

چهارم فصل تغییر در اطلاعات وراثتی

درسنامه

در فصل‌های قبل در مورد ساختار DNA و چگونگی به ارث رسیدن صفات بحث کردیم و فهمیدیم که اطلاعات وراثتی در DNA به صورت **ژن‌ها و نوکلئوتیدهای** سازنده آن ذخیره می‌ماند. در این فصل می‌خواهیم به ذکر دلایلی بپردازیم که باعث ایجاد **تفاوت بین افراد یک خانواده، یک جامعه و در انتها بین افراد دو گونه** می‌شود. در گفتار (۱) این فصل به بررسی انواع جهش‌ها و تغییرات در ماده وراثتی می‌پردازیم. همان‌طور که می‌دانید، **پایداری اطلاعات** در سیستم‌های زیستی یکی از ویژگی‌های **ماده وراثتی** است ولی ماده وراثتی **به‌طور محدود دچار تغییرپذیری** می‌باشد و این ویژگی سبب تفاوت بین افراد یک جمعیت می‌شود. به یاد داشته باشید که **تا هنگامی که تفاوت در افراد یک خانواده و جامعه ایجاد نشود، محیط نیز نمی‌تواند افراد سازگارتر را انتخاب کند**. سپس در گفتار (۲) می‌خواهیم عواملی که سبب تغییر در **ویژگی‌های یک جمعیت** می‌شود و عواملی که سبب **حفظ تنوع در جامعه** می‌شود را بررسی کنیم. در نهایت در گفتار (۳) می‌خواهیم به تفاوت‌ها و شباهت‌های بین **گونه‌های مختلف** بپردازیم. شواهدی برای داشتن نیای مشترک بین گونه‌ها بیابانیم (مثلاً هر ۶۴ نوع کدون mRNA در همه جانداران رمز آمینواسیدهای مشابهی می‌باشند) و در آخر به انواع و چگونگی گونه‌زایی بپردازیم. قبل از شروع گفتارها تعریف سه واژه مهم را بدانید:

(۱) **جهش**: هر گونه تغییر **پایدار** در توالی نوکلئوتیدهای DNA می‌باشد که می‌تواند سبب تغییر در فرد و ایجاد الل جدید شود.

(۲) **بیماری**: مجموعه افراد **یک گونه** که در **یک مکان** و در **یک زمان** در حال زندگی گذرا می‌باشند.

(۳) **گونه**: در گروهی که تولیدمثل جنسی دارند، مجموعه افرادی می‌باشند که بتوانند با هم آمیزش کنند و زاده‌های **زیست‌وازیای** با آمیزش **موفقیت‌آمیز** ایجاد کنند.

گفتار ۱ جهش

همان‌طور که از سال قبل می‌دانید، در اثر تقسیم یاخته، ماده وراثتی باید بتواند به یاخته‌های دختری برسد. در حقیقت ویژگی‌های ژنی یاخته تخم **در اثر تقسیم میتوز** در کل بدن پخش می‌شود و سپس ممکن است به نسل بعد برسد. وقتی در طبیعت یک نفر دارای بیماری ژنتیکی مثل تالاسمی ماژور، سندرم داون یا کم خونی داسی شکل و... را می‌بینیم همواره فکر می‌کنیم که تعداد زیادی توالی‌های نامناسب به آن‌ها رسیده است در حالی که همیشه این‌طور نیست و گاهی فقط تغییر در **یک نوکلئوتید** و یک جهش بسیار کوچک، باعث ایجاد یک بیماری **بسیار وخیم** می‌شود. جالب اینجاست که ممکن است در بدن افرادی که ژنوم خود را اورجینال! و بدون تغییر می‌پندارند نیز تغییرات نوکلئوتیدی بیشتری از بیماران رخ داده باشد ولی از شانس خوب آن‌ها این تغییرات یا جهش‌ها در توالی‌های بین ژنی یا مثلاً اینترون‌ها بوده است که در بروز ژن آن‌ها تأثیری نداشته است.

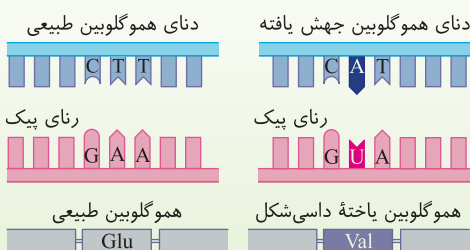
جهش در حقیقت به هر گونه تغییر دائمی در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی گفته می‌شود. این ژن‌های جهش یافته، می‌توانند در اثر تقسیم به یاخته‌های دختری منتقل شوند. این تغییر می‌تواند از اضافه شدن یک کروموزوم مثل ایجاد سندرم داون تا تغییر در فقط یک نوع نوکلئوتید A در (آرینس‌دار) به جای T دار (تیمس‌دار) در رمز مربوط به یک آمینواسید باشد که بیماری مهلک **مستقل از جنس نهفته** کم خونی داسی شکل را ایجاد کند. همان‌طور که در فصل‌های قبل دیدید، کم خونی داسی شکل در اثر تغییر شکل هموگلوبین و داسی شدن گویچه‌های قرمز ایجاد می‌شود. از طرفی به یاد دارید که هموگلوبین پروتئینی با ساختار چهارم و دارای چهار رشته پلی‌پپتیدی می‌باشد که دو به دو به هم شبیه می‌باشند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

(۱) هموگلوبین کلاً ۵۷۴ آمینواسید دارد که در افراد سالم و بیمار، ۵۷۲ آمینواسید آن‌ها ترتیب و جایگاه یکسانی دارند ولی فقط در یکی از انواع رشته‌ها (رشته β)، در بیماران، آمینواسید **ششم** والین به جای گلوتامیک اسید قرار گرفته است. وقتی ژن‌های سازنده این دو رشته پلی‌پپتیدی را در فرد سالم و بیمار مقایسه کردند، به این نتیجه رسیدند که در یک رشته DNA آن‌ها به جای باز آلی T، باز آلی A (آرینس) قرار گرفته است و رمز CTT در DNA افراد سالم به رمز CAT در بیماران تبدیل شده است ولی همین جهش کوچک سبب ایجاد یک تخم غیرعادی و یک فرد بیمار، برای کل عمر شده است. (البته این افراد اگر زنده بمانند، ممکن است نقص خود را به نسل بعد هم منتقل کنند).

(۲) در بیماری داسی شکل تغییر در نوکلئوتید دوم از رمز وراثتی ششم سازنده زنجیره β ، سبب ایجاد رمز جدید، رمزه جدید و در نهایت آمینواسید جدید شده است. فقط تغییر در همین یک آمینواسید باعث تغییر شکل پروتئین هموگلوبین از حالت گرد به داسی شکل می‌شود.

(۳) در این بیماری نسبت پورین به پیریمیدین در دنا تغییر نمی‌کند ولی در رنای پیک حاصله در حالت بیماری نسبت پورین‌ها کمتر می‌شود چون U به جای A قرار می‌گیرد.



«مقایسه ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار.
در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است»

تست ۱

کدام گزینه، عبارت مقابل را به نادرستی تکمیل می‌کند؟ «در فرد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی‌شکل و دارای ژن نمود $Hb^S Hb^S$ » (قلم‌چی)

(۱) قطعاً بیش از یک ساختار پروتئین هموگلوبین تغییر کرده است.

(۲) در برخی یاخته‌ها بیش از دو دگره Hb^S یافت می‌شود.

(۳) تنها یک جفت نوکلئوتید در دنا ی گویچه‌های قرمز نابالغ تغییر کرده است.

(۴) قطعاً دگره (های) مربوط به این بیماری توسط کامه‌ها به فرزندان منتقل می‌شود.

پاسخ ۴

البته این تست کمی به نکات گفتار ۲ این فصل نیز ربط دارد. دقت کنید افراد مبتلا به کم‌خونی داسی‌شکل معمولاً در سنین پایین می‌میرند، در نتیجه نمی‌توان گفت که به‌طور قطع ژن‌های مربوط به این صفت را از طریق گامت به فرزندان منتقل می‌کنند. گزینه (۲) در مورد یاخته‌های چند هسته‌ای رد می‌شود. در مورد گزینه (۳) باید گفت که در هر دنا یک جفت نوکلئوتید تغییر می‌کند اما این شخص در هر هسته خود، دو ژن معیوب دارد که مجموعاً می‌شود ۲ جفت نوکلئوتید متفاوت.

انواع جهش‌ها

برخی جهش‌ها در حد نوکلئوتید و تغییر در ساختار یک ژن رخ می‌دهند ولی برخی جهش‌ها بسیار وسیع‌ترند و سبب تغییر در **ساختار یا تعداد کروموزوم** می‌شوند برحسب اندازه تغییرات، جهش‌ها به دو نوع کوچک (ژنیک) و بزرگ (کروموزومی) تقسیم می‌شوند. دقت کنید که این تعریف و تقسیم‌بندی جهش‌ها به نوع کوچک و بزرگ، **ربطی به اثر آن‌ها روی افراد ندارد**. همان‌طور که در کم‌خونی داسی‌شکل فهمیدید تغییر کوچک در حد یک نوکلئوتید می‌تواند سبب ایجاد یک بیماری بسیار وخیم در فرد شود که گاهی از اثرات تغییر کروموزومی نیز ممکن است شدیدتر باشد. از طرفی جهش‌ها همواره روی ژن نمود اثر می‌گذارند که می‌توانند مفید، مضر و یا حتی خنثی باشند. مثلاً اگر جهش در توالی اینترونی رخ دهد، نوعی جهش خنثی به حساب می‌آید.

۱) جهش‌های کوچک (جهش نوکلئوتیدی)

هرگاه جهشی در یک یا چند نوکلئوتید رخ دهد به صورتی که این نوکلئوتیدها **تغییر یابند یا کم و زیاد شوند** را جهش کوچک می‌گویند. این جهش به دو نوع **جانشینی** و **تغییر در تعداد** تقسیم می‌شود که آن‌ها را در ادامه بررسی می‌کنیم. لازم به یادآوری است که هیچ کدام از این جهش‌ها را نمی‌توان با کاربوتیپ تشخیص داد.

● الف) جهش کوچک از نوع جانشینی

وقتی یک نوکلئوتید در DNA به جای نوکلئوتیدی با باز آلن دیگر قرار می‌گیرد باعث ایجاد جهش جانشینی می‌شود. در اثر این جهش و به دلیل اصل رابطه مکملی بین بازها، نوکلئوتید مقابل آن نیز طی همانندسازی تغییر می‌کند و در حقیقت این جهش سبب جانشینی **یک جفت نوکلئوتید** نسبت به DNA مادری می‌شود. اگر این جهش درون توالی یک ژن صورت بگیرد و سبب **تغییر در نوع آمینواسید** یا سبب **ایجاد یک رمز پایان ترجمه** جدید شود، می‌تواند نوع پروتئین را نیز عوض کند. مثلاً در کم‌خونی داسی‌شکل، جهش جانشینی سبب ایجاد یک بیماری در فرد می‌شود.

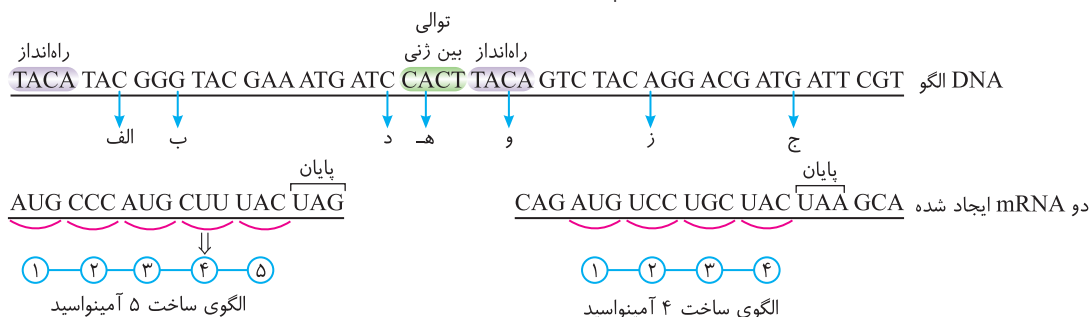
البته دقت کنید که اگر این جهش در بخش تنظیمی مربوط به یک ژن مثلاً در توالی‌های **راه‌انداز یا افزایش‌ده** رخ دهد، می‌تواند **مقدار رونویسی** و ترجمه و یا بیان ژن را تحت تأثیر قرار دهد ولی نوع پروتئین را عوض نکند. حتی ممکن است این جهش در **توالی بین دو ژن** یا در **اینترون‌ها** رخ دهد و هیچ تأثیری در بیان ژن و محصول آن ایجاد نکند که به آن‌ها **جهش خنثی** می‌گویند. در ادامه به بررسی هر یک از انواع اثر جهش جانشینی بر یک مولکول DNA فرضی با دو ژن می‌پردازیم. (حتماً به یاد دارید که همیشه چند دقیقه قبل خواندیر که هر جهش می‌تواند مفید، مضر یا خنثی باشد.)



بلاذری: دقت کنید که بیان هر ژن تحت کنترل دو بخش می‌باشد. یک بخش تنظیمی مثل راه‌انداز و افزایش‌ده یا اپراتور و ... که از روی آن‌ها رونویسی انجام نمی‌شود و یک بخش درون ژنی که از روی آن رونویسی انجام شده و mRNA رونوشت آن قسمت، سبب پروتئین‌سازی می‌شود.

انواع اثر جهش جانشینی بر روی DNA

برای فهم درست انواع جهش‌های جانشینی، لطفاً به توالی زیر برای ساخت یک رشته پلی‌پپتید فرضی دقت کنید. DNA فرضی زیر با دو ژن را در نظر بگیرید که ژن اول مسئول ساخت یک رشته پلی‌پپتید با ۵ آمینواسید و ژن دوم مسئول ساخت یک رشته پلی‌پپتید با ۴ آمینواسید می‌باشد.



● نکات جهش جانیشینی روی DNA الگوی قبل (مهم در بررسی تست‌ها)

- (۱) جانیشینی C با A در (الف): اگر در قسمت (افح) به جای باز آلی C، باز آلی A قرار گیرد، در این صورت کدون آغاز ترجمه که AUG می‌باشد به کدون AUU تبدیل می‌شود و پروتئین‌سازی از رمزه آغاز بعدی یا AUG بعدی اگر وجود داشته باشد صورت می‌گیرد که کلاً نوع پروتئین عوض می‌شود.
- (۲) جانیشینی G با C در (ب) (جهش خاموش): اگر به خاطر داشته باشید در فصل ۲ خواندیم که اغلب آمینواسیدها بیش از یک پیام رمز یا کدون دارند پس ممکن است در اثر جهش جانیشینی، رمز یک آمینواسید به رمز دیگری از همان آمینواسید تبدیل شود که در این صورت در نوع پروتئین تغییری حاصل نمی‌شود. به این نوع جهش‌ها که تأثیری در نوع آمینواسیدها و پروتئین‌سازی ایجاد نمی‌کنند، جهش‌های خاموش گفته می‌شود. اگر به جدول رمزهای وراثتی در فصل ۲ توجه کنید، می‌بینید که در اغلب آمینواسیدهایی که چند نوع کدون دارند، سومین باز آلی کدون آن‌ها قابل تغییر است ولی نوع آمینواسید عوض نمی‌شود. در اینجا نیز رمز GGG ابتدایی به GGC تبدیل شده است که نوع آمینواسید ترجمه آن‌ها در هر دو صورت پرولین می‌باشد. (البته این به عنوان یک مثال است و لزوماً شما اصلاً نیازی به حفظ کردن هیچ کدونی به جز کدون آغاز و پایان‌ها برای آزمون‌ها ندارید.)
- (۳) جانیشینی G با C در (ج): در این حالت رمز ATG به ATC تبدیل می‌شود. دقت کنید که کدون مربوط به ATG به صورت UAC می‌باشد که یک کدون معنی‌دار برای آمینواسید در ترجمه می‌باشد ولی کدونی که از روی رمز ATC رونویسی می‌شود، توالی UAG دارد که یک کدون پایان ترجمه یا بی‌معنی می‌باشد و سبب پایان زودرس پروتئین‌سازی در ژن دوم شده و طول رشته پلی‌پپتیدی آن از ۴ آمینواسید به ۳ آمینواسید تغییر می‌کند.

نکته

به این نوع جهش‌های جانیشینی که سبب می‌شوند، پس از رونویسی، یک رمزه معنی‌دار به یک رمزه پایان (برعکس) ترجمه تبدیل شود، جهش بی‌معنا (ایبر) رمزه پیرایه گفته می‌شود. در این حالت طول رشته پلی‌پپتیدی کاهش می‌یابد.

- (۴) جانیشینی C با T یا G در (د): جهش (ر) در رمز ATC رخ داده است. این رمز، الگوی کدون پایان UAG بوده است و محل پایان پروتئین‌سازی را نشان می‌دهد. اگر در قسمت (ر) به جای C، باز آلی T قرار گیرد، سبب تبدیل رمز ATC به ATT می‌شود. در اثر رونویسی ATT، کدون UAA ایجاد می‌شود که باز هم یک کدون پایان است و تغییری در ترجمه یا پروتئین‌سازی ایجاد نمی‌کند، پس یک جهش خاموش است. اگر در قسمت (ر) رمز ATC به ATG تبدیل شود، یعنی کدون پایان UAG به کدون معنی‌دار UAC تبدیل شده است که مربوط به یک آمینواسید می‌باشد. در این صورت ترجمه ادامه می‌یابد و رمزهای جلوتر نیز حالا ترجمه شده و طول رشته پلی‌پپتید تا رسیدن به کدون پایان جدید طول‌تر می‌شود که به احتمال زیاد فاقد عملکرد خواهد شد.
- (۵) جانیشینی A با C در (ه): در بین دو ژن، توالی‌های بین ژنی وجود دارند که مورد رونویسی و ترجمه قرار نمی‌گیرند، پس جهش در آن‌ها سبب تغییری در فرد نمی‌شود و به عنوان جهشی بی‌اثر یا خنثی معرفی می‌شود.
- (۶) جانیشینی C با T در (و): این جهش در قسمت راه‌انداز رخ داده است. می‌دانید که جهش در بخش تنظیم‌کننده یک ژن (مثلاً راه‌اندازی افزایشی)، تغییری در نوع ساختار mRNA و پروتئین حاصله ایجاد نمی‌کند ولی مقدار رونویسی و پروتئین‌سازی از آن ژن را می‌تواند تغییر دهد چون می‌تواند شناسایی راه‌انداز توسط رنابسپاراز و عوامل رونویسی را دچار اختلال کند.
- (۷) جهش جانیشینی T به جای A در (ز): در این حالت در ژن دوم رمز AGG به رمز TGG تبدیل می‌شود، یعنی کدون UCC به ACC تبدیل شده است. دقت کنید که هرگونه تغییر جانیشینی در نوکلئوتیدهای اول یا دوم یک کدون، قطعاً سبب تغییر در نوع آمینواسید و نوع پروتئین حاصله می‌شود که به آن جهش دگرمعنا گفته می‌شود. (به طور کلی این نوع جهش در اثر تبدیل نوکلئوتید معنی‌دار به هم و مربوط به نوع آمینواسید مختلف رخ می‌دهد.)

نکته

برحسب متن کتاب درسی، جهش‌های جانیشینی در ژن، سبب تغییر در محصول رونویسی می‌شوند ولی چارچوب خواندن دنا، رنا و طول محصول را تغییر نمی‌دهند. البته فقط در برخی حالات نادر اگر محل آغاز و پایان رونویسی تغییر کند، می‌توان تغییر در طول رنا را نیز مشاهده کرد.

● (ب) جهش‌های کوچک نوکلئوتیدی از نوع حذف و اضافه

در این نوع جهش‌ها، یک یا چند نوکلئوتید به رشته الگوی DNA اضافه یا از آن کم می‌شود. در این حالت نیز ابتدا باید نوع mRNA را به دست بیاورید و با مقایسه حالت عادی با حالت بعد از جهش پی به تغییرات ممکن ببرید. البته چون رمزها یا کدون‌ها ۳ حرفی می‌باشند، در این نوع جهش هر تغییری می‌تواند یک اثر ویژه روی خواندن کدون‌ها و ترجمه آن‌ها داشته باشد. در فارسی اگر ۴ کلمه ۳ حرفی [این برگ زرد است] را به صورت ۴ کدون ۳ حرفی در نظر بگیریم، در صورت جانیشینی (گ) با (م) جمله به صورت [این برف زرد است] درمی‌آید که باز هم می‌تواند در برخی موارد معنی داشته باشد ولی اگر یک حرف (i) بین [این] و [برگ] اضافه کنیم، دیگر رمزها به صورت [این ابر گزر داست] می‌شود که جمله کلاً بی‌معنی می‌شود و از جایی که جهش ایجاد شده است دیگر چارچوب یا روش خواندن ۳ تا ۳ تایی رمزها تغییر می‌کند. مثلاً اگر دو حرف (ر) و (گ) پشت سر هم را حذف کنیم، رمزهای جمله به صورت [این بزر داست] می‌شود که باز هم چارچوب خواندن جمله عوض می‌شود. دقت کنید که عوض شدن چارچوب خواندن، فقط مربوط به نوع و طریقه خواندن رمزهای DNA یا mRNA رونویسی شده می‌باشد و ربطی به اثر جهش بر پروتئین‌سازی ندارد.

نکته

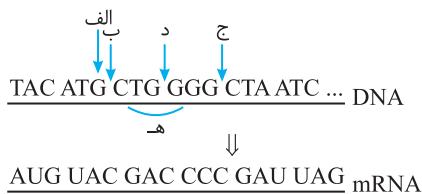
اگر در مثال جمله [این برگ زرد است] سه حرف [زرد] یا [برگ] حذف شود در این صورت جمله به صورت [این برگ است] یا [این زرد است] تبدیل می‌شود که فقط یک کلمه یا رمز آن حذف شده است ولی چارچوب خواندن سایر رمزها (ایس، برگ، است) بی‌تغییر است.

اگر هم مثلاً سه حرف (ی - ن - ب) که پشت سر هم می‌باشند اما مربوط به یک رمز نیستند، نیز حذف شوند در این صورت جمله به صورت [ارگ زرد است] درمی‌آید که رمز اول جدید است ولی تغییری در چارچوب خواندن دو رمز آخر آن‌ها ایجاد نشده است. دقت کنید که در این مثال نیز نوع جمله یا پروتئین حاصل عوض شده است ولی چارچوب خواندن سایر رمزها یا کدون‌ها به‌طور کلی تغییر نکرده است. در هر صورت دقت کنید که تغییر در چارچوب خواندن، یعنی از آنجایی که تغییر داده‌ایم تا آخر ژن و توالی، ترتیب خواندن سه تا سه‌تای نوکلئوتیدها عوض شوند.

نکته: اگر در جهش‌های حذف و اضافه نوکلئوتیدی، یک یا دو نوکلئوتید در DNA کم یا زیاد شود، چارچوب خواندن رمزها تغییر می‌کند و نوع پروتئین نیز عوض می‌شود ولی اگر سه یا مضربی از سه عدد نوکلئوتید در مجاور هم کم یا زیاد شوند، چارچوب کلی خواندن DNA و mRNA تغییر نمی‌کند ولی نوع پروتئین حاصله باز هم به احتمال زیاد تغییر می‌کند.

انواع اثر جهش حذف و اضافه نوکلئوتید در DNA

باز هم این موارد را با ذکر یک توالی فرضی مقابل انجام می‌دهیم (نکات مهم در بررسی تست‌ها).



۱) حذف نوکلئوتید G در (الف) یا اضافه شدن A در (ب): اگر نوکلئوتید G را در قسمت (الف) حذف کنیم، مثل این است که باز آلی C را در mRNA حذف کرده‌ایم، اولاً که چارچوب خواندن رمزها در DNA و mRNA تغییر می‌کند و ثانیاً در کدون آغاز AUG و ترجمه متیونین آن، به جای کدون معنی‌دار UAC، کدون UAG می‌آید که یک کدون پایان است و دیگر ترجمه‌ای صورت نمی‌گیرد.

اگر در قسمت (ب) نیز باز آلی A اضافه کنیم، چارچوب خواندن را عوض کرده‌ایم و در mRNA حاصله نیز بعد از رمز AUG و UAC و ساخت دی‌پپتید از روی آن‌ها، یک کدون UGA به وجود می‌آید که رمز پایان است و دیگر ترجمه ادامه نمی‌یابد. (A اضافه شده در mRNA به صورت U رونویسی می‌شود. پس تغییر در طول رشته پلی‌پپتید در هر دو نوع جهش کوچک جانشینی و تغییر تعداد، محتمل است.)

۲) اضافه کردن دو نوکلئوتید AC در (ج): در این حالت بعد از ۴ کدون اول که دست نخورده بوده‌اند رمزهای CTA و ATC به صورت ACC، TAA و TC درمی‌آید که کلاً چارچوب خواندن در mRNA و DNA و نوع پروتئین عوض می‌شود.

۳) اضافه شدن AAA در (د): در این صورت یک رمز و یک کدون بین رمز سوم و چهارم اضافه می‌شود و یک آمینواسید به رشته افزوده می‌شود ولی چارچوب خواندن سایر رمزها تغییر نمی‌کند.

۴) حذف TGG در (ه): اگر TGG را حذف کنیم، دو رمز اول TAC و ATG تغییر نمی‌کنند ولی رمز سوم و چهارم از CTG و GGG به یک رمز CGG عوض می‌شود و دوباره سایر رمزها بدون تغییر در چارچوب خواندن باقی می‌مانند. پس چارچوب خواندن mRNA را تغییر نمی‌دهد.

۵) در حل تست‌ها و سؤالات جهش نوکلئوتیدی، ابتدا توالی DNA و mRNA را قبل از جهش و سپس بعد از جهش بنویسید. در آخر به دنبال تغییرات از کدون آغاز تا پایان ترجمه یا رمزهای DNA بگردید. البته در تست‌هایی که در آخر این گفتار می‌آید با تنوع این تغییرات و تست‌ها آشنا خواهید شد.

۶) جهش تغییر در چارچوب می‌تواند سبب تغییر در طول رنا و محصول شود.

۷) جهش‌های کوچک از هر نوعی که باشند را نمی‌توانیم از روی کاریوتیپ افراد، تشخیص دهیم.

(قلم‌چی)

تست ۲ چند مورد جمله زیر را به نادرستی کامل می‌کند؟

«هر جهشی که در بخش الگوی ژن مربوط به میوگلوبین ایجاد شود، قطعاً روی اثر می‌گذارد.»

- | | |
|---|---|
| الف) فعالیت ذخیره اکسیژن توسط پروتئین | ب) ساختار رنای پیک وارد شده به سیتوپلاسم |
| ج) توالی نوکلئوتیدی عامل تعیین‌کننده توالی رنای پیک | د) توالی‌های پادرمزۀ وارد شده به رناتن برای ترجمه |
| ۱) ۱ مورد | ۲) ۲ مورد |
| ۳) ۳ مورد | ۴) ۴ مورد |

پاسخ ۳ فقط مورد (ج) صحیح است.

تله‌های تستی (الف): جهش‌های خاموش تأثیری در فعالیت پروتئین ندارند. / ب و د) ممکن است جهش سبب تغییر میانه‌ها شود و تأثیری بر رنای بالغ نداشته باشد و یا حتی این جهش در یک یاخته پوستی رخ دهد و هیچ‌وقت ژن‌های تولید میوگلوبین آن، بیان نشوند. / ج) عامل تعیین‌کننده توالی رنای پیک، توالی نوکلئوتیدی دناست که در پی هر نوع جهش، توالی دنا قطعاً تغییر می‌کند.

(قلم‌چی)

تست ۳ کدام گزینه عبارت زیر را به‌طور صحیح کامل می‌کند؟

«هر جهش کوچکی که سبب کاهش طول رشته پلی‌پپتید حاصل از یک ژن شود، به‌طور قطع»

- | | |
|---|---|
| ۱) با تغییر طول ماده وراثتی همراه نیست. | ۲) یک جهش بی‌معنا حساب می‌شود. |
| ۳) با ایجاد رمزه پایان زودرس در توالی ژن همراه است. | ۴) با کاهش تولید آب هنگام فعالیت رناتن همراه است. |

کاهش طولی پلی‌پپتید به معنی ایجاد پیوند پپتیدی کمتر برای ساخت پلی‌پپتید است. در نتیجه به دلیل پیوند پپتیدی کمتر، آب کمتری هم بر اثر سنتز آبدی تولید می‌شود.

پاسخ ۴

تله‌های تستی (۱): جهش تغییر در تعداد از نوع حذف و اضافه هم می‌تواند با ایجاد رمزه پایان زودرس همراه باشد. / گزینه (۲): براساس شکل کتاب، جهش بی‌معنا صرفاً برای جهش جانشینی در نظر گرفته شده است، اما جهش تغییر چهارچوب هم می‌تواند سبب کاهش طول پلی‌پپتید شود. / گزینه (۳): رمزه در mRNA قرار دارد، نه در ژن.

تست ۴ کدام گزینه عبارت «هر جهش» را به درستی تکمیل می‌کند؟

- (۱) جانشینی در DNA، باعث تغییر در توالی یک RNA می‌شود.
 - (۲) تغییر چارچوب، با شکستن پیوند اشتراکی در ماده وراثتی همراه است.
 - (۳) جانشینی خاموش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگر همان آمینواسید تبدیل کرده است.
 - (۴) تغییر چارچوب که درون یک ژن رخ داده است، توسط رنابسپاراز ۲ رونویسی می‌شود.
- تغییر در چارچوب در اثر تغییر در تعداد نوکلئوتید رخ داده است که با شکستن پیوند فسفودی‌استر برای اضافه یا کاهش نوکلئوتید همراه بوده است.

پاسخ ۲

در گزینه (۳) دقت کنید که ممکن است این جهش بی‌اثر در تغییر دو رمز بی‌معنی رخ داده باشد و در گزینه (۴) ممکن است جهش در یاخته پروکاریوت باشد و با رنابسپاراز پروکاریوتی رونویسی شود (یا اصلاً رمز هر ژن، همراه رنابسپاراز یک بزرگ). در مورد رد گزینه (۱) نیز جهش در توالی‌های تنظیمی مثل راه‌انداز که رونویسی نمی‌شوند را در نظر بگیرید.

۲ جهش‌های بزرگ (کروموزومی)

تا اینجا به بررسی جهش‌های کوچک پرداختیم و متوجه شدیم که این جهش‌ها روی یک یا چند نوکلئوتید در یک کروموزوم تأثیر دارند ولی گاهی ساختار قسمتی از یک کروموزوم که حاوی چندین ژن می‌باشد یا کل یک یا چند کروموزوم در اثر اشکال در تقسیم یاخته تغییر پیدا می‌کنند. این جهش‌ها از نوع بزرگ یا کروموزومی (جهش خام‌تنج) هستند. اغلب این جهش‌ها را می‌توان با مشاهده کاریوتیپ افراد مشاهده کرد. این جهش‌ها به دو نوع تغییر در تعداد کروموزوم (ناهنجاری عددی) و تغییر در ساختار کروموزوم (ناهنجاری ساختاری) تقسیم می‌شوند که در هر دو مورد غالباً سبب مرگ در تخم حاصله می‌شوند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- (۱) اگر جهش در تخم یک جاندار رخ دهد و تخم از بین نرود، این جهش در همه یاخته‌های پیکری بدن پخش می‌شود.
- (۲) اگر جهش در یاخته‌های جنسی (گامت‌ها یا یاخته‌های سزنده آن‌ها) رخ دهد، ممکن است به نسل بعد منتقل شود چون باید ببینیم آن گامت در لقاح شرکت کرده است یا نه! البته دقت کنید که مثلاً جهش در ژن‌های میتوکندری اسپرم‌ها، هیچ‌گاه به نسل بعد انسان منتقل نمی‌شود چون فقط سر اسپرم وارد تخمک یا اووسیت می‌شود و هر ژن سیتوپلاسمی فرزند از تخمک تأمین می‌شود.
- (۳) جهش در یاخته‌های غیرجنسی (بیکری) سبب باقی ماندن جهش در بدن خود فرد می‌شود ولی به نسل بعد منتقل نمی‌شود. در این حالت جهش ممکن است روی جسم و ظاهر خود فرد تأثیر داشته باشد.
- (۴) جهش‌ها به‌طور مستقیم در ایجاد رنا و پروتئین و به‌طور غیرمستقیم در تولید قند و لیپیدها مؤثرند.

انواع جهش‌های بزرگ

الف) تغییر در تعداد کروموزوم (ناهنجاری عددی)

همان‌طور که در زیست یازدهم خواندید، در برخی مواقع در اثر جدا نشدن کروموزوم‌ها در مراحل آنافاز تقسیم‌ها، در یاخته‌های حاصله تعدادی کروموزوم غیرطبیعی ایجاد می‌شود. اگر این تقسیم نادرست در میوز رخ دهد و گامت حاصله در لقاح شرکت کند، آن موقع تخمی و سپس در صورت بقای تخم، فرزندی با عدد کروموزومی غیرعادی ایجاد می‌شود. شایع‌ترین حالت را در سندرم داون می‌بینیم که تریزومی ۲۱ دارند، یعنی یک کروموزوم ۲۱ از افراد عادی، بیشتر دارند. این افراد که درجات مختلفی از عقب‌افتادگی ذهنی و جسمی دارند، ۴۵ کروموزوم غیرجنسی به همراه یک جفت کروموزوم جنسی XX یا XY دارند یعنی ۴۷ کروموزومی هستند (این اشکال اغلب در اثر سن بالا مادر و ایجاد تخمک با ۲۴ کروموزوم ایجاد می‌شود). به اختلاقی که در اثر کم یا زیاد شدن یک یا تعدادی کروموزوم در افراد صورت می‌گیرد جهش بزرگ از نوع ناهنجاری عددی گفته می‌شود (مثل سندرم داون). این جهش‌ها را به راحتی می‌توانیم از روی کاریوتیپ افراد و جنین‌ها تشخیص دهیم.

تست ۵

اگر طی میوز ۱ اووسیت اولیه‌ای، جفت کروموزوم‌های ۲ و ۲۳ دچار جدا نشدن کروموزومی شود و گامت حاصله با یک اسپرم طبیعی لقاح کند،

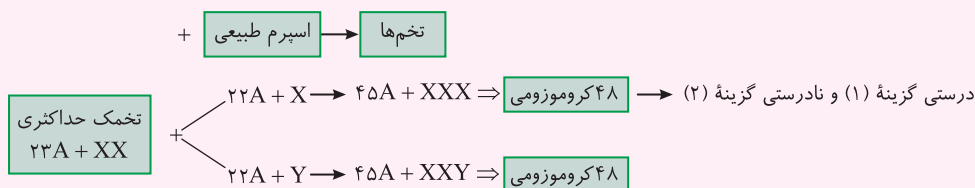
- (۱) حداکثر کروموزوم تخم حاصله ۴۸ عدد به همراه ۳ کروموزوم X می‌باشد.
 - (۲) تخم آن‌ها حداکثر دو کروموزوم X دارد.
 - (۳) حداقل ۴۴ کروموزوم حاوی یک X در تخم دیده می‌شود.
 - (۴) نمی‌توان تخمی با ۴۶ کروموزوم در آن‌ها مشاهده کرد.
- A در این پاسخ نشان دهنده کروموزوم غیرجنسی (توزوم) می‌باشد.

پاسخ ۱

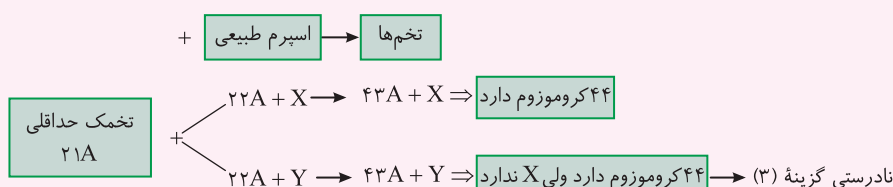
دقت کنید که اسپرم طبیعی است پس یا $(22A+X)$ دارد و یا $(22A+Y)$ دارد. تخمک آن‌ها در میوز ۱ دچار جدا نشدن دو جفت کروموزوم شده است و حداکثر گامتی با دو کروموزوم اضافی یکی در کروموزوم‌های غیرجنسی (جفت ۲) و یکی در Xها (جفت ۲۳) دارد. حداقل تعداد کروموزوم، در حالتی است که این دو کروموزوم به آن گامت نرسد یعنی ۲۱ کروموزومی و بدون کروموزوم جنسی شود و حداکثر کروموزوم تخمک، در حالتی است که به جای ۲۳ کروموزوم، دارای ۲۵ کروموزوم و با دو کروموزوم جنسی X شود.

در این صورت:

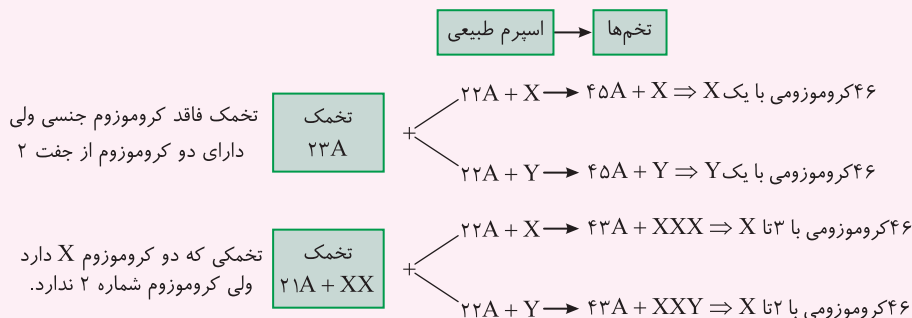
الف) اگر تخمکی با حداکثر کروموزومها لقاح کند:



ب) اگر تخمکی با حداقل کروموزومها لقاح کند:



ج) اگر در مرحلهٔ آنافاز برای تولید تخمک، هر دو کروموزوم جفت ۲ به یک سمت و هر دو کروموزوم جفت ۲۳ به سمت قطب دیگر بروند در این صورت تخمک حاصله، دو نوع خواهد بود که هر دو ۲۳ کروموزوم دارند ولی یکی دارای یک کروموزوم غیرجنسی بیشتر می‌باشد و فاقد کروموزوم جنسی است و دیگری دو کروموزوم X دارد ولی کروموزوم جفت ۲ ندارد که با لقاح آن‌ها با اسپرم طبیعی، تخم‌های ۴۶ کروموزومی ایجاد می‌شوند (نادرستی گزینه (۴)).



ب) تغییر در ساختار کروموزوم (ناهنجاری ساختاری)

در این نوع جهش‌های بزرگ، قسمتی از یک یا چند کروموزوم دچار تغییراتی در ساختار خود می‌شوند ولی تعداد کروموزوم هر یاخته با یاخته عادی تفاوتی ندارد. این جهش‌ها به ۴ نوع تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه آن‌ها را بررسی می‌کنیم. فرض کنید کروموزوم شماره ۵ انسان، ۷ ژن به صورت $A \ B \ C \ D \ E \ F \ G$ روی خود داشته باشد و کروموزوم شماره ۲۱ دارای ۴ ژن $M \ N \ O \ P$ باشد. حالا می‌خواهیم انواع جهش‌های ساختاری را روی این ژن‌ها و کروموزوم‌های فرضی بررسی کنیم.

● A) جهش کروموزومی حذف (کاهش)

در این حالت قسمتی از یک کروموزوم و ژن‌های آن قطعه حذف می‌شود. این حالت اگر در تخم رخ دهد، غالباً باعث مرگ یاخته می‌شود. مثلاً فرض کنید ژن‌های A و B از کروموزوم شماره ۵ انسان حذف شود و به صورت $C \ D \ E \ F \ G$ دربیاید.

نکته مهم

دقت کنید که حذف در جهش‌های کوچک در اثر از بین رفتن یک یا چند نوکلئوتید در یک ژن یا قسمتی از DNA رخ می‌دهد که با دیدن کاربوتیپ قابل مشاهده نیست در حالی که ممکن است ناهنجاری وخیم ایجاد کند ولی در جهش بزرگ به معنی کاهش برخی ژن‌های یک کروموزوم است که سبب ایجاد ناهنجاری شده و در کاربوتیپ نیز قابل مشاهده می‌باشد. در هر صورت یادتان باشد که اثر جهش روی ظاهر و عمل فرد به شانس و نوع قسمت تغییر یافته بستگی دارد نه اندازهٔ جهش!

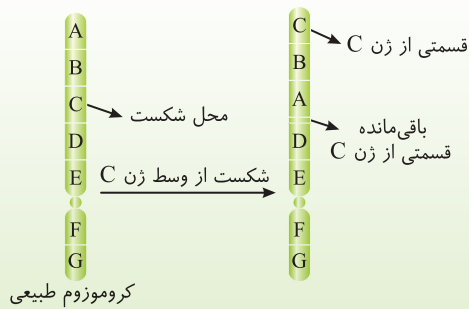
● B) واژگونی

در این حالت قسمتی از یک کروموزوم جدا شده و در جهت برعکس روی خودش و در جایگاه خودش قرار می‌گیرد. در واژگونی تعداد نوکلئوتید آن کروموزوم تغییر نمی‌کند ولی در برخی مناطق دیگر جفت ژن‌های الی روبه‌روی هم قرار ندارند. مثلاً در شکل مقابل در اثر جهش واژگونی در ژن‌های B، C و D کروموزوم شماره ۵، دیگر ژن‌های الی B یا b و D یا d مقابل هم نیستند.



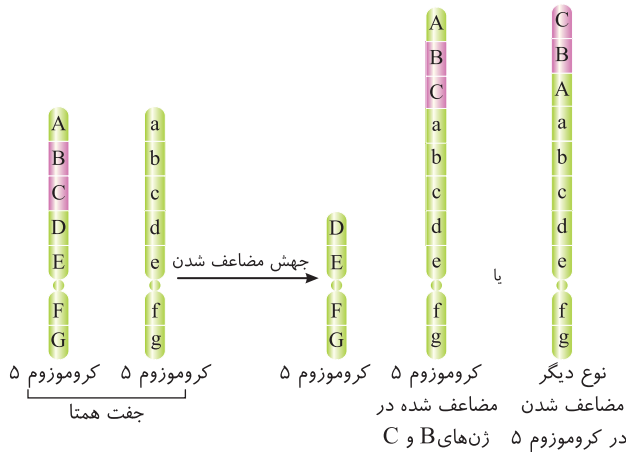
چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- در جهش واژگونی دقت کنید که همواره این‌طور نیست که شکست قطعه دقیقاً از بین دو ژن صورت بگیرد و سپس به صورت وارونه به آن کروموزوم وصل شود. در برخی موارد ممکن است نوکلئوتیدها در قطعه‌ای از وسط یک ژن شکسته شود و دیگر آن ژن در کروموزوم وجود کامل و فعالی نداشته باشد.
- در جهش ساختاری کروموزومی از نوع واژگونی، طول کروموزوم تغییر نمی‌کند (برای همین، ممکن است در بررسی کاروتیپ، این نوع جهش چندان مشخص نباشد).
- اگر جهش واژگونی در محلی رخ دهد که فاقد سانترومر است، ممکن است در کاروتیپ مشخص نشود.



C) مضاعف‌شدگی

اگر قسمتی از یک کروموزوم جدا شود و به کروموزوم همتای خود متصل شود، می‌گوییم جهش مضاعف‌شدگی رخ داده است. در این جهش یک کروموزوم برخی ژن‌ها را ندارد ولی کروموزوم همتای آن از برخی ژن‌ها، دو نسخه یا دو الل دارد. مثلاً در شکل روبه‌رو ژن‌های A، B و C از کروموزوم ۵ جدا شده و به کروموزوم ۵ همتای خود متصل شده است.

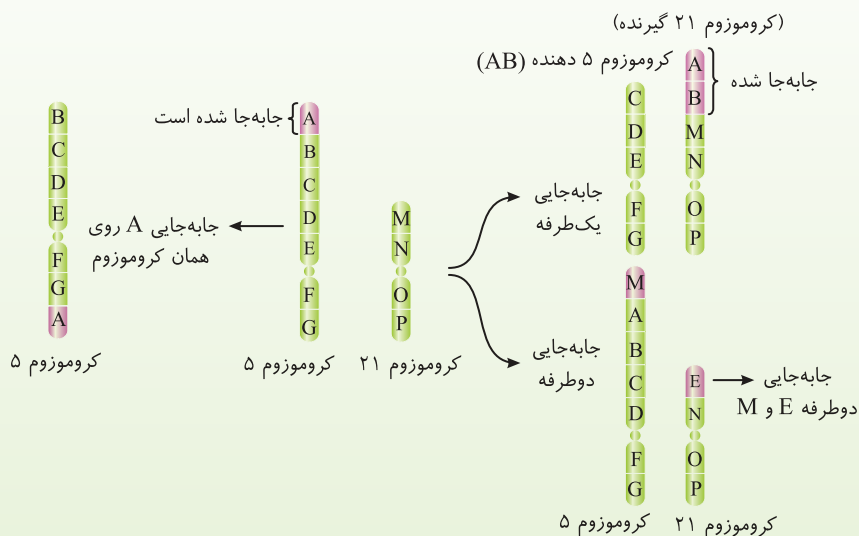


D) جابه‌جایی

در این حالت قطعه‌ای از یک کروموزوم جدا می‌شود و به کروموزوم غیرهمتا یا به قطعه‌ای از کروموزوم خود متصل می‌شود. مثلاً انتقال هر قسمتی از کروموزوم جنسی به کروموزوم‌های غیرجنسی یا بالعکس را جابه‌جایی می‌گویند که می‌تواند دوطرفه نیز باشد.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- دقت کنید که در جابه‌جایی، قطعه جدا شده نباید به کروموزوم همتا وصل شود (در این صورت جهش، مضاعف‌شدگی است). یعنی اگر قطعه جدا شده به همان کروموزوم و یا به کروموزوم‌های غیرهمتا وصل شود، از نوع جابه‌جایی می‌باشد.
- تفاوت جهش جابه‌جایی در همان کروموزوم، با جهش واژگونی در این است که در نوع واژگونی، محل جهش همان محل قبلی است که ردیف ژن‌ها برعکس شده‌اند ولی در جابه‌جایی این تغییر در محل دیگری از همان کروموزوم رخ داده است.



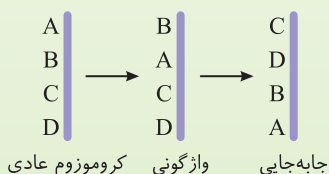
هر کروموزوم می‌تواند در طول خودش جهش واژگونی یا جابه‌جایی انجام دهد. که در این دو حالت تغییری در طول کروموزوم ایجاد نمی‌شود.

به دلیل وجود جفت کروموزوم همتای X در زنان ولی غیرهمتا بودن Y و X در مردان، احتمال بروز جهش مضاعف‌شدگی در زنان از مردان بیشتر است.

در مردان اگر هر قسمتی از کروموزوم‌های X یا Y به هر کروموزوم دیگر برود، جهش جابه‌جایی رخ داده است.

در همه این جهش‌ها نسبت پورین به پیریمیدین در دنا تغییر نمی‌کند.

دقت کنید که اگر قسمتی از یک کروموزوم جدا شد و به صورت برعکس به همان توالی کروموزومی خودش متصل شد، به این جهش، واژگونی می‌گویند ولی اگر قسمتی از یک کروموزوم جدا شد و به قسمتی دیگر از همان کروموزوم متصل شد، این جهش از نوع جابه‌جایی می‌باشد که در این دو حالت، طول کروموزوم، تغییر نمی‌کند.



تست ۶

هر کروموزوم یاخته پیکری زنان همانند مردان با کروموزوم می تواند جهش برقرار کند.

- (۱) جنسی - ۴۴ - غیر جنسی - جابه جایی
(۲) غیر جنسی - ۴۴ - جنسی و غیر جنسی - جابه جایی
(۳) غیر جنسی - ۱ - غیر جنسی - مضاعف شدگی
(۴) جنسی - ۲ - جنسی - مضاعف شدگی

پاسخ ۱

در زنان ۴۶ کروموزوم وجود دارد که همگی دو به دو همتا می باشند چون دو کروموزوم همتای X دارند. مردان در ۴۴ کروموزوم غیر جنسی خود همانند زنان می باشند و همگی دو به دو همتا هستند ولی جفت جنسی آنها XY و غیر همتا می باشد. هر کروموزوم جنسی یا X در زنان با ۴۴ کروموزوم غیر جنسی یا ۲۲ نوع کروموزوم غیر جنسی یا با خودش می تواند جهش جابه جایی انجام دهد و فقط با یک کروموزوم X همتای خود می تواند جهش مضاعف شدگی برقرار کند. در مردان هر کروموزوم جنسی X یا Y با ۴۶ کروموزوم جنسی و غیر جنسی (حق به خورش) دیگر می تواند جهش جابه جایی برقرار کند ولی امکان برقراری جهش مضاعف شدگی ندارند چون جفت همتا در کروموزوم های جنسی خود ندارند.

نکته: هر کروموزوم غیر جنسی در مردان و زنان می تواند با یک کروموزوم همتای خود جهش مضاعف شدگی و با ۴۴ کروموزوم غیر جنسی و جنسی دیگر که همتا نمی باشد به علاوه با کروموزوم خودش جهش جابه جایی انجام دهد (دلیل درستی گزینه (۱) و نادرستی سایر گزینه ها).

تست ۷

در بررسی انواع جهش های بزرگ در انسان می توان گفت، هر جهشی که موجب شود قطعاً (قلم چی)

- (۱) حذف تعدادی ژن از فام تن - موجب مرگ یاخته جهش یافته خواهد شد.
(۲) بروز تغییر در کاریوتیپ - موجب تغییر در تعداد یا اندازه فام تن ها می شود.
(۳) عدم تغییر تعداد ژن های فام تن - در کاریوتیپ قابل تشخیص دادن نیست.
(۴) افزایش نسخه های یک ژن در فام تن اسپرمتوسیت اولیه - در همه یاخته های جنسی حاصل از آن دیده نمی شود.

پاسخ ۴

جهش مضاعف شدن موجب می شود تا بخشی از ژن های یک فام تن جدا شده و به فام تن همتا متصل شود. در این حالت فام تن همتا از آن ژن ها دارای دو نسخه خواهد بود. این نوع جهش در نیمی از یاخته های جنسی حاصل از یک اسپرمتوسیت اولیه دیده می شود. چون نیمی دیگر از یاخته های جنسی، جهش حذف را نشان می دهند.

تله های تستی: گزینه (۱): جهش حذف غالباً منجر به مرگ یاخته جهش یافته می شود، نه همیشه. (البته حذف ژن از کروموزوم مربوط به نوع جابه جایی و مضاعف شدگی هم می شود). / گزینه (۲): اگر جهش واژگونی یا جابه جایی از نوع درون فام تنی، جای سانترومر را در فام تن تغییر دهند، امکان دارد در کاریوتیپ قابل تشخیص باشد. همان طور که می دانید در این نوع جهش تعداد و اندازه فام تن ها تغییری نمی کند. / گزینه (۳): جهش واژگونی و جهش جابه جایی که در یک فام تن رخ دهد، امکان دارد تعداد ژن های فام تن را عوض نکند. همان طور که در توضیح گزینه (۲) گفته شد، جهش واژگونی در شرایطی در کاریوتیپ قابل تشخیص است.

پیامد یا اثر جهش ها بر عملکرد یاخته و محصول

در این قسمت می خواهیم بررسی کنیم که جهش چه تأثیری بر عملکرد محصولات خود می گذارد و این تأثیرات به چه عواملی بستگی دارد. می دانیم که ژن های زیادی روی هر کروموزوم جاندار وجود دارد که از روی آن ها طی رونویسی ابتدا RNA ها ایجاد می شوند و از روی mRNA ها نیز رشته های پلی پپتیدی و پروتئین ها تولید می شوند تا کار یاخته و بدن جاندار را انجام دهند. در یاخته ها، بین ژن ها توالی های خاصی به نام **توالی بین ژنی** نیز وجود دارد که بخش های تنظیمی و غیر تنظیمی در آن قرار دارد. اگر جهش روی آن ها انجام شود، قطعاً در نوع پروتئین اختلالی ایجاد نمی کند. در اینجا ابتدا باید به تعریف ژنوم (ژنوم) بپردازیم که بسیار نیز در تست ها کاربرد دارد.

تعریف ژنوم (ژنگان)

به کل محتوای ژنتیک یک جاندار یا گونه، ژنوم می گویند. ژنوم مجموعه ژن ها، توالی های بین ژنی (تنظیم و غیر تنظیمی) و کل قسمت های روی DNA موجود در هسته و سیتوپلاسم اطلاق می شود. **محتوای ژنوم، دو قسمت محتوای ژنتیکی هسته و محتوای ژنتیکی سیتوپلاسم دارد.** محتوای ژنتیکی سیتوپلاسم یک جاندار در DNA میتو کندری و پلاست آن به صورت یک DNA حلقوی قرار دارد ولی محتوای ژنتیکی ژنوم در هسته جاندار در n نوع کروموزوم غیر جنسی (غیر همتا) و هر دو نوع کروموزوم جنسی X و Y قرار دارد. مثلاً ژنوم هسته ای انسان، درون ۲۲ کروموزوم غیر جنسی و کروموزوم های جنسی X و Y وجود دارد. دقت کنید که چون هر جفت کروموزوم همتا، حاوی انواع ژن های مشابه با دستور العمل متفاوت می باشند برای بررسی جایگاه ژن ها در ژنوم، نیاز نیست که هر دو کروموزوم همتا بررسی شود. اگر هر کدام از کروموزوم های یک جفت کروموزوم همتا را بررسی ژنی کنیم، مانند این است که هر دو کروموزوم همتا را بررسی جایگاه ژنی کرده ایم. در حقیقت ما در بررسی ژنوم، دنبال بررسی نوع فعالیت ژن ها و توالی ها نیستیم بلکه فقط می خواهیم ببینیم مثلاً در طول کروموزوم ۱ در هر محل، چه ژن یا توالی تنظیمی یا غیره وجود دارد.

چند نکته مهم در بررسی تست ها

① اگر یک گونه جانوری دارای یاخته پیکری $2n=10$ باشد، می دانیم که ۸ کروموزوم غیر جنسی و ۲ کروموزوم جنسی X و Y وجود دارد. پس باید ۴ کروموزوم غیر جنسی و دو نوع کروموزوم جنسی X و Y را برای ژنوم هسته ای آن گونه بررسی کنیم. البته چون گونه جانوری مدنظر بوده است پس باید یک DNA موجود در میتو کندری را نیز برای ژنوم سیتوپلاسمی این گونه بررسی کنیم.

② در قارچ ها و سایر گونه هایی که پیکر آن ها از یاخته های هاپلوئید ایجاد شده اند باید همه کروموزوم های هسته ای را برای بررسی ژنوم هسته ای آن ها حساب کنیم چون این جانداران فاقد کروموزوم همتا هستند.

③ در گیاهان و برخی آغازیان مثل جلبک ها، ژنوم را علاوه بر هسته و میتو کندری، در ژن های کلروپلاست نیز بررسی می کنیم.

④ مثلاً از بررسی توالی های مختلف در اسپرمتوگونی یک مرد می توانیم به بررسی کل ژنوم انسان های روی کره زمین بپردازیم ولی در زنان چون فاقد کروموزوم Y هستند نمی توان ژنوم کامل انسان ها را از آن ها به دست آورد.

تست ۸ برای پیدا کردن ژنگان انسان‌ها داشتن حداقل کدام یک مورد نیاز است؟

- (۱) یک اسپرم و یک تخمک
(۲) دو نوع اسپرم (یکی دارای X و یکی دارای Y)
(۳) دو نوع اسپرم و یک تخمک
(۴) یک اووسیت اولیه یا اووگونی

پاسخ ۲ ردیابی ژنگان (ژنوم)، حُب بریم سر وقت نکته‌ها:

- برای اینکه ژنگان گونه‌ای یوکاریوتی را پیدا کنیم، باید محل تمام ژن‌ها، توالی‌های بین‌ژنی و تنظیمی هسته و تمام آن‌ها را در میتوکندری و کلروپلاست (در صورت رجوع) سیتوپلاسم ردیابی کنیم. از طرفی برای ردیابی ژنگان هسته باید از **یاخته XY** استفاده کنیم که **هر دو نوع فام‌تن جنسی** را داشته باشد. البته بدانید که از هر جفت همتا در کروموزوم‌های غیرجنسی، ردیابی **یکی از آن‌ها** کافی است. پس برای ردیابی **ژنگان هسته در جاندار** $2n$ **فام‌تنی، باید** $(n+1)$ ، فام‌تن **خطی** ردیابی شوند ولی در سیتوپلاسم، یک فام‌تن حلقوی مربوط به میتوکندری و شاید یکی مربوط به کلروپلاست می‌باشد.
- مثلاً برای ردیابی ژنگان جاندار $2n$ و فتوسنتز کننده که حاوی دو نوع فام‌تن جنسی باشد و $2n=48$ است باید ژن‌های هسته را $(n+1)$ یعنی در ۲۵ فام‌تن و دو تا هم برای میتوکندری و کلروپلاست یعنی در ۲۷ فام‌تن ردیابی کرد.
- در جاندارانی که **هاپلوئیدند** مثل قارچ‌ها، برخی جلبک‌ها (اسپروریز) و زنبور نر همه فام‌تن‌های هسته باید ردیابی شوند، چون همان‌طور که می‌دانید جفت فام‌تن همتا وجود ندارد. (راستی یازدهم جیش مضاعف‌شده در این جانداران ایبار نمی‌شود؟! به نهمی مگه فام‌تن هسته دارد که تکثیر بشما)
- در مورد این پرسش برای **پیدا کردن ژنگان انسان باید از دو نوع اسپرم که یکی X و دیگری Y دارد** استفاده کرد، چون در قطعه میانی آن هم ژنگان میتوکندری وجود دارد ولی تخمک انسان همیشه فاقد Y است و ردیابی کاملی از ژنگان انسان نمی‌دهد.
- دلیل نادرست بودن گزینه (۱) این است که ممکن است اسپرم نیز مانند تخمک، فام‌تن X داشته باشد و سر Y بی‌کلاه می‌مونه.
- دقت کنید گزینه (۳) در مورد واژه **حداقل**، رد می‌شود.

تأثیر محل وقوع جیش در پیامد جیش

با توجه به تعریف ژنوم، فکر کنم متوجه شدید که فرق **ژن و ژنوم** چیست. دوستان عزیز دوباره تکرار می‌کنم که **ژن‌ها بخشی از ژنوم می‌باشند**. مثلاً در ژنوم، توالی‌های بین ژنی (مثل راه‌انداز، افزاینده، بخش‌های بین‌آن‌ها، اپراتور...) نیز وجود دارد. توالی‌های مربوط به عمل ژن‌ها شامل دو قسمت می‌باشند، یکی بخش تنظیمی مثل راه‌انداز و افزاینده که رونویسی نمی‌شوند ولی مقدار و میزان رونویسی و ساخت پروتئین را مشخص می‌کنند، این بخش در قسمت بین ژنی قرار دارد و دیگری خود **ژن (در واقع ژن)** می‌باشد که بخشی است که mRNA و پروتئین از روی آن ساخته می‌شوند.

- (۱) اثر آن بستگی به محل وقوع جیش و نوع جیش دارد.
 - (۲) سبب تغییر در توالی رنای حاصل از رونویسی آن می‌شود.
 - (۳) در صورت تغییر در رنای پیک، در **بیشتر موارد** روی **نوع پروتئین** نیز اثر می‌کند.
 - (۴) اگر روی **جایگاه فعال** آنزیم اثر کند، احتمال تغییر عملکرد آنزیم **بسیار زیاد** است.
 - (۵) اگر روی مناطق **دور** از جایگاه فعال آنزیم رخ دهد و روی عمل آنزیم تأثیر نداشته باشد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم و یا حتی صفر می‌شود.
 - (۶) از نوع جیش‌های **کوچک** جانشینی یا حذف و اضافه (**برزگ و کوجک**) می‌باشد.
 - (۷) می‌تواند روی اینترون‌ها رخ دهد که در پروتئین‌سازی تأثیرگذار نمی‌باشد.
- انواع محل اثر جیش در ژنوم**
- جیش در توالی‌های ژن**
 - (۱) می‌تواند جیش در **راه‌انداز** یا توالی **افزاینده** یا پروکاریوت‌ها در اپراتور و جایگاه فعال کننده باشد.
 - (۲) بر **نوع RNA** و پروتئین ایجاد شده اثری ندارد.
 - (۳) بر **مقدار** ساخت RNA (**رونویسی**) و ترجمه پروتئین می‌تواند تأثیر بگذارد.
 - (۴) جیش در راه‌انداز می‌تواند سبب قوی‌تر شدن یا ضعیف شدن میزان رونویسی و مقدار محصولات شود.
 - (۵) از نوع جیش‌های **کوچک** می‌باشد که می‌تواند شناسایی راه‌انداز را مشکل کند.
 - جیش در توالی‌های بین ژنی**
 - (۱) این جیش‌های **کوچک** در **بین دو ژن** رخ می‌دهد.
 - (۲) بر نوع محصول و مقدار محصول تأثیری ندارد.
 - (۳) جیشی بی‌اهمیت می‌باشد. (از جیش‌های **خشخ می‌باشد**.)
 - جیش در توالی‌های بین ژنی غیرتنظیمی**

- جیش در تخم** ← سبب ورود جیش به همه یاخته‌های پیکری بدن جاندار می‌شود.
- جیش در یاخته جیش یافته**
 - جیش در یاخته گامت‌ساز** ← اگر وارد گامت شود و آن گامت در لقاح شرکت کند، جیش به نسل بعد منتقل می‌شود.
 - جیش در یاخته پیکری** ← **اگر ژن جیش یافته، در آن یاخته بیان شود، آن جیش اثرگذار می‌باشد**. مثلاً اگر جیش در ژن تولید اریتروپویتین در یاخته‌های **کبد و کلیه** صورت گرفته باشد، تولید این ماده در بدن تحت تأثیر قرار می‌گیرد ولی در **یاخته معده** اصلاً ژن تولید اریتروپویتین بیان نمی‌شود و محصول آن به درستی ساخته نمی‌شود.

تست ۹

در پی بروز انواعی از جهش در بدن انسان که در طی آن، تعداد و مکان جایگاه‌های ژنی مربوط به گروهی از صفات در یاخته‌های هسته‌دار بدن تغییر می‌کند، می‌توان گفت

(قلم‌چی)

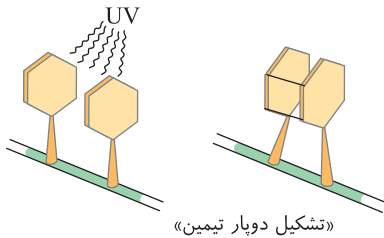
- (۱) همواره در پی وجود برخی عوامل جهش‌زا مانند نوشیدنی‌های الکلی بروز می‌کند.
- (۲) این جهش‌ها همواره از طریق تولیدمثل جنسی به زاده‌ها منتقل می‌شوند.
- (۳) همگی باعث حذف قسمتی از یک فام‌تن و غالباً باعث مرگ جاندار می‌شوند.
- (۴) سبب تغییر در فعالیت پروتئین‌های یاخته می‌شوند.

پاسخ ۴

این جهش‌ها شامل جهش‌های بزرگ (خام‌تنی)، حذفی، مضاعف شدن، جابه‌جایی و جهش‌های عددی می‌شوند که همگی در نهایت باعث تغییر فعالیت یاخته‌ها می‌شوند. این جهش‌ها به علت تغییری که در مادهٔ وراثتی ایجاد می‌کنند، باعث تغییر در پروتئین‌ها و آنزیم‌ها می‌شوند و در نتیجه فعالیت یاخته‌ها را تغییر می‌دهند. (برگ‌گزین ۱) در مورد جهش‌های ژنتیکی و برای برگ‌گزین ۲) می‌توان جهش‌های آک‌ب‌ن را مثال زد.

علت‌های جهش و عوامل جهش‌زا

اگر از فصل اول همانندسازی DNA را به خاطر داشته باشید، گفتیم که این مکانیسم با دقت زیاد توسط آنزیم‌های **هلیکاز و دناپاراز** صورت می‌گیرد و اگر اشتباهی نیز رخ دهد، آنزیم **دناپاراز** آن را **ویرایش** می‌کند. در برخی موارد نادر، در حین همانندسازی خطای ایجاد شده **پایدار** می‌ماند و **جهش تثبیت می‌شود**. جهش می‌تواند علاوه بر این، در اثر عوامل جهش‌زای **بسیار متنوعی** رخ دهد که بیشتر زمینه **محیطی** دارد و به دو نوع عوامل جهش‌زای **فیزیکی** یا **شیمیایی** تقسیم می‌شود.



- (۱) در اثر پرتوهایی مانند اشعهٔ فرابنفش یا اشعهٔ ایکس رخ می‌دهد.
- (۲) پرتو فرابنفش (UV) می‌تواند سبب ایجاد پیوند **بین دو باز آل تیمین مجاور** در یک رشته DNA شود که به آن دیمِر (دوپر) تیمین گفته می‌شود و در این حالت، اختلال در عمل دناپاراز و همانندسازی ایجاد می‌شود.
- (۳) این پرتوهای جهش‌زا، در ایجاد سرطان و ایجاد گامت‌های غیرعادی نقش دارند.

نکته

امواج صوتی با فرکانس بالا که در سونوگرافی به کار می‌رود برخلاف اشعهٔ ایکس مورد استفاده در رادیولوژی در ایجاد جهش نقش ندارد.

- (۱) عواملی مثل دود سیگار و سایر دخانیات، مواد غذایی دودی شده مثل گوشت و ماهی دودی، برخی ویروس‌ها، قرص‌های ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی می‌توانند در این گروه قرار گیرند.
- (۲) **بنزوپیرن** موجود در **دود سیگار** جهشی ایجاد می‌کند که سبب سرطان می‌شود.
- (۳) سیگار کشیدن در ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس مؤثر است.
- (۴) مصرف دخانیات، آلودگی‌ها و نوشیدنی **الکلی** می‌تواند سبب ایجاد گامت غیرعادی و ایجاد فرزند داون شود.

- (۱) از **یک یا هر دو والد** می‌تواند توسط گامت‌ها (کرمچه) به فرزند برسد.
 - (۲) در انتقال بیماری مستقل از جنس نهفته، دو گامت هر دو والد دارای ژن جهش یافته بوده است.
 - (۳) در انتقال الل بیماری بارز، وجود الل دارای جهش در **یک گامت** کافی است.
 - (۴) در بیماری وابسته به X نهفته، ژن جهش یافته در پسران بیمار فقط از مادر به آن‌ها رسیده است.
 - (۵) این جهش در تخم وجود داشته است و با **میتوز** به همهٔ یاخته‌های پیکری جاندار می‌رسد.
 - (۶) بیماری‌های وابسته به Y، فقط از پدر به پسران می‌رسند.
- انواع جهش‌ها از نظر نوع ایجاد
- (۱) از محیط و عوامل محیطی کسب می‌شود **ولی در ابتدای تشکیل تخم وجود نداشته است**.
 - (۲) در همهٔ یاخته‌ها و مناطق بدن ژن‌های جهش یافته وجود **ندارند**.
 - (۳) سیگار کشیدن می‌تواند سبب ایجاد این نوع جهش در یاخته‌های سیستم **تنفسی** شود.
 - (۴) اگر در یاخته‌های جنسی صورت گیرد، می‌تواند سبب به ارث رساندن آن بیماری شود.
- جهش ارثی
- جهش اکتسابی

نکات مهم در عوامل سرطان‌زا و پیشگیری از سرطان در تست‌ها

- (۱) **سبک زندگی و تغذیه سالم**، نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند.
- (۲) غذاهای گیاهی که عوامل پاداکسنده و الیاف سلولزی دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند.
- (۳) **ورزش و وزن مناسب** از عوامل مهم در حفظ سلامت می‌باشند.
- (۴) شیوهٔ فراوری و پخت غذا بر سلامت اثر می‌گذارد، مثلاً غذاهای نمک‌سود یا دودی شده، شیوع سرطان را بالا می‌برند.
- (۵) ارتباط برخی سرطان‌ها با مصرف **زیاد** غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است.
- (۶) ترکیبات نیتريت‌داری مثل **سدیم نیتريت** که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس اضافه می‌شوند، در بدن و در **شرایطی** به ترکیبات سرطان‌زا **تبدیل** می‌شوند، در نتیجه، مصرف زیاد آن از عوامل ایجاد سرطان می‌باشد.



(قلم چی)

تست ۱۰

در یاخته‌های پیکری فردی بالغ،

- ۱) بنزوپیرن می‌تواند سبب اختلال در چرخهٔ یاخته‌ای گردد.
 - ۲) تغییر ساختار دنا همواره تحت تأثیر عوامل جهش‌زا رخ می‌دهد.
 - ۳) سدیم نیتريت مستقیماً تحت تأثیر شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارد.
 - ۴) پرتوی فرابنفش سبب تشکیل دپارهای نوکلئوتیدی در طول یک رشتهٔ رنا می‌گردد.
- از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود.

پاسخ ۱

تله‌های تستی: گزینه (۲): جهش می‌تواند به خاطر خطا در همانندسازی (ریسک) نیز رخ دهد. / گزینه (۳): سدیم نیتريت در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شود که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارند. / گزینه (۴): پرتوی فرابنفش سبب ایجاد دپار تیمین می‌شود. تیمین در ساختار رنا شرکت نمی‌کند.



تغییر در جمعیت‌ها

گفتار ۲

در این گفتار می‌خواهیم به بررسی تفاوت‌های افراد یک جمعیت و چگونگی سازش آن‌ها با محیط بپردازیم. سپس می‌خواهیم بفهمیم که چگونه یک جمعیت متنوع می‌تواند نسل به نسل دچار سازش بهتری با محیط شود و چه عواملی سبب **تغییر در ویژگی‌های جمعیت** می‌شود. در ابتدا باید با واژهٔ جمعیت آشنا شوید.

تعریف ژنوم و خزانه ژنی جمعیت

مجموعهٔ افراد **یک گونه** که در **یک زمان** و در **یک مکان** در حال یک زندگی گذرا می‌باشند را یک جمعیت می‌گویند. مثلاً مجموعهٔ باکتری‌های موجود در باغچهٔ منزل ما در حال حاضر، تعریف درستی از یک جمعیت نمی‌باشد. چون باکتری‌ها دارای **گونه‌های بسیار زیادی** می‌باشند که با هم تفاوت‌های زیادی در **ژنوم** خود دارند. در گفتار قبل بررسی کردیم که **هر گونه یک ژنوم اختصاصی ویژه خود دارد ولی در این گفتار به یک واژه به نام «خزانه ژنتیکی» می‌پردازیم**. بدیهی است که ژنگان (ژنوم) هر گونه با گونهٔ دیگر به دلیل ژن‌های متفاوت، متفاوت است. ولی خزانهٔ ژنتیکی مجموعهٔ همهٔ ال‌ها (ژن‌ها)ی همهٔ افراد یک جمعیت در همهٔ کروموزوم‌های آن‌ها می‌باشد. در تعریف خزانهٔ ژنتیکی باید دقت کنید که هر دو الل یک جایگاه ژنی و دستورالعمل آن‌ها را باید بررسی کنیم مثلاً بینیم در یک جمعیت چند الل A و چند a وجود دارد. چون در یک جمعیت، افراد مختلف نیز با هم تفاوت‌های فردی دارند پس خزانهٔ ژنی یک جمعیت از گونهٔ انسان با خزانهٔ ژنی جمعیت دیگر از انسان‌های جمعیت دیگر، متفاوت است. از طرفی هر جمعیت، نسبت به عوامل محیطی، سازش و پاسخ متفاوتی دارد پس خزانهٔ ژنی یک جمعیت از گونهٔ انسان در یک مکان با خزانهٔ ژنی جمعیت دیگر از انسان‌های محل دیگر متفاوت است. از طرفی هرچه تعداد بیشتری از افراد یک جمعیت با شرایط محیطی سازگار باشد، آن جمعیت شانس بقا و ماندگاری بیشتری دارد که در ادامه بیشتر به این مسائل می‌پردازیم.

تعریف اجتماع

اجتماع مجموعهٔ چند جمعیت نزدیک از گونه‌های متفاوت می‌باشد که در یک بوم‌سازگان (اکوسیستم) با هم ارتباط رقابتی و همزیستی پیدا می‌کنند. یک اجتماع دارای چند ژنوم از چند گونهٔ متفاوت می‌باشد. **از طرفی هر جمعیت نیز یک خزانهٔ ژنی برای ال‌های خود دارد. در بررسی خزانهٔ ژنتیکی فقط توالی‌های درون ژنی را بررسی می‌کنند، یعنی برخلاف ژنوم، توالی‌های بین ژنی و تنظیمی را بررسی نمی‌کنند.**

مثالی از تغییر در جمعیت‌ها

اگر مثلاً ۴۰ سال قبل ۷۰٪ انسان‌ها با تزریق واکسن، نسبت به عامل ویروس آبله پیشگیری شده بودند ولی در حال حاضر تقریباً ۱۰۰٪ افراد نسبت به این بیماری مصونیت دارند. این نمونه‌ای از تغییر جمعیت می‌باشد. دقت کنید که حدود ۱۰۰ سال قبل، باکتری‌ها و بیماری‌های مربوط به آنان بزرگ‌ترین قاتل انسان‌ها بودند و تعداد اندکی از افراد جامعه می‌توانستند از اثر باکتری‌های مهلک در امان باشند. در حالی که از حدود نیم قرن قبل و بعد از کشف آنتی‌بیوتیک‌ها (پن‌سیلین)، کارآمدترین روش دفاعی در برابر **باکتری‌های بیماری‌زا** ایجاد شد و در نبرد با باکتری‌ها موفق به از بین بردن آن‌ها شدند. پس از چندی آن‌قدر انسان‌ها در حال استفاده از آنتی‌بیوتیک در زندگی روزمره شدند که متوجه شدند دیگر مثل قبل آنتی‌بیوتیک‌ها روی از بین بردن باکتری‌ها اثر مفیدی ندارد. محققین با مطالعات خود متوجه شدند که جمعیت باکتری‌ها در حال مقاوم شدن نسبت به برخی آنتی‌بیوتیک‌ها شده‌اند که این مقاومت در گذر زمان و تدریجی به دست آمده است. انسان‌ها سپس توانستند با داروهای جدید این باکتری‌ها را از بین ببرند ولی بسیار نگران مقاوم شدن جمعیت باکتری‌های جدید به داروهای جدید هستند. این مثال جمعیت باکتری‌ها یک مثال بسیار خوب برای فهم **تغییر تدریجی جمعیت** باکتری‌ها می‌باشد. در ادامه می‌خواهیم به بررسی این مطلب بپردازیم که چگونه جمعیت اولیه باکتری‌ها که تقریباً همگی در اثر نوعی پادزیست (آنتی‌بیوتیک) از بین می‌رفتند، پس از مدتی به جمعیتی تبدیل شدند که اغلب آن‌ها به آن آنتی‌بیوتیک مقاوم بودند؟

تغییر جمعیت‌ها در گذر زمان در اثر انتخاب طبیعی

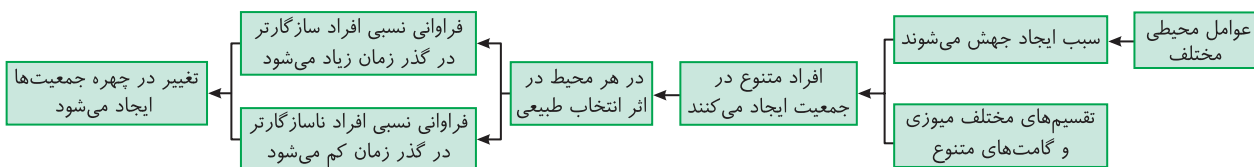
در ابتدا باید توجه داشته باشید که تغییر جمعیت‌ها غالباً به صورت تغییرات **تدریجی** و در اثر سازش با محیط رخ می‌دهد ولی چگونه و بر چه اساسی این تغییرات ایجاد می‌شوند؟

همان‌طور که گفتیم جمعیت از افراد **یک گونه** در **یک مکان** تشکیل شده است (مثل مجموعه انسان‌های که الان در ایران زندگی می‌کنند). خوب می‌دانید که یک گونه به دلیل داشتن یک ژنگان مشخص که **مجموعه همه ژن‌ها، ال‌ها و توالی‌های تنظیم‌کننده و بین ژنی** آن می‌باشد دارای ویژگی‌های مشترکی می‌باشند. مثلاً وقتی در خیابان دو گربه را می‌بینیم ناخودآگاه یاد شنا کردن ماهی نمی‌افتیم چون گربه گونه‌ای است که ویژگی‌های مشترک خود را دارد. در بین افراد یک گونه و یک جمعیت **تفاوت‌های فردی** وجود دارد که باعث شناخت و تشخیص این افراد از یکدیگر می‌شود. این تفاوت‌های فردی که در اثر عوامل **ارثی و محیطی** ایجاد شده است هم در گونه انسان و هم در سایر گونه‌ها وجود دارد. مثلاً وقتی از مقایسه دو جمعیت انسان و مار صحبت می‌کنیم می‌توانیم از وجود دیافراگم در تشخیص پستانداران و نبود آن در خزندگان استفاده کنیم ولی وقتی از انسان‌های یک جمعیت صحبت می‌کنیم باید برای تشخیص آن‌ها از تفاوت‌ها و ویژگی‌های فردی نشانه‌ای بیابیم تا بتوانیم افراد مختلف آن جمعیت را از هم متمایز کنیم. **این تفاوت‌های فردی ارثی، در اثر گامت‌های متنوع، لقاح تصادفی و دستورالعمل متفاوت ژن‌های آن‌ها ایجاد شده‌اند و زمینه‌ساز ایجاد تغییرات در جمعیت‌ها می‌شوند که می‌خواهیم در ادامه به بررسی آن‌ها بپردازیم.**

فرض کنید یک جمعیتی در یک منطقه معتدل در حال زندگی گذرا باشد و در اثر تغییر عوامل و شرایط آب و هوایی، این منطقه به تدریج آب و هوای سردتری پیدا کند یا ممکن است افراد جمعیت از منطقه معتدل به منطقه سردسیر مهاجرت کنند. اگر در جمعیت اولیه فقط ۱۰٪ افراد به سرما مقاوم بودند و سایر افراد قدرت زیادی برای زندگی و بقا در آب و هوای سرد را نداشتند، حالا این ۱۰٪ افراد مقاوم به سرما در محیط جدید **شانس بقا و لقاح بیشتری می‌یابند** و بیشتر شانس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد دارند، در حقیقت محیط برای ایجاد نسل بعد، بیشتر ژن‌های این ۱۰٪ افراد سازگارتر را انتخاب می‌کند. در نسل بعد مشاهده می‌شود که مثلاً ۲۰٪ افراد به سرما مقاومند. اگر به همین صورت زندگی در آب و هوای سرد ادامه یابد، نسل به نسل درصد بیشتری از افراد، دارای ژن‌های مقاوم به سرما می‌شوند چون والدین آن‌ها شانس بیشتری برای بقای خود و زادآوری خود داشته‌اند. به تدریج و در طول نسل‌های متمادی **چهره جمعیت** در اثر انتخاب افراد سازگارتر توسط محیط، عوض می‌شود و ممکن است جمعیت چند صد نسل بعد حاوی ۷۰٪ افرادی باشند که ژن‌های مقاوم به سرما دارند. **در این حالت می‌گوییم چهره جمعیت دگرگون شده است.** قطعاً اگر جمعیت نسل اولیه هیچ سازگاری با سرما نداشتند، این جمعیت در معرض انقراض و نابودی قرار می‌گرفت و یا اگر هیچ تفاوت فردی نداشتند و همه به سرما مقاوم بودند، تغییری در چهره جمعیت ایجاد نمی‌شد. این مثالی برای **تغییر جمعیت** بود **نه برای تغییر هر فرد در جمعیت!!** دقت کنید که در مثال بالا از ابتدا تفاوت‌های فردی در افراد جمعیت وجود داشت و سپس در اثر تغییر شرایط محیطی، افرادی که صفت بهتر یا واضح‌تر بگوییم **صفت سازگارتر با محیط جدید** را داشتند توسط محیط انتخاب شدند که به این ویژگی محیط، **انتخاب طبیعی** می‌گوییم. در حقیقت انتخاب طبیعی است که با انتخاب افراد سازگارتر در محیط سبب **تغییر چهره جمعیت‌ها** می‌شود ولی صفت جدیدی را در افراد جمعیت ایجاد نمی‌کند. در حقیقت انتخاب طبیعی در جمعیت افرادی که متنوع هستند، رخ می‌دهد و با انتخاب افراد سازگارتر، فراوانی نسبی این افراد را نسل به نسل در جامعه زیاد کرده و فراوانی نسبی ناسازگارها را کاهش می‌دهد. در کلام آخر دقت کنید که:

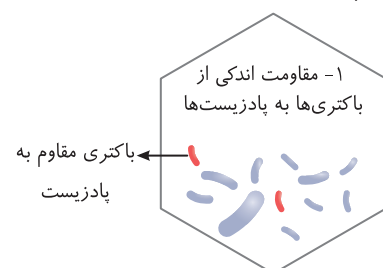
انتخاب طبیعی فرایندی است که ویژگی جدیدی در افراد جمعیت، **ایجاد** نمی‌کند ولی با افزایش دادن درصد سازگارها نسبت به محیط، **چهره کلی جمعیت** را دگرگون می‌کند.

● خلاصه اثر انتخاب طبیعی



● توجیه تغییر جمعیت باکتری‌ها و مقاوم شدن آن‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها (پادزیست‌ها)

- (۱) در مورد جمعیت باکتری‌ها نیز انتخاب طبیعی باعث تغییر آن‌ها شده است. دقت کنید که در ابتدا باکتری‌های متفاوتی در یک جمعیت وجود داشته‌اند که **مقدار کمی** از آن‌ها به آنتی‌بیوتیک مقاوم بوده‌اند (و **جود تفاوت‌های کمی** فروری).
- (۲) هنگامی که آنتی‌بیوتیک‌ها به محیط اضافه شدند شاید فقط ۵٪ باکتری‌ها باقی ماندند که این گروه ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک را در ژن اصلی یا پلازمید کمکی خود داشتند.
- (۳) سپس این ۵٪ باکتری‌های باقی‌مانده با تقسیم و نیم شدن در محیط زیاد شدند و کم کم چهره جمعیت را دگرگون کردند چون به جمعیتی تبدیل شدند که تقریباً همه آن‌ها در اثر آنتی‌بیوتیک از بین نمی‌روند.



خلاصه داستان اینکه، اضافه شدن آنتی بیوتیک سبب ایجاد ژن مقاوم به آنتی بیوتیک در باکتری‌ها نشد بلکه این ژن از قبل در مقدار کمی از افراد جامعه وجود داشته است. وقتی شرایط محیطی عوض شد و آنتی بیوتیک به محیط اضافه شد، حالا داشتن ژن‌های مقاوم، نقش صفت بهتر یا در حقیقت سازگارتر را بازی کرد و ویژگی این ژن، باعث ماندگاری باکتری‌های دارای آن شد. در حقیقت انتخاب طبیعی فراوانی باکتری‌های دارای ژن مفید (مقاوم به آنتی بیوتیک) را در جامعه افزایش داد و چهره جمعیت را به سمتی برد که اغلب باکتری‌های جمعیت به آنتی بیوتیک مقاوم شدند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

① محیط تعیین می‌کند کدام صفت در جامعه به نسل بعد منتقل شود که به این فرایند برای انتخاب صفت سازگارتر با محیط، **انتخاب طبیعی** می‌گویند.

② انتخاب طبیعی افراد سازگار را انتخاب می‌کند
 — فرد را تغییر نمی‌دهد بلکه جامعه را تغییر می‌دهد.
 — ال ایجاد نمی‌کند.
 — در نهایت چهره جامعه را تغییر می‌دهد.

③ جهش ← به طور تصادفی سبب ایجاد ال جدید در افراد می‌شود ← سبب ایجاد تفاوت در بین افراد می‌شود نه جمعیت.
 زیست‌شناسان معتقدند که واژه «صفت بهتر» از نظر علمی زیاد مناسب نیست و بهتر است به جای آن از واژه «صفت سازگارتر» استفاده شود، چون در اثر تغییر شرایط محیط و ایجاد شرایط جدید می‌تواند همان صفت سازگار را به صفت ناسازگاری تبدیل کند. (مثلاً اگر هوا گرم‌تر شود، به جای هوا سرد، صفت در محیط ایجاد شود، از آن به بعد، صفت سازگار مقاوم به سرما به صفت ناسازگار تبدیل می‌شود.)

تست ۱۱ برای تغییر در جمعیت، بر دیگر عوامل تقدم دارد چون انتخاب طبیعی دگرها را در جامعه تغییر نمی‌دهد.

پاسخ ۴ ۱) اندازه جمعیت - تنوع ۲) تنوع در جمعیت - فراوانی نسبی ۳) اندازه جمعیت - فراوانی نسبی ۴) تنوع در جمعیت - تنوع
 برای تغییر و تکامل گونه، تفاوت افراد یک جمعیت باعث زادآوری بیشتر، سازش و در نهایت انتخاب طبیعی می‌شود که فراوانی نسبی دگرها تغییر می‌کند نه تنوع آن‌ها!! «در حقیقت جامعه‌ای که بین افراد آن تفاوتی وجود نداشته باشد، تغییر و تکامل در آن ایجاد نمی‌شود.»

نگاه دوباره به خزانه ژنی یک جمعیت

قبل از پیدایش اصول ژنتیک، زیست‌شناسان برای تعریف و توصیف خصوصیات یک جمعیت، **صفات ظاهری** را مدنظر قرار می‌دادند. مثلاً رنگ پوست یا رنگ بال یا ضخامت پوست در برگ گیاهان یک گونه را مبنای تعریف جمعیت می‌دانستند. بعد از اینکه قوانین ژنتیک و بررسی ال‌ها انجام شد، **ژن‌های یک جمعیت و خزانه ژنتیکی را مبنای توصیف ویژگی جمعیت قرار دادند.**

خزانه ژنتیکی هر جمعیت، مجموعه همه ال‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت می‌باشد. مثلاً اگر در جمعیتی ۱۰۰ نفره در نظر بگیریم که ۲۰۰ ال گروه خونی Rh در کروموزوم‌های جفت ۱ آن‌ها وجود دارد. خزانه ژنی به این موضوع می‌پردازد که چه نسبت از این ال‌ها مربوط به D و چه نسبت به d تعلق دارد. قطعاً این خزانه ژنی در مورد این صفت با جمعیت ۱۰۰ نفره دیگری می‌تواند متفاوت باشد ولی دو جمعیت انسانی ژنوم یکسانی دارند.

جامعه تعادلی

هرگاه در یک جمعیت، فراوانی نسبی ال‌ها یا نسبت ژن‌نمودها، نسل به نسل ثابت بماند، می‌گوییم آن جمعیت در حال تعادل ژنی می‌باشد. دقت کنید مثلاً در بیماری کم‌خونی داسی‌شکل، هر فرد یکی از سه نوع ژن‌نمود AA یا Aa یا aa را می‌تواند داشته باشد یعنی برای این صفت **دو ال** دارد. اگر جمعیتی ۱۰۰۰ نفره از یک روستا را برای این صفت بررسی کنیم، در حقیقت ۲۰۰۰ ال از یک صفت تک‌جایگاهی در جامعه وجود دارد که ممکن است ۱۸۰۰ ال آن سالم مثلاً (A) و ۲۰۰ ال بیمار (a) در جامعه وجود داشته باشد. در این صورت فراوانی نسبی ال‌های سالم ۰/۹ و ال بیمار ۰/۱ می‌شود. اگر این فراوانی نسبی نسل به نسل ثابت بماند، می‌گوییم جامعه این روستا در این صفت در حال تعادل بوده است. در عالم طبیعی همواره عواملی مثل **جهش، شارش، مهاجرت (ژن)، رانش (گمشدگی ژن)، انتخاب طبیعی** ... وجود دارند که سبب تغییر فراوانی نسبی ال‌ها شده و جامعه را از حالت تعادل اولیه خارج می‌کنند. در ادامه این گفتار به بررسی عواملی می‌پردازیم که جمعیت را تغییر داده و از حالت تعادل خارج می‌کند.

نکته

تا وقتی جامعه در حال تعادل ژنی باشد، تغییری در جمعیت ایجاد نمی‌شود و روند تغییر گونه رخ نمی‌دهد.

عواملی که سبب تغییر فراوانی ال‌ها در جمعیت می‌شود

عواملی مثل جهش، شارش، رانش و انتخاب طبیعی، همواره سبب تغییر در فراوانی نسبی ال‌ها شده و تعادل ژنی جمعیت را تغییر می‌دهند.

● ۱) جهش

در گفتار قبل کاملاً در مورد جهش‌های ژنی و کروموزومی صحبت کردیم. در حقیقت جهش‌ها در اثر عوامل مختلفی ایجاد می‌شوند و همواره سبب **ایجاد تنوع** در افراد جامعه می‌شوند و خزانه ژنی را با ایجاد ال‌های جدید غنی‌تر می‌کند و **ساختار ژنی** فرد و جمعیت را تغییر می‌دهد.
 در جمعیت گونه‌هایی که تولیدمثل جنسی ندارند، چون میوز و تنوع ژنتیکی ایجاد نمی‌شود، تنها عاملی که سبب ایجاد تفاوت‌های فردی در جمعیت می‌شود **جهش** می‌باشد. مثلاً در باکتری‌ها که فقط تولیدمثل **غیرجنسی** دارند و معمولاً هر ۲۰ دقیقه تقسیم می‌شوند، نسل‌های مختلف کاملاً مثل نسل قبل خود می‌شوند ولی وقوع جهش سبب ایجاد تنوع در جمعیت آنان می‌شود. **در حقیقت بدون جهش هیچ نوع تنوعی در افراد و جمعیت آن‌ها ایجاد نمی‌شود.**

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ① در جمعیت گونه‌هایی که تولیدمثل جنسی دارند نیز جهش منشأ تنوع و تفاوت‌های فردی می‌شود ولی به غیر از جهش، عواملی مثل نوترکیبی گامت‌ها که در میوز ایجاد می‌شود نیز سبب ایجاد گامت‌ها با ترکیب ژنی متنوع و رخ‌نمودهای جدید در نسل بعد می‌شود.
- ② جهش، ماده خام و منشأ گوناگونی در افراد جمعیت می‌باشد و سبب **ایجاد الل جدید** در فرد می‌شود. این الل جدید علاوه بر اینکه خزانه ژنی را غنی‌تر می‌کند، اگر سازگارتر از الل‌های قبلی باشند، می‌توانند در محیط سبب بقای بیشتر فرد شوند و احتمال انتقال آن الل به نسل بعد نیز زیاد می‌شود. البته جهش، جهت تغییرات جمعیت را مشخص نمی‌کند و انتخاب طبیعی، عاملی است که سبب افزایش فراوانی نسبی الل سازگارتر جدید در جامعه می‌شود و در نهایت با ایجاد جهت در تغییرات، چهره جمعیت را دگرگون می‌کند.
- ③ لازم به ذکر است که در بیشتر موارد، جهش می‌تواند اللی ایجاد کند که با محیط ناسازگار باشد و نتواند خود را به مقدار زیادی به نسل بعد برساند چون حالت عادی را از بین می‌برد.
- ④ **بسیاری** از جهش‌ها، تأثیر فوری بر رخ‌نمود ندارند و به همین دلیل ممکن است تشخیص داده نشوند. جهش همواره روی ژن‌نمود اثر می‌کند که اگر این ژن در بدن تکثیر یابد و بیان شود می‌تواند روی رخ‌نمود نیز تأثیر کند. مثلاً جهش در توالی بین ژنی یا تنظیمی روی خزانه ژنی جامعه اثر ندارد و تغییری در ساختار ژنی جامعه ایجاد نمی‌کند.
- ⑤ اگر در جامعه‌ای جهش رخ ندهد، پس از چند نسل چه در تولیدمثل جنسی و چه در تولیدمثل غیرجنسی، گوناگونی افراد یک جمعیت به تدریج کم و کمتر خواهد شد.
- ⑥ جهش سبب تغییر در فرد می‌شود و ماده خام تغییرات در جامعه می‌باشد ولی عاملی که **جهت** تغییرات را مشخص می‌کند همان سازش با محیط یا انتخاب طبیعی می‌باشد.
- ⑦ جهش در توالی بین ژنی و بخش‌های تنظیمی، سبب ایجاد الل جدید و غنی‌سازی خزانه ژنتیکی نمی‌شود.
- ⑧ جهش هنگامی می‌تواند در حین همانندسازی DNA رخ دهد که ویرایش روی آن صورت نگرفته باشد ولی در برخی موارد ممکن است پس از همانندسازی نیز در اثر عوامل جهش‌زا، نوع ژن‌ها تغییر یابند و دچار جهش شوند.
- ⑨ جهش فرایندی تصادفی و پیوسته می‌باشد که همواره سبب افزایش گوناگونی در جامعه و خزانه ژنی می‌شود.
- ⑩ گاهی ممکن است الل جدیدی که در اثر جهش ایجاد شده است و ناسازگار بوده است در اثر تغییر شرایط محیطی، به اللی سازگارتر از انواع قبلی تبدیل شود.
- ⑪ اگر در اثر جهش، تعداد تغییرات ایجاد شده برای تبدیل $A \leftarrow a$ برابر با جهش‌های $A \leftarrow a$ باشد. در این صورت خزانه ژنی جامعه تغییر نمی‌کند و تعادل نیز به هم نمی‌خورد.

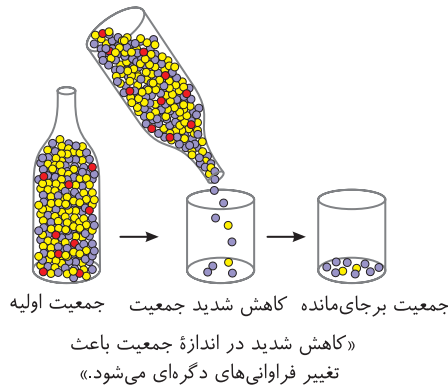
● (۲) رانش اللی (دگره‌ای)

در جمعیت‌های مختلف در اثر رویدادهای **تصادفی** همواره ممکن است تعدادی از افراد جامعه از بین بروند یا نتوانند در انتقال ژن‌های خود به نسل بعد عمل کنند یا حتی ممکن است برخی افراد، فرزندان بیشتری ایجاد کنند به همین دلیل باید دقت کنید که ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند، لزوماً ژن‌های سازگارتر و بهتری نبوده‌اند بلکه این شانس را داشته‌اند که در اثر لقاح به نسل بعد منتقل شوند. ممکن است در اثر یک زلزله، سیل، افتادن در دره و... تعدادی از افراد یک جمعیت از بین بروند یا اینکه دارای ژن‌های سازگاری نیز بوده‌اند یا ممکن است فردی اصلاً توانایی تولید فرزند نداشته باشد (یعنی **توانایی را قبل از بلوغ از دست داده باشد**). ولی در برخی ژن‌ها بسیار سازگار باشد ولی با این وجود نمی‌تواند آن‌ها را به نسل بعد جامعه منتقل کند. در مثالی دیگر دقت کنید که اگر یک گله گوسفند ۱۰۰۰ تایی در اثر عاملی تصادفی، ۱۰ تا از بره‌های نابالغ خود را از دست بدهد، بدیهی است که ژن‌های آن‌ها در ایجاد خزانه ژنی نسل بعد تأثیری ندارند در حالی که ممکن است دارای ژن‌های بسیار مفیدی بوده باشند. در هر حالت جمعیت باقی‌مانده، خزانه ژنی جدیدی ایجاد می‌کند که تعادل ژنی جامعه اولیه را به هم می‌زند. این فرایند که به صورت تصادفی تعدادی از افراد و الل‌های جامعه از بین برود یا به نسل بعد انتقال پیدا نکند را **رانش** می‌گویند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ① رانش ژن فرایندی است که باعث **تغییر فراوانی الل‌ها** در اثر رویدادهای **تصادفی** می‌شود. در اثر رانش تعدادی از افراد جامعه از بین می‌روند یا به جای جدیدی مهاجرت می‌کنند. رانش ژن برخلاف انتخاب طبیعی به **سازش نمی‌انجامد**.
- ② **اندازه هر جمعیت بیانگر تعداد افراد آن جمعیت می‌باشد** که بر **بقای جمعیت** مؤثر است. عواملی مانند مرگ‌ومیر و مهاجرت به خارج، سبب کاهش اندازه جمعیت می‌شود ولی تولد زنده و مهاجرت به داخل سبب افزایش تعداد افراد جامعه می‌شود.
- ③ برای آنکه جمعیتی در حال تعادل ژنی در الل‌های خود باشد باید **اندازه بزرگی** داشته باشد تا با آمیزش‌های تصادفی تغییری در فراوانی الل‌های جامعه ایجاد نشود و از حالت تعادل خارج نشود.
- ④ رانش در جمعیت‌های **کوچک** اثر بیشتری دارد چون مثلاً اگر در جامعه‌ای کوچک تعدادی از افراد از بین بروند، ممکن است یک نوع الل با خود از بین ببرند و جامعه نسل بعد فاقد آن الل باشد. مثلاً اگر در مزرعه‌ای ۱۰ بوته گل میمونی قرمز، ۲ بوته صورتی و ۴ بوته سفید وجود داشته باشد و گوسفندی همه گل‌های **صورتی** (RW) و **سفید** (WW) را از بین ببرد در این صورت دیگر الل سفیدی (W) در جمعیت نسل بعد و این نسل باقی نمی‌ماند.

اثر رانش‌های بزرگ در نسل بعد



عواملی محیطی مثل سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن می‌توانند در برخی موارد سبب حذف تعداد زیادی از افراد یک جمعیت شوند و تعداد بازماندگان کمی بر جا بگذارد. در این حالت بیشتر خزانه ژنی جمعیت از بین می‌رود و ال‌های باقی‌مانده نسل بعد را ایجاد می‌کنند. **در صورت بروز این اتفاق، نسل بعد از خزانه ژنی محدودتری ایجاد شده‌اند و افراد آن به هم شبیه‌تر می‌باشند.**

نکته

هرچه رانش شدیدتر باشد، خزانه ژنی باقی‌مانده محدودتر می‌شود و اثر رانش بیشتر مشخص می‌شود چون فراوانی نسبی ال‌ها سریع‌تر تغییر می‌کند. مثلاً در شکل مقابل مشاهده می‌کنید که در نسل بعد و جمعیت باقی‌مانده اصلاً افراد قرمز و ال‌های آن‌ها دیده نمی‌شود.

۳) شارش ژن

شارش ژن همان مهاجرت ژن می‌باشد و وقتی ایجاد می‌شود که تعدادی از افراد **یک‌گونه** از یک جمعیت به جمعیت دیگری می‌روند. در اثر مهاجرت، هم‌زمان با شارش افراد، ژن‌های آن‌ها نیز از جمعیت مبدأ به جمعیت مقصد وارد می‌شوند و اگر این روند یک‌طرفه باشد، سبب کاهش تنوع در جمعیت مبدأ و افزایش تنوع در جمعیت مقصد می‌شود.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- اگر بین دو جمعیت شارش تصادفی ژن‌ها به صورت دوطرفه ادامه یابد، به تدریج و نسل به نسل خزانه ژنی دو جمعیت به هم شبیه‌تر می‌شوند.
- شارش ژن نیز همانند جهش، رانش و انتخاب طبیعی سبب تغییر در فراوانی نسبی ال‌ها و گوناگونی ساختار ژنی در جمعیت می‌شوند.
- شارش همانند جهش، تنوع ال‌ها، گوناگونی جمعیت و خزانه ژنی را متنوع‌تر می‌کند ولی همانند جهش اگر **دوطرفه و یکسان** صورت گیرد، خزانه ژنی را برهم نمی‌زند. مثلاً شارش سبب می‌شود که در جمعیت پذیرنده، با ورود ژن‌ها، خزانه غنی‌تر شود ولی اگر مثلاً بین دو جمعیت ۱۰ نفر AA مبادله شوند، در این صورت خزانه ژنتیکی تغییر نمی‌کند.

۴) آمیزش غیر تصادفی

یکی از شروط باقی ماندن جمعیت در تعادل ژنی، آمیزش‌های **تصادفی** می‌باشد. آمیزش تصادفی یعنی هر فرد بتواند با جنس مخالف خود در جمعیت با **احتمال یکسانی** آمیزش کند. در جمعیت‌های طبیعی معمولاً این اتفاق نمی‌افتد چون جانوران معمولاً جفت خود را بر اساس ویژگی‌های **ظاهری و رفتاری** انتخاب می‌کنند. به آمیزش‌هایی که انتخاب جفت بر اساس ویژگی‌های رخ‌نمودی یا ژن‌نمودی رخ می‌دهد، آمیزش‌های غیر تصادفی می‌گویند. **در این حالت نسبت خالص‌ها به ناخالص‌ها در ژن‌نمود افراد جامعه تغییر می‌یابد** و جامعه به سمت دگرگونی می‌رود (ولی *فراوانی ال‌ها تغییر نمی‌کند*). مثلاً اگر در جامعه‌ای قد بلندها با هم و قد کوتاه‌ها با هم آمیزش کنند، به تدریج فراوانی افرادی با قد متوسط کاهش می‌یابد.

۵) انتخاب طبیعی

در مورد انتخاب طبیعی در ابتدای این گفتار بحث کردیم و امیدوارم متوجه شده باشید که انتخاب طبیعی فرایندی است که همواره برحسب شرایط محیطی، شانس بقا و تولیدمثل افراد سازگارتر را بیشتر کرده و فراوانی نسبی ال‌های سازگارتر را نسل به نسل بیشتر می‌کند. این فرایند فراوانی نسبی ال‌های ناسازگارتر را کاهش می‌دهد. انتخاب طبیعی برخلاف سایر عواملی که در تغییر جمعیت بررسی کردیم **همواره باعث سازش** جانداران با محیط می‌شود ولی همانند جهش، شارش و رانش، سبب تغییر در فراوانی نسبی ال‌ها و جمعیت می‌شود.

نکته

انتخاب طبیعی به تنهایی سبب کاهش تفاوت‌های فردی در جامعه و کاهش تنوع می‌شود که برای بقای جامعه مناسب نیست، ولی در ادامه به بررسی عواملی می‌پردازیم که این مشکل را برطرف می‌کنند.

نکته مهم

در بین عوامل فوق، فقط جهش سبب تغییر در ساختار ژنی افراد می‌شود ولی هر عامل برهم‌زننده تعادل جمعیت، سبب تغییر در ساختار ژنی جمعیت می‌شود.

(قلم‌چی)

تست ۱۲) در رابطه با به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر جمعیت‌های در حال تعادل می‌توان گفت قطعاً

- شارش ژن - تنوع دگره‌ها در جمعیت مقصد برخلاف مبدأ، افزایش می‌یابد.
 - جهش ژنی - تنها با تغییر فراوانی نسبی دگره‌ها در جمعیت، باعث ایجاد روند تغییر در جمعیت می‌شود.
 - انتخاب طبیعی - فراوانی دگره‌های سازگار با محیط را برخلاف فراوانی دگره‌های نامطلوب افزایش می‌دهد.
 - رانش ژنی - با کاهش تعداد افراد یک جمعیت، میزان تنوع ژنتیکی میان افراد آن جمعیت را کاهش می‌دهد.
- انتخاب طبیعی یکی از عوامل مؤثر بر جمعیت‌های در حال تعادل است که فراوانی دگره‌های مطلوب را افزایش و فراوانی دگره‌های نامطلوب را کاهش می‌دهد.

پاسخ ۳

تله‌های تستی گزینه (۱): در اثر شارش ممکن است الی وارد یک جامعه شود که مشابه آن مثلاً وجود داشته باشد و فقط فراوانی آن عوض شود (نه تنوع). / گزینه (۲): جهش می‌تواند نوع ال را نیز در جامعه عوض کند. / گزینه (۴): توجه کنید که در رانش ژنی، تعداد افراد یک جمعیت کاهش می‌یابد، اما نمی‌توان گفت الزاماً تنوع ژنتیکی در جمعیت کاهش می‌یابد، زیرا ممکن است همچنان افراد با ژن‌نمودهای مشابه افراد حذف شده در جمعیت حضور داشته باشند.

تست ۱۳

کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) رانش دگره‌ای در جمعیت‌های مختلف، تأثیرات غیریکسانی دارد.
 - (۲) شارش ژن می‌تواند سبب افزایش ویژگی‌های مشترک دو جمعیت شود.
 - (۳) شارش ژن همانند جهش، با تغییر در ماده ژنتیک افراد، تنوع جمعیت را افزایش می‌دهد.
 - (۴) رانش دگره‌ای برخلاف آمیزش تصادفی، فراوانی دگره‌ها را در خزانه ژنی یک جمعیت تغییر می‌دهد.
- دقت کنید شارش ژنی باعث تغییر ماده ژنتیکی افراد نمی‌شود، بلکه فقط باعث ورود یا خروج برخی افراد به جمعیت می‌شود.

پاسخ ۳

تله‌های تستی گزینه (۱): اثر هر عامل به نوع جمعیت بستگی دارد. / گزینه (۲): در مورد شارش دوسویه صحیح است. / گزینه (۴): آمیزش تصادفی فراوانی ال‌ها را به هم نمی‌زند.

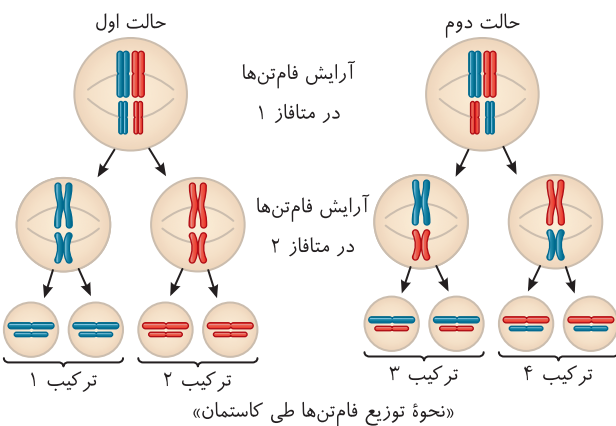
عواملی که تنوع یا گوناگونی را در جمعیت حفظ می‌کنند

تا اینجا متوجه شدیم که شارش (در جمعیت مقصد) و جهش، سبب افزایش تنوع می‌شوند ولی رانش معمولاً مقدار تنوع را کم می‌کند. بررسی‌ها در مورد انتخاب طبیعی مشخص کردند که نسل به نسل فراوانی نسبی ال‌های سازگارتر بیشتر شده و ال‌های ناسازگار کمتر می‌شوند. انتظار داریم که پس از مدتی انتخاب طبیعی سبب کاهش تفاوت‌های فردی در جمعیت شود چون فقط فراوانی افراد سازگار بیشتر شده است ولی سازوکارهایی وجود دارد که هم‌زمان با عمل انتخاب طبیعی، تفاوت‌های فردی و گوناگونی در جامعه را حفظ می‌کنند. از این عوامل می‌توان به **نو ترکیبی گامت‌ها و چلیپایی شدن در میوز و اهمیت ناخالص‌ها** در جامعه بپردازیم که سبب حفظ تنوع در جامعه و تفاوت‌های فردی افراد می‌شوند.

گوناگونی الی در گامت‌ها (گوناگونی دگره‌ای در کامه‌ها! 😊)

در میوز به دلیل عواملی مثل **نحوه قرارگیری تتراده‌ها در سطح میانی یاخته** در مرحله متافاز میوز ۱ یا عمل کراسینگ‌اور (چلیپایی شدن) ممکن است انواع بسیار زیادی گامت‌های متنوع ایجاد شوند. این گامت‌ها که نصف ال‌های فرد بالغ را به همراه دارند به نسل بعد منتقل می‌شوند. این موارد سبب می‌شود که بدون نیاز به جهش نیز در افرادی که تولیدمثل جنسی و میوز دارند گامت‌های جدید ایجاد شود و سبب ایجاد تنوع در جامعه شوند.

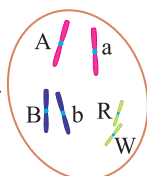
● نحوه قرارگیری تتراده‌ها در استوای متافاز ۱



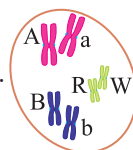
از سال قبل به یاد دارید که در مرحله پروفاز میوز ۱ حالت تترادی بین دو کروموزوم هم‌تا ایجاد می‌شود و در مرحله متافاز میوز ۱ این تتراده‌ها با وضعیت‌های متفاوت می‌توانند در استوا یا وسط یاخته قرار بگیرند تا با جدا شدن کروموزوم‌های هم‌تا، گامت‌های متنوع ایجاد شوند. دقت کنید که در هر میوز، تتراده‌ها می‌توانند به **یک نوع** آرایش در وسط یاخته قرار بگیرند و به طور معمول دو نوع یاخته ایجاد می‌کنند ولی قبل از اینکه تتراده‌ها در استوای یاخته قرار گیرند به حالت‌های بسیار متنوعی می‌توانند در وسط یاخته قرار بگیرند. بهتر است این موارد را با یک مثال برای شما توضیح بدهم تا درک آن آسان‌تر شود.

فرض کنید جاننداری با ژن‌نمود $AaBbRW$ دارای سه صفت تک‌جایگاهی ناخالص باشد. اگر این جاندار $2n=6$ باشد، یعنی سه جفت کروموزوم هم‌تا

داشته و ژن‌های این سه صفت به طور مستقل هر کدام روی یک جفت کروموزوم جداگانه‌ای قرار داشته باشد، بعد از مضاعف شدن،



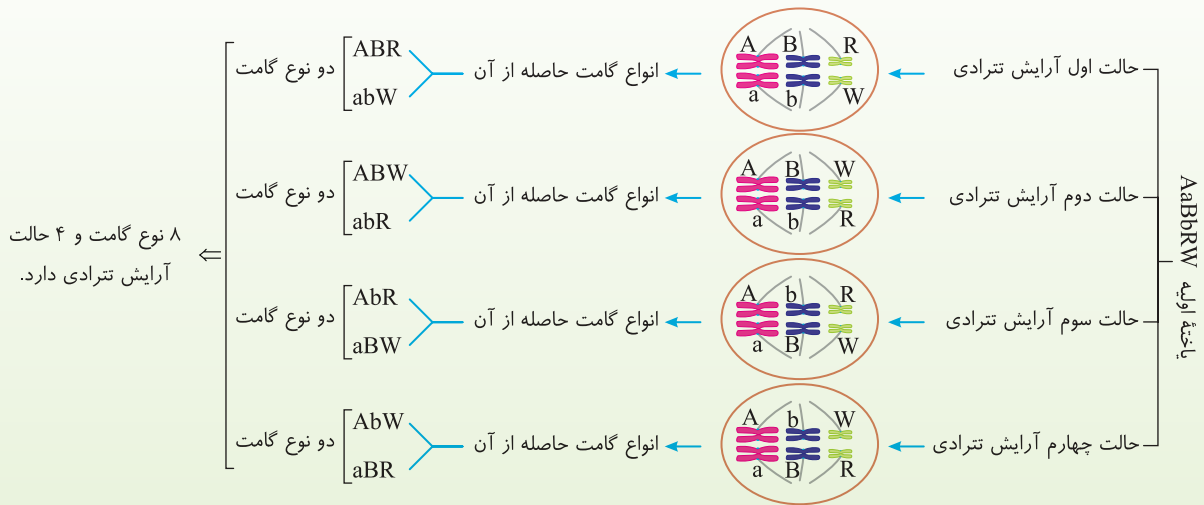
کروموزوم‌ها، ۳ تتراد در مرحله پروفاز ۱ تشکیل می‌دهد. در ادامه مشاهده می‌کنید که این ۳ تتراد توانایی دارد به **چهار** حالت زیر در وسط



یاخته واقع در مرحله متافاز ۱ قرار بگیرد و در هر حالت **دو نوع گامت** ایجاد کند که ترکیب ال‌های آن‌ها با گامت‌های حالت‌های دیگر متفاوت می‌باشد. بدیهی است که از لقاح هر گامت جدید، ویژگی‌های **جدیدی** در نسل بعد جامعه ایجاد می‌شود یا سبب **حفظ تنوع** در جامعه می‌شود.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱) از این موضوع نتیجه می‌گیریم که در میوز، بدون اثر جهش نیز می‌توان ترکیبات جدیدی از ال‌ها را به عنوان نوترکیبی مشاهده کرد. در ادامه به قرارگیری چهار نوع مختلف آرایش تترادی این یاخته در متافاز میوز ۱ دقت کنید.



۲) در حالت‌های تترادی گفته شده، مشاهده کردید که یک جاندار در سه صفت خود، بر حسب طرز قرارگیری تترادها در متافاز ۱، می‌تواند ترکیبات جدید الی در گامت‌ها ایجاد کند و سبب تنوع در نسل بعد شود.

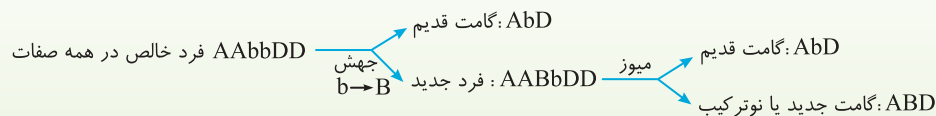
۳) هر میوز، در مرحله متافاز میوز ۱، دارای یک حالت آرایش تترادی در وسط یاخته بوده و در صورت عدم انجام چلیپایی شدن، در نهایت به دنبال هر میوز دو نوع یاخته ایجاد می‌کند.

نوترکیبی

به ترکیبات جدیدی از ال‌ها یا ژن‌ها که طی میوز در گامت‌ها ایجاد شده‌اند، نوترکیبی گویند. دقت کنید که نوترکیبی با جهش فرق می‌کند. در جهش اللی جدیدی که قبلاً در فرد وجود نداشته است ایجاد می‌شود. مثلاً اگر فردی ژن‌نمود AABb داشته باشد و در اثر عوامل مختلفی تبدیل $A \rightarrow a$ در آن بروز یافته باشد و به صورت AaBb دربیاید، به این فرایند جهش می‌گوییم چون اللی جدید (a) در این فرد ایجاد شده است. بدیهی است که در این فرد قبلاً فقط ترکیب اللی AB در گامت ایجاد می‌شده است ولی پس از جهش علاوه بر ترکیب اللی AB که همانند قبل از جهش می‌باشد، ترکیب اللی جدید aB نیز ایجاد می‌شود که به این گامت جدید، نوترکیب گفته می‌شود.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

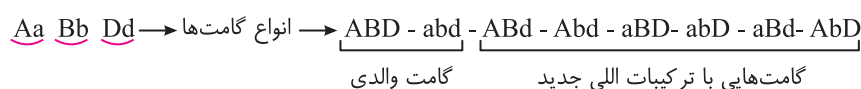
۱) در افرادی که در همه صفات خود خالص هستند (مثل ... AAbbDD)، عمل نوترکیبی هیچ‌گاه صورت نمی‌گیرد چون همیشه گامت آن‌ها ... AbD می‌باشد ولی اگر جهشی در آن‌ها رخ دهد، سپس می‌توانند ترکیب جدیدی از ال‌ها را به عنوان گامت نوترکیب نشان دهند.



۲) در مثال قبل مشاهده کردید که در افرادی که چند صفت ناخالص دارند بدون نیاز به جهش و فقط در اثر آرایش‌های تترادی متنوع، گامت‌هایی با ترکیب اللی جدید یا نوترکیب ایجاد می‌شوند. (نوترکیبی، ترکیب جدیدی از ژن‌ها هم قرار گرفتن ال‌های فرد می‌باشد ولی اللی جدیدی در فرد ایجاد نمی‌شود. در انتها لازم به ذکر است که اگر فقط یک ال در یک گامت با گامت دیگر متفاوت باشد، به نوترکیب گفته می‌شود. مثلاً گامت AbD یا Abd متفاوت است چون در صفت D و d متفاوتند.)

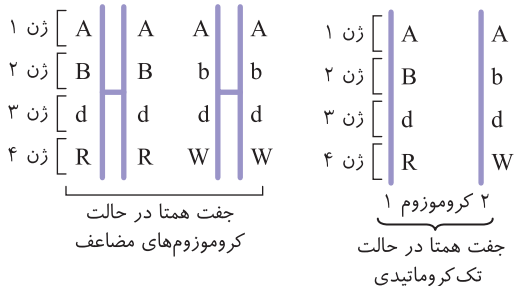
مثال: فردی با ژن‌نمود ناخالص برای سه صفت که به صورت AaBbDd می‌باشد مفروض است. اگر گامت‌های والدی ABD و abd در ایجاد آن نقش داشته‌اند، این فرد چند نوع گامت نوترکیب می‌تواند ایجاد کند؟

پاسخ: این فرد قادر به تولید ۸ نوع گامت می‌باشد که ۲ نوع ABD و abd آن قدیمی و ۶ نوع دیگر ترکیب جدید اللی یا نوترکیب هستند.



مطلبی برای یادگیری بهتر چلیپایی شدن!!

● ژن‌های روی یک کروموزوم



به ژن‌هایی که روی یک کروموزوم قرار دارند و با هم وارد یک گامت می‌شوند، ژن‌های پیوسته گفته می‌شوند. می‌دانید که هر کروموزوم حاوی تعداد زیادی ژن می‌باشد که همه آن‌ها با هم، ژن‌های پیوسته می‌باشند. در شکل روبه‌رو اگر فرض کنید که دو کروموزوم همتای شماره ۱ و ۲ انسان را نشان داده است ژن‌های ۱ تا ۴ با هم پیوسته می‌باشند. این ژن‌ها می‌توانند مثل ژن‌های ۱ و ۳ دارای دو دستورالعمل یا آلل یکسان باشند و یا دارای دستورالعمل‌های متفاوتی مثل ژن‌های ۲ و ۴ باشند. دقت کنید که وقتی این دو کروموزوم همتا در آنافاز میوز ۱ از هم جدا می‌شوند، ژن‌های پیوسته نیز با هم وارد یک یاخته می‌شوند. در این مثال دو نوع گامت $AbdW$ و $AbdR$ ایجاد می‌شود.

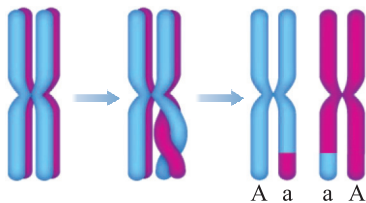
کراسینگ‌اور (چلیپایی شدن)

عمل چلیپایی شدن در حقیقت نوعی **نوترکیبی** است که حاصل تبادل قطعه بین دو کروماتید غیرخواه‌ری از کروموزوم‌های همتای یک تتراد می‌باشد. اگر عمل تبادل قطعه بین قسمت‌هایی انجام شده باشد که **آلل‌های متفاوتی** داشته باشد، می‌تواند در نهایت **ترکیب جدیدی** از آلل‌ها را در کروماتیدها ایجاد کند که با حالت قبل از چلیپایی شدن در برخی از آن‌ها تفاوت‌هایی دیده شود. این فرایند نوعی **نوترکیبی** است و جهش نمی‌باشد که در پروفاز میوز ۱ رخ می‌دهد و سبب **حفظ تنوع** در گامت‌های فرد و سپس در گوناگونی جامعه می‌شود.

فرایندهای تنوع‌زا در میوز

در طبیعت منشأ تنوع در افراد، **جهش‌هایی** است که در ماده ژنتیکی آن‌ها رخ می‌دهد. این جهش‌ها که اغلب در اثر عوامل محیطی رخ می‌دهند سبب تغییر در ساختار یا تعداد ژن‌ها یا کروموزوم‌ها می‌شوند. در اینجا می‌خواهیم به دو عامل نوترکیبی همراه **چلیپایی شدن و نوترکیبی** بدون چلیپایی شدن در میوز بپردازیم که هر دو نوعی **جهش نمی‌باشند** ولی سبب ایجاد تنوع در یاخته‌های حاصل از میوز و سپس تنوع در نسل بعد جاندار می‌شوند.

● (۱) نوترکیبی در اثر کراسینگ‌اور (چلیپایی شدن)



«طرح ساده‌ای از کراسینگ‌اور بین کروموزوم‌های همتا در پروفاز ۱»

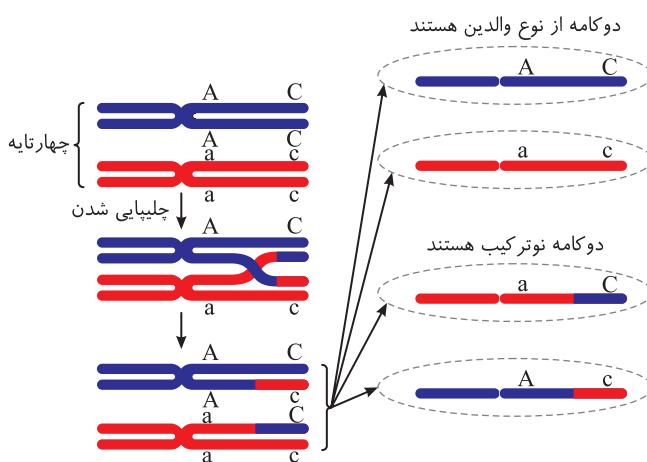
فرایندی است که در **پروفاز میوز ۱** رخ می‌دهد. در این فرایند بخش‌هایی از کروماتیدهای غیرخواه‌ری **یک تتراد** با هم تبادل قطعه می‌کنند. این فرایند جهش نمی‌باشد ولی سبب می‌شود که در بسیاری از موارد از یک میوز، **چهار یاخته متنوع** ایجاد شود. (در حالت عادی هر میوز، دو نوع یاخته ایجاد می‌کند ولی با چلیپایی شدن ممکن است از هر میوز، چهار یاخته با محتوای ژنتیکی متنوع ایجاد می‌شود).

نکته

طی چلیپایی شدن، پیوند فسفودی‌استر دو کروماتید غیرخواه‌ری از کروموزوم‌های همتا شکسته شده و سپس دوباره تشکیل می‌شود ولی ژن‌های موجود در فرد، تغییر نمی‌کند. ولی دقت کنید که ژن‌های هر کروموزوم می‌تواند دچار تغییر شوند و آللی که در کروموزوم همتا بوده‌اند، حالا به کروموزوم دیگر همتا رسیده باشند. مثلاً در شکل بالا کروموزوم سمت چپ قبلاً فقط دو ژن A داشته است ولی در اثر چلیپایی شدن حالا یک کروماتید A و کروماتید خواهری دیگر، ژن a دارد.

نکته

در صورت انجام عمل چلیپایی شدن، یک یاخته میوز دهنده توانایی ایجاد چهار نوع یاخته مختلف دارد. البته در صورتی که این عمل بین دو کروماتید با دستورالعمل‌های ژنی متفاوت رخ داده باشد.

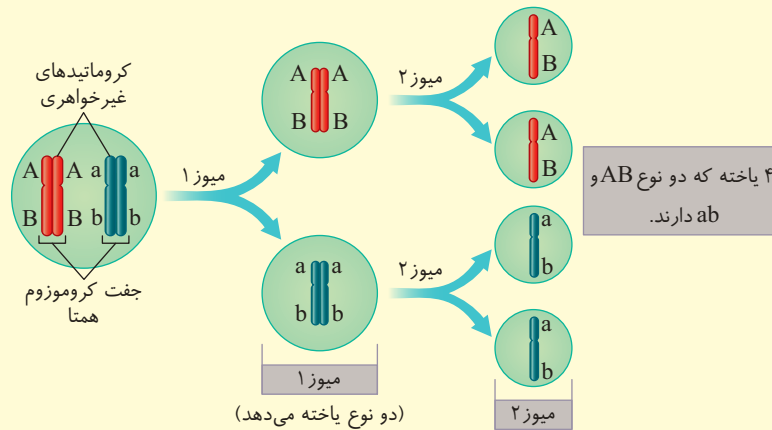


«نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن»

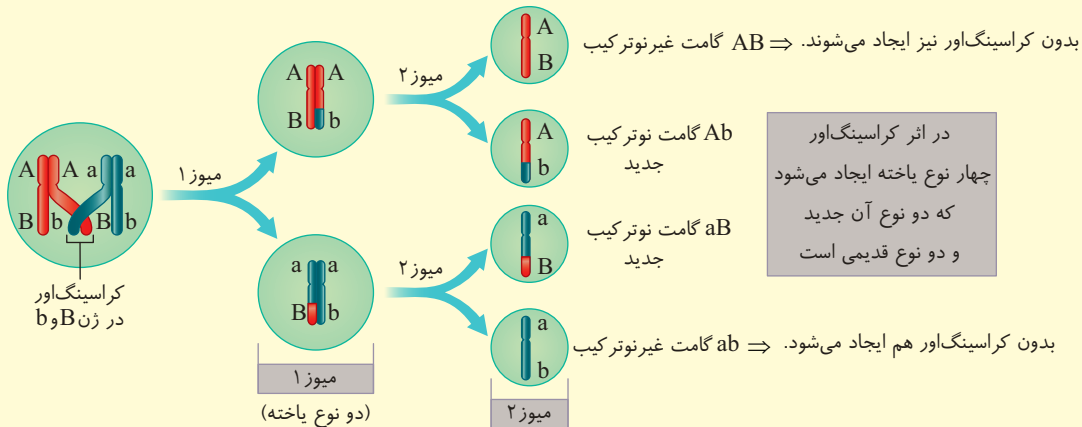
مثال: فردی با ژن‌نمود $AaBbDd$ که $2n=6$ می‌باشد، در صورت چلیپایی شدن چند نوع گامت می‌دهد؟

پاسخ: چون آلل‌های این سه جفت ژن مستقل هستند و روی کروموزوم یکسانی قرار ندارند، چلیپایی شدن در آن‌ها معنی ندارد و همواره توانایی ایجاد ۸ نوع گامت دارند.

◀ میوز یاخته $2n=2$ با فرمول ژنتیکی $AaBb$ در میوز بدون چلیپایی شدن $\Rightarrow$ دو نوع گامت AB و ab می‌دهد است.



◀ میوز یاخته $2n=2$ با فرمول ژنتیکی $AaBb$ در میوز همراه با عمل چلیپایی شدن $\Rightarrow$ حالا چهار نوع گامت می‌دهد که دو تای آن قدیمی و دو تای آن ترکیب جدید دارد.

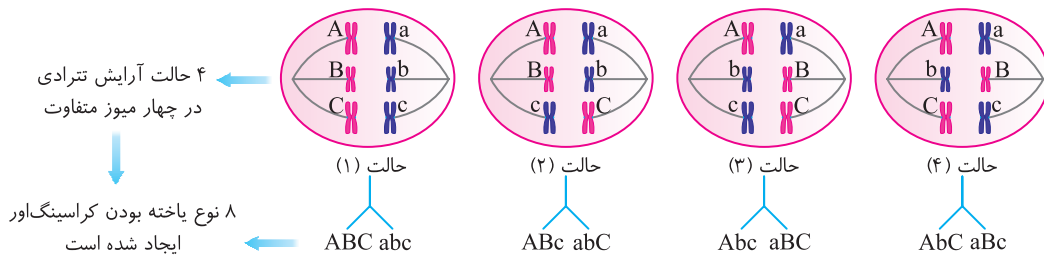


مثال: فردی با ژننمود $Aa \frac{B}{b} \frac{D}{d}$ اثر چلیپایی شدن چند نوع گامت جدید ایجاد می‌کند؟ (ژن‌های B و D روی یک کروموزوم قرار دارند).

پاسخ: این فرد در حالت عادی (بدون چلیپایی شدن)، قادر به تشکیل ۴ نوع گامت ABD ، Abd ، aBD ، و abd می‌باشد ولی در حالت چلیپایی شدن توانایی تشکیل 2^3 یا ۸ نوع گامت می‌باشد (چون سه صفت ناخالص دارد) که ۴ نوع آن قدیمی است که در حالت عدم چلیپایی شدن هم ایجاد شده‌اند ولی ۴ نوع گامت ABd ، aBd ، AbD ، و abd از نوع جدید یا نو ترکیب می‌باشند.

● (۲) نو ترکیبی بدون نیاز به کراسینگ‌اور (چلیپایی شدن)

انواع مختلف قرارگیری آرایش تتراده‌ها در متافاز ۱ می‌تواند سبب ایجاد انواع گامت جدید و نو ترکیبی شود. مثلاً یک فرد $AaBbCc$ در شکل زیر انواع چهار آرایش تترادی را در یاخته $2n=6$ با توانایی ایجاد 2^3 یا ۸ نوع گامت ملاحظه می‌کنید.



«انواع حالات ممکن آرایش‌های کروموزوم‌ها در متافاز ۱ میوز.
یاخته‌های حاصل از نظر نوع کروموزوم با سایرین تفاوت دارند.»

نکته

همواره در حالت عادی، هر حالت آرایش تترادی در متافاز ۱ می‌تواند دو نوع یاخته در میوز ایجاد کند ولی با چلیپایی شدن هر حالت آرایش تترادی، حداکثر سبب ایجاد چهار نوع یاخته می‌شود.

وجود سازگاری بیشتر افراد ناخالص و نقش آن‌ها در حفظ تنوع در جمعیت

در مبحث ژنتیک متوجه شدیم که افراد دارای رخ نمود نهفته فقط به صورت خالص یعنی aa در جامعه دیده می‌شوند و می‌توانند رخ نمود خود را بروز دهند. ال نهفته اگر در فرد ناخالص قرار گیرد (Aa)، در این حالت تحت تأثیر ال بارز A قرار می‌گیرد و این فرد، رخ نمود بارز (A) را نشان می‌دهد. در حقیقت ژن نمود ناخالص، عاملی برای حفظ ال‌های نهفته در جامعه می‌باشند. مثلاً در بیماری تالاسمی که یک بیماری نهفته مستقل از جنس و کشنده است، افراد tt بیمار هستند و بیشتر آن‌ها به سن بلوغ نمی‌رسند و ال‌های آن‌ها به نسل بعد نمی‌رسد، در حالی که افراد TT و Tt سالم هستند. افراد Tt را سالم ناقل می‌گویند که ال بیماری تالاسمی یا t را در جامعه حفظ می‌کنند. در واقع اگر در این صفت، افراد ناخالص وجود نداشتند، ال‌های نهفته کشنده پس از مدتی از جمعیت حذف می‌شدند. (در این بیماری حجم گویچه قرمز بسیار کم شده و قدرت حمل O_۲ کاهش می‌یابد).

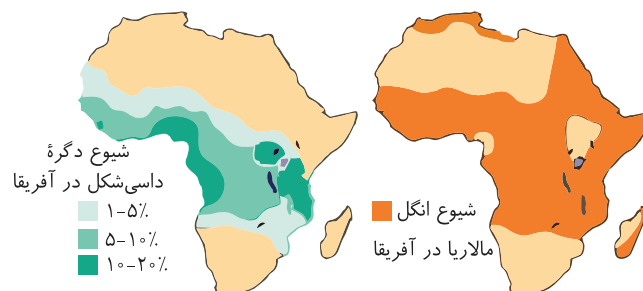
نکته

ال بیماری بارز کشنده سریع‌تر از ال نهفته کشنده در جامعه رو به حذف شدن می‌رود چون در حالت ناخالص (Aa) نیز، بیماری بارز نمایان می‌شود و فرد از بین می‌رود ولی در حالت نهفته، ال بیماری (a) می‌تواند در افراد ناخالص Aa باقی بماند و بیماری بروز نیابد.

برتری یا اهمیت افراد ناخالص بیماری کم‌خونی داسی‌شکل در نواحی مالاریا خیز

بیماری کم‌خونی داسی‌شکل را به خوبی می‌شناسید. یک بیماری مستقل از جنس نهفته که افراد بیمار دارای هموگلوبین و گویچه قرمز داسی‌شکل می‌شوند که معمولاً این افراد به سن بلوغ نمی‌رسند و در سن پایین می‌میرند. ژن نمود بیماراران را به صورت Hb^SHb^S یا (SS) نشان می‌دهیم که در هر جامعه‌ای معمولاً در اثر بیماری کم‌خونی داسی‌شکل و به دام افتادن گویچه‌های قرمز در مویرگ‌ها از بین می‌روند. افرادی که کاملاً سالم هستند به صورت ژن نمود (AA) یا Hb^AHb^A هستند و افرادی که ناقل بیماری می‌باشند نیز سالم بوده و ژن نمود (AS) یا Hb^AHb^S دارند (Hb منصف هموگلوبین است). افراد ناقل در حالت محیطی عادی و با اکسیژن طبیعی، رخ نمود سالمی دارند ولی اگر مقدار اکسیژن محیط کم شود، مقداری از هموگلوبین‌های آن‌ها داسی‌شکل شده و کمبود حمل اکسیژن پیدا می‌کنند (در حقیقت ال بیماری Hb^S در افراد ناخالص باقی می‌ماند). وقتی ژنتیک‌دانان به مطالعه توزیع بیماری داسی‌شکل در دنیا پرداختند، مشاهده کردند که فراوانی ال این بیماری یا Hb^S در مناطقی که شیوع بیماری مالاریا زیاد است، بسیار بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. (مالاریا نوعی بیماری عفونی است که توسط نوعی انگل آغاز می‌شود و تک‌یاخته‌ای که در گویچه‌های قرمز زندگی می‌کند ایجاد می‌شود).

وقتی محققین دنبال دلیل این موضوع رفتند، فهمیدند که افراد (SS) با بیماراران کم‌خون داسی‌شکل در هر دو جامعه عادی و مالاریا خیز، معمولاً در اثر بیماری داسی شدن هموگلوبین از بین می‌روند. ولی افراد سالم خالص یا (AA) یا Hb^AHb^A اگر به مالاریا مبتلا شوند، انگل درون یاخته‌ای سریعاً در گویچه قرمز کروی آن‌ها تکثیر یافته و این افراد در اثر مالاریا از بین می‌روند. اگر افراد ناخالص داسی‌شکل (AS) یا Hb^AHb^S آلوده به عامل مالاریا شوند، سریعاً گویچه‌های قرمز آن‌ها داسی‌شکل شده و انگل مالاریا را از بین می‌برند. در حقیقت افراد ناخالص AS در برابر مالاریا مقاوم بوده و بیمار نمی‌شوند (فقط برخی از گویچه‌های قرمز آن‌ها آلوده می‌شوند). پس شانس بقا و لقاح بیشتری از سایر افراد سالم AA و بیمار SS دارند. این مطلب باعث حفظ ال‌های سالم A و بیمار S در جامعه می‌شوند که وجود Hb^S باعث حفظ تنوع در جمعیتی می‌شود که همواره تنوع سه نوع ژن نمود AA، AS و SS را دارد.



نکته

از مثال توزیع بیماری داسی‌شکل در نواحی مالاریا خیز متوجه می‌شویم که: شرایط محیطی تعیین کننده صفتی است که حفظ می‌شود.

کدام گزینه درست است؟

تست ۱۴

- ۱) اثر بیماری مالاریا روی حفظ تنوع ژن نمودی بیماری داسی‌شکل مثالی از اثر عوامل ارثی در حفظ صفات می‌باشد.
- ۲) دگره Hb^S در مناطق مالاریا خیز، سبب بقای جمعیتی می‌شود که دارای فرزندان با امکان داشتن انواع ژن نمود صفت گردی یا داسی گویچه قرمز می‌باشد.
- ۳) باکتری عامل مالاریا نمی‌تواند درون گویچه‌های قرمز افراد ناخالص از نظر بیماری کم‌خونی داسی‌شکل زنده بماند.
- ۴) معمولاً افراد Hb^AHb^A در مناطق مالاریا خیز، شانس انتقال ژن‌های خود به نسل بعد را ندارند.

پاسخ ۲ به دلیل مقاومت افراد $Hb^A Hb^S$ نسبت به مالاریا، دگره Hb^S که در اغلب مناطق دگره مناسبی نیست ولی در مناطق مالاریا خیز دگره مناسبی به حساب می آید. **این دگره باعث بقای جمعیت نسبت به صفت داسی شکل می شود.** اهمیت و برتری بقا و لقاح افراد $Hb^A Hb^S$ در این مناطق سبب شده است که آمیزش دو نفر ناخالص، شانس بیشتری داشته باشد و به همین دلیل احتمال به دنیا آمدن هر نوع ژن نمود برای این صفت همواره وجود دارد.

تله های تستی گزینه (۱): اثر بیماری مالاریا روی کم خونی داسی شکل، مثال خوبی است که نشان می دهد **شرایط محیط**، تعیین کننده صفتی است که حفظ می شود (نه عامل ارثی!!!). / گزینه (۳): عامل مالاریا انگل آغازی می باشد نه باکتری!! / گزینه (۴): افراد $Hb^A Hb^A$ اگر به مالاریا مبتلا شود، نمی تواند مقاومتی به مالاریا نشان دهد و در صورت عدم درمان، در اثر مالاریا از بین می روند ولی دقت کنید که قرار نیست هر فردی که به مناطق مالاریا خیز رفت، مالاریا بگیرد و از بین برود بلکه این بیماری راه پیشگیری یا حتی درمان دارد.

(قلم چی)

تست ۱۵ کدام گزینه عبارت زیر را به طور مناسب کامل می کند؟

«هر یک از عوامل خارج کننده جمعیت از حال تعادل که ، به طور حتم

(۱) خزانه ژنی جمعیت را غنی تر می کند - دگره هایی سازگار با محیط ایجاد می کند.

(۲) گوناگونی افراد را در جمعیت کاهش می دهد - در طی گونه زایی دگر میهنی رخ می دهد.

(۳) فراوانی دگره ها را در خزانه ژنی تغییر می دهد - موجب افزایش توانایی بقای جمعیت می شود.

(۴) فراوانی نسبی دگره ها را از نسلی به نسل دیگر تغییر نمی دهد - فراوانی نسبی ژن نمودها را تغییر می دهد.

پاسخ ۴ اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره ها یا ژن نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود، آنگاه می گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است، بنابراین هریک از عوامل خارج کننده جمعیت از حال تعادل، حداقل یکی از این موارد را (**فراوانی نسبی دگره ها و فراوانی نسبی ژن نمودها**) تغییر می دهد. گزینه (۴) در مورد آمیزش های غیر تصادفی است که بدون تغییر در فراوانی الل ها، سبب تغییر در تعادل و نسبت های ژن نمودی می شود.

تله های تستی گزینه (۱): جهش و شارش از عوامل برهم زننده تعادل هستند که خزانه ژنی جمعیت را غنی تر می کنند ولی فقط دگره هایی که در اثر جهش ایجاد می شوند، می توانند سازگار و یا ناسازگار با محیط باشند. / گزینه (۲): **رانش** دگره ای و انتخاب طبیعی باعث کاهش گوناگونی افراد در جمعیت می شوند. در گونه زایی دگر میهنی، اگر جمعیت جدا شده **کوچک** باشد، رانش دگره ای در گونه زایی مؤثر خواهد بود. / گزینه (۳): رانش دگره ای از عوامل خارج کننده جمعیت از حال تعادل است که فراوانی دگره ها را در خزانه ژنی جمعیت تغییر می دهد و می تواند موجب کاهش توانایی بقای جمعیت شود.

درسنامه

تغییر در گونه ها

در این فصل تا اینجا تغییر در ساختار ژنی فرد در اثر جهش، تغییر در ساختار ژنی جمعیت در اثر عواملی مثل شارش، رانش، جهش، آمیزش غیر تصادفی و انتخاب طبیعی را بررسی کردیم. حالا می خواهیم به بررسی **تغییر در گونه** و عواملی که سبب شباهت و تفاوت های چند گونه مختلف و گونه زایی می شود بپردازیم. حتماً می دانید که در ابتدا، تعریف گونه را از روی شباهت ها و ویژگی های ظاهری بررسی می کردند و سپس با کشف ژنتیک، گونه و خزانه ژنی آن را به طور دقیق تری بررسی کردند. با تحقیقاتی که در زمینه فسیل شناسی انجام شد، دیرینه شناسان متوجه شدند که گونه ها در طول زمان تغییر کرده اند به طوری که **بسیاری از گونه های قدیمی، در حال حاضر وجود ندارند و بسیاری از گونه های کنونی نیز در زمان های قدیم، به این شکل وجود نداشته اند.**

در این گفتار می خواهیم به بررسی شواهدی بپردازیم که مشخص می کند، گونه ها تغییر پذیر بوده اند و با هم خویشاوند بوده اند. از این شواهد می توان به بررسی های فسیلی، آتاتومی و مولکولی اشاره کرد. در ابتدا بهتر است که با تعریف قدیمی و جدید گونه آشنا شوید.

تعریف قدیمی گونه (تعریف لینه)

لینه معتقد بود که گونه مجموعه افراد مشابهی می باشند که فرزندان مشابه و والدین مشابه دارند.

تعریف جدید گونه (تعریف ارنست مایر)

پس از پیدایش ژنتیک، ارنست مایر گفت، گونه مجموعه افرادی است که می توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده های **زیستا و زایا** ایجاد کنند ولی با گونه های دیگر آمیزش موفقیت آمیز نخواهند داشت (**این تعریف فقط برای گونه های جنس دارند**).

نکته

زاده زیستا، یعنی زاده ای که قدرت میتوز و رسیدن به سن بلوغ دارد و زایا، یعنی زاده ای که قدرت تولید گامت و ایجاد نسل بعد را دارد.

شواهد تغییر گونه

الف) سنگواره‌ها (فسیل‌ها)

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱) فسیل مستقیم‌ترین و بهترین شواهدی است که تغییر گونه را بین جانداران مختلف نشان می‌دهد.
- ۲) سنگواره، بقایای یک جاندار یا **آثاری** از جاندار است که در گذشته **دور** زندگی می‌کرده است.
- ۳) معمولاً مناطق سخت بدن جانداران، فسیلی می‌شوند مثلاً استخوان‌های مهره‌داران یا اسکلت خارجی حشرات بهتر از بدن کرم خاکی امکان فسیلی شدن دارند.
- ۴) در برخی موارد کل بدن یک جاندار فسیل می‌شود مثل ماموت‌های منجمد شده که حتی پوست و موی آن‌ها نیز حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهی به دام افتاده‌اند.
- ۵) در زیست یازدهم خواندید که حشرات کوچک نمی‌توانند روی برگ‌های کرکدار به راحتی حرکت کنند و ترشح مواد چسبناک از گیاه می‌تواند حرکت گیاه را دشوار یا غیرممکن کند. حتی برخی گیاهان در پاسخ به زخم، ترکیباتی ترشح می‌کنند که سبب محافظت آن‌ها می‌شود و اگر حجم این ترکیبات زیاد شود و حشره به دام بیفتد با سخت شدن این ترکیبات، سنگواره‌هایی از بدن حشره ایجاد می‌شود.
- ۶) دیرینه‌شناسی شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به مطالعه فسیل‌ها می‌پردازد و اطلاعات فراوانی از گذشته به ما می‌دهد.
- ۷) جانداران و گونه‌هایی مثل دایناسورها بوده‌اند که در گذشته زندگی می‌کرده‌اند ولی در حال حاضر وجود ندارند و منقرض شده‌اند.
- ۸) جانداران و گونه‌هایی هستند که در حال حاضر زندگی می‌کنند ولی در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل گل لاله و گربه.
- ۹) جانداران و گونه‌هایی مانند درخت گیسو هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی می‌کرده‌اند. این درخت در ۱۷۰ میلیون سال اخیر وجود داشته است.
- ۱۰) دیرینه‌شناسان عمر فسیل‌ها را تعیین می‌کنند و می‌دانند که در هر زمان چه جاندارانی زندگی کرده‌اند.
- ۱۱) با بررسی سنگواره‌ها می‌توان متوجه شد که در **زمان‌های مختلف**، زندگی به **شکل‌های مختلفی** جریان داشته است.

تست ۱۶

کدام گزینه درباره دیرینه‌شناسان صحیح نیست؟

(قلم‌چی)

- ۱) آن‌ها می‌دانند که جاندارانی مانند دایناسورها و درخت گیسو در چه زمانی زندگی کرده‌اند.
 - ۲) به مطالعه بقایای یک جاندار یا آثار پیکر جاندار است که در گذشته دور زندگی می‌کرده است، می‌پردازند.
 - ۳) معتقدند که در طول زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلف جریان داشته و تغییر گونه‌ها در طول زمان انجام شده است.
 - ۴) در تشریح مقایسه‌ای به کمک بررسی ساختارهای همتا در مهره‌داران، گونه‌های خویشاوند با یکدیگر را در یک گروه قرار می‌دهند.
- رده‌بندی جانوران براساس اندام‌های همتا بر عهده سایر زیست‌شناسان می‌باشد و دیرینه‌شناسان در این موضوع نقشی ندارند ولی سایر گزینه‌ها خط کتاب درسی هستند.

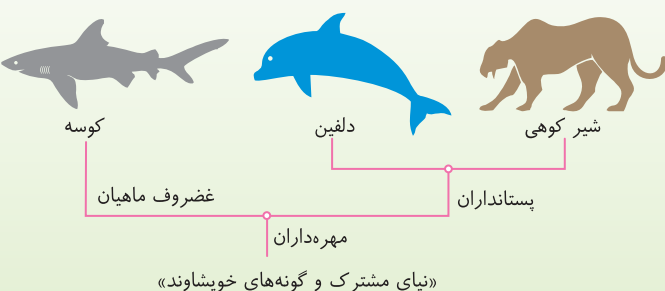
پاسخ ۴

ب) تشریح مقایسه‌ای (مقایسه آناتومی) بین گونه‌های مختلف

وقتی برخی ساختارهای بدنی را در برخی گونه‌ها با هم مقایسه می‌کنیم، مشاهده می‌کنیم که برخی از آن‌ها **اساس ساختاری و طراحی** مشابهی با هم دارند. در حقیقت آناتومی آن‌ها در گونه‌های مختلف، شباهت‌های اساسی با هم دارند که این موضوع را دلیلی بر **خویشاوندی** بین آن گونه‌ها و داشتن **نیای مشترک** برای آن‌ها می‌دانند. مثلاً وقتی **اندام حرکتی جلویی** در مهره‌داران را با هم مقایسه می‌کنیم، می‌بینیم که طرح ساختاری آن‌ها یکسان بوده و همگی حاوی استخوان‌های بازو، زند زیرین، زند زیرین، استخوان‌های مچ، کف دست و بند انگشتان می‌باشد. به اندام‌هایی که اساس یا طرح ساختاری یکسانی دارند (مثل دست انسان یا بال پرند یا بند ریه و دست گربه)، اندام‌ها یا ساختارهای همتا یا همولوگ گفته می‌شود. این اندام‌ها ممکن است کارایی داشته باشند یا نداشته باشند یا کارایی کمی داشته باشند.

چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱) در بررسی اندام‌های همتا، نکته مهم، داشتن ساختار و طرح یکسان می‌باشد و کارایی آن‌ها در درجه دوم اهمیت می‌باشد.
- ۲) علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت، داشتن **نیای مشترک** بین آن گونه‌ها می‌باشد. این گونه‌های دارای ساختار همتا را **گونه‌های خویشاوند** می‌گویند. مثلاً محققین معتقدند که مهره‌داران دارای یک نیای مشترک هستند چون در همه آن‌ها می‌توان ساختارهای همتای متعددی مشاهده کرد.



- ۳) در نمودار خویشاوندی مقابل مشاهده می‌شود که دلفین و شیر کوهی چون هر دو شباهت‌های فراوانی با هم دارند، در یک رده به نام پستانداران قرار می‌گیرند. شباهت آن‌ها به هم بسیار بیشتر از شباهت آن‌ها به کوسه ماهی می‌باشد ولی همگی نیای مشترک دیگری داشته‌اند.

- ۴) زیست‌شناسان با استفاده از ساختارهای همتا، می‌توانند **رده‌بندی** جانداران را انجام دهند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار دهند. مثلاً هر جانوری که ستون مهره دارد را در گروه شاخه مهره‌داران (**طنابداران**) قرار می‌دهند.

● ساختارهای آنالوگ

گاهی در بین گونه‌های مختلف، ساختارهایی دیده می‌شوند که **کار یکسانی دارند ولی طراحی و ساختار متفاوتی** دارند. مثلاً پای انسان و پای عنکبوت هر دو برای راه رفتن می‌باشند و کار یکسانی دارند ولی پای انسان برخلاف پای عنکبوت ساختار استخوانی دارد. به این ساختارهای همکار ولی غیر هم‌ساختار، ساختارهای آنالوگ می‌گویند. بال کبوتر و بال پروانه نیز آنالوگ هستند چون هر دو برای پرواز هستند ولی بال پروانه برخلاف بال پرندۀ ساختار استخوانی ندارد.

نکته مهم

ساختارهای آنالوگ برای پاسخ به یک **نیاز مشترک** (مثلاً پرواز) به وجود آمده‌اند ولی در گونه‌های مختلف، سازش آن‌ها و ساختار آن‌ها به روش‌های مختلفی بوده است. این اندام‌ها برخلاف اندام‌های همتا، دلیلی برداشتن یک نیای مشترک به حساب نمی‌آیند.

● ساختارهای وستیجیال

وقتی آناتومی و ساختار بدن را در بین **گونه‌های مختلف** مقایسه می‌کنیم، علاوه بر پیدا شدن خویشاوندی گونه‌ها، مشاهده می‌شود که این ساختارهای همتا، در برخی گونه‌ها بسیار کارآمد هستند مثل ران سوسمار که در حرکت کارایی زیادی دارد ولی در برخی گونه‌های دیگر این ساختارها کوچک یا ساده‌تر شده‌اند و حتی ممکن است فاقد کارایی خاصی باشند، به این **ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده، ساختارهای وستیجیال (بمعنی ریز) می‌گویند**. مثلاً لگن و ران در مارها و وستیجیال هستند و منشأ آن لگن و ران سوسمار بوده است که دارای کارایی می‌باشد. یعنی لگن و ران در سوسمار و مار با هم همتا می‌باشند که در مار وستیجیال شده چون نیازی به داشتن پا و راه رفتن ندارد ولی در سوسمار کارایی دارد و وستیجیال نمی‌باشد.

مثالی دیگر از وستیجیال: مار پیتون، فاقد پا می‌باشد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال وجود دارد. این اندام مشخص می‌کند که این گونه با سایر مهره‌داران رابطه خویشاوندی دارد.

نکته

شواهد متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد، مارها از تغییر یافتن و تکامل سوسمارها ایجاد شده‌اند.

● دلیل وستیجیال شدن یک ساختار

در طبیعت می‌گویند یاخته واحد عقلانی است چون انرژی را بیهوده مصرف نمی‌کند. به همین دلیل در دنیای زنده نیز همین مسئله وجود دارد که چون حفظ یک ساختار انرژی‌بر می‌باشد، پس جاندار باید در مسیر تکاملی خود، ساختارهایی را در بدن حفظ کند که این ساختارها کارایی داشته باشند و جاندار از آن‌ها استفاده بهینه کند. بدیهی است که اگر جاندار، مقداری از انرژی خود را صرف نگه داشتن اندامی کند که هیچ کارایی ندارد، پس آن مقدار انرژی را بیهوده از دست داده است و در سیستم رقابتی با جانداران دیگر حذف می‌شود. به همین دلیل، جانداران در طی تکامل خود، ساختارها و اندام‌هایی که کارایی ندارند را به تدریج حذف می‌کنند یا به صورت وستیجیال درمی‌آورند که ساده و کوچک می‌شوند.

نکته

بقایای پای مار وستیجیال است ولی با پای مهره‌داران دیگر همتا می‌باشد.

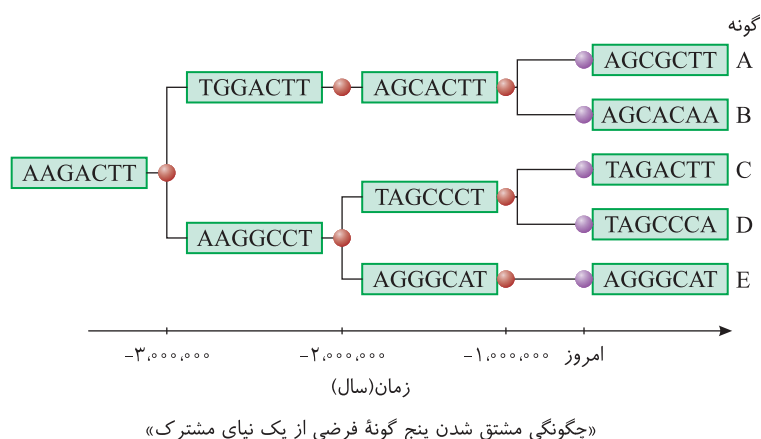
ج) بررسی مولکول‌های زیستی در خویشاوندی گونه‌ها

در علم مقایسه ژنتیکی ژنوم (ژنوم) جانداران، هنگامی که ژنوم **گونه‌های مختلف** را با یکدیگر مقایسه می‌کنند، مشاهده می‌شود که برخی ژن‌ها در برخی گونه‌ها مشترکند و در عوض برخی ژن‌ها، ویژه یک گونه خاص می‌باشند. از این مقایسه‌ها اطلاعات ارزشمندی در علم ژنگان‌شناسی مقایسه‌ای به دست می‌آورد. وقتی زیست‌شناسان، **DNA گونه‌های مختلف ولی نزدیک به هم** را با هم مقایسه می‌کنند، مشاهده می‌کنند که هرچه DNA دو جاندار شباهت بیشتری به هم داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند و با این روش می‌توان به تاریخچه تغییر گونه‌های آن‌ها پی ببرند.

● بررسی توالی‌های حفظ شده

وقتی توالی یک ژن خاص را در برخی گونه‌های مختلف با هم مقایسه می‌کنیم، مشاهده می‌شود که قسمت‌ها یا توالی‌های خاصی، در بین گونه‌های مختلف وجود دارند که هیچ تفاوتی در توالی نوکلئوتیدی با هم ندارند. به این توالی‌ها، **توالی‌های حفظ شده** می‌گویند.

مثالی برای درک بهتر توالی‌های حفظ شده: در ۵ گونه فرضی روبه‌رو که از یک نیای مشترک ایجاد شده‌اند نوکلئوتید پنجم همگی C بوده و یکسان می‌باشد. این مطلب نشان می‌دهد که پنج گونه فوق از یک نیای مشترک، اشتقاق یافته‌اند و طی تکامل به گونه‌های متفاوتی مشتق شده‌اند. در این شکل گونه‌های A و B و همچنین C و D به هم شبیه‌تر و خویشاوندتر می‌باشند یعنی در گذشته نزدیک‌تری و از نیای نزدیک‌تری مشتق شده‌اند.



تست ۱۷

ساختارهایی که نشان می‌دهند سفره‌ماهی‌ها و گربه دارای نیای مشترکی هستند،

(قلم‌چی)

- ۱) همواره دارای اندازه‌ای بزرگ هستند و بسیار کارآمد می‌باشند.
 - ۲) می‌توانند نشان دهنده آن باشند که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است.
 - ۳) ممکن است در برخی مهره‌داران کار و طرح ساختاری متفاوتی داشته باشند.
 - ۴) نشان می‌دهد که در همه مهره‌داران اندام جلویی دارای ساختار و کار یکسانی هستند.
- مقایسه اندام‌های همتا نشان می‌دهد ساختار بدنی برخی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. این ساختارها می‌توانند هر اندازه‌ای داشته باشند و در اندام‌های مختلفی (نه فقط اندام جلویی!) بررسی شوند.

پاسخ ۲

تست ۱۸

کدام گزینه درست است؟

- ۱) پای مار پیتون با پای سوسمار، وستیجیال است.
- ۲) اندام جلویی در افراد یک جمعیت با هم همتا می‌باشند.
- ۳) بال پروانه اندامی آنالوگ می‌باشد.
- ۴) بال مرغ همانند بقایای پای مارها اندامی وستیجیال بوده ولی با هم غیرهمتا هستند.

پاسخ ۴

پای مار و بال مرغ، وستیجیال می‌باشند ولی پای مار اندام عقبی جانور بوده است و با اندام جلویی سایر مهره‌داران مثل مرغ، همتا یا هم‌ساختار نمی‌باشد (درست‌ترین گزینه (۴)). دقت کنید که واژه آنالوگ یا همتا برای مقایسه دو اندام به کار می‌روند و نمی‌توان گفت که یک اندام مثل بال پروانه آنالوگ یا همتا است (درست‌ترین گزینه (۳)). همواره برای آنالوگ یا همتا باید حداقل دو اندام در دو گونه مختلف را با هم مقایسه کرد. چون در یک جمعیت، فقط افراد یک گونه وجود دارند که مقایسه همتا یا آنالوگ در مورد آن‌ها صورت نمی‌گیرد. پس گزینه (۲) نیز نادرست است.

از طرفی واژه وستیجیال، یک واژه مقایسه‌ای نیست. مثلاً می‌گوییم بقایای پای مار پیتون، یک اندام وستیجیال می‌باشد و این ویژگی ربطی به وستیجیال بودن یا نبودن یک اندام گونه دیگر ندارد (درست‌ترین گزینه (۱)).

تست ۱۹

در مورد جانداران گونه‌هایی که در گذشته نزدیک‌تری از نیای مشترک مشتق شده‌اند، چند مورد زیر صحیح می‌باشد؟

- | | |
|---|---|
| الف) توالی‌های حفظ شده مشترک کمتری دارند. | ب) خویشاوندی بیشتری دارند. |
| ج) فاقد ساختارهای آنالوگ می‌باشند. | د) دارای برخی اندام‌های همتا ولی وستیجیال شده می‌باشند. |
| ۱) ۳ مورد | ۲) ۲ مورد |
| ۳) ۴ مورد | ۴) ۱ مورد |

پاسخ ۱

هرچه دو گونه در گذشته نزدیک‌تری از یک نیای مشترک مشتق شده باشند، ویژگی‌های شبیه‌تری دارند و اندام‌های همتا با ساختار مشابه‌تری دارند. این گونه‌ها توالی‌های حفظ شده مشترک بیشتری دارند و دارای رابطه خویشاوندی نزدیک‌تری می‌باشند (درست‌ترین گزینه (الف)). در این گونه‌ها ممکن است مثل مار و سوسمار، در برخی اندام‌های همتا، اندامی وستیجیال مثل بقایای پای مار ایجاد شود (درست‌ترین گزینه (د)).

نکته: اندام‌های آنالوگ در مورد جاندارانی بسیار متفاوت مثل بال در پروانه بی‌مهره یا بال در کبوتر مهره‌دار دیده می‌شوند که رابطه خویشاوندی ندارند یا آنقدر نیای دوری دارند که فاقد ساختار همتا می‌باشند (درست‌ترین گزینه (ج)).

گونه‌زایی

هر تعریفی برای گونه در محدوده مشخصی کارآمد می‌باشد. مثلاً تعریف اولیه محققین (رینه) برحسب شباهت ظاهری افراد و تعریف ارنست مایر بر مبنای تولیدمثل جنسی بود.

تعریف گونه از نظر ارنست مایر

وی برای جاندارانی که تولیدمثل جنسی دارند بیان کرد که گونه در زیست‌شناسی به مجموعه افرادی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستاً (قدرت زنده ماندن و میوه‌آوردن) و زایا (قدرت تولیدمثل و هجرت) به وجود آورند ولی نمی‌توانند با گونه‌های دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز کنند یعنی نمی‌توانند با گونه‌های دیگر نیز زاده زیستاً و زایا ایجاد کنند.

نکته

آمیزش موفقیت‌آمیز در گونه — یعنی زاده زیستاً و زایا ایجاد می‌کند.

- یا همواره زاده نازا ایجاد می‌کنند.
- یا همواره زاده نازیتا ایجاد می‌کنند.
- یا همواره زاده نازا و نازیتا ایجاد می‌کنند.
- البته دقت کنید که فرد نازیتا، حتی اگر عقیم نباشد به زایا بودن نمی‌رسد.

جدایی خزانه ژنی دو گونه

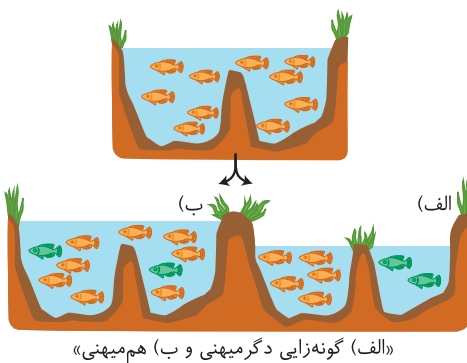
در طبیعت، به طور معمول افراد دو گونه مختلف نمی‌توانند با هم به تبادل ژنی و آمیزش موفقیت آمیز بپردازند. در حقیقت اعضای دو گونه، ژنوم و خزانه ژنی متفاوتی دارند. از طرفی هرگاه بین افراد یک گونه به هر دلیلی جدایی تولیدمثلی ایجاد شود به طوری که نتوانند با هم آمیزش کنند، آنگاه خزانه ژنی گونه به دو جمعیت جدا تبدیل می‌شود و شرایط برای گونه‌زایی فراهم می‌شود. این عوامل می‌توانند در اثر جدایی‌های جغرافیایی یا زمانی و... رخ می‌دهد.

انواع گونه‌زایی

در این قسمت که آخرین بخش از این فصل می‌باشد می‌خواهیم دریابیم که چگونه دو گونه مختلف از یک گونه مشتق می‌گیرند. به طور کلی اگر میان افراد یک گونه، **جدایی تولیدمثلی** رخ دهد، به تدریج خزانه ژنی آن‌ها از هم جدا شده و به سوی تشکیل گونه جدیدی می‌روند. جدایی تولیدمثلی، در اثر عواملی ایجاد می‌شود که مانع لقاح و آمیزش بعضی افراد یک گونه با افراد دیگر از همان گونه می‌شوند. در طبیعت دو نوع سازوکار گونه‌زایی به صورت دگر میه‌نی و هم میه‌نی وجود دارد که در هر دو مورد ابتدا باید بین افراد دو گونه، **جدایی تولیدمثلی** اتفاق بیفتد تا مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر شود. در اثر جدایی تولیدمثلی، ابتدا خزانه ژنی دو جمعیت از یکدیگر جدا شده تا احتمال تشکیل گونه جدید فراهم شود.

نکته

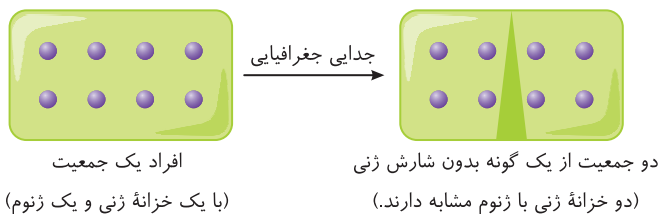
در ادامه مشاهده می‌کنید که اساس جدایی تولیدمثلی در گونه‌زایی **دگر میه‌نی** بر پایه جدایی **جغرافیایی** بوده ولی در گونه‌زایی **هم میه‌نی** جدایی تولیدمثلی بدون جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد.



در شکل روبه‌رو مشاهده می‌کنید که ابتدا در محیط بالا یک گونه ماهی وجود داشته است. در محیط پایین (شکل (الف))، گونه‌زایی دگر میه‌نی با جدایی کامل جغرافیایی و عدم شارش بین آن‌ها را می‌بینید که دو گونه جدید ایجاد شده‌اند ولی در شکل (ب)، گونه‌زایی هم میه‌نی را نشان می‌دهد که در همان محیط اولیه، گونه جدیدی از ماهی‌ها در دو سمت ایجاد شده‌اند در حالی که شارش ژنی متوقف نشده است.

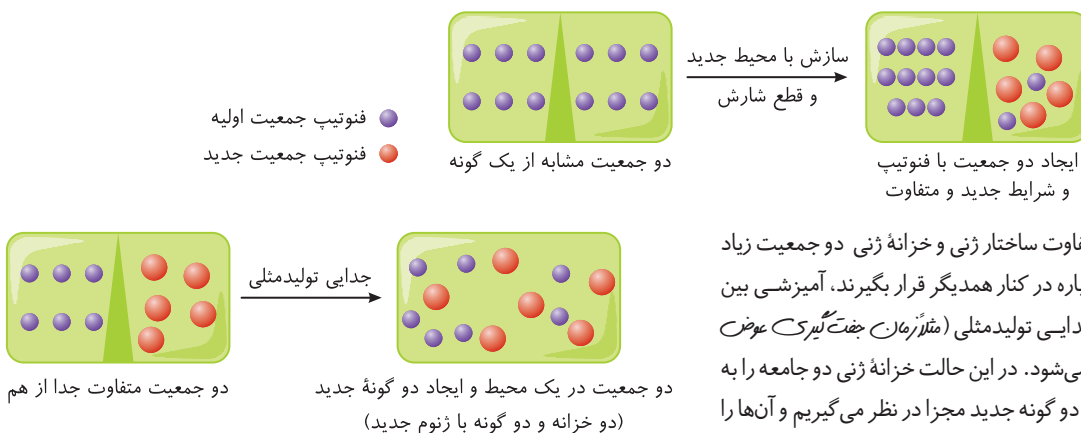
گونه‌زایی دگر میه‌نی

در این نوع گونه‌زایی به ترتیب وقایع زیر اتفاق می‌افتد تا افراد یک جمعیت به دو گونه مجزا تبدیل شوند:



۱) ابتدا بر اثر رخداد های زمین‌شناختی، **سدهای جغرافیایی** ایجاد می‌شود که سبب می‌شود افراد **یک جمعیت** که یک خزانه ژنی داشته‌اند به دو جمعیت تبدیل شوند به طوری که شارش ژن بین این دو جمعیت متوقف شود. (مثلاً یک دره یا کوه بین دو جمعیت ایجاد شد). در این حالت دو خزانه ژنی مختلف وجود دارد ولی چون هنوز یک گونه هستند، ژنوم (ژنوم) یکسانی دارند.

۲) در هر جمعیت بر حسب سازش با محیط جدید خود و رخ دادن جهش، نوترکیبی، رانش و انتخاب طبیعی، به تدریج ویژگی‌های جدیدی ایجاد می‌شود و تفاوت‌های آن‌ها به تدریج زیاد می‌شود. به دلیل نبودن شارش، به تدریج این تفاوت‌ها بیشتر و بیشتر می‌شود که می‌تواند روی رخ نمود آن‌ها نیز مؤثر باشد. (مثلاً اگر گروهی در سمت منطقه سردتر باشند، رنگ روشن‌تری خواهند داشت).



۳) در طول زمان آن‌قدر تفاوت ساختار ژنی و خزانه ژنی دو جمعیت زیاد می‌شود که حتی اگر دوباره در کنار همدیگر قرار بگیرند، آمیزشی بین آن‌ها رخ نخواهد داد و جدایی تولیدمثلی (مثلاً زمان جفت‌گیری عوض شده باشد) در آن‌ها ایجاد می‌شود. در این حالت خزانه ژنی دو جامعه را به صورت دو ژنگان جدید از دو گونه جدید مجزا در نظر می‌گیریم و آن‌ها را دو گونه مختلف می‌دانیم که تشکیل یک اجتماع داده‌اند.

نکته

میزان عامل جغرافیایی جداکننده برای گونه‌زایی دگرمیهنی، به میزان **حرکت جانداران** آن گونه بستگی دارد. هرچه میزان تحرک گونه بیشتر باشد، سد جغرافیایی باید بزرگ‌تر باشد. (مثلاً برای جدایی جغرافیایی پرندگان، باید سد جغرافیایی آنقدر بزرگ باشد که با پرواز هم به همدیگر نرسند ولی برای حشرات، یک خنک چند مترک نیز برای ایجاد سد جغرافیایی، کافی می‌باشد).

نکته

اگر جمعیت اولیه‌ای که در اثر جدایی جغرافیایی از جمعیت اصلی جدا شده باشد، یک جمعیت با **اندازه کوچک** باشد، در آن صورت **رانش** ژن نیز در جمعیت نقش مهمی دارد و بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید. در حقیقت رانش ژن وقتی نقش **مهمی** دارد که در جمعیت‌هایی با اندازه کوچک رخ دهد.

● مثالی برای فهم گونه‌زایی دگرمیهنی

جمعیتی از موش‌هایی را در نظر بگیرید که رنگ روشن داشته‌اند. در اثر بروز آتشفشان، برخی از موش‌ها به سمتی می‌روند که خاکسترهای آتشفشانی وجود دارد. در این صورت اگر ارتباط جمعیت جدید با جمعیت اولیه قطع شود، به تدریج برحسب سازش با محیط، موش‌هایی که رنگ روشن کمتری دارند یعنی کمی تیره‌تر از بقیه هستند با محیط جدید سازگارترند و شانس بقای بیشتری دارند و ژن‌های بیشتری از خود را به نسل بعد می‌دهند. به تدریج جمعیت جدید نسل به نسل تیره‌تر می‌شوند و با جمعیت اولیه متفاوت‌تر می‌شوند. این تفاوت ظاهری می‌تواند آنقدر زیاد شود که حتی اگر این موش‌ها که قبلاً از یک گونه بوده‌اند، دوباره در کنار هم قرار گیرند، دیگر با هم آمیزش نمی‌کنند. در این حالت موش‌های تیره و روشن را دو گونه با دو خزانه ژنی متفاوت در نظر می‌گیریم.

تست ۲۰

در طی پدیده گونه‌زایی دگرمیهنی، هر عاملی که تفاوت‌ها را در بین دو جمعیت افزایش می‌دهد،

(۱) می‌تواند باعث افزایش تنوع ژن‌نمودی در بین افراد جمعیت شود.

(۲) باعث انتقال ژن‌های سازگارتر با محیط به نسل بعد می‌شود.

(۳) در خزانه ژنی نسل بعد آن‌ها تغییراتی ایجاد می‌کند.

(۴) باعث حفظ گوناگونی ژنتیکی در جمعیت می‌شود.

پاسخ ۳

در گونه‌زایی دگرمیهنی، جهش، انتخاب طبیعی و رانش ژن از طریق تغییر در فراوانی دگرها باعث تغییر در خزانه ژنی نسل بعد می‌شوند. نوترکیبی نیز از طریق ایجاد ژن‌نمودهای جدید در نسل بعد، باعث تغییر جمعیت‌ها می‌شود.

تله‌های تستی گزینه‌های (۱) و (۴): رانش تنوع را کم می‌کند. / گزینه (۲): رانش و جهش در جهت سازش نیستند.

گونه‌زایی هم‌میهنی

در برخی موارد که اغلب در گونه‌زایی گیاهان، دیده می‌شود، گونه جدید به صورت زیستا و زایای با کروموزوم‌های پلی‌پلوئیدی از گونه دیپلوئید اولیه ایجاد می‌شود. این گونه جدید پلی‌پلوئید بدون جدایی جغرافیایی و فقط به دلیل اختلال در تقسیم یاخته‌ای و ایجاد یاخته‌هایی با تعداد کروموزوم‌های غیرعادی ایجاد شده‌اند ولی به هر حال سبب جدایی تولیدمثلی و ایجاد گونه جدید شده‌اند. **دقت کنید که در این گونه‌زایی‌ها، افراد گونه‌های پلی‌پلوئید جدید نمی‌توانند با گونه اولیه، آمیزش موفقیت‌آمیز کنند** و یا اگر آمیزش کنند زاده‌های زیستا و زایا ایجاد نمی‌کنند. به همین دلیل از ابتدا دارای دو ژنوم و خزانه ژنی جدید می‌شوند. در ادامه به بررسی انواع حالات ممکن در اثر اشکالات تقسیم کروموزوم‌ها در گونه‌زایی هم‌میهنی و اثرات آن‌ها می‌پردازیم.

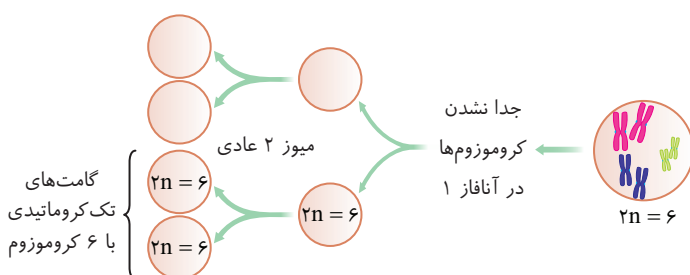
نکته

اثر جهش، انتخاب طبیعی و رانش در این گونه‌زایی نیز مهم است.

● الف) اگر جدا نشدن کروموزوم‌ها در میوز ۱ اتفاق بیفتد

اگر طی مرحله میوز ۱، همه کروموزوم‌ها به یک یاخته بروند ولی میوز ۲ به درستی انجام شود در این صورت از چهار یاخته حاصله، دو یاخته فاقد کروموزوم بوده و دو یاخته دیگر دارای تعداد کروموزوم‌هایی برابر با یاخته اولیه ولی تک کروماتیدی خواهند شد که به صورت روبه‌رو می‌باشند. (فرض کنید یاخته پیکری گونه $2n=6$ می‌باشد).

روند گونه‌زایی: به خاطر دارید که روند جدایی کروموزوم‌ها در میوز ۲ همانند میوز انجام می‌شد، پس از یاخته $2n=6$ مضاعف، طی میوز ۲، دو یاخته یا گامت $2n=6$ ولی تک کروماتیدی ایجاد می‌شود. حال اگر این گامت‌های دیپلوئید با هم لقاح کنند، جاندار تتراپلوئید زیستا و زایا به عنوان یک گونه جدید ایجاد می‌شود.

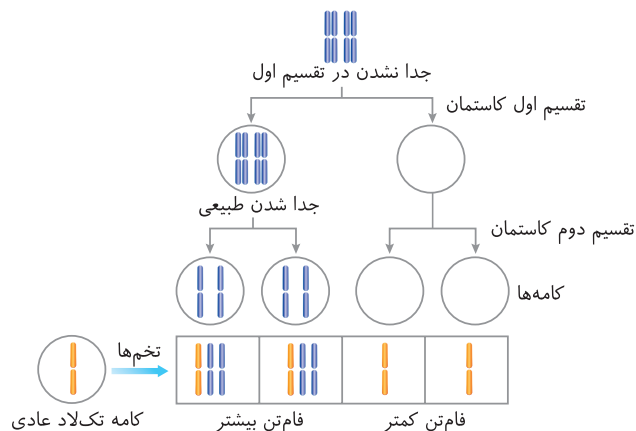


◀ حال اگر این گامت‌ها با گامت‌های عادی $n=3$ لقاح کنند، حالت‌های منوزومی و تریزومی مقابل در تخم‌ها ایجاد می‌شوند که قادر به بقا و زایا بودن نمی‌باشند. (بم‌خطر دارید که میوز ویرز یا ختم‌های زوج n زایشی است.)

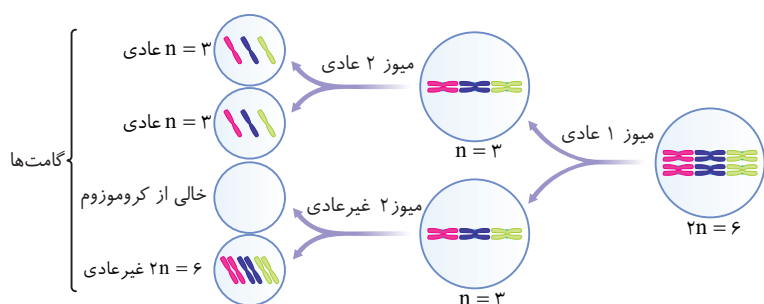
گامت عادی + گامت غیرعادی ← تخم‌های حاصله

$n=3$ + $n=3$ ← $n=3$ ← صفر کروموزومی

$n=3$ + $2n=6$ ← $3n=9$ ← قدرت میوز و باروری ندارند.

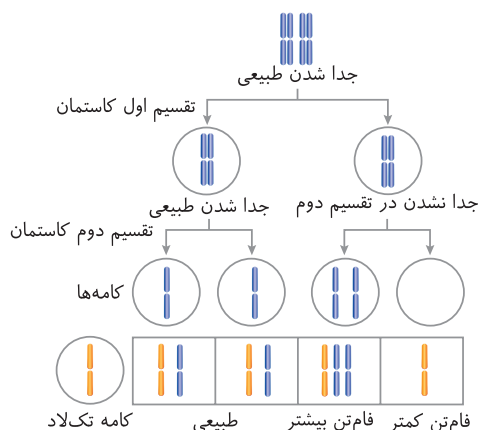


● (ب) اگر یک یاخته محصول میوز ۱ در مرحله میوز ۲ دچار جدا نشدن کروموزوم شود



اگر فرض کنیم که در یاخته‌ای $2n=6$ ، مرحله میوز ۱ به درستی انجام شود در این صورت دو یاخته $n=3$ مضاعف ایجاد می‌شود. اگر یکی از این دو یاخته میوز ۲ را به درستی انجام دهد، حاصل آن دو گامت طبیعی $n=3$ تک کروماتیدی می‌شود ولی اگر یاخته دیگر بعد از مرحله آنافاز ۲ و جدا شدن کروماتیدها، همه آن‌ها را به یک یاخته بدهد، حاصل این تقسیم ایجاد یک گامت غیرعادی بدون کروموزوم و یک گامت $2n$ با ۶ کروموزوم تک کروماتیدی می‌شود.

◀ اگر این ۳ نوع گامت با گامت‌های $n=3$ عادی لقاح کنند، حاصل آن ایجاد سه نوع تخم $2n=6$ طبیعی، $n=3$ منوزومی نازا و $3n=9$ نازای غیرعادی می‌شود. البته دقت داشته باشید که اگر دو نوع گامت $2n=6$ از دو میوز غیرعادی دو جاندار با هم ترکیب شوند، یک فرد $4n=12$ ایجاد می‌شود که می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد گونه جدیدی بشود.



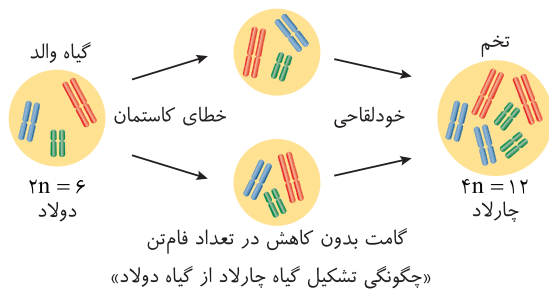
گامت غیرعادی	+	گامت عادی	انواع تخم‌ها
$n=0$	+	$n=3$	$n=3$ منوزومی نازا (تک‌لاری)
$n=3$	+	$n=3$	$2n=6$ تخم عادی (دولاری)
$2n=6$	+	$n=3$	$3n=9$ تریزومی نازا (سه‌لاری)

نکته

گیاهان پلی‌پلوئیدی، معمولاً در اثر گونه‌زایی هم‌میهنی ایجاد شده‌اند. این گیاهان زیستا و زایا هستند ولی نمی‌توانند در اثر آمیزش با گونه نیایی خود، زاده‌های زیستا و زایایی ایجاد کنند.

● (ج) جدا نشدن کروموزوم‌ها در میوز و خودلقاحی گامت‌ها (گونه‌زایی دگرمیهنی)

در برخی اوقات دیده می‌شود که کروموزوم‌های گونه‌های گیاهی در میوز از هم جدا نمی‌شوند و در نهایت گامت‌های دیپلوئیدی ایجاد می‌کنند. اگر اسپرم‌های دیپلوئید حاصل از تقسیم میوز نادرست در کیسه گرده گیاهی با تخم‌زاهای دیپلوئید مادگی همان گیاه که هر دو دچار این میوز غیرعادی شده باشند، لقاح کنند، حاصل این عمل ایجاد تخمی **تتراپلوئید** ($4n$) می‌شود که **زیستا و زایا** می‌باشد. این تخم از هر ردیف کروموزوم دو عدد دارد که با هم هم‌تا می‌باشد و به راحتی قدرت میتوز و سپس میوز دارد. از تقسیم این تخم گونه‌تتراپلوئید جدید ایجاد می‌شود که نوعی گونه‌زایی هم‌میهنی است. چون گونه $4n$ (تتراپلوئید) دیگر با $2n$ (دیپلوئید) اولیه لقاح نمی‌کند و اگر هم لقاح کند تخم $3n$ ایجاد می‌کند که نازا می‌باشد و خزانه ژنی و گونه جدیدی ایجاد نمی‌کند. در اثر این اتفاق خزانه ژنی گونه دیپلوئید از خزانه ژنی گونه‌تتراپلوئید جدا می‌شود.



در شکل روبه‌رو گونه اولیه $2n=6$ بوده است که در اثر خطای میوز ۱، گامت‌های $2n=6$ ایجاد کرده است. در اثر خودلقاحی این گامت‌ها، تخم $4n=12$ ایجاد شده است که زیستا و زایا می‌باشد و منشأ ایجاد گونه جدیدی شده است.

مثالی از گونه‌زایی هم‌میهنی در گیاهان طبیعی

در اوایل دهه ۱۹۰۰، دانشمندی به نام هوگو دووری با گل مغربی‌های $2n=14$ آزمایش می‌کرد. در حالت عادی، این گیاهان گامت‌های $n=7$ داشتند. پس از مدتی وی مشاهده کرد که یک گل مغربی با رخ‌نمود متفاوت و بزرگ‌تر در مزرعه وی دیده شد. هنگامی که کروموزوم‌های آن را بررسی کرد، متوجه شد که به جای $2n=14$ ، حاوی هسته‌های $4n=28$ می‌باشد و تتراپلوئید است. در حقیقت این گیاه از آمیزش گامت‌های $2n=14$ ایجاد شده بود که در اثر اشکال در میوز تشکیل یافته است. هوگو دووری مشاهده کرد که گیاهان $4n=28$ ، دارای گامت $2n=14$ بوده و اگر خودلقاحی کنند یا با $4n$ دیگری آمیزش کنند، زاده‌های زیستا و زایای $4n=28$ ایجاد می‌کنند ولی قادر به آمیزش با انواع $2n=14$ نیستند. اگر هم لقاح کنند زاده‌های نازای $3n=21$ ایجاد می‌کنند. وی متوجه شد که در اثر تقسیم نادرست یاخته‌ای، گونه جدیدی به صورت $4n=28$ در مزرعه آزمایش او ایجاد شده است.

گل مغربی تتراپلوئید ($4n=28$)	گل مغربی دیپلوئید ($2n=14$)
هر مجموعه کروموزومی آن دارای ۷ کروموزوم غیر هم‌تا می‌باشد.	هر مجموعه کروموزومی آن دارای ۷ کروموزوم غیر هم‌تا می‌باشد.
چهار مجموعه کروموزوم دارد.	دو مجموعه کروموزوم دارد.
یاخته‌های حاصل میوز آن دارای کروموزوم هم‌تا می‌باشد.	یاخته‌های حاصل از میوز آن فاقد کروموزوم هم‌تا می‌باشد.
تخم اصلی $4n$ و تخم ضمیمه $6n$ دارد.	تخم اصلی $2n$ و تخم ضمیمه $3n$ دارد.

تست ۲۱

چند مورد عبارت «گامت‌های گل مغربی $4n$ ،» را به درستی تکمیل می‌کنند؟
 الف) فاقد فام‌تن هم‌تا هستند.
 ب) در اثر چلیپایی شدن، در هر تقسیم ۴ نوع مختلف می‌باشند.
 ج) ۱۴ فام‌تن در یک ردیف دارند.
 د) حاصل تلوفاز میوز هستند.

۱) ۱ مورد ۲) ۲ مورد ۳) ۳ مورد ۴) ۴ مورد

پاسخ ۱

فقط مورد (ر) صحیح است. می‌دانید که در گیاهان، حاصل میوز، یاخته‌ای با قدرت میوز می‌باشد. پس گامت‌ها محصول میوز هستند نه میوز! گامت‌های گل مغربی $4n$ نیز باید یاخته‌هایی $2n=14$ باشند که دو ردیف فام‌تن هم‌تا دارند (ندرستی الف و ج). دقت کنید که گامت این گیاهان در اثر میوز یاخته $2n=14$ به دست می‌آید.
 نکته: از آنجایی که گامت گیاهان، حاصل میوز می‌باشد، پس در تولید آن‌ها از یاخته مادری، چلیپایی شدن نقشی ندارد (ندرستی ب).

تست ۲۲

در مورد زاده‌های حاصل از خودلقاحی گیاه تتراپلوئید در پژوهش‌های هوگو دووری نمی‌توان گفت

- در همان نسل، تفاوت آن‌ها با گیاهان جمعیت نیایی خود در اثر تغییرات تدریجی افزایش می‌یابد.
- در صورت آمیزش با جمعیت گیاهان دیپلوئید، زاده‌های حاصل، در صورت بقا از طریق تکثیر رویشی، بتوانند منجر به گونه‌زایی هم‌میهنی شوند.
- زاده‌هایی زیستا و زایا بوده ولی نمی‌توانند در حالت طبیعی با گونه نیایی آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند.
- در صورت لقاح با گامت‌های گیاهان جمعیت نیایی خود، یاخته تخم حاصل نمو طبیعی خواهد داشت.

پاسخ ۱

تله‌های تستی: گزینه‌های (۱) و (۲): تغییرات تدریجی در هنگام گونه‌زایی دگر میهنی مشاهده می‌شود. یکی از سازوکارهای گونه‌زایی هم‌میهنی، آمیزش بین افراد متعلق به دو گونه مختلف است. اگرچه زاده‌های حاصل از آمیزش بین گونه‌ای، زیستا و زایا نیستند، اما در صورت امکان بقا از طریق تکثیر رویشی، گاهی به لطف خطای کاستمانی، امکان ایجاد گونه جدید به خصوص در گیاهان فراهم می‌شود. / گزینه (۳): مطابق تعریف گونه از نظر ارنست مایر است. / گزینه (۴): طبق کتاب درسی گیاه سه‌لاد حاصل از نمو این تخم، نازاست، اما این تخم نمو می‌یابد و به گیاه تبدیل می‌شود.