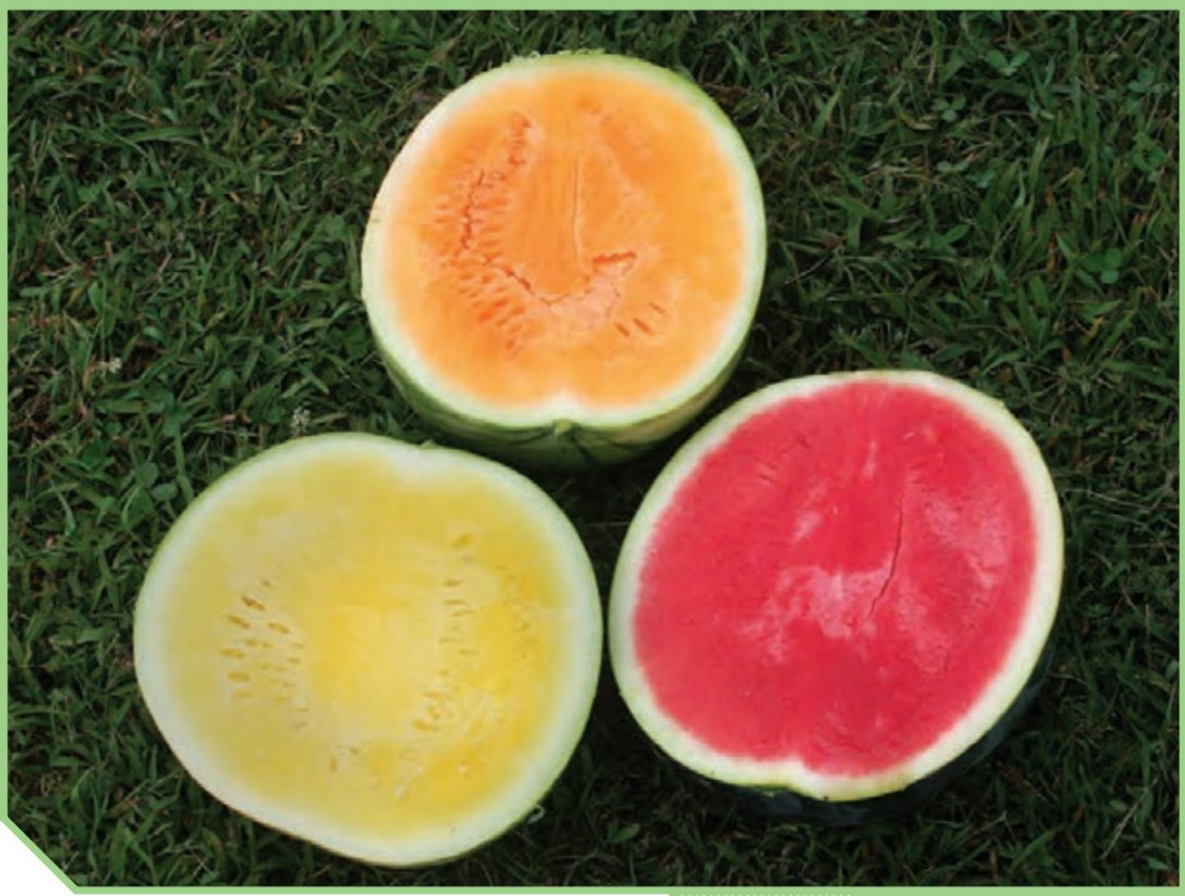
«نمی‌دوازدهم»

Book



فصل ۴

تغییر در اطلاعات وراثتی

طرح سؤال‌های محاسباتی و طرح سؤال از توالی‌های رمز، رمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها در همهٔ آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های مادهٔ وراثتی است اما در عین حال، مادهٔ وراثتی به‌طور 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 زمینهٔ تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند.

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

« بیماری کم خونی داسی شکل »

① جهش جانشینی در نوکلئوتید ← ② تبدیل رمز CTT به CAT

③ ← تبدیل کدون GAA به GUA ← ④ جایگزینی یک آمینواسید والین به جای گلوتامیک اسید

⑤ ← تغییر ساختار اول هموگلوبین β ← ⑥ تغییر ساختار نهایی هموگلوبین β (ساختار سوم)

⑦ ← تغییر ساختار چهارم Hb ← ⑧ تغییر شکل RBC

* از نظر فیزیکی آسیب ؟

جهش بزرگ > جهش کوچک

جانشینی > حرف اضافه

بی معنا > دگرمعنا > خاموش

بدون تغییر چارچوب > با تغییر چارچوب

ژن زنجیره β هموگلوبین فرد بیمار	ژن زنجیره β هموگلوبین فرد سالم
CAT	CTT
GTA	GAA
GUA	GAA
والین	گلوتامیک اسید

رمز ششم در رشته الگو

کدون در رشته رونویسی

کدون mRNA

آمینواسید ششم

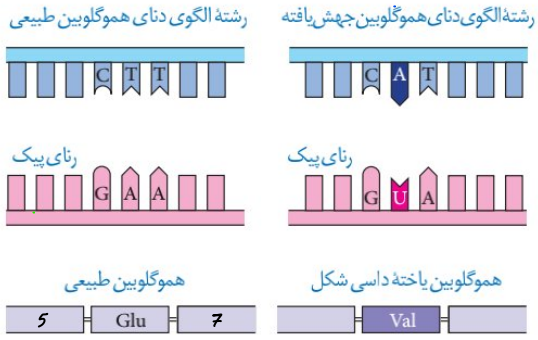
گفتار ۱

تغییر در مادهٔ وراثتی جانداران

تغییرپذیری مادهٔ وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد. تغییر در مادهٔ 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 ① مقایسهٔ آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل یافته، دریافتند که این دو هموگلوبین فقط در ششمین آمینواسید از زنجیرهٔ بتا متفاوت‌اند. ② مقایسهٔ ژن‌های زنجیرهٔ بتای هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به ششمین 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 ماندگار در نوکلئوتیدهای مادهٔ وراثتی را **جهش** می‌نامند.



شکل ۱ـ مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است.
Glu: گلوتامیک اسید
Val: والین

انواع جهش

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

جهش‌های کوچک: این جهش‌ها یک یا چند نوکلئوتید را در برمی‌گیرند. انواع جهش‌های کوچک در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. مثال یاخته‌های داسی شکل، نمونه‌ای از جهش کوچک است. در اینجا یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری شده است. این نوع جهش را **جانشینی** می‌نامند. از آن‌جایی که این جهش سبب تغییر در نوع آمینواسید در زنجیره پلی‌پپتیدی شده است؛ این نوع جهش جانشینی را **جهش دگر معنا** می‌نامند. به علت وجود رابطهٔ مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشتهٔ دنا،

« جهش حذف و اضافه »

1 بدون تغییر چارچوب (حذف یا اضافهٔ مضارب دو نوکلئوتید مجاور)

- طول توالی DNA و mRNA
  - تغییر
    - حذف ⬇
    - اضافه ⬆
- بین اسید آمینه
  - توالی تغییر
  - طول تغییر
    - تغییر کردن آغاز و بدون کردن آغاز دیگر ← بین اسید آمینه حذف نمی‌شود
    - بدون تغییر کردن آغاز، تغییر کردن پایان ← طول ⬆
    - بدون تغییر کردن آغاز و پایان ← طول ⬇
    - تغییر کردن آغاز و بدون کردن آغاز دیگر
      در همان چارچوب ← طول ⬆ ⬇
    - تغییر کردن آغاز و بدون کردن آغاز دیگر
      در چارچوب جدید ← طول ⬆ یا ⬇

2 با تغییر چارچوب

- DNA ← طول: تغییر (حذف ⬇ اضافه ⬆)
  - توالی تغییر
- mRNA ← طول: تغییر (حذف ⬇ اضافه ⬆)
  - توالی: تغییر
- بین اسید آمینه ← طول ← می‌تواند کاهش یا افزایش یا حتی مشابه قبل در جهش باشد
  - توالی: تغییر

* هیچ محل وقوع جهش به اواخر ژن تردید نباشد ← عواقب آن کم‌اثر است.

در همهٔ جانبی‌خ‌ها
- طول ← RNA , DNA ← ثابت
- توالی ← RNA , DNA ← تغییر

✓ بی‌معنا
✓ دگرمعنا
✓ خاموش

● در جهش جانبی خاموش
* طول DNA و محصولات ثابت
* توالی DNA و بعضی از محصولات ← تغییر
* محصول تمایز ← بدون تغییر

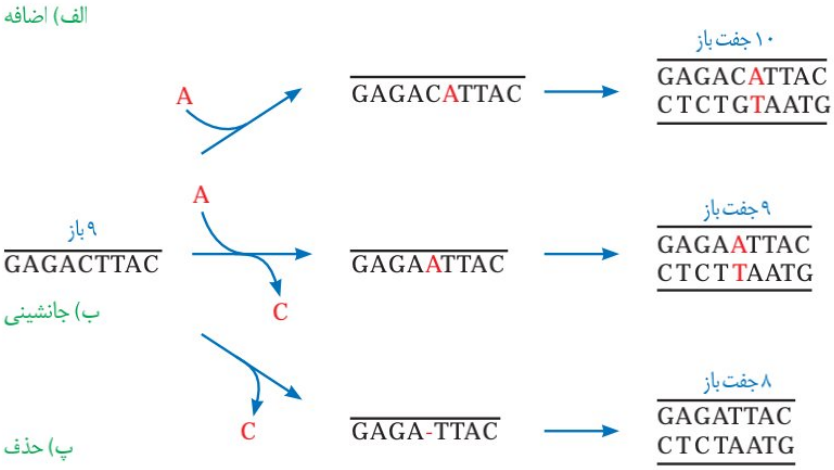
دگرمعنا
- طول: ثابت
- توالی: تغییر
← بی‌پیامد

● " " دگرمعنا
* طول DNA و محصولات ثابت
* توالی DNA و خط محصولات تغییر

بی‌معنا
- طول: تغییر
- توالی: تغییر
← بی‌پیامد

● " " بی‌معنا
* تقاطع جانبی که طول محصول را تغییر نمی‌دهد

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



شکل ۲ـ 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 توالی آمینواسیدها نخواهد گذاشت. چنین جهشی را **جهش خاموش** می‌نامند. این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلی‌پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد به این جهش، **جهش بی‌معنا** می‌گویند (شکل ۳).

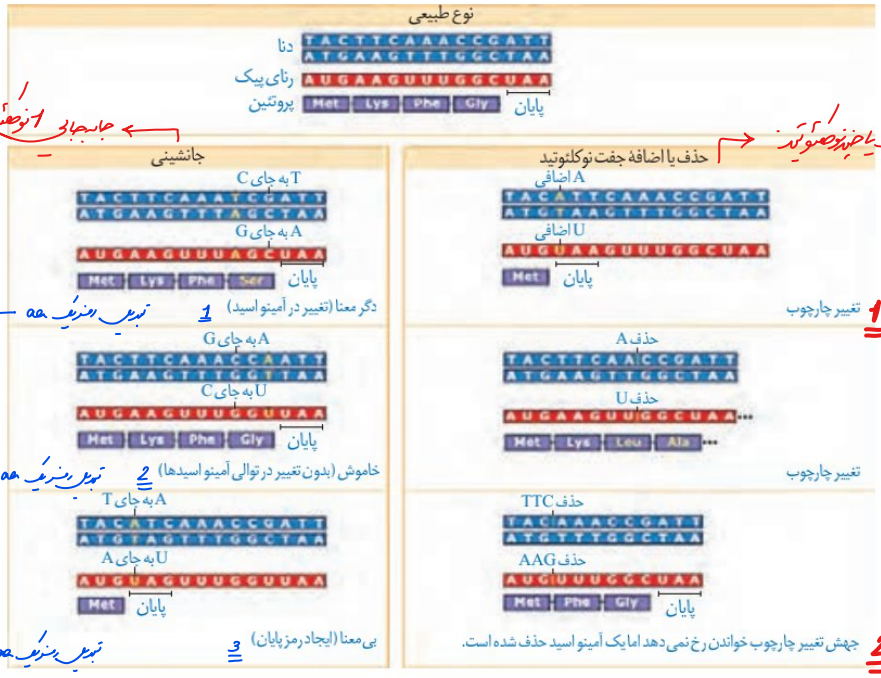
جهش‌های **اضافه** و **حذف**، انواع دیگر جهش‌های کوچک‌اند. در این جهش‌ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می‌شود. نتیجهٔ این جهش‌ها چیست؟ می‌دانیم که رمز دنا به‌صورت دسته‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ممکن است پیامد وخیمی داشته باشد. برای درک بهتر موضوع،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

ا ی ن / س ی ب / س ر خ / ا س ت

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

ا ی ن / ر س ی / ب س ر / خ ا س / ت

می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد. جهش‌های از نوع اضافه و حذف را که باعث چنین تغییری در خواندن می‌شوند، جهش **تغییر چارچوب خواندن** می‌نامند. در شکل ۳، تأثیر این جهش بر توالی یک پروتئین فرضی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید، جهش‌های اضافه و حذف، الزاماً به تغییر چارچوب خواندن نمی‌انجامند.



شکل ۳ـ تأثیر جهش بر پروتئین

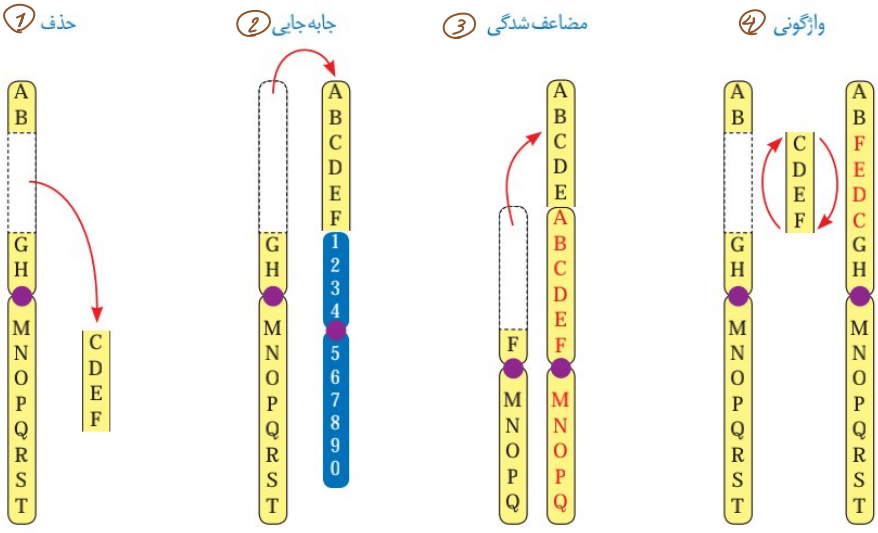
فعّالیت ۱

الف) در چه صورت طول یک رشتهٔ پلی پپتیدی ممکن است افزایش یابد؟
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 مشاهدهٔ کاریوتیپ می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند. (انعطاف)

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.

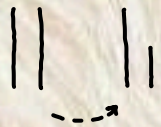


شکل ۴ـ انواع ناهنجاری‌های ساختاری در فام‌تن‌ها

نوعی ناهنجاری فام‌تنی (کروموزومی) که منجر به معکوس‌شدن قسمتی از فام‌تن می‌شود: واژگونی
نوعی ناهنجاری فام‌تنی (کروموزومی) که منجر به افزایش طول یک فام‌تن می‌شود: جابه‌جایی + مضاعف‌شدگی
نوعی ناهنجاری فام‌تنی (کروموزومی) که منجر به کوتاه‌شدن طول یک فام‌تن می‌شود: جابه‌جایی + مضاعف‌شدگی + حذف
نوعی ناهنجاری فام‌تنی (کروموزومی) که منجر به تغییر در ساختار فام‌تن بدون تغییر طول آن می‌شود: واژگونی + نوعی جابه‌جایی که قسمت جدا شده به همان فام‌تن برود.

* چیزی که در کاریوتیپ می بینیم 8)

○ حذف ← تغییر در اندازه یا کروموزوم (در اثر حذف کروموزوم تغییر ایجاد می شود)

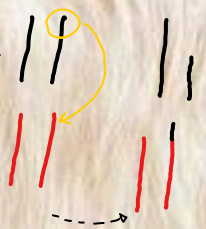


- یکی از کروموزوم ها از بخش های خود کوتاه تر است

* در این حالت هم ماده ژنتیک کاهش می یابد.

○ جابه جایی ← جابه جایی 1 طرفه بین دو کروموزوم غیر همتا

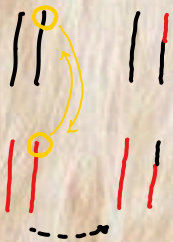
* مشاهده تغییر 2 عدد کروموزوم (در 2 حلقه کروموزوم قسمت)



- یکی از کروموزوم ها از بخش های خود کوتاه تر

و یکی دیگر از بخش های خود بلندتر می شود.

جابه جایی 2 طرفه بین دو کروموزوم غیر همتا



* مشاهده تغییر در توالی 2 کروموزوم در 2 حلقه متفاوت

و تغییری در ابعاد کروموزوم ها در کاریوتیپ دیده نمی شود.

جابه جایی نخی از کروموزوم و اتصال آن به بخش دیگر خودش

تغییر در یکی از کروموزوم ها در یک حلقه مشاهده می شود

طول آن تغییری نکرده ولی جایگاه قرارگیری

ژن ها نسبت به بخش های آن عوض شده.

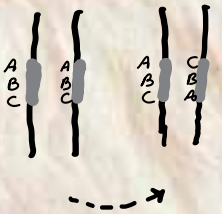
جایگاه ساختار دستخوش تغییر

○ مضاعف شدگی ← جابه‌جایی یک طرفه بین کروموزوم‌های همتا

شامل تغییر در 2 کروموزوم در یک خبط شامل بین یکی از کروموزوم‌ها کوتاه‌تر از طبیعی می‌باشد در حالی که یکی از آن‌ها از حد طبیعی بلندتر شده است.

○ وارونگی ← تغییر توالی یک کروموزوم از یک خبط رخ می‌دهد و تغییر اندازه‌ای نکته‌ی ترتیب دیده نمی‌شود.

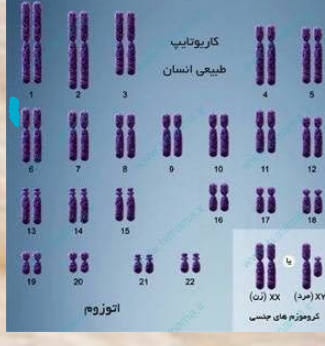
* (نوآوری در این جهش چگونه زیادی به دخیل شدن کروموزوم‌ها نمی‌کند)

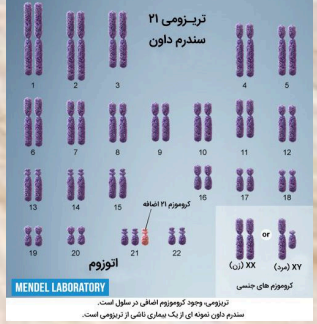


* جابه‌جایی بین کروموزوم‌های غیرهمتا ← 1 طرفه : جهش جابه‌جایی
2 طرفه : جهش جابه‌جایی

* " " همتا ← 1 طرفه : جهش مضاعف شدگی
2 طرفه : کراسینگ اور (جهش نیست)

جهش مضاعف‌شدگی	کراسینگ‌اور
نوعی جهش ساختاری و بزرگ است.	جهش نیست!
جابه‌جاشدن قطعه‌ای از یک فام‌تن به فام‌تن همتایش (از یکی می‌رود به دیگری.)	مبادلهٔ قطعه‌ای از فام‌تن بین کروماتیدهای غیرخواهری دو فام‌تن همتا (از این می‌رود به آن و از آن می‌آید به این.)
طول فام‌تن‌های همتا تغییر می‌کند؛ یکی کاهش و دیگری افزایش	طول فام‌تن‌های همتا تغییر نمی‌کند.
یکی از فام‌تن‌های همتا از بعضی ژن‌ها، ۲ نسخه دارد (در حالت تک‌کروماتیدی).	فام‌تن‌های همتا در صورت تک‌کروماتیدی‌بودن، از همهٔ ژن‌ها یک نسخه دارند.





تریزومی، وجود کروموزوم اضافی در سلول است.
سندرم داون نمونه ای از یک بیماری ناشی از تریزومی است.

نام جهش	حذفی	جابه جایی		واژگونی انتقال به همان همان کروموزوم		مضاعف شدگی
		انتقال به کروموزوم دیگر				
نوع ناهنجاری	ساختاری	ساختاری		ساختاری		ساختاری
نحوه تغییر	قسمتی از یک کروموزوم، حذف می شود.	قسمتی از یک فام تن به فام تن غیرهمتا، منتقل می شود.	قسمتی از یک فام تن به بخش دیگری از همان فام تن منتقل می شود.	قسمتی از یک فام تن، در همان بخشی که هست، برعکس می شود.		قسمتی از یک فام تن به فام تن همتا، منتقل می‌شود.
				با تغییر محل سانترومر همراه است.	با تغییر محل سانترومر همراه نیست.	
شکسته شدن پیوند فسفودی استر	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تشکیل پیوند فسفودی استر	اگر قسمت وسط حذف شود، آنگاه پیوند تشکیل می شود اگر از دوطرف حذف شود، آنگاه پیوند تشکیل نمی شود.	✓	✓	✓	✓	✓
طول کروموزوم و تعداد نوکلئوتیدها	کاهش	کروموزوم مبدا کاهش کروموزوم مقصد افزایش	ثابت	ثابت	ثابت	کروموزوم مبدا کاهش کروموزوم مقصد افزایش
مقدار ماده وراثتی یاخته	کاهش	ثابت	ثابت	ثابت	ثابت	ثابت
تعداد کروموزوم درگیر	۱ کروموزوم	۲ کروموزوم	۱ کروموزوم	۱ کروموزوم	۱ کروموزوم	۲ کروموزوم
مرگ یاخته	اغلب رخ می‌دهد.	-	-	-	-	-
وقوع در یاخته هاپلوئید	✓	✓	✓	✓	✓	✗
وقوع در یاخته دیپلوئید	✓	✓	✓	✓	✓	✓
وقوع در گامت	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (در صورت دیپلوئیدبودن گامت)

کروموزوم 22 + X + Y = 24

ژنهای هسته‌ای ← ژنهای سلول انسان

ژنهای میتوکندریایی

25

1 DNA حلقوی

✓ ژنهای میتوکندریایی همیشه حلقوی و ژنهای هسته‌ای همیشه خطی است.

✓ اعضای تحمیه ژنهای از سلولهای مرد (در انسان) وجود دارد زیرا تنوع کروموزوم متغیری دارند.

✓ در ژنهای هگز کروموزوم ها غیر جفت هستند

✓ از سلولهای زنان به دلیل فقدان Y اعضای تحمیه ژنهای وجود ندارد.

✓ محتوای ژنی یک فرد از یک جمعیت، نماینده ژنوم آن گونه است ولی خزانه ژنی مربوط به ژن همه افراد یک جمعیت می باشد.

✓ توالی های بین ژنی جزء ژنوم هستند ولی جزء خزانه ژنی نیستند.

✓ توالی پایی ژنوم انسان توسط هزاران تریلیون سلول خونی انسان (RBC) قصور نیست

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

پیامدهای جهش

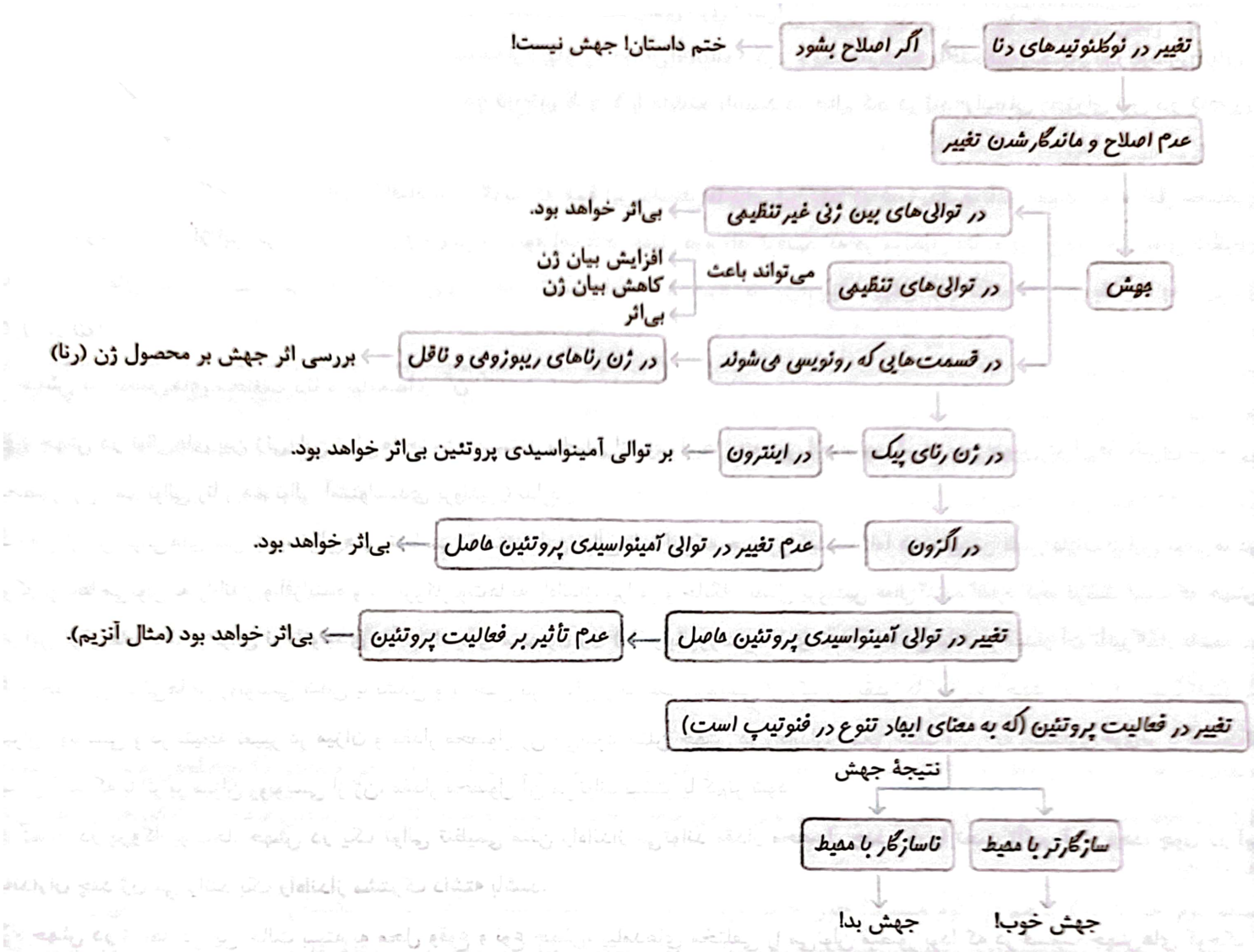
تأثیر جهش به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در **ژنگان (ژنوم)** است. ژنگان به کل محتوای مادهٔ وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای مادهٔ وراثتی هستهٔ ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هریک از انواع فام‌تن‌ها در نظر می‌گیرند. ژنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی X و Y است. 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 جانشینی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن‌گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به‌طوری‌که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

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

علت جهش

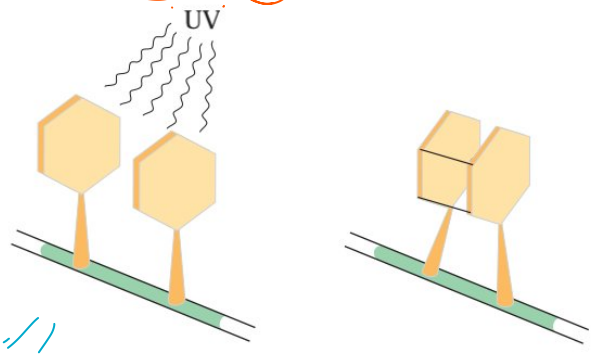
گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی دنا وجود دارد اما با وجود اینها، گاهی در همانندسازی خطاهایی رخ می‌دهد که باعث جهش می‌شوند. جهش، تحت اثر **عوامل جهش‌زا** هم رخ می‌دهد. عوامل جهش‌زا را می‌توان به دو دستهٔ فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. پرتو فرابنفش یکی از عوامل جهش‌زای فیزیکی است. این پرتو، که در نور خورشید وجود دارد، باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم در دنا می‌شود که به آن **دوپار (دیمر) تیمین** می‌گویند (شکل ۵). دوپار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم دنا بسپاراز، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می‌کند. از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به بنزوپیرن اشاره کرد که در دود سیگار وجود


تغییر در نوکلئوتیدهای دنا
اگر اصلاح بشود
ختم داستان! جهش نیست!
عدم اصلاح و ماندگارشدن تغییر
جهش
در توالی‌های بین ژنی غیر تنظیمی
بی‌اثر خواهد بود.
در توالی‌های تنظیمی
می‌تواند باعث
افزایش بیان ژن
کاهش بیان ژن
بی‌اثر
در قسمت‌هایی که رونویسی می‌شوند
در ژن رناهای ریبوزومی و ناقل
بررسی اثر جهش بر محصول ژن (رنا)
در ژن رنای پیک
در اینترون
بر توالی آمینواسیدی پروتئین بی‌اثر خواهد بود.
در اگزون
عدم تغییر در توالی آمینواسیدی پروتئین حاصل
بی‌اثر خواهد بود.
تغییر در توالی آمینواسیدی پروتئین حاصل
عدم تأثیر بر فعالیت پروتئین
بی‌اثر خواهد بود (مثال آنزیم).
تغییر در فعالیت پروتئین (که به معنای ایجاد تنوع در فنوتیپ است)
نتیجهٔ جهش
سازگارتر با محیط
ناسازگار با محیط
جهش خوب!
جهش بد!

بررسی اثر جهش بر توالی راه انداز
شناسایی نشدن راه انداز توسط رنابسپاراز
عدم تولید محصول ژن (رنا یا پروتئین)
عدم تغییر توالی نوکلئوتیدی راه‌انداز (خنثی‌بودن پیامد جهش)
تغییر نکردن مقدار رونویسی و محصول ژن
تغییر توالی نوکلئوتیدی راه‌انداز ولی تغییر نکردن عملکرد راه‌انداز
تغییر نکردن مقدار رونویسی و محصول ژن
تغییر در توالی نوکلئوتیدی راه انداز و اختلال در فعالیت آن در رونویسی
تغییر نکردن توالی محصول ژن
تشکیل راه انداز ضعیف‌تر
کاهش مقدار رونویسی و محصول ژن
تشکیل راه‌انداز قوی‌تر
افزایش مقدار رونویسی و محصول ژن

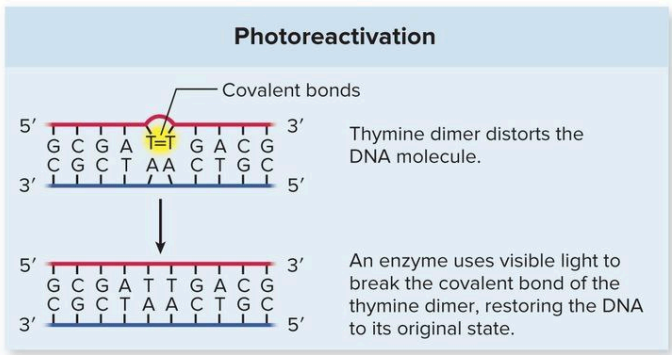
دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود.

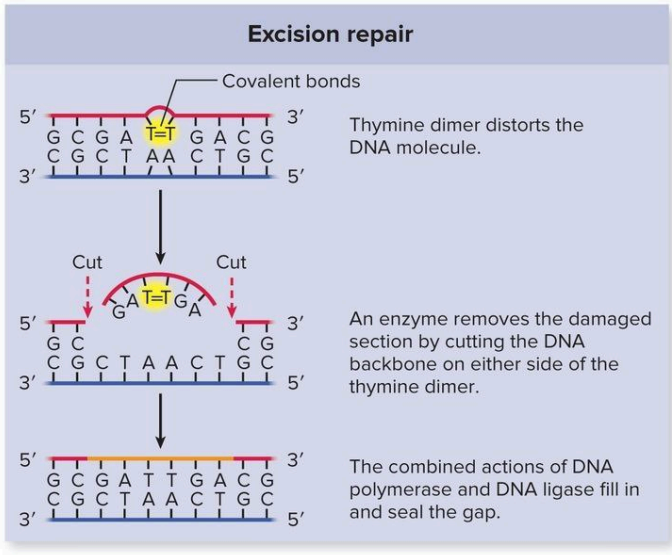
جهش ارثی یا اکتسابی است. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در گامت‌ها وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می‌کنند. در این صورت همهٔ یاخته‌های حاصل از آن تخم، دارای آن جهش‌اند. جهش اکتسابی از محیط کسب می‌شود. مثلاً سیگار کشیدن می‌تواند باعث ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس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



شکل ۵ـ تشکیل دوپار تیمین

سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند. در سال‌های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاد اکسنده و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. در عین حال، شیوهٔ فراوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد. تحقیقات نشان داده است در مناطقی که مصرف غذاهای 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 نیتریت‌دار مانند سدیم نیتریت، 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 موادغذایی از عوامل ایجاد سرطان است.





گفتار ۲ تغییر در جمعیت‌ها

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

تغییر در گذر زمان

به انسان‌های اطراف خود نگاه کنید. همهٔ انسان‌ها ویژگی های 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 می‌شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست؛ بلکه شرایط محیط تعیین‌کنندهٔ صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می‌شد، آن گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. بنابراین، زیست‌شناسان از واژهٔ «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.

CamScanner

عوامل مؤثر بر تغییر و تحول جمعیت

بخش ۵:

* اثر بر فراوانی و تنوع الل‌ها ← ↑
  ✓ تنوع در فرد
* طبیعی *
* ایجاد دگره جدید *

رانش (دگره‌ای):

* اثر بر فراوانی و تنوع الل‌ها و نسبت الل‌ها *
  قطعاً ↓ ممکن است ↓
* در اثر رویداد تصادفی (علت)
* کاهش اندازه جمعیت (اثر روی ۱ جمعیت)

شدید شدن:

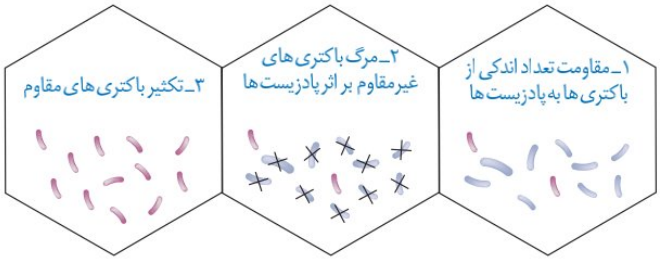
* اثر بر فراوانی و تنوع الل‌ها
  درشدن ۱ ظرف ← نیاز ↓ / درشدن ۱ ظرف ← جدا ↓ / نفقد ↓
  ۲ ظرف ← و بشر با انرژی ... / ۲ ظرف ← جدا ↓ / نفقد ↓
  در ۲ ظرف ← هر دو جمعیت ↓
* علت: مهاجرت افراد جمعیت
* اثر روی ۲ جمعیت *
* در این عامل ممکن است الل جدیدی وارد جمعیتی شود و نیز الل ایجاد می‌شود *
  ✓ ایجاد الل جدید ⇐ تنها در جهش

آمیزش غیر تصادفی:

* تغییر در فراوانی و تنوع الل‌ها (نه جنس)
* بر اثر بر فرد و جمعیت در مخلط
* علت: انتخاب جنسی

انتخاب طبیعی:

* تغییر در فراوانی و تنوع الل‌ها
* بر اثر در فرد * مؤثر در جمعیت
* علت ← تفاوت‌های فردی
  ← تغییر سازگاری.
* کاهش تنوع در جمعیت می‌شود.



شکل ۶ـ چگونگی مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست

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

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

خزانهٔ ژن

قبل از کشف مفاهیم پایهٔ 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 همهٔ دگره‌های موجود در همهٔ جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را **خزانهٔ ژن** آن جمعیت می‌نامند.

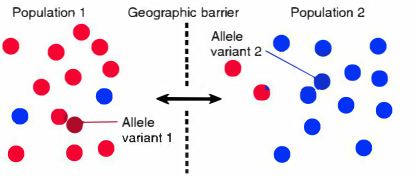
تعادل در جمعیت

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها 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. عوامل زیر باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود.

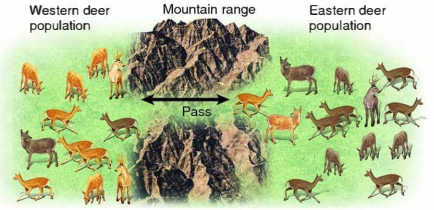
۱ الف) جهش: یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می‌شود. اگر جهش رخ دهد، آن‌گاه دگره‌های جدیدی ایجاد می‌شوند که این یعنی تغییر در فراوانی نسبی دگره‌ها. (جهش، با افزودن دگره‌های جدید، خزانهٔ ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.) بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر رخ‌نمود ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط محیط ممکن است دگرهٔ جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

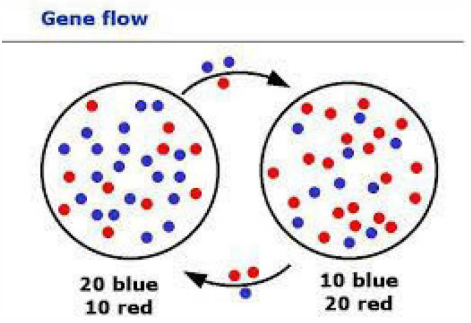
۲ ب) رانش دگره‌ای: (فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات است. حین عبور، تعدادی گوسفند به پایین سقوط می‌کنند و می‌میرند. اگر این گوسفندان زاده‌ای نداشته باشند، شانس انتقال ژن‌های خود به نسل بعد را از دست داده‌اند.) به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر

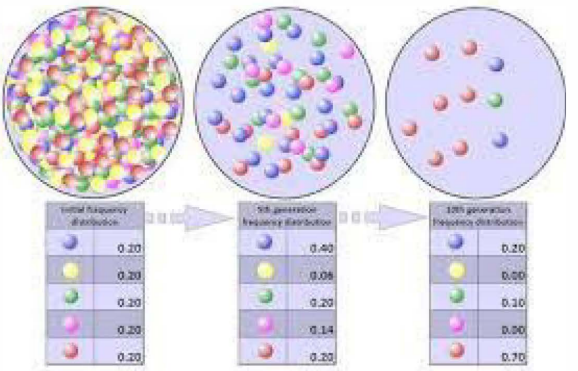
فرایند	عامل تعیین‌کننده	جمعیت هدف	نتیجه	تأثیر بر فراوانی نسبی الل‌ها و تعادل جمعیت
انتخاب طبیعی	شرایط محیطی	افراد سازگارتر با محیط را انتخاب می‌کند (یعنی به صورت غیرتصادفی). اثر آن ارتباطی به اندازهٔ جمعیت ندارد.	انتخاب افراد سازگارتر با محیط (افزایش فراوانی آن‌ها) و حذف افراد ناسازگار (کاهش فراوانی آن‌ها)	می‌تواند فراوانی نسبی الل‌ها را تغییر دهد و جمعیت را از تعادل خارج کند.
رانش رویدادهای کاملاً تصادفی	باقی‌ماندن افراد هیچ ربطی به فنوتیپ فرد و میزان سازگاری‌اش با محیط ندارد. هر چه اندازهٔ یک جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش اثر بیشتری دارد.	حذف تصادفی تعدادی از افراد جمعیت و کوچک‌شدن خزانهٔ ژنی آن لزوماً به سازش نمی‌انجامد.	می‌تواند منجر به تغییر در فراوانی نسبی الل‌ها و خروج جمعیت از تعادل شود.

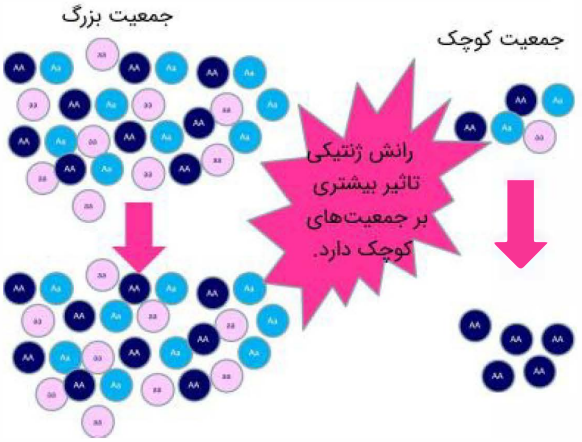


	فراوانی الل‌ها در جمعیت مبدأ	فراوانی الل‌ها در جمعیت مقصد	فراوانی نسبی الل‌ها در جمعیت مبدأ	فراوانی نسبی الل‌ها در جمعیت مقصد	ایجاد تشابه بین خزانهٔ ژنی جمعیت‌های مبدأ و مقصد
شارش یک‌طرفه	قطعاً کاهش می‌یابد.	قطعاً افزایش می‌یابد.	ممکن است تغییر کند یا نکند.	ممکن است تغییر نکند یا بکند.	رخ نمی‌دهد.
شارش دوطرفه	ممکن است تغییر نکند یا بکند.	ممکن است تغییر نکند یا بکند.	ممکن است تغییر نکند یا بکند.	ممکن است تغییر نکند یا بکند.	در صورت پیوسته و دوسویه بودن شارش می‌تواند رخ دهد.





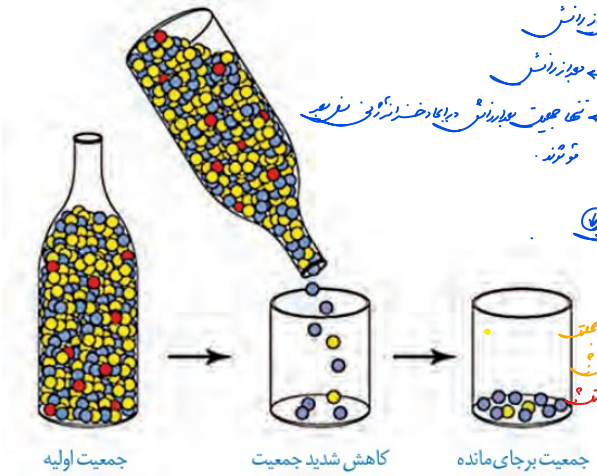




اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، **رانش دگره‌ای** می‌گویند. رانش دگره‌ای گرچه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

به مثال دیگری توجه کنید. گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آنهایی که می‌میرند ممکن است بیش از آنهایی باشند که زنده می‌مانند.

بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک 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.



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

هرچه 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.

پ ۳) 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 به‌طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانهٔ ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.

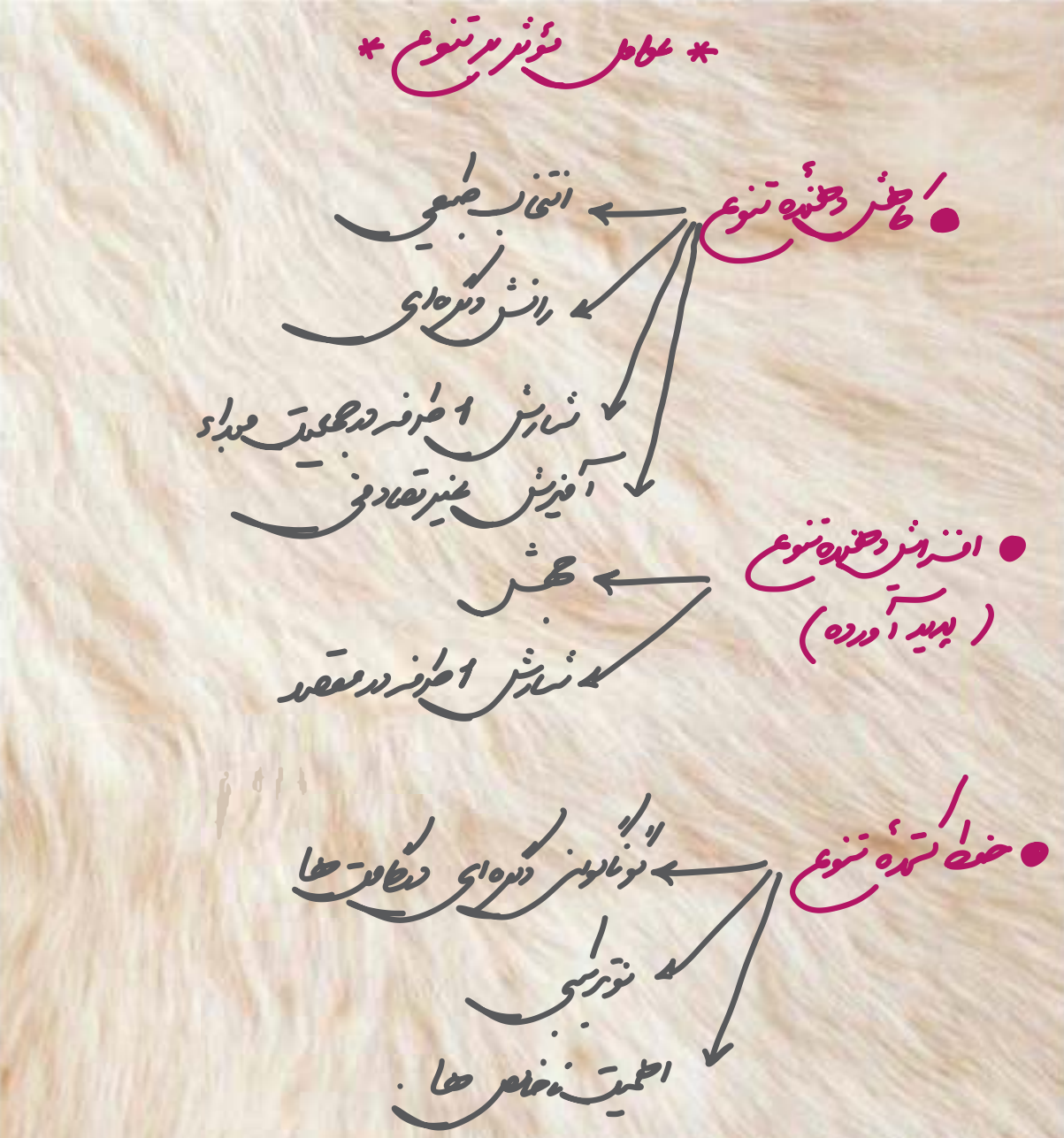
ت ۴) آمیزش غیرتصادفی: برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزش‌ها به رخ‌نمود یا ژن‌نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست و فراوانی نسبی ژن‌نمودها را تغییر می‌دهد. برای مثال، جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند (فصل ۸).

ث ۵) 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.

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 این‌رو به سازوکارهایی نیاز است که با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی تداوم داشته باشد. در ادامه، این سازوکارها را بررسی می‌کنیم.

الف ۱) گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها: در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر گامت کدام‌یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش



	فراوانی الل‌ها را در خزانهٔ ژنی تغییر می‌دهد؟	فراوانی ژنوتیپ‌ها را در خزانهٔ ژنی تغییر می‌دهد؟	فراوانی نسبی الل‌ها را در خزانهٔ ژنی تغییر می‌دهد؟
جهش	بله	بله	بله
رانش دگره‌ای	بله	بله	بله
شارش ژنی	بله	بله	بله
آمیزش غیر تصادفی	بله	بله	خیر
انتخاب طبیعی	بله	بله	بله

تفکرطراح نوعی عامل برهم زننده تعادل خزانهٔ ژنی جمعیت که .....

۱ تنها یک جمعیت را درگیر می‌کند ← جهش + رانش دگره‌ای + آمیزش غیر تصادفی + انتخاب طبیعی

۲ دو جمعیت را درگیر می‌کند ← شارش ژن

۳ فراوانی برخی از دگره‌ها را افزایش می‌دهد ← جهش + شارش ژن

۴ فراوانی برخی از دگره‌ها را کاهش می‌دهد ← رانش دگره‌ای + شارش ژن + انتخاب طبیعی

۵ فراوانی نسبی برخی از دگره‌ها را افزایش می‌دهد ← جهش + رانش دگره‌ای + شارش ژن + آمیزش غیر تصادفی + انتخاب طبیعی

۶ فراوانی نسبی برخی از دگره‌ها را کاهش می‌دهد ← جهش + رانش دگره‌ای + شارش ژن + آمیزش غیر تصادفی + انتخاب طبیعی

۷ مقاومت فردی را در یک جمعیت افزایش می‌دهد ← جهش + شارش ژن

۸ مقاومت فردی را در یک جمعیت کاهش می‌دهد ← رانش دگره‌ای + شارش ژن + انتخاب طبیعی

۹ مقاوم شدن باکتری‌ها را نسبت به پادزیست توضیح می‌دهد ← انتخاب طبیعی

۱۰ توان بقای یک جمعیت را کاهش می‌دهد ← رانش دگره‌ای + انتخاب طبیعی

۱۱ به شکل تصادفی رخ می‌دهد ← جهش + رانش دگره‌ای

۱۲ به شکل غیرتصادفی و هدفمند رخ می‌دهد ← شارش ژن + آمیزش غیر تصادفی + انتخاب طبیعی

۱۳ یک دگره جدید را به جمعیت اضافه می‌کند ← جهش + شارش ژن

۱۴ می‌تواند سبب اضافه شدن دگرهٔ جدید به جمعیت شود ← جهش

۱۵ در هنگام حوادث طبیعی مانند سیل و زلزله رخ می‌دهد ← رانش دگره‌ای

۱۶ در آن به ژنوتیپ و فنوتیپ افراد جمعیت، توجه می‌شود ← آمیزش غیر تصادفی

۱۷ باعث افزایش تنوع دگره‌ها در جمعیت می‌شود ← جهش + شارش ژن

۱۸ باعث کاهش تنوع دگره‌ها در جمعیت می‌شود ← رانش دگره‌ای + شارش ژن + انتخاب طبیعی

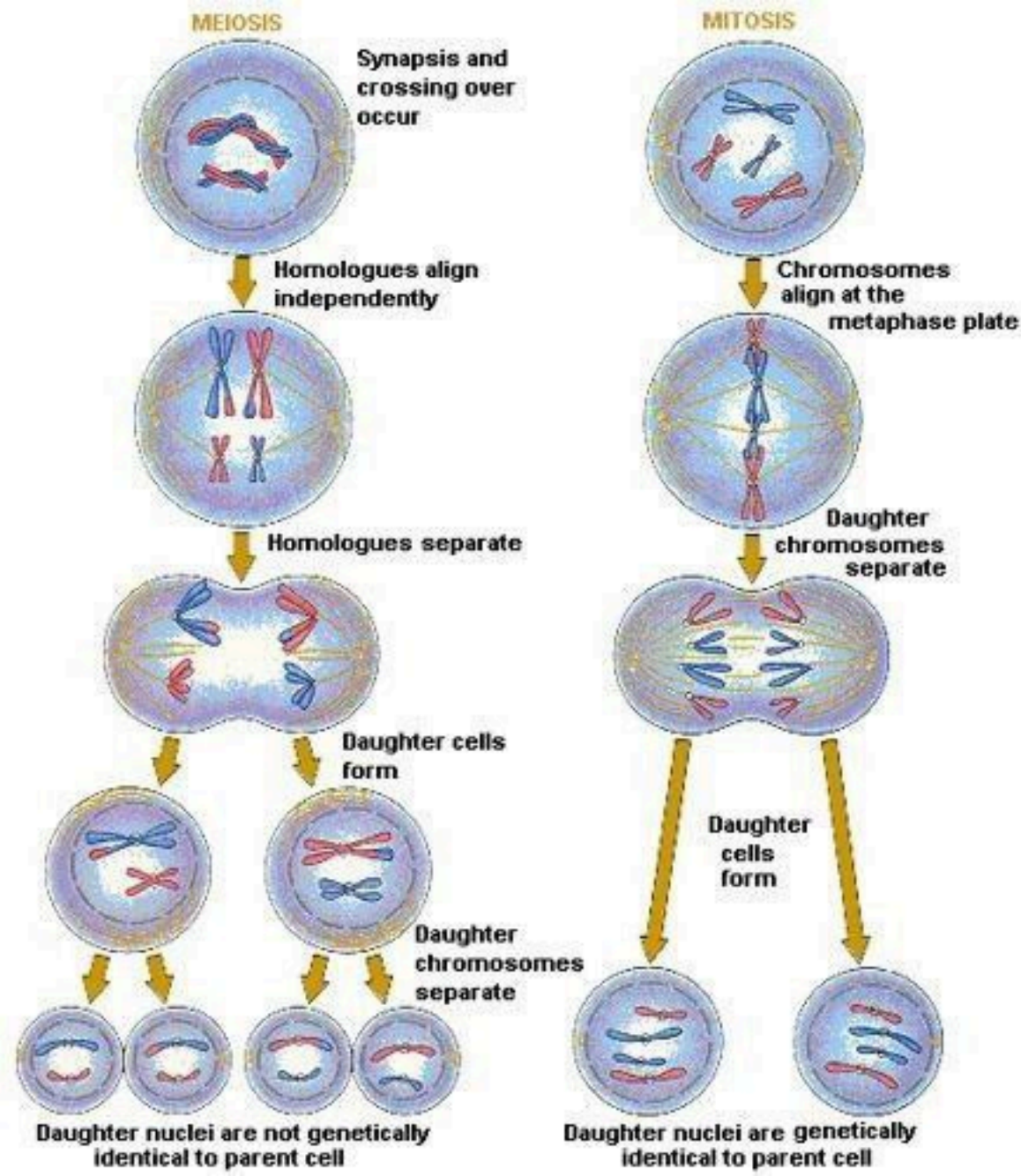
۱۹ باعث افزایش تنوع فنوتیپی در جمعیت می‌شود ← جهش + شارش ژن

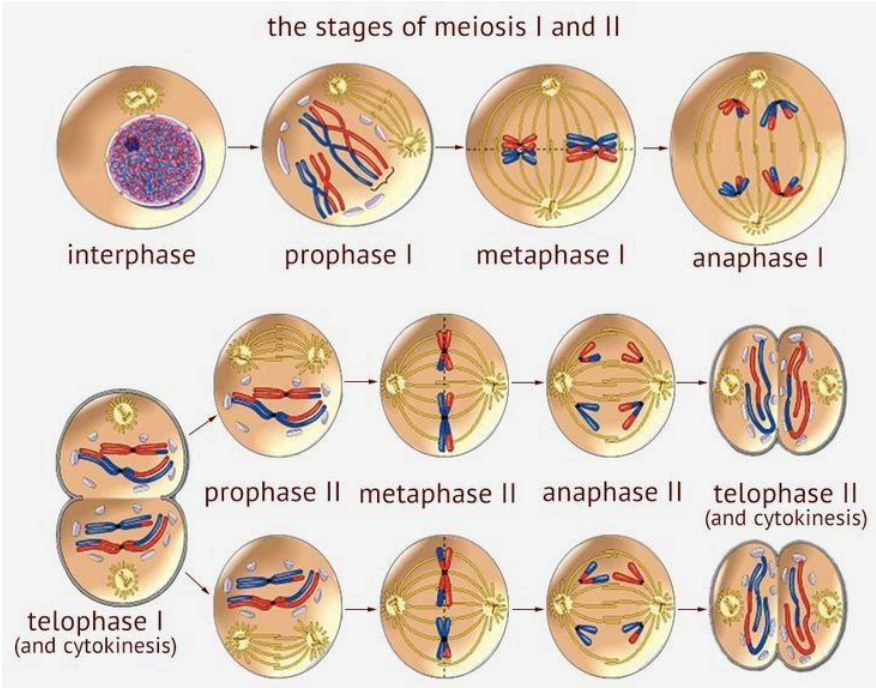
۲۰ باعث کاهش تنوع فنوتیپی در جمعیت می‌شود ← رانش دگره‌ای + انتخاب طبیعی + آمیزش غیرتصادفی

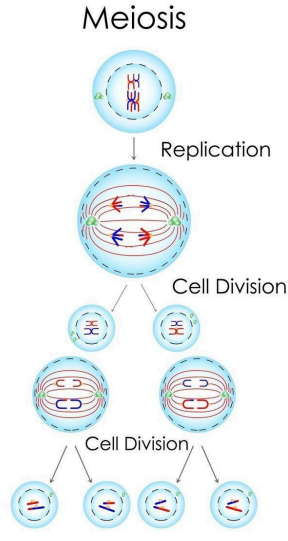
۲۱ باعث افزایش تنوع ژنوتیپی در جمعیت می‌شود ← جهش + شارش ژن

۲۲ باعث کاهش تنوع ژنوتیپی در جمعیت می‌شود ← رانش دگره‌ای + انتخاب طبیعی + آمیزش غیرتصادفی

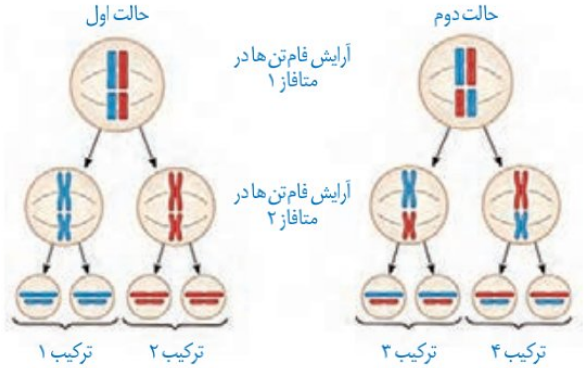
۲۳ باعث تغییر در فراوانی دگره‌ها در جمعیت می‌شود ← جهش + شارش ژن + رانش دگره‌ای + انتخاب طبیعی


MEIOSIS
Synapsis and crossing over occur
Homologues align independently
Homologues separate
Daughter cells form
Daughter chromosomes separate
Daughter nuclei are not genetically identical to parent cell
MITOSIS
Chromosomes align at the metaphase plate
Daughter chromosomes separate
Daughter cells form
Daughter nuclei are genetically identical to parent cell


the stages of meiosis I and II
interphase
prophase I
metaphase I
anaphase I
telophase I
(and cytokinesis)
prophase II
metaphase II
anaphase II
telophase II
(and cytokinesis)

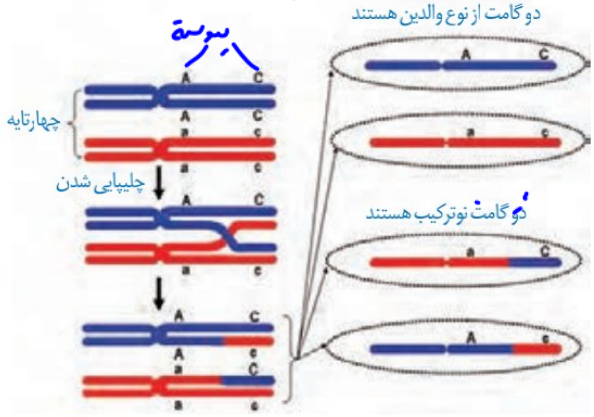

Meiosis
Replication
Cell Division
Cell Division

چهارتایه‌ها (تتراد‌ها) در کاستمان ۱ بستگی دارد. در متافاز کاستمان ۱، فام‌تن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد. در شکل ۸ نحوهٔ توزیع فام‌تن‌ها طی کاستمان نشان داده شده است.



شکل ۸ـ نحوهٔ توزیع فام‌تن‌ها طی کاستمان (میوز)

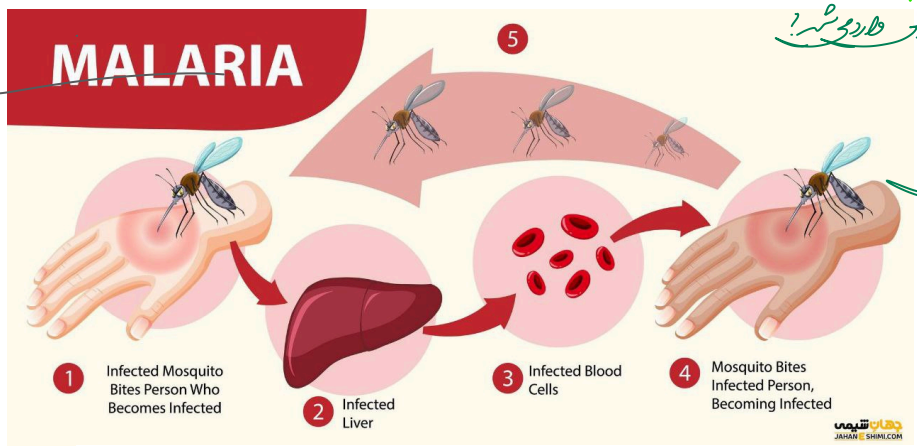
ب) نوترکیبی: در کاستمان ۱، هنگام جفت شدن فام‌تن‌های همتا و ایجاد چهارتایه، ممکن است قطعه‌ای از فام‌تن بین فامینک‌های غیرخواهری مبادله شود. این پدیده را **چلیپایی شدن (کراسینگ‌اور)** می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده حاوی دگره‌های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگره‌ها در این دو فامینک به‌وجود می‌آید و به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



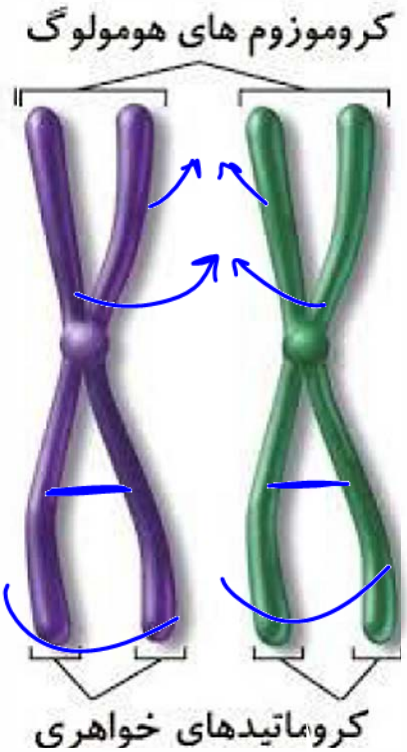
شکل ۹ـ نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن

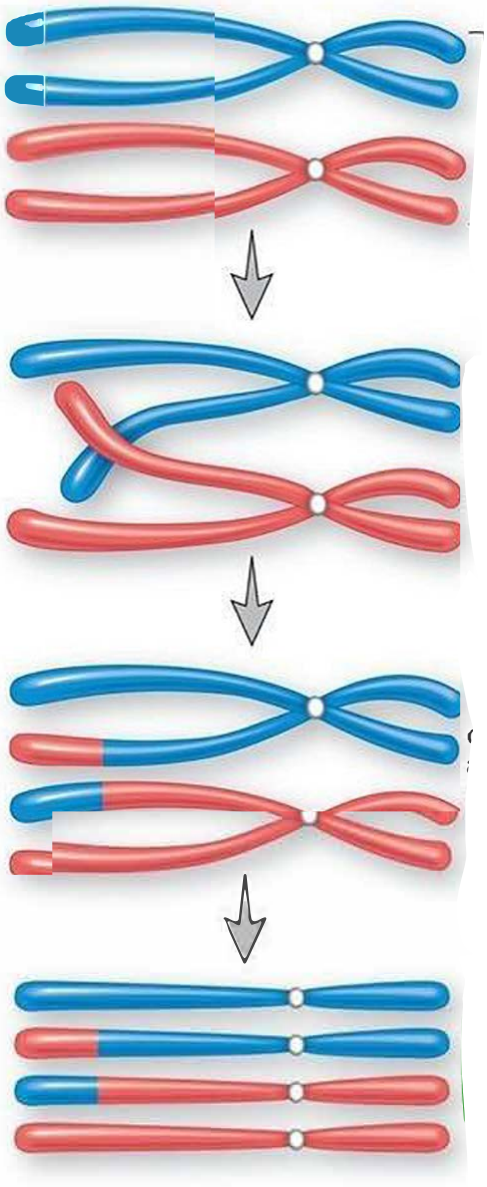
پ) اهمیت ناخالص‌ها: اهمیت ناخالص‌ها در تداوم گوناگونی را می‌توان به‌وسیلهٔ بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی‌شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی‌شکل ژن‌نمود Hb^SHb^S دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند. ژن‌نمود ناخالص‌ها Hb^AHb^S است و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز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

ژن‌شناسان 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 به‌وسیلهٔ نوعی انگل تک یاخته‌ای ایجاد می‌شود که بخشی از چرخهٔ زندگی خود را در گویچه‌های قرمز می‌گذراند. افرادی که گویچه سالم دارند، یعنی Hb^AHb^A هستند، در معرض خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند. این انگل نمی‌تواند در افراد Hb^AHb^S سبب بیماری شود، پس افراد Hb^AHb^S در برابر مالاریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود دگرهٔ Hb^S در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود؛ حال آنکه این دگره در سایر مناطق، دگرهٔ مناسبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کنندهٔ صفتی است که حفظ می‌شود.



تعبیر: عوامل بی‌تأثیر بر تعادل جمعیت که باعث افزایش گوناگونی می‌شوند: گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها + نوترکیبی + اهمیت ناخالص‌ها
از این دسته عوامل که شرایط لازم برای عملکرد انتخاب طبیعی را فراهم می‌کنند: گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها + نوترکیبی + اهمیت ناخالص‌ها
از این دسته عوامل که در جمعیت سه‌لاد (تریپلوئید) فعال هستند: اهمیت ناخالص‌ها
از این دسته عوامل که باعث ایجاد ژن‌نمود (ژنوتیپ)های جدید در جمعیت می‌شوند: گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها + نوترکیبی
از این دسته عوامل که طی تقسیم کاستمان (میوز) یک عملکرد خود را انجام می‌دهند: گوناگونی دگره‌ای در گامت‌ها + نوترکیبی


کروموزوم های هومولوگ
کروماتیدهای خواهری



	افراد Hb^AHb^A	افراد Hb^AHb^S	افراد Hb^SHb^S
سالم یا بیمار؟	سالم	ناخالص	بیمار هستند و معمولاً در سنین پایین می‌میرند.
ورود انگل مالاریا به گلبول قرمز آن‌ها؟	انگل مالاریا می‌تواند وارد گویچه‌های قرمز آن‌ها شود.		
مقاوم در برابر مالاریا؟	خیر	بله	
وضعیت گلبول قرمز؟	گویچه‌های قرمز آن‌ها، شکل طبیعی دارد.	گویچه‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی شکل می‌شود که اکسیژن محیط کم شود.	گویچه‌های قرمز آن‌ها، در هر شرایطی داسی شکل است.
وضعیت گلبول قرمز پس از ورود مالاریا به آن؟	از بین می‌رود.	داسی شکل	داسی شکل
وضعیت گلبول قرمز در هنگام کمبود اکسیژن محیط؟	سالم	داسی شکل	داسی شکل
مقدار ترشح هورمون اریتروپویتین؟	در موقع کمبود اکسیژن محیط بالا می‌رود، ولی در حالت طبیعی، مقدار آن نرمال است.		همواره بالا
شانس زنده ماندن؟	در مناطق مالاریا خیز، شانس زنده ماندن آن‌ها نسبت به سایر مناطق کاهش می‌یابد.	در مناطق مالاریا خیز و غیر مالاریا خیز، شانس بالایی برای زنده ماندن دارند.	معمولاً در سنین پایین می‌میرند.
در خزانهٔ ژنی نسل بعد؟	نقش دارند.	نقش دارند.	معمولاً نقش ندارند.

* انیمه غیر فرد جهت احتمال داشتن نقش در خزانه ژنی نسل آینده دارد ⇐ به فضای شانسی اصلاح
* در محیط معمولی و مناطق مالاریا خیز، شانس افراد ناخالص، تغییر نکرده که شانسی افراد سالم ناخالص بیشتر می‌باشد ⇐ بیشترین شانسی بامعنی شان داده می‌شود.

* محیط معمولی

Hb^AHb^A ① — Hb^AHb^S ① — Hb^SHb^S ⊙ ← در اثر کم خونی از بین می‌رود.

شانس یکسان دارند.

Hb^AHb^A ① — Hb^AHb^S ⑯ — Hb^SHb^S ⊙ ← در اثر کم خونی از بین می‌رود.

فرقی ندارد

* کاهش
در محیط کم O_2 ←

* در مناطق مالاریا خیز:

Hb^AHb^A ⑱ — Hb^AHb^S ① — Hb^SHb^S ⊙ ← در اثر کم خونی از بین می‌رود.

* کاهش
احتمال ابتلا به مالاریا ⑱

کم خونی ندارد
نسبت به مالاریا مقاوم

گفتار ۳ تغییر در گونه‌ها

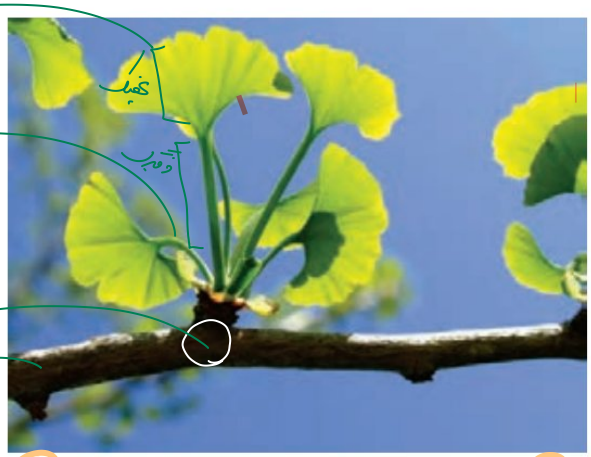
گونه‌های بسیاری روی کرهٔ زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه‌ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا اینکه در طول زمان پدید آمده‌اند؟

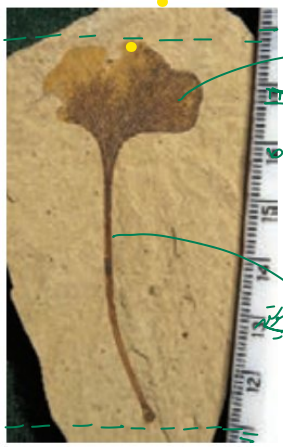
شواهد تغییر گونه‌ها

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

1 الف) سنگواره‌ها: در سال‌های قبل، با انواع سنگواره‌ها و نحوهٔ تشکیل آنها آشنا شده‌اید. به یاد دارید که سنگواره عبارت بود از بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداری که در گذشتهٔ 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 همهٔ قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

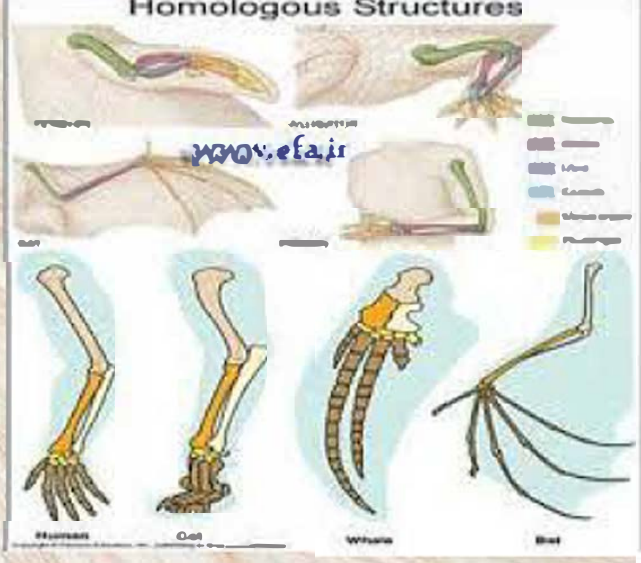
سنگواره‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. **دیرینه‌شناسان**، که به مطالعهٔ سنگواره‌ها می‌پردازند، دریافته‌اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل دایناسورها. در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل گل لاله یا گربه. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تا زمان حال زندگی کرده‌اند مثل درخت گیسو. شواهد سنگواره‌ای نشان می‌دهند که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است (شکل ۱۰).





شکل ۱۰ـ برگ درخت گیسو و سنگوارهٔ 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.



نوعی شاهد تغییر گونه‌ها که دیرینه‌شناسان به مطالعهٔ آن می‌پردازند: سنگواره (فسیل)

نوعی ساختار جانوری که نشان‌دهندهٔ روش‌های متفاوت برای پاسخ به یک نیاز است: ساختارهای آنالوگ

نوعی ساختار جانوری که برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌شود: ساختارهای همتا

نوعی ساختار جانوری که در یک عده کارآمد و در عده‌ای دیگر کوچک شده است: ساختارهای وستیجیال

نوعی ساختار جانوری که وجود رابطه‌ای بین یک مهره‌دار با مهره‌داران دیگر را نشان می‌دهد: ساختارهای همتا ساختارهای وستیجیال

نوعی شاهد تغییر گونه‌ها که در آن، اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود: تشریح مقایسه‌ای

ساختارهایی که نسبت به ساختار مشابه، کوچک یا ساده شده‌اند: ساختارهای وستیجیال

ساختارهایی که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند: ساختارهای آنالوگ

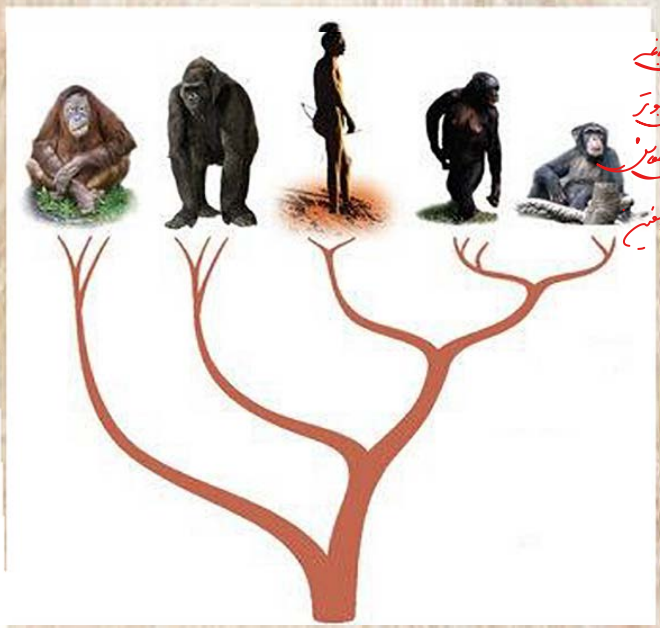
ساختارهایی که به‌صورت ضعیف‌شده در یک جاندار دیده می‌شوند: ساختارهای وستیجیال

ساختارهایی که طرح مشابه ساختار بدنی بعضی گونه‌ها را نشان می‌دهند: ساختارهای همتا

نوعی شاهد تغییر گونه‌ها که مقایسهٔ گونه‌ها را در تراز ژنوم (ژنگان) انجام می‌دهد: مطالعات مولکولی

همتا (هومولوگ) ← مختار / غیرمختار

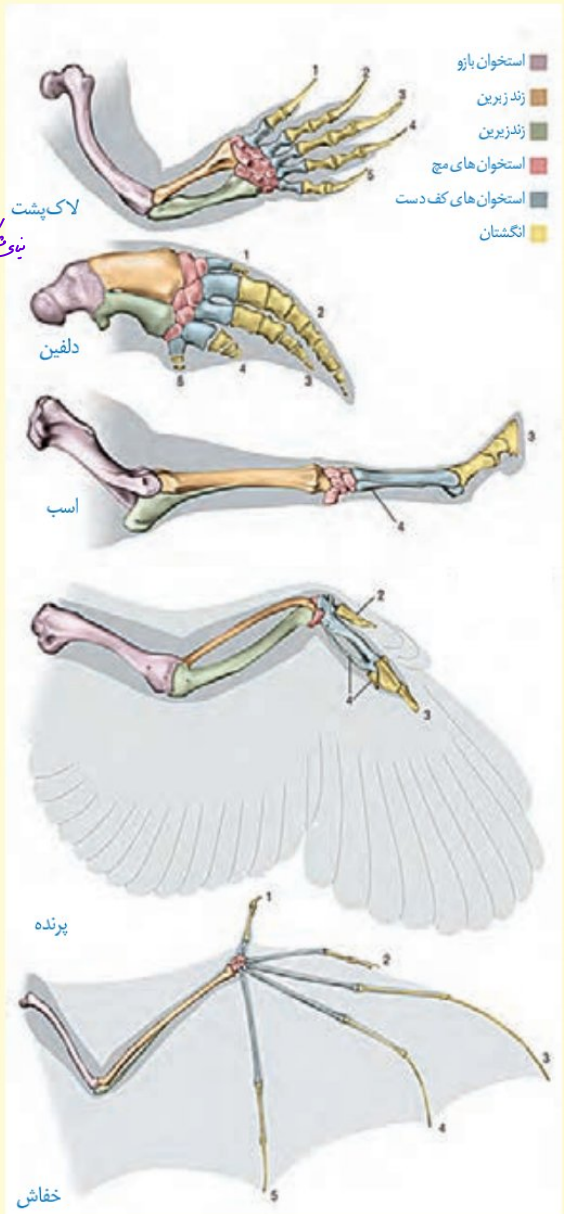
آنالوگ ← فقط مختار



بیشتر بدانید

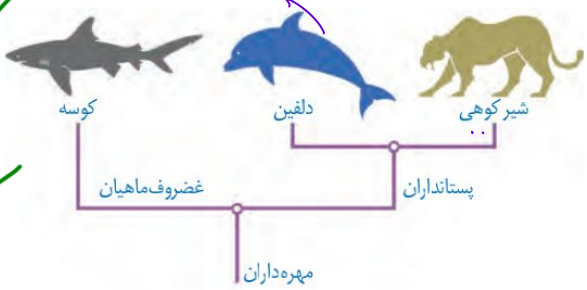
ساختارهای همتا

طرح ساختاری یکسان در اندام حرکتی جلویی بعضی از مهره‌داران



ب) تشریح مقایسه‌ای: در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. (مقایسهٔ 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، بالهٔ 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 گونهٔ مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱۱)، به همین علت این شباهت‌ها میان آنها دیده می‌شود. (گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند **گونه‌های خویشاوند** می‌گویند.)



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

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

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

تشریح مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری را نیز فراهم می‌کند. وقتی گونه‌های مختلف را

ویژگی‌ها / ساختارها	ساختاری	عملکردی	کاربرد	مثال
همتا	طرح ساختاری یکسان	ممکن است کار متفاوتی داشته باشند (ممکن هم است کارشان مشابه باشد).	۱- رده‌بندی و گروه‌بندی جانداران ۲- تعیین گونه‌های خویشاوند ۳- نشان‌دهندهٔ وجود نیای مشترک بین گونه‌ها	اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران
آنالوگ	طرح ساختاری متفاوت	عملکرد مشابهی دارند.	نشان‌دهندهٔ روش‌های مختلف سازش گونه‌های مختلف، در پاسخ به یک نیاز مشترک	بال پروانه و کبوتر
وستیجیال	کوچک، ساده و یا ضعیف‌شدهٔ یک ساختار یکسان	ممکن است فاقد کار خاصی باشند (ممکن هم هست کار مشخصی انجام دهند).	۱- رد پای تغییر گونه‌ها ۲- نشان‌دهندهٔ ارتباط یک گونه با گونه‌های دیگر	بقایای پا در مار پیتون

ساختارهای مورد مطالعه در تشریح مقایسه‌ای

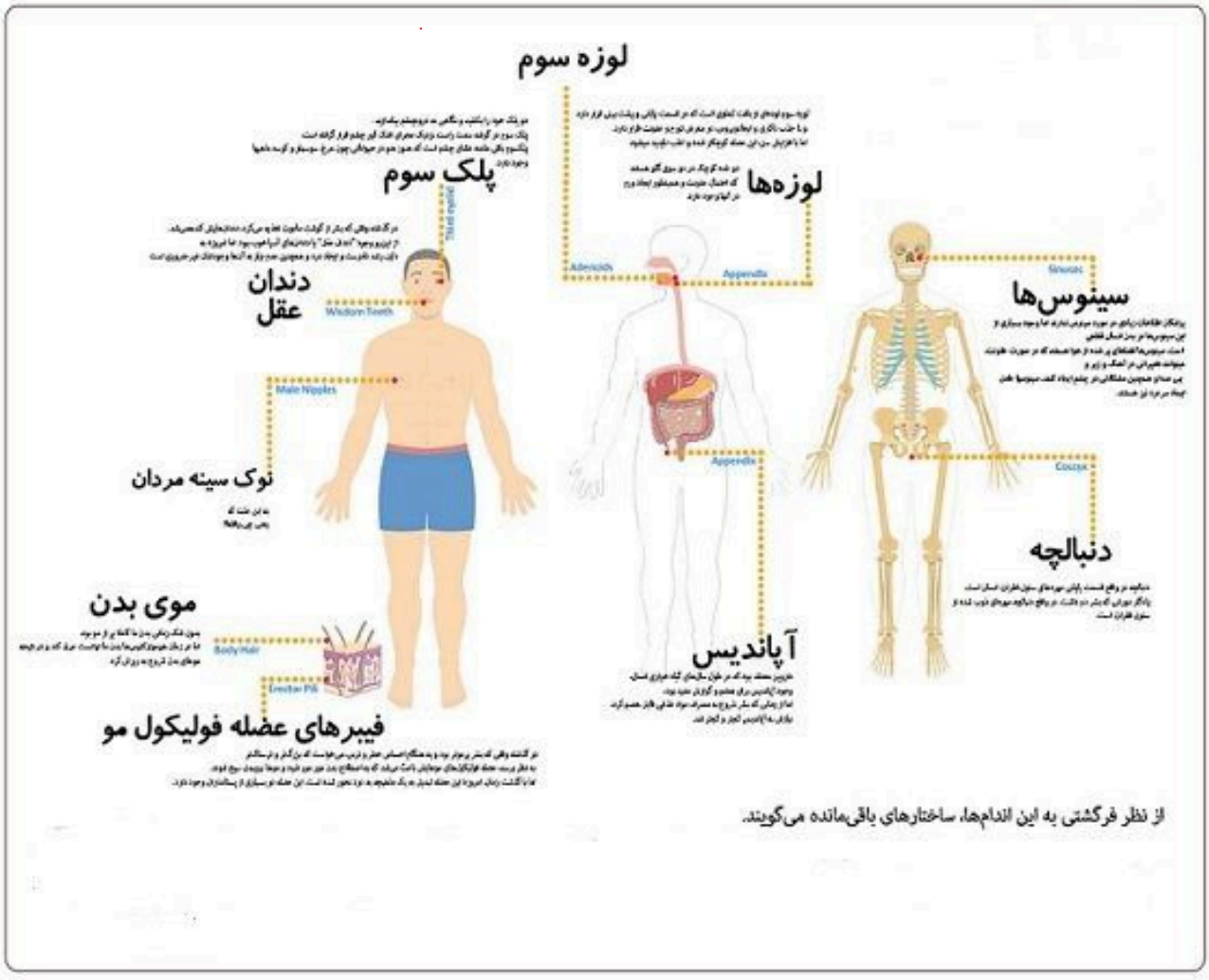
نوع ساختار	همتا	آنالوگ	وستیجیال
طرح ساختاری	مشابه	متفاوت	کوچک یا ساده شده
کارکرد	متفاوت یا مشابه	مشابه	ضعیف‌شده یا فاقد کار خاص
سازش متفاوت به یک نیاز یکسان	✗	✓	✗
ردپای تغییر گونه‌ها	✗	✗	✓ مار از تغییر سوسمار پدید آمده است.
شاهد تغییر گونه‌ها	✓	-	✓
مثال	اندام حرکتی جلویی مهره‌داران	بال کبوتر و بال پروانه	بقایای پا در لگن مار پیتون

شکل ۱۲ـ بقایای پا در مار پیتون

مقایسه می‌کنیم. گاهی به ساختارهایی برمی‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عدهٔ دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای **وستیجیال** (به معنی ردپا) می‌نامیم. مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به‌صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است (شکل ۱۲).

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

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



از نظر فرگشتی به این اندام‌ها، ساختارهای باقی‌مانده می‌گویند.

CamScanner

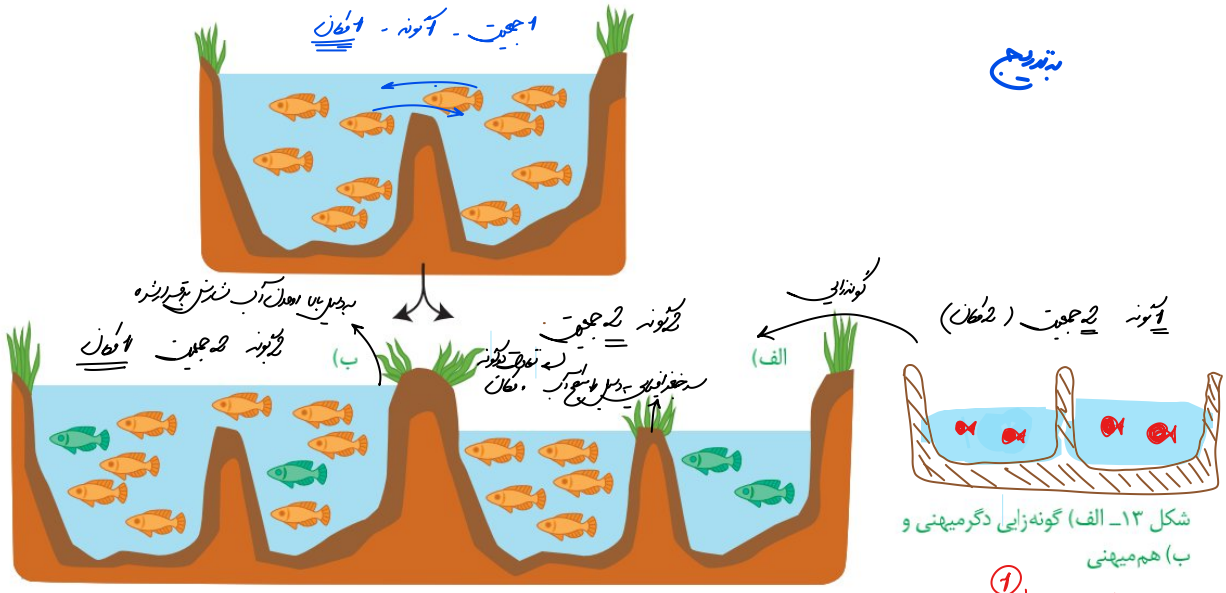
گونه‌زایی

تعاریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدودهٔ 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 به‌وجود 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.

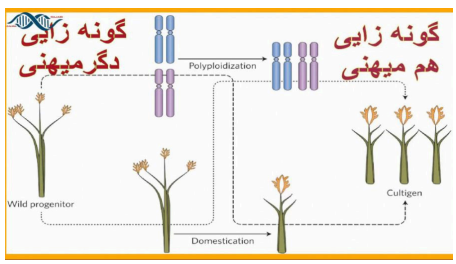
اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن‌گاه خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونهٔ جدید فراهم می‌شود. منظور از جدایی تولیدمثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند.

به‌طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی **دگرمیهنی** که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی **هم‌میهنی** که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد. در شکل ۱۳ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۱۳ـ الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی

گونه‌زایی دگرمیهنی: گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. (مثلاً در نتیجه پدیده کوه‌زایی، ممکن است در یک منطقه مثلاً کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود و یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند.) این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را ـ که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند ـ قطع می‌کنند و بین آنها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد. بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به‌تدریج 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 دوگونه مجزا به‌شمار آورد.



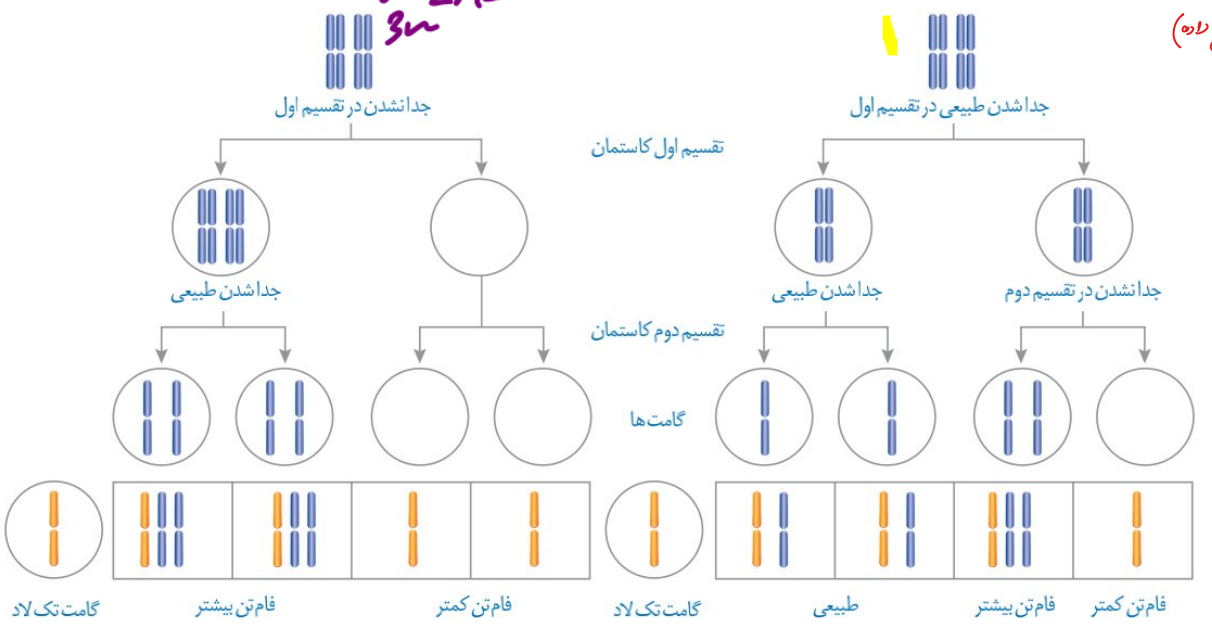
	گونه‌زایی دگر میهنی	گونه‌زایی هم‌میهنی
توقف وعی عامل مؤثر در خارج کردن جمعیت از تعادل در ابتدای آن ضروری است؟	بله	خیر
جدایی جغرافیایی داریم؟	بله	خیر
جدایی تولیدمثلی داریم؟	بله	بله
ابتدا ارتباط بین دو بخش از جمعیت قطع می‌شود؟	بله	خیر
جدایی تولیدمثلی و گونه‌زایی در یک نسل رخ می‌دهد؟	خیر	بله
مدت‌زمان برای صورت گرفتن؟	تدریجی و در چندین نسل	سریع و در یک نسل
بر اثر تغییرات تدریجی در نسل‌های متعدد، گونهٔ جدید ایجاد می‌شود؟	بله	خیر
وضعیت جمعیت؟	در دو زیستگاه	در یک زیستگاه
در جمعیت‌های ساکن یک زیستگاه صورت می‌گیرد؟	خیر	بله
هنگام پیدایش گیاهان چندلادی رخ می‌دهد؟	خیر	بله
در آن، افراد گونهٔ جدید قادر به آمیزش موفقیت‌آمیز با گونهٔ نیایی خود نیستند؟	بله	بله
مثال؟	تغییر ماهیان موجود در دو زیستگاه مختلف	کشف گیاهان چندلادی توسط هوگو دووری

اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آن‌وقت 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 (پلی‌پلوییدی)**، مثال خوبی از گونه‌زایی هم‌میهنی است. چندلادی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیستا و زایا هستند اما نمی‌توانند در نتیجهٔ آمیزش با افراد گونهٔ 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 گامت‌هایی با عدد فام‌تنی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این گامت‌ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ـ نتیجهٔ آمیزش گامت‌های حاصل از خطای کاستمانی با گامت سالم

در اوایل دههٔ ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دووری که با گیاهان گل مغربی (۱۴ = ۲n) 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) (۴n) است. گامت‌هایی که گیاه چارلاد ایجاد می‌کند، دولاد (۲n) اند نه تک‌لاد (n).

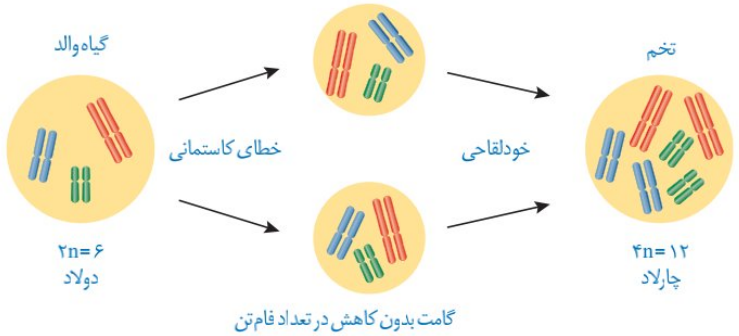
اگر گامت‌های این گیاه با گامت‌های گیاهان طبیعی، که تک‌لادند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه‌لاد (تریپلوئید) (۳n) خواهند شد. گیاه سه‌لادِ حاصل از نمو این تخم، نازاست.

اما اگر گیاه چارلاد بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارلاد مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم ۴n خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به کاستمان بوده، بنابراین زایاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که ۲n بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونهٔ جدیدی

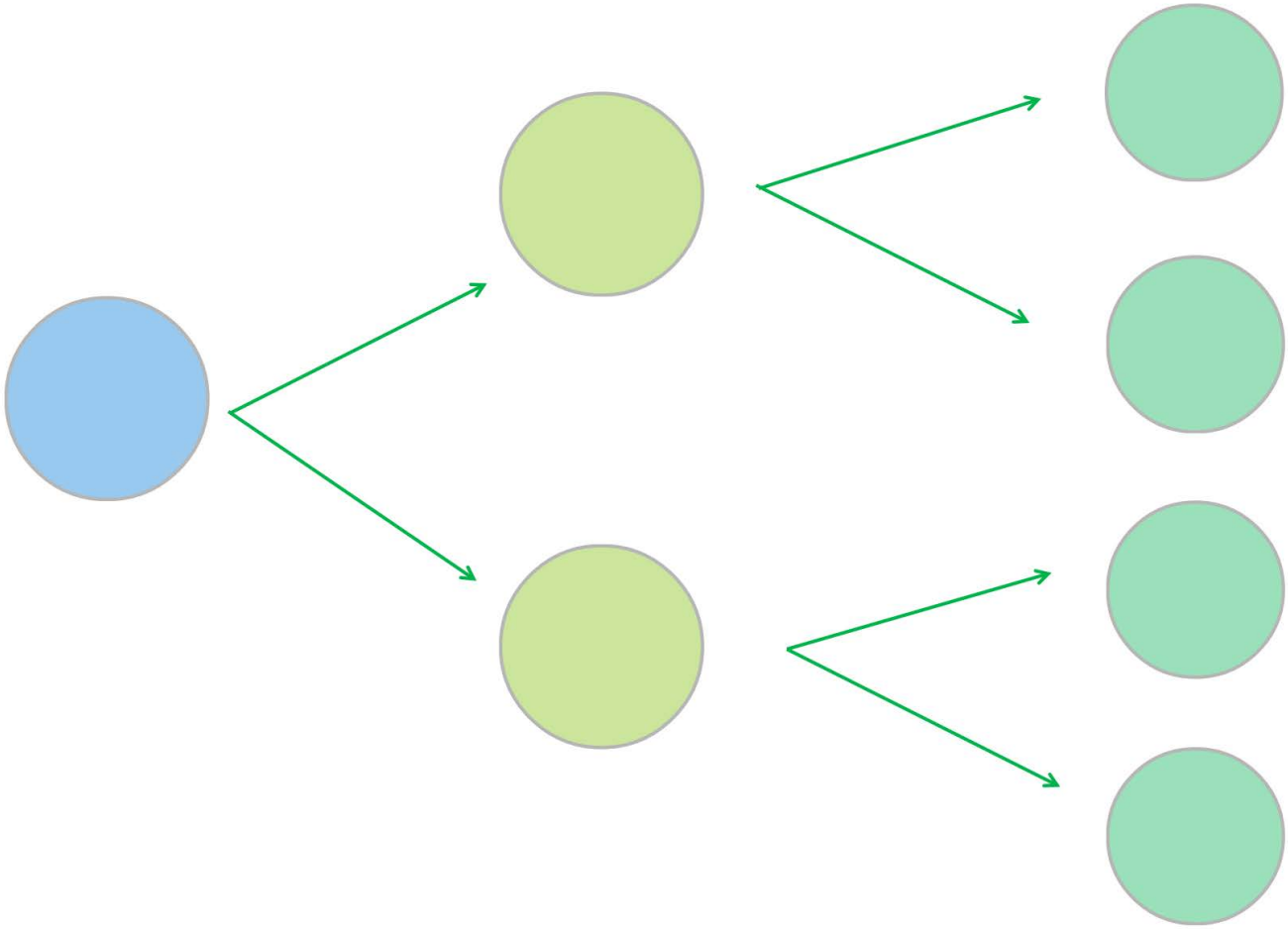
تعداد مجموعه‌های کروموزومی در حالت‌های مختلف لقاح در انواع گیاهان گل مغربی

گیاه نر (ایجاد اسپرم)		گیاه ماده (ایجاد تخم‌زا و دهش‌های)		رویان گیاه جدید اسپرم × تخم‌زا		آندوسپرم گیاه جدید اسپرم × دهش‌های	
گونه نیایی ۲n ← n		گونه نیایی ۲n	n n	زایا و زیستا ۲n	n × n	۳n	n n × n
new ۴n ← 2n		new ۴n	2n 2n	زایا و زیستا ۴n	2n × 2n	۶n	2n 2n × 2n
گونه نیایی ۲n ← n		new ۴n	2n 2n	نازا ۳n	2n × n	۵n	2n 2n × n
new ۴n ← 2n		گونه نیایی ۲n	n n	نازا ۳n	n × 2n	۴n	n n × 2n

تعلق دارد که افراد آن ۴n هستند. شکل ۱۵ این سازوکار را برای گیاهی با ۶ فام‌تن نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ـ چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد



زمینه‌های اکتشاف بیشتری فراهم می‌کند. شاید کشف بعدی را «شما» انجام دهید.

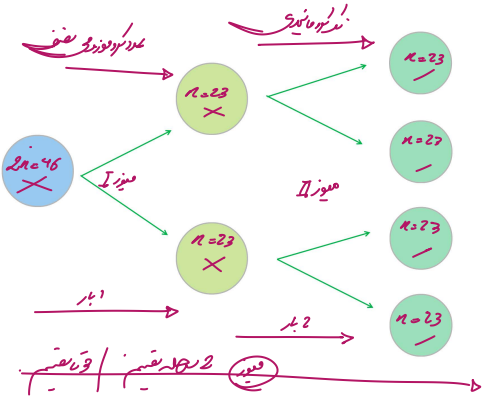
CamScanner

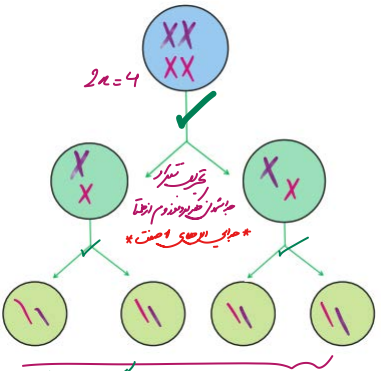
* خطای بعضی یاخته‌ها در میوز I و میوز II ← به معنای جدا نشدن یک یا چند کروموزوم در مرحله (آنافاز)

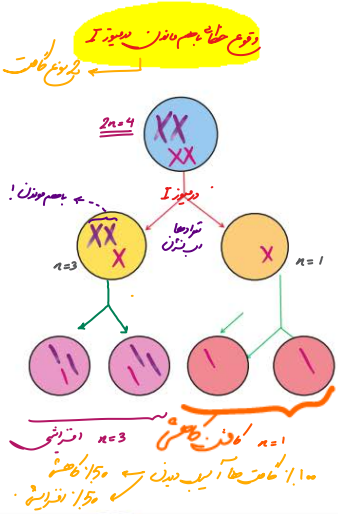
- اگر در یکی از مراحل تقسیم یاخته‌ای دچار خطا شود، حاصل از تقسیم خطا: ($n=24$ و $n=23$)

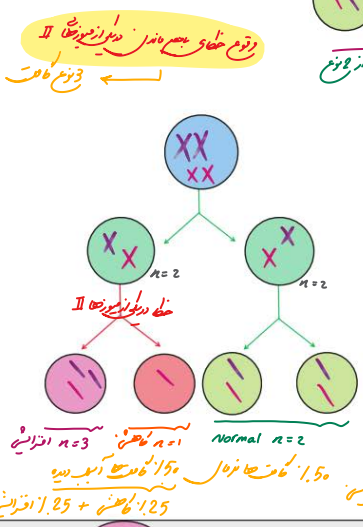
* خطای بعضی یاخته‌ها ← به معنای جدا نشدن هر دو کروموزوم همتا (آنافاز)

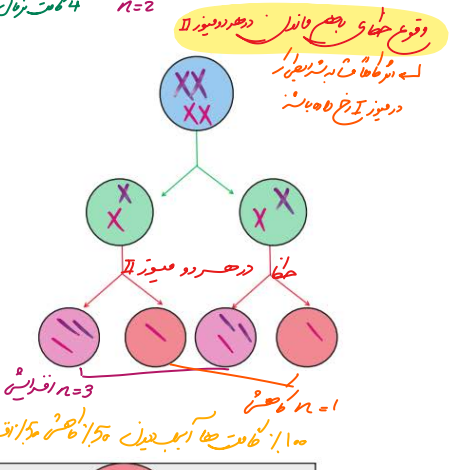
- گامت‌های تولید شده در یک میوز هم همین‌طور هستند.





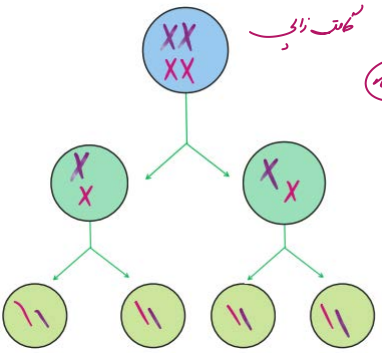


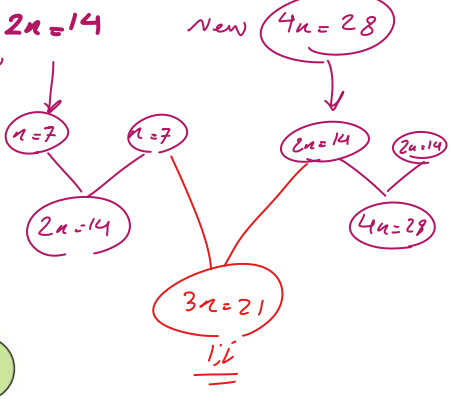


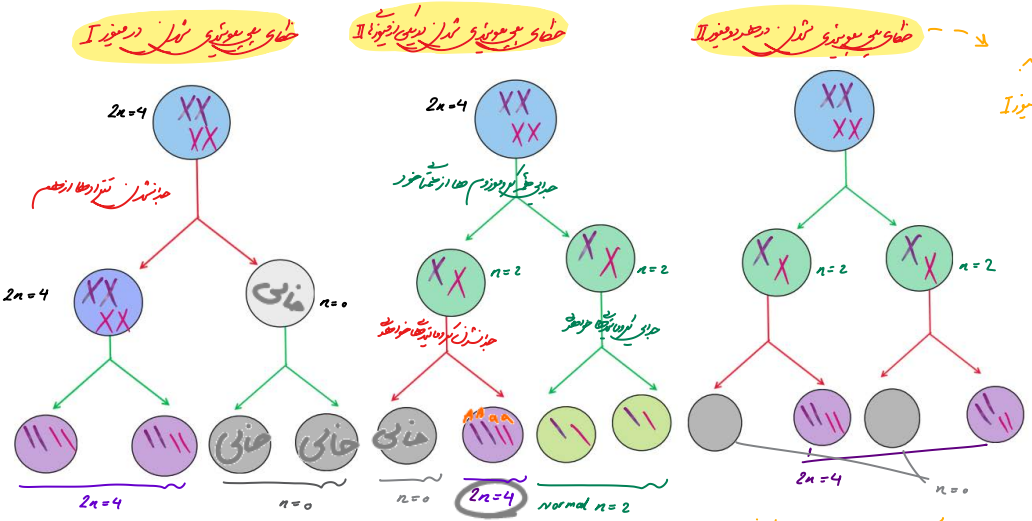


*	$n=2$ Normal	$n=3$ افزایشی	$n=1$ کاهشی	
	$2n=3$ نازیستا * کم دارد *	$2n=4$ * احتمال	$2n=2$ نازیستا	$n=1$
	$2n=5$ سندرم! $n=23$ $n=24$ $2n=47$	$2n=6$ $3n=6$ تکونه زایی	$2n=4$ * حداقل از هر کروموزم دارد * احتمال	$n=3$
	$2n=4$ زنده زایا هم تکونه	$2n=5$ سندرم!	$2n=3$ نازیستا کم دارد	$n=2$

* اثر وقوع خطا در تقسیم میوز I متفاوت از وقوع خطا در یکی از میوزهای II است

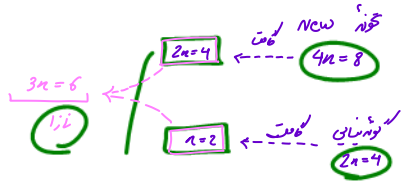






	n=0 خالی	n=2 Normal	2n=4 افزایشی
2n=4	2n=4 بله!	3n=6 ✓ زیستا ✓ نازا *	4n=8 زایا زیستا * گونه‌ی جدید *
n=2	2n=2 نه!	2n=4 نقاح normal ✓ زایا ✓ زیستا ✓ هم‌گونه	3n=6 ✓ زیستا ✓ نازا *
☹	n=0 موجودی که نمی‌خواهیم!!!	2n=2 نه! از ۱ گامت دریافت نکرده.	2n=4 بله! هفتمین کروموزوم خطا

* چون تلاقح این افراد با گونه‌ی والد موفقیت‌آمیز نیست
↓
2 نخونه فعالیت هستند



* تک ظرفی *

$2n=14$

تفاوت زایی

$n=7$ $n=7$

تلاقح

$2n=14$

* گونه‌زایی *

$2n=14$

* وقوع خطای باهم ماندن در گونه‌زایی

ایجاد دگرگونی

$2n=14$

تلاقح دوگانگت

$2n=14$

خودلقاحی (خطا هم در ساخت دانه گرده و هم در ساخت تخمک زوج‌پای دیپلوئید سرخ‌داده)

دگرلقاحی (خطا در ساخت دانه گرده میکروسپور و گیرنده‌ی نیمه‌ی دیپلوئید باشد).

تولید زیگوت

$4n=28$

زایا (زوج n) کروموزوم‌هاش $2n=14$

زیستا کاش نصف کروموزوم‌ها.

تلاقح موفقیت آمیز با هیچ نیایی خود ندارد.

$4n=28$

تفاوت

$2n=14$

$2n=14$

تفاوت

$n=7$

$3n=21$

زاده‌ی حاصل از گونه‌ی جدید و نیایی نازا می‌باشد.