

# تغییر در اطلاعات وراثتی

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های ماده وراثتی است اما در عین حال، ماده وراثتی به طور محدود تغییرپذیر است. این تغییرپذیری ۱ باعث ایجاد گوناگونی می‌شود و چنان که خواهیم دید ۲ توان بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و ۳ زمینه تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند.

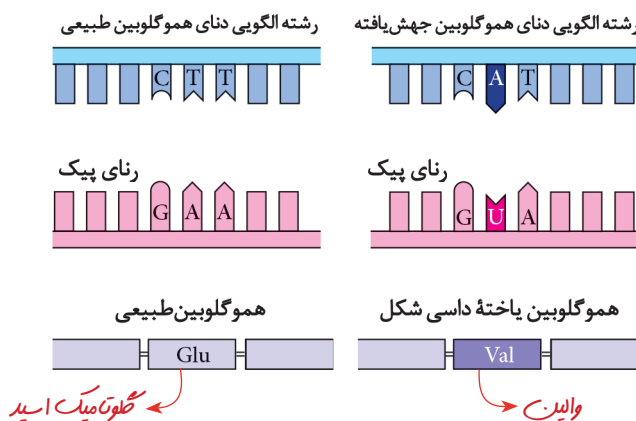
## تغییر در ماده وراثتی جانداران



تغییرپذیری ماده وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد. تغییر در ماده وراثتی چگونه رخ می‌دهد و چه چیزی پیامد آن را تعیین می‌کند؟ در ادامه به این سؤالات پاسخ خواهیم داد.



در فصل ۲ با کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل آشنا شدیم و دیدیم که علت این بیماری، تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است. علت این تغییر شکل چیست؟ دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل‌یافته، دریافته‌اند که این دو هموگلوبین فقط در ششمین آمینواسید از زنجیره بتا متفاوت‌اند. مقایسه ژن‌های زنجیره بتای هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار گرفته است. شگفتا که تغییر در یک نوکلئوتید از میلیون‌ها نوکلئوتید انسان، می‌تواند پیامدی این چنین وخیم را به دنبال داشته باشد. تغییر ماندگار در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می‌نامند.



شکل ۱ - مقایسه ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است.

Glu: گلوتامیک اسید

Val: والین

۱) چند مورد جمله زیر را به شکل نادرستی تکمیل می‌کند؟

«جایگزینی ..... در ..... مربوط به آمینواسید ..... منتهی به بروز کم‌خونی داسی شکل می‌شود»

(الف) A به جای T - رمز - والین (ب) A به جای T - رمز - گلوتامیک اسید

(ج) U به جای A - رمز - والین (د) A به جای U - رمز - گلوتامیک اسید

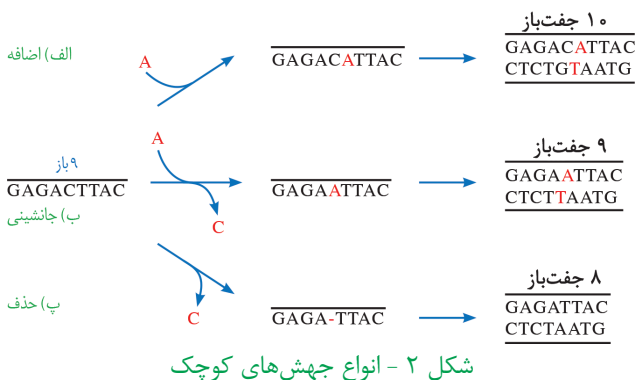
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

در مثال بالا دیدیم که جهش در یک نوکلئوتید رخ داده است، اما جهش می‌تواند در اندازه بسیار وسیع‌تری هم رخ دهد. گاهی جهش آن‌قدر وسیع است که حتی ساختار یا تعداد فام‌تن را تغییر می‌دهد. بر همین اساس، جهش‌ها را به دو گروه کوچک و بزرگ تقسیم می‌کنند.



**جهش‌های کوچک:** این جهش‌ها یک یا چند نوکلئوتید را در بر می‌گیرند. انواع جهش‌های کوچک در شکل روبه‌رو نشان داده شده‌اند. مثال یاخته‌های داسی شکل، نمونه‌ای از جهش کوچک است. در اینجا یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری شده است. این نوع جهش را جانشینی می‌نامند. از آنجایی که این جهش سبب تغییر در نوع آمینواسید در زنجیره پلی‌پپتیدی شده است؛ این نوع جهش جانشینی را جهش دگر معنا می‌نامند. به علت وجود رابطه مکملی بین بازها،

تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته دنا، نوکلئوتید مقابل آن را در رشته دیگر تغییر می‌دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.

- \* هر جهش جانشینی که سبب تغییر یک آمینواسید در زنجیره پلی‌پپتیدی شود، جهش دگر معنا نامیده می‌شود.
- \* هر جهش کوچکی که بدون تأثیر بر ساختار اول یک پروتئین، نوکلئوتیدی در رشته آلوی آن را تغییر دهد، جهش خاموش می‌باشد.
- \* تبدیل کدون یک آمینواسید به ۳ نوع کدون خاص، جهش بی معنا نامیده می‌شود.

نباید تصور کرد که جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها می‌شود. می‌دانید چرا؟

پاسخ این است که گاهی جهش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند. این نوع جهش

تأثیری بر توالی آمینواسیدها نخواهد گذاشت. چنین جهشی را جهش خاموش می‌نامند.

این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلی‌پپتید

حاصل از آن، کوتاه خواهد شد به این جهش، جهش بی‌معنا می‌گویند (شکل ۳).

## ۲) هر جهش جانشینی بدون تأثیر در طول پلی‌پپتید .....

(۱) خاموش نامیده می‌شود. (۲) دگر معنا نمی‌باشد. (۳) روی اندازه ژن بی‌تأثیر است. (۴) نوعی جهش بی‌معنا است.

## ۳) در جهش ..... ساختار دنا، رنا و پروتئین، بدون تغییر طول، دستخوش تغییر می‌شود.

(۱) بی‌معنا همانند خاموش (۲) دگر معنا برخلاف خاموش (۳) خاموش برخلاف بی‌معنا (۴) دگر معنا همانند خاموش

جهش‌های اضافه و حذف، انواع دیگر جهش‌های کوچک‌اند. در این جهش‌ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می‌شود. نتیجه این جهش‌ها چیست؟ می‌دانیم که رمز دنا به صورت دسته‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ممکن است پیامد وخیمی داشته باشد. برای درک بهتر موضوع، به این مثال توجه کنید. جمله «این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است، به صورت زیر در نظر بگیرید:

ا ی ن / س ی ب / س ر خ / ا س ت

اگر یک حرف به جایی درون این جمله اضافه شود چگونه خوانده می‌شود؟ قرار است این جمله را همچنان به صورت کلمات سه حرفی بخوانیم:

ا ی ن / ا ر س ی / ب س ر / ا خ ا س / ت

می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد. جهش‌های از نوع اضافه و حذف را که باعث چنین تغییری در خواندن

می‌شوند، جهش تغییر چارچوب خواندن می‌نامند. در شکل ۳، تأثیر این جهش بر توالی یک پروتئین فرضی نشان داده شده

است. همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید، جهش‌های اضافه و حذف، الزاماً به تغییر چارچوب خواندن نمی‌انجامند.

## ۴) نمی‌توان گفت هر جهش .....

(۱) حذفی بدون تغییر چارچوب با حذف ۳ نوکلئوتید همراه است.

(۲) منتهی به حذف ۳ نوکلئوتید متوالی از دو کدون مختلف در مرکز رنا، به تغییر چارچوب نمی‌انجامد.

(۳) تغییر چارچوب لزوماً منتهی به تغییر محل کدون آغاز ترجمه نمی‌شود.

(۴) جانشینی، سبب تغییر ساختار دنا و رنا بدون تغییر طول آن‌ها می‌شود.

## ۵) چند مورد صحیح است؟

(الف) جهش دگر معنا، روی طول دنا، رنا و پروتئین بی‌اثر است.

(ب) جهش خاموش، روی طول دنا، رنا و پروتئین بی‌اثر است.

(ج) جهش بی‌معنا، روی طول پلی‌پپتید برخلاف دنا و رنا موثر است.

(د) جهش خاموش همانند بی‌معنا و دگر معنا روی ساختار دنا و رنا موثر و برخلاف آن‌ها روی ساختار پلی‌پپتید بی‌اثر است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

## زیست‌شناسی ۳

نوع طبیعی

دنا  
TACTTCAAACCGATT  
ATGAAGTTTGGCTAA

رنا پیک  
AUGAAGUUUGGCUAA

پروتئین  
Met Lys Phe Gly پایان

جانشینی

C به جای T  
TACTTCAAATCGATT  
ATGAAGTTTGGCTAA

G به جای A  
AUGAAGUUAGCUAA

پایان  
Met Lys Phe Ser

دگر معنا (تغییر در آمینواسیدها)

A به جای G  
TACTTCAAACCGATT  
ATGAAGTTTGGCTAA

U به جای C  
AUGAAGUUUGGUAA

پایان  
Met Lys Phe Gly

خاموش (بدون تغییر در توالی آمینواسیدها)

A به جای T  
TACTTCAAACCGATT  
ATGATAGTTTGGCTAA

U به جای A  
AUGAAGUUUGGUAA

پایان  
Met

بی‌معنا (ایجاد رمز پایان)

حذف یا اضافه جفت نوکلئوتید

A اضافی  
TACTTCAAACCGATT  
ATGTAAGTTTGGCTAA

U اضافی  
AUGAAGUUUGGCUAA

پایان  
Met

تغییر چارچوب

A حذف  
TACTTCAAACCGATT  
ATGAAGTTTGGCTAA

U حذف  
AUGAAGUUUGGCUAA...

پایان  
Met Lys Leu Ala ...

تغییر چارچوب

TTC حذف  
TACTCAAACCGATT  
ATGTTTGGCTAA

AAG حذف  
AUGUUUGGCUAA

پایان  
Met Phe Gly

جهش تغییر چارچوب خواندن رخ نمی‌دهد اما یک آمینواسید حذف شده است.

شکل ۳ - تأثیر جهش بر پروتئین

- ۶ در صورت وقوع جهش در توالی GAGACTTAC، ژن جهش‌یافته دارای ..... نوکلئوتید در بخش موردنظر خواهد بود که با ژن سالم در ..... نوکلئوتید تفاوت دارد.
- ۱) ۹ - ۱      ۲) ۹ - صفر      ۳) ۱۸ - ۲      ۴) ۱۶ - صفر

- ۷ اگر بدانیم کدون‌های uuu و uuc مربوط به آمینواسید فنیل آلانین است، به دنبال وقوع جهشی که سبب ..... شود، الزاماً در پروتئین مربوط به ژن جهش‌یافته، تغییری مشاهده نخواهد شد.
- ۱) تغییر نوکلئوتید یوراسیل‌دار به نوکلئوتید سیتوزین‌دار  
۲) تغییر نوکلئوتید سیتوزین‌دار به نوکلئوتید یوراسیل‌دار  
۳) تغییر کدون بدون تغییر در تعداد حلقه‌های بازی آن  
۴) تغییر کدون بدون تغییر در تعداد بازهای پیریمیدینی آن

- ۸ کدام مورد جمله زیر را به شکل نادرستی تکمیل می‌کند؟

A U G C C C A G C U U U C C C U G U U A A  
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱

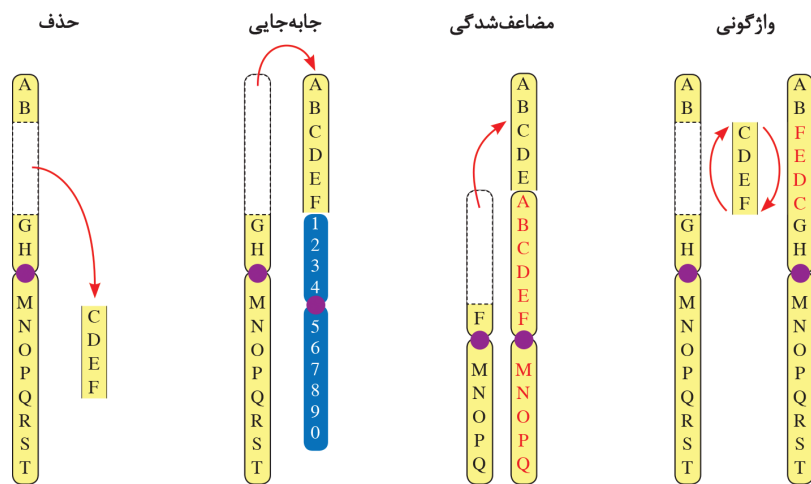
«به دنبال وقوع یک جهش که سبب .....»

- ۱) حذف نوکلئوتیدهای ۴، ۷ و ۸ شود، پلی‌پپتید حاصل یک آمینواسید کمتر خواهد داشت.  
۲) تبدیل نوکلئوتید ۱۲ به نوکلئوتید دیگری شود، طول پلی‌پپتید تغییر نخواهد کرد.  
۳) تبدیل نوکلئوتید ۱۸ به نوکلئوتید آدنین شود، طول پلی‌پپتید کوتاه خواهد شد.  
۴) تغییر نوکلئوتید ۲۱ بدون تغییر تعداد حلقه‌های آن شود، طول پروتئین ثابت باقی خواهد ماند.

الف) در صورت تبدیل کدونِ پایان به کدون یک آمینواسید طول یک رشته پلی‌پپتیدی ممکن است افزایش یابد.  
ب) اگر تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده مضربی از سه باشد، بدون تغییر در چارچوب خواندن، طول پلی‌پپتید حاصل تغییر خواهد کرد.

جهش‌های بزرگ (ناهنجاری‌های فام‌تنی): جهش ممکن است در مقیاس وسیع‌تری رخ دهد تا جایی که به ناهنجاری‌های فام‌تنی منجر شود. زیست‌شناسان با مشاهده کاربوتیپ می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند. در سال گذشته با نشانگان داون آشنا شدید. می‌دانید که مبتلایان به این بیماری یک فام‌تن ۲۱ اضافی دارند. تغییر در تعداد فام‌تن‌ها را ناهنجاری عددی در فام‌تن‌ها می‌نامند. نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی، ناهنجاری ساختاری است. انواع این جهش‌ها در شکل زیر نشان داده شده‌اند.

- \* جهش حذفی روی یک کروموزوم اثر نداشته یا تأخیر طول کروموزوم همراه است.
- \* تمام جهش‌های بزرگ ساختاری با شکسته شدن پیوند ففودی استر همراهند و در همی جهش‌های بزرگ ساختاری تشکیل پیوند ففودی استر صورت می‌پذیرد به جز جهش حذف که ممکن است در آن پیوند ففودی استر تشکیل نشود.
- \* جهش مضاعف‌شدگی روی دو کروموزوم اثر دارد و در این جهش ممکن است دو ژن آبل روی یک کروموزوم دیده شود.
- \* جهش واژگونی روی یک کروموزوم اثر دارد و سبب تأخیر طول کروموزوم نمی‌شود.
- \* جهش جابه‌جایی روی یک یا دو کروموزوم اثر دارد و در صورتی که روی یک کروموزوم صورت پذیرد سبب تأخیر طول کروموزوم نمی‌شود.
- \* همی جهش‌های بزرگ ساختاری سبب تأخیر موقعیت شمارش می‌شوند اما ممکن است این اتفاق در زمان وقوع جهش واژگونی رخ ندهد.



شکل ۴ - انواع ناهنجاری‌های ساختاری در فام‌تن‌ها

همان‌طور که در شکل می‌بینید، ممکن است قسمتی از فام‌تن از دست برود که به آن حذف می‌گویند. جهش‌های فام‌تنی حذفی غالباً باعث مرگ می‌شوند. جابه‌جایی، نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی است که در آن قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن غیرهمتا یا حتی بخش دیگری از همان فام‌تن منتقل می‌شود. اگر قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن همتا جابه‌جا شود، آن‌گاه در فام‌تن همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، مضاعف‌شدگی می‌گویند. نوع دیگری از ناهنجاری‌های فام‌تنی، واژگونی است که در آن جهت قرارگیری قسمتی از یک فام‌تن در جای خود معکوس می‌شود.

۹) هر جهش ساختاری با ..... از نوع ..... است.

۱) اثرگذاری روی یک کروموزوم - حذف

۲) اثرگذاری روی دو کروموزوم - جابه‌جایی

۳) امکان عدم تغییر طول کروموزوم - واژگونی

۴) امکان مجاورت آلل‌ها - مضاعف‌شدگی

### پیامدهای جهش

ژن‌های آلل در  
رژان قرار نمی‌گیرند اما  
توالی‌های بین ژنی  
و تنظیمی، جزو رژیم به  
حساب می‌آیند.

تأثیر جهش به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در ژنگان (ژنوم) است. ژنگان به کل محتوای مادهٔ وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای مادهٔ وراثتی هسته‌ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هریک از انواع فام‌تن‌ها در نظر می‌گیرند. ژنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی X و Y است. دناي راکیزه، ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می‌دهد.

ژن‌ها فقط بخشی از ژنگان‌اند. ممکن است جهش در توالی‌های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت. اگر جهش درون ژن رخ دهد، آن گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانشینی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به‌طوری‌که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

گاهی جهش در یکی از توالی‌های تنظیمی رخ می‌دهد، مثلاً در راه‌انداز یا افزایشدهنده. این جهش بر پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تأثیر می‌گذارد. جهش در راه‌انداز، ممکن است آن را به راه‌اندازی قوی‌تر یا ضعیف‌تر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از ژن، محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند.

۱۰) بروز جهش در توالی افزایشدهندهٔ مربوط به میوگلوبین .....

۱) می‌تواند سبب افزایش تولید زنجیره‌های پلی پپتیدی این پروتئین شود.

۲) با اثر بر سرعت ترجمهٔ این پروتئین میزان آن را تغییر می‌دهد.

۳) می‌تواند بدون تأثیر در کیفیت عملکرد میوگلوبین، روی کمیت آن اثرگذاری کند.

۴) اثری در تشکیل کمپلس راه‌انداز، عوامل رونویسی ندارد.

### علت جهش

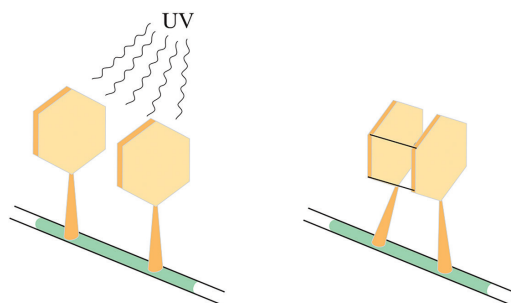
عوامل جهش‌زا

- فیزیکی ————— مثال ————— پرتوافرازش ————— می‌تواند منتهی به تشکیل دوپارتمین شود و در همانندسازی اختلال ایجاد کند.
- شیمیایی ————— مثال ————— بنزوپیرن دود سیگار ————— جهش منتهی به سرطان ایجاد می‌کند.

گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی دنا وجود دارد اما با وجود اینها، گاهی در همانندسازی خطاهایی رخ می‌دهد که باعث جهش می‌شوند.

جهش، تحت اثر عوامل جهش‌زا رخ می‌دهد. عوامل جهش‌زا را می‌توان به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. پرتو فرابنفش ۱ یکی از عوامل جهش‌زای فیزیکی است. این پرتو، که ۲ در نور خورشید وجود دارد، باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم در دنا می‌شود که به آن دوپار (دیمر) تیمین می‌گویند (شکل ۵). ۳ در ساختار دوپار تیمین، دو باز آلی تیمین با دو پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل می‌شوند. ۴ دوپار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم دنا بسپاراز، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می‌کند. از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد. از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود.

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



شکل ۵ - تشکیل دوپار تیمین

سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند. در سال‌های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاداکسنده و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. در عین حال، شیوهٔ فراوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد. تحقیقات نشان داده است در مناطقی که مصرف غذاهای نمک سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان‌ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است. گزارش‌های متعددی در دست است که نشان می‌دهد ترکیبات نیتريت‌دار مانند سدیم نیتريت، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آنها اضافه می‌شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.





بعد از کشف پادزیست‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها) در نیمه قرن گذشته، آدمی به یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا مجهز شد و توانست در نبرد با آن‌ها پیروز شود. با این وجود، مدتی است که از گوشه و کنار دنیا خبر می‌رسد باکتری‌ها نسبت به پادزیست‌ها مقاوم شده‌اند. گرچه دانشمندان با طراحی داروهای جدید، برتری انسان را در این نبرد همچنان حفظ کرده‌اند اما در عین حال، روند مقاوم شدن باکتری‌ها آدمی را سخت نگران کرده است. مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از مثال‌هایی است که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند». این تغییر چگونه رخ می‌دهد؟

\* تغییر جمعیت در گذر زمان تحت تأثیر فرایند انتخاب طبیعی صورت می‌پذیرد.  
\* بروز انتخاب طبیعی سبب سازگاری افراد جمعیت با محیط می‌شود و به علت کاهش تنوع در جمعیت، احتمال بقای جمعیت را کاهش می‌دهد.

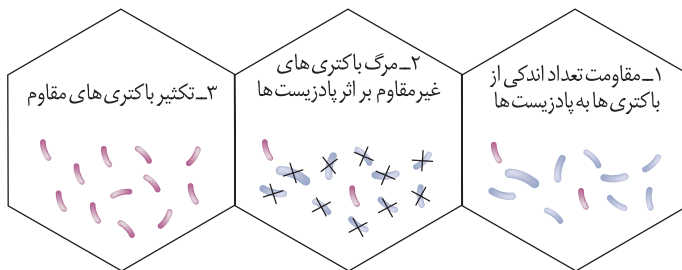
### تغییر در گذر زمان

به انسان‌های اطراف خود نگاه کنید. همه انسان‌ها ویژگی‌های مشترکی دارند که باعث می‌شود آنان را در گروهی به نام «انسان‌ها» قرار دهیم. در عین حال، در میان انسان‌ها «تفاوت‌های فردی» نیز وجود دارد که باعث شناخت آن‌ها از یکدیگر می‌شود. تفاوت‌های فردی منحصر به انسان نیست. در میان افراد گونه‌های دیگر هم تفاوت‌های فردی مشاهده می‌شود. تفاوت‌های فردی چگونه می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد؟ این سؤال را با ذکر مثالی پاسخ می‌دهیم. فرض کنید در نوعی از جانوران، افراد تحمل متفاوتی نسبت به سرما دارند؛ یعنی بعضی‌ها می‌توانند سرما را تحمل کنند. اگر سرمای شدیدی رخ دهد، آنان که سرما را تحمل می‌کنند شانس بیشتری برای زنده ماندن دارند. بنابراین، این افراد، بیشتر از دیگران تولیدمثل می‌کنند و در نتیجه صفت تحمل سرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود. اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آن‌ها که سرما را تحمل می‌کنند، شانس بیشتری برای تولیدمثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد را خواهند داشت. بنابراین، بعد از مدتی با جمعیتی روبه‌رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمعیت اول، بیشتر است و این یعنی تغییر در جمعیت.

مثال ساده‌ای که در بالا عنوان شد، نشان می‌دهد که برای تغییر، شرایطی لازم است. یکی از این شرایط، وجود تفاوت‌های فردی است. وقتی تفاوت فردی هست، این سؤال پیش می‌آید که کدام تفاوت‌ها بهترند. در مثال ما، آن‌ها که سرما را تحمل می‌کردند، در مقایسه با بقیه، شانس بهتری برای زنده ماندن داشتند. با کمی دقت متوجه می‌شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست بلکه شرایط محیط تعیین‌کننده صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می‌شد، آن‌گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. بنابراین، زیست‌شناسان از واژه «صفت بهتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند «صفت سازگارتر با محیط». به روشنی دیده می‌شود این، «محیط» است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آن‌هایی که شانس بیشتری

برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، انتخاب طبیعی می‌نامند.





شکل ۶ - چگونگی مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست

انتخاب طبیعی می‌تواند علت مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست‌ها را نیز توضیح دهد (شکل ۶). در این مثال باکتری‌های غیرمقاوم از بین می‌روند و باکتری‌های مقاوم تکثیر می‌شوند و به تدریج همه جمعیت را به خود اختصاص می‌دهند؛ در نتیجه جمعیت از غیرمقاوم به مقاوم تغییر می‌یابد.

وقتی از تفاوت‌های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد. انتخاب طبیعی «جمعیت» را تغییر می‌دهد نه «فرد» را. جمعیت، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.

## خزانه ژن

قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را براساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی. با شناخت ژن‌ها، این امکان فراهم شد که زیست‌شناسان، جمعیت را براساس ژن‌های آن توصیف کنند. مجموع همه دگره‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

\* توانایی‌های بین ژنی، جزء خزانه ژن به حساب نمی‌آیند.  
\* آллل جزء خزانه ژنی جمعیت به حساب می‌آید.

## تعادل در جمعیت

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است. تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست. اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است. عوامل زیر باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود.

- ۱ جهش: عامل ایجاد تنوع
  - ۲ شارش: دو طرفه اش سبب شباهت می‌شود
  - ۳ رانش: تصادفی، اثرگذار در جمعیت‌های کوچک‌تر، عامل کاهش تنوع
  - ۴ انتخاب طبیعی: هدفمند، عامل کاهش تنوع
  - ۵ آمیزش غیرتصادفی: در جانوران و گیاهان
- عوامل برهم زننده تعادل ژنی

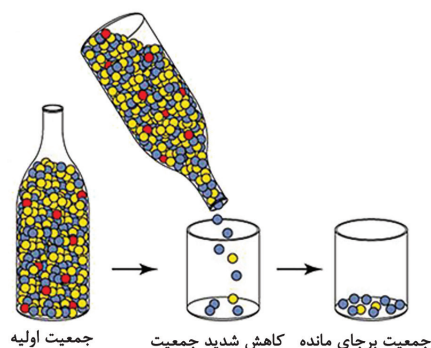
الف) جهش: یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می‌شود. اگر جهش رخ دهد، آن‌گاه دگره‌های جدیدی

ایجاد می‌شوند که این یعنی تغییر در فراوانی نسبی دگرها.

جهش، با افزودن دگرهای جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد. بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر رخ نمود ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط محیط ممکن است دگره جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

(ب) رانش دگره‌ای: فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات‌اند. حین عبور، دو گوسفند به پایین سقوط می‌کنند و می‌میرند، اگر این گوسفندان زاده‌ای نداشته باشند، شانس انتقال ژن‌های خود به نسل بعد را از دست داده‌اند. به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. رانش دگره‌ای گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

\* رانش دگره‌ای می‌تواند همانند انتخاب طبیعی به کاهش تنوع دگره‌ها بیانجامد.  
\* رانش فرایندی تصادفی و انتخاب طبیعی فرایندی هدفمند است.



شکل ۷- کاهش شدید در اندازه جمعیت باعث تغییر فراوانی‌های دگره‌ای می‌شود.

به مثال دیگری توجه کنید. گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آن‌هایی که می‌میرند ممکن است بیش از آن‌هایی باشند که زنده می‌مانند. بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین دگره‌های برجای مانده تشکیل خواهند شد (شکل ۷). در این صورت نیز فراوانی دگره‌ها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آنها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.

هرچه اندازه یک جمعیت کوچکتر باشد، رانش دگره‌ای اثر بیشتری دارد. به همین علت، برای آنکه جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازه بزرگی داشته باشد. منظور از اندازه جمعیت، تعداد افراد آن است.

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

(ت) آمیزش غیرتصادفی: برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزش‌ها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست و فراوانی نسبی ژن نمودها را تغییر می‌دهد. برای مثال، جانوران جفت خود را براساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند (فصل ۸).

(ث) انتخاب طبیعی: انتخاب طبیعی فراوانی دگره‌ها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد. انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. به این ترتیب، خزانه ژن نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود. در مثال ابتدای این گفتار، دیدیم که چگونه در نتیجه انتخاب طبیعی، بعضی از باکتری‌ها نسبت به تغییر شرایط (حضور پادزیست‌ها) سازش پیدا کرده‌اند.

۱۱) نوعی عامل برهم‌زننده تعادل جمعیت که به دنبال مهاجرت صورت می‌پذیرد.

(۱) به شرط پیوسته بودن، لزوماً خزانه ژنی دو جمعیت را شبیه می‌سازد.

(۲) عامل تغییر فراوانی نسبی دگرها در دو جمعیت است.

(۳) به شکل غیرتصادفی و هدفمند صورت می‌پذیرد.

(۴) همواره به کاهش تنوع در جمعیت‌ها می‌انجامد.

تعاریف زیر را به خاطر بسپارید:

جمعیت: مجموع افرادی که به یک گونه تعلق داشته و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.  
خزانه ژن: مجموع همه دگرهای موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.  
تعادل ژنی جمعیت: اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگرها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آنگاه می‌گویند آن جمعیت در حال تعادل ژنی است و تا زمانی که یک جمعیت در حال تعادل است تغییر در آن، مورد انتظار نیست.  
اندازه جمعیت: منظور از اندازه جمعیت تعداد افراد جمعیت است و برای آنکه جمعیتی در حال تعادل ژنی باشد باید اندازه بزرگی داشته باشد.

عوامل بر هم زننده تعادل ژنی در جمعیت‌ها: عواملی مثل جهش، رانش دگرهای، شارش ژن، آمیزش غیرتصادفی و انتخاب طبیعی‌اند که باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود.  
رانش دگرهای: به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگرهای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگرهای می‌گویند.  
این فرایند فراوانی دگرها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.  
شارش ژن: وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند در واقع تعدادی از دگرهای جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند که به این پدیده شارش ژن می‌گویند.

## تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها

(۱) گوناگونی آلی در گامت‌ها: فرایندی تحت تأثیر آرایش تترادها در متافاز

میوز ۱ است و در واقع نحوه توزیع کروموزوم‌ها در گامت‌ها می‌باشد.

(۲) نوترکیبی: فرایندی مرتبط با کراسینگ‌اور است. کراسینگ‌اور تبادل قطعه

دو طرفه بین کروموزوم‌های هم‌تا است که در پروفاز میوز ۱ صورت می‌پذیرد

و می‌تواند منتهی به ایجاد ترکیب جدید در دگرها شود.

(۳) اهمیت ناخالص‌ها: شانس بقای بیشتر ناخالص‌ها نسبت به افراد خالص

به تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها می‌انجامد مثل ناگیرایی مالاریا برای افراد

ناخالص برای کم‌خونی داسی شکل

عوامل تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها

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

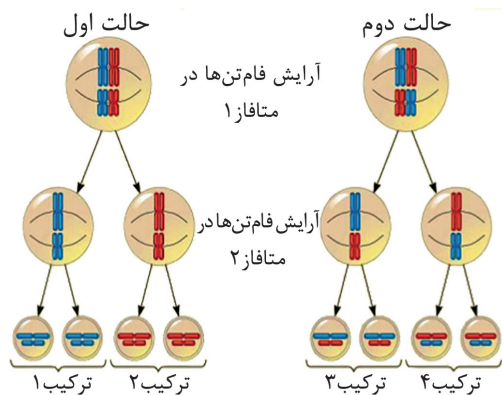
۱۲) انتخاب طبیعی نمی‌تواند .....

(۱) سبب بروز مقاومت در برابر سرما در یک پستاندار شود.

(۲) به کاهش تنوع در جمعیت منتهی شود.

(۳) به شکل هدفمند و غیرتصادفی گزینش‌گر باشد.

(۴) سبب تغییر خزانه‌ی ژنی در نسل‌های بعدی شود.

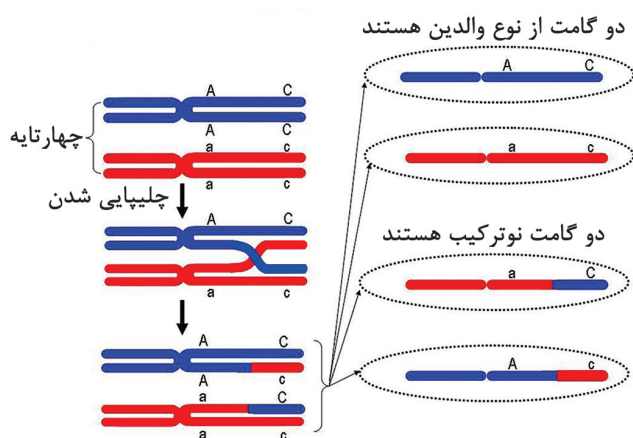


شکل ۸ - نحوه توزیع فام‌تن‌ها طی میوز

تبادل قطعه بین کروماتیدهای غیرخواهری کروموزوم‌های همتا.

الف) گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها: در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر گامت کدام‌یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهارتایه‌ها (تتراده‌ها) در میوز ۱ بستگی دارد. در متافاز میوز ۱، فام‌تن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد. در شکل مقابل نحوه توزیع فام‌تن‌ها طی میوز نشان داده شده است.

ب) نوترکیبی: در میوز ۱، هنگام جفت شدن فام‌تن‌های همتا و ایجاد چهارتایه، ممکن است قطعه‌ای از فام‌تن بین فامینک‌های غیرخواهری مبادله شود. این پدیده را چلیپایی شدن (کراسینگ‌اور) می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده در کراسینگ‌اور حاوی دگره‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌ها در این دو فامینک به وجود می‌آید و به آن‌ها فامینک‌های نوترکیب می‌گویند. از میان گامت‌ها، آن‌هایی که فامینک‌های نوترکیب را دریافت می‌کنند، گامت نوترکیب نامیده می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۹ - نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن

پ) اهمیت ناخالص‌ها: اهمیت ناخالص‌ها در تداوم گوناگونی را می‌توان به وسیله بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی شکل ژن‌نمود  $Hb^S Hb^S$  دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند. ژن‌نمود ناخالص‌ها  $Hb^A Hb^S$  است و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

ژن‌شناسان با مطالعه توزیع این بیماری در جهان دریافته‌اند که فراوانی دگره  $Hb^S$  در مناطقی که مالاریا شایع است،

بسیار بیشتر از سایر مناطق است. بیماری مالاریا به وسیله نوعی انگل تک‌یاخته‌ای ایجاد می‌شود که بخشی از چرخه زندگی خود را در گویچه‌های قرمز می‌گذراند. افرادی که گویچه سالم دارند، یعنی  $Hb^A Hb^A$  هستند، در معرض خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند. این انگل نمی‌تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود، چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، آن‌ها داسی شکل‌اند و انگل می‌میرد. پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود دگره  $Hb^S$  در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود؛ حال آنکه این دگره در سایر مناطق، دگره مناسبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کننده صفتی است که حفظ می‌شود.

۱۳) اگر  $AB$  و  $ab$  ژن‌های بر روی دو کروموزوم همتای درون یک یاخته باشند، هر گامت نوترکیب حاصل از این یاخته .....  
 (۱) با آلل  $A$ ، آلل  $B$  دارد. (۲) با آلل  $a$ ، آلل  $b$  دارد. (۳) با ژن  $B$ ، ژن  $b$  دارد. (۴) با ژن  $A$ ، ژن  $b$  دارد.



گونه‌های بسیاری روی کره زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه‌ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا اینکه در طول زمان پدید آمده‌اند؟

## شواهد تغییر گونه‌ها

شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند. در ادامه به این شواهد می‌پردازیم.

**الف) سنگواره‌ها:** سنگواره عبارت است از بقایای یک جاندار یا آثاری از جاندارانی که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آن‌ها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

**ب) تشریح مقایسه‌ای:** در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد.

اندام‌هایی را که طرح ساختاری آن‌ها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی دارند، «اندام‌ها یا ساختارهای هم‌تا» می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های هم‌تا هستند.

ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، ساختارهای آنالوگ می‌نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ‌اند چون هر دو برای پرواز کردن‌اند (کار یکسان) اما ساختارهای متفاوتی دارند. این ساختارها نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند. وقتی گونه‌های مختلف را مقایسه می‌کنیم، گاهی به ساختارهایی برمی‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای **وستیجیال** (به معنی ردپا) می‌نامیم.

**ج) مطالعات مولکولی:** زیست‌شناسان از مقایسه بین دنا جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هر چه بین دنا دو جاندار شباهت بیشتری وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توان به تاریخچه تغییر آن‌ها پی برد. توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند **توالی‌های حفظ شده** می‌نامند.

## شواهد تغییر گونه‌ها

## زیست‌شناسی ۳

**الف) سنگواره‌ها:** در سال‌های قبل، با انواع سنگواره‌ها و نحوه تشکیل آن‌ها آشنا شده‌اید. به یاد دارید که سنگواره ۱ عبارت بود از بقایای یک جاندار یا آثاری از جاننداری که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. سنگواره ۲ معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) است. ۳ گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند. ۴ فسیل‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. دیرینه‌شناسان، که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازند، دریافته‌اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل دایناسورها. در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل گل لاله یا گربه. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند مثل درخت گیسو. شواهد سنگواره‌ای نشان می‌دهند که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ - برگ درخت گیسو و سنگواره آن

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

**ب) تشریح مقایسه‌ای:** در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آنها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند، «اندام‌ها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرند، باله دلفین و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند. علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت چیست؟ زیست‌شناسان بر این باورند که این گونه‌ها، نیای مشترکی دارند یعنی اینکه در گذشته از گونه مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱۱)، به همین علت این شباهت‌ها میان آنها دیده می‌شود. گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند گونه‌های خویشاوندی می‌گویند.



شکل ۱۱ - نیای مشترک و گونه‌های خویشاوندی. از خویشاوندی موجودات زنده در رده‌بندی هم استفاده می‌شود. دلفین با شیر کوهی خویشاوندی نزدیک‌تری دارد تا با کوسه. بنابراین دلفین و شیر کوهی در یک گروه قرار می‌گیرند.



زیست‌شناسان از ساختارهای همتا برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند. ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، ساختارهای آنالوگ می‌نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ‌اند چون هر دو برای پرواز کردن‌اند (کار یکسان) گرچه ساختارهای متفاوتی دارند. این ساختارها نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند.



شکل ۱۲ - بقایای پا در مار پیتون

تشریح مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری را نیز فراهم می‌کند. وقتی گونه‌های مختلف را مقایسه می‌کنیم، گاهی به ساختارهایی برمی‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای وستیجیال (به معنی ردپا) می‌نامیم. مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است (شکل ۱۲).

در واقع ساختارهای وستیجیال ردپای «تغییر گونه‌ها» هستند. شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند.

(پ) مطالعات مولکولی: مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان هم انجام داد. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید. مثلاً اینکه کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند. همچنین، زیست‌شناسان از مقایسه بین دنا جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آنها استفاده می‌کنند. هرچه بین دنا دو جاندار شباهت بیشتری وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توان به تاربخچه تغییر آنها پی برد. توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند توالی‌های حفظ شده می‌نامند.

\* در مار پیتون بقایای پا در لگن وستیجیال است.

\* مار زنگی از تغییر یافتن سوسمارها به وجود آمده است.

۱۴) چند مورد در ارتباط با ساختارهای همتا نادرست است؟

(الف) اغلب طرح ساختاری یکسان دارند.

(ب) با وجود طرح ساختاری مشابه، اغلب کار متفاوت دارند.

(ج) نشان‌دهنده خویشاوندی نزدیک کوسه و دلفین می‌باشند.

(د) همانند رده‌بندی جانداران، در شناخت گونه‌های مشترک موثراند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۵) ساختارهای آنالوگ ..... ساختارهای همتا می‌توانند .....

(۱) برخلاف - طرح ساختاری مشابه داشته باشند

(۲) همانند - دارای کار مشابهی باشند

(۳) همانند - دارای کار متفاوتی باشند

(۴) برخلاف - خویشاوندی جانداران را مشخص کنند



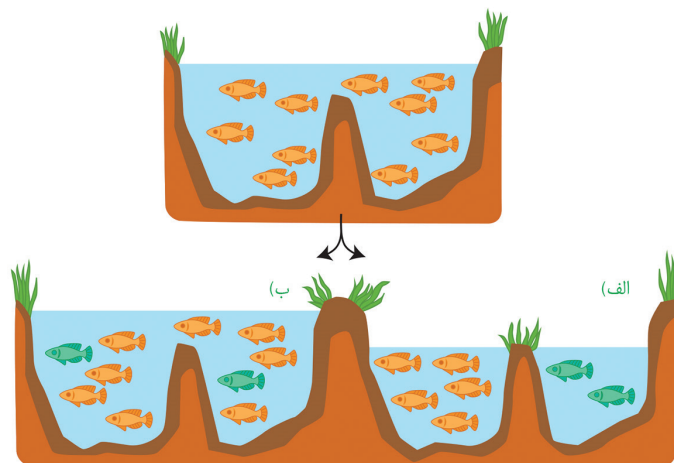
- گونه‌زایی**
- ۱ ایجاد سد جغرافیایی بین افرادی که به یک جمعیت تعلق داشتند و قطع شارش ژن بین آنها
  - ۲ ایجاد تفاوت بین افراد جمعیت یادشده بر اثر وقوع پدیده‌هایی مثل جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی
  - ۳ بیشتر و بیشتر شدن تفاوت بین افراد جمعیت تا جایی که حتی با حذف مانع جغرافیایی احتمال آمیزش بین افراد وجود نخواهد داشت.

**هم‌میهنی:** در این نوع گونه‌زایی بعضی از افراد یک جمعیت که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند به دلایلی مثل خطای میوزی و به دنبال آن خودلقاحی، گونه‌های جدید را تشکیل می‌دهند که این گونه‌ها نمی‌توانند در نتیجه آمیزش با گونه نیایی خود زاده‌های زیست و زایا را پدید آورند اما قادر به آمیزش با یکدیگرند و گونه‌ای جدید به شمار می‌آیند. مثلاً اگر در بین تعدادی گیاه  $2n$  که در یک منطقه زیست می‌کنند بعضی از گیاهان به دلیل وقوع خطای میوزی و لقاح تصادفی به جانداران  $4n$  تبدیل شوند گونه جدیدی محسوب می‌شوند که امکان لقاح با یکدیگر را دارند اما شانس برای ایجاد زاده‌های زیست و زایا در صورت لقاح با گونه نیایی خود ندارند.

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

زیست و زایا در تعریف بالا، به جاندارانی گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد. همچنین، منظور از آمیزش موفقیت‌آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیست و زایا منجر شود.

اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن‌گاه خزانه ژنی آن‌ها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود. منظور از جدایی تولیدمثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند. به طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی دگرمیهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی هم‌میهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد. در شکل زیر این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۱۳ - الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی

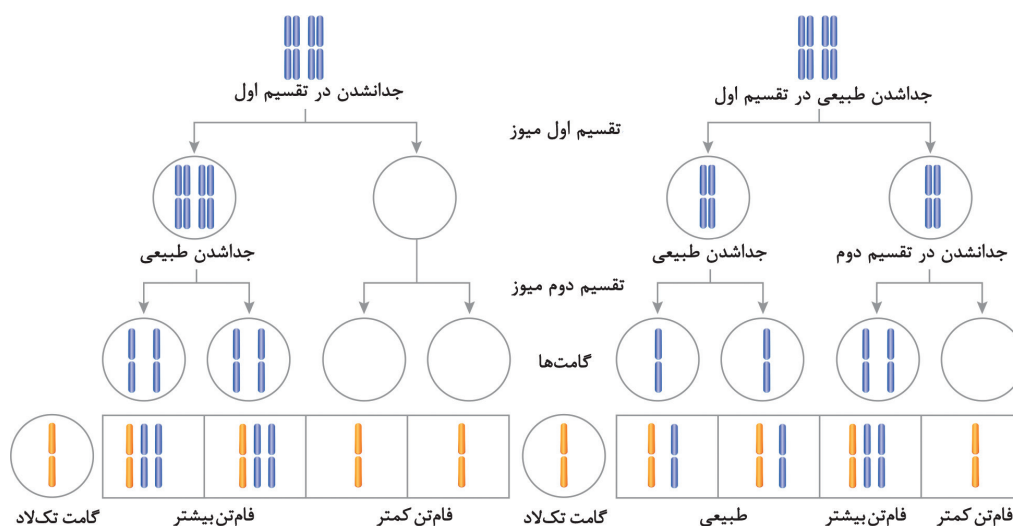
**گونه‌زایی دگرمیهنی:** ۱ گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. مثلاً در نتیجه پدیده کوه‌زایی، ممکن است در یک منطقه مثلاً کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود و یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند. ۲ این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند قطع می‌کنند و بین آنها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد. ۳ بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند. ۴ از آنجا که شارش ژن میان آنها وجود ندارد، این تفاوت بیشتر و بیشتر می‌شود تا جایی که حتی اگر این دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین آنها رخ نخواهد داد (مثلاً زمان تولید مثل آنها فرق کند)؛ بنابراین می‌توان آنها را دو گونه مجزا به شمار آورد.

اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آن وقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

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

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

گیاهان چندلادی بر اثر خطای میوزی ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدا نشدن فام‌تن‌ها در میوز به تشکیل گامت‌هایی با عدد فام‌تنی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این گامت‌ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۴).

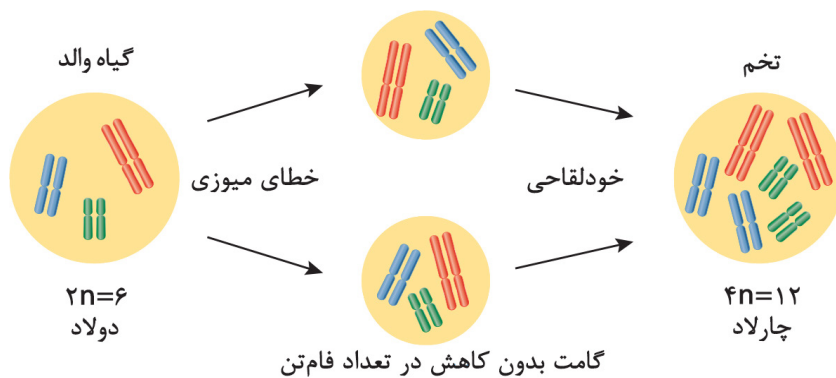


شکل ۱۴ - نتیجه آمیزش گامت‌های حاصل از خطای میوز با گامت سالم

در اوایل دهه ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دووری که با گیاهان گل مغربی ( $2n = 14$ ) کار می‌کرد، متوجه شد که یکی از گل‌های مغربی ظاهری متفاوت با بقیه دارد. وی با بررسی فام‌تن‌های آن دریافت که این گیاه به جای ۱۴ فام‌تن، ۲۸ فام‌تن دارد و بنابراین چارلاد (تتراپلوئید) ( $4n$ ) است. گامت‌هایی که گیاه چارلاد ایجاد می‌کند، دولا ( $2n$ ) اند نه تک‌لاد ( $n$ ). اگر گامت‌های این گیاه با گامت‌های گیاهان طبیعی، که تک‌لادند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه لاد (تریپلوئید) ( $3n$ ) خواهند شد. گیاه سه لاد حاصل از نمو این تخم، نازاست. اما اگر گیاه چارلاد بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارلاد مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم  $4n$  خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به میوز بوده،

## زیست‌شناسی ۳

بنابراین زیاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود ( $2n$  که بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدیدی تعلق دارد که افراد آن  $4n$  هستند. شکل ۱۵ این ساز و کار را برای گیاهی با  $6$  فام‌تن نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ - چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد

۱۶ به شرط جدانشدن کروموزوم‌های جنسی در میوز I یاخته جنسی زنی ناقل هموفیلی، کدامیک نمی‌تواند ژنوتیپ زیگوت‌های

حاصل از ترکیب گامت‌های این زن با گامت‌های مردی سالم باشد؟

$$X^H X^h X^h \quad (۴)$$

$$X^H O \quad (۳)$$

$$y \quad (۲)$$

$$X^H X^H X^h \quad (۱)$$

۱۷ به شرط جدانشدن کروموزوم‌های  $20$  و  $21$  در میوز I مردی هموفیل، حاصل لقاح گامت‌های این مرد با گامت‌های طبیعی

زنی ناقل هموفیلی، کدام است؟ ( $A =$  کروموزوم غیرجنسی)

$$۴۵A + X^H X^H \quad (۲)$$

$$۴۴A + X^h X^h \quad (۱)$$

$$۴۶A + X^h y \quad (۴)$$

$$۴۵A + X^H y \quad (۳)$$



(سراسری ۱۴۰۰)

۱. کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) جهش دگر معنا برخلاف جهش حذف، به تغییر در پلی‌پپتید ساخته شده می‌انجامد.
- (۲) جهش حذف برخلاف جهش بی‌معنا، به تغییر محصول حاصل از رونویسی می‌انجامد.
- (۳) جهش خاموش همانند جهش بی‌معنا، باعث عدم تغییر رمز یک نوع آمینواسید می‌شود.
- (۴) جهش دگر معنا همانند جهش خاموش، به عدم تغییر تعداد نوکلئوتیدهای یک ژن می‌انجامد.

گزینه ۴

(سراسری ۱۴۰۰)

۲. با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر تغییر جمعیت‌ها، کدام عبارت درست بیان شده است؟

- (۱) عاملی که افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند، ممکن است ژنوتیپ فرد را در جمعیت تغییر دهد.
- (۲) عاملی که خزانه ژنی جمعیت را غنی‌تر می‌سازد، ممکن است توان بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا ببرد.
- (۳) عاملی که خزانه ژنی دو جمعیت را شبیه به هم می‌کند، به طور حتم تعادل ژنی را هر دو جمعیت برقرار می‌سازد.
- (۴) عاملی که فراوانی دگرهای (الی) جمعیت را بر اثر رویدادهای تصادفی تغییر می‌دهد، به طور حتم در جمعیت‌های بزرگ بیشترین تأثیر را دارد.

گزینه ۲

(سراسری ۱۴۰۱)

۳. کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟

«در پی بررسی انواعی از خطاهای کاستمانی (میوزی) که در یک یاخته پیکری انسان به وقوع می‌پیوندد، می‌توان بیان کرد: با فرض این‌که جدانشدن فام‌تن (کروموزوم)‌ها در یکی از تقسیمات دوم کاستمان (میوز) صورت بگیرد، ..... زمانی که جدا نشدن فام‌تن‌ها در تقسیم اول کاستمان به انجام برسد، ..... تولید می‌شود.»

- (۱) برخلاف - گامت‌های طبیعی
- (۲) نسبت به - گامت‌های متنوع‌تری
- (۳) نسبت به - تعداد کمتری گامت غیرطبیعی
- (۴) همانند - به تعداد گامت‌های طبیعی، گامت‌های غیرطبیعی

گزینه ۴

(سراسری ۱۴۰۱)

۴. کدام عبارت درست است؟

- (۱) افرادی که در ماده ژنتیکی آنها، تغییر ماندگاری ایجاد شده است، به طور حتم، توسط انتخاب طبیعی حمایت می‌شوند.
- (۲) افرادی که شانس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد از دست داده‌اند، به طور حتم، تحت تأثیر رانش دگرهای (الی) قرار گرفته‌اند.
- (۳) افرادی که با انتخاب جفت، موفقیت تولیدمثلی خود را تضمین می‌کنند، به طور حتم، فراوانی دگره (ال)‌های جمعیت را تغییر می‌دهند.
- (۴) افرادی که توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا برده‌اند، به طور حتم حاصل فرایند نوترکیبی یا جهش هستند.

گزینه ۳

(سراسری ۱۴۰۱)

۵. مطابق با اطلاعات کتاب درسی، چند مورد برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟

- «دو انسان، آن دسته از تغییرات بزرگ ساختاری در ماده ژنتیکی که .....»
- \* فقط در یک فام‌تن (کروموزوم) رخ می‌دهد، ممکن است بر تغییر محل سانترومر آن فام‌تن بی‌تأثیر باشد.
  - \* مضاعف‌شدگی نامیده می‌شود، به طور حتم، در پی وقوع دو نوع ناهنجاری فام‌تنی (کروموزومی) رخ می‌دهد.
  - \* فقط در بین فام‌تن (کروموزوم)‌های هم‌تا ایجاد می‌شود، ممکن است ترکیب دگرهای (الی) آن فام‌تن‌ها را تغییر دهد.
  - \* بر تغییر طول یک فام‌تن (کروموزوم) مؤثر است، به طور حتم، در فام‌تن هم‌تا یا فام‌تن غیرهم‌تای آن، تغییر ساختاری ایجاد می‌کند.

گزینه ۳

(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۶. عاملی که باعث می‌شود تا در گذر زمان، جمعیت غیرمقاوم باکتری‌ها (نسبت به پادزیست) در پاسخ به محیط، به جمعیتی مقاوم تغییر یابد، کدام مشخصه زیر را ندارد؟

(سراسری ۱۴۰۱)

- (۱) همانند نوترکیبی، باعث افزایش گوناگونی افراد جمعیت می‌شود.
- (۲) برخلاف بعضی از جهش‌ها، بر تغییر رخ‌نمود (فنوتیپ) افراد بی‌تأثیر است.
- (۳) همانند رانش دگره‌ای، می‌تواند به جدایی تولیدمثلی افراد یک گونه کمک کند.
- (۴) برخلاف آمیزش تصادفی، فراوانی نسبی دگره (الل)‌های جمعیت را تغییر می‌دهد.

گزینه ۱

۷. کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر، نامناسب است؟

(سراسری ۱۴۰۱)

- «فرض کنید که در گیاه گل‌مغربی (۲n)، جدا نشدن فام‌تن (کروموزوم)‌ها در یکی از تقسیمات دوم میوز صورت بگیرد، در صورتی که گامت‌های این گیاه با گامت‌های گیاه چارلاد (تتراپلوئید) لقاح انجام دهد، تعداد زاده‌هایی که ..... هستند، پیش از زاده‌هایی است که ..... را دارند.»
- (۱) حامل کمترین فام‌تن - بیشترین فام‌تن
  - (۲) دارای سه مجموعه فام‌تن - دو مجموعه فام‌تن
  - (۳) فقط زیستا - چهار مجموعه فام‌تن
  - (۴) حامل زن‌های هر دو والد - فقط زن‌های یک والد

گزینه ۱

۸. کدام مورد، درست است؟

(سراسری ۱۴۰۱)

- (۱) هر نوع تغییر در ماده وراثتی جانور که ممکن است مفید، مضر و یا خنثی باشد، نوعی جهش محسوب می‌شود.
- (۲) هر زیست‌بوم، متشکل از بوم‌سازگان‌هایی است که از نظر اقلیم و پراکندگی جانداران متفاوت هستند.
- (۳) برای شناخت افراد یک جمعیت، کافی است هم‌گونه بودن آن افراد مورد تأیید قرار گیرد.
- (۴) زیست‌فناوری و تشریح مقایسه‌ای، شواهدی مبنی بر تشخیص خویشاوندی گونه‌ها ارائه می‌دهند.

گزینه ۴

۹. با توجه به ناهنجاری‌های فام‌تنی مطرح‌شده در کتاب درسی که بر روی فام‌تن‌های مضاعف‌نشده و طبیعی رخ می‌دهد، کدام مورد، برای تکمیل عبارت زیر، نامناسب است؟

(سراسری ۱۴۰۲)

- «پیامد هر نوع ناهنجاری فام‌تنی (کروموزومی) که ..... ممکن است فام‌تنی باشد که .....»
- (۱) می‌تواند در نتیجه وقوع دو شکست در طول فام‌تن ایجاد شود - طول کوتاهی دارد
  - (۲) می‌تواند در نتیجه وقوع یک شکست در طول فام‌تن ایجاد شود - دارای یک سانترومر است
  - (۳) بر مقدار ماده ژنتیکی فام‌تن بی‌تأثیر است - موقعیت سانترومری متفاوتی دارد
  - (۴) بر مقدار ماده ژنتیکی فام‌تن تأثیرگذار است - دارای یک سانترومر است

گزینه ۴

۱۰. از آمیزش فردی با زن نمود (ژنوتیپ)  $\frac{ABC}{abc}$  با فردی با زن نمود مشابه، احتمال تولد فرزندی با کدام زن نمود غیرممکن است؟ (در صورتی که احتمال وقوع چلیپایی شدن (کراسینگ‌اور) فقط در فرد اول و در بین دو دگره (الل) (C و B) و (c و b) وجود داشته باشد).

(سراسری ۱۴۰۲)

- (۱)  $\frac{aBC}{abc}$
- (۲)  $\frac{ABc}{ABC}$
- (۳)  $\frac{abc}{ABC}$
- (۴)  $\frac{ABC}{abC}$

گزینه ۱

۱۱. در خصوص آن دسته از عواملی که جمعیت کوچک را از حالت تعادل خارج می‌کنند و در گونه‌زایی دگرمیهنی نقش دارند، کدام مورد درست است؟

(سراسری ۱۴۰۲)

- (۱) همه آن‌ها، گوناگونی را در جمعیت‌ها افزایش می‌دهند.
- (۲) همه آن‌ها باعث افزایش فراوانی افرادی می‌شوند که زن نمود (ژنوتیپ) ناخالص دارند.
- (۳) فقط بعضی از آن‌ها باعث می‌شوند تا به‌طور پیوسته، تعدادی از دگره (الل)‌های جمعیت مبدأ به جمعیت مقصد وارد شوند.
- (۴) فقط بعضی از آن‌ها باعث می‌شوند تا بدون نیاز به پیدایش دگره‌های جدید، بر تنوع ژنتیکی جمعیت افزوده شود.

گزینه ۴

۱۲. با توجه به نمونه‌های مطرح‌شده در کتاب درسی، چند مورد برای تکمیل عبارت زیر مناسب است؟ (سراسری اردیبهشت ۱۴۰۳)

«هر تغییر ساختاری در ماده ژنتیکی که ..... را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در تشکیل فام‌تنی (کروموزومی) نقش دارد که نسبت به حالت اولیه خود ..... است.»

- (الف) فقط یک فام‌تن (کروموزوم) - فاقد بعضی از ژن‌ها  
(ب) فام‌تن (کروموزوم)‌های غیرهمتا - دارای طول متفاوتی  
(ج) فام‌تن (کروموزوم)‌های همتا - دارای دو نسخه از بعضی ژن‌ها  
(د) فقط یک فام‌تن (کروموزوم) - از نظر موقعیت سانترومر متفاوت

گزینه ۳

۲ (۴)

۱ (۳)

۴ (۲)

۳ (۱)

۱۳. در کتاب درسی، به جانوری اشاره شده که در گذشته‌های دور نمی‌زیسته، در حالی که امروزه در حال زندگی کردن است، کدام عبارت را نمی‌توان درباره این جانور بیان نمود؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

- (۱) گونه خویشاوند کوسه‌ماهی محسوب می‌شود.  
(۲) همانند پرنده، رفتار قلمروخواهی را نشان می‌دهد.  
(۳) همانند زنبور نر، توانایی تولید نوعی فرومون را دارد.  
(۴) همانند طاووس نر، در نگهداری زاده‌هایش نقش دارد.

گزینه ۴

۱۴. کدام عبارت درباره همه سازوکارهایی صادق است که سبب می‌شوند با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی ادامه یابد؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

- (۱) دگره‌های جدیدی را به خزانه ژنی جمعیت می‌افزایند.  
(۲) فراوانی دگره‌های جمعیت را تغییر می‌دهند.  
(۳) در جمعیت در حال تعادل رخ می‌دهند.  
(۴) بر ژن‌نمود (ژنوتیپ) افراد نسل بعد بی‌تأثیرند.

گزینه ۲

۱۵. چند مورد، در ارتباط با جهش‌های کوچکی که در توالی‌های غیرتنظیمی ژن پروکاریوت‌ها رخ می‌دهد، درست است؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

- (الف) هر جهشی که بر طول پلی‌پپتیدی می‌افزاید، به طور حتم نوعی جهش اضافه محسوب می‌شود.  
(ب) جهشی که از طول پلی‌پپتید می‌کاهد، ممکن است نوعی جهش جابه‌جایی باشد.  
(ج) هر جهشی که باعث ایجاد تغییر در آمینواسید پلی‌پپتید می‌شود، به طور حتم پیامد وخیمی دارد.  
(د) هر جهشی که بر توالی آمینواسید پلی‌پپتید بی‌تأثیر است، ممکن است نوعی جهش جانشینی محسوب شود.

گزینه ۱

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

۱۶. کدام مورد یا موارد زیر، در خصوص ساختار دوپار (دیمِر) تیمین درست است؟ (سراسری تیر ۱۴۰۳)

- (الف) بر عملکرد دنبسپاراز به هنگام همانندسازی تأثیر می‌گذارد.  
(ب) پیوندی دارد که میان تیمین‌های دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی برقرار می‌شود.  
(ج) مانند سدیم نیتريت، در بدن به ترکیبی تبدیل می‌شود که قابلیت سرطان‌زایی دارد.  
(د) حاصل پیوندهایی است که در نزدیکی توالی قند-فسفات شکل می‌گیرد.

گزینه ۳

۴ «الف»

۳ «الف» و «د»

۲ «ب»، «ج» و «د»

۱ «الف»، «ب»، «ج» و «د»



- ۱) دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل‌یافته، دریافتند که این دو هموگلوبین فقط در ..... آمینواسید از زنجیره ..... متفاوت‌اند.
- ۲) مقایسه ژن‌های زنجیره ..... هموگلوبین در بیماران مبتلا به کم‌خونی داسی شکل و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید ..... به جای ..... قرار گرفته است.
- ۳) تغییر ..... را جهش می‌نامند.
- ۴) جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در ..... نوکلئوتید منجر می‌شود.
- ۵) در جهش ..... یک آمینواسید با دیگری و در جهش ..... رمز یک آمینواسید به رمز دیگر همان آمینواسید و در جهش ..... رمز یک آمینواسید به رمز پایان تبدیل می‌شود.
- ۶) جهش‌های از نوع اضافه و حذف را که ..... نیستند جهش تغییر چارچوب خواندن می‌نامند و جهش‌های حذف و اضافه .....، اثری بر خواندن کدون‌های رنا ندارند.
- ۷) جهش ممکن است در مقیاس وسیع‌تری رخ دهد تا جایی که به ناهنجاری‌های ..... منجر شود. زیست‌شناسان با مشاهده ..... می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند.
- ۸) مبتلایان به نشانگان ..... یک فام‌تن ..... اضافی دارند. تغییر در تعداد فام‌تن‌ها را ..... در فام‌تن‌ها می‌نامند. نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی، ..... است که شامل .....، ..... و ..... می‌باشد.
- ۹) در جهش‌های فام‌تنی ممکن است قسمتی از فام‌تن از دست برود که به آن ..... می‌گویند که غالباً باعث مرگ می‌شوند. جابه‌جایی، نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی است که در آن قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن ..... یا حتی .. منتقل می‌شود. اگر قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن هم‌تا منتقل شود، آن‌گاه در فام‌تن هم‌تا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش ..... می‌گویند. نوع دیگری از ناهنجاری‌های فام‌تنی، ..... است که در آن جهت قرارگیری قسمتی از یک فام‌تن در جای خود معکوس می‌شود.
- ۱۰) ..... به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی ..... و ..
- ۱۱) ژنگان هسته‌ای انسان شامل ..... فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی ..... و ..... است. ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می‌دهد.
- ۱۲) گاهی جهش در یکی از توالی‌های ..... رخ می‌دهد، مثلاً در ..... یا ..... این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر ..... آن تأثیر می‌گذارد.
- ۱۳) پرتو فرابنفش یکی از عوامل جهش‌زای ..... است که باعث تشکیل پیوند بین دو ..... مجاور هم در دنا می‌شود که به آن ..... می‌گویند که با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم .....، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می‌کند.



۱۴) از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به ..... اشاره کرد که در دودسیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به ..... منجر می‌شود.

۱۵) جهش ارثی از ..... یا ..... به فرزند می‌رسد. این جهش در ..... وجود دارد.

۱۶) در مناطقی که مصرف غذاهای ..... یا ..... رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان‌ها با مصرف زیاد غذاهای ..... یا ..... مشخص شده است و ترکیبات ..... مانند ..... که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آن‌ها اضافه می‌شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارند.

۱۷) این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آنهایی که شانس بیشتری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، ..... می‌نامند.

۱۸) .....، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک ..... و ..... زندگی می‌کنند.

۱۹) مجموع همهٔ دگره‌های موجود در همهٔ جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را ..... آن جمعیت می‌نامند.

۲۰) اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال ..... است.

۲۱) .....، با افزودن دگره‌های جدید، خزانهٔ ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.

۲۲) به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، ..... می‌گویند که گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف ..... به سازش نمی‌انجامد.

۲۳) هرچه اندازهٔ یک جمعیت ..... باشد، رانش دگره‌ای اثر بیشتری دارد.

۲۴) وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند و سبب تغییر در فراوانی نسبی دگره‌های ..... می‌شود به این پدیده، ..... می‌گویند که اگر بین دو جمعیت، به‌طور ..... و ..... ادامه یابد، سرانجام خزانهٔ ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.

۲۵) نتیجهٔ انتخاب طبیعی ..... جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی ..... می‌یابد و گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید ..... .

۲۶) اینکه هر گامت کدام‌یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به ..... بستگی دارد.

۲۷) در میوز ۱، هنگام جفت شدن فام‌تن‌های هم‌تا و ایجاد چهارتایه، ممکن است قطعه‌ای از فام‌تن بین فامینک‌های ..... مبادله شود. این پدیده را ..... می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌ها در این دو فامینک به‌وجود می‌آید و به آنها فامینک‌های ..... می‌گویند. از میان گامت‌ها، آنهایی که فامینک‌های نو ترکیب را دریافت می‌کنند، ..... نامیده می‌شوند.

۲۸) ژن‌نمودهای ناخالص ..... گویچه‌های قرمز فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که ..... .

۲۹) عامل مالاریا نمی‌تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود، چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، آنها ..... و انگل می‌میرد.

۳۰ سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران مثل ..... یا ..... است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ..... منجمد شده‌ای که همهٔ قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در ..... گیاهان به دام افتاده‌اند.

۳۱ در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل ..... در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل ..... یا ..... در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند مثل .....

۳۲ اندام‌هایی که طرح ساختاری یکسان دارند ..... اگر کار متفاوتی انجام دهند، اندام‌ها یا ساختارهای ..... نامیده می‌شوند و وجودشان در گونه‌های مختلف می‌تواند نشان‌دهندهٔ مشتق شدن آنها از گونهٔ مشترک باشد که به آنها گونه‌های ..... گفته می‌شوند.

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

۳۴ ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، ..... می‌نامند. ..... و ..... آنالوگ‌اند.

۳۵ ساختارهایی که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عدهٔ دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند ..... نامیده می‌شوند مثل .....

۳۶ شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن ..... پدید آمده‌اند.

۳۷ توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند ..... می‌نامند.

۳۸ گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های ..... و ..... به‌وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش ..... داشته باشند.

۳۹ به‌طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی ..... که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی ..... که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

۴۰ گونه‌زایی دگرمی‌هنی با ایجاد یک ..... و قطع ..... آغاز شده و بر اثر .....، ..... و ..... سبب جدا شدن خزانهٔ ژنی دو جمعیت می‌شود و اگر جمعیت جدا شده ..... باشد، لازم است اثر ..... نیز در افزایش تفاوت دو جمعیت موردنظر قرار گیرد.

۴۱ گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدید حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را ..... می‌نامند که در آن ..... رخ نمی‌دهد.

۴۲ پیدایش گیاهان چندلادی (پلی‌پلویدی)، مثال خوبی از گونه‌زایی ..... است.

۴۳ اگر گل مغربی دیپلوئید بتواند با گل مغربی تتراپلوئید لقاح کند، تخم‌های حاصل ..... خواهند شد، در این حالت گیاه حاصل ..... و ..... است.



- ۱) دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل‌یافته، دریافتند که این دو هموگلوبین فقط در **ششمین** آمینواسید از زنجیره **بتا** متفاوت‌اند.
- ۲) مقایسه ژن‌های زنجیره **بتای** هموگلوبین در بیماران مبتلا به کم‌خونی داسی شکل و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به ششمین آمینواسید، نوکلئوتید **A** به جای **T** قرار گرفته است.
- ۳) تغییر **ماندگار در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی** را جهش می‌نامند.
- ۴) جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در **یک جفت** نوکلئوتید منجر می‌شود.
- ۵) در جهش **دگر معنا** یک آمینواسید با دیگری و در جهش **خاموش** رمز یک آمینواسید به رمز دیگر همان آمینواسید و در جهش **بی‌معنا** رمز یک آمینواسید به رمز پایان تبدیل می‌شود.
- ۶) جهش‌های از نوع اضافه و حذف را که **مضرب ۳** نیستند جهش تغییر چارچوب خواندن می‌نامند و جهش‌های حذف و اضافه **مضرب ۳**، اثری بر خواندن کدون‌های رنا ندارند.
- ۷) جهش ممکن است در مقیاس وسیع‌تری رخ دهد تا جایی که به ناهنجاری‌های **فام‌تنی** منجر شود. زیست‌شناسان با مشاهده **کاریوتیپ** می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند.
- ۸) مبتلایان به نشانگان **داون** یک فام‌تن **۲۱** اضافی دارند. تغییر در تعداد فام‌تن‌ها را **ناهنجاری عددی** در فام‌تن‌ها می‌نامند. نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی، **ناهنجاری ساختاری** است که شامل **حذف**، **واژگونی**، **جابه‌جایی** و **مضاعف شدن** می‌باشد.
- ۹) در جهش‌های فام‌تنی ممکن است قسمتی از فام‌تن از دست برود که به آن **حذف** می‌گویند که غالباً باعث مرگ می‌شوند. جابه‌جایی، نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی است که در آن قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن **غیرهمتا** یا حتی **بخش دیگری از همان فام‌تن** منتقل می‌شود. اگر قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن همتا منتقل شود، آن‌گاه در فام‌تن همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش **مضاعف‌شدگی** می‌گویند. نوع دیگری از ناهنجاری‌های فام‌تنی، **واژگونی** است که در آن جهت قرارگیری قسمتی از یک فام‌تن در جای خود معکوس می‌شود.
- ۱۰) **ژنگان** به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی **هسته‌ای** و **سیتوپلاسمی**.
- ۱۱) ژنگان هسته‌ای انسان شامل **۲۲** فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی **X** و **Y** است. **دنا**ی **راکیزه** ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می‌دهد.
- ۱۲) گاهی جهش در یکی از توالی‌های **تنظیمی** رخ می‌دهد، مثلاً در **راه‌انداز** یا **افزاینده** این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر **مقدار** آن تأثیر می‌گذارد.
- ۱۳) پرتو فرابنفش یکی از عوامل جهش‌زای **فیزیکی** است که باعث تشکیل پیوند بین دو **تیمین** مجاور هم در دنا می‌شود که به آن **دوپار (دیمِر) تیمین** می‌گویند که با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم **دنا بسپاراز**، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می‌کند.
- ۱۴) از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به **بنزویرن** اشاره کرد که در دودسیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به **سرطان** منجر می‌شود.

- ۱۵) جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در گامت‌ها وجود دارد.
- ۱۶) در مناطقی که مصرف غذاهای نمک‌سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان‌ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است و ترکیبات نیتريت دار مانند سدیم نیتريت که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آن‌ها اضافه می‌شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارند.
- ۱۷) این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آنهایی که شانس بیشتری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، انتخاب طبیعی می‌نامند.
- ۱۸) جمعیت، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و مکان زندگی می‌کنند.
- ۱۹) مجموع همه دگره‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.
- ۲۰) اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است.
- ۲۱) جهش، با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.
- ۲۲) به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند که گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.
- ۲۳) هرچه اندازه یک جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش دگره‌ای اثر بیشتری دارد.
- ۲۴) وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند و سبب تغییر در فراوانی نسبی دگره‌های هر دو جمعیت می‌شود به این پدیده، شارش ژن می‌گویند که اگر بین دو جمعیت، به‌طور پیوسته و دو سویه ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.
- ۲۵) نتیجه انتخاب طبیعی سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد و گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد.
- ۲۶) اینکه هر گامت کدام یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهارتایه‌ها (تتراده‌ها) در میوز ۱ بستگی دارد.
- ۲۷) در میوز ۱، هنگام جفت شدن فام‌تن‌های هم‌تا و ایجاد چهارتایه، ممکن است قطعه‌ای از فام‌تن بین فامینک‌های غیرخواهری مبادله شود. این پدیده را چلیپایی شدن (کراسینگ‌اور) می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌ها در این دو فامینک به‌وجود می‌آید و به آنها فامینک‌های نو ترکیب می‌گویند. از میان گامت‌ها، آنهایی که فامینک‌های نو ترکیب را دریافت می‌کنند، گامت نو ترکیب نامیده می‌شوند.
- ۲۸) ژن‌نمودهای ناخالص  $Hb^A Hb^S$  گویچه‌های قرمز فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.
- ۲۹) عامل مالاریا نمی‌تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود، چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، آنها داسی شکل می‌شوند و انگل می‌میرد.
- ۳۰) سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

۳۱ در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل **دایناسورها** در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل **گل لاله** یا **گره**. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند مثل **درخت گیسو**.

۳۲ اندام‌هایی که طرح ساختاری یکسان دارند **حتی** اگر کار متفاوتی انجام دهند، اندام‌ها یا ساختارهای **همتا** نامیده می‌شوند و وجودشان در گونه‌های مختلف می‌تواند نشان‌دهنده مشتق شدن آنها از گونه مشترک باشد که به آنها گونه‌های **خویشاوند** گفته می‌شوند.

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

۳۴ ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، **ساختارهای آنالوگ** می‌نامند. **بال کبوتر** و **بال پروانه** آنالوگ‌اند.

۳۵ ساختارهایی که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند **وستیجیال** نامیده می‌شوند مثل **بقایای پا در مار پیتون**.

۳۶ شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن **سوسمارها** پدید آمده‌اند.

۳۷ توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند **توالی‌های حفظ شده** می‌نامند.

۳۸ گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های **زیستا** و **زایا** به‌وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش **موفقیت‌آمیز** داشته باشند.

۳۹ به‌طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی **دگرمیهنی** که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی **هم‌میهنی** که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

۴۰ گونه‌زایی دگرمیهنی با ایجاد یک **مانع جغرافیایی** و قطع **شارش ژن** آغاز شده و بر اثر **جهش**، **نوترکیبی** و **انتخاب طبیعی** سبب جدا شدن خزانه ژنی دو جمعیت می‌شود و اگر جمعیت جدا شده **کوچک** باشد، لازم است اثر **رائش ژن** نیز در افزایش تفاوت دو جمعیت موردنظر قرار گیرد.

۴۱ گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدید حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را **گونه‌زایی هم‌میهنی** می‌نامند که در آن **جدایی جغرافیایی** رخ نمی‌دهد.

۴۲ پیدایش گیاهان چندلادی (پلی‌پلویدی)، مثال خوبی از گونه‌زایی **هم‌میهنی** است.

۴۳ اگر گل مغربی دیپلوئید بتواند با گل مغربی تتراپلوئید لقاح کند، تخم‌های حاصل **تریپلوئید** خواهند شد، در این حالت گیاه حاصل **زیستا** و **نازا** است.