

**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 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. در این فصل با انواع تغییرات ماده وراثتی و اثرات آن بر فرد، جمعیت و گونه آشنا خواهیم شد.

**گفتار ۱: 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.

**جهش**

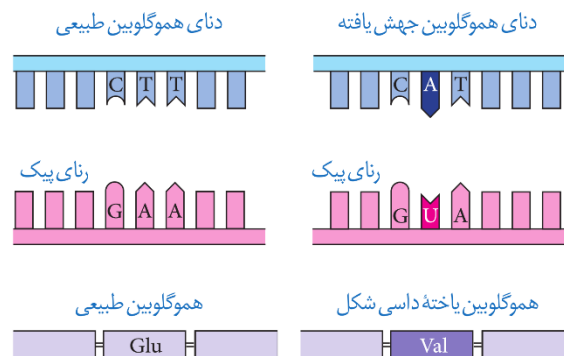
در فصل ۲ با کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل آشنا شدیم و دیدیم که علت این بیماری، تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است. علت این تغییر شکل چیست؟ دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل یافته، دریافتند که این دو پروتئین فقط در یک آمینو اسید با هم تفاوت دارند.

این که چرا چنین شده است، سؤالی است که باید پاسخ آن را در ژن‌ها بیابیم. مقایسه ژن‌های هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به این آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار گرفته است (شکل ۱). شگفتا که تغییر در یک نوکلئوتید از میلیون‌ها نوکلئوتید انسان، می‌تواند پیامدی این چنین وخیم را به دنبال داشته باشد. تغییر دائمی در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می‌نامند.

**تمرین ۱:** جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.  
 الف) ماده وراثتی به‌طور (محدود- نامحدود) ..... تغییرپذیر است.  
 ب) دانشمندان با مقایسه (ژنی- آمینواسیدی) ..... افراد سالم و افراد مبتلا به کم‌خونی داسی شکل متوجه جهش از نوع جاننشینی شده‌اند.  
 پ) هر نوع تغییر در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی جهش نامبرده (می‌شود- نمی‌شود) .....  
 ت) در افراد مبتلا به کم‌خونی داسی شکل در (یک- دو) ..... ژن رخ داده و اثر آن روی (یک- دو) ..... زنجیره پلی‌پپتیدی ظاهر شده است.  
**پاسخ:**

	Primary Structure	Secondary and Tertiary Structures	Quaternary Structure	Function	Red Blood Cell Shape
Normal hemoglobin	1 Val 2 His 3 Leu 4 Thr 5 Pro 6 Glu 7 Glu		Normal hemoglobin	Molecules do not associate with one another; each carries oxygen.	
Sickle-cell hemoglobin	1 Val 2 His 3 Leu 4 Thr 5 Pro 6 Val 7 Glu	Exposed hydrophobic region	Sickle-cell hemoglobin	Molecules crystallize into a fiber; capacity to carry oxygen is reduced.	

**تست ۱:** در ارتباط با کم‌خونی داسی شکل جهش از نوع ..... در حرف ..... یکی از رمزهای ژنتیکی رخ داده است.  
 (۱) جاننشینی - دوم  
 (۲) تغییر چارچوب - اول  
 (۳) تغییر چارچوب - دوم  
 (۴) جاننشینی - اول  
**پاسخ: گزینه ۱**  
 با توجه به شکل ۱، صفحه ۴۸ کتاب زیست‌شناسی ۳، در دنای هموگلوبین جهش یافته در حرف دوم رمز ژنتیک، جهش جاننشینی رخ داده است.

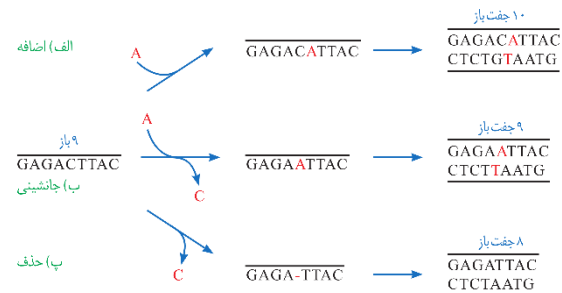


شکل ۱- مقایسه ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است.

## انواع جهش

در مثال بالا دیدیم که جهش در یک نوکلئوتید رخ داده است، اما جهش می‌تواند در اندازه بسیار وسیع‌تری هم رخ دهد. گاهی جهش آن قدر 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 برمی‌گیرند. انواع جهش‌های کوچک در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. مثال یاخته‌های داسی شکل، نمونه‌ای از جهش کوچک است. در این جا 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.



شکل ۲- انواع جهش‌های کوچک

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 پروتئین 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 (شکل ۳).

نکته:



(I) براساس ماده وراثتی	تقسیم‌بندی انواع جهش
(II) براساس نوع یاخته	
(III) براساس وراثت یا اکتسابی	

جهش (I) براساس ماده وراثتی	کوچک ← تغییر نوکلئوتیدی	درون ژنی
	(غیر قابل رویت با کاریوتیپ)	بین ژنی
بزرگ	تغییر	تغییر
	(قابل رویت با کاریوتیپ)	فام‌تنی

انواع جهش کوچک	بدون تغییر تعداد نوکلئوتید	جانشینی (نوعی نقطه ای)
	با تغییر تعداد نوکلئوتید	دایمر تیمین
با تغییر چارچوب خواندن	با تغییر چارچوب خواندن	
	بدون تغییر چارچوب خواندن	

انواع جهش‌های درون ژنی مربوط به	mRNA	خاموش	$a.a_1 \rightarrow a.a_1$	
		دگر معنا	پایان → پایان	
			$a.a_1 \rightarrow a.a_2$	
			پایان → $a.a$	
تRNA	rRNA	sRNA	بی‌معنا	$a.a_1 \rightarrow$ پایان



**تمرین ۲:** درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

(الف) هر جهشی که مانع از ادامه ترجمه بعد از رمزه آغاز شود از نوع جانشینی است.

(ب) در هر حذف یا اضافه شدن نوکلئوتید که منجر به تغییر رمزه‌های mRNA شود، جهش تغییر چارچوب خواندن رخ می‌دهد.

(پ) برای ایجاد تغییر در ساختار اول پروتئین جهش جانشینی الزامی است.

(ت) هر نوع جهش بدون تغییر در توالی آمینواسیدها از نوع خاموش و بی‌تأثیر است.

(ث) هر نوع جهش که منجر به پیدایش یک رمزه پایان قبل از رمز پایان اصلی شود از نوع جانشینی و بی‌معنا است.

**پاسخ:**

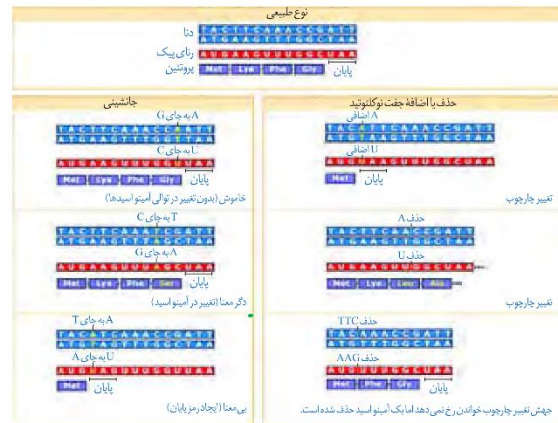


**تمرین ۳:** به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

(الف) چه نوع حذف یا اضافه شدن نوکلئوتید در ساختار یک ژن پروتئین‌ساز، جهش تغییر چارچوب خواندن نیست؟

(ب) تفاوت جهش بی‌معنا با جهش خاموش چیست؟

**پاسخ:**



شکل ۳- تأثیر جهش بر پروتئین

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 سه تایی 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:

ای ن ا س ی ب ا 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:

ای ن ا ر س ی ب ا س ر ا خ ا س ا ت

می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد. جهش‌هایی 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.

**فعالیت ۱: الف)** در چه صورت طول یک رشته پلی‌پپتیدی ممکن است طولی‌تر شود؟

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

**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.



نکته:

حذف	ساختاری	انواع جهش‌های فام‌تنی
جاب‌جایی		
مضاعف شدن		
واژگونی	تعداد	
مثل تریزومی		
$(2n + 1)$		
مثل پلی‌پلوئیدی		
$(2n \rightarrow 4n)$		

بخشی از یک کروموزومی از ساختار کروموزوم جدا می‌شود:

الف) به هیچ کروموزومی وصل نمی‌شود	حذف
ب) به همان کروموزوم متصل شود	در همان محل به صورت معکوس = واژگونی
پ) به کروموزوم غیرهمتا متصل شود	در محل دیگر = جاب‌جایی
ت) به کروموزوم همتا متصل شود	= مضاعف شدن

II جهش‌های یاخته‌ای	پیکری	قابل انتقال به همه یاخته‌ها
		جهش در یاخته تخم
		قابل انتقال به یاخته‌های دختر
	غیرقابل انتقال به یاخته دیگر	
		← جهش نوروینی
	کامه‌ای	← قابل انتقال به نسل بعد



تست ۲: کدام جهش در فام‌تن‌های یاخته‌های پیکری زنبور

عسل‌نر غیرممکن است؟

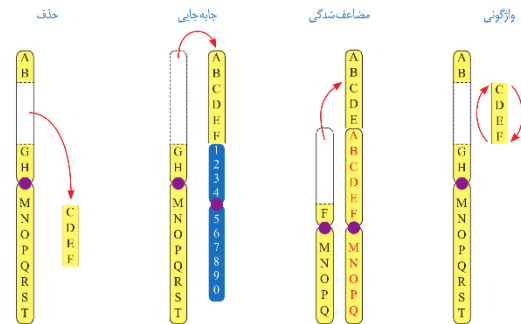
- ۱) حذف  
۲) مضاعف‌شدگی  
۳) جاب‌جایی  
۴) واژگونی

پاسخ: گزینه «۲»

زنبورهای عسل نر همگی هاپلوئید هستند، پس امکان جهش مضاعف‌شدگی برای آن‌ها وجود ندارد.

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 ۴ نشان داده شده‌اند.



## 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. جاب‌جایی، 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 جاب‌جا 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.

## پیامدهای جهش بر عملکرد

این‌که جهش چه تأثیری بر عملکرد محصول خود دارد به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در ژنگان (ژنوم) است. ژنگان به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی هسته‌ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام‌تن‌ها در نظر می‌گیرند. ژنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی X و Y است. دنای 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، آن‌گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانیشینی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده



نکته:

بی‌تأثیر روی ساختار پلی‌پپتید		درون ژنی پروتئین ساز پیامدهای جهش روی ژنگان
تأثیر گذاری روی عملکرد پروتئین	تغییر طول پلی‌پپتید	
بی‌تأثیر روی عملکرد پروتئین	تغییر در یک یا چند آمینواسید	
تأثیر گذار روی عملکرد پروتئین	توالی افزایشده	بیرون ژن
	مقدار رونویسی و مقدار پروتئین	ژن راهانداز

یک والد	ارثی	مستقل از عوامل محیطی	علت جهش
دو والد			
خطا در همانندسازی و عدم ویرایش		وابسته به محیط (اکتسابی)	
اثر پرتو فرابنفش بر	عوامل فیزیکی		
بنزوپیرن و نیتريت	عوامل شیمیایی		

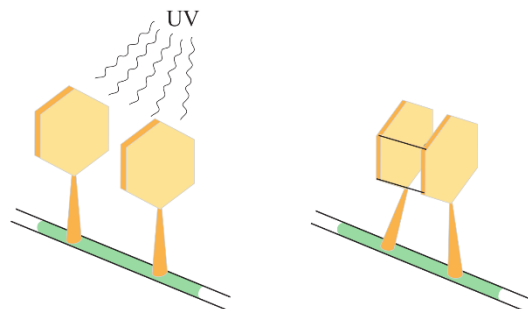
است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

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

### علت جهش

گر چه 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. پرتوی فرابنفش یکی از عوامل جهش‌زای فیزیکی است. این پرتو، که در نور خورشید وجود دارد، باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم می‌شود که به آن دوپار (دیمر) تیمین می‌گویند (شکل ۵). 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 ممکن است ارثی یا اکتسابی باشد. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در کامه‌ها 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



**تست ۳:** جهش دوپار تیمین به علت پیوند بین دو باز تیمین ..... رخ می‌دهد که علت آن به‌طور معمول قرار گرفتن در معرض ..... است.

- ۱) روی یکی از رشته‌های الگو یا رمزگذار دنا- بنزوپیرن
- ۲) بین رشته‌های الگو و رمزگذار دنا- UV
- ۳) روی یکی از رشته‌های الگو یا رمزگذار دنا- UV
- ۴) بین رشته‌های الگو و رمزگذار دنا- بنزوپیرن

### پاسخ: گزینهٔ «۳»

پرتو فرابنفش باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور (دو تیمین روی یکی از رشته‌های الگو یا رمزگذار دنا) رخ می‌دهد.



نکته:

پیامد	مفید ← $Hb^A$ ← $Hb^S$ (افزایش مقاومت به مالاریا)
جهش	مضر ← سرطان
	خنثی

سبک زندگی			عوامل مهم پیشگیری کننده سرطان	سرطان	
آنتوسیانین	پاد اکسنده	تغذیه سالم			یاخته‌های مبارزه کننده
لیکوپین					
گزامتوفیل					
کاروتنوئیدها	الیاف	یاخته‌های مبارزه کننده			
کاروتن					
برخی آکالوئیدها					
فیبر					
اینترفرون II					
پرفورین و آنزیم					
T					

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.

تحقیقات نشان داده است 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. 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.

## گفتار ۲: تغییر در جمعیت‌ها

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. گر چه 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؟

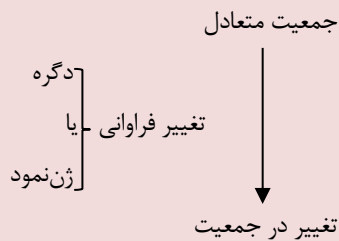
### تغییر در گذر زمان

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 بیشتری برای زنده ماندن داشتند. با کمی دقت متوجه

نکته:



جهش	۱- تغییر فراوانی ژن نمود به همراه تغییر در فراوانی دگره
انتخاب طبیعی	
رانش	
شارش	

۲- تغییر فراوانی ژن نمود بدون تغییر در فراوانی دگره ← آمیزش غیرتصادفی مثل خودلقاحی

ایجاد دگره جدید	عوامل
۱- جهش	
کم کردن از فراوانی یک دگره و افزایش فراوانی دگره دیگر	
۲- انتخاب طبیعی: افزایش فراوانی دگره‌های سازگارتر	
۳- رانش: افزایش فراوانی دگره‌ها براساس شانس	دگره‌ها
۴- شارش: کاهش فراوانی دگره از جمعیت مبدأ و افزایش آن در جمعیت مقصد	



**تمرین ۴:** درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

- الف) تفاوت‌های فردی می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد.
- ب) فقط انتخاب طبیعی است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شود.
- پ) مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها مثالی از انتخاب طبیعی است.
- ت) انتخاب طبیعی علاوه بر تغییر فرد موجب تغییر جمعیت نیز می‌شود.

پاسخ:



**تست ۴:** کدام معرف یک جمعیت است؟

- (۱) مجموعه درختان شهر شما در سال گذشته
- (۲) همه موجوداتی که در یک زیست بوم با هم در ارتباطند.
- (۳) همه گل‌مغربی‌ها مورد مطالعه هوگو دوری در اوایل دهه ۱۹۰۰
- (۴) همه درختان گیسو سال ۲۰۱۸ چین

**پاسخ: گزینه «۴»**

در ارتباط با جمعیت باید اسم گونه، مکان و زمان مورد توجه قرار گیرد.



**تمرین ۵:** دو راه افزایش جمعیت باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک را بنویسید.

**پاسخ:**

- (۱) از طریق تقسیم شدن
- (۲) انتقال دیسک‌ها (پلازمیدها) از باکتری مقاوم به باکتری غیر مقاوم



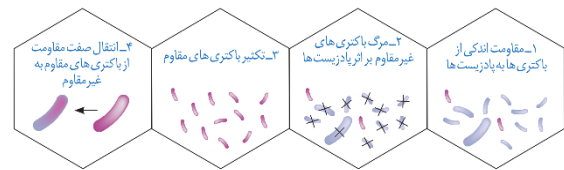
**تست ۵:** کدام گزینه معرف خزانه ژنی یک جمعیت است؟

- (۱) کل محتوای ژنی و غیرژنی دناهای همه افراد یک جمعیت
- (۲) کل محتوای ژنی و غیرژنی همه افراد یک جمعیت در حال تعادل ژنی
- (۳) مجموع همه شکل‌های مختلف همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت
- (۴) مجموع همه دگره‌های همه جایگاه‌های ژنی جمعیت در حال تعادل ژنی

**پاسخ: گزینه «۳»**

مجموع همه دگره‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژنی آن جمعیت می‌نامند.

می‌شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست بلکه شرایط محیط تعیین‌کننده صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می‌شد، آن گاه 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).

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

### جمعیت در حال تعادل

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.





**تست ۶:** از عوامل مؤثر در برقرار ماندن تعادل ژنی در یک

جمعیت، این است که .....

- (۱) انتخاب طبیعی رخ دهد.
- (۲) آمیزش‌ها غیرتصادفی باشد.
- (۳) فراوانی دگرها نسبتاً ثابت بماند.
- (۴) شارش ژن به‌طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد.

**پاسخ: گزینه ۳»**

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگرها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود، آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است.



**تست ۷:** هر عاملی که بر ..... جمعیت مؤثر است، قطعاً

.....

(سراسری خارج کشور ۸۸)

(۱) فراوانی الل‌های ناسازگار - می‌تواند باعث پیدایش الل‌های جدید شود.

- (۲) تغییر ساختار ژنی - در تعیین جهت تغییر گونه‌ها بی‌تأثیر می‌باشد.
- (۳) تنوع افراد - در تغییر خزانه ژنی جمعیت، نقش اساسی دارد.
- (۴) تغییر چهره - باعث حذف کامل الل‌های نامطلوب می‌شود.

**پاسخ: گزینه ۳»**



**تست ۸:** کدام عبارت، دربارهٔ جمعیت‌های کوچک طبیعی

نادرست است؟ (سراسری خارج کشور ۹۵)

- (۱) نیروهای تغییردهندهٔ گونه‌ها فعال می‌باشند.
- (۲) امکان آمیزش میان افرادی با فنوتیپ یکسان وجود دارد.
- (۳) احتمال وقوع تغییرات شدید در فراوانی نسبی الل‌ها وجود دارد.
- (۴) در پاسخ به هر تغییر محیطی، شانس بقا و زادآوری افراد افزایش می‌یابد.

**پاسخ: گزینه ۴»**

**الف) جهش:** یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می‌شود. اگر جهش رخ دهد، آن‌گاه دگرهای جدیدی ایجاد می‌شوند که این یعنی تغییر در فراوانی دگرها.

جهش، با افزودن دگرهای جدید، خزانهٔ 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 دگرهٔ جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

**ب) رانش دگره‌ای:** در هر جمعیتی، بعضی از افراد ممکن است فرزندان بیش‌تری نسبت به بقیه داشته باشند یا این‌که اصلاً فرزندی نداشته باشند. بنابراین ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند لزوماً ژن‌های سازگارتر نیستند بلکه **ژن‌های خوش‌شانس‌ترند!** به مثال دیگری توجه کنید. فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات است. حین عبور، دو گوسفند به پایین سقوط می‌کنند. اگر این دو گوسفند پیش از رسیدن به سن تولیدمثل مرده باشند، شانس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد نداشته‌اند. به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. رانش دگره‌ای گر چه فراوانی دگرها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

به مثال دیگری توجه کنید. گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش سوزی 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 دگرها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آن‌ها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.

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



**تست ۹:** کدام عبارت، دربارهٔ یک جمعیت طبیعی نادرست

است؟ (سراسری ۹۶)

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

**پاسخ: گزینهٔ «۳»**



**تست ۱۰:** همهٔ یاخته‌های تشکیل‌دهندهٔ خزانهٔ ژنی انسان

سالم .....

- (۱) برای همهٔ انواع بیماری‌ها یک دگره دارند.
- (۲) برای همهٔ انواع بیماری‌ها دو نوع دگره دارند.
- (۳) درون خود ساختارهای چهار کروماتیدی ایجاد می‌کنند.
- (۴) حداقل دارای یک مجموعه ۲۳ فام تنی و راکیزه می‌باشند.

**پاسخ: گزینهٔ «۴»**



**نکته:**

گوناگونی دگره‌ای در کامه‌ها	حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها
نوترکیبی	
اهمیت ناخالص‌ها	



شکل ۷- کاهش شدید در اندازه جمعیت باعث تغییر

فراوانی‌های دگره‌ای می‌شود

**(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. به این پدیده، شارش ژن می‌گویند. اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانهٔ ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.

**(ت) آمیزش غیر تصادفی:** برای آن که 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. برای مثال، جانوران جفت خود را براساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند (فصل ۸).

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

### حفظ 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 بتوانند در عین وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی را حفظ کنند. در ادامه، این سازوکارها را بررسی می‌کنیم.



**تست ۱۱:** کدام مورد نمی‌تواند جزئی از مکانیسم‌هایی باشد

که منجر به حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها می‌شود؟

- ۱) آرایش چهار تابه‌ها در کاستمان ۱
- ۲) جابه‌جایی قطعات بین فامینک‌های غیرخواه‌ری در ساختار تترادی
- ۳) پیدایش افرادی با دگره‌های متفاوت در ژن‌نمود خود
- ۴) تغییر فراوانی دگره‌ها بر اثر رویدادهای تصادفی

**پاسخ: گزینه «۴»**

تغییر فراوانی دگره‌ها بر اثر رویدادهای تصادفی، رانش دگره‌ای است که سبب کاهش گوناگونی در جمعیت‌ها می‌شود.



**تست ۱۲:** فردی با ژنوتیپ مقابل ( $2n = 4$  کروموزوم)، بعد

از کراسینگ‌اور و تبادل قطعات B و b، حداکثر چند نوع گامت جدید می‌تواند تولید کند؟ (سراسری ۸۴)

$$\begin{array}{c|c|c} A & a & C \\ \hline B & b & c \end{array}$$

- ۱) ۲
- ۲) ۴
- ۳) ۶
- ۴) ۸

**پاسخ: گزینه «۲»**



**تست ۱۳:** چند مورد، عبارت زیر را به درستی تکمیل

می‌نماید؟ (سراسری ۹۴)

«در جانوران، هر نوع .....»

الف) تبادل قطعه بین دو کروموزوم، جهش نام دارد.

ب) لقاح تصادفی، به بروز فنوتیپ جدید زاده‌ها می‌انجامد.

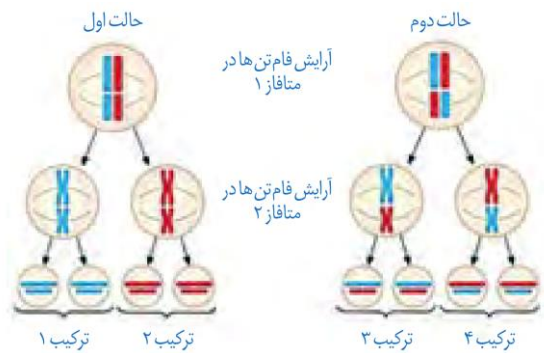
پ) تغییری در عدد کروموزومی سلول‌ها، جهش محسوب می‌شود.

ت) تفکیک کروموزومی در والدین، باعث نوترکیبی گامت‌ها می‌شود.

- ۱) ۱
- ۲) ۲
- ۳) ۳
- ۴) ۴

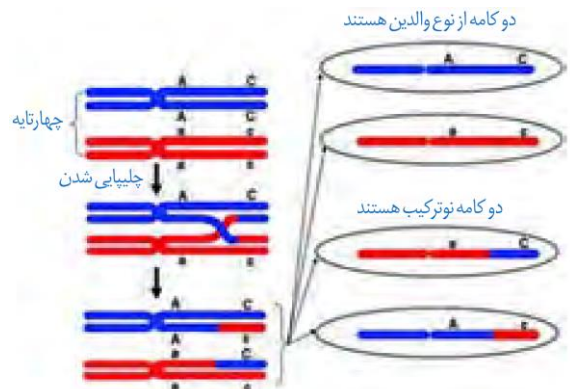
**پاسخ: گزینه «۱»**

**الف) گوناگونی دگره‌ای در کامه‌ها:** در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق کامه‌هایی که می‌سازد، نیمی از فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. این که هر کامه کدام یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهار تابه‌ها (تتراده‌ها) در کاستمان ۱ بستگی دارد. در متافاز کاستمان ۱، فام‌تن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد کامه‌های مختلف می‌انجامد. در شکل ۸ نحوه توزیع فام‌تن‌ها طی کاستمان نشان داده شده است.



شکل ۸- نحوه توزیع فام‌تن‌ها طی کاستمان

**ب) نوترکیبی:** در کاستمان ۱، هنگام جفت شدن فام‌تن‌های هم‌تا و ایجاد چهار تابه، 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 به وجود می‌آید و به آن‌ها **فامینک‌های نوترکیب** می‌گویند. از میان کامه‌ها، آن‌هایی که فامینک‌های نوترکیب را دریافت می‌کنند، **کامه نوترکیب** نامیده می‌شوند (شکل ۹).



شکل ۹- نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن

**پ) اهمیت ناخالص‌ها:** اهمیت ناخالص‌ها در حفظ گوناگونی را می‌توان به وسیله بیماری کم خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی



**تست ۱۴:** کدام عبارت، دربارهٔ ملخ‌های یک جمعیت درست است؟ (سراسری ۹۵)

- (۱) هر صفت جهش‌یافته‌ای، از والدین به همهٔ زاده‌ها منتقل می‌شود.
- (۲) فرایند کراسینگ‌اور می‌تواند منجر به عدم تولید گامت نوترکیب شود.
- (۳) به دنبال هر جهش، تغییری در تعداد نوکلئوتیدهای یک ژن رخ می‌دهد.
- (۴) هر سلول با داشتن دو مجموعه کروموزوم، می‌تواند گامت نوترکیب ایجاد کند.

**پاسخ: گزینهٔ «۲»**



**تست ۱۵:** کدام عبارت صحیح است؟

- (۱) رانش ژن برخلاف جهش فراوانی ال‌ها را در خزانهٔ ژنی یک جمعیت تغییر می‌دهد.
- (۲) آمیزش‌های غیرتصادفی برخلاف انتخاب طبیعی، منجر به افزایش فراوانی افراد خالص می‌شود.
- (۳) جهش همانند شارش ژن، با تغییر در مادهٔ ژنتیک جمعیت، خزانه ژنی را دستخوش تغییر می‌نماید.
- (۴) بعضی از افراد با رخ‌نمود طبیعی به دنبال تغییر محیط می‌توانند رخ‌نمود افراد مبتلا به بیماری ژنتیکی نهفته را نشان دهند.

**پاسخ: گزینهٔ «۴»**

در افراد  $Hb^S Hb^A$  که رخ‌نمود سالم دارند با کاهش اکسیژن محیط (تغییر محیطی) گویچه‌های قرمز داسی شکل شده و رخ‌نمود افراد مبتلا به بیماری ژنتیکی نهفته یا  $Hb^S Hb^S$  را نشان می‌دهند.



**تست ۱۶:** در مناطقی که عارضهٔ گلبول‌های قرمز داسی شکل شایع است، فراوانی فنوتیپ ..... در هنگام شیوع مالاریا نسبت به قبل از آن .....

- (۱) مغلوب- بیشتر می‌شود.
- (۲) غالب- بیشتر می‌شود.
- (۳) غالب- تغییر نمی‌کند.
- (۴) مغلوب- تغییر نمی‌کند.

**پاسخ: گزینهٔ «۱»**



**تمرین ۶:** با علامت + و - مشخص کنید که برای هر ژن‌نمود زیر کدام حالت امکان‌پذیر است؟

$X_B^A X_B^A$	$X_B^A X_B^a$	$X_B^A X_b$	ژن‌نمود
			کراسینگ‌اور
			نوترکیبی

**پاسخ:**

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.

ژن شناسان با مطالعهٔ توزیع این بیماری در جهان دریافته‌اند که فراوانی دگرهٔ  $Hb^S$  در مناطقی که مالاریا شایع است بسیار بیشتر از سایر مناطق است. بیماری مالاریا به وسیلهٔ نوعی انگل تک‌یاخته‌ای ایجاد می‌شود که بخشی از چرخهٔ 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، شکل آن‌ها داسی شکل می‌شود و انگل می‌میرد. پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود دگرهٔ  $Hb^S$  در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود. حال آن‌که در سایر مناطق دگرهٔ مطلوبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کنندهٔ صفتی است که حفظ می‌شود.



نکته:

۱- سنگواره‌ها	شواهد تغییر گونه‌ها
۲- تشریح مقایسه‌ای	
۳- مطالعات مولکولی	

۱- انقراض گونه‌ها: دایناسورها	اطلاعات سنگواره‌ها
۲- پیدایش گونه‌های جدید: لاله یا گربه	
۳- ثبات گونه‌ها: درخت گیسو	



**تمرین ۷:** درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

- الف) بعضی از سنگواره‌ها در پاسخ گیاه به زخم ایجاد می‌شوند.  
 ب) مقایسه برگ درخت گیسو با آثار سنگواره‌های آن نشان می‌دهد که این گیاه دچار تغییرات شدیدی شده است.  
 پ) دیرینه‌شناسان می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند.  
 ت) سنگواره‌ها نشان می‌دهد که در زمان‌های مختلف با توجه به شرایط متفاوت محیطی، زندگی به شکل‌های مشابهی جریان داشته است.

**پاسخ:**



- تست ۱۷:** دو اندام ..... در دو گونه مختلف نمی‌توانند .....  
 (۱) وستیجیال - با یکدیگر هم‌تا باشند.  
 (۲) هم‌تا - اندام وستیجیال باشند.  
 (۳) هم‌تا - دارای نقش‌های مهم و متفاوت باشند.  
 (۴) وستیجیال - دارای نقش‌های مهم و مشابه باشند.

**پاسخ:**

### گفتار ۳: تغییر در گونه‌ها

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

#### سنگواره‌ها

در سال‌های قبل، با انواع سنگواره‌ها و نحوه تشکیل آن‌ها آشنا شده‌اید. به یاد دارید که سنگواره عبارت بود از بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداري که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آن‌ها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

فسیل‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. دیرینه‌شناسی، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازد. دیرینه‌شناسان 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.

#### تشریح مقایسه‌ای

در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یک دیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی



نکته:

۱- شناخت گونه‌های خویشاوند علی‌رغم داشتن اندام‌های با ظاهر متفاوت ولی طرح ساختاری یکسان بر مبنای اندام‌های همتا	اطلاعات حاصل از تشریح مقایسه‌ای
۲- شناخت روش‌های مختلف سازش برای پاسخ به یک نیاز در گونه‌های مختلف بر مبنای اندام‌های آنالوگ	
۳- شناخت اندام‌های با کارایی بالا یا کم یا فاقد نقش بر مبنای اندام‌های وستیجیال	

بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکت جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آن‌ها یکسان است، با این‌که کار متفاوتی دارند «اندام‌ها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، 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 خویشاوند** می‌گویند.



شکل ۱۱- نیای مشترک و گونه‌های خویشاوند. از خویشاوندی موجودات زنده در رده‌بندی هم استفاده می‌شود. دلفین با شیرکوهی خویشاوندی نزدیک‌تری دارد تا با کوسه. بنابراین دلفین و شیرکوهی 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 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.

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.



**تمرین ۸:** درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در دو گونه مختلف، اندام‌هایی که کار یکسانی انجام می‌دهند، قطعاً همتا اند.

ب) در دو گونه مختلف، اندام‌ها یا ساختارهای همتا، قطعاً از لحاظ شکل و کار متفاوت اند.

پ) نیای مشترک شیرکوهی و کوسه می‌تواند نیای مشترک شیرکوهی و دلفین باشد.

ت) دلفین و کوسه در مقایسه با شیرکوهی و دلفین، نیاهای مشترک بیش‌تری دارند.

پاسخ:



**تمرین ۹:** جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف) خویشاوندی کوسه و دلفین (بیش‌تر- کم‌تر) ..... از خویشاوندی شیرکوهی و دلفین است.

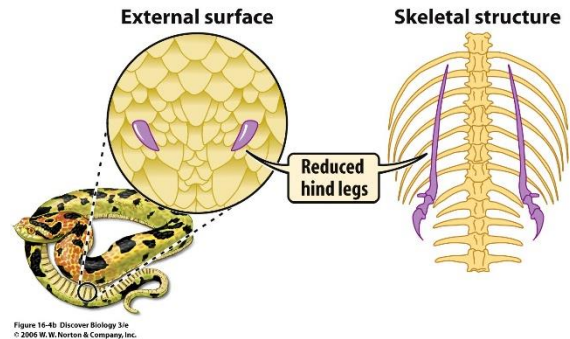
ب) غضروف ماهیان و پستانداران (فاقد- دارای) ..... نیای مشترک‌اند.

پ) دو جانوری که اندام (آنالوگ- همتا) ..... دارند خویشاوندی نزدیک‌تری به هم دارند.

ت) بال خفاش و بال کبوتر (آنالوگ- همتا) ..... هم هستند.

پاسخ:

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).

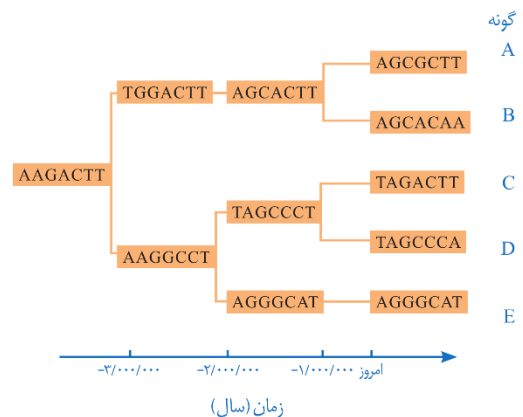


شکل ۱۲- بقایای پا در مار پیتون

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

### مطالعات مولکولی

مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان هم انجام داد. در ژنگان شناسی مقایسه‌ای، ژنگان گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید. مثلاً اینکه کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند. همچنین، زیست‌شناسان از مقایسه بین دنا جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هر چه دنا دو جاندار شباهت بیشتری داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توانند به تاریخچه تغییر آن‌ها پی ببرند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- جگونگی مشتق شدن پنج گونه فرضی از یک نیای مشترک

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



**تمرین ۱۰:** جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.  
 الف) سوسمار (برخلاف- همانند) ..... مار پیتون لگن دارد.  
 ب) سوسمارها نسبت به مارها از نظر زمانی به دایناسورها (نزدیک‌تراند- دورتراند)

پاسخ:



**تست ۱۸:** دلفین ..... کوسه دارای گردش خون ..... است.  
 (۱) همانند- ساده  
 (۲) برخلاف- مضاعف  
 (۳) همانند- مضاعف  
 (۴) برخلاف- ساده

پاسخ: گزینه ۲

دلفین پستاندار است؛ اما کوسه نوعی ماهی است. پستانداران برخلاف ماهی‌ها گردش خون مضاعف دارند.



**تست ۱۹:** کدام تعریف برای ژنگان درخت زیتون مناسب است؟

- (۱) شامل کل اسیدهای نوکلئیک درون هسته، سیتوپلاسم، راکیزه‌ها و سبز دیسه‌ها است.
- (۲) به کل محتوای ژنتیکی قابل انتقال از نسلی به نسل دیگر گفته می‌شود.
- (۳) شامل ۴۶ فام‌تن هسته و دناهای حلقوی راکیزه‌ها و سبزدیسه‌ها است.
- (۴) برابر با مجموع نوکلئیک اسیدهای هسته‌ای و سیتوپلاسمی است.

پاسخ: گزینه ۲

ژنگان به کل محتوای ماده وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی هسته‌ای از سیتوپلاسمی. ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام‌تن‌ها در نظر می‌گیرند.



**تست ۲۰:** در ژنگان‌شناسی، اهمیت توالی‌های حفظ شده چیست؟

- (۱) مشخص می‌کند چرا یک اندام وستیجیال بسیار کارآمد شده است.
- (۲) دلیل یکسان بودن کار اندام‌های آنالوگ را توضیح می‌دهد.
- (۳) دلیلی بر وجود صفات مشترک بین گونه‌های اشتقاق یافته از یک نیای مشترک است.
- (۴) مشخص می‌کند به چه دلیل اندام‌های همتا، طرح ساختاری متفاوت دارند.

پاسخ: گزینه ۳

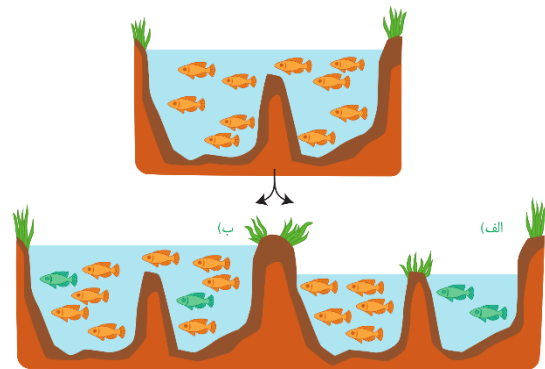
توالی‌های حفظ شده توالی‌هایی از دنا هستند که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند و برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌شوند، پس دلیلی بر وجود صفات مشترک بین گونه‌های اشتقاق یافته از یک نیای مشترک می‌باشند.

## گونه زایی

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»

زیستا در تعریف بالا، به جانداری 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.

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. به‌طور کلی ساز و کارهایی 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 ۱۴ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۱۴- الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی

گونه‌زایی دگرمیهنی: 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



تست ۲۱: جدا بودن خزانه ژنی دو گونه مختلف همواره ..... آن‌ها، تأیید می‌شود.

- (۱) با عدم آمیزش
- (۲) با عدم تقسیم زیگوت حاصل از
- (۳) با عدم توانایی تشکیل زیگوت از
- (۴) با عدم انتقال ژن به نسل‌های متوالی

پاسخ:



تست ۲۲: در گذشته به منظور اشتقاق دو گونه ماهی، که در یک زیستگاه زندگی می‌کردند ولی بعد با احداث یک سد از هم جدا شدند، ابتدا ..... (سراسری ۹۳)

- (۱) تنها، عامل تغییر دهنده دگرها فعال گردید.
- (۲) همه عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی دگرها دست به کار شدند.
- (۳) بعضی از اعضای جمعیت متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولیدمثلی شدند.
- (۴) یکی از نیروهای مؤثر بر تغییر ساختار ژنی جمعیت، متوقف گردید.

پاسخ:



تمرین ۱۱: با علامت‌های + و - مشخص کنید کدام موارد در گونه‌زایی‌های مشابه یا متفاوت است؟

گونه‌زایی	هم‌میهنی	دگر میهنی
جهش		
انتخاب طبیعی		
رانش		
شارش ژنی		
نوترکیبی		

پاسخ:





**تست ۲۳:** هر جانور دو رگه ..... قطعاً .....

(سراسری ۹۴)

- ۱) زیستا- روند تبادل ژن بین گونه‌های نزدیک را پایدار می‌کند.
- ۲) نازا- توانایی تکثیر اطلاعات ژنتیکی والدین خود را دارد.
- ۳) زیستا- زاده‌هایی ضعیف یا نازا تولید می‌کند.
- ۴) نازا- با فاصله کوتاهی پس از تولد می‌میرد.

**پاسخ:**



**تمرین ۱۲:** اگر فردی  $2n = 8$  در کاستمان ۱ خود دچار خطای میوزی شود و یک جفت کروموزوم‌های همتا از هم جدا نشوند. در صورت لقاح کامه‌های آن با کامه‌های طبیعی، یاخته‌های تخم حاصل چند فام‌تنی خواهند بود؟

**پاسخ:**



**تمرین ۱۳:** اگر فردی  $2n = 8$  در کاستمان ۲ خود دچار خطای میوزی شود و کروموزوم‌های دختری یک کروموزوم به یک کامه منتقل شوند، در صورت لقاح کامه‌های آن با کامه‌های طبیعی، یاخته‌های تخم حاصل چند فام‌تنی خواهند بود؟

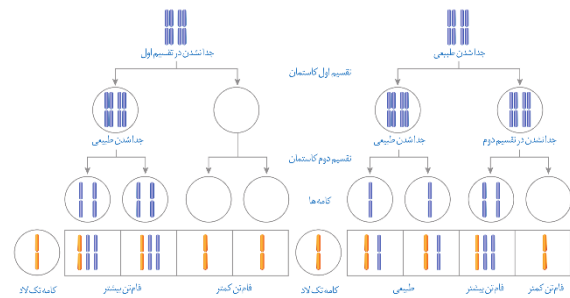
**پاسخ:**

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 و 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 هم‌میهنی:** 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 هم‌میهنی می‌نامند. در گونه‌زایی هم‌میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگرمیهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

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

گیاهان چندلادی بر اثر خطای کاستمانی ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدانشدن فام‌تن‌ها در کاستمان به تشکیل کامه‌هایی با عدد فام‌تنی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این کامه‌ها با کامه طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نتیجه آمیزش کامه‌های حاصل از خطای کاستمانی با کامه 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 تک لاد ( $n$ ).



**تست ۲۴:** گل مغربی سه لاد ..... گل مغربی تتراپلوئید .....  
 (۱) همانند- دارای فام تن های همتا است.  
 (۲) همانند- زیستا و زایا است.  
 (۳) برخلاف- فاقد توانایی تکثیر ژن های والدی خود است.  
 (۴) برخلاف- نشان دهنده گونه زایی دگر میهنی است.

#### پاسخ: گزینه ۱»

در گل مغربی سه لاد، از هر کروموزوم ۳ عدد و در گل مغربی تتراپلوئید از هر کروموزوم ۴ عدد موجود است، پس در هر دو کروموزوم همتا یافت می شود.

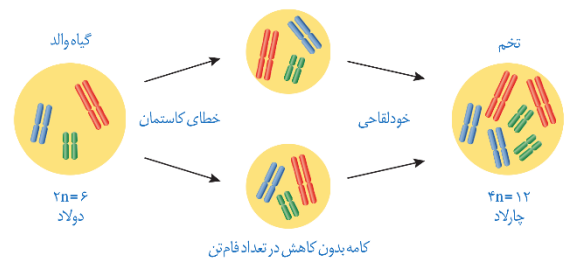


**تست ۲۵:** از آمیزش بین گیاهان گل مغربی تتراپلوئید و دیپلوئید، آندوسپرم از سلول تخم ضمیمه با ..... فام تن تولید می شود.

(۱) ۲۱ یا ۳۵  
 (۲) ۲۸ یا ۳۵  
 (۳) ۳۵ یا ۴۳  
 (۴) ۲۸ یا ۴۲

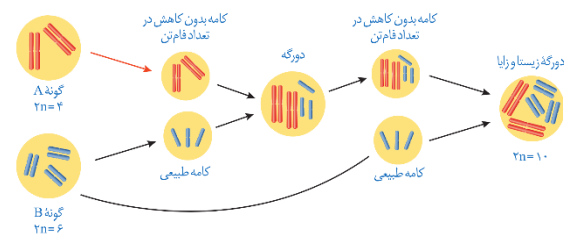
#### پاسخ:

اگر کامه های این گیاه با کامه های گیاهان طبیعی، که تک لادند، آمیزش کنند تخم های 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 می شود، قادر به کاستمان بوده، بنابراین زیابست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که  $2n$  بودند) نمی تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدیدی تعلق دارد که افراد آن  $4n$  هستند. شکل ۱۶ این ساز و کار را برای گیاهی با ۶ فام تن نشان می دهد.



شکل ۱۶- چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد

یکی دیگر از ساز و کارهای گونه زایی هم میهنی، آمیزش بین افراد متعلق به دو گونه مختلف است. اگر چه زاده های حاصل از آمیزش بین گونه ای، زیستا و زایا نیستند اما گاهی به لطف خطای کاستمانی، امکان ایجاد گونه جدید، به خصوص در گیاهان، فراهم می شود. شکل ۱۷ ساز و کار این نوع گونه زایی را نشان می دهد.



شکل ۱۷- ساز و کار ایجاد گونه جدید در نتیجه خطای میوزی و آمیزش بین گونه ای



**تمرین ۱۴:** برای ایجاد دو رگه زیستا و زایا  $2n=10$  از دو گونه A ( $2n=4$ ) و گونه B ( $2n=6$ ) نیاز است که:

۱- گونه  $(B-A)$  ..... با خطای کاستمانی، کامه  $2n$  تولید کند.  
 ۲- از لقاح کامه جهش یافته با کامه طبیعی، دو رگه (۷-۵) ..... فام تنی پدید آید.  
 ۳- دو رگه کامه ای (با - بدون) ..... کاهش تعداد فام تنی تولید کند.  
 ۴- دو رگه با گونه نیایی  $(B-A)$  ... خود آمیزش کند.  
 ۵- در دو رگه زیستا و زایا (همانند- برخلاف) ..... دو رگه اولیه فام تن های نیایی  $(B-A)$  ..... دو به دو همتا هستند.

#### پاسخ: