

## فصل ۴ تغییر در اطلاعات وراثتی

### جهش

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

**نکته ۲:** تغییرپذیری ماده وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است « مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد.

**نکته ۳:** تغییر ماندگار در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می‌نامند. منظور از تغییر پایدار، تغییری است که در صورت تقسیم یاخته، بتواند به یاخته‌های دختر منتقل شود.

**نکته ۴:** کم‌خونی داسی‌شکل یک بیماری اتوزوم مغلوب است. علت بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی، تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است. افراد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی‌شکل ژن نمود  $Hb^S Hb^S$  دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند. ژن نمود ناخالص  $Hb^A Hb^S$  است و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی‌شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

**نکته ۵:** دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل یافته دریافتند که این دو هموگلوبین در زنجیره آلفا با هم تفاوتی ندارند. تفاوت آن‌ها فقط در یکی از آمینواسیدهای زنجیره بتا است. و آن هم در ششمین آمینواسید از زنجیره بتا تفاوت دارند. در افراد بیمار آمینواسید والین جانشین آمینواسید گلوتامیک اسید شده است. چون هر مولکول هموگلوبین دو زنجیره بتا دارد بنابراین افراد سالم و بیمار در دو آمینواسید باهم تفاوت دارند.

**نکته ۶:** 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. در رشته‌ی DNA الگو زنجیره بتا توالی CTT به توالی CAT تغییر یافته است یعنی نوکلئوتید A جانشین نوکلئوتید T شده است. بنابراین در رشته دِنای رمزگذار آن توالی GAA به توالی GTA تغییر پیدا کرده است. یعنی در رشته رمزگذار T جانشین A شده است. در هنگام رونویسی از روی رشته الگو، در رِنای پیک توالی GAA به توالی GUA تغییر پیدا می‌کند. در نتیجه هنگام ترجمه آمینواسید والین جایگزین آمینواسید گلوتامیک اسید می‌شود. شگفتا که تغییر در یک نوکلئوتید از میلیون‌ها نوکلئوتید انسان، می‌تواند پیامدی این چنین وخیم را به دنبال داشته باشد.

دِنای هموگلوبین طبیعی



دِنای هموگلوبین جهش یافته



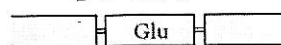
رِنای پیک



رِنای پیک



هموگلوبین طبیعی



هموگلوبین یاخته‌داسی شکل



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

## انواع جهش‌های کوچک

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 کروموزوم (فام‌تن) را تغییر می‌دهد. بر همین اساس جهش‌ها را به دو گروه کوچک و بزرگ تقسیم می‌کنند. جهش‌های کوچک یک یا چند نوکلئوتید را در بر می‌گیرند.

### (۱) جهش جانشینی:

در اینجا یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری شده است. این نوع جهش را جانشینی 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. در جهش جانشینی طول دنا تغییر نمی‌کند. ولی می‌تواند (نه الزاماً) طول محصول آن تغییر کند.

### الف) جهش دگر معنا:

این امکان وجود دارد که جهش جانشینی، یک رمز آمینواسید را به رمز آمینواسید دیگر تبدیل کند. از آنجایی که این جهش سبب تغییر در نوع آمینواسید زنجیره پلی‌پپتیدی شده است. دگر معنا می‌نامند. مثال یاخته‌های داسی شکل، نمونه‌ای از جهش جانشینی دگر معنا است در این بیماری کدون GAA به کدون GUA تغییر یافته است. بنابراین در ششمین آمینواسید زنجیره بنا، والین جانشین گلوتامیک اسید می‌شود.

### ب) جهش خاموش:

گاهی جهش جانشینی، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند. این نوع جهش تأثیری بر پروتئین نخواهد گذاشت. چنین جهشی را جهش خاموش می‌نامند. مثلاً اگر کدون GAA به GAG تبدیل شود، جهش خاموش است چون هر دو کدون مربوط به آمینواسید گلوتامیک اسید هستند. بنابراین این امکان وجود دارد که جهش جانشینی، در بیان ژن تأثیری نداشته باشد. و یا اگر کدون UGA به UAG و یا UAA تغییر یابد، تأثیری در بیان ژن نخواهد داشت، چون هر سه رمز مربوط به کدون پایان ترجمه هستند، بنابراین نباید تصور کرد که جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها می‌شود. یعنی در برخی موارد جهش جانشینی تأثیری در بیان ژن ندارد.

### ج) جهش بی معنا:

این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند به این جهش جانشینی جهش بی معنا (ایجاد رمز پایان) می‌گویند که در این صورت پلی‌پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد. نکته ۱: این امکان وجود دارد که جهش جانشینی، یک رمز پایان را به رمز آمینواسید تبدیل کند که در این صورت پروتئین بلندتر خواهد شد.

نکته ۲: در هر جهش جانشینی قطعاً طول مولکول دنا تغییر نمی‌کند. اگر جهش جانشینی درون ژن باشد قطعاً توالی رونوشت اولیه ژن یعنی توالی نوکلئوتیدهای RNA تغییر می‌کند. ولی ممکن است توالی آمینواسیدها در پروتئین تغییر نکند. (مانند جهش جانشینی خاموش)

## ۲) جهش اضافه و حذف شدن:

جهش‌های اضافه و حذف، انواع دیگر جهش‌های کوچکی‌اند. در این جهش‌ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می‌شود.

**نکته ۱:** می‌دانیم که رمز دنا به صورت دسته‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. برای همین اگر تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده، مضربی از سه نباشند، تمام رمزها بعد از آن تغییر می‌کند. جهش‌هایی که باعث چنین تغییری در خواندن می‌شوند را جهش تغییر چارچوب خواندن می‌نامند.

**نکته ۲:** اگر در یک نقطه از ژن حذف یا اضافه شدن مضربی از سه باشد، جهش تغییر چارچوب خواندن رخ نمی‌دهد اما تعداد آمینواسیدها کم یا زیاد می‌شود. جهش جانشینی چه مضربی از سه باشد و چه نباشد باعث تغییر در چارچوب خواندن نمی‌شود.

**نکته ۳:** زیست‌شناسان با مشاهده کاربوتیپ نمی‌توانند از وجود جهش کوچک آگاه شوند.

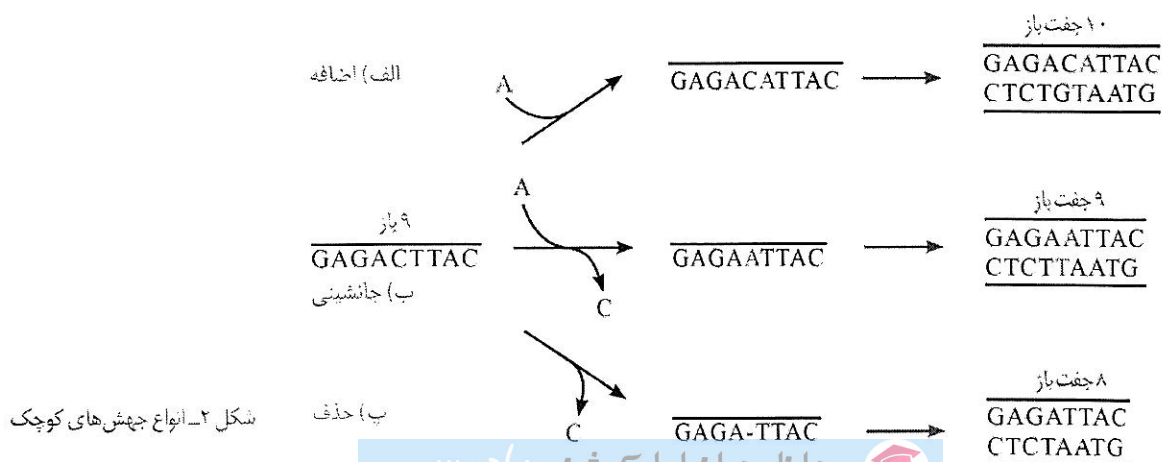
**نکته ۴:** در هر جهش حذف یا اضافه برخلاف جهش جانشینی طول ماده وراثتی (دنا) تغییر می‌کند.

**نکته ۵:** هر جهش کوچک (چه جانشینی و چه حذف و اضافه) اگر درون یک ژن باشد، باعث تغییر در توالی مولکول‌های حاصل از رونویسی (یعنی RNA) می‌شود و اگر جهش در توالی تنظیمی ژن (توالی راه‌انداز یا افزاینده) رخ دهد باعث تغییر در میزان رونویسی از آن ژن می‌شود.

**نکته ۶:** نمی‌توان گفت که هر جهشی ژنی لزوماً در توالی مونومرهای mRNA یا پروتئین تأثیر می‌گذارد. چون جهش ممکن است در ژن پروتئین نباشد. (مثل جهش در ژن tRNA و rRNA باشد).

**نکته ۷:** در برخی موارد جهش درون یک ژن بر مقدار تولید سایر پروتئین تأثیرگذار است. مثلاً اگر ژن tRNA و یا ژن rRNA و یا ژن پروتئین ریبوزومی جهش پیدا کند بر مقدار تولید سایر پروتئین‌ها تأثیرگذار است.

**نکته ۸:** اگر جهش در اینترون‌ها باشد و یا جهش قبل از رمز آغاز و یا بعد از رمز پایان باشد، در توالی آمینواسیدها تغییری ایجاد نمی‌شود.



شکل ۲- انواع جهش‌های کوچک

## پیامدهای جهش

**نکته ۱:** تأثیر جهش به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل محل وقوع جهش در ژنوم (ژنگان) است. هر ژن فقط بخشی از ژنگان است.

**نکته ۲:** ممکن است جهش در توالی‌های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت.

**نکته ۳:** اگر جهش در درون ژن رخ دهد، آنگاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانشینی دگر معنا رخ داده است و معنی یک آمینو اسید را به آمینو اسید دیگری تبدیل کرده است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سوال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آنگاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوریکه بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

**نکته ۴:** گاهی جهش باعث تغییر در توالی نوکلئوتیدهای mRNA می‌شود ولی باعث تغییر در توالی آمینواسیدهای پروتئین نمی‌شود مثلاً در جهش جانشینی خاموش، رمزه يك آمینواسید را به رمزه دیگری برای همان آمینواسید تبدیل شود. بنابراین نمی‌توان گفت تغییر در توالی mRNA الزاماً بر بیان ژن تأثیر خواهد گذاشت.

**نکته ۵:** گاهی جهش در یکی از توالی‌های تنظیمی رخ می‌دهد، مثلاً جهش در توالی راه‌انداز یا افزایشنده یوکاریوت‌ها و یا جهش در توالی راه‌انداز و اپراتور و جایگاه اتصال پروتئین فعال کننده پروکاریوت‌ها نوعی جهش تنظیمی است. این جهش‌ها بر توالی آمینواسید پروتئین اثری نخواهد داشت، بلکه بر «مقدار» تولید 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. دقت کنید که توالی‌های تنظیمی (راه‌انداز، افزایشنده، اپراتور) جزء ژن محسوب نمی‌شوند.

**نکته ۶:** جهش در ژن برخی پروتئین‌ها می‌تواند بر مقدار تولید سایر پروتئین‌ها تأثیر گذار باشد. مثلاً جهش در ژن پروتئین عوامل رونویسی در یوکاریوت‌ها و یا جهش در ژن پروتئین مهار کننده و یا فعال کننده می‌تواند بر تولید سایر پروتئین‌ها تأثیر گذار باشد.

نوع طبیعی

دنا  
TACTTCAAACCGATT  
ATGAAGTTTGGCTAA

رنای یک  
AUGAAGUUUGGCUAA

پایان  
Met | Lys | Phe | Gly

---

جانشینی

ت به جای C  
TACTTCAAATCGATT  
ATGAAGTTTGGCTAA

ا به جای G  
AUGAAGUUUAGCUAA

پایان  
Met | Lys | Phe | Ser

دگر معنا (تغییر در آمینواسید)

---

حذف یا اضافه جفت نوکلئوتید

ا اضافه  
TACATTCAAACCGATT  
ATGTAAGTTTGGCTAA

ا اضافه  
AUGUAAGUUUGGCUAA

پایان  
Met

تغییر چارچوب

---

حذف

ا حذف  
TACTTCAAACCGATT  
ATGAAGTTGGCTAA

حذف U  
AUGAAGUUGGCUAA...

پایان  
Met | Lys | Leu | Ala

تغییر چارچوب

---

حذف TTC

ا حذف  
TACAAACCGATT  
ATGTTTGGCTAA

حذف AAG  
AUGUUUGGCUAA

پایان  
Met | Phe | Gly

---

خاموش (بدون تغییر در توالی آمینواسیدها)

ا به جای T  
TACATCAAACCGATT  
ATGTAAGTTTGGCTAA

ا به جای A  
AUGAAGUUUGGUUAA

پایان  
Met

دگر معنا (بجای دگر معنی)

## ب) ناهنجاری‌های کروموزومی (جهش‌های بزرگ)

نکته ۱: جهش ممکن است در مقیاس وسیع تری رخ دهد به گونه‌ای که به ایجاد ناهنجاری‌های فام‌تنی منجر شود. زیست‌شناسان با مشاهده کاربوتیپ می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند. جهش‌های کروموزومی می‌تواند در عدد کروموزومی و یا در ساختار کروموزوم‌ها ناهنجاری ایجاد کند.

### ۱) ناهنجاری عددی در کروموزوم:

تغییر در تعداد کروموزوم‌ها را ناهنجاری عددی در کروموزوم‌ها می‌نامند. در سال گذشته با نشانگان داون آشنا شدید. می‌دانید که مبتلایان به این بیماری یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارند. این افراد دارای ۴۷ کروموزوم هستند که ۴۵ عدد آن اتوزوم و ۲ عدد جنسی هستند. علت آن خطای میوزی در آنافاز I یا II است.

### ۲) ناهنجاری ساختاری در کروموزوم:

نوع دیگری از ناهنجاری کروموزومی، ناهنجاری ساختاری است. انواع آن شامل:

**الف) جهش حذف:** ممکن است قسمتی از کروموزوم از دست برود که به آن حذف می‌گویند. طول دنا کوتاه می‌شود. جهش‌های فام‌تنی حذفی غالباً باعث مرگ می‌شوند.

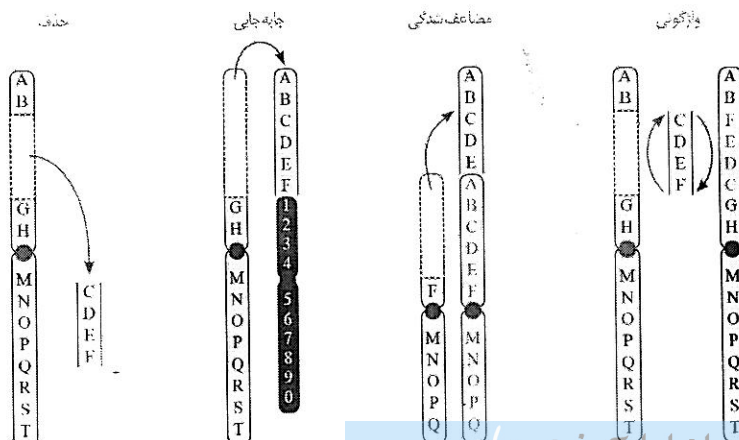
**ب) جهش واژگونی:** گاهی جهت قرارگیری قسمتی از یک کروموزوم در جای خود تغییر می‌کند که به آن واژگونی می‌گویند. طول دنا تغییر نمی‌کند.

**ج) جهش جابه‌جایی:** جابه‌جایی، نوع دیگری از ناهنجاری کروموزومی است که در آن قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم غیر همتا یا حتی بخش دیگری از همان کروموزوم منتقل می‌شود.

**د) جهش مضاعف‌شدگی:** اگر قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم همتا جابه‌جا شود، آنگاه در کروموزوم همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، مضاعف‌شدگی می‌گویند. یاخته‌های هاپلوئید چون کروموزوم همتا ندارند. بنابراین جهش مضاعف‌شدگی ندارند.

نکته ۱: زنبور نر هاپلوئید است و فاقد کروموزوم همتا است. بنابراین در زنبور نر جهش مضاعف‌شدگی رخ نمی‌دهد.

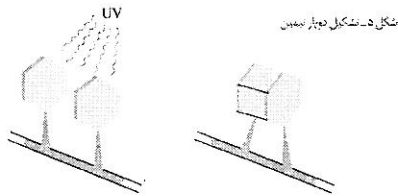
نکته ۲: اووسیت و اسپرماتوسیت ثانویه و اسپرماتید و گویچه قطبی برخلاف اسپرماتوسیت و اووسیت اولیه، فاقد کروموزوم همتا هستند. بنابراین جهش مضاعف‌شدگی ندارند.



شکل ۴- انواع ناهنجاری‌های ساختاری در فام‌تن‌ها

## علت جهش

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 هم رخ می‌دهد. عوامل جهش‌زا را می‌توان به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد.



**نکته ۲:** پرتو فرابنفش و ایکس مثال‌هایی از جهش‌زاهای فیزیکی‌اند. این پرتو که در نور خورشید وجود دارد، باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم در دنا می‌شود که به آن دیمیر تیمین (دوپار تیمین) می‌گویند. دوپار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم دنا بسپاراز، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می‌کند.

**نکته ۳:** از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود.

**نکته ۴:** جهش‌ها ارثی یا اکتسابی هستند. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در گامت‌ها (کامه‌ها) وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به زیگوت (تخم) منتقل می‌کنند. در این صورت همه سلول‌های حاصل از آن زیگوت، دارای آن جهش‌اند. جهش اکتسابی از محیط کسب می‌شود. مثلاً سیگار کشیدن می‌تواند باعث ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس شود.

**نکته ۵:** 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 نیترویت‌دار 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 سرطانی دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.

**نکته ۶:** سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند. در سال‌های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاد اکسنده و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. در عین حال، شیوه فرآوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد.

**نکته ۷:** ترکیبات رنگی در کریچه (مانند آنتی‌سیانین) و رنگ‌دیسه (کاروتنوئیدها) پاد اکسنده (آنتی‌اکسیدان) هستند که در پیشگیری از سرطان و نیز بهبود کار مغز و اندام‌های دیگر نقش مثبتی دارند.

**نکته ۸:** آلکالوئیدها از ترکیبات گیاهی هستند و در شیرابه بعضی از گیاهان به مقدار فراوان وجود دارند نقش آن‌ها دفاع از گیاهان در برابر گیاه‌خواران است. آلکالوئیدها در ساختار داروهای مانند مسکن‌ها، آرامبخش‌ها و داروهای ضد سرطان به کار می‌برند.

**نکته ۹:** اثر الکل: الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است. سکنه قلبی و انواع سرطان‌ها از پیامدهای مصرف بلندمدت الکل است.

## ژنوم (ژنگان)

به کل محتوای ژنتیک (نه مقدار ماده ژنتیکی) گفته می‌شود. و برابر است با مجموع محتوای ژنتیک هسته‌ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنوم هسته‌ای را کل محتوای ژنتیک در یک مجموعه کروموزوم (هاپلوئید) در نظر می‌گیرند. ژنوم هسته‌ای انسان شامل ۲۲ کروموزوم اتوزوم و کروموزوم‌های جنسی X و Y است. دناى میتوکندری ژنوم سیتوپلاسمی را در ژنوم انسان تشکیل می‌دهد. بنابراین، ژن‌ها فقط بخشی از ژنوم‌اند.

**نکته ۲:** ژنوم باکتری‌ها (ریزوبیوم، عامل سینه‌پهلو، کزاز، ...) که فقط DNA سیتوپلاسمی دارند درون اندامک‌ها قرار ندارند. ژنوم جانوران و قارچ‌ها فقط در هسته و میتوکندری واقع شده است. در آغازیان فتوسنتزکننده (جلبک‌ها، اوگلناها) و اغلب گیاهان (به جز سیس و گل‌جالیز) ژنوم در هسته و میتوکندری و کلروپلاست واقع شده است. سیس و گل‌جالیز فاقد کلروپلاست هستند.

**نکته ۳:** کاریوتیپ تصویری از کروموزوم‌ها با حداکثر فشردگی است که بر اساس اندازه، شکل و محتوای ژنی و محل قرارگیری سانترومرها، مرتب و شماره‌گذاری شده است. کاریوتیپ انسان دارای ۴۶ کروموزوم است.

**نکته ۴:** کاریوتیپ درخت زیتون دارای ۴۶ کروموزوم است ولی ژنوم آن شامل ۲۳ کروموزوم هسته‌ای و دناى داخل میتوکندری و کلروپلاست است.

**نکته ۵:** کاریوتیپ گل مغربی تتراپلوئید دارای ۲۸ کروموزوم است ولی ژنوم آن شامل ۷ کروموزوم هسته‌ای و دناى داخل میتوکندری و کلروپلاست است.

**نکته ۶:** برای تهیه ژنوم از سلول‌های هسته دار استفاده می‌کند برای تهیه ژنوم انسان از سلول‌های فاقد هسته مانند گلبول قرمز و پلاکت نمی‌توان استفاده کرد. و یا از غشای پایه که ساختار سلولی ندارد نمی‌توان ژن استخراج کرد. (غشای پایه از پروتئین رشته‌ای و گلیکوپروتئین ساخته شده است).

**نکته ۷:** یاخته‌های آوند آبکش زنده هستند ولی فاقد هسته هستند، بنابراین نمی‌توان برای تهیه ژنوم گیاهان از آن‌ها استفاده کرد.

**نکته ۸:** چوبی شدن (لیگنینی شدن) دیواره یاخته‌های گیاهی اغلب سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود. بنابراین در گیاهان تراکئید (نایدیس) یاخته‌های دوکی شکل دراز هستند و عنصر آوندی که یاخته‌های کوتاهی هستند و یاخته‌های اسکلوئید و فیبر که جزء بافت سخت آکنه (اسکلرانشیم) چون زنده نیستند بنابراین نمی‌توان برای تهیه ژنوم از آن‌ها استفاده کرد.

## تغییر در جمعیت‌ها

نکته ۱: جمعیت، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک محل و در یک زمان زندگی می‌کنند. هر چقدر تنوع و گوناگونی و اندازه یک جمعیت بیشتر باشد، چون احتمال سازگار آن جمعیت با تغییر شرایط محیط بیشتر است، بنابراین بقای آن جمعیت بیشتر است. بنابراین گوناگونی و تنوع و اندازه یک جمعیت در بقای آن جمعیت مؤثر است.

نکته ۲: جهش باعث ایجاد گوناگونی در جمعیت‌ها می‌شود و چنان‌که خواهیم دید توان بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و زمینه تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند.

نکته ۳: در هر بوم‌سازگان جمعیت‌های گوناگون باهم تعامل دارند و یک اجتماع زیستی را به وجود می‌آورند. افرادی که در یک جمعیت هستند قطعاً جزء یک گونه هستند ولی افراد یک اجتماع الزاماً از یک گونه نیستند. گل مغربی دیپلوئید ( $2n = 14$ ) و گل مغربی تتراپلوئید ( $4n = 28$ ) چون دو گونه متفاوت هستند بنابراین جزء یک جمعیت نیستند. ولی می‌توانند جزء یک اجتماع زیستی باشند.

## 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.

نکته ۴: تفاوت‌های فردی می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد، چگونه؟ 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 بیشتری برای زنده ماندن داشتند.



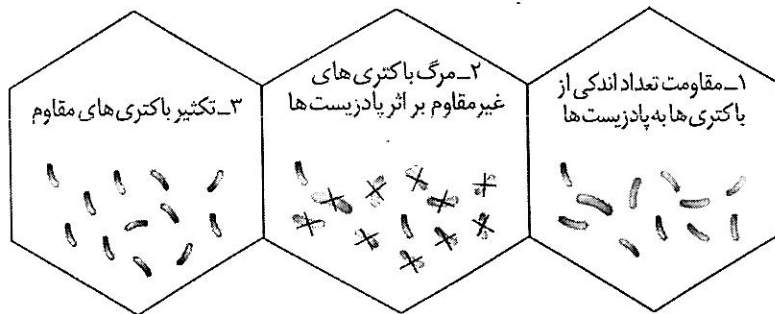
**نکته ۵:** «بهتر» بودن يك صفت هميشگی نيست بلکه شرايط محيط تعيين کننده صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می‌شد، آن گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. زیست‌شناسان از واژه «صفت بهتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند «صفت سازگارتر با محیط»

**نکته ۶:** محیط جهت تغییرات را در گذر زمان تعیین می‌کند یعنی 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.

**نکته ۷:** وقتی از تفاوت‌های فردی سخن می‌گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد. انتخاب طبیعی روی جمعیت اثر می‌کند و آنچه که تغییر می‌کند «جمعیت» است نه «فرد».

**نکته ۸:** انتخاب طبیعی می‌تواند علت مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست‌ها را نیز توضیح دهد. در این مثال باکتری‌های غیر مقاوم از بین می‌روند و باکتری‌های مقاومت تکثیر می‌شوند و به تدریج همه جمعیت را به خود اختصاص می‌دهند. در نتیجه جمعیت از غیر مقاوم‌ها به مقاوم‌ها تغییر می‌یابد.

**نکته ۹:** 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 سخت‌نگران کرده است. مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها، یکی از مثال‌هایی است که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند»



## خزانه ژنی

قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی. با شناخت ژن‌ها، این امکان فراهم شد که زیست‌شناسان، جمعیت را بر اساس ژن‌های آن توصیف کنند.

**نکته ۱:** مجموع همه دگره‌های (الل‌های) موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت (بنابراین از یک گونه هستند) را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

## تعادل در جمعیت

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها (الل‌ها) یا ژن نموده‌ها (ژنوتیپ‌ها) از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است. تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست. اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است.

**مثال ۱:** در جمعیتی متعادل، که فراوانی ژن کم‌خونی داسی‌شکل برابر  $\frac{1}{10}$  است چه نسبت از افراد سالم در این جمعیت در برابر مالاریا مقاوم هستند.

$$\text{بیمار سالم ناقل سالم خالص الل بیمار الل سالم} \\ (S + s)^2 = SS + 2Ss + ss$$

## عوامل زیر باعث خارج کردن جمعیت از تعادل می‌شوند:

### (۱) 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.

**نکته ۱:** شارش ژن از عوامل تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت‌هاست، و جمعیت را از تعادل خارج می‌کند و می‌تواند فراوانی نسبی الل‌ها را تغییر دهد. شارش می‌تواند (نه همواره) باعث افزایش گوناگونی درون جمعیت پذیرنده (مقصد) شود. بنابراین بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد.

**نکته ۲:** اگر روند مهاجرت در دو جهت ادامه یابد (شارش دو طرفه)، با گذشت زمان خزانه‌ی ژنی دو جمعیت به هم شبیه می‌شود. به این ترتیب، می‌توان گفت که شارش ژن در جهت کاهش تفاوت بین جمعیت‌ها عمل می‌کند. شارش دو طرفه چون تشابه دو جمعیت را زیاد می‌کند روند گونه‌زایی دگر میهنی را کند می‌کند.



$$RR + WW + R_w$$

$$RR + WW + R_w$$

## ۲) جهش

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

**نکته ۲:** 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 دگره‌ها.

**نکته ۳:** جهش، با افزودن دگره‌های 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.

**نکته ۴:** مهم‌ترین نقش جهش، ایجاد تنوع در جمعیت است. جهش می‌تواند اللی جدید ایجاد کند و باعث افزایش تنوع در خزانه ژنی جمعیت‌ها شود. جهش فراوانی الی‌ها را تغییر می‌دهد و ساختار ژنی جمعیت‌ها را تغییر می‌دهد. و می‌تواند جمعیت را از تعادل خارج کند.

**نکته ۵:** جهش خزانه ژنتیکی جمعیت را تغییر می‌دهد. اگر چه جهش زمینه‌ی تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند، ولی جهت آن را تعیین نمی‌کند. محیط جهت و مقدار تغییر گونه‌ها را تعیین می‌کند. یعنی «محیط» است که تعیین می‌کند کدام صفات بیشتر به نسل بعد منتقل شوند. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، انتخاب طبیعی می‌نامند.

**نکته ۶:** تغییرپذیری ماده وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد.

**نکته ۷:** مفید یا مضر بودن یک جهش را میزان سازگاری آن صفت با شرایط محیط تعیین می‌کند. مثلاً ایجاد الی  $Hb^S$  در اثر جهش بستگی به شرایط محیط ممکن است مفید یا مضر باشد. وجود این الی در مناطق مالاریا خیز مفید است چون افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌اند. انگل مالاریا نمی‌تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، شکل آن‌ها داسی شکل می‌شود و انگل می‌میرد. بنابراین فراوانی دگره  $Hb^S$  در مناطقی که مالاریا شایع است بسیار بیشتر از سایر مناطق است. ولی وجود این الی در ارتفاعات مضر است چون در ارتفاعات که مقدار اکسیژن محیط کم باشد گویچه‌های قرمز آن‌ها داسی شکل می‌شوند

**نکته ۸:** وجود دگره  $Hb^S$  در منطقه مالاریا خیز باعث بقای جمعیت می‌شود. حال آنکه در سایر مناطق دگره مطلوبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کننده صفتی است که حفظ می‌شود.

### ۳) رانش دگره‌ای:

**نکته ۱:** گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش سوزی و نظایر آن، تعداد افرادی از جمعیت که می‌میرند ممکن است بیش از آنهایی باشند که زنده می‌مانند. بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی‌مانده 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.

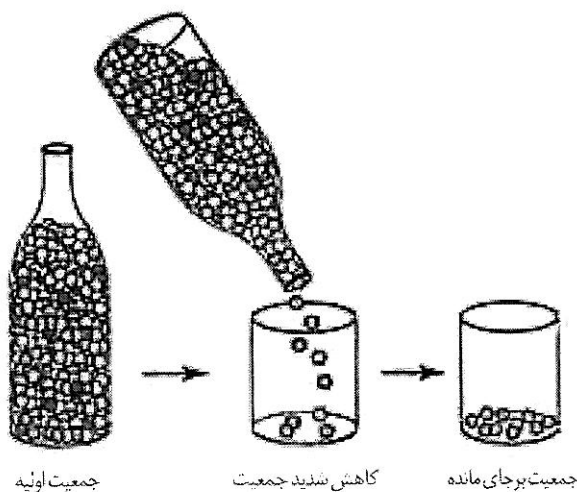
**نکته ۲:** به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. رانش دگره‌ای گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد و جمعیت را از حالت تعادل خارج می‌کند اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

**نکته ۳:** رانش در اثر رویدادهای تصادفی ایجاد می‌شود بنابراین در جمعیت‌های مختلف، تأثیرات غیر یکسانی دارد. چون رانش تصادفی است بنابراین ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند لزوماً ژن‌های سازگارتر نیستند بلکه ژن‌های خوش شانس‌ترند! فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات‌اند. حین عبور، تعدادی گوسفند به پایین سقوط می‌کنند و می‌میرند. اگر این گوسفندان زاده‌ای نداشته باشند، شانس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد را از دست داده‌اند.

**نکته ۴:** رانش می‌تواند باعث کاهش تنوع در جمعیت‌ها شود. 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.

**نکته ۵:** رانش ژن معمولاً به کاهش تنوع درون جمعیت می‌انجامد بنابراین توان بقا و سازگاری جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط کاهش می‌دهد.

**نکته ۷:** رانش فراوانی ال‌ها را تغییر می‌دهد. جمعیت را از تعادل خارج می‌کند. باعث تغییر خزانه‌ی ژنی جمعیت می‌شود. رانش درون یک جمعیت تشابه را زیاد می‌کند ولی معمولاً تشابه بین دو جمعیت را کاهش می‌دهد. و می‌تواند باعث واگرایی در جمعیت‌ها شود.



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

**(۴) آمیزش غیر تصادفی:**

برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزش‌ها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست و فراوانی تنسبی دگرها را تغییر می‌دهد. برای مثال، جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند. آمیزش‌های غیر تصادفی می‌توانند جمعیت را از حالت تعادل ژنی خارج کنند.

**نکته ۶:** اگر آمیزش‌ها به فنوتیپ و ژنوتیپ بستگی داشته باشد، و یا اگر آمیزش‌ها به ویژگی‌های ظاهری و رفتاری (انتخاب جفت) بستگی داشته باشد. آمیزش غیر تصادفی است و جمعیت را از تعادل خارج می‌کند. و فراوانی نسبی ال‌ها را تغییر می‌دهد.

**(۵) انتخاب طبیعی**

انتخاب طبیعی فراوانی دگرها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد. و جمعیت را از تعادل ژنی خارج می‌کند. 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.

**نکته ۱:** نتیجه انتخاب طبیعی، سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد.

۱- کدام نادرست است؟

- ۱) رانش ژن در جمعیت‌های مختلف، تأثیرات غیر یکسانی 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 همانند انتخاب طبیعی فراوانی دگرها را تغییر می‌دهد اما برخلاف آن باعث سازش نمی‌شود.

۲- کدام گزینه، در مورد رانش دگرهای نادرست است؟

- ۱) در اثر حوادث طبیعی رخ می‌دهد.
- ۲) باعث خارج شدن جمعیت از حالت تعادل می‌شود.
- ۳) در جمعیت‌هایی با اندازه‌ی کوچک‌تر تأثیر بیشتری دارد.
- ۴) باعث سازگاری دگره (الل)‌های باقی‌مانده‌ی جمعیت با محیط می‌شود.

۳- چند مورد می‌تواند از پیامدهای وقوع جهش در دنا (*DNA*) ی باکتری اشرشیاکلاهی باشد؟

- الف) تغییر در جایگاه فعال آنزیم تجزیه‌کننده‌ی لاکتوز
  - ب) عدم اتصال مهارکننده به بخشی از ژن
  - ج) عدم اتصال لاکتوز به نوعی پروتئین
  - د) افزایش فعالیت رنابسپاراز (*RNA* پلی‌مراز)
- ۱) (۱)      ۲) (۲)      ۳) (۳)      ۴) (۴)

۴- کدام عبارت، نادرست است؟

- ۱) اندکی از جهش‌ها، تأثیری فوری بر رخ نمود (فنوتیپ) دارند.
- ۲) انتخاب طبیعی، ضامن بقای همه‌ی زاده‌های فرد سازگار با محیط است.
- ۳) نوعی عامل تغییردهنده‌ی فراوانی دگره (الل)‌ها، خزانه ژنی جمعیت را غنی‌تر می‌سازد.
- ۴) فراوانی دگرهای (الل)ی، یک جمعیت، می‌تواند بر اثر رویدادهای تصادفی تغییر نماید.

۵- کدام عبارت، در ارتباط با ناهنجاری‌های فام‌تنی (کروموزومی) در سطح وسیع و از نوع مضاعف‌شدگی، نادرست است؟

- ۱) از طریق کاربوتیپ قابل مشاهده و شناسایی است.
  - ۲) در پی وقوع بعضی جهش‌های جابه‌جایی رخ می‌دهد.
  - ۳) باعث تغییر در تعداد فام‌تن (کروموزوم)‌های یاخته می‌شود.
  - ۴) می‌تواند منجر به تشکیل یاخته‌های جنسی غیرطبیعی گردد.
- ۵- همه عواملی که جمعیت را از تعادل خارج می‌کند .....

- ۱) منجر به سازگاری می‌شوند
- ۲) باعث افزایش فراوانی فنوتیپ غالب می‌شوند.
- ۳) منجر به افزایش تنوع می‌شوند.
- ۴) از نیروهای تغییردهنده‌ی ساختارژنی جمعیت‌ها هستند.

۶- هر عاملی که بر ..... جمعیت موثر است، قطعاً .....

- ۱) فراوانی الل‌های ناسازگار - می‌تواند باعث پیدایش الل‌های جدید شود.
- ۲) تنوع افراد - در تغییر خزانه‌ی ژنی جمعیت، نقش اساسی دارد.
- ۳) تغییر ساختار ژنی - جهت تغییر گونه‌ها را تعیین می‌کند.
- ۴) تغییر فراوانی دگرهای - به سازش می‌انجامد

۷- کدام عبارت، درباره‌ی یک جمعیت طبیعی نادرست است؟

- ۱) بیش از یک عامل می‌تواند سبب افزایش تنوع الل‌های آن شود.
- ۲) انتخاب طبیعی می‌تواند در جهت افزایش نوعی از الل بیماری عمل نماید.
- ۳) کاهش توان زیستی افراد می‌تواند ناشی از افزایش تنوع الل‌های آن باشد.
- ۴) هر عامل تغییردهنده‌ی فراوانی الل‌ها، بر کاهش الل‌های نامطلوب آن مؤثر است.

۸- درون یک ژن هر جهش ..... است؟

- ۱) کوچک، نوعی جهش جاننشینی
- ۲) جاننشینی، بر مولکول حاصل از رونویسی تأثیرگذار
- ۳) جاننشینی، بر بیان ژن تأثیرگذار
- ۴) حذف یا اضافه، نوعی تغییر در چارچوب خواندن

۹- در ژن پروتئین‌ساز باکتری، جهش جاننشینی رخ داده است. در این باکتری قطعاً تغییری در کدام مورد صورت نمی‌گیرد؟

- ۱) اندازه‌ی محصول ژن
- ۲) تنظیم بیان ژن
- ۳) اندازه‌ی دنا‌ی الگو
- ۴) فعالیت محصول ژن

۱۰- بروز هر جهش کوچک درون یک ژن، همواره تغییری در ..... ایجاد می‌کند.

- ۱) ترتیب آمینواسیدها
  - ۲) تغییر در ترتیب نوکلئوتیدهای mRNA
  - ۳) طول مولکول حاصل از ترجمه
  - ۴) مولکول‌های حاصل از رونویسی
- ۱۱- هر جهش .....

- ۱) در یاخته‌های اسپرماتوگونی، در افراد نسل بعد قابل مشاهده است.
  - ۲) کوچک جاننشینی درون یک ژن، در توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها مؤثر است.
  - ۳) کوچک در ساختار یک ژن، به طور قطع سبب تغییر توالی رنای پیک می‌شود.
  - ۴) کوچک درون یک ژن، همراه با تغییر در مولکول حاصل از فعالیت نوعی آنزیم بسپاراز است.
- ۱۲- امکان وقوع جهش .....، در ..... گیاه آلبالو وجود ندارد.

- ۱) حذف - یاخته‌های زایشی
- ۲) واژگونی - یاخته‌های خورش
- ۳) مضاعف شدن - گرده‌های رسیده
- ۴) جابه‌جایی - کیسه رویانی

۱۳- چند مورد درباره همه عوامل برهم زننده تعادل جمعیت، درست است؟

- الف) به طور معمول باعث افزایش تنوع درون جمعیت می‌شوند.
- ب) فراوانی نسبی الل‌ها را تغییر می‌دهند.
- پ) نیروهای تغییردهنده گونه‌ها هستند.
- ت) جهت تغییر گونه را تعیین می‌کنند.

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

## تداوم گوناگونی در جمعیت‌ها

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

نکته ۲: عواملی که باعث تداوم گوناگونی در جمعیت می‌شود، بقای جمعیت‌ها را افزایش می‌دهد:

- ۱- جهش ۲- شارش ژنی ۳- تقسیم میوز و تولید مثل جنسی ۴- برتری افراد ناخالص ۵- نوترکیبی حاصل از کراسینگ اور

### الف) تقسیم میوز و گوناگونی دگرهای در کامه‌ها

در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق کامه‌هایی که می‌سازد، نیمی از فام تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر کامه کدام یک از فام تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهار تاینه‌ها (تتراده‌ها) در کاستمان ۱ بستگی دارد.

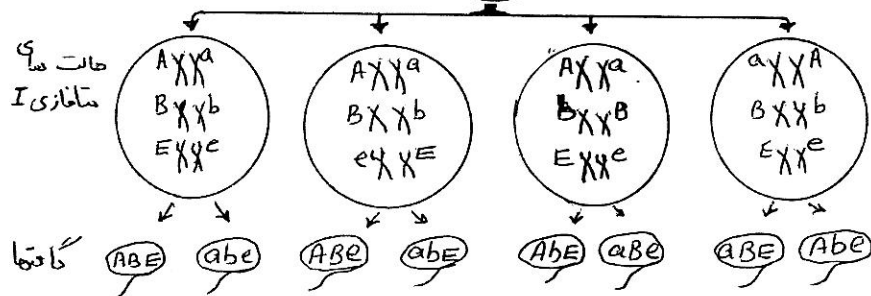
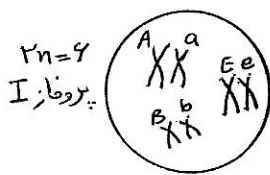
نکته ۱: در متافاز کاستمان ۱، فام تن‌ها با آرایش‌های تترادی مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد کامه‌های مختلف می‌انجامد.

نکته ۲: زنبور نرها پلوئید است و با تقسیم میتوز اسپرم تولید می‌کند بنابراین تعداد کروموزوم‌های هر گامت با سلول مولدش برابر است. زنبور نر در تولیدمثل جنسی شرکت می‌کند و تمام فام تن‌های خود را وارد گامت‌ها می‌کند. زنبور نر تقسیم میوز ندارد توانایی تشکیل تتراد و کراسینگ اور ندارد. بنابراین نمی‌توان گفت که هر جانداري که در تولید مثل جنسی شرکت می‌کند الزاماً آرایش متافازی I دارد.

مثال ۱: جانداري  $2n=6$  با ژنوتیپ  $AaBbEe$ :

۱- این جاندار توانایی تولید چند نوع گامت را دارد؟

۲- کروموزوم‌ها چند نوع آرایش تترادی در متافاز I دارند؟



## (ب) اهمیت هتروزیگوت‌ها (ناخالص‌ها)

**نکته ۱:** 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 ژن نمود  $Hb^S Hb^S$  دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند. ژن نمود ناخالص‌ها  $Hb^A Hb^S$  است و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

**نکته ۲:** ژن شناسان 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 تک یاخته‌ای 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 شکل هستند و انگل می‌میرد. پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌اند.

**نکته ۳:** جهت و مقدار تغییر گونه‌ها را محیط تعیین می‌کند یعنی این محیط است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند. مناسب یا نامناسب بودن یک جهش به محیط بستگی دارد. مثلاً وجود دگره  $Hb^S$  در مناطق مالاریا خیز مفید است. چون 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.

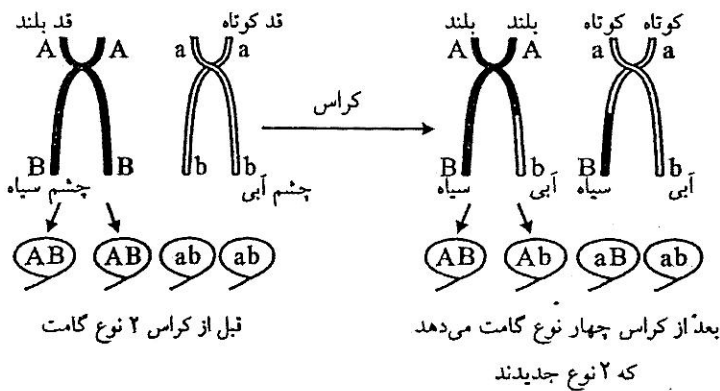
**نکته ۴:** در جانداران دیپلوئید هتروزیگوت‌ها در واقع نگهدارنده‌ای برای ال‌های مغلوب هستند. اگر هتروزیگوت‌ها نبودند، ال‌های مغلوب از خزانه ژنی حذف می‌شوند. مثلاً ال تالاسمی در افراد هتروزیگوت می‌تواند باقی بماند حال اگر هتروزیگوتی وجود نداشت ممکن بود به علت بیماری‌زایی شدید در هوموزیگوت‌ها پس از مدتی حذف شود.

**نکته ۵:** در جانداران دیپلوئید هر صفت اتوزوم چون توسط دو ال کنترل می‌شود معمولاً یک ال مغلوب به تنهایی نمی‌تواند باعث بروز صفت مغلوب شود. ولی در برخی موارد یک ال مغلوب می‌تواند باعث بروز صفت مغلوب شود مثلاً در افراد  $Hb^A Hb^S$  در هنگام کمبود اکسیژن یک ال بیماری به تنهایی باعث بروز بیماری می‌شود.



## ج) نوترکیبی حاصل از کراسینگ اور

نکته ۱: در پروفاژ کاستمان (میوز ۱) هنگام جفت شدن فام تن‌های هم‌تا (کروموزوم‌های هم‌تا) و ایجاد چهارتاییه (تتراد)، ممکن است قطعه‌ای از فام‌تن بین کروماتیدهای (فامینک‌های) غیرخواه‌ری از دو کروموزوم هم‌تا مبادله شود. این پدیده را چلیپایی شدن (کراسینگ اور) می‌گویند.



نکته ۲: اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌ها در این دو فامینک به وجود می‌آید و به آن‌ها فامینک‌های نوترکیب می‌گویند. از میان کامه‌ها، آن‌هایی که فامینک‌های نوترکیب را دریافت می‌کنند، کامه نوترکیب نامیده می‌شوند. کراسینگ اور چون گوناگونی را در جمعیت افزایش می‌دهد می‌تواند بقا و سازگاری جمعیت را افزایش دهد.

نکته ۳: کراسینگ اور ال‌ال جدید ایجاد نمی‌کند بلکه ترکیبات جدیدی از ال‌ها به وجود می‌آورد. توجه کنید که کراسینگ اور جهش محسوب نمی‌شود. بنابراین نمی‌توان گفت که هر تبادل قطعه‌ای بین دو کروموزوم الزاماً جهش است.

نکته ۴: در صورتی که ال‌ها یک صفت یکسان باشند، کراسینگ اور و تفکیک کروموزوم‌های والدین و لقاح تصادفی گامت‌ها نمی‌تواند منجر به تولید گامت و فنوتیپ و ژنوتیپ جدید در بین زاده‌ها شود. بنابراین می‌توان گفت که کراسینگ اور و تفکیک کروموزومی در والدین می‌تواند منجر به عدم تولید گامت نوترکیب شود.

نکته ۵: نمی‌توان گفت که هر نوع لقاح تصادفی بین گامت‌ها، و یا هر نوع تفکیک کروموزومی در والدین در هنگام میوز و یا هر نوع تبادل قطعه‌ای بین دو کروموزوم هم‌تا (کراسینگ اور) الزاماً منجر به تولید گامت نوترکیب می‌شود. چون اگر ال‌ها یک صفت یکسان باشند گامت نوترکیب و فنوتیپ جدید در زاده‌ها تولید نمی‌شود. بنابراین می‌توان گفت که کراسینگ اور و تفکیک کروموزومی در والدین می‌تواند منجر به عدم تولید گامت نوترکیب شود.

نکته ۶: در انسان هر اسپرم استوسیت اولیه به دنبال هر بار میوز ۴ عدد اسپرم از ۲ نوع ایجاد می‌کند. و اگر کراسینگ اور رخ دهد، ۴ عدد گامت از ۲ نوع ایجاد می‌کند. ولی در زنان یک سلول اووسیت اولیه به دنبال هر بار میوز چه کراس بکند چه نکند حداکثر یک نوع گامت بالغ می‌دهد. چون سه نای آن گویچه‌ی قطبی هستند و از بین می‌روند.

نکته ۷: کروموزوم X و Y همتا نیستند بنابراین در مردها تبادل قطعه بین یک کروموزوم جنسی با هر کروموزوم دیگر قطعا جهش جابه جایی محسوب می شود. در مردان بین کروموزوم های جنسی کراسینگ اور و جهش مضاعف شدن رخ نمی دهد. ولی بین کروموزوم های اتوزوم آنها که همتا دارند کراس و جهش مضاعف شدن رخ می دهد.

نکته ۸: سلول های هاپلوئید چون کروموزوم همتا ندارند بنابراین جهش مضاعف شدن و کراسینگ اور ندارند. مثلاً اسپرماتوسیت و اووسیت ثانویه و اسپرماتید و اسپرم، و گویچه های قطبی هاپلوئید هستند، چون کروموزوم همتا ندارند، نمی توانند جهش مضاعف شدن و کراسینگ اور داشته باشند.

نکته ۹: جانداران هاپلوئید مانند زنبور نر، چون کروموزوم همتا ندارند بنابراین هیچوقت میوز، تتراد، کراسینگ اور، جهش مضاعف شدگی ندارد. در زنبور نر (n) برخلاف زنبور ماده (2n)، هر تبادل قطعه ای بین یک کروموزوم با هر کروموزومی دیگر قطعا جهش محسوب می شود.

نکته ۱۰: هر سلولی که میوز و یا کراسینگ اور انجام می دهد قطعا مجموعه کروموزوم های آن سلول زوج است. البته می تواند عدد کروموزومی آن زوج (بلخ ماده 2n = ۲۴) و یا می تواند عدد کروموزومی آن فرد (ملخ نر 2n = ۲۳) باشد.

نکته ۱۱: نمی توان گفت که هر سلولی که مجموعه کروموزوم های زوج است الزاماً می تواند کراسینگ اور داشته باشد. مثلاً در انسان سلول های سوماتیک مانند نوروها (2n = ۴۶) چون میوز ندارند، بنابراین کراسینگ اور ندارند.

نکته ۱۲: در کراسینگ اور طول (DNA) تغییر نمی کند. در هر بار کراس حداقل ۴ عدد پیوند فسفودی استر شکسته و ۴ عدد تشکیل می شود. (حداکثر ۸ عدد شکسته و ۸ عدد تشکیل می شود.)

نکته ۱۳: نمی توان گفت که هر نوع تبادل قطعه ای بین دو کروموزوم، الزاماً جهش محسوب می شود چون کراسینگ اور جهش محسوب نمی شود.

نکته ۱۴: هر نوع تغییر در عدد کروموزومی یک سلول و هر نوع تبادل قطعه بین دو کروموزوم ناهمتا و هر نوع تبادل قطعه در یک سلول هاپلوئید، قطعا جهش محسوب می شود.

نکته ۱۵: تمام باکتری ها (اشریشیا کلاهی - ریزوبیوم - ذات الریه، ...) و گیاهان تریپلوئید فقط تولید مثل غیر جنسی دارند این جانداران چون تقسیم میوز ندارد، بنابراین در چرخه ی زندگی خود تتراد (ساختار کروماتیدی) تشکیل نمی دهد، کراسینگ اور هم ندارد بنابراین تبادل قطعه بین یک کروموزوم با هر کروموزوم دیگری قطعاً جهش است. توانایی تولید گامت و زیگوت توانایی لقاح و نوترکیبی حاصل از آنها را هم ندارد.

نکته ۱۶: نمی توان گفت که هر جاندار که تولید مثل جنسی دارد الزاماً توانایی کراسینگ اور را دارد چون زنبور نر تولید مثل جنسی دارد ولی با تقسیم میتوز اسپرم تولید می کند. بنابراین نمی توان گفت که در طی هر تقسیمی که گامت تولید می شود الزاماً کراس هم رخ می دهد.



- ۷- چند مورد، عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌نمایید؟ در جانوران، هر نوع ..... (سراسری ۹۴)
- الف- تبادل قطعه بین دو کروموزوم، جهش نام دارد.  
 ب- لقاح تصادفی، به بروز فنوتیپ جدید زاده‌ها می‌انجامد.  
 ج- تغییری در عدد کروموزومی سلول‌ها، جهش محسوب می‌شود.  
 د- تفکیک کروموزومی در والدین، باعث نوترکیبی گامت‌ها می‌شود.
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

- ۸- چند عبارت جمله‌ی مقابل را به طور صحیح تکمیل می‌کنند؟ در انسان، اسپرماتوسیت اولیه ..... اسپرماتوسیت ثانویه .....  
 الف) بر خلاف- توانایی تشکیل ساختار چهار کروماتیدی و کراسینگ اور (چلیپایی شدن) را دارد. -  
 ب) همانند- از سلول‌هایی با دو مجموعه کروموزوم به وجود می‌آیند.  
 ج) بر خلاف- در آنافاز کروموزوم‌های هم ساخت را از هم جدا می‌کند.  
 د) همانند- تعداد زنجیره‌های پلی نوکلئوتیدی DNA خطی، چهار برابر تعداد سانترومرها است.
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

- ۹- در ..... در مرحله‌ای از تقسیم‌هنگامی که ..... می‌تواند کراسینگ اور رخ دهد.

- ۱) سلول زایشی دانه‌گرده ذرت- کروموزوم‌ها هم‌تا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند.  
 ۲) زنبور نر- تترادها از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.  
 ۳) اووسیت اولیه انسان- کروموزوم‌های هم‌تا از هم جدا می‌شوند.  
 ۴) اسپرماتوسیت اولیه انسان- پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.  
 ۵- کدام عبارت صحیح است؟ همه .....

- ۱) تولید مثل‌هایی که در آن‌ها تنها یک فرد دخالت دارد، غیرجنسی نامیده می‌شود.  
 ۲) جانوران، حاصل از تولید مثل جنسی از دو والد ماده‌ی ژنتیکی را دریافت می‌کنند.  
 ۳) تولید مثل‌های جنسی در جانوران، زاده‌هایی تولید می‌کنند که توانایی کراسینگ اور را دارند.  
 ۴) کامه‌های گیاهی، به‌دنبال تقسیم رشتمان تولید می‌شوند.

- ۱۱- کدام عبارت درباره‌ی جانوران یک جمعیت درست است؟

- ۱) هر صفت جهش یافته‌ای از والدین به همه‌ی زاده‌ها منتقل می‌شود.  
 ۲) هر سلول با داشتن دو مجموعه کروموزوم، توانایی کراسینگ اور را دارد.  
 ۳) هر جانوری که توانایی تولید مثل جنسی دارد، توانایی تبادل قطعه بین کروموزوم‌های هم‌تا را دارد.  
 ۴) فرآیند کراسینگ اور می‌تواند منجر به عدم تولید گامت، نوترکیب شود.

- ۱۲- کدام نادرست است؟ در ..... هر تبادل قطعه بین یک ..... با سایر کروموزوم‌ها بطور قطع جهش جابه‌جایی محسوب می‌شود.

- ۱) هر اسپرماتوسیت انسان - کروموزوم جنسی (۲) زنبور نر - کروموزوم  
 ۳) در باخته‌های میلوئیدی انسان - کروموزوم (۴) هر باخته دانه‌گرده رسیده ذرت - کروموزوم

- ۱۳- هنگام بررسی ۵ جفت صفت هتروزیگوت که ۳ جفت آن پیوسته هستند و روی یک کروموزوم قرار دارند، پس از کراس چند نوع گامت نوترکیب، ایجاد می‌شود.

## گفتار ۳ فصل چهارم

### شواهد تغییر در گونه‌ها:

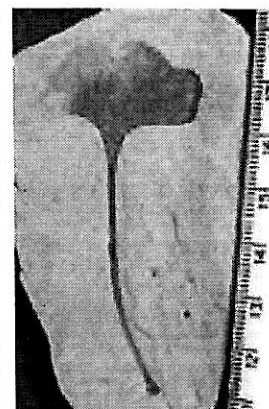
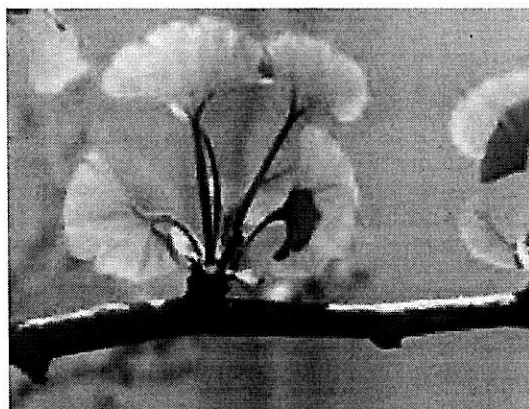
گونه‌های بسیاری روی کره زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه‌ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا اینکه در طول زمان پدید آمده‌اند؟ شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهد گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند.

#### ۱- فسیل‌ها (سنگواره‌ها)

**نکته ۱:** سنگواره عبارت است از بقایای یک جاندار یا آثاری از جاندارانی که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. فسیل‌ها از شواهد تغییر گونه‌ها هستند. 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.

**نکته ۲:** فسیل‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. دیرینه‌شناسان که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازد. 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).

**نکته ۳:** 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.



شکل ۱۰- برگ درخت گیسو و سنگواره آن

## ۲- آناتومی (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.

### الف) اندام‌ها یا ساختارهای همتا:

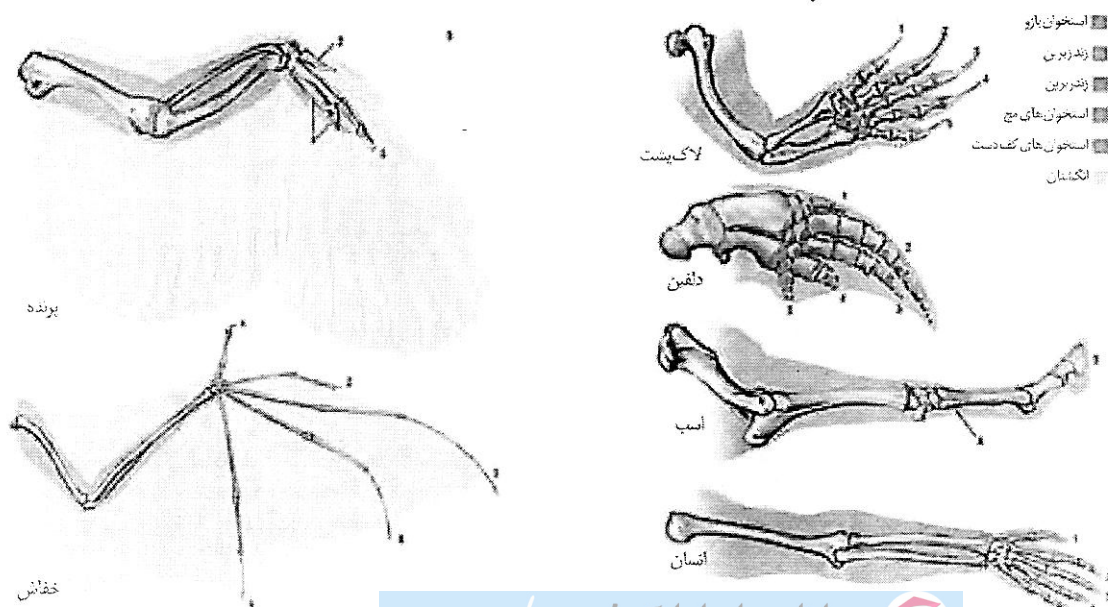
مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندامهایی را که طرح ساختاری آنها یکسان است، حتی اگر کار متفاوتی انجام دهند، «اندام‌ها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه با اینکه کار متفاوتی دارند ولی باهم همتا هستند. اندام‌ها یا ساختارهای همتا از شواهد تغییر گونه‌ها هستند و نشان می‌دهند که گونه‌ها، نیای مشترک داشته‌اند. یعنی در گذشته از گونه مشترکی به وجود آمده‌اند.

**نکته ۱:** اندام‌های همتا طرح ساختاری یکسانی دارند. البته دقت کنید کار آنها می‌تواند یکسان یا متفاوت باشد. مثلاً بال کبوتر و بال خفاش همتا هستند و کار یکسانی دارند. بال کبوتر با دست انسان همتا هستند ولی کار یکسانی ندارند.

**نکته ۲:** 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 خویشاوند می‌گویند.

**نکته ۳:** زیست‌شناسان از ساختارهای همتا (همولوگ) برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند.

**نکته ۴:** ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، ساختارهای آنالوگ می‌نامند. بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ‌اند ولی همولوگ (همتا) نیستند. چون هر دو برای پرواز کردن‌اند (کار یکسان) اگرچه ساختارهای متفاوتی دارند. ساختارهای آنالوگ نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند.



**ب) ساختارهای وستیجیال (به معنی ردپا)**

تشریح مقایسه‌ای علاوه بر آشکار کردن 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.

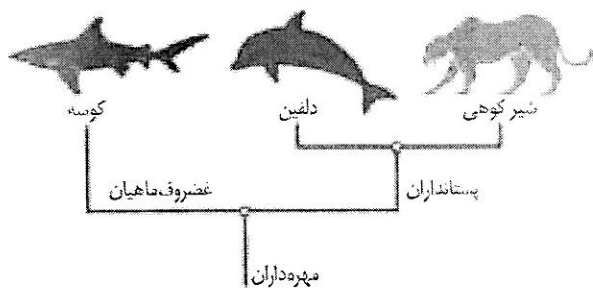
**نکته ۱:** مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابط‌های میان آن و دیگر مهره‌داران است.

**نکته ۲:** ساختارهای وستیجیال ردپای «تغییر گونه‌ها» هستند. ساختارهای وستیجیال از شواهد تغییر گونه‌ها هستند و نشان می‌دهند که گونه‌ها، نیای مشترک داشته‌اند. یعنی در گذشته از گونه مشترکی به وجود آمده‌اند. شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند.

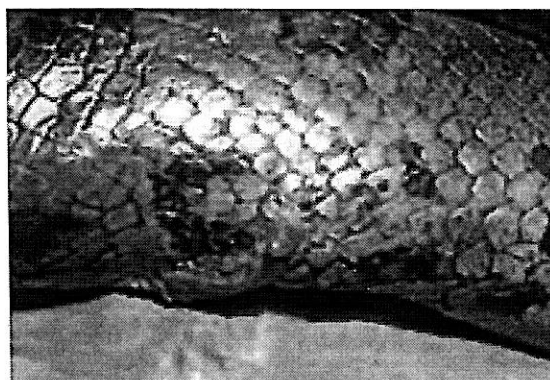
**نکته ۳:** دلفین و شیر کوهی، پستاندار هستند، تنفس ششی و گردش خون مضاعف دارند، قلب چهار حفره‌ای دارند. خونی که سطوح تنفسی را ترک می‌کند، ابتدا وارد قلب می‌شود. خون ضمن یک بار گردش در بدن، دو بار از قلب عبور می‌کند. لقاخ داخلی دارند. بیشترین عناصر خونی آن‌ها در مغز قرمز استخوان ساخته می‌شود.

**نکته ۴:** کوسه برخلاف دلفین نوعی ماهی است بنابراین در دو سوی بدن خود ساختاری به نام خط جانبی دارد. تنفس آبششی دارد، گردش خون ساده و قلب دو حفره‌ای دارد، خون ضمن یک بار گردش در بدن، یک بار از قلب دو حفره‌ای آن عبور می‌کند. از حفرات قلب آن خون تیره عبور می‌کند، خون تیره‌ای که قلب را ترک می‌کند از طریق سرخرگ شکمی به مویرگ‌های آبشش می‌رود و خونی که سطوح تنفسی را ترک می‌کند از طریق سرخرگ پشتی به اندام‌ها می‌رود.

**نکته ۵:** بیشتر ماهی‌ها لقاخ خارجی دارند ولی بعضی ماهی‌ها مثل کوسه ماهی لقاخ داخلی دارند. کوسه ماهی نوعی ماهی غضروفی است و فاقد استخوان است، بنابراین نمی‌توان گفت که همه مهره‌داران اسکلت استخوان دارند و یا نمی‌توان گفت که در همه مهره‌داران، بیشترین عناصر خونی در مغز قرمز استخوان ساخته می‌شوند.



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



شکل ۱۲- بقایای پا در مار پیتون

## ۳- مطالعات مولکولی

**نکته ۱:** مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان (ژنوم) هم انجام داد. در ژنگان شناسی مقایسه‌ای، ژنگان گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید. مثلاً اینکه کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند.

**نکته ۲:** زیست‌شناسان از مقایسه بین دنا‌ی جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هرچه بین دنا‌ی دو جاندار شباهت بیشتری وجود داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توانند به تاریخچه تغییر آن‌ها پی ببرند.

**نکته ۳:** توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند توالی‌های حفظ شده می‌نامند.

**نکته ۴:** با بررسی توالی مونومرهای ژن‌ها و پروتئین‌ها می‌توان برای تشخیص خویشاوندی جانداران استفاده کرد. مثلاً از توالی آمینواسیدهای هموگلوبین می‌توان برای تشخیص خویشاوندی همه مهره‌داران استفاده کرد ولی نمی‌توان برای تشخیص خویشاوندی همه‌ی جانوران استفاده کرد، چون حشرات هموگلوبین ندارند.

۱- کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) اندام وستیجیال، نشان دهنده‌ی تغییرات جاندار در گذشته است.  
 (۲) ساختارهای همتا در نیای مشترک وجود داشته است.  
 (۳) از پلیمرهای زیستی می‌توان برای تشخیص خویشاوندی گونه‌ها استفاده کرد.  
 (۴) تمام اندام‌های وستیجیال، فاقد نقش و کار شناخته شده‌ای هستند.

۲- در جانوران ساختارهایی که ..... بطور قطع .....

- (۱) همتا هستند - کار یکسانی دارند.  
 (۲) کاری یکسان دارند - همتا هستند.  
 (۳) آنالوگ هستند - کار یکسان دارند.  
 (۴) کار یکسان دارند - آنالوگ هستند.

۳- کدام عبارت نادرست است؟ «در جانوران ساختارهایی که ..... هستند، بطور قطع .....

- (۱) آنالوگ - طرح متفاوت دارند  
 (۲) همتا - طرح ساختاری یکسان دارند.  
 (۳) وستیجیال - فاقد کار خاصی هستند.  
 (۴) آنالوگ - کار یکسان دارند.



## گونه‌زایی

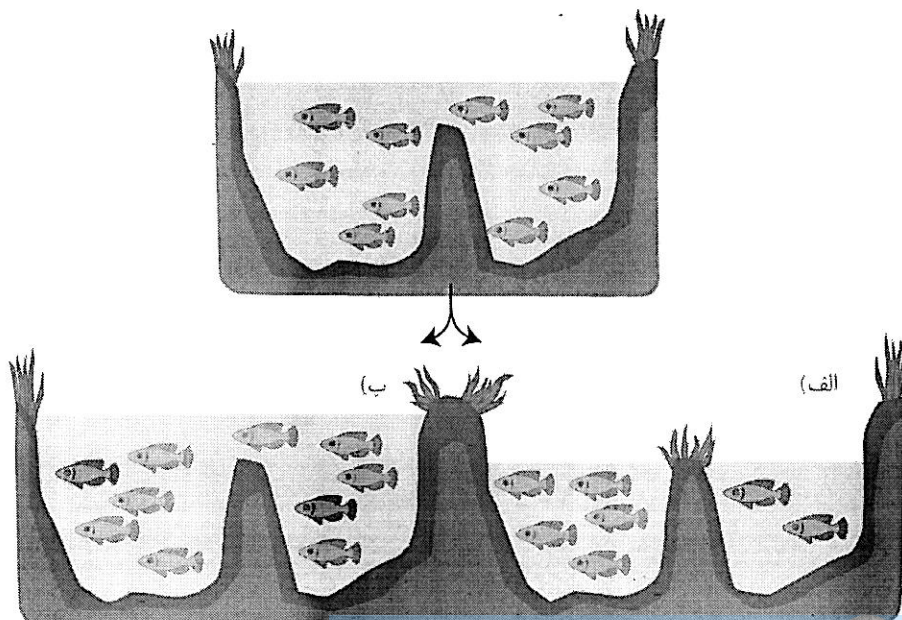
**نکته ۱:** تعاریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدوده مشخصی کارآمدند. یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که ارنست مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل جنسی دارند «گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند».

**نکته ۲:** زیستا 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 زیستا و زایا منجر شود.

**نکته ۳:** جاندارانی که تولیدمثل جنسی ندارند (مانند باکتری‌ها) از تعریف ارنست مایر پیروی نمی‌کنند. بنابراین اگر دو جاندار نتوانند با هم آمیزش کنند، نمی‌توان گفت که الزاماً از دو گونه‌ی متفاوتند.

**نکته ۴:** اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن گاه 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.

**نکته ۵:** به طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌های 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 ۱۴ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۱۴- الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی

## الف) گونه‌زایی دگرمیهنی

**نکته ۱:** گاهی بر اثر وقوع رخداد‌های زمین‌شناختی و وقوع 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.

این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند قطع می‌کنند و بین آن‌ها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد. بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند. 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 تولیدمثل 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.

**نکته ۲:** موارد زیر ساختار ژنی جمعیتها را تغییر می‌دهند و از عوامل تغییر دهنده فراوانی اللی هستند. و باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل ژنی خارج شود:

۱- جهش ۲- شارش ژن ۳- رانش اللی ۴- انتخاب طبیعی

**نکته ۳:** شارش دو طرفه می‌تواند تشابه دو جمعیت را زیاد کند و روند گونه‌زایی دگرمیهنی را کند می‌کند. و مانع واگرایی در جمعیتها می‌شود برای همین اگر بخواهیم گونه‌زایی دگرمیهنی رخ دهد باید یکی از عوامل تغییر دهنده فراوانی اللی (یعنی شارش) را باید قطع یا کند کرد.

**نکته ۴:** جهش و نوترکیبی و انتخاب طبیعی و رانش دگره‌ای ساختار ژنی جمعیتها را تغییر می‌دهد و می‌توانند بر میزان تفاوت دو جمعیت بیفزایند یعنی تشابه بین دو جمعیت را کاهش دهند و باعث واگرایی در خزانه‌ی ژنی جمعیت‌های جدا شده می‌شوند و روند گونه‌زایی دگرمیهنی را تسریع می‌کنند.

**نکته ۵:** گونه‌زایی دگرمیهنی یک فرایند تدریجی است.

۱- در روند گونه‌زایی دگرمیهنی ابتدا .....

- (۱) تنها، عوامل تغییر دهنده ی الی ها فعال گردیده اند.  
 (۲) همه ی عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی الی ها دست به کار شدند.  
 (۳) بعضی از اعضای جمعیت محتمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولید مثل شدند. (۴) یکی از نیروهای مؤثر بر تغییر فراوانی الی ها، متوقف یا کند گردید.

۲- گیاه گل مغربی تتراپلوئید .....

- (۱) قادر به کراسینگ اور نمی‌باشد.  
 (۲) در کامه های خود، فاقد قام تن همتا است.  
 (۳) در هنگام میوز، ۱۴ تتراد تشکیل می‌دهد.  
 (۴) در اثر خطای میتوزی والدین خود ایجاد شده است.

۳- اسپرم‌های گل مغربی ۴n ، .....

- (۱) فاقد کروموزوم همتا هستند.  
 (۲) درون کیسه گرده از تقسیم میوز به وجود می‌آیند.  
 (۳) در هر مجموعه ۱۴ کروموزوم دارند.  
 (۴) حاصل تلوفاز میتوز هستند.

۴- چند ورد از موارد زیر، در هر دو نوع گونه‌زایی هم‌میهنی و دگرمیهنی مشاهده می‌شود؟

- الف) ایجاد جدایی تولید مثل بین افراد یک جمعیت  
 ب) تفکیک خزانه ژنی بین افراد یک جمعیت  
 ج) توقف شارش ژنی بین دو گروه  
 د) تاثیر جهش در ایجاد تولید مثل

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۵- در همه انواع گونه‌زایی .....

- (۱) هر عامل تغییر دهنده ی ساختار ژنی جمعیت مؤثر واقع می‌شود.  
 (۲) عوامل یکسانی میزان واگرایی گونه‌های حاصل را افزایش می‌دهند.  
 (۳) جمعیت‌های موجود در دو زیستگاه مختلف نقش دارند.  
 (۴) جدایی تولید مثل بین گونه‌های حاصل و نیایی، به وجود می‌آید.

### (ب) گونه‌زایی هم میهنی

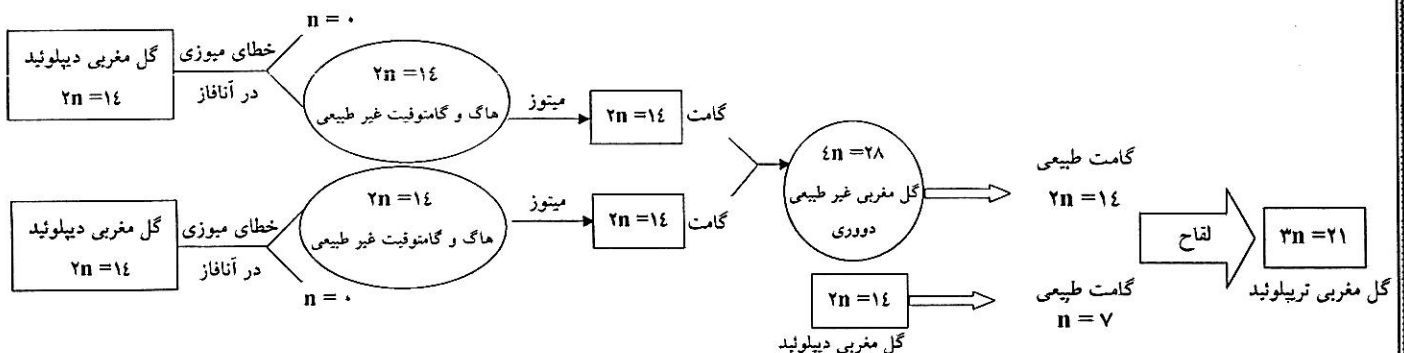
**نکته ۱:** گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را **گونه‌زایی هم میهنی** می‌نامند. در گونه‌زایی هم میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگر میهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد. گونه‌زایی هم میهنی یک فرایند ناگهانی است و علت اصلی آن **جهش (مانند خطای میوزی) است.**

**نکته ۲:** پیدایش گیاهان چندلادی (پلی پلوئیدی)، 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 گونه نیایی خود، زاده‌های زیستا و زایا پدید آورند و بنابراین گونه‌ای جدید به شمار می‌روند.

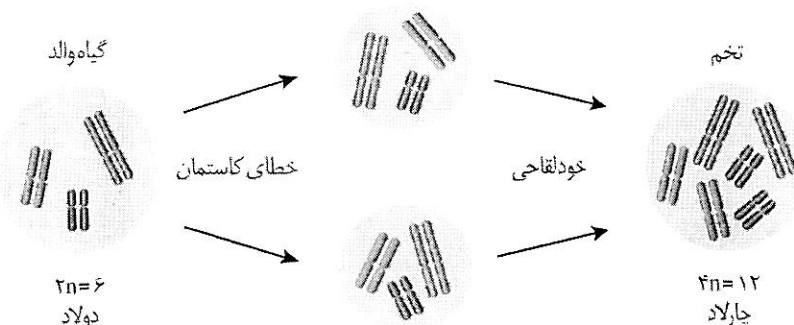
**نکته ۳:** گیاهان چندلادی (پلی پلوئیدی) بر اثر خطای کاستمانی (باهم ماندن کروموزوم‌ها در آنافاز I یا II) ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدانشدن فام تن‌ها در کاستمان به تشکیل کامه‌هایی با عدد فام‌تنی غیر طبیعی منجر می‌شود و اگر این کامه‌ها با کامه طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۵)

**نکته ۴:** در اوایل دهه ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دوری 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.

**نکته ۵:** گامت‌هایی که گیاه چارلاد ایجاد می‌کند، دولا ( $2n$ ) اند نه تک لاد ( $n$ ). اگر کامه‌های گل مغربی تتراپلوئید که  $2n$  هستند با کامه‌های گیاهان طبیعی، که تک لادند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه لاد (تریپلوئید) ( $3n$ ) خواهند شد. **گیاه سه لاد حاصل از نموی تخم، نازاست.**



**نکته ۶:** شکل ۱۶ این ساز و کار را برای گیاهی با ۶ فام‌تن نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ - چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولا

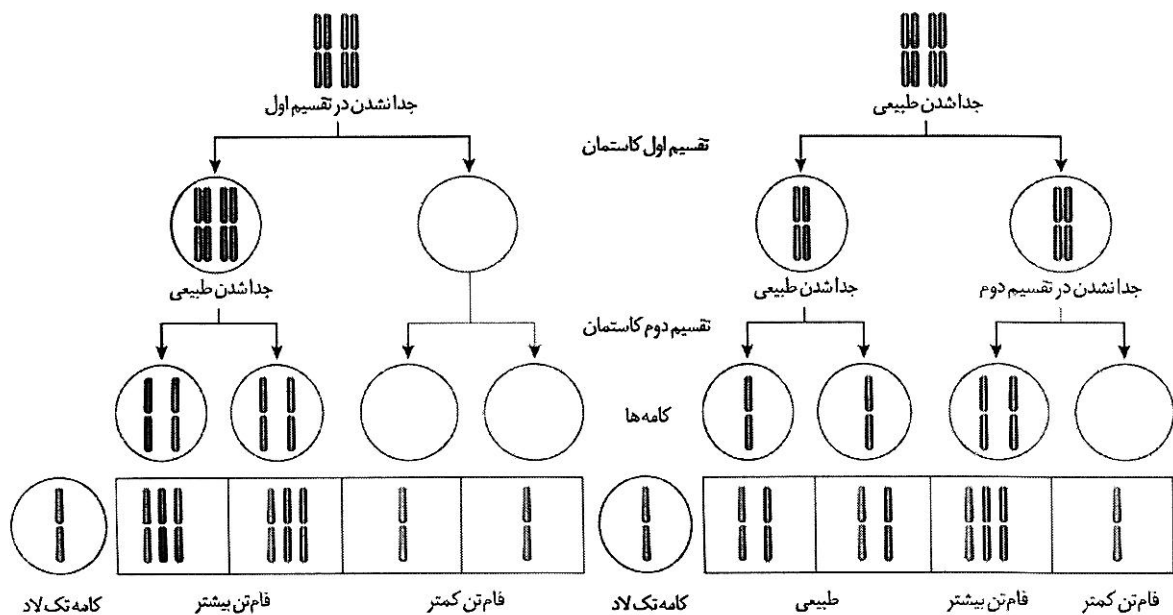
کامه بدون کاهش در تعداد فام‌تن

**نکته ۷:** گل مغربی  $2n = 21$  زیستا است ولی نازاست یعنی توانایی میوز و تشکیل تتراد و کراسینگ‌اور را ندارد. گامت و دانه تولید نمی‌کند آندوسپرم تولید نمی‌کند. گل مغربی تریپلوئید دارای ۳ مجموعه کروموزوم است و کروموزوم‌ها ۳ تا ۳ تا همتا هستند و در هر مجموعه ۷ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد. گل مغربی  $2n$  چون زیستا است، می‌تواند اطلاعات ژنتیکی والدین خود را همانند سازی (تکثیر) کنند ولی نمی‌تواند آن‌ها را به نسل بعد منتقل کند بنابراین روند تبادل ژنی بین گونه‌های نزدیک را نمی‌توانند به روند پایدار تبدیل کنند.

**نکته ۸:** گل مغربی تتراپلوئید  $4n = 28$  زیستا و زایاست یعنی توانایی انجام میوز را دارند. در پروفاز I، ۱۴ عدد تتراد تشکیل می‌دهد. دارای ۴ مجموعه کروموزوم است که کروموزوم‌ها ۴ تا ۴ تا همتا هستند. در هر مجموعه ۷ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد. توجه کنید که گامت و سلول زایشی و سلول رویشی آن  $2n = 14$  است. یعنی در هر گامت کروموزوم‌ها دوتا دوتا شبیه هم هستند و دوتا دوتا همتا هستند و هر گامت ۲ مجموعه کروموزوم دارد و در هر مجموعه ۷ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد و آندوسپرم دانه‌های آن  $6n = 42$  است یعنی در سلول‌های آندوسپرم کروموزوم‌ها ۶ تا ۶ تا هستند و ۶ مجموعه کروموزوم دارد و در هر مجموعه ۷ عدد کروموزوم ناهمتا وجود دارد.

**نکته ۹:** گل مغربی طبیعی ( $2n$ ) و گل مغربی ( $4n$ ) جزء یک گونه نیستند چون زاده‌ی حاصل از آن‌ها نازا است. بنابراین اگر در یک زمان و در یک مکان باشند جزء یک جمعیت محسوب نمی‌شوند. ولی می‌توانند جزء یک اجتماع زیستی باشند.

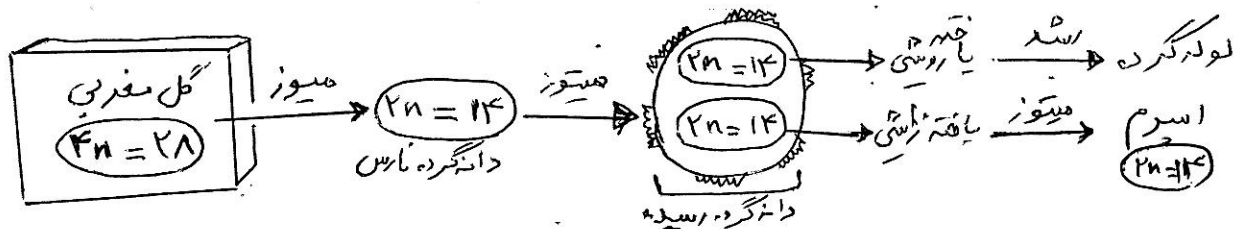
**نکته ۱۰:** اما اگر گیاه چارلاد بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارلاد مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم  $4n$  خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به کاستمان بوده، بنابراین زایاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که  $2n$  بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدیدی تعلق دارد که افراد آن  $4n$  هستند.



شکل ۱۵- نتیجه آمیزش کامه‌های حاصل از خطای کاستمانی با کامه سالم

نکته ۱۱: طریقه تولیدگامت نردر گل مغربی تتراپلوئید:

درون کیسه‌های گرده یاخته‌های تترا پلوئید ( $4n=28$ ) وجود دارند که از تقسیم کاستمان (میوز) این یاخته‌ها ۴ عدد دانه گرده نارس متصل به هم که هر کدام ( $2n=14$ ) هستند ایجاد می‌شوند. هر دانه گرده نارس در داخل کیسه گرده باقی می‌ماند و یک بار تقسیم میتوز (رشتمان) انجام می‌دهد و به دانه گرده رسیده تبدیل می‌شود. هر دانه گرده رسیده دارای دو عدد سلول دولا ( $2n=14$ ) دارد، یکی رویشی و دیگری زایشی است و دارای دو عدد پوسته خارجی و داخلی بهم چسبیده دارد. که دیواره‌ی خارجی در دانه‌های گرده گیاهان مختلف، تزئین‌های متفاوتی دارد. و به شناسایی نوع گیاه کمک می‌کند در گل مغربی تتراپلوئید هر دانه‌ی گرده نارس دارای ۱۴ کروموزم است و هر دانه گرده رسیده‌ی آن دارای ۲۸ کروموزم است.



۱- در یک جمعیت اگر .....

- ۱) جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتار انتخاب کنند، احتمال حفظ تعادل ژنی بیشتر است.
- ۲) تنوع گونه‌ها بیشتر باشد، احتمال پایداری و سازگاری آن جمعیت در برابر تغییرات شرایط محیط بیشتر است.
- ۳) فراوانی نسبی دگرها یا ژن نموده‌ها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود، تعادل ژنی دارد و احتمال تغییر آن کمتر است.
- ۴) تعداد افراد آن بیشتر باشد، رانش دگره‌ای اثر بیشتری در تغییر فراوانی الل‌های آن جمعیت دارد.

۲- در هر جمعیت .....

- ۱) انتخاب طبیعی، رفتارهای انتخاب جنسی هر فرد را تغییر می‌دهد.
- ۲) صفات ثانویه جنسی همواره احتمال جفت‌گیری و بقای جانور را افزایش می‌دهد.
- ۳) ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند، ژن‌های سازگارتی هستند.
- ۴) گوناگونی افراد توان بقای جمعیت را در شرایط متغیر محیطی افزایش می‌دهد.

۳- کدام عبارت نادرست است «در یک جمعیت ..... بر خلاف .....

- ۱) جهش - شارش ژن، با تغییر در ماده ژنتیک افراد، جمعیت را دستخوش تغییر می‌نماید.
- ۲) رانش دگره‌ای - انتخاب طبیعی منجر به سازش نمی‌شود.
- ۳) انتخاب طبیعی - شارش دو طرفه، بین دو جمعیت روند گونه‌زایی دگر میهنی را تسریع می‌کند.
- ۴) آمیزش غیر تصادفی - انتخاب طبیعی فراوانی دگره‌ها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد.

۴- اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، اثر ..... بر میزان تفاوت بین دو جمعیت ..... و باعث تسریع روند گونه‌زایی

دگر میهنی می‌شود.

- ۱) شارش - می‌افزاید
- ۲) رانش - می‌افزاید
- ۳) شارش - می‌کاهد
- ۴) رانش - می‌کاهد

۵- کدام عبارت در مورد جهش نادرست بیان شده است.

- ۱) با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژنی را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.
- ۲) بسیاری از جهش‌ها بعلت تأثیر فوری بر رخ نمود؛ قابل تشخیص هستند.
- ۳) با افزایش تفاوت بین دو جمعیت می‌تواند به تدریج روند گونه‌زایی دگر میهنی را تسریع کند.
- ۴) بدون ایجاد جدایی جغرافیایی می‌تواند باعث گونه‌زایی هم میهنی شود.

۶- کدام عبارت نادرست است.

- ۱) زاده‌های حاصل از آمیزش بین گونه متفاوت همواره نازیستا و نازا هستند.
- ۲) در خود لقاحی گل مغربی تتراپلوئید، یاخته تخم ضمیمه  $6n$  خواهد بود.
- ۳) زاده‌های حاصل از آمیزش گل مغربی  $2n$  و  $4n$ ، نمی‌توانند ماده ژنتیکی خود را با زاده‌های نسل بعد منتقل کنند.
- ۴) گل مغربی تریپلوئید توانایی تکثیر اطلاعات ژنتیکی والدین خود را دارد.

۷- همه جاندارانی که .....

- (۱) در پی تولید مثل جنسی، زاده‌های زیستا و زایا تولید می‌کنند، می‌توانند در پروفاژ I تشکیل ساختار چهار کروماتید بدهند.
- (۲) حاصل تولید مثل جنسی هستند، می‌توانند هنگام جفت شدن کروموزوم‌های همتا، بین کروماتیدهای غیر خواهری تبادل قطعه انجام دهند.
- (۳) نتوانند با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا تولید کنند از دو گونه متفاوت هستند.
- (۴) در یک جمعیت قرار می‌گیرند، اساس رفتارهای غریزی یکسانی دارند.

۸- در روند گونه‌زایی دگر میهنی ابتدا .....

- (۱) یکی از عوامل بر هم زنده تعادل ژنی متوقف گردیده است.
- (۲) اعضای دو جمعیت متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولید مثل شده‌اند.
- (۳) عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی آلل‌ها دست بکار شده‌اند.
- (۴) همه عوامل تغییر دهنده فراوانی آلل‌ها فعال گردیده‌اند.

۹- کدام عبارت صحیح است انتخاب طبیعی همواره .....

- (۱) صفاتی را بر می‌گزیند که احتمال بقای فرد را بالا می‌برد.
- (۲) افراد سازگار با محیط را بر می‌گزیند و می‌تواند خزانه‌ژنی ژنی نسل آینده را دستخوش تغییر کند.
- (۳) فراوانی جاندارانی که صفات بهتری دارند را افزایش می‌دهد.
- (۴) با انتخاب کردن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی را افزایش می‌دهد.

۱۰- کدام عبارت نادرست است.

- (۱) انتخاب طبیعی با انتخاب کردن افراد سازگار شباهت بین افراد یک جمعیت را افزایش می‌دهد.
- (۲) شارش پیوسته و دو سویه بین دو جمعیت تفاوت بین دو جمعیت را کاهش می‌دهد.
- (۳) جهش با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.
- (۴) برای آنکه جمعیتی در حال تعادل ژنی باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن غیر تصادفی باشد.

۱۱- کدام عبارت جمله مقابل را به طور نادرست تکمیل می‌کند. «در یک جمعیت ..... با افزایش یا حفظ گوناگونی در میان افراد، می‌توانند توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید افزایش دهند.»

- (۱) تولید مثل جنسی بر خلاف رانش دگرهای
- (۲) کراسینگ‌آور همانند ژن نهمه‌های ناخالص
- (۳) جهش ژنی بر خلاف انتخاب طبیعی
- (۴) آمیزش بین ژن نهمه‌های خالص همانند آرایش تترادی در متافاز I

۱۲- کدام عبارت در ارتباط با جانوران مهره‌دار درست است.

- (۱) انتخاب جفت از ویژگی‌های مستقل از ژنوتیپ محسوب می‌شود.
- (۲) انتخاب طبیعی در بروز رفتارهای دگر خواهی همانند سایر صفات نقش دارد.
- (۳) انتخاب جنسی همواره موجب بروز صفات جنسی در نرهای هر گونه می‌شود.
- (۴) انتخاب طبیعی همواره صفاتی را بر می‌گزیند که احتمال بقای فرد را بالا می‌برد.

۱۳- کدام عبارت نادرست است.

- (۱) جدایی تولید مثلی و گونه‌زایی می‌تواند در اعضای یک نسل رخ دهد.
- (۲) تغییر در مجموعه کروموزومی و جدایی تولید مثلی در اعضای یک جمعیت منجر به گونه‌زایی هم میهنی می‌شود.
- (۳) زمانی که شارش ژن میان دو جمعیت متوقف می‌شود، نیروهای دیگر مؤثر بر تغییر گونه‌ها فعال هستند.
- (۴) در روند گونه‌زایی دگر میهنی ابتدا باید همه عوامل تغییر دهنده فراوانی آلل‌ها باید متوقف شوند.

۱۴- در هر جمعیت .....

- (۱) عامل اصلی تعیین کننده فراوانی صفات در نسل‌های بعدی جهش است.
- (۲) ژن‌هایی که به نسل بعد منتقل می‌شوند، لزوماً ژن‌های سازگارتری هستند.
- (۳) نتیجه انتخاب طبیعی، سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است.
- (۴) که آمیزش‌ها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد در تعادل ژنی است.

۱۵- کدام عبارت نادرست است.

- (۱) وجود تفاوت‌های فردی در افراد و گونه، می‌تواند به علت افزایش پایداری آن گونه شود.
- (۲) جهش سبب ایجاد دگره‌های جدید، و شرایط محیط تعیین کننده و صفتی است که حفظ می‌شود.
- (۳) بر اثر انتخاب طبیعی، فرد سازگارتر با محیط ایجاد شده و تفاوت‌ها فردی و گوناگونی فنوتیپی کاهش می‌یابد.
- (۴) تغییر پذیری محدود ماده وراثتی، می‌تواند توان بقای جمعیت را در شرایط متغیر محیط افزایش دهد.

۱۶- کدام عبارت نادرست است.

- (۱) لوب‌های بویایی در کوسه‌ها بزرگتر از دلفین است.
- (۲) در دنا‌ی شیرکوهی و سوسمار، توالی‌های حفظ شده یکسانی وجود دارد.
- (۳) استخوان‌های لگن مارهای بیتون و دلفین‌ها، ساختار یکسانی دارد.
- (۴) در سطح تنفسی ماهی‌ها و دلفین‌ها، جهت جریان آب و خون مخالف هم‌اند.

۱۷- چند عبارت جمله زیر را به طور نادرست تکمیل می‌کند. «در تولید مثل جنسی در حالت طبیعی .....

- (الف) یک والد نمی‌تواند همه فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل کند.
- (ب) عدد کروموزومی هر گامت همواره نصف سلول مولدش است.
- (ج) هر نوع تبادل قطعه‌ای بین دو کروموزوم همتا، منجر به تولید گامت‌های نوترکیب می‌شود.
- (د) عدد کروموزومی زاده‌ها با والد خود یکسان است.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۱۸- کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) اندام وستیجیال، نشان دهنده‌ی تغییرات جاندار در گذشته است.
- (۲) ساختارهای همتا در نیای مشترک وجود داشته است.
- (۳) از پلیمرهای زیستی می‌توان برای تشخیص خویشاوندی گونه‌ها استفاده کرد.
- (۴) تمام اندام‌های وستیجیال، فاقد نقش و کار شناخته شده‌ای هستند.

۱۹- در جانوران ساختارهایی که ..... بطور قطع .....

- (۱) همتا هستند - کار یکسانی دارند.
- (۲) کاری یکسان دارند - همتا هستند.
- (۳) آنالوگ هستند - کار یکسان دارند.
- (۴) کار یکسان دارند - آنالوگ هستند.

- ۲۰- کدام عبارت نادرست است؟ «در جانوران ساختارهایی که ..... هستند، بطور قطع .....»  
 (۱) آنالوگ - طرح متفاوت دارند (۲) همتا - طرح ساختاری یکسان دارند. (۳) وستیجیال - فاقد کار خاصی هستند. (۴) آنالوگ - کار یکسان دارند.
- ۲۱- کدام گزینه برای تکمیل عبارت زیر نامناسب است؟ «ساختار ..... نسبت به هم ..... هستند.»  
 (۱) باله دلفین و بال پروانه - همتا  
 (۲) بال خفاش و بال ملخ - آنالوگ  
 (۳) دست گربه و باله کوسه - همتا  
 (۴) پروتونفریدی پلاناریا و کلیه قورباغه - آنالوگ
- ۲۲- در روند گونه‌زایی دگرمیپنی ابتدا .....  
 (۱) تنها، عوامل تغییردهنده ی الل‌ها فعال گردیده‌اند.  
 (۲) همه ی عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی الل‌ها دست به کار شدند.  
 (۳) بعضی از اعضای جمعیت متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولید مثلی شدند. (۴) یکی از نیروهای مؤثر بر تغییر فراوانی الل‌ها، متوقف یا کند گردید.
- ۲۳- کدام عبارت جمله زیر را بطور نادرست تکمیل می‌کند؟ «در جمعیت‌های طبیعی ..... جمعیت را از تعادل خارج می‌کند و می‌تواند با .....»  
 (۱) جهش ژنی - ایجاد دگرهای جدید، خزانه ژنی را غنی‌تر کند.  
 (۲) آمیزش‌های تصادفی - ایجاد آرایش‌های مختلف تترادی، منجر به ایجاد گامت‌های مختلف شود.  
 (۳) شارش ژن - پیوسته و دو سویه بودن خزانه ژن دو جمعیت را به هم شبیه‌تر کند.  
 (۴) انتخاب طبیعی - انتخاب افراد سازگارتر، تفاوت فردی و گوناگونی را کاهش دهد.
- ۲۴- چند عبارت جمله زیر را بطور صحیح تکمیل می‌کند؟ «در جمعیت‌های طبیعی ..... جمعیت را از تعادل خارج می‌کند و می‌تواند .....»  
 (الف) جهش ژنی - با افزایش گوناگونی، پایداری جمعیت را افزایش دهد.  
 (ب) آمیزش‌های غیر تصادفی - آمیزش‌ها به فنوتیپ و ژنوتیپ بستگی داشته باشد.  
 (ج) رانش دگره‌ای - فراوانی الل‌ها را بدون ارتباط با سازگاری آن‌ها با محیط، تغییر دهد.  
 (د) شارش ژن - با دو سویه و پیوسته بودن، روند گونه‌زایی دگر میپنی را کند یا متوقف کند.
- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴
- ۲۵- چند مورد از موارد زیر، در هر دو نوع گونه‌زایی هم‌میپنی و دگر میپنی مشاهده می‌شود؟  
 (الف) ایجاد جدایی تولید مثلی بین افراد یک جمعیت  
 (ب) تفکیک خزانه ژنی بین افراد یک جمعیت  
 (ج) توقف شارش ژنی بین دو گروه  
 (د) تاثیر جهش در ایجاد تولید مثلی
- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴
- ۲۶- در همه انواع گونه‌زایی .....  
 (۱) همه عوامل برهم‌زننده تعادل ژنی جمعیت مؤثر واقع می‌شوند.  
 (۲) عوامل یکسانی میزان واگرایی گونه‌های حاصل را افزایش می‌دهند.  
 (۳) جمعیت‌های موجود در دو زیستگاه مختلف نقش دارند.  
 (۴) جدایی تولیدمثلی بین گونه‌های حاصل و نیایی، به وجود می‌آید.
- ۲۷- کدام نادرست است؟  
 (۱) رانش ژن در جمعیت‌های مختلف، تأثیرات غیر یکسانی دارد.  
 (۲) شارش ژن می‌تواند سبب افزایش ویژگی‌های مشترک دو جمعیت شود.  
 (۳) شارش ژن همانند جهش، یا تغییر در ماده ژنتیک افراد، تنوع جمعیت را افزایش می‌دهد.  
 (۴) رانش دگره‌ای همانند انتخاب طبیعی فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف آن باعث سازش نمی‌شود.
- ۲۸- همه عواملی که جمعیت را از تعادل خارج می‌کند .....  
 (۱) منجر به سازگاری می‌شوند  
 (۲) باعث افزایش فراوانی فنوتیپ غالب می‌شوند.  
 (۳) منجر به افزایش تنوع می‌شوند.  
 (۴) از نیروهای تغییردهنده ساختار ژنی جمعیت‌ها هستند.
- ۲۹- هر عاملی که بر ..... جمعیت مؤثر است، قطعاً .....  
 (۱) فراوانی الل‌های ناسازگار - می‌تواند باعث پیدایش الل‌های جدید شود.  
 (۲) تنوع افراد - در تغییر خزانه ی ژنی جمعیت، نقش اساسی دارد.  
 (۳) تغییر ساختار ژنی - جهت تغییر گونه‌ها را تعیین می‌کند.  
 (۴) تغییر فراوانی دگره‌ای - به سازش می‌انجامد.
- ۳۰- کدام عبارت، درباره‌ی یک جمعیت طبیعی نادرست است؟  
 (۱) بیش از یک عامل می‌تواند سبب افزایش تنوع گامه‌های نوترکیب شود.  
 (۲) وجود یک الل بیماری می‌تواند در افزایش بقای یک جمعیت مؤثر باشد.  
 (۳) در انسان نوع کروموزوم‌هایی که هر گامت به نسل بعد منتقل می‌کند به آرایش تترادها در متافاز یک بستگی دارد.  
 (۴) افراد سالم خالص  $Hb^A Hb^A$  برخلاف افراد ناخالص  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌تر هستند.
- ۳۱- کدام عبارت درباره یک جمعیت طبیعی نادرست است؟  
 (۱) فراوانی دگره مغلوب کم‌خونی داسی‌شکل در مناطقی که مالاریا شایع است، بیشتر از سایر مناطق است.  
 (۲) در بیماری اتوزومی مغلوب، در شرایطی می‌تواند یک الل مغلوب به تنهایی باعث بروز بیماری شود.  
 (۳) در انسان نوع کروموزوم‌هایی که هر گامت به نسل بعد منتقل می‌کند به آرایش تترادها در متافاز یک بستگی دارد.  
 (۴) افراد سالم خالص  $Hb^A Hb^A$  برخلاف افراد ناخالص  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌تر هستند.

۳۲- درون یک ژن هر جهش ..... است؟

- (۱) کوچک، نوعی جهش جانشینی  
 (۲) جانشینی، بر بیان ژن تأثیر گذار  
 (۳) جانشینی، بر مولکول حاصل از رونویسی تأثیر گذار  
 (۴) حذف یا اضافه، نوعی تغییر در چارچوب خواندن

۳۳- در ژن پروتئین‌ساز باکتری، جهش جانشینی رخ داده است. در این باکتری قطعاً تغییری در کدام مورد صورت نمی‌گیرد؟  
 (۱) اندازه‌ی محصول ژن  
 (۲) تنظیم بیان ژن  
 (۳) اندازه‌ی دناى الگو  
 (۴) فعالیت محصول ژن

۳۴- بروز هر جهش کوچک درون یک ژن، همواره تغییری در ..... ایجاد می‌کند.  
 (۱) ترتیب آمینواسیدها  
 (۲) تغییر در ترتیب نوکلئوتیدهای mRNA  
 (۳) طول مولکول حاصل از ترجمه  
 (۴) مولکول‌های حاصل از رونویسی

۳۵- هر جهش .....

- (۱) در یاخته‌های اسپرماتوسیت اولیه، به همه اسپرم‌های حاصل از آن منتقل می‌شود.  
 (۲) کوچک جانشینی درون یک ژن، در توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها موثر است.  
 (۳) کوچک در توالی ساختار یک ژن، ابتدا سبب تغییر توالی رنای پیک می‌شود.  
 (۴) کوچک در توالی ساختاری یک ژن، در مولکول‌های حاصل از آنزیم رنابسپاراز تغییر ایجاد می‌کند.

۳۶- امکان وقوع جهش .....، در ..... گیاه آلبالو وجود ندارد.

- (۱) حذف - یاخته‌های زایشی  
 (۲) واژگونی - یاخته‌های خورش  
 (۳) مضاعف شدن - یاخته‌های گرده‌های رسیده  
 (۴) جابه‌جایی - کیسه رویانی

۳۷- چند مورد درباره همه عوامل برهم زننده تعادل جمعیت، درست است؟

- الف) به طور معمول باعث افزایش تنوع درون جمعیت می‌شوند.  
 ب) نیروهای تغییردهنده گونه‌ها هستند.  
 ج) با افزودن دگره‌های جدید، خزانه ژنی جمعیت را غنی‌تر می‌کنند.  
 د) جهت تغییر گونه را تعیین می‌کنند.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۳۸- چند مورد، عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌نماید؟ در.....

- الف- زنبور نر، هر نوع تبادل قطعه بین دو کروموزوم، جهش جابجایی محسوب می‌شود.  
 ب- اسپرماتوسیت اولیه، فرآیند کراسینگ آور می‌تواند منجر به عدم تولید گامت نوترکیب شود.  
 ج- درون لوله‌های اسپرم‌ساز انسان، هر سلول با داشتن دو مجموعه کروموزوم، می‌تواند کراسینگ آور داشته باشد.  
 د- زنبور ماده برخلاف زنبور نر، سلول‌های سازنده پادتن، می‌توانند جهش مضاعف شدگی داشته باشند.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۳۹- چند مورد، عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌نماید؟ در جانوران، هر نوع ..... (سراسری ۹۴)

- الف- تبادل قطعه بین دو کروموزوم، جهش نام دارد.  
 ب- لقاح تصادفی، به بروز فنوتیپ جدید زاده‌ها می‌انجامد.  
 ج- تغییری در عدد کروموزومی سلول‌ها، جهش محسوب می‌شود.  
 د- تفکیک کروموزومی در والدین، باعث نوترکیبی گامت‌ها می‌شود.

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

۴۰- کدام نادرست است؟ در ..... هر تبادل قطعه بین یک ..... یا سایر کروموزوم‌ها بطور قطع جهش جابه‌جایی محسوب می‌شود.

- (۱) هر اسپرماتوسیت انسان - کروموزوم جنسی  
 (۲) زنبور نر - کروموزوم  
 (۳) در یاخته‌های میلوئیدی انسان - کروموزوم  
 (۴) هر یاخته دانه گرده رسیده ذرت - کروموزوم

۴۱- در ..... در مرحله‌ای از تقسیم‌هنگامی که ..... می‌تواند کراسینگ اور رخ دهد.

- (۱) سلول زایشی دانه گرده ذرت - کروموزوم‌ها همتا از طول در کنار هم قرار می‌گیرند.  
 (۲) زنبور نر - تترادها از ناحیه سانترومر به رشته‌های دوک متصل می‌شوند.  
 (۳) اووسیت اولیه انسان - کروموزوم‌های همتا از هم جدا می‌شوند.  
 (۴) اسپرماتوسیت اولیه انسان - پوشش هسته شروع به تخریب می‌کند.

۴۲- کدام عبارت صحیح است؟ همه .....

- (۱) تولید مثل‌هایی که در آن‌ها تنها یک فرد دخالت دارد، غیرجنسی نامیده می‌شود.  
 (۲) جانوران، حاصل از تولید مثل جنسی از دو والد ماده‌ی ژنتیکی را دریافت می‌کنند.  
 (۳) تولید مثل‌های جنسی در جانوران، زاده‌هایی تولید می‌کنند که توانایی کراسینگ اور را دارند.  
 (۴) اسپرم‌های گیاهی، به دنبال تقسیم میتوز خارج از کیسه گرده به وجود می‌آید.

۴۳- کدام عبارت درباره‌ی جانوران یک جمعیت درست است؟

- (۱) فرآیند کراسینگ آور می‌تواند منجر به عدم تولید گامت، نوترکیب شود.  
 (۲) هر سلول با داشتن دو مجموعه کروموزوم، توانایی کراسینگ اور را دارد.  
 (۳) هر جانوری که توانایی تولید مثل جنسی دارد، توانایی تبادل قطعه بین کروموزوم‌های همتا را دارد.  
 (۴) هر صفت جهش یافته‌ای از والدین به همه‌ی زاده‌ها منتقل می‌شود.



- ۴۴- چند عبارت صحیح است؟ در انسان، اسپرماتوسیت اولیه برخلاف، اسپرماتوسیت ثانویه می‌تواند .....  
 (الف) هنگام جفت شدن کروموزوم‌های همتا، بین دو کروماتید غیر خواهری آن‌ها، کراسینگ اور رخ دهد.  
 (ب) در متافاز یک، تتراده‌ها را با آرایش‌های مختلفی در استوای هسته قرار دهد.  
 (ج) در مرحله‌ی آنافاز با کوتاه کردن رشته‌های دوک، کروموزوم‌های دو کروماتیدی را به قطبین یاخته منتقل کند.  
 (د) سلول‌های هاپلوئید تولید کند.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۴۵- در چرخه‌ی زندگی ..... ضمن تقسیم.....

- (۱) زیگوت گندم- کروموزوم‌های همتا از هم جدا می‌شوند  
 (۲) سلول‌های زایشی لوبیا- تبادل قطعه بین کروموزوم‌های همتا صورت می‌گیرد  
 (۳) زنبور نر - عدد کروموزومی گامت با سلول مولدش متفاوت است  
 (۴) زنبور ماده - سلول‌های زاینده گامت وقوع نوترکیبی بدون نیاز به پیدایش الل جدید ممکن است

۴۶- در گیاه آلبالو، در سومین حلقه گل، چند مورد زیر رخ می‌دهد؟

- (الف) تولید گامت نر از یاخته زایشی  
 (ب) تبادل قطعه بین دو کروموزوم همتا (کراسینگ اور)  
 (ج) تشکیل ساختار چهار کروماتیدی  
 (د) تشکیل یاخته‌های هاپلوئیدی چهار تایی به یکدیگر چسبیده

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۴۷- چند عبارت، در باره‌ی هر اسپرماتوسیت، موجود در لوله اسپرم ساز یک فرد بالغ درست است؟

- (الف) با تقسیم خود، سلول‌های هاپلوئید می‌سازد.  
 (ب) حاوی ژن یا ژن‌های سازنده تازک می‌باشد.  
 (ج) می‌تواند تبادل قطعه بین کروموزوم‌های همتا را انجام دهد.  
 (د) هر کروموزوم آن چهار رشته پلی نوکلئوتیدی دارد.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۴۸- چند عبارت جمله‌ی مقابل را به طور صحیح تکمیل می‌کند؟

- در انسان، هر سلول حاصل از اسپرماتوسیت اولیه ..... هر سلول حاصل از اسپرماتوسیت ثانویه .....  
 (الف) برخلاف- با سیتوکینز خود می‌تواند سلول‌های هاپلوئید بسازد.  
 (ب) همانند- توانایی همانند سازی DNA و مضاعف کردن کروموزوم‌ها را ندارد.  
 (ج) برخلاف- توانایی ناپدید کردن غشای هسته و تک کروماتیدی کردن کروموزوم‌های خود را دارد.  
 (د) همانند- توانایی تشکیل ساختار چهار کروماتیدی و کراسینگ اور (چلیپایی شدن) را ندارد.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۴۹- گیاه گل مغربی تتراپلوئید .....

- (۱) قادر به کراسینگ اور نمی‌باشد.  
 (۲) در هنگام میوز، ۱۴ تتراد تشکیل می‌دهد.  
 (۳) در گامه‌های گل مغربی تتراپلوئید، .....  
 (۴) در اثر خطای میتوزی والدین خود ایجاد شده است.

۵۰- اسپرم‌های گل مغربی تتراپلوئید، .....

- (۱) درون لوله‌گرده در پی جدا شدن کروموزوم‌های همتا به وجود می‌آیند.  
 (۲) درون کیسه‌گرده در پی تشکیل ساختار چهار کروماتیدی به وجود می‌آیند.  
 (۳) از میتوز یاخته‌هایی با عدد کروموزومی دیپلوئید به وجود می‌آیند.  
 (۴) در هر مجموعه کروموزومی خود، ۱۴ عدد کروموزوم دارند که دو به دو همتا هستند.  
 ۵۱- به طور معمول فردی که ناقل هموفیلی است و گروه خونی A<sup>+</sup> دارد، در هر بار میوز ..... می‌سازد. (سراسری ۹)

۱) یک نوع گامت ۲) حداکثر چهار گامت ۳) هشت نوع گامت ۴) حداقل دو نوع گامت

۱ (۸)	۴ (۷)	۱ (۶)	۲ (۵)	۲ (۴)	۴ (۳)	۴ (۲)	۳ (۱)
۴ (۱۶)	۳ (۱۵)	۲ (۱۴)	۴ (۱۳)	۲ (۱۲)	۴ (۱۱)	۴ (۱۰)	۲ (۹)
۴ (۲۴)	۲ (۲۳)	۴ (۲۲)	۱ (۲۱)	۳ (۲۰)	۳ (۱۹)	۴ (۱۸)	۴ (۱۷)
۳ (۳۲)	۴ (۳۱)	۴ (۳۰)	۳ (۲۹)	۴ (۲۸)	۳ (۲۷)	۴ (۲۶)	۳ (۲۵) بجز «ج»
۳ (۴۰)	۱ (۳۹) «ج»	۲ (۳۸) «الف، ب»	۱ (۳۷) «ب»	۳ (۳۶)	۴ (۳۵)	۴ (۳۴)	۳ (۳۳)
۴ (۴۸)	۳ (۴۷) بجز «ج»	۳ (۴۶) بجز «الف»	۴ (۴۵)	۲ (۴۴) «الف، ج»	۱ (۴۳)	۴ (۴۲)	۴ (۴۱)
					۱ (۵۱)	۳ (۵۰)	۳ (۴۹)