط و مقاومت به گرما در شرایط گرم محیط صفت بهتر محسوب می‌شود.

* وقتی از تفاوت‌های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد.

۲۴- صفت سازگارتر با محیط

زیست‌شناسان از واژه «صفت بهتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند «صفت سازگارتر با محیط» ← زیرا محیط است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند.

۲۵- انتخاب طبیعی

فرایندی که در طی آن افراد سازگارتر با محیط (یعنی افرادی که شانس بیشتری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند) انتخاب می‌شوند.

* انتخاب طبیعی فرد را تغییر نمی‌دهد بلکه جمعیت را تغییر می‌دهد.

۲۶- روند تاثیر انتخاب طبیعی بر تغییر جمعیت‌ها

در یک جمعیت افراد مختلف ژن‌های متفاوتی دارند ← در نتیجه افراد جمعیت تفاوت‌های فردی دارند. ← بعضی افراد با محیط سازگاری بیشتری دارند ← افراد سازگارتر با محیط شانس بقا بیشتری دارند ← زادآوری در افراد سازگار بیشتر است ← فراوانی افراد سازگار در جمعیت در طی گذر زمان افزایش می‌یابد ← صفت مطلوب به نسل‌های بعد انتقال می‌یابد.

۲۷- مراحل مقاوم شدن باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها

- (۱) ژن مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک در پلازمید (دیسک) باکتری‌ها وجود دارد.
- (۲) جمعیت باکتری‌ها، از نظر صفت مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها دو دسته بودند:
(الف) بیشتر آن‌ها ژن مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک را نداشتند.
(ب) بعضی از آن‌ها ژن مقاومت در برابر آنتی‌بیوتیک را داشتند.
- (۳) در حضور آنتی‌بیوتیک، باکتری‌های دارای پلازمید، که حاوی ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک بودند فرصت رشد و تکثیر پیدا کردند و باکتری‌های فاقد پلازمید از بین رفتند.
- (۴) انتخاب طبیعی باکتری‌هایی را برگزیده است که دارای ژن مقاوم به آنتی‌بیوتیک بوده‌اند.



۲۸- خزانه ژن :

تعریف: مجموع همه آلل‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

* قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی.

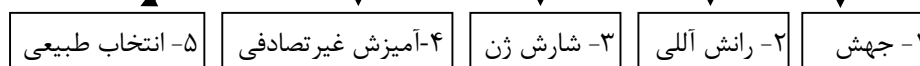
با شناخت ژن‌ها ← این امکان فراهم شد که جمعیت را بر اساس ژن‌های توصیف کنند.

۲۹- جمعیت در حال تعادل ژنی:

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی آلل‌ها یا ژنوتیپ‌ها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آنگاه می‌گویند: جمعیت در حال تعادل ژنی است ← تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست.

* اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است.

۳۰- عواملی که باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود:



۱- جهش:

- اگر جهش رخ دهد ← آلل‌های جدیدی ایجاد می‌شوند ← این یعنی تغییر در فراوانی نسبی آلل‌ها
- جهش، با افزودن آلل‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.
- بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر فنوتیپ ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. ← اما با تغییر شرایط محیط ممکن است آلل جدید، سازگارتر از آلل یا آلل‌های قبلی عمل کند.

۲- رانش آلی

به فرایندی که باعث تغییر فراوانی آلی بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش آلی می‌گویند.

- رانش ژن (حذف بعضی آلل‌ها) ← تعدادی از افراد جمعیت از بین بروند یا به محل جدیدی مهاجرت کنند.
- رانش آلی گرچه فراوانی آلل‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد. (هر عامل تغییر دهنده فراوانی آلل، جمعیت را به سمت سازش پیش نمی‌برد).

مثال ۱ برای رانش آلی: فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات اند. حین عبور، دو گوسفند به پایین سقوط می‌کنند. اگر این دو گوسفند زاده‌ای نداشته باشند. شانس انتقال ژن‌های خود به نسل بعد را از دست داده‌اند.

مثال ۲ برای رانش آلی: گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آنهایی که می‌میرند ممکن است بیش از آنهایی باشند که زنده می‌مانند ← بنابراین فقط بخشی از آلل‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی‌مانده خواهد رسید ← جمعیت آینده از همین آلل‌های برجای‌مانده تشکیل خواهند شد.

- * در این صورت نیز فراوانی آلل‌ها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آنها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.
- * هرچه اندازه یک جمعیت کوچک‌تر باشد (منظور از اندازه جمعیت، تعداد افراد آن است). ← رانش آلی اثر بیشتری دارد. ← به همین علت، برای آنکه جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازه بزرگی داشته باشد.

۳- شارش ژن

- وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع: ۱- تعدادی از آلل‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند و ۲- سبب تغییر در فراوانی نسبی آلل‌های هر دو جمعیت می‌شوند. ← 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.

۴- آمیزش غیر تصادفی

آمیزش‌های غیر تصادفی بر هم‌زنده تعادل هستند. 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 و آمیزش‌ها به فنوتیپ یا ژنوتیپ بستگی نداشته باشد.

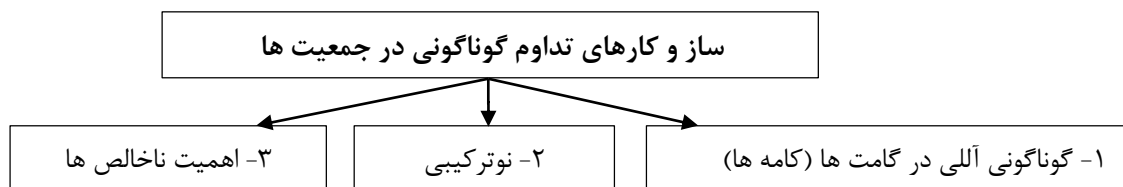
* اگر جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری انتخاب کنند. ← آمیزش غیر تصادفی است (تصادفی نیست) ← فراوانی نسبی آلل‌ها را تغییر می‌دهد ← جمعیتی از حال تعادل خارج می‌شود.

۵- انتخاب طبیعی

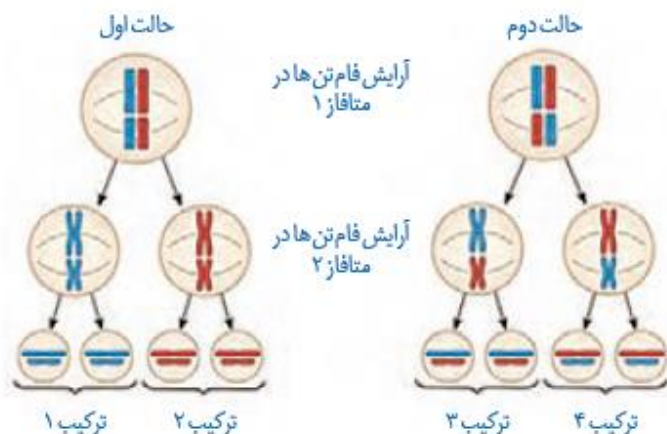
- انتخاب طبیعی فراوانی آلل‌ها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد.
- انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. ← خزانه ژن نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود. مثال: در نتیجه انتخاب طبیعی، بعضی از باکتری‌ها به تغییر شرایط (حضور آنتی‌بیوتیک‌ها) سازش پیدا کرده‌اند.

۳۱- تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها

- ۱- از یک طرف بر اثر انتخاب طبیعی الل‌های ناسازگار کاهش می‌یابند و فراوانی الل‌های سازگار افزایش می‌یابد ← با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد.
 - ۲- از طرف دیگر گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد.
- * با توجه به موارد ۱ و ۲ ← به سازوکارهایی نیاز است که با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی تداوم داشته باشد.



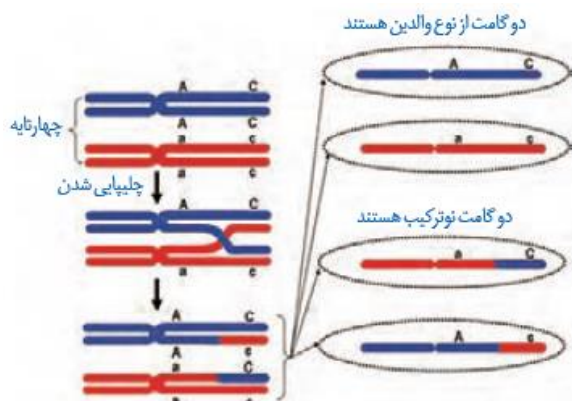
۳۲- گوناگونی آلی در گامت‌ها



- در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از کروموزوم‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. ← اینکه هر گامت کدام یک از کروموزوم‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهارتاییه‌ها (تتراده‌ها) در میوز ۱ (کاستمان ۱) بستگی دارد.
- در متافاز میوز ۱، کروموزوم‌ها (فام‌تن‌ها) با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد.

۳۳- نوترکیبی

- نو ترکیبی یعنی ترکیب‌های جدیدی از الل‌های موجود در کنار هم بگیرند.
 - نوترکیبی می‌تواند به دلیل کراسینگ اور (چلیپایی شدن) روی دهد.
- چلیپایی شدن (کراسینگ اور): در میوز ۱، هنگام جفت شدن کروموزوم‌های هم‌تا و ایجاد تتراد، ممکن است قطعه‌ای از کروموزوم بین کروماتیدهای غیرخواهری مبادله شود. این پدیده را چلیپایی شدن (کراسینگ اور) می‌گویند.



- کروماتیدهای نو ترکیب (فامینک‌های نو ترکیب): اگر قطعات مبادله شده حاوی الل‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از الل‌ها در این دو کروماتید به وجود می‌آید و به آنها کروماتیدهای نو ترکیب می‌گویند.
- گامت نو ترکیب: از میان گامت‌ها، آنهایی که کروماتیدهای نو ترکیب را دریافت می‌کنند، گامت نو ترکیب نامیده می‌شوند.

۳۴- اهمیت ناخالص‌ها

- اهمیت ناخالص‌ها در تداوم گوناگونی را می‌توان به وسیله بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل نشان داد.



افراد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی شکل ← در سنین پایین معمولاً می‌میرند.



ژنوتیپ افراد ناخالص ← گویچه‌های قرمز آنها فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.



ژنوتیپ افراد سالم ← گویچه‌های قرمز داسی شکل نیست و حالت طبیعی دارد.

ژنوتیپ‌های صفت کم‌خونی داسی شکل

- ژن‌شناسان با مطالعه توزیع این بیماری در جهان دریافته‌اند که فراوانی آلل Hb^S در مناطقی که مالاریا شایع است بسیار بیشتر از سایر مناطق است.

- **بیماری مالاریا:** به وسیله نوعی انگل تک‌یاخته‌ای ایجاد می‌شود که بخشی از چرخه زندگی خود را در گویچه‌های قرمز می‌گذراند.

- $Hb^A Hb^A$ یعنی افراد سالم، در معرض خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند.

این انگل نمی‌تواند در افراد ناخالص یعنی $Hb^A Hb^S$ سبب بیماری شود ← پس افراد ناخالص در برابر مالاریا مقاوم هستند. ← بنابراین، وجود دگره Hb^S در مناطق مالاریاخیز باعث بقای جمعیت می‌شود. (این دگره در سایر مناطق، دگره مناسبی نیست.)

گفتار ۳ : تغییر در گونه‌ها

۱- سنگواره‌ها (فسیل‌ها): مطالعه بقایای یک جاندار یا آثاری از جاننداری که در گذشته دور زندگی می‌کرده است.

۲- تشریح مقایسه‌ای: مقایسه اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر

۳- مطالعات مولکولی: مقایسه گونه‌ها در تراز ژنگان (ژنوم)

۳۵- شواهد تغییر گونه

۳۶- سنگواره: بقایای یک جاندار یا آثاری از جاننداری 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.

مثال ۱: ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند.

مثال ۲: حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

۳۷- دیرینه‌شناسان به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازند.

دیرینه‌شناسان قادرند عمر یک سنگواره را تعیین کنند. ← می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند.

۳۸- فسیل‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند:



- در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند. ← مثل دایناسورها
- جاندارانی هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند ← مثل گل لاله یا گربه
- گونه‌هایی هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند. ← مثل درخت گیسو

* در مجموع، سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.

۳۹- تشریح مقایسه‌ای

برگ درخت گیسو و سنگواره آن

- در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود.
- در تشریح مقایسه‌ای به ۳ ساختار زیر توجه ویژه‌ای می‌شود:

۱- ساختارهای همتا

۲- ساختارهای آنالوگ

۳- ساختارهای وستیجیال

- تشریح مقایسه‌ای نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است.

مثال: مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، مشخص می‌شود که این اندام‌ها، طرح ساختاری یکسانی دارند حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند. (همگی آن‌ها دارای استخوان‌های بازو، زند زیرین و زند زیرین، استخوانه‌ای میچ، کف دست و بند انگشتان هستند.)

۴۰- اندام‌ها یا ساختارهای همتا

تعریف: اندام‌هایی که طرح ساختاری آنها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند.

مثال: دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند.

* علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت ← زیست‌شناسان بر این باورند که این گونه‌ها، نیای مشترکی دارند. یعنی اینکه در گذشته از گونه مشترکی مشتق شده‌اند. به همین علت این شباهت‌ها میان آنها دیده می‌شود.

* زیست‌شناسان از ساختارهای همتا ← برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند.

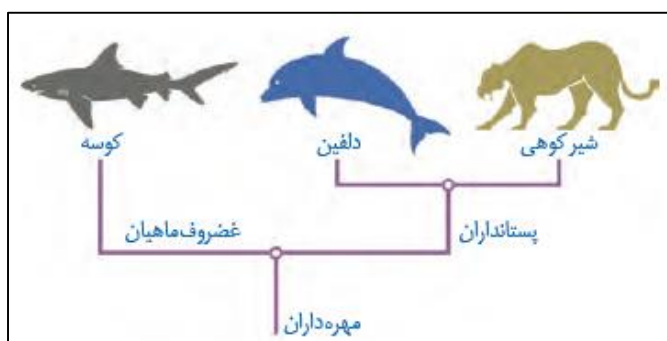
۴۱- نیای مشترک: گونه‌ای است که دو یا چند گونه از تغییر آن اشتقاق پیدا کرده باشند.

۴۲- گونه‌های خویشاوند

تعریف: گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند گونه‌های خویشاوند می‌گویند.

* از خویشاوندی موجودات زنده در رده‌بندی هم استفاده می‌شود.

* دلفین با شیر کوهی خویشاوندی نزدیک‌تری دارد تا با کوسه ← بنابراین دلفین و شیر کوهی در یک گروه قرار می‌گیرند.



۴۳- ساختارهای آنالوگ:

تعریف: ساختارهایی که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوتی دارند.
مثال: بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ هستند چون هر دو برای پرواز کردن می‌باشند (کار یکسان) گرچه ساختارهای متفاوتی دارند.
وجود ساختارهای آنالوگ در گونه‌های مختلف نشان می‌دهند که «دو گونه مختلف برای پاسخ به یک نیاز، به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند».

۴۴- ساختارهای وستیجیال

تعریف: ساختارهایی که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای وستیجیال (به معنی ردپا) می‌نامیم.
مثال: مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است.
*شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند.
*ساختارهای وستیجیال ردپای «تغییر گونه‌ها» هستند.



بقایای پا در مار پیتون

۴۵- مطالعات مولکولی: یکی از شواهد تغییر گونه‌ها شواهد مولکولی است. مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان (ژنوم) انجام داد.

۴۶- انواع اطلاعات به دست آمده از مقایسه ژنوم گونه‌های مختلف:

- ۱- کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک هستند.
- ۲- کدام ژن‌ها خاص یک گونه هستند و باعث ایجاد ویژگی‌های خاص آن گونه می‌شوند.
- ۳- برای تشخیص میزان خویشاوندی جانداران مختلف از آن‌ها استفاده می‌شود. (با مقایسه DNA آن‌ها «هرچه بین DNA دو جاندار شباهت بیشتری وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند».)
- ۴- می‌توان به تاریخچه تغییر گونه‌ها پی برد.

۴۷- توالی‌های حفظ شده

توالی‌هایی از DNA را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند، توالی‌های حفظ شده می‌نامند.

۴۸- گونه

تعاریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدوده مشخصی کارآمدند.
یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که ارنست مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل جنسی دارند.

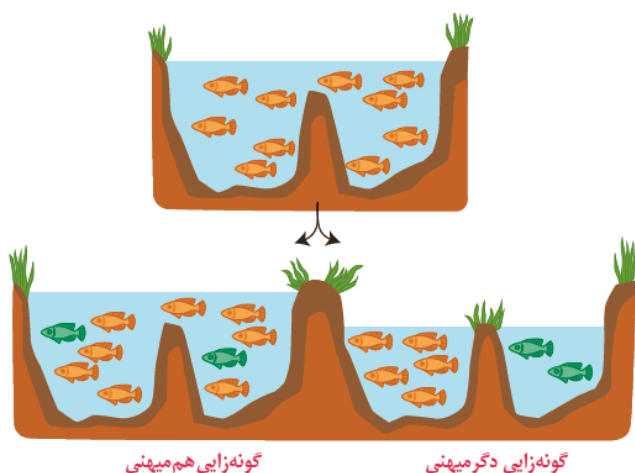
۴۹- تعریف گونه از نظر ارنست مایر

جاندارانی که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیست‌زا و زیست‌باردار دارند. ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند.

۵۰- چند تعریف مرتبط با گونه

- جاندار زیست‌زا: به جاندار گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد.
- آمیزش موفقیت‌آمیز: آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیست‌زا و زیست‌باردار منجر شود.
- جدایی تولیدمثلی: عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند.
- * پیامد جدایی تولیدمثلی: اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن‌گاه خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا می‌شود «احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود».

- ۵۱- ساز و کارهای ایجاد یک گونه جدید
- ۱- گونه زایی دگرمیهنی ← در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد.
 - ۲- گونه زایی هم‌میهنی ← در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.



مقایسه دو نوع گونه زایی دگرمیهنی و هم‌میهنی ←

۵۲- گونه زایی دگرمیهنی

گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و وقوع سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. مثلاً: در نتیجه پدیده کوه زایی، ممکن است در یک منطقه مثلاً کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود ← افراد یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم شوند.

• چگونگی بروز گونه زایی دگرمیهنی

انواع سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند قطع می‌کنند ← بین آن افراد دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد ← بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند. ← چون شارش ژن میان آنها وجود ندارد، این تفاوت بیشتر و بیشتر می‌شود ← حتی با برداشته شدن مانع جغرافیایی و قرار گرفتن این دو جمعیت در کنار هم، آمیزشی بین آنها رخ نخواهد داد (جدایی تولیدمثلی) ← بنابراین می‌توان آنها را دو گونه مجزا به شمار آورد. * توجه کنید: اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد. ← اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

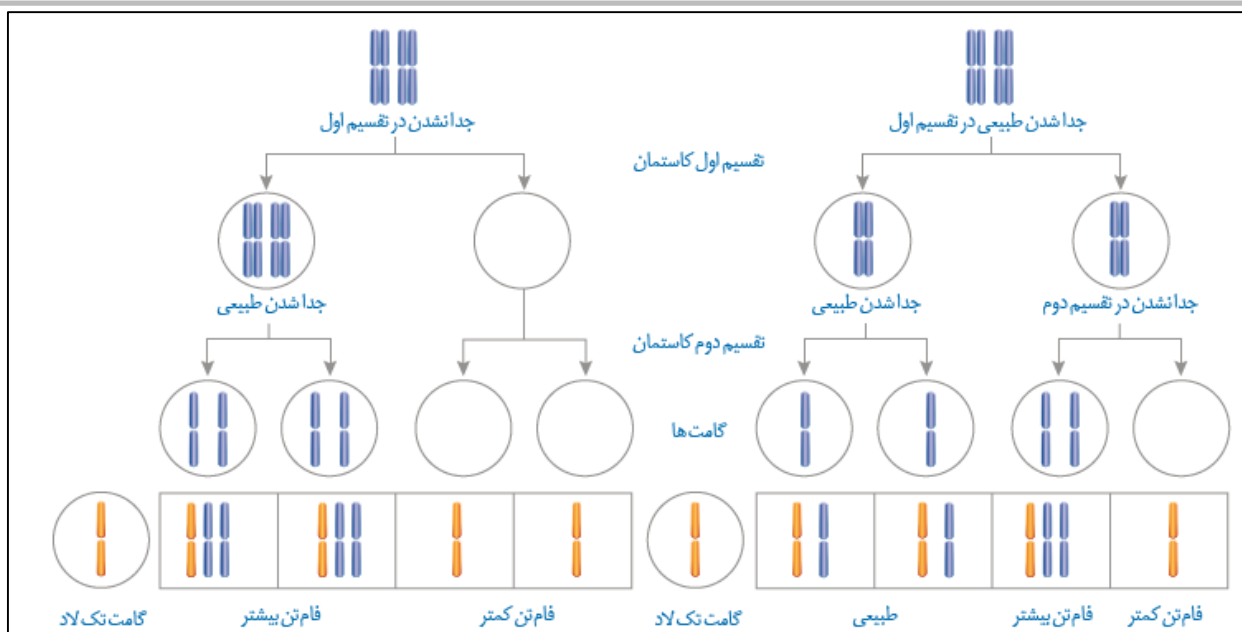
۵۳- گونه زایی هم‌میهنی

گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود. این نوع گونه زایی را گونه زایی هم‌میهنی می‌نامند.

- در گونه زایی هم‌میهنی، برخلاف گونه زایی دگرمیهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.
- پیدایش گیاهان پلی‌پلویدی، مثال خوبی از گونه زایی هم‌میهنی است.
- پلی‌پلویدی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیست‌ها و زیادهای آنها نمی‌توانند در نتیجه آمیزش با افراد گونه نیایی خود، زاده‌های زیست‌ها و زیادهای آنها را تولید کنند و بنابراین گونه‌ای جدید به شمار می‌روند.

۵۴- یادآوری

میوز طبیعی یک سلول $2n$ کروموزومی ← تولید چهارسلول n کروموزومی
جدا نشدن کروموزوم‌ها 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.

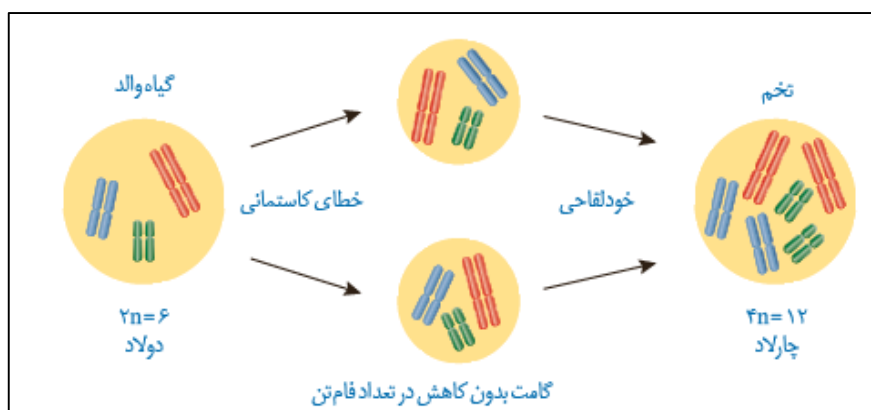


نتیجه آمیزش گامت‌های حاصل از خطای کاستمانی با گامت سالم

۵۵- در اوایل دهه ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دوووری که با گیاهان گل مغربی ($2n=14$) کار می‌کرد، متوجه شد که یکی از گل‌های مغربی ظاهری متفاوت با بقیه دارد ← وی با بررسی کروموزوم‌های آن دریافت که این گیاه به جای ۱۴ کروموزوم، ۲۸ کروموزوم دارد و بنابراین تتراپلوئید ($4n$) است.

۵۶- نحوه تشکیل گیاهان پلی‌پلوئیدی (گل مغربی)

- گیاهان پلی‌پلوئیدی بر اثر خطای میوزی ایجاد می‌شوند.
- گامت‌هایی که گیاه تتراپلوئید ایجاد می‌کند، دیپلوئید ($2n$) هستند نه هاپلوئید (n)
- اگر گامت‌های گیاه مغربی تتراپلوئید ($4n$)، با گامت‌های گیاهان طبیعی، که هاپلوئیدند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل تریپلوئید ($3n$) خواهند شد. ← گیاه تریپلوئید حاصل از نمو این تخم، نازا است.
- اگر گیاه تتراپلوئید بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا با گیاه تتراپلوئید دیگری آمیزش داشته باشد، سلول تخم تتراپلوئید ($4n$) خواهد بود. ← گیاهی که از تخم تتراپلوئید ایجاد می‌شود، قادر به میوز است. بنابراین زایا است.
- گیاه مغربی تتراپلوئید، با جمعیت نیایی خود (که $2n$ بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدیدی تعلق دارد که افراد آن $4n$ هستند.



چگونگی تشکیل گیاه چارلاد (تتراپلوئید) از گیاه دولاد (دیپلوئید)