

# سوم فصل انتقال اطلاعات در نسل‌ها

## درسنامه

### ژنتیک به زبان ساده

#### مقدمه:

دوستان عزیز سلام، حالا که به مبحث ژنتیک و حل مسائل رسیدیم بهتر دیدم که چند کلمه‌ای با شما دوستانه‌تر صحبت کنم. عزیزان من، ژنتیک از سال‌ها قبل به عنوان مبحثی سخت بر پایه مفهوم ژن و اطلاعات ریاضی بوده و هست و همیشه پاشنه آشیل دانش‌آموزان در کنکور بوده است. به همین دلیل به این نتیجه رسیدم که درسنامه ژنتیک را به زبان ساده‌تر برای شما به طور کامل درس بدهم تا شما هم بتوانید راحت‌تر با آن رابطه برقرار کنید. البته در نظام جدید که از سال ۱۳۹۷ در کتاب دوازدهم آمده است مبحث ژنتیک بسیار ساده‌تر و خلاصه‌تر بحث شده است و ما را از طرح سؤالات عددی برحذر داشته‌اند!

### انتقال اطلاعات در نسل‌ها

همان‌طور که می‌دانید، صفات و ویژگی‌های والدین یا والد، در اثر تولیدمثل جنسی و یا غیرجنسی، به فرزندان می‌رسد. در تولیدمثل غیرجنسی فرزند کاملاً شبیه والد خود می‌باشد. در این نوع تولیدمثل، چون لقاح، میوز و گامتی (کلمه *Gamete*) در کار نیست، پس تنوعی بین فرزند و والد ایجاد نمی‌شود. اگر هم در تولیدمثل غیرجنسی مثل دوتا شدن‌ها، جوانه زدن‌ها، قطعه‌قطعه شدن‌ها و... بین فرزندان و والد تفاوتی دیده شود، آن تفاوت در اثر تغییراتی است که در حین همانندسازی DNA یا مداخله عوامل محیطی رخ داده است که به آن **جهش** می‌گویند. در تولیدمثل جنسی، همواره تقسیم **میوز** وجود دارد و از زیست یازدهم به یاد دارید که این تقسیم می‌تواند سبب تنوع در یاخته‌های حاصله شود و گامت‌های متنوعی ایجاد کند. در ادامه، **برخورد اتفاقی** این یاخته‌های جنسی، سبب ایجاد انواع متفاوتی از فرزندان نسبت به والدین می‌شود. در حقیقت ارتباط بین نسل‌ها در اثر تولیدمثل جنسی، توسط گامت‌های والدین و دستورالعمل DNA آن‌ها به فرزندان می‌رسد.

#### نکته

در تولیدمثل جنسی از نوع بکرزایی یا خودلقاحی (آبرم پهنج)، وجود یک والد کافی است ولی تنوع ژنتیکی و میوز رخ می‌دهد.

#### نکته

قبل از کشف قوانین وراثت توسط گریگور مندل، تصور عام مردم بر این بود که صفات فرزندان همواره **آمیخته‌ای** از صفات والدین آن‌ها و **حدواسط** آن‌ها می‌باشد. مثلاً همواره فکر می‌کردند که از آمیزش دو گیاهی که گلبرگ‌های آبی و زرد دارند همواره فرزندان حد واسط با گلبرگ سبز ایجاد می‌شوند یا مثلاً از آمیزش فردی قد بلند با قد کوتاه حتماً فرزند آن‌ها قد متوسط خواهد داشت. پس از بررسی‌های ژنتیکی، محققین خلاف این موضوع را در به ارث رسیدن **بسیاری از صفات** مشاهده کردند.

#### نکته

در اواخر قرن ۱۹ میلادی، زمانی که هنوز ساختار و عمل ژن و DNA مشخص نشده بود، دانشمندی به نام گریگور مندل با استفاده از قوانین ریاضیات و آمار و احتمال، توانست قوانین بنیادی وراثت را کشف کرده و نحوه به ارث رسیدن آن‌ها را بررسی کند ولی مندل هیچ اطلاعی از ژن، گامت، تقسیم میوز یا میوز و ساختار DNA نداشت.

### مفاهیم پایه ژنتیک

دوستان عزیز همان‌طور که می‌دانید هر کدام از ما یک‌سری **ویژگی‌های ارثی** تغییرناپذیر مثل رنگ چشم، رنگ مو یا گروه خونی داریم، این ویژگی‌ها در اثر عوامل محیطی و دمای محیط عوض نمی‌شوند (گرچه به‌طور طبیعی نه، با آرایش‌های رنگ مو یا تغییر سبک مشاغل تغییر می‌کند و سبب ایجاد برف پیرکس می‌شود ولی آن هم دلیل ژنتیکی دارد!!) اما در بدن ما یک‌سری ویژگی‌هایی هم وجود دارند که در اثر عوامل محیطی تغییر می‌کنند، مثلاً اینکه در اثر آفتاب زیاد و پخش رنگدانه ملانین پوستی، رنگ پوست به سمت تیره شدن می‌رود، این تغییر رنگ پوست یک **صفت ارثی نیست بلکه تحت تأثیر محیط قرار گرفتن یک صفت ارثی به نام رنگ پوست می‌باشد**. در این فصل می‌خواهیم ابتدا به بررسی صفات و چگونگی به ارث رسیدن عوامل آن‌ها بپردازیم و سپس انواع صفاتی که تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند را نیز مطالعه کنیم.



## صفت

در علم ژنتیک (ژن‌شناسی)، به ویژگی‌های ارثی جانداران، **صفت** می‌گویند. مثلاً رنگ چشم یا طول قد یا گروه خونی یا نوع نرمه گوش و... هر کدام یک صفت می‌باشند که می‌توانند تحت کنترل دو یا چند ژن مختلف قرار بگیرند. برخی صفات مثل رنگ پوست ممکن است تحت تأثیر عوامل محیطی قرار بگیرند و تغییر فعالیت دهند ولی برخی مثل رنگ گل میمونی و یا گروه خونی، در اثر عوامل محیطی تغییر نمی‌کنند و همیشه در هر فرد ثابت هستند. از طرفی تعداد ژن‌هایی که سبب بروز یک صفت می‌شوند نیز در صفات مختلف متفاوت است.

## شکل‌های هر صفت

هر صفت (ویژگی ارثی جانداران) در جامعه می‌تواند به شکل‌ها یا حالت‌های مختلفی در افراد مختلف دیده شود. مثلاً **حالت مو**، یک صفت در انسان‌هاست ولی در جامعه می‌تواند به سه حالت **صاف، فرزی (مچد) و حد واسط موج‌دار** دیده شود یا مثلاً طول قد یک صفت است که در جامعه می‌تواند حالت‌های مختلفی از قد کوتاه تا قد بلند با طول‌های متفاوتی وجود داشته باشد. رنگ چشم نیز یک صفت است که می‌تواند حالت‌های مختلف مشکی، قهوه‌ای، سبز یا آبی داشته باشد.

## نکته

هر جاندار برخی از ویژگی‌های خود را از والد (برج) دریافت کرده است ولی هر صفت خود را به‌طور ارثی از والد (برج) دریافت کرده است.

## تست ۱

چند مورد از عبارت‌های زیر فقط معرف سه صفت ارثی مختلف می‌باشد؟

- (الف) مردی با موی موج‌دار کوتاه و قد بلند  
 (ب) خانمی با نرمه گوش آزاد، چشم آبی و موی فر بلند  
 (ج) نخودفرنگی ساقه بلند با گلبرگ‌های ارغوانی پلاسیده شده  
 (د) خانمی با گروه خونی AB که می‌تواند زبان خود را لوله کند
- ۳ (۱) مورد  
 ۲ (۲) مورد  
 ۱ (۳) مورد  
 ۴ (۴) مورد

## پاسخ ۳

فقط مورد (ب) معرف سه صفت ارثی می‌باشد.

در ابتدا دقت کنید که جنسیت یک فرد معرف یک صفت نمی‌باشد مثلاً مرد مو فر فرزی یا خانم با موی صاف هر دو یک صفت به نام حالت مو دارند که به دو شکل فر یا صاف دیده شده‌اند و اینکه مو کوتاه یا بلند باشد این یک صفت ارثی نیست و تحت کنترل خود فرد و آرایشگر وی!! می‌باشد.

**تله‌های تستی** (الف) این عبارت دارای دو صفت حالت مو و طول قد می‌باشد. / (ب) این عبارت دارای سه صفت نوع نرمه گوش (آزاد یا چسبیده)، رنگ چشم و حالت مو می‌باشد. / (ج) این عبارت دارای دو صفت طول ساقه و رنگ گلبرگ می‌باشد که حالت پلاسیده آن تحت تأثیر محیط یا طول عمر بوده است. / (د) این عبارت دارای دو صفت گروه خونی و توانایی لوله کردن زبان می‌باشد.

## ژنتیک (ژن‌شناسی)

شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی می‌باشد که به چگونگی وراثت صفات ارثی از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد. پدر این علم را فردی به نام گریگور مندل می‌شناسند، با اینکه این فرد هیچ اطلاعی از ژن، DNA، گامت و تقسیم میتوز یا میوز نداشت ولی قوانین بنیادی وراثت را کشف کرد.

## نکته

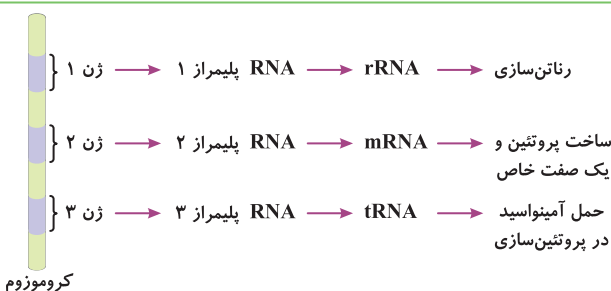
ژن‌شناسی شاخه‌ای از علم زیست‌شناسی می‌باشد که مثل هر علم تجربی دیگر، محدودیت‌هایی دارد و نمی‌تواند به همه پرسش‌ها پاسخ دهد. از زیست دهم به یاد دارید که علم تجربی فقط به **مشاهده** پدیده‌های طبیعی و قابل اندازه‌گیری می‌پردازد و زیست‌شناسی نیز به بررسی **علمی** جانداران و فرایندهای زیستی، فارغ از زشتی و زیبایی، یا خوبی و بدی آن‌ها می‌پردازد که علم ژن‌شناسی نیز در همین گروه قرار می‌گیرد.

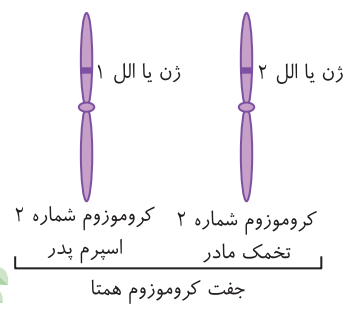
## تعریف ژن‌های ایجادکننده صفات و بررسی آن‌ها روی کروموزوم‌ها



## یادآوری

اگر به خاطر داشته باشید، قبلاً گفتیم که ژن قسمتی از یک مولکول DNA می‌باشد که از روی آن ابتدا نوع خاصی از RNA ساخته شده که اگر این RNA از نوع پیک یا mRNA باشد، در نهایت از روی آن یک رشته پلی‌پپتید برای ساخت پروتئین و بروز صفت ایجاد می‌شود. با توجه به شکل روبه‌رو می‌توانید جایگاه سه ژن مختلف را در DNA یک کروموزوم مشاهده کنید. پس دقت کنید که **فقط** ژن‌های سازنده **رنای پیک**، مستقیماً در **بروز صفات** نقش دارند.

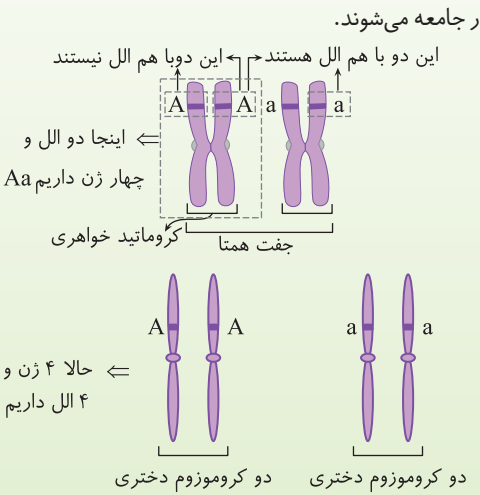




همچنین از زیست یازدهم به یاد دارید که یاخته‌های طبیعی یا پیکری بدن ما از نوع دیپلوئید یا 2n کروموزومی می‌باشند و کروموزوم‌های آن‌ها دوتا دوتا با همدیگر همتا هستند. یعنی هر جفت کروموزوم همتا طبیعی، دارای ژن‌هایی مربوط به ویژگی خاص می‌باشند که جایگاه این ژن‌ها در کروموزوم‌ها، روبه‌روی هم می‌باشد. **به دو ژنی که روی جایگاه مشابه از دو کروموزوم همتا قرار دارند، دو الل (رگزه) یک صفت یا دو ژن الل نسبت به همدیگر گفته می‌شود.** مثلاً در شکل روبه‌رو اگر ژن‌های ۱ و ۲ صفتی روی جفت کروموزوم شماره ۲ انسان باشند، این صفت دارای **یک جایگاه** و دو الل (رگزه) می‌باشد. این الل‌ها، دستورالعمل‌های یک صفت یا شکل‌های مختلف یک صفت را ایجاد می‌کنند. همان‌طور که می‌دانید **هر کروموزوم همتا از یکی از والدین به ما رسیده‌اند که می‌توانند دستورالعمل‌های یکسان یا متفاوتی داشته باشند (مهم این است که این ژن‌ها، خارج از متب‌ها یا متفاوت بودن، الل یکدیگر هستند).**

**چند نکته مهم در بررسی تست‌ها**

۱) در مثال بالا، ژن ۱ با ژن ۲ روی مناطق یکسانی از دو کروموزوم همتا می‌باشند، پس این دو ژن در حقیقت دو الل یک صفت هستند (الل‌ها، ژن‌های از یک صفت هستند که باید روی کروموزوم‌های همتا در روی‌روی هم یعنی در جایگاه‌های مشابه و یک‌ن قرار بگیرند). از اثر فعالیت این دو الل، حالتی از یک صفت می‌تواند بروز کند. در این مثال ممکن است در بروز یک صفت مثل پدیدار شدن مو روی بند انگشتان، الل یا ژن ۱، پس از بیان شدن توانایی تولید مو روی بند انگشتان را داشته باشد و با A نشان دهیم ولی ژن یا الل ۲ که از والد دیگر به ارث رسیده است ممکن است همانند ژن ۱ ویژگی ایجاد مو روی بند انگشتان را داشته باشد (ژن A) یا فاقد این ویژگی باشد (ژن a). در نهایت طبقه‌بندی به ارث رسیدن این صفت و بروز آن در فرد بستگی به اثر این دو الل روی هم دارد که در ادامه انواع آن‌ها را بررسی می‌کنیم.



۲) در حقیقت الل‌های یک صفت و رابطه بین آن‌ها زمینه‌ساز ایجاد شکل‌های مختلف یک صفت در جامعه می‌شوند.

۳) هر فرد در هر یاخته دیپلوئید تک‌هسته‌ای خود، حداکثر دو الل برای دو ژن در کروموزوم‌های همتای خود دارد و در یاخته هاپلوئید (مثل گامت) دارای یک الل یا ژن آن می‌باشد. دقت کنید که دو ژن قرار گرفته روی دو کروماتید خواهری از یک کروموزوم مضاعف را الل همدیگر به حساب نمی‌آوریم. چون الل روی دو کروموزوم همتا قرار دارند نه روی دو کروماتید خواهری!

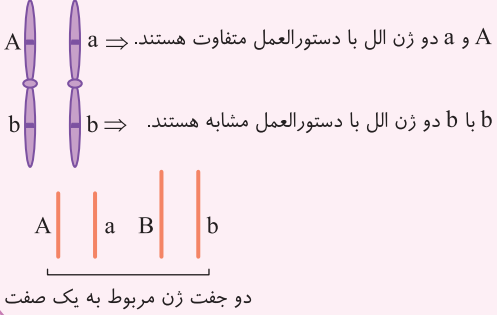
۴) هرگاه در مرحله آنافاز، دو کروماتید خواهری از هم جدا شوند و دو کروموزوم دختری ایجاد کنند، در این صورت به دو ژن جدا شده، دو الل گفته می‌شود.

**تست ۲ چند مورد زیر برای تعریف ژن‌های دگره (الل) مناسب می‌باشند؟**

- (الف) هر دو ژنی که با دستورالعمل یکسان یا متفاوت در فام‌تن‌های همتا در بروز یک صفت تک‌جایگاهی نقش دارند.
  - (ب) هر دو ژنی که روی دو فام‌تن همتا قرار دارند.
  - (ج) هر دو ژن با جایگاه یکسان در دو فام‌تن همتا
  - (د) هر دو ژنی که در بروز یک صفت نقش دارند.
- مورد ۱ (۳)      مورد ۲ (۳)      مورد ۳ (۱)      مورد ۴ (۲)

**پاسخ ۳**

موارد (الف) و (ج) صحیح می‌باشند. به هر دو ژنی که در جایگاه یکسانی از دو فام‌تن همتا قرار دارند که می‌توانند دستورالعمل مشابه یا متفاوتی در بروز یک صفت ایفا کنند، دو دگره در یک جایگاه ژنی می‌گویند (در سطح الف و ج).

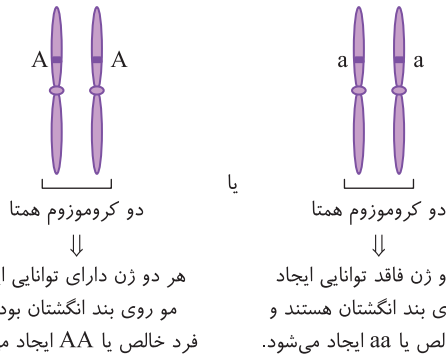


در شکل روبه‌رو دو ژن A و B روی دو فام‌تن همتا قرار دارند ولی دگره همدیگر نیستند چون روبه‌روی هم واقع نشده‌اند (در سطح ب).

در ادامه می‌آموزید که در برخی صفات، چند ژن، در چند جایگاه مختلف مسئول بروز یک صفت می‌شوند. در این صورت این ژن‌ها می‌توانند دگره همدیگر نباشند. مثلاً در شکل مقابل چهار ژن A، a، B و b مسئول ایجاد یک صفت هستند که A و a با هم یا B و b با هم دگره هستند ولی A و B دو ژن غیردگره هستند در حالی که مربوط به بروز یک صفت می‌باشند. این صفت، دارای دو جایگاه ژنی می‌باشد (الل‌ها یا رگزه‌ها حتماً باید جایگاه یک‌ن در جفت کروموزوم همتا داشته باشند).

## خالص یا ناخالصی صفات و ژن‌ها

تا اینجا متوجه شدید که در یاخته  $2n$  کروموزومی یک جانور مثل انسان، برای یک صفت مثل ایجاد مو روی بند انگشتان، دو ژن (یا آلل) مورد نیاز است که روی جایگاه ویژه‌ای از کروموزوم‌های همتا قرار دارند و این دو ژن توسط اسپرم و تخمکی که در لقاح شرکت کرده‌اند به ما رسیده‌اند (رشته کنید که مثلاً در یاخته هاپلوئید، برای هر جایگاه ژن، یک آلل و برای یاخته تریپلوئید، سه آلل را بررسی می‌کنیم). حالا دو حالت مختلف می‌توان برای حالت قرارگیری مختلف آلل‌ها در یاخته دیپلوئید متصور بود:



## الف) دو ژن آلل با دستورالعمل‌های یکسان

اگر در یک جایگاه کروموزومی، هر دو ژن یک صفت، یک نوع دستورالعمل و فعالیت را داشته باشند، می‌گوییم که فرد برای این صفت، **خالص** می‌باشد. در این حالت مثل شکل‌های روبه‌رو یا هر دو ژن قادر به ساخت مو روی بند انگشتان بوده‌اند که با دو ژن یا دو آلل AA نشان می‌دهیم یا هر دو فاقد این ویژگی هستند که به صورت خالص aa نشان داده می‌شود. در هر دو حالت ترکیب آلل‌های AA یا aa را خالص معرفی می‌کنیم.

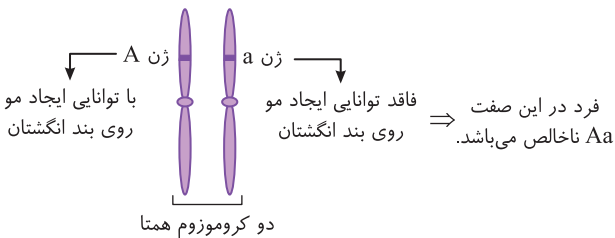
## نکته

باز هم تکرار می‌کنم که اگر مثلاً یاخته مورد نظر در مرحله **متافاز** دارای کروموزوم‌های مضاعف بود، این یاخته برای صفت مورد نظر چهار مولکول دنا و چهار ژن دارد ولی آن‌ها را چهار آلل مختلف به حساب نمی‌آوریم و فقط می‌گوییم یاخته دو آلل AA یا Aa یا aa دارد ولی از هر آلل دو نسخه ژن در کروماتیدهای خواهری دارد.

## نکته

کروموزوم‌های جنسی X با Y، همتا نمی‌باشند و در کتاب درسی شما، ژن‌های روی آن‌ها را آلل همدیگر در نظر نمی‌گیریم.

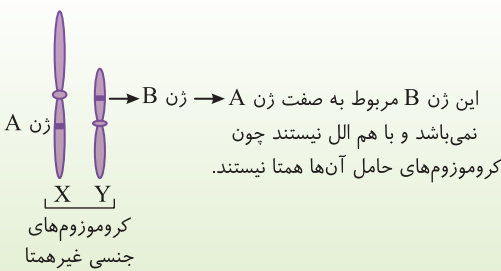
## ب) دو ژن آلل با دستورالعمل‌های مختلف



اگر دو ژنی که روبه‌روی هم در کروموزوم‌های همتا قرار دارند، دستورالعمل‌های **مختلفی** داشته باشند، مثلاً یکی قدرت تولید مو روی بند انگشتان را داشته باشد و ژن یا آلل A باشد و دیگری فاقد این توانایی بوده و ژن یا آلل a باشد، در این صورت این فرد در این صفت فرمول ژنتیکی **ناخالص Aa** دارد.

## نکته مهم

در یاخته‌های پیکری یا دیپلوئید ( $2n$ ) در افراد XY (پستانداران نر و پرندگان ماده)، چون جفت کروموزوم جنسی آن‌ها همتا نیستند، پس ژن‌های آلل را در آن‌ها در نظر نمی‌گیریم. یعنی هر صفتی که ژن روی X یا Y می‌باشد را دارای یک آلل جداگانه فرض می‌کنیم و وجود همان آلل را عاملی برای ایجاد شکل ویژه آن صفت می‌دانیم (یعنی در جفت کروموزوم XY، در مورد رابطه صفات آرجح، حالت خالص یا ناخالص در نظر نمی‌گیریم ولی در زنان که XX هستند، این کروموزوم‌ها مانند سایر کروموزوم‌ها، صفاتی با حالت‌های خالص یا ناخالص دارند).



البته در علم زیست‌شناسی، کروموزوم‌های X و Y در منطقه کوچکی دارای ژن‌های آلل هستند ولی این موضوع در حد کتاب‌های کنکور شما نیست.

## تست ۳

کدام یاخته زیر در صفات جنسی خود دارای ژن‌های آلل همدیگر می‌باشند؟ (کروموزوم‌های جنسی در پرندگان نر همانند پستانداران ماده می‌باشد.)

(۱) اسپرماتید ملخ (۲) اسپرماتوگونی خروس (۳) تخمک میمون (۴) اووگونی مرغ

## پاسخ ۲

گزینه‌های (۱) و (۳) هاپلوئید هستند و از هر ژن فقط یک دستورالعمل دارند. پس بحث آلل در آن‌ها منتفی می‌باشد ولی اسپرماتوگونی خروس که پرندۀ نر است به صورت XX و دارای کروموزوم همتا و دو آلل می‌باشد ولی اووگونی مرغ (پرنده ماده) XY بوده و از هر صفت جنسی یک آلل دارد.

## رابطه بین آلل‌ها

تا حالا فهمیده‌اید که مفهوم ژن‌ها چیست و آلل بودن یا نبودن آن‌ها به جایگاه و محل آن‌ها روی کروموزوم‌های همتا بستگی دارد. حتماً یاد گرفته‌اید که وقتی به دو ژن، واژه آلل (رگره) همدیگر داده می‌شود که روی کروموزوم‌های همتا و در جای یکسان و مشابهی روبه‌روی هم قرار گرفته باشند.

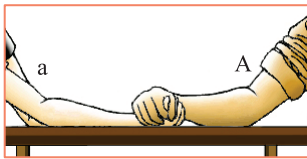
قطعاً برای یک فرد، فعالیت هر ژنی در ایجاد یک ویژگی یا صفت نقش دارد. در اینجا می‌خواهیم بررسی کنیم که ژن‌های الی متنوع چه اثری می‌توانند در بروز یک صفت داشته باشند و به انواع برهم کنش فعالیت‌های ژن‌های ال می‌پردازیم.

**ژن نمود (ژنوتیپ):** به ترکیب قرارگیری ال‌ها در کنار هم در هر فرد، ژن نمود (ژنوتیپ) می‌گوییم. مثلاً AA یا aa ژن‌نمودهای خالص و Aa یک ژن نمود ناخالص است.

**رخ نمود (فنوتیپ):** به شکلی از صفت که توسط ژن نمود بروز می‌یابد، رخ نمود (فنوتیپ) گفته می‌شود. مثلاً AA یا Aa دو ژن نمود هستند ولی هر دو، یک رخ نمود مربوط به تولید مو روی بند انگشتان را نشان می‌دهند ولی ژن نمود aa، فاقد مو روی بند انگشتان است و رخ نمود متفاوتی دارد. در ادامه به بررسی این روابط می‌پردازیم که بسیار آسان است.

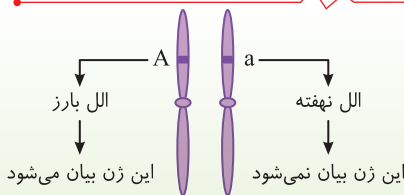
## الف) رابطه ال‌ها به صورت بارز و نهفتگی (غالب و مغلوبی a و A)

در افراد دارای صفتی خالص که دو ال یکسان با فعالیت مشابه دارند، بدیهی است که کدام شکل صفت در آن فرد بروز می‌یابد. مثلاً در همان مثال قبلی خودمان در مورد **مو درآوردن روی بند انگشتان** فردی که هر دو ال AA را دارد، یعنی هر دو ژن (ال) وقتی بیان شوند سبب ایجاد آنژی می‌شوند که باعث ایجاد مو روی بند انگشتان است و در فرد aa هر دو ال فاقد این ویژگی هستند، فرد **فاقد** توانایی تولید مو روی بند انگشتان خود می‌باشد.



حال سؤال اینجاست که در فرد **ناخالصی** که یک کروموزوم حاوی ال A و دارای قدرت ایجاد مو می‌باشد و کروموزوم دیگر فاقد این ویژگی است و دارای ال a می‌باشد، این فرد با فرمول ژنتیکی Aa چه صفتی را بروز می‌دهد؟! مشاهده شده است که در این افراد مو روی بند انگشتان آن‌ها بارز می‌شود. در حقیقت یک ال مثل شکل روبه‌رو مچ ال دیگر را خوابانده و بروز یافته است. به این رابطه بین ال‌ها، رابطه بارز (A) و نهفتگی (a) یا غالب و مغلوبی می‌گویند که طبق قرارداد ال بارز (غالب) را با حرف بزرگ (A) و ال نهفته (مغلوب) را با حرف کوچک (a) نشان می‌دهیم. علت نام بارز و نهفته بین ال‌ها این است که وقتی هر دو با هم در فرد ناخالص Aa قرار دارند، ویژگی ال A به‌طور کامل مانند یک فرد AA بروز می‌کند. یعنی این‌طور نیست که فرد AA از فرد Aa تعداد موهای بیشتری روی بند انگشتان خود داشته باشد (رخ نمود هر دو فرد AA و Aa، کاملاً یکسان است).

### نکته



با توجه به شکل مقابل در رابطه بارز و نهفتگی ال‌ها، همواره در صورت وجود ال بارز، ژنی بیان، رونویسی و ترجمه می‌شود که ال بارز را دارد. البته گاهی ممکن است که ژن مغلوب، حاوی ژن رشته پلی‌پپتید دیگری باشد (مثل **داسح کچل شرح**) و وقتی که به‌طور خالص باشد، بیان شود.

### نکته

در این حالت در افراد جامعه برای این صفت ۳ نوع فرمول ژنتیکی یا حالت ترکیب ال‌ها (ژنوتیپ یا شرح نمود) AA، Aa و aa دیده می‌شود ولی دو حالت ظاهری (فنوتیپ یا رخ نمود) بارز (A) یا نهفته (a) در جامعه قابل مشاهده می‌باشد.

## ب) ال‌هایی بدون رابطه بارز و نهفتگی (R و W)

تا اینجا چند بار از جناب آقای مندل به عنوان پدر علم ژن‌شناسی صحبت کردیم ولی باید به عنوان بیشتر بدانید، در نظر بگیرید که وی در تمام آزمایشات خود همواره مشاهده می‌کرد که از آمیزش والدینی با دو حالت مختلف یک صفت، فقط یکی از آن‌ها در فرزندان بارز می‌شود و همواره یکی از ال‌ها به دیگری بارز می‌باشد. پس از چندی دانشمندان دیگر متوجه شدند که بین ال‌های یک صفت، همیشه رابطه بارز و نهفتگی وجود ندارد و فرزند آن‌ها می‌تواند دارای ویژگی **مخلوطی** از پدر و مادر باشد (مثلاً **آمیزش رواسب کمرنگ مویک قرمز و دیگرک سفید بود، فرزندان با حالت رنگ مویک راه راه قرمز سفید ایجاد می‌شد**). یا اصلاً ممکن است در صفتی فرزندی با **صفت حد واسط** بین والدین ایجاد شود. مثلاً از لقاح گل میمونی با گلبرگ‌های قرمز و سفید، بوته‌هایی با رنگ گلبرگ صورتی ایجاد شود که در ادامه به بررسی این نکات می‌پردازیم!

## انواع حالاتی که بین دو ال رابطه بارز و نهفتگی وجود ندارد

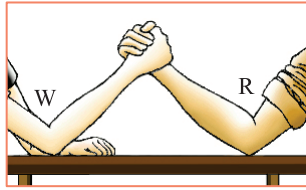
**نهایی:** با توجه به بحثی که کردیم، وقتی بین ال‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود ندارد، دو نوع ال مختلف با دو حرف لاتین بزرگ مختلف مثل R و W نشان داده می‌شود که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم (در حالت بارز و نهفتگی ال‌ها را به صورت بزرگ A و کوچک a نشان می‌دهند).

### ● (۱) حالت هم‌توانی بین ال‌ها

برای درک این حالت صفتی مثل رنگ موی اسب‌ها را برای شما مثال می‌زنم. این صفت دارای دو ال R و W می‌باشد. اسبی که دارای دو ژن RR می‌باشد رنگ موی قرمز در آن بروز می‌کند. اسبی که دارای دو ال WW می‌باشد، رنگ موی سفید در آن بروز می‌کند ولی اسبی که از آمیزش این دو والد (RR و WW) ایجاد می‌شود حاصل لقاح گامت‌های R و W بوده و فرمول ژنتیکی (ژنوتیپ = شرح نمود) RW دارد. مشاهده می‌شود که فرزندان آن‌ها همگی دارای رنگ موی با ترکیب راه‌راه قرمز و سفید می‌باشند. یعنی ال‌های این دو والد **هم‌توان** بوده‌اند و زور یکی به دیگری به هیچ عنوان نمی‌رسد و در نهایت دو والد هم‌زور، تصمیم می‌گیرند هر دو شکل الی صفت خود را، در فرزندان بارز کنند. در این حالت قطعاً ال‌ها را با دو حرف مختلف نشان می‌دهند و همه فرزندان این والدین به صورت ناخالص RW ایجاد می‌شوند که از آمیزش والدینی با فرمول ژنتیکی خالص RR و WW به وجود آمده‌اند.



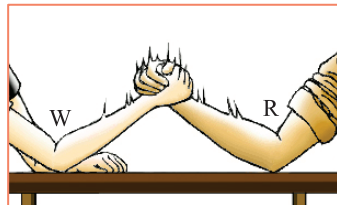
اسب مو سفید      اسب مو قرمز  
 $WW$                        $RR$   
 ↓  
 فرزند:  $\frac{1}{2}$  اسب‌های دارای مو  
 راه‌راه قرمز سفید ( $RW$ )



در حالت هم‌توانی مثل شکل روبه‌رو هر دو آلل زور یکسان دارند و با هم بارز می‌شوند. یعنی هر دو ژن و آلل‌های آن‌ها بیان شده و رونویسی می‌شوند تا در بروز صفت نقش داشته باشند.

## ● (۲) حالت بارزیت ناقص بین الل‌ها (W و R) = ایجاد صفات حد واسط در ناخالص‌ها

این نوع رابطه الی نیز همانند قبلی بدون رابطهٔ بارز و نهفتگی می‌باشد و افراد خالص فرمول ژنتیکی  $RR$  و  $WW$  دارند و فرزندان آن‌ها  $RW$  می‌شوند. تفاوتی که با حالت هم‌توانی دارد در این است که فرزندان در صفت مورد نظر، هیچ تشابه ظاهری با پدر و مادر ندارند و صفت حد واسط جدیدی از والدین را بروز می‌دهند. برای درک بهتر این صفات، باید به مثال رنگ گلبرگ‌های گل میمونی دقت کنید. در این مثال صفت رنگ گل میمونی مطرح می‌شود که تحت تأثیر دو ژن آلل می‌باشد که یک آلل باعث بروز گلبرگ‌های قرمز و یک آلل سبب بروز گلبرگ‌های سفید می‌شود. گل میمونی قرمز دارای دو آلل  $RR$  یا قرمز در کروموزوم‌های هم‌تا خود می‌باشد و گل میمونی سفید دارای دو آلل  $WW$  می‌باشد. وقتی این دو را با هم آمیزش می‌دهیم مشاهده می‌شود که فقط گل میمونی‌های صورتی در پوته‌های نسل بعد آن‌ها دیده می‌شود که دارای دو آلل  $R$  و  $W$  به صورت فرمول ژنتیکی ناخالص یا  $RW$  می‌باشند. در این حالت در گلبرگ‌های پوته‌های فرزندان نه صفت ظاهری قرمز دیده می‌شود و نه سفید! بلکه همهٔ گلبرگ‌های آن‌ها صورتی شده‌اند. در اصل اثر آلل  $R$  انگار کمی بیشتر از سفید بروز پیدا کرده است و بارزیت ناقص یا غالبیت ناقصی داشته است و زور آن کمی به سفید رسیده است ولی کاملاً بارز یا غالب نبوده است که سبب عدم تأثیر آلل سفیدی شود و در حقیقت زور این دو آلل مثل شکل زیر بوده و نمی‌تواند به‌طور کامل مچ طرف مخالف را خوابانده و ویژگی خود را بروز دهد.



«گل میمونی»

## چند نکتهٔ مهم در بررسی تست‌ها

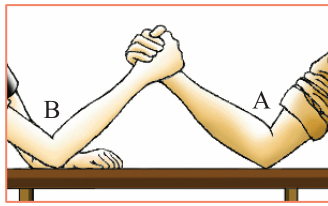
- در صفاتی که بین الل‌های آن‌ها رابطهٔ بارز و نهفتگی وجود ندارد، تنوع فرمول ژنتیکی افراد جامعه (تنوع ژنوتیپ) با تنوع شکل ظاهری آن صفت (تنوع فنوتیپ) در بین افراد جامعه یکسان می‌باشد. در این مثال سه فرمول ژنتیکی  $RR$ ،  $WW$  و  $RW$  وجود دارد که سه شکل ظاهری قرمز، سفید و صورتی را در جامعه ایجاد می‌کند (در این حالت انواع الل‌ها از انواع شکل‌ها یک صفت کمتر است).
- در حالت رابطهٔ بارز و نهفتگی، انواع الل‌های یک صفت با انواع شکل‌ها یا رخ‌نمودهای آن در جامعه برابر است.
- چون جفت کروموزوم جنسی افراد به صورت  $X$  و  $Y$  با همدیگر هم‌تا نیستند، پس صفاتی که ژن آن‌ها روی کروموزوم جنسی واقع است، در افراد  $XY$  دارای یک آلل می‌باشند. در نتیجه در این افراد نمی‌توانیم حالات ناخالصی  $Aa$  یا  $RW$  را مشاهده کنیم (در نتیجه، در صفاتی که ژن آن‌ها روی کروموزوم جنسی است، در افراد  $XY$  حالت حد واسط یا هم‌توانی  $RW$  دیده نمی‌شود). برای درک بهتر این موضوع فرض کنید که ژن‌های صفت رنگ موی اسب که حالت هم‌توانی داشت روی کروموزوم  $X$  واقع باشد در این صورت در ماده‌ها که  $XX$  هستند و یک جفت کروموزوم  $X$  دارند هر سه حالت  $RR$ ،  $WW$  و  $RW$  می‌تواند دیده شود ولی در نرها یا  $XY$ ‌ها فقط دو حالت قرمز یا سفید دیده می‌شود چون کروموزوم  $Y$ ، ژن یا الی برای این صفت ندارد که در زیر می‌توانید فرمول ژنتیکی آن‌ها را مشاهده کنید.

**نکته:** اگر رنگ چشم اسب، صفتی وابسته به جنس ( $X$ ) با رابطهٔ بارزیت ناقص باشد، انواع حالات زیر را در اسب‌ها می‌توان مشاهده کرد. (A سیاه - B قهوه‌ای)

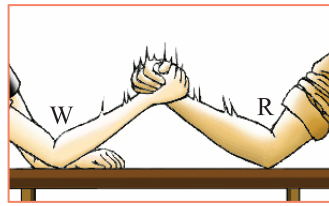
اسب نر با رنگ چشم سیاه  $X^A Y$   
 اسب نر با رنگ چشم قهوه‌ای  $X^B Y$   
 اسب ماده با رنگ چشم سیاه  $X^A X^A$   
 اسب ماده با رنگ چشم قهوه‌ای  $X^B X^B$   
 اسب ماده با رنگ چشم خاکستری  $X^A X^B$  ← چشم خاکستری  $AB$  فقط در ماده‌ها ایجاد می‌شود.

## نکته

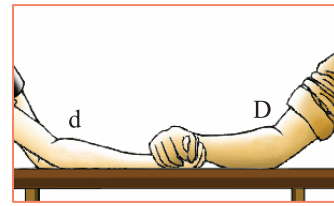
در ادامه بررسی می‌کنیم که مثلاً زنبور عسل نر نیز چون هاپلوئید است، فاقد دو آلل در یک جایگاه ژن می‌باشد یعنی در زنبور نر، خالص، ناخالص، هم‌توان یا حد واسط بودن یک صفت بررسی نمی‌شود.



رابطه هم‌توانی  
(گروه خونی AB یا رنگ موی اسب)



رابطه بارزیت ناقص الل‌ها  
(رنگ گل میمونی)



رابطه بارز و نهفتگی الل‌ها  
(گروه خونی Rh)

### ژنوتیپ (ژن نمود)

به ترکیب الل‌ها و قرارگیری آن‌ها در صفات یک فرد یا همان فرمول ژنتیکی یک فرد، ژنوتیپ می‌گویند. مثلاً AA، RW، aa، یا  $X^A Y$  یا  $X^R X^W$  همه آن‌ها فرمول ژنتیکی یا ژنوتیپ فرد در مورد صفت مشخصی می‌باشد. در ژنوتیپ به‌جز در صفات وابسته به جنس XYها، در سایر حالات همواره صحبت از خالص ناخالصی می‌شود و همواره طرز قرارگیری الل‌ها در آن نقش دارد.

### فنوتیپ (رخ نمود)

به شکل ظاهری یا حالت بروز یافته یک صفت، فنوتیپ می‌گویند. مثلاً وقتی می‌گوییم مو روی بند انگشتان یک فرد ایجاد می‌شود، این یک فنوتیپ است که به صورت بارز (A) بروز یافته است ولی ژنوتیپ آن می‌تواند یکی از دو حالت AA یا Aa بوده باشد (دقت کنید که در مورد فنوتیپ هیچ‌گاه نباید هفت خاص یا ناخالص به کار ببریم چون فنوتیپ فرد AA یا Aa یکسان است).

### نکته مهم

در صفاتی که رابطه بارز و نهفتگی بین الل‌های آن وجود دارد، برای دو الل آن سه نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa و دو نوع فنوتیپ بارز (A) و نهفته (a) دیده می‌شود ولی اگر بین الل‌های صفت هیچ رابطه بارز و نهفتگی وجود نداشته باشد، در این صورت هر ژنوتیپ بیانگر فنوتیپ خاصی می‌باشد. مثلاً در گل میمونی، RR بیانگر قرمز، WW بیانگر سفید و RW بیانگر فنوتیپ حد واسط صورتی می‌باشد.

### ● جنسیت فنوتیپ نیست!!

### نکته مهم

همان‌گونه که قبلاً هم گفتیم دقت کنید که جنسیت فرد، یک فنوتیپ به حساب نمی‌آید (مگر اینکه در سؤال گفته باشد فنوتیپ را با توجه به جنسیت حساب کنید) که برای فهم بهتر این مطلب به مثال زیر توجه کنید:

**مثال:** اگر دو ژن (الل) قرمزی و سفیدی صفت رنگ موی اسب با رابطه هم‌توانی در دو حالت مختلف در نظر بگیریم که اولی روی کروموزوم X و دومی روی کروموزوم غیرجنسی باشد، در این صورت در هر مورد به دو سؤال زیر پاسخ دهید:

الف) در جامعه چند نوع ژنوتیپ و فنوتیپ دیده می‌شود؟

ب) در جامعه چند نوع ژنوتیپ و فنوتیپ با توجه به جنسیت دیده می‌شود؟

**پاسخ:** حالت اول: اگر صفت مورد نظر مستقل از جنس (غیرجنسی) باشد:

در صورت اصلاً به جنسیت کاری نداریم و در جامعه ۳ نوع ژنوتیپ RR، WW و RW و ۳ نوع فنوتیپ قرمز، سفید و راه‌راه قرمز سفید وجود دارد. در سؤال دوم که «با توجه به جنسیت» را ذکر کرده بود، حالا اسب نر RR و اسب ماده RR را دو نوع فنوتیپ در نظر می‌گیریم.

**حالت دوم:** اگر الل‌های صفت مورد نظر روی کروموزوم X باشد:

در این صورت ژنوتیپ‌های ممکنه در اسب‌های ماده XX و نرهای XY به صورت زیر می‌باشد.

$X^W Y$	$X^R Y$	$X^W X^W$	$X^R X^W$	$X^R X^R$
نر مو سفید	نر مو قرمز	ماده مو سفید	ماده مو راه‌راه قرمز سفید	ماده مو قرمز

در این صورت همواره ژنوتیپ نرها و ماده‌ها با هم متفاوتند و ۵ نوع ژنوتیپ در این صفت در جامعه دیده می‌شود ولی در مورد فنوتیپ، در حالت (الف) که به جنسیت ربطی ندارد ۳ نوع فنوتیپ قرمز، سفید و راه‌راه قرمز سفید دیده می‌شود و در حالتی مثل (ب) که جنسیت را در سؤال ذکر کرده است، ۵ نوع فنوتیپ نیز دیده می‌شود. چون در این صورت نر مو سفید و ماده مو سفید را دو نوع در نظر می‌گیریم (اگر برخلاف (ب) در سؤال گفته بود فنوتیپ‌ها را با توجه به جنسیت حساب کنید، فقط مثل متقل از جنس‌ها به شکل ظاهری صفات دقت کنید).



## تست ۴

به‌طور معمول در انسان‌ها، در یاخته‌های تک‌هسته‌ای و دولا، ممکن نیست تعداد انواع ..... یک صفت ..... باشد. (قلم‌چی)

(۱) ژن نمود - با تعداد دگره‌های مربوط به آن صفت در هر یاخته، برابر

(۲) رخ نمود - از تعداد ژن‌نمودهای مربوط به آن صفت بیشتر

(۳) دگره‌های - در هر یاخته، بیشتر از دو دگره

(۴) رخ‌نمودهای - کمتر از تعداد دگره‌های مربوط به آن صفت در هر یاخته

تعداد انواع رخ‌نمودها در کمترین حالت، با تعداد انواع دگره‌ها برابر است چون هر دگره در حالت خالص AA یا aa، شکل خود را بروز می‌دهد.

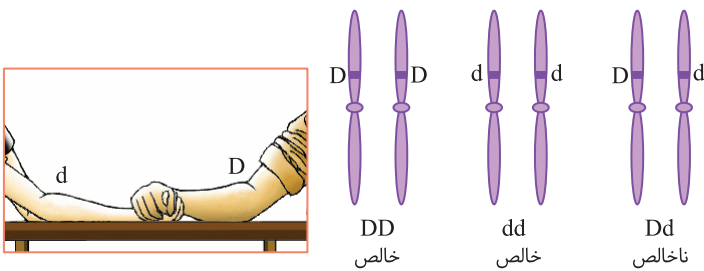
## پاسخ ۴

**تله‌های تستی** گزینه (۱): در صفت وابسته به X در مردان امکان‌پذیر است که صفت دو اللی با رابطهٔ بارز و نهفتگی، فقط در حالت رخ نمود و ژن نمود  $X^A Y$  و  $X^a Y$  داشته باشد. / گزینه (۲): مثلاً در دوقلوهای که از یک یاختهٔ مشترک ایجاد شده‌اند (رولوها)  $CK$  همان، محتوای ژنتیکی هر دو فرد یکسان است و در نتیجه ژن نمود صفات مختلف یکسان است، اما برخی صفات تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند و رخ نمودهای متفاوتی را نشان می‌دهند، یا مانند رنگ گلبرگ گل ادریسی در خاک‌های اسیدی یا قلیایی که با اینکه یک ژنوتیپ دارند ولی در محیط متفاوت، فنوتیپ متفاوتی را بروز می‌دهند! / گزینه (۳): برای صفات چندجایگاهی در هر یاخته ممکن است بیش از دو دگره داشته باشیم (ما خیلیم مهم است بدانید که همه آن‌ها با یکدیگر اللی نیستند اما همگی اللی یک صفت هستند).

## انواع صفات بر حسب تعداد جایگاه ژن‌های آن

در جانداران، بر حسب تعداد جایگاه ژن‌هایی که سبب بروز یک صفت می‌شوند، دو نوع صفت داریم. یکی **صفات تک‌جایگاهی** که در این گفتار آن‌ها را بررسی می‌کنیم و یکی **صفات چندجایگاهی** که در گفتار بعد به مطالعهٔ آن‌ها می‌پردازیم (خواهش من این است که خط به خط جملات را تحلیل کنید و سپس به خط بعدی و نکته بعدی بروید!).

## صفاتی که دارای یک جایگاه ژنی هستند (صفات تک‌جایگاهی)



«ژن‌نمودهای خالص و ناخالص»

در بدن جانداران تعداد زیادی از صفات وجود دارند که ژن‌های دارای دستورالعمل آن‌ها فقط در یک جایگاه خاص از DNA و فقط در یک جفت کروموزوم هم‌تا قرار دارند و یک فرد طبیعی، حداکثر دو الل آن را در هر هسته دیپلوئید یاخته‌های پیکری خود دارد. این صفات می‌توانند در جامعه تحت کنترل دو یا چند ژن اللی باشند. دقت کنید که الل‌ها فقط در کروموزوم‌های هم‌تا و روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و چون ژن این صفات فقط یک جایگاه دارد، پس در یاخته‌های دیپلوئید آن‌ها دو الل بیشتر نمی‌تواند وجود داشته باشد. این الل‌ها، در صورت رابطهٔ بارز و نهفتگی به صورت AA یا Aa یا aa و در صورت عدم رابطهٔ بارز و نهفتگی (هم‌توانی یا بازیت ناقص) به صورت RR، RW و WW در کروموزوم‌های هم‌تا قرار می‌گیرند.

باشد. این الل‌ها، در صورت رابطهٔ بارز و نهفتگی به صورت AA یا Aa یا aa و در صورت عدم رابطهٔ بارز و نهفتگی (هم‌توانی یا بازیت ناقص) به صورت RR، RW و WW در کروموزوم‌های هم‌تا قرار می‌گیرند.

## نکته

باز هم برای چندمین بار یادآوری می‌کنم که این صفات (صفات تک‌جایگاهی) در یاخته‌های دیپلوئید افراد XY، دارای یک اللی برای صفات وابسته به جنس هستند چون دو کروموزوم جنسی آن‌ها هم‌تا نبوده و دارای دو اللی یک صفت نمی‌باشند. در گامت‌های طبیعی افراد XY یا XX که یاخته‌ای هاپلوئید می‌باشد نیز برای هر صفت تک‌جایگاهی غیرجنسی (مستقل از جنس) حداکثر فقط یک اللی دارند (A یا a). البته افراد XY برای صفات وابسته به X، در گامتی که کروموزوم X دارد، یک اللی دارند و در گامت Y دار فاقد اللی این صفت هستند. مثلاً در چهار مستطیل زیر می‌توانید نمونه نوشتن ژنوتیپ صفات جنسی و مستقل از جنس را در افراد ببینید. یک بار دیگر اشاره می‌کنم که برای مردان در صفات وابسته به جنس، نمی‌توان اصطلاحات خالص یا ناخالص را به‌کار برد.

مرد با موی موج‌دار XYRW

زن با موی موج‌دار XXRW

زن با صفت جنسی ناخالص  $X^R X^W$

مرد با صفت جنسی  $X^R Y$

البته دوستان دقت کنید که الل‌های حالت مو، روی کروموزوم جنسی قرار ندارند و مثال بالا فقط برای تفهیم مطلب بود!

**مثال:** الف) اگر طول بال خفاش، صفتی باشد که دارای دو ژن در یک قسمت از کروموزوم‌های غیرجنسی باشد و بین الل‌های آن رابطهٔ بارز بلندی و کوتاه نهفتگی وجود داشته باشد، در خفاش نر و ماده چند نوع ژنوتیپ و فنوتیپ دیده می‌شود؟  
ب) اگر صفت فوق دارای ژن‌هایی روی کروموزوم‌های جنسی X باشد، نیز سؤال را حل کنید.  
دقت! خفاش نوعی پستاندار است و نر آن‌ها مانند انسان‌ها XY و ماده XX دارند.

**پاسخ:** الف) در حالتی که ژن‌ها روی کروموزوم غیرجنسی (مستقل از جنس) واقع است بحث نر یا ماده خفاش یا هر جاندار در آرایش ژن‌های آن‌ها بی‌مورد است. این خفاش‌ها دارای ۳ نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa و دارای ۲ نوع فنوتیپ بارز (غالب) A (در ژنوتیپ‌ها CK و AA) و فنوتیپ a نهفته (مغلوب) می‌مورد است.



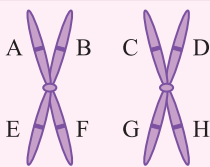
(رژنوتیپ aa) می‌باشند که به صورت زیر است:

			شکل کروموزومی	
خالص بارز AA	ناخالص بارز Aa	خالص نهفته aa		ژنوتیپ
A (بلند)	A (بلند)	a (کوتاه)		فنوتیپ

(ب) در حالی که ژن‌های (الرحه) این صفت روی کروموزوم X باشد:

خفاش ماده XX (همانند حالت غیرجنسی است)			خفاش نر XY		جنسیت
					شکل کروموزومی
$X^A X^A$	$X^A X^a$	$X^a X^a$	$X^A Y$	$X^a Y$	
خفاش ماده با بلند با دو الل یکسان (خالص)	خفاش ماده با بلند با دو الل متفاوت (ناخالص)	خفاش ماده با کوتاه با دو الل یکسان (خالص)	خفاش نر با بلند با یک الل A	خفاش نر با کوتاه با یک الل a	فنوتیپ

با اینکه قطعاً سؤال عددی در کنکور طرح نمی‌شود ولی دقت کنید که در حالت وابسته به جنس، ۵ نوع ژنوتیپ و ۲ نوع فنوتیپ بلند و کوتاه در جامعه آن‌ها دیده می‌شود ولی اگر تعداد انواع فنوتیپ‌ها را با توجه به جنسیت از ما سؤال کنند، در آن صورت ۴ نوع فنوتیپ خواهیم داشت (نر بلند، ماده بلند، نر کوتاه و ماده کوتاه). حتماً می‌دانید که بدون توجه به جنسیت در هر حالت دو نوع رخ نمود (ژنوتیپ) بلندی و کوتاهی در جامعه مشاهده می‌شود و چون الل‌ها رابطهٔ بارز و نهفتگی دارند، خفاش با بال متوسط وجود ندارد.



تست ۵ در شکل مقابل ژن‌های موجود در ..... برخلاف ..... نسبت به هم دگره می‌باشند.

- ۱) E و F - D و A
- ۲) H و G - D و C
- ۳) E و G - B و A
- ۴) D و F - A و H

پاسخ ۱ باید به راحتی به این سؤال پاسخ دهید. یک بار دیگر خدمت شما عرض می‌کنم که دگره‌ها روی دو فام‌تن هم‌تا و در جایگاه‌های مشابهی قرار دارند. در این شکل ژن‌های (B و A) یا (D و C) یا (F و E) یا (H و G) در دو کروماتید خواهری قرار دارند و دستورالعمل کاملاً یکسانی دارند ولی تا وقتی توسط سانترومر به هم متصلند، دگره همدیگر نیستند. در حالی که ژن A با C و D دگره به حساب می‌آید یا ژن G با E و F دگره به حساب می‌آید.

## انواع صفات تک‌جایگاهی

همان‌طور که امیدوارم تا حالا متوجه شده باشید، صفات تک‌جایگاهی، صفاتی هستند که ژن‌ها یا الل به ارث رسانندهٔ آن‌ها روی یک قسمت مشخص در DNA کروموزومی قرار دارد. از این صفات تا حالا انواعی مثل رنگ موی اسب، مو درآوردن روی بند انگشتان، رنگ گل میمونی و... را بررسی کردیم. در اینجا می‌خواهیم به انواع صفات تک‌جایگاهی با توجه به تعداد الل‌ها یا ژن‌هایی که آن‌ها را رهبری می‌کنند بپردازیم.

### الف) صفات تک‌جایگاهی دو ژنی (دو اللی)

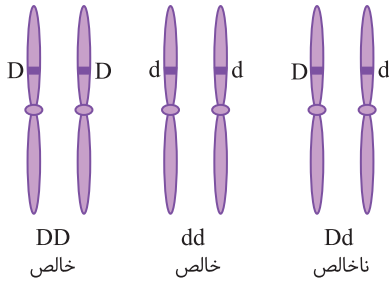
صفات دو ژنی (دو اللی): صفاتی هستند که در کل جامعه برای به ارث رسیدن آن، دو الل یا دو نوع دستورالعمل وجود دارد و هر هسته دیپلوئید یاخته پیکری فرد نیز حداقل می‌تواند دو الل آن را در جایگاه مشخصی از جفت کروموزوم‌های هم‌تای خود داشته باشد. این الل‌ها می‌توانند مانند رنگ گل میمونی بدون رابطهٔ بارز و نهفتگی باشند که ۳ نوع ژنوتیپ RR، RW و WW و ۳ نوع فنوتیپ قرمز، صورتی و سفید را نشان دهد و یا دارای رابطهٔ بارز و نهفتگی A و a باشد که دارای ۳ نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa و ۲ نوع فنوتیپ بارز A و نهفته a داشته باشد. از نمونه‌های این صفات در قسمت‌های قبل بسیار بررسی کردیم و در اینجا به بررسی نوعی دیگر از آن‌ها به نام گروه خونی Rh (مثبت و منفی) می‌پردازیم.



## نکته

وقتی می‌گوییم یک صفتی تک‌جایگاهی است یعنی در همه افراد گونه، همه ژن‌ها و ال‌های مربوط به آن صفت در یک جایگاه از دو کروموزوم هم‌تا یا مثلاً در یک جایگاه از کروموزوم‌های X یا Y قرار دارد. حال این صفت می‌تواند در کل جامعه تحت کنترل دو یا تعداد زیادی ال باشد ولی هر فرد در هر هسته دیپلوئید خود، حداکثر دو ال آن را دارد.

## ● گروه خونی Rh



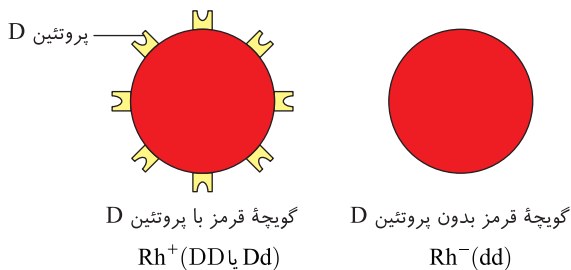
«ژن‌نمودهای خالص و ناخالص»

انسان دارای چند نوع گروه خونی متفاوت می‌باشد که دو صفت اصلی آن به سیستم‌های گروه خونی ABO و گروه خونی Rh معروف می‌باشند. هر دوی این صفات از نوع **تک‌جایگاهی** و روی کروموزوم‌های غیرجنسی می‌باشند. گروه خونی ABO دارای چند ال (ژن) در جامعه می‌باشد که در قسمت بعد و پس از درسنامه Rh به آن می‌پردازیم. در اینجا می‌خواهیم به بررسی گروه خونی ساده‌تری به نام Rh بپردازیم که **حتماً شنیدید فلانی گروه خونی یا Rh (اره‌ش!) مثبت یا منفی دارد.**

گروه خونی Rh، صفتی می‌باشد که در جامعه دارای دو ال (پوش‌رح) با رابطهٔ بارز و نهفتگی D و d می‌باشد. ژن‌های این صفت **روی جفت کروموزوم شماره ۱** انسان‌ها و در **بالای** سانترومر قرار دارد که یک صفت **غیرجنسی** (متقل از جنس) است و در بررسی آن، زن و مرد حالات مشابهی دارند.

دو کروموزوم شماره ۱ انسان (جفت اول) که با هم هم‌تا می‌باشند، هر کدام در **بالای** سانترومر خود، دارای جایگاهی هستند که ژن Rh در آنجا قرار دارد. هر هسته یاختهٔ دیپلوئید فرد، دارای دو ال از این صفت می‌باشد و در جامعه می‌توان ۳ نوع ژنوتیپ DD، Dd، dd و ۲ نوع فنوتیپ مثبت (D) و منفی (d) را در بین افراد مشاهده کرد.

گروه خونی Rh و مثبت یا منفی بودن آن در گروه خونی فرد، در حقیقت به بودن یا نبودن **پروتئینی** به نام D در روی **غشای گویچه‌های قرمز** بستگی دارد. وقتی در فردی حداقل یک ال D وجود دارد، با بیان این ژن، پس از رونویسی و ترجمه، پروتئین D در غشای گویچه‌های قرمز ایجاد شده است که به گروه خونی این افراد مثبت (+) می‌گویند. در این صفت، ژن d فاقد توانایی ایجاد پروتئین D می‌باشد (**به‌طور کلی ژن d، هیچ پروتئینی نمی‌سازد**). همان‌طور که می‌دانید در این صفت دو الی (D و d) ژنوتیپ‌های DD و Dd که به ترتیب بارز خالص و بارز ناخالص هستند می‌توانند پروتئین D را در سطح گویچه‌های قرمز بسازند و گروه خونی فرد را Rh مثبت کند ولی افرادی که ژنوتیپ خالص نهفته (dd) دارند، هر دو ژن آن‌ها فاقد قدرت تولید پروتئین D در سطح گویچهٔ قرمز می‌باشند که به آن‌ها افراد دارای گروه خونی Rh منفی می‌گویند.



«مبنای گروه خونی Rh پروتئین D»

ژنوتیپ	فنوتیپ
DD	گروه خونی +
Dd	گروه خونی +
dd	گروه خونی -

انواع ژنوتیپ و فنوتیپ گروه خونی Rh

## چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

① در بیشتر بدانید آمده است که **Rh برگرفته از نام میمونی به نام رزوس (Rhesus) است**

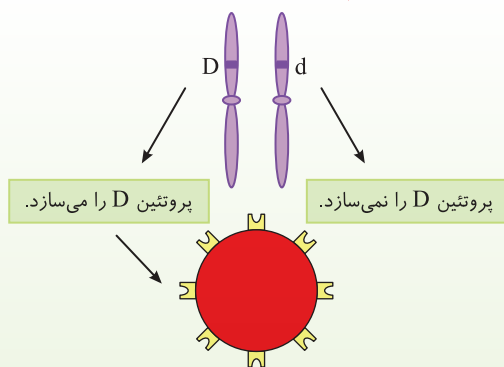
که **گروه خونی Rh اولین بار از این نوع میمون کشف شده است.**

② افراد Rh مثبت ناخالص، به صورت Dd، دو ژن مربوط به صفت Rh دارند که در نهایت با توجه به رابطهٔ بارز و نهفتگی، ال بارز، پروتئین D را روی سطح گویچه‌های قرمز ایجاد می‌کنند. دقت کنید که فقط ژن D قدرت بیان و تولید پروتئین D دارد و ژن d در هیچ فردی بیان نمی‌شود و هیچ رنا یا پروتئینی نمی‌سازد.

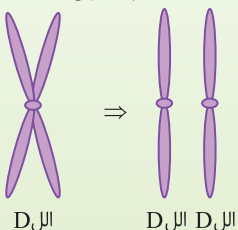
③ تعداد پروتئین‌های D موجود در سطح گویچه‌های قرمز فرد DD با Dd برابر می‌باشد ولی در افراد ناخالص، همهٔ پروتئین‌های Rh، محصول فعالیت یک ژن می‌باشد.

④ دقت کنید که با توجه به شکل روبه‌رو در کروموزوم‌های حاوی ال‌های Rh یا گروه خونی، حتی وقتی کروموزومی را به صورت مضاعف شده کشیده است، باز هم هر کروموزوم را حاوی یک ال می‌داند.

⑤ حتماً می‌دانید که گویچهٔ قرمز **نابالغ** دارای هسته و ژن می‌باشد ولی در حالت بلوغ در مغز استخوان فاقد هسته و دنا می‌شود و سپس وارد خون می‌شود. پس هر گویچهٔ بالغ، فاقد ال و ژن برای Rh یا هر صفت دیگر می‌باشد و اگر RNA برای تولید پروتئین دارد، باید قبل از بلوغ شدن ذخیره شده باشند.



«توضیح رابطهٔ بارز و نهفتگی بین ال‌های گروه خونی Rh»



تست ۶

در افرادی که ژن نمود ناخالص Rh دارند (Dd), .....

- ۱) هر دو ژن مسئول Rh آن‌ها رونویسی می‌شود ولی یکی ترجمه می‌شود.
- ۲) فقط یک ژن مسئول Rh در آن‌ها رونویسی و ترجمه می‌شود.
- ۳) همه گویچه‌های قرمز آن‌ها ژن تولید پروتئین D دارند.
- ۴) هر گویچه خونی آن‌ها حاوی پروتئین D می‌باشد.

پاسخ ۲

فردی که Rh مثبت ناخالص (Dd) می‌باشد، در جفت فام‌تن اول خود، یک ژن D فعال دارد که در اثر رونویسی و ترجمه، پروتئین D را روی سطح گویچه‌های قرمز فرد ایجاد می‌کند ولی ژن دیگر آن نهفته یا مغلوب (d) می‌باشد که رونویسی و ترجمه نمی‌شود.  
 نکته: همه گویچه‌های قرمز این فرد، حاوی پروتئین D برای Rh می‌باشند ولی ژن آن را ندارند (در سطح ژنوتیپ (۳)). ولی دقت کنید که در خون، علاوه بر گویچه قرمز، نوعی گویچه دیگر دفاعی به نام **گویچه سفید** هم دارد. این گویچه‌ها برخلاف گویچه قرمز، هسته دارند و حاوی هر دو دگره Rh می‌باشند ولی این ژن‌ها در گویچه‌های سفید، رونویسی، ترجمه یا به عبارتی بیان نمی‌شوند و در سطح این یاخته‌ها، زائده گروه خونی وجود ندارد (در سطح ژنوتیپ (۱) و (۴)).

ب) صفات تک‌جایگاهی چند اللی (چند ژنی)

تا اینجا متوجه شدیم که صفات تک‌جایگاهی، توسط ژن‌هایی به ارث می‌رسند که در یاخته‌های پیکری دیپلوئید و تک‌هسته‌ای هر فرد دو عدد ژن یا آلل دارند (البته اکثر ژن آن‌ها روی کروموزوم X باشد، در افراد XY دارای یک آلل می‌باشند). از صفات تک‌جایگاهی نمونه‌هایی که در طبیعت دارای فقط دو ژن می‌باشند را مثل گروه خونی Rh با رابطه بارز و نهفتگی یا رنگ گل میمونی با رابطه بارزیت ناقص شناختیم. در این قسمت می‌خواهیم نمونه‌ای از صفات تک‌جایگاهی را بررسی کنیم که به صفات n اللی با آلل‌های چندگانه معروف می‌باشند.  
 امیدوارم تا الان متوجه شده باشید که به حالت‌های مختلف یک ژن در یک جفت کروموزوم، می‌توان واژه آلل اطلاق کرد و آلل‌ها وقتی مفهوم پیدا می‌کنند که می‌توانند در کروموزوم‌های همتا، در جایگاه‌های یکسان و روبه‌روی هم قرار بگیرند.

● تعریف صفات n اللی (چند اللی = آلل‌های چندگانه) = چند دگره‌ای

صفات n اللی، صفاتی هستند که در کل جامعه دارای n نوع ژن آلل می‌باشد که همگی در جایگاه یکسانی قرار می‌گیرند. یعنی هر کدام می‌توانند در جایگاه یکسانی از کروموزوم‌های همتا در روبه‌روی همدیگر قرار بگیرند. این ژن‌ها، برحسب رابطه بارز و نهفتگی، هم‌توانی یا بارزیت ناقصی که با هم دارند، سبب ایجاد شکل‌های خاصی از آن صفت می‌شوند. دقت کنید که در صفات n اللی جامعه، تعدادی آلل‌های مختلف وجود دارد ولی هر فرد باز هم نمی‌تواند در هر هسته یاخته‌های پیکری 2n خود، بیشتر از دو تا آلل (دو ژن) برای آن صفت داشته باشد، چون هر فرد 2n، برای هر کروموزوم فقط یک کروموزوم هم‌تای دیگر دارد.  
 برای درک بهتر صفت چند اللی، دقت کنید که به‌طور مثال اگر وراثت صفتی تحت کنترل 3 ژن باشد که با هم آلل هستند، یعنی در جامعه برای به ارث رسیدن این صفت 3 آلل مثلاً  $A_1$ ،  $A_2$  و  $A_3$  وجود دارد که این 3 آلل می‌توانند روی یک جایگاه از یک جفت کروموزوم هم‌تای هر فردی قرار بگیرند. در حالتی که ژن‌های این صفت روی کروموزوم‌های غیرجنسی باشند، به این صفات، مستقل از جنس یا غیرجنسی می‌گویند و هر فرد می‌تواند یکی از 6 حالت ژنوتیپی خالص ( $A_1A_1$ ،  $A_2A_2$  و  $A_3A_3$ ) و ناخالص ( $A_1A_2$ ،  $A_1A_3$  و  $A_2A_3$ ) را داشته باشد. به تعداد انواع ژن‌ها یا آلل‌ها یعنی 3 حالت اول خالص بوده و در سایر حالات ناخالص هستند. دقت کنید که یاخته‌های هاپلوئید این جاندار مثل گامت‌ها چون n کروموزومی هستند و فاقد کروموزوم هم‌تای می‌باشند دارای 3 نوع ژنوتیپ،  $A_1$  یا  $A_2$  یا  $A_3$  می‌باشند.

انواع فنوتیپ‌هایی که می‌توان برای این صفت در جامعه متصور شد، بستگی به روابط بین آلل‌های آن‌ها دارد، مثلاً در این مثال اگر آلل  $A_1$  بر سایر آلل‌ها غالب (بزرگ) باشد ولی بین  $A_2$  و  $A_3$  رابطه بارز و نهفتگی برقرار نباشد، در این صورت افراد  $A_1A_1$ ،  $A_1A_2$  و  $A_1A_3$  فنوتیپ  $A_1$  را نشان می‌دهند. افراد  $A_2A_2$  فنوتیپ  $A_2$  را نشان می‌دهند و افراد  $A_2A_3$  فنوتیپ  $A_2$  را نشان می‌دهند ولی افراد  $A_3A_3$  چون بین آلل‌های آن‌ها رابطه بارز و نهفتگی وجود ندارد، برحسب رابطه بین آن‌ها می‌توانند حالت هم‌توانی یا بارزیت ناقص را در فنوتیپ خود نشان دهند.

پس به‌طور خلاصه در این صفت 3 اللی غیرجنسی (مستقل از جنس) براساس روابط بالا:

الف) تعداد جایگاه ژن‌ها  $\leq$  یک عدد در جای مشخصی از یک جفت کروموزوم هم‌تای می‌باشد.

ب) تعداد ژن‌ها یا آلل‌ها  $\leq$  3 عدد می‌باشد.  $\leftarrow (A_3 - A_2 - A_1)$

ج) تعداد انواع ژنوتیپ‌ها  $\leq$  6 نوع می‌باشد.  $\leftarrow (A_2A_3 - A_3A_3 - A_2A_2 - A_1A_3 - A_1A_2 - A_1A_1)$

د) تعداد انواع فنوتیپ‌ها  $\leq$  4 نوع می‌باشد.  $\leftarrow (A_2A_3 - A_3 - A_2 - A_1)$

ه) تعداد انواع ژنوتیپ‌های خالص  $\leq$  به تعداد انواع آلل‌ها یعنی 3 نوع می‌باشد.  $(A_3A_3 - A_2A_2 - A_1A_1)$

و) تعداد انواع ژنوتیپ‌های ناخالص  $\leq$  3 نوع دیگر می‌باشند.  $(A_2A_3 - A_1A_3 - A_1A_2)$

لازم به ذکر است که در این صفات، تعداد انواع ژنوتیپ خالص، به تعداد انواع آلل‌هاست ولی در مورد ناخالص‌ها، نمی‌توانیم نظری بدهیم و در هر صفت متفاوت است.





## تعداد ال‌های صفات در جانداران مختلف

## نکته

اگر یاخته یا یاخته‌های پیکری جاندارى حاوى  $n$  ديف کروموزوم و به صورت **پلی‌پلوئید** باشد، مثل موز تریپلوئید  $3n$  (سرریف کروموزوم دار) یا گندم هگزاپلوئید  $6n$  (۶ ریف کروموزوم دار)، در این صورت هر یاخته پیکری موز برای صفت تک‌جایگاهی (ب هر تعداد اللی در جامعه)، دارای ۳ الل و گندم  $6n$  دارای ۶ الل می‌باشد. در حقیقت در هر یاخته یا هسته‌ای، ضریب یا عدد قبل از  $n$  بیانگر تعداد الل‌های هر صفت تک‌جایگاهی در حالت غیرجنسی می‌باشد.

## نکته مهم

در حل تمرین‌ها و تست‌ها، کروموزوم‌های یاخته را تک کروماتیدی و دارای یک مولکول دنا در نظر می‌گیریم. مگر اینکه مضاعف بودن کروموزوم‌های آن مشخص باشد. در این حالت هر کروموزوم مضاعف شده دارای دو مولکول دنا و دو ژن یکسان از هر صفت تک‌جایگاهی می‌باشد. در هر صورت به‌طور معمول در کنکور به تعداد ضریب  $n$  در عدد کروموزومی یاخته، تعداد ژن برای آن جایگاه ژنی وجود دارد (حتماً به خاطر دارید که فقط اللی فقط برای کروموزوم‌ها هست، به‌کار می‌رود).

**تمرین ۱:** اگر صفتی مستقل از جنس در انسان دارای ۴ ژن الل در یک جامعه باشد، علاوه بر این صفت، با در نظر گرفتن صفت Rh، هر یاخته اسپرماتوگونی، اسپرماتید، اولین گویچه قطبی گویچه فرمز بالغ و یاخته ماهیچه دوسر بازوی ۴ هسته‌ای برای این صفات مجموعاً، حداقل چند الل و چند ژن دارند؟

**پاسخ:** در این سؤال دقت کنید که دو صفت را مطرح کرده است یکی گروه خونی Rh که می‌دانید صفتی تک‌جایگاهی تحت کنترل دو الل D و d می‌باشد و صفت دیگر دارای ۴ ژن الل می‌باشد.

۱) اسپرماتوگونی یاخته‌ای **دیپلوئید** می‌باشد که برای هر صفت مستقل از جنس (غیرجنس) دارای ۲ ژن الل در یک جایگاه می‌باشد. پس ۲ الل برای Rh و ۲ الل برای صفت دیگر دارد که مجموعاً ۴ الل می‌شود (این یاخته در حالت مضاعف از هر اللی دو نسخه ژنی مشابه روی کروماتیدها خواهری دار).

۲) اسپرماتید یاخته‌ای **هاپلوئید (n)** و تک کروماتیدی می‌باشد که برای هر کدام از این دو صفت **یک الل یا ژن** دارد پس مجموعاً دو الل و دو ژن از این دو صفت را منتقل می‌کند.

۳) اولین گویچه قطبی، محصول میوز ۱ بوده و یاخته‌ای هاپلوئید با کروموزوم‌های مضاعف می‌باشد. پس برای Rh دارای یک الل ولی دو ژن مشابه و برای صفت دیگر نیز به همین صورت می‌باشد. پس کلاً چهار ژن و دو الل برای این صفات دارد.

۴) گویچه فرمز بالغ فاقد هسته می‌باشد و اصلاً ژنی را حمل نمی‌کند.

۵) یاخته ماهیچه اسکلتی چند هسته دیپلوئید (۲n) دارد. وقتی این یاخته ۴ هسته‌ای باشد، برای هر هسته آن ۲ الل برای Rh و ۲ الل نیز برای صفت دیگر دارد. پس هر هسته آن حامل ۴ الل برای این دو صفت می‌باشد که ۴ هسته مجموعاً دارای ۱۶ الل در مورد این دو صفت می‌باشد.

## نکته

یاخته‌هایی مثل نورون‌ها، ماهیچه اسکلتی، لنفوسیت‌های عمل‌کننده (پاراموسیت و T کشته) چون میتوز ندارند، همواره کروموزوم‌های تک کروماتیدی دارند و هر الل آن‌ها در یک ژن می‌باشد.

## بررسی انواع ال‌های صفات وابسته به جنس

## نکته

صفاتی که ژن آن‌ها روی کروموزوم‌های جنسی قرار دارد، به صفات وابسته به جنس معروف هستند. این صفات می‌توانند ژن‌هایی روی کروموزوم X یا Y داشته باشند. در صورتی که ژن آن‌ها روی کروموزوم X باشد، تعداد الل‌های مربوط به آن‌ها در جاندار XX همانند صفات غیرجنسی محاسبه می‌شود، چون دو کروموزوم X با هم همتا می‌باشند ولی در یاخته‌های XY برای این صفات یک الل وجود دارد که یا روی X و یا روی Y قرار دارد (البته اگر صفت وابسته به Y باشد، یاخته XX فاقد اللی برای این صفت می‌باشد).

**مثال:** اگر در انسان، صفتی تک‌جایگاهی در جامعه دارای ۳ ژن الل باشد که جایگاه ژنومی آن‌ها روی کروموزوم‌های X است، هر یاخته اسپرماتوسیت اولیه، اسپرماتید، یاخته لاله گوش زنان و اولین گویچه قطبی افراد در این صفت چند الل دارد؟

**پاسخ:** این صفت تک‌جایگاهی، در جامعه دارای ۳ ژن الل روی کروموزوم‌های X می‌باشد. در زنان که XX هستند، هر یاخته  $2n$  آن‌ها مثل اووگونی یا یاخته غضروفی لاله گوش، دو الل برای این صفت دارند که می‌تواند به صورت  $X^{A_1}X^{A_2}$ ،  $X^{A_1}X^{A_1}$  و ... وجود داشته باشد. در یاخته هاپلوئید زنان (مثل اووسیت ثانویه، تخمک یا گویچه‌های قطبی) که فقط یک کروموزوم X وجود دارد برای این صفت **یک الل**  $A_1$  یا  $A_2$  یا  $A_3$  را روی این کروموزوم جنسی دارند.

(دوستان عزیز برای این صفات تمام نکات در افراد XX مانند حالت متعلق از جنس مثل گروه خونی Rh است فقط در متعلق اللی را با نشان دادن کروموزوم به صورت  $X^A X^A$  یا  $X^A X^a$  یا  $X^a X^a$  نشان می‌دهیم.)

در مردان (XY): در مردان قضیه کمی متفاوت است. یاخته‌های پیکری دیپلوئید آن‌ها مثل لاله گوش، اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت اولیه و ... دو کروموزوم جنسی غیرهمتای XY دارند. چون ژن این صفت فقط روی کروموزوم X می‌باشد، پس برای این صفت **یک الل** یعنی به تعداد کروموزوم X خود دارند.

نصف یاخته‌های هاپلوئید در مردان مثل اسپرماتوسیت ثانویه یا اسپرماتید یا اسپرم، دارای یک کروموزوم X هستند و یک الل از این صفت دارند و نصف دیگر که کروموزوم Y دارند، در این صورت فاقد این الل یا ژن می‌باشند.

**تمرین ۲:** در بررسی هم‌زمان دو صفت تک‌جایگاهی در انسان که اولی وابسته به X تحت کنترل ۳ الل و دومی تحت کنترل ۴ الل مستقل از جنس است، هر یاخته لنفوسیتی زن و مرد، گویچه قطبی ثانویه و اسپرماتوسیت ثانویه در جامعه برای این دو صفت مجموعاً چند الل دارد؟

**پاسخ:** فکر کنم دیگه بعد از این تمرین سخت و حل تست‌های کتاب در این گفتار کاملاً به این مطلب چند اللی‌ها مسلط شوید!! (الله اعلم)

در این سؤال صفت اول ۳ اللی وابسته به X است که در یاخته‌های XX دارای دو الل، در یاخته‌های هاپلوئید X دارای یک الل و در یاخته هاپلوئید Y دار فاقد الل می‌باشد. صفت دیگر مستقل از جنس است و یاخته ۲n دارای دو ژن الل و یاخته هاپلوئید دارای یک الل از آن می‌باشد. حتماً به یاد دارید که اصلاً به چند اللی بودن این صفت در جامعه کاری نداریم. مهم این است که این صفت تحت کنترل یک جایگاه ژنی می‌باشد.

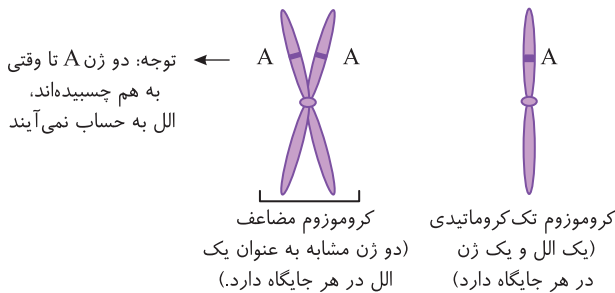
**الف) لنفوسیت زنان:** لنفوسیت، یاخته‌ای هسته‌دار ۲n می‌باشد که در زنان دو کروموزوم X دارد پس برای صفت وابسته به X دارای دو الل و برای صفت مستقل از جنس نیز ۲ الل دارد که مجموعاً ۴ الل می‌شود.

**ب) لنفوسیت مردان:** در مردان، هسته لنفوسیت دارای کروموزوم‌های جنسی XY می‌باشند و برای صفت وابسته به X، یک الل و برای صفت مستقل از جنس ۲ الل روی یک جفت کروموزوم غیرجنسی دارد، پس کلاً ۳ الل برای این دو صفت دارد.

**ج) گویچه‌های قطبی:** اگر خاطرتان باشد، گویچه قطبی اول و دوم حاصل تقسیمات میوز ۱ و ۲ مادر می‌باشند و هر دو هاپلوئید و حاوی یک کروموزوم X هستند. پس یک الل برای صفت وابسته به X و یک الل برای صفت مستقل از جنس دارند، یعنی مجموعاً دو الل در این دو صفت در گویچه قطبی دوم که تک کروماتیدی است وجود دارد. گویچه قطبی اول که حاوی کروموزوم‌های مضاعف می‌باشد، برای هر صفت در هر دای خود دو ژن مشابه و مجموعاً برای دو صفت چهار ژن دارد که دو نوع الل به حساب می‌آیند.

**د) اسپرماتوسیت ثانویه:** این یاخته هاپلوئید مضاعف شده در مردان، ۲۲ کروموزوم غیرجنسی مضاعف به همراه یک کروموزوم جنسی X یا Y دارد.

اگر این یاخته X دار باشد، یک جفت ژن مشابه برای صفت غیرجنسی و یک جفت ژن مشابه دیگر برای صفت وابسته به X دارد که مجموعاً ۴ ژن ولی دو الل می‌شود ولی اگر Y دار باشد، در صفت وابسته به X اللی ندارد و فقط یک جفت ژن مشابه برای صفت غیرجنسی یا مستقل از جنس دارد که دارای کلاً یک الل برای این دو صفت است.



توجه: دو زن A تا وقتی به هم چسبیده‌اند، الل به حساب نمی‌آیند

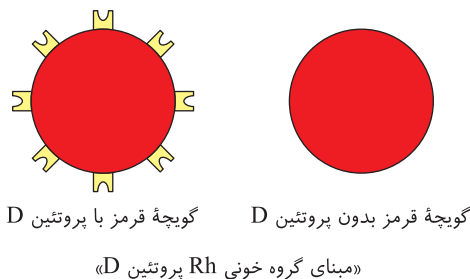
کروموزوم تک کروماتیدی (یک الل و یک ژن در هر جایگاه دارد)  
کروموزوم مضاعف (دو ژن مشابه به عنوان یک الل در هر جایگاه دارد)

## گروه خونی ABO

بارها شنیدید که از شما می‌پرسند که گروه خونی شما چیست و اگر آن را بدانید سریع مثلاً می‌گویید، من B<sup>+</sup> هستم (علاوه بر گروه خونی من، امکان هاشم B<sup>+</sup> است). راستی شما چه گروه خونی دارید؟ مثلاً ممکن است جواب دهید که AB<sup>-</sup> هستم. در قسمت Rh توضیح دادیم که گروه خونی دو حالت دارد یکی گروه خونی ساده Rh که صفتی دو اللی بود که ژن‌های آن روی جفت کروموزوم مستقل از جنس شماره ۱ قرار داشت و دارای سه نوع ژنوتیپ DD، Dd یا dd و دو نوع فنوتیپ مثبت (DD یا Dd) و منفی (dd) می‌باشد. این صفت برحسب پروتئین D در سطح غشای گویچه قرمز افراد دارای گروه خونی مثبت و عدم آن در افراد گروه خونی منفی می‌باشد. در اینجا می‌خواهیم نوع معروف‌تری از گروه خونی به نام سیستم ABO را مطالعه کنیم که در حقیقت صفت دیگری به غیر از Rh می‌باشد ولی معمولاً با هم بررسی می‌شوند.

گروه خونی ABO صفتی مستقل از جنس (غیرجنس) و تک‌جایگاهی است که در کل جامعه انسانی، توسط ۳ ژن الل به نام‌های A، B و O کنترل می‌شود که جایگاه ژن‌های آن روی کروموزوم شماره ۹ می‌باشد. همان‌طور که در صفات n اللی توضیح دادیم برای این صفت نیز هر فرد باید حداقل و حداکثر ۲ دگره (الل) در یاخته‌های دیپلوئید پیکری تک‌هسته‌ای خود داشته باشد. این صفت در هر جمعیتی می‌تواند ۶ نوع ژنوتیپ مختلف داشته باشد که به صورت‌های AA، AO، BO، AB و OO دیده می‌شوند.

## گروه خونی ABO بر چه مبنایی نام‌گذاری شده است؟!



«مبنای گروه خونی Rh پروتئین D»

در گروه خونی Rh مشاهده کردید که دو نوع ژن D و d در جامعه وجود داشت که این صفت را کنترل می‌کرد. یکی از این ژن‌ها بارز D است که در افراد دارای ژنوتیپ DD یا Dd یا Rh مثبت‌ها، قادر به ساخت پروتئین D در سطح غشای گویچه‌های قرمز می‌باشد و یکی ژن d که قادر به ساخت پروتئین D نبود. در حقیقت افراد دارای گروه خونی Rh منفی که همواره ژنوتیپ خالص نهفته dd دارند، پروتئین D را در سطح گویچه‌های قرمز خونی خود ندارند.

- در سیستم گروه خونی ABO به جای پروتئین در سطح غشای گویچه‌های قرمز، صحبت از اضافه شدن **کربوهیدرات‌هایی** به نام **A یا B** در سطح **غشای** این یاخته‌های خونی می‌شود. در حقیقت اضافه شدن این قندها به گویچه قرمز به فعالیت ۳ نوع ژن الل در جایگاه خاصی از کروموزوم شماره ۹ انسان وابسته می‌باشد. این ژن‌ها همانند Rh روی کروموزوم **غیرجنسی** قرار دارند و بروز آن‌ها در زنان و مردان از الگوی یکسانی تبعیت می‌کند.
- اگر ژن یا الل **A** در فرد وجود داشته باشد، یعنی این ژن در آن فرد بیان می‌شود و طی رونویسی و سپس ترجمه **آنزیمی به نام A می‌سازد**. این آنزیم سبب **افزایش** کربوهیدرات **A** در سطح غشای گویچه‌های قرمز آن فرد می‌شود (مثلاً **کربوهیدرات A** را **دایره** (●) در نظر بگیریم).
- اگر ژن یا الل **B** در فرد وجود داشته باشد، یعنی این ژن در آن فرد بیان شده و رونویسی و سپس ترجمه می‌شود و **آنزیم B را می‌سازد**. این آنزیم در سطح گویچه‌های قرمز، کربوهیدرات **B** را **افزایش می‌کند** که شکل این کربوهیدرات با نوع **A** متفاوت است (مثلاً **کربوهیدرات B** را **مربع** (■) در نظر بگیریم).
- ژن یا الل **O** نوعی از ژن‌ها می‌باشد که قادر به ساخت هیچ کدام از آنزیم‌های اضافه کننده کربوهیدرات‌های **A** و **B** نبوده است، یعنی این الل نمی‌تواند سبب اضافه شدن کربوهیدرات **A** یا **B** روی غشای گویچه‌های قرمز شود.

### چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- دقت کنید که این کربوهیدرات‌ها در بدن هر کسی می‌توانند وجود داشته باشند ولی هر فرد برحسب آنزیم‌های **A** یا **B** که دارد، می‌تواند این عوامل را روی غشای گویچه قرمز اضافه کند یا نکند.
- از فصل قبل به یاد دارید که رمزهای وراثتی روی ژن‌ها برای ساخت RNA و پروتئین به کار می‌روند ولی کربوهیدرات‌ها و لیپیدها، رمز وراثتی خاصی روی DNA ندارند. در صفت گروه خونی ABO نیز متوجه شدید که ژن ابتدا آنزیم پروتئینی خاصی را می‌سازد که آن آنزیم در اضافه کردن کربوهیدرات‌های گروه خونی مؤثر است (در حقیقت این کربوهیدرات‌ها، پیش‌ساز ماده این آنزیم‌ها هستند).
- از آنجایی که دو کروموزوم جفت ۹ با هم همتا می‌باشند، هر فرد برای گروه خونی ABO دارای دو الل می‌باشد. همان‌طور که گفتیم در جامعه ۶ نوع ژنوتیپ مختلف **AA, AO, BB, BO, AB, OO** در افراد محتمل می‌باشد.


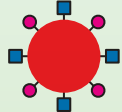
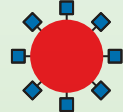
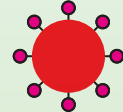



در ادامه باید ببینیم این سه الل چه رابطه‌ای از نظر بارز و نهفتگی یا عدم آن با هم دارند؟

### رابطه بین الل‌های گروه خونی ABO و انواع فنوتیپ‌ها

وقتی محققین به بررسی گویچه‌های قرمز افراد مختلف جامعه پرداختند متوجه شدند که **۴ نوع گویچه قرمز** در افراد جامعه، برحسب داشتن یا نداشتن کربوهیدرات‌های **A** و **B** گروه خونی ABO وجود دارد. در حقیقت ۴ نوع فنوتیپ برای این صفت ۳ اللی در جامعه دیده می‌شود. نتیجه بررسی‌ها نشان داد که الل‌ها یا ژن‌های **A** و **B** به ژن **O** بارز یا غالب می‌باشند به همین دلیل افرادی که ژنوتیپ‌های **AA** یا **AO** دارند، گروه خونی **A** دارند و روی سطح گویچه قرمز آن‌ها **فقط کربوهیدرات A** وجود دارد. همچنین افرادی با ژنوتیپ **BB** و **BO** نیز دارای گروه خونی **B** می‌باشند و روی سطح گویچه قرمز آن‌ها **فقط کربوهیدرات B** وجود دارد. افرادی که گروه خونی با ژنوتیپ **OO** دارند نیز هیچ کدام از این دو کربوهیدرات را در سطح گویچه قرمز خود ندارند چون هر دو الل آن‌ها فاقد قدرت ساخت آنزیم **A** یا **B** برای اضافه کردن این کربوهیدرات‌ها می‌باشد و به این افراد گروه خونی **O** اطلاق می‌شود.

### چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- در سطح غشای گویچه قرمز و به سمت بیرون یاخته همواره کربوهیدرات‌های مختلفی در تماس با برخی پروتئین‌ها و فسفولیپیدها وجود دارد. در این قسمت صرفاً در مورد کربوهیدرات‌های **A** و **B** گروه خونی در حال بحث هستیم.
- افراد دارای گروه خونی **AB** دارای دو ژن الل هستند که یکی آنزیم **A** را می‌سازد و کربوهیدرات **A** را روی گویچه‌های قرمز قرار می‌دهد و دیگری ژن **B** بوده که آنزیم **B** را ساخته که سبب اضافه کردن کربوهیدرات **B** نیز روی غشای گویچه‌های قرمز می‌شوند. **این دو الل زورشان به هم نمی‌رسد و هم‌توانند**، پس هر دو با هم بروز می‌یابند و فنوتیپ و ژنوتیپ **AB** را در گروه خونی فرزندان ایجاد می‌کنند (چون هر کدام اثرش **CS** و **A** و **B** توسط اسپرم و تخمک یک والد به ارث رسیده‌اند).

گروه خونی O	گروه خونی AB	گروه خونی B	گروه خونی A	
				گویچه قرمز
هیچ کدام				نوع کربوهیدرات گویچه قرمز

- صفت ۳ اللی تک‌جایگاهی گروه خونی ABO، دارای ۳ ژن یا الل روی کروموزوم **غیرجنسی** می‌باشد. الل‌های **A** و **B** به **O** بارز می‌باشند ولی بین ژن‌ها (الل‌ها) **A** و **B** رابطه **هم‌توانی** وجود دارد. به همین دلیل ژنتیک‌دانان الل‌های سیستم گروه خونی ABO را به صورت ( $I^A$ ،  $I^B$  و  $i$ ) نیز نشان می‌دهند. در این مدل  $i$  بیانگر الل **O** و نهفته بودن آن است ولی دو الل  $I^A$  و  $I^B$  نسبت به هم رابطه هم‌توانی دارند (در این کتاب الل **نهفته** را به صورت **O** نشان می‌دهیم).

- گروه خونی ABO که در جمعیت دارای سه اللی می‌باشد:

الف) ۶ نوع ژنوتیپ دارد، که ۳ نوع خالص **AA**، **BB** و **OO** و ۳ نوع ناخالص **AO**، **BO** و **AB** دارد.  
ب) ۴ نوع فنوتیپ دارد که به صورت **A(AA-AA)**، **B(BB-BB)**، **AB(OA-OB)** و **O** می‌باشد.

  
A B O



**تست ۷** فردی که کدام حالت‌های زیر را دارد، قطعاً در همه صفات مورد نظر ناخالص می‌باشد؟

- ۱) موی صاف با گویچه قرمزی فاقد کربوهیدرات A، B و پروتئین D
- ۲) موی موج‌دار با گویچه قرمزی حاوی کربوهیدرات A و پروتئین D
- ۳) موی فر با گویچه قرمز حاوی کربوهیدرات A و B ولی فاقد پروتئین D
- ۴) موی موج‌دار همراه با باخته‌ای از مغز استخوان که از ۴ ژن مربوط به گروه خونی، ۲ ژن هم‌توان و فقط ۱ ژن بارز فعال دارد.

**پاسخ ۴** در این عبارت موی موج‌دار، قطعاً ناخالص و به صورت RW می‌باشد. از طرفی گروه خونی هم‌توان ناخالص AB دارد و صفت Rh نیز وقتی یک ژن بارز فعال دارد یعنی Dd می‌باشد. این فرد در هر سه حالت قطعاً ناخالص است.

**تله‌های تستی** گزینه (۱): موی صاف قطعاً خالص WW است. / گزینه (۲): پروتئین D می‌تواند در فرد DD نیز بروز یابد (یا مثلاً کربوهیدرات A می‌تواند در فرد AA باشد). / گزینه (۳): موی فر، قطعاً خالص RR است.

**تست ۸** دگره‌ای از گروه خونی ABO که هیچ آنزیمی نمی‌سازد، قطعاً.....

- ۱) در برخی افراد خالص و ناخالص مشاهده می‌شود.
- ۲) می‌تواند ویژگی خود را در مقابل دگره‌ای که آنزیم می‌سازد، بروز دهد.
- ۳) در گروه خونی دارای Rh مثبت خالص دیده نمی‌شود.
- ۴) به صورت ناخالص با دگره i گروه خونی قرار می‌گیرد.

**پاسخ ۱** منظور سؤال دگره O یا i می‌باشد که نسبت به دو دگره A و B نهفته می‌باشند. این دگره، ژن فعالی برای تولید آنزیم اضافه‌کننده کربوهیدرات‌های گروه خونی نمی‌باشد. این دگره در افراد خالص OO یا ناخالص AO یا BO مشاهده می‌شود.

**تله‌های تستی** گزینه (۲): این دگره نهفته است و در مقابل دگره متقابل A یا B بارز نمی‌شود. / گزینه (۳): دگره‌های گروه خونی ABO ربطی به دگره‌های Rh و سایر صفات ندارند (این دو نوع گروه خونی، دو صفت مستقل هستند). / گزینه (۴): دگره i(O) وقتی با i(O) دیگری در یک فرد قرار گیرد به صورت خالص OO درمی‌آید و همیشه ناخالص نیست.

دوستان عزیزم حالا که درسنامه گفتار ۱ را به‌طور کامل مطالعه کردید، با دقت و بدون در نظر گرفتن زمان، یکی یکی تست‌های گفتار ۱ این کتاب را حل کنید و تحلیل کنید و حتماً حتماً پاسخنامه تشریحی آن را بررسی کنید. اگر می‌بینید تعداد تست‌ها زیاد است می‌توانید ابتدا تست‌های ضریب زوج را بزنید و برای دوره در ماه‌های بعد، تست‌های ضریب فرد را بزنید.



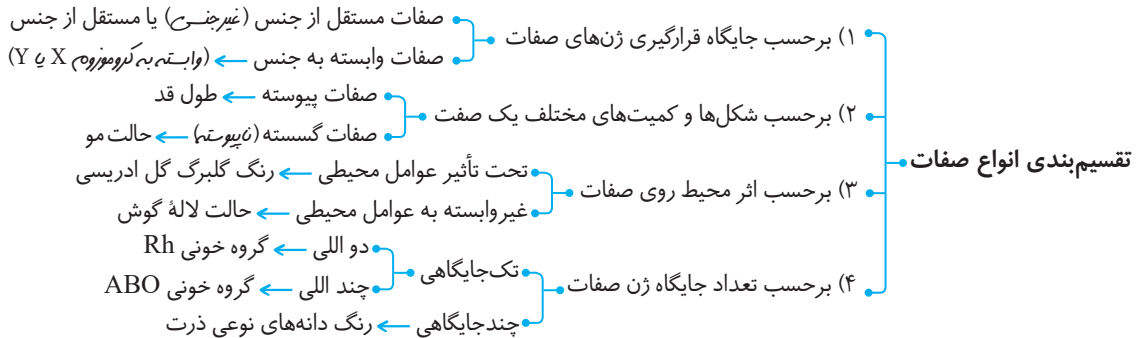


# درسنامه

## انواع صفات

گفتار ۲

ژن‌شناسان (ژنتیک‌دانان)، صفات مختلف ارثی را برحسب عوامل متعددی، تقسیم‌بندی می‌کنند. این عوامل می‌توانند، محل قرارگیری ژن‌های صفات، کمیت یا کیفیت‌های شکل‌های مختلف یک صفت در جامعه، تک‌جایگاهی یا چندجایگاهی بودن آن‌ها و تحت تأثیر محیط بودن یا نبودن آن‌ها باشد. در ادامه به بررسی انواع صفات برحسب عوامل مختلف می‌پردازیم.



## ۱) تقسیم‌بندی انواع صفات برحسب جایگاه ژن

در گفتار قبل بارها در مورد این موضوع صحبت کردیم که به دلیل وجود دو نوع کروموزوم غیرجنسی و جنسی در هسته جانوران، صفات آن‌ها نیز به دو نوع غیرجنسی و جنسی تبدیل می‌شوند. در این قسمت به بررسی نکات و نحوه به ارث رسیدن صفات مستقل از جنس و وابسته به جنس می‌پردازیم.

### ● الف) صفات مستقل از جنس (غیرجنسی)

این صفات توسط ژن یا ژن‌هایی کنترل می‌شوند که جایگاه آن‌ها روی DNA کروموزوم‌های غیرجنسی می‌باشد. از آنجایی که کروموزوم‌های غیرجنسی در نرها و ماده‌های یک گونه، تفاوتی با هم ندارند، نحوه به ارث رسیدن این صفات نیز در زن و مرد یا افراد مختلف یک گونه یکسان می‌باشد. همان‌طور که در گفتار قبل آموختید، صفاتی مثل گروه خونی Rh یا ABO از نوع صفات مستقل از جنس بودند و بروز آن‌ها در زن و مرد تفاوتی نداشت.

### ● چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

۱) از آنجایی که در یاخته‌های دیپلوئید، هر کروموزوم غیرجنسی فرد، دارای یک کروموزوم همتا می‌باشد، پس برای صفات مستقل از جنس باید در هر جایگاه ژنی، دو الل برای هر فرد در نظر بگیریم. البته در یاخته‌های جنسی (گامت‌ها) که یاخته‌های هاپلوئید هستند و صفت را به نسل بعد منتقل می‌کنند، هر گامت از هر صفت دارای یک الل می‌باشد که با ترکیب ژن مورد نظر با گامت والد دیگر، دوباره ترکیب دیپلوئیدی را در یاخته تخم آن فرزند ایجاد می‌کنند (البته در موارد نادر ممکن است مثلاً گامتهای تتراپلوئید یا گامتهای ریپلوئید نیز در طبیعت دیده شود که اصلاً مورد بحث ما نیست).

۲) مثلاً در مورد گروه خونی ABO اگر فردی ژنوتیپ AO برای گروه خونی دارد، در اثر میوز و جداسازی کروموزوم‌های همتا در آنافاز میوز ۱، می‌تواند در گامت‌های حاصله الل A یا O را به نسل بعد منتقل کند ولی اگر کسی گروه خونی AA داشته باشد، قطعاً هر گامت وی مسئول انتقال الل A برای گروه خونی نسل بعد می‌باشد.

۳) یک صفت مستقل از جنس، می‌تواند در هر جایگاه ژنی خود، بین الل‌های خود رابطه بارز و نهفتگی یا هم‌توانی یا بارزیت ناقص داشته باشد.

## بررسی بیماری مستقل از جنس فنیل کتونوری (PKU)

این بیماری انسانی، مستقل از جنس نهفته می‌باشد که احتمال ابتلا به آن در نوزادان دختر و پسر یکسان است. این بیماری ژنتیکی به صورت نهفته aa بروز می‌کند. یعنی این افراد از هر والد خود ژنی را به ارث برده‌اند که این بیماری را به صورت فرد خالص aa ایجاد کرده است. افراد سالم می‌توانند ژنوتیپ AA یا Aa داشته باشند. در افراد سالم، وقتی حداقل یک ژن سالم (A) بیان شود، آنزیمی می‌سازد که می‌تواند آمینواسید ضروری فنیل‌آلانین اضافی را در بدن تجزیه کند چون تجمع این آمینواسید به ایجاد ترکیباتی می‌انجامد که می‌تواند به مغز نوزاد آسیب برساند و معلولیت ذهنی ایجاد کند. ژن a فاقد قدرت ساخت آنزیم تجزیه‌کننده فنیل‌آلانین می‌باشد و افراد aa فاقد این آنزیم مهم در بدن می‌شوند.

این بیماری نهفته، در بدو تولد علائم آشکاری ندارد ولی تغذیه نوزاد با شیر مادر که حاوی فنیل‌آلانین است سبب بروز این بیماری و آسیب مغزی می‌شود. به همین دلیل در بدو تولد، نوزادان را تحت آزمایش ژنتیک قرار می‌دهند تا اگر مبتلا به این بیماری باشند، به آن‌ها انواعی از شیرخشک بدهند که فاقد فنیل‌آلانین هستند و در رژیم غذایی وی برای آینده از رژیم‌های بدون فنیل‌آلانین یا با مقدار کم آن استفاده شود.





## چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- ۱) افراد سالم خالص، یعنی AAها فقط می‌توانند یک نوع گامت (A) برای نسل بعد ایجاد کنند، در ادامه می‌خوانیم که هر فرزند این افراد در این صفت امکان ندارد که مبتلا به بیماری فنیل کتونوری شود! (چرا؟)
- ۲) افراد سالم ناخالص این بیماری یا Aa که به آن‌ها **ناقل** می‌گویند، می‌توانند گامت‌های حاوی ژن A یا a ایجاد کنند. پس این افراد با اینکه بیمار نیستند ولی می‌توانند ژن بیماری را به نسل بعد منتقل کنند و فرزند بیمار داشته باشند.
- ۳) افراد بیمار که همواره خالص نهفته aa هستند، همیشه یک نوع گامت حاوی ژن a برای انتقال بیماری ایجاد می‌کنند و فرزند آن‌ها می‌تواند بیمار باشد یا نباشد.



## نکته

گامت‌ها در اکثر جانوران، حاصل تقسیم میوز از یاخته‌های دیپلوئید بوده ولی در گیاهان، حاصل تقسیم میتوز از یاخته هاپلوئید می‌باشند (البته در گیاه گندم زراعی ۶n، گامت‌ها به صورت ۳n می‌باشند).

## نکته

دقت کنید که در زنبور عسل نر که هاپلوئید است، اسپرم‌ها در اثر **میتوز** ایجاد می‌شوند. از زیست یازدهم به یاد دارید که زنبور نر حاصل بکرزایی از تقسیم میتوز تخمک بوده است و در تشکیل این جانور لقاحی صورت نگرفته است (در ادامه ک این فصل نحوه به ارث رسیدن صفات در زنبور عسل را بحث می‌کنیم).

## ● (ب) صفات وابسته به جنس

اگر ژنی که در حال بررسی آن باشیم روی DNA موجود در کروموزوم‌های **جنسی** باشد، صفتی که توسط آن ژن کنترل می‌شود را صفت وابسته به جنس می‌گوییم. حال این ژن و صفت اگر روی کروموزوم Y باشد، فقط در مردان آن را بررسی می‌کنیم و در زنان که فاقد این کروموزوم هستند، صفتی بروز نمی‌کند چون ژن آن وجود ندارد. در این حالت، صفت فوق، همواره از پدر به همه پسران منتقل می‌شود. البته معمولاً وقتی صحبت از صفت وابسته به جنس می‌کنیم، منظور صفاتی هستند که ژن آن روی کروموزوم جنسی X واقع می‌باشد. در مردان یک کروموزوم X وجود دارد و برای صفات وابسته به X، فقط یک ال وجود دارد و ال یا ژن متقابلی برای آن در کروموزوم غیرهمتای Y وجود ندارد. به همین دلیل در مردان، هر ژن و دستورالعملی که روی کروموزوم X باشد در جاندار بروز می‌کند. مثلاً مردی که در صفتی دارای ژن وابسته به X با رابطه هم‌توانی بین ال‌ها می‌باشد، ال آن ژن را به صورت علامت (R ی R) در بالانویس کروموزوم X قرار می‌دهیم، ژنوتیپ  $X^R Y$  یا  $X^W Y$  را دارد. پس در مردان نمی‌توان شکل صفت وابسته به X را به صورت هم‌توان (RW) مشاهده کرد. این مرد در صورت داشتن ژنوتیپ  $X^R Y$  می‌تواند فنوتیپ ال R و در صورت داشتن ژنوتیپ  $X^W Y$ ، فنوتیپ ال W را نشان می‌دهد. صفات وابسته به جنس، در مردان فاقد ژنوتیپ خالص یا ناخالص یا هم‌توان و بارز ناقص می‌باشد چون همواره یک ال دارند.



## نکته

دقت کنید که ژن‌های صفات وابسته به جنس و مستقل از جنس در هر نوع یاخته پیکری یا جنسی وجود دارند.

## نکته

در سطح کتاب ما، ژنوتیپ  $X^R Y^W$  نشان دهنده دو صفت مختلف جنسی می‌باشد که یکی روی  $X$  و دیگری روی  $Y$  می‌باشد پس این ژنوتیپ بیانگر بروز یک صفت هم‌توان یا بارز ناقص نمی‌باشد.

در زنان چون دو کروموزوم  $X$  به صورت هم‌تا وجود دارد، همانند صفات مستقل از جنس، دو آلل در کروموزوم‌های  $X$  هم‌تا قرار می‌گیرند که می‌توانند هر ژنوتیپ و فنوتیپی داشته باشند. مثلاً زنان خالص  $X^R X^R$ ، فنوتیپ  $R$ ، زنان خالص  $X^W X^W$ ، فنوتیپ  $W$  و زنان  $X^R X^W$  با ژنوتیپ ناخالص خود می‌توانند فنوتیپ هم‌توان یا بارز ناقص  $RW$  را نشان دهند.

## نکته

احتمال بروز یک صفت وابسته به  $X$  (چه بارز، چه نهفته و ...) در مردان و زنان جامعه متفاوت است چون تعداد ژن‌های آن صفت در مرد و زن مساوی نیست.

## تست ۹

در یک صفت وابسته به جنس و دودگره‌ای اگر رابطه بین دگره‌ها را ..... فرض کنیم، امکان ندارد در ..... ، تعداد انواع ژن‌نمودها و رخ‌نمودها با هم برابر شود.

(۱) بارزیت ناقص - زنان (۲) بارز و نهفتگی - زنان (۳) بارزیت ناقص - مردان (۴) بارز و نهفتگی - مردان

## پاسخ ۲

در ادامه این گفتار بارها توضیح خواهیم داد که در صفات وابسته به جنس، مردان یا هر جاندار  $XY$ ، دارای تعداد ژن‌نمود و رخ‌نمودی برابر با تعداد دگره‌های آن صفت می‌باشد (برگرفته از (۳) و (۴)) ولی در زنان اگر صفت دودگره‌ای بدون رابطه بارز و نهفتگی باشد، ۳ نوع ژن‌نمود و ۳ نوع رخ‌نمود ( $X^R X^R - X^R X^W - X^W X^W$ ) دیده می‌شود ولی در صورت رابطه بارز و نهفتگی، در زنان، ۳ نوع ژن‌نمود ( $X^A X^A - X^A X^a - X^a X^a$ ) و ۲ نوع رخ‌نمود بارز ( $A$ ) و نهفته ( $a$ ) مشاهده می‌شود.

انواع صفات یا بیماری‌های وابسته به  $X$  در انسانA نکات صفات یا بیماری‌های وابسته به  $X$  نهفته

(۱) ژن ایجادکننده این صفات یا بیماری‌ها به صورت آلل مغلوب یا نهفته ( $X^a$ ) منتقل می‌شود.

(۲) مردان با داشتن فقط یک آلل ( $X^a$ ) در این صفت یا بیماری، حالت آن بیماری را بروز می‌دهند. چون مرد  $X^a Y$  یک فرد دارای صفت وابسته به  $X$  نهفته می‌باشد که می‌تواند در برخی حالات به صورت نقص و بیماری بروز یابد.

(۳) در مردان برای این بیماری‌ها دو نوع ژنوتیپ و فنوتیپ وجود دارد:  $X^a Y$  ← مرد بیمار و دارای ژن بیماری  $X^A Y$  ← مرد سالم و فاقد ژن بیماری

(۴) در زنان برای این صفت یا بیماری‌ها سه نوع ژنوتیپ خالص و ناخالص و دو نوع فنوتیپ سالم و بیمار وجود دارد:  $X^A X^A$  ← زن سالم خالص که فاقد ژن نهفته است.  $X^A X^a$  ← زن سالم ناقل که دارای یک ژن بارز و یک ژن نهفته است.  $X^a X^a$  ← زن نهفته یا بیمار که هر دو ژن آن بیماری را منتقل می‌کند.

(۵) در این صفات یا بیماری‌ها دقت کنید که از آمیزش پدر سالم  $X^A Y$  و مادر سالم ناقل  $X^A X^a$  می‌توان احتمال ایجاد پسر بیمار  $X^a Y$  را داشت. (۶) در این بیماری اگر دختری بیمار  $X^a X^a$  باشد، قطعاً یک  $X^a$  خود را از پدر گرفته است و پدر وی قطعاً بیمار و به صورت  $X^a Y$  بوده است. این دختر بیمار ( $X^a X^a$ ) در آینده با هر مردی ( $XY$ ) که ازدواج کند، اگر صاحب پسر شود، قطعاً همه پسران او بیمار می‌شوند چون کروموزوم  $X$  پسران از مادر آن‌ها تأمین می‌شود. پس این پسر قطعاً از مادرش کروموزوم  $X^a$  گرفته و به صورت  $X^a Y$  و بیمار به دنیا می‌آید.

(۷) بیماری‌های هموفیلی (اختلال در بقه شدن خورش) و گورنگی (اختلال در رید رنگ) و تعداد زیادی از بیماری‌های ژنتیکی دیگر از این نوع می‌باشند.

(۸) این بیماری‌ها در مردان جامعه از زنان شایع‌تر است. چون در مردان وجود یک کروموزوم  $X$  با آلل بیماری، این افراد را بیمار می‌کند ( $X^a Y$ ) ولی در زنان برای بیمار شدن نیاز به دو آلل بیماری و دو کروموزوم  $X^a$  دارای آلل بیماری وجود دارد. اگر در این بیماری‌ها، زنی دارای ژنوتیپ  $X^A X^a$  باشد، چون بیماری از نوع نهفته می‌باشد، این فرد فنوتیپ بارز یا سالم را دارد و به آن زن، **سالم ناقل** گفته می‌شود.

## ● بیماری هموفیلی (اختلال ارثی در لخته شدن خون)

مرد	زن	
$X^H Y$	$X^H X^H$	سالم
-	$X^H X^h$	ناقل
$X^h Y$	$X^h X^h$	هموفیل

«انواع ژن‌نمودها و رخ‌نمودها برای هموفیلی»

یک بیماری وابسته به  $X$  نهفته می‌باشد که ژن‌های آن در جایگاه خاصی از کروموزوم  $X$  وجود دارد. به دلیلی که گفته شد، این بیماری در مردان بیشتر از زنان شیوع دارد و **انواع مختلفی** دارد. فرایند لخته شدن خون آن‌ها دچار اختلال می‌شود. لازم به ذکر است که هموفیلی انواعی دارد که **شایع‌ترین** نوع آن مربوط به فقدان عامل انعقادی ۸ (VIII) خون می‌باشد. آلل بیماری را با  $X^h$  نشان می‌دهیم که در کروموزوم  $Y$  وجود ندارد. در جدول روبه‌رو می‌توانید فنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های افراد مختلف جامعه را نسبت به این بیماری مشاهده کنید.

افراد سالم دارای ژنی هستند ( $X^H$ ) که می‌تواند عامل انعقادی ۸ خون را بسازد و خون آن‌ها در موقع لزوم به طور مناسبی لخته شود ولی افراد بیمار که  $X^hY$  و  $X^hX^h$  می‌باشند در موقع خونریزی، عمل لخته شدن و ساختن ترومبین و فیبرین را انجام نداده و در اثر خونریزی زیاد در معرض مرگ قرار می‌گیرند.

### نکته مهم

یک دختر هموفیل  $X^hX^h$  قطعاً دارای پدر هموفیل  $X^hY$  بوده است و این دختر اگر در آینده با هر پسری ازدواج کند، قطعاً همهٔ پسران آن‌ها هموفیل خواهند شد چون این دختر به عنوان مادر خانواده، کروموزوم  $X^h$  خود را به پسرانش داده و آن‌ها بیماران هموفیل  $X^hY$  می‌شوند. البته دختران وی نیز قطعاً یک کروموزوم  $X^h$  حاوی الل بیماری به صورت نهفته دارند که اگر اسپرم همسر وی نیز دارای  $X^h$  بوده باشد، دختران آن‌ها نیز هموفیل خواهند شد ولی اگر اسپرم همسر وی  $X^H$  داشته و حاوی الل سلامتی باشد، دختران آن‌ها، سالم ناقل  $X^HX^h$  خواهند شد.

### تست ۱۰

در مورد بیماری هموفیلی کدام عبارت نادرست می‌باشد؟

- (۱) در افراد مبتلا، فرایند تولید فیبرین دچار اختلال می‌شود.
- (۲) همهٔ بیماران در اثر ژن نهفته برای ساخت عامل انعقادی VIII خون بیمار می‌شوند.
- (۳) همواره در مردان شیوع بیشتری از زنان دارد.
- (۴) تعداد انواع ژن نمود جامعه از رخ نمودها بیشتر می‌باشد.

### پاسخ ۲

هموفیلی، یک بیماری با ژن‌های وابسته به  $X$  نهفته می‌باشد که دگره آن روی فام‌تن جنسی  $X$  واقع است. در حقیقت دگره‌ای که در بدن افراد سالم می‌تواند در روند انعقاد خون و ساخت فیبرین فعال باشد، در آن‌ها غیرفعال می‌باشد. در این افراد لخته شدن خون دچار اختلال می‌شود و در اثر خونریزی در معرض مرگ قرار می‌گیرند. هموفیلی انواعی دارد که **شایع‌ترین** نوع آن (نمونه نوع  $X^hY$ ) مربوط به فقدان عامل انعقادی VIII (هشتم) خون می‌باشد (گزینه ۲) نادرست است ولی گزینه (۱) مفهوم صحیح دارد.

نکته: هر بیماری وابسته به  $X$  نهفته در افراد  $XY$  بیشتر از  $XX$  بروز می‌یابد. چون بیماری نهفته است در مردان با داشتن یک دگره بیمار  $X^hY$  فرد بیمار می‌شود ولی در زنان وجود هر دو فام‌تن  $X$  دارای دگره بیماری نیاز است و در صورتی که این دگره با دگره سالم  $X^H$  همراه شود، یک زن ناقل سالم  $X^HX^h$  به حساب می‌آید بنابراین گزینه (۳) مفهوم صحیح دارد.

نکته: هموفیلی یک بیماری وابسته به  $X$  نهفته دودگره‌ای می‌باشد که در مردان و زنان حالات زیر را دارد (دلیل درستی مفهوم گزینه (۴)).

$$\left. \begin{array}{l} \text{مردان} \left\{ \begin{array}{l} \text{نوع ۲} \rightarrow X^HY - X^hY \text{ : زنوتیپ} \\ \text{نوع ۲} \rightarrow \text{بیمار - سالم} \text{ : فنوتیپ} \end{array} \right. \\ \text{زنان} \left\{ \begin{array}{l} \text{نوع ۳} \rightarrow X^HX^H - X^HX^h - X^hX^h \text{ : زنوتیپ} \\ \text{نوع ۲} \rightarrow \text{بیمار - سالم - سالم} \text{ : فنوتیپ} \end{array} \right. \end{array} \right\} \Rightarrow \text{در جامعه ۵ نوع زنوتیپ و ۲ نوع فنوتیپ سالم و بیمار وجود دارد.}$$

### تست ۱۱

فردی که ناقل بیماری هموفیلی است، نمی‌تواند.....

- (۱) برای صفت وابسته به  $X$  دیگری خالص باشد.
- (۲) سبب ایجاد فرزند دختر بیمار شود.
- (۳) در نیمه اول دورهٔ جنسی خود سیستم بازخوردی مثبت داشته باشد.
- (۴) بیماری را به همهٔ پسران خود منتقل کند.

### پاسخ ۴

هموفیلی یک بیماری وابسته به  $X$  نهفته می‌باشد که حالت ناقل یا ناخالص آن فقط در زنان (افراد  $X^HX^h$ ) بروز می‌یابد. نصف تخمک‌های این افراد دارای یک  $X^h$  بوده که حاوی ژن انتقال بیماری می‌باشد و می‌تواند نصف پسران خود را مبتلا به هموفیلی  $X^hY$  کند.

**تله‌های تستی** گزینه (۱): از آنجایی که روی یک فام‌تن، ژن‌ها و صفات مختلفی وجود دارد، پس این زنان می‌توانند برای سایر صفات وابسته به خود، خالص یا ناخالص باشند. مثلاً فرد  $X_a^HX_b^h$  دارای دو صفت وابسته به  $X$  ناخالص و یک صفت خالص می‌باشد. / گزینه (۲): اگر زنی  $X^HX^h$  با مردی

$X^hY$  ازدواج کند، می‌توانند طبق قانون احتمالات دارای دختر  $X^hX^h$  بیمار شوند. / گزینه (۳): زنان بالغ در نیمهٔ اول دورهٔ جنسی خود بین استروژن و هورمون‌های FSH و LH خود هم سیستم بازخوردی منفی دارند و هم در حوالی روزهای تخمک‌گذاری دارای سیستم بازخوردی مثبت می‌شوند.

### (B) نکات صفات یا بیماری‌های وابسته به $X$ بارز (غالب)

- (۱) ژن ایجادکننده این صفات به صورت  $X^A$  یا بارز نشان داده می‌شود. وجود حداقل یک  $X^A$  در فرد باعث بروز آن صفت به صورت بارز می‌شود.
- (۲) اگر این ژن مربوط به ایجاد یک صفت معیوب در بدن شود به وراثت آن، **بیماری** وابسته به  $X$  بارز می‌گویند.
- (۳) در مردان ( $XY$ )، مانند بیماری‌های وابسته به  $X$  نهفته، دو نوع  $X^AY$  ← مرد دارای صفت وابسته به  $X$  بارز یا مرد بیمار (اگر مربوط به بیماری باشد).  
زنوتیپ و فنوتیپ دیده می‌شود و حالت ناخالص در آن‌ها دیده نمی‌شود.  $X^aY$  ← مرد فاقد صفت وابسته به  $X$  بارز یا مرد سالم (اگر مربوط به بیماری باشد).



## نکته مهم

وجود یک صفت خالص، ناخالص، هم‌توان، حد واسط یا ناقل بیماری در مردان، قطعاً نشان دهنده مستقل از جنس بودن آن صفت می‌باشد.

(۴) در زنان برای این صفت ۳ نوع ژنوتیپ و ۲ نوع فنوتیپ دیده می‌شود  
 ولی حالت یا کلمه **ناقل** را برای افراد ناخالص در نظر نمی‌گیریم، چون ناقل را در ژنتیک مخصوص بیماری‌ها و صفات **نهفته** می‌دانیم.  
 $X^A X^A$  ← زن خالص و دارای صفت یا بیماری وابسته به X بارز  
 $X^A X^a$  ← زن ناخالص و دارای صفت یا بیماری وابسته به X بارز  
 $X^a X^a$  ← زن خالص و سالم که فاقد این بیماری می‌باشند.

(۵) فراوانی و شیوع بروز این صفات و بیماری‌های مربوط به آن‌ها در افراد XX از XY شایع‌تر است چون زنان دو تا X دارند و وجود الل بارز  $X^A$  در هر کروموزوم X آن‌ها سبب بیمار شدن و ابتلای آن‌ها به صفت فوق می‌شود.

(۶) در این بیماری از آمیزش مردی بیمار ( $X^A Y$ ) با خانمی بیمار ناخالص ( $X^A X^a$ ) می‌توان انتظار به دنیا آمدن **پسری سالم** ( $X^a Y$ ) داشت. دختران حاصل از این آمیزش همگی بیمار خواهند شد چون پدر آن‌ها قطعاً  $X^A$  را به آن‌ها داده است و در هر صورت و هر تخمکی، این دختران یا به صورت  $X^A X^A$  بیمار و یا به صورت  $X^A X^a$  بیمار خواهند شد.

(۷) پسری که دارای صفت یا بیماری وابسته به X بارز باشد، ژنوتیپ  $X^A Y$  دارد. این پسر قطعاً دارای مادری بیمار بوده است چون این پسر کروموزوم  $X^A$  خود را از مادرش دریافت کرده است و مادر یا  $X^A X^A$  یا  $X^A X^a$  بوده است که در هر صورت بیمار بوده است. در آینده تمام دختران حاصل از آمیزش این پسر بیمار نیز بیمار خواهند شد چون قطعاً از پدر خود  $X^A$  را گرفته‌اند.

## تست ۱۲

در صفت بیماری ..... قطعاً ..... دارد.

- (۱) وابسته به X بارز، دختر بیمار ناقل - حداقل یک والد بیمار  
 (۲) مستقل از جنس نهفته، دختر سالم - والدین سالم  
 (۳) وابسته به X نهفته، پسر بیمار - هر والد آن، الل بیماری را  
 (۴) مستقل از جنس بارز، پسر سالم - هر والد آن، الل سلامتی را

## پاسخ ۴

در حالت مستقل از جنس بارز، پسر سالم به صورت aa است که هر والد آن یک الل سلامتی (a) را داشته‌اند.

## تله‌های تستی

گزینه (۱): در بیماری بارز، کلمه ناقل معنی ندارد. / گزینه (۲): در مستقل از جنس نهفته، دختر سالم اگر ناخالص Aa باشد، می‌تواند یک والد بیمار aa داشته باشد. / گزینه (۳): در وابسته به X نهفته، پسر بیمار  $X^a Y$  می‌تواند پدری سالم  $X^A Y$  بدون الل بیماری داشته باشد.

دوستان عزیز الان می‌توانید تست‌های مفهومی در مورد صفات وابسته به جنس و مستقل از جنس را از تست‌های آموزشی بزنید و سپس درسنامه بعد را بخوانید.

## آمیزش‌ها و نحوه به ارث رسیدن صفات (مربع پانت)

خب دوستان عزیز، امیدوارم که تا اینجا فصل به طور کامل مفهوم ژن، الل، ژنتیک و صفات جنسی و غیر جنسی را متوجه شده باشید. در اینجا رسیدیم به مهم‌ترین و پر سؤال‌ترین قسمت ژنتیک که همان آمیزش‌ها و رسیدن صفات از والدین به فرزندان می‌باشد. این قسمت را نیز سعی می‌کنم به طور کامل و همراه مثال به صورت ساده برای شما توضیح دهم. اگر قدم به قدم کارهایی را که می‌گویم انجام دهید، این قسمت نیز بسیار آسان می‌شود ولی باید بسیار زیاد تست بزنید تا بتوانید به همه سؤالات این فصل در آزمون‌های مختلف پاسخ دهید.

در حل مسائل مربوط به آمیزش برای یک صفت مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

(I) ابتدا نوع صفتی که در مسئله وجود دارد را مشخص کنید که مستقل از جنس است یا وابسته به جنس و رابطه بین الل‌ها از چه نوعی (بازر نهفته، هم‌توانی یا بازیت ناصح) می‌باشد.

(II) سپس از داده‌های مسئله سعی کنید ژنوتیپ پدر و مادر را بنویسید (اگر نتوانید آن را به طور کامل بنویسید متکلی نیست. گاهی ژنوتیپ طلعی والدین مشخص نمی‌شود).

(III) سپس انواع گامت‌های پدر و مادر را در هر صفت به دست بیاورید.

(IV) می‌توانید با استفاده از مربع پانت، گامت‌های والدین را در سطر افقی و ستون عمودی بنویسید و برحسب برخورد اتفاقی آن‌ها به هم، فرزندی که ممکن است ایجاد شوند را به دست بیاورید.

(V) احتمال فرزند خواسته شده در سؤال را از خانه‌های مربع پانت به دست بیاورید (البته من زیاد علاصاً کم بگیرم مربع پانت در حل مسائل ندارم!).

## تست ۱۳

اگر از آمیزش زوجی در مورد گروه خونی ABO، همه فرزندان رخ نمود متفاوتی با والدین داشته باشند، به طور قطع می‌توان گفت که .....

(۱) هر فرزندی حداقل یک کربوهیدرات گروه خونی در غشای Rbc دارد. (۲) یکی از والدین خالص و دیگری ناخالص بوده است.

(۳) فرزندی بدون کربوهیدرات در سطح گویچه فرمز، متولد نمی‌شود. (۴) هر دو والد ناخالص بوده‌اند.

فقط از دو نوع آمیزش بین زوج‌ها که حالت اول گروه خونی ( $BB \times AA$ ) و حالت دوم به صورت ( $AB \times OO$ ) دارند، همه فرزندان **رخ نمود** جدیدی

## پاسخ ۳

نسبت به والدین دارند. در حالت اول طبق پانت

AB	AB
AB	AB

همه فرزندان گروه خونی AB دارند و حالت دوم پانت

AO	AO
BO	BO

نیمی

از فرزندان A و نیمی دیگر B می‌شوند که هیچ کدام شبیه والدین نیستند. پس ژنوتیپ والدین آن‌ها می‌تواند هر دو خالص ( $BB \times AA$ ) باشد که فرزند آن‌ها فقط AB می‌شود و یا والدین آن‌ها یکی خالص و دیگری ناخالص باشد ( $AB \times OO$ ) که در آن صورت نیز نیمی از فرزندان گروه خونی A و نیمی دیگر گروه خونی B دارند. پس هیچ‌گاه فرزندی با گروه خونی O در این دو حالت به دنیا نمی‌آوردند.

**تست ۱۴** پدر و مادری سالم با گروه خونی  $A^+$  و  $B^+$ ، صاحب دو فرزند پسر با گروه خونی  $O^-$  هستند که اولی مبتلا به بیماری فنیل کتونوری و دیگری

مبتلا به هموفیلی است. در این خانواده تولد کدام فرزند زیر ممکن نیست؟

- (۱) پسری با دو گروه خونی خالص و فقط مبتلا به فنیل کتونوری
  - (۲) دختری با گروه خونی AB مثبت و مبتلا به دو بیماری دیگر
  - (۳) دختری ناخالص برای دو گروه خونی و فقط سالم از نظر انعقاد خون
  - (۴) پسری با گروه خونی B منفی و فاقد آنزیم انعقاد خون و تجزیه فنیل آلانین
- مسئله را به ترتیب مفاهیم زیر حل می‌کنیم:

**پاسخ ۲**

(A) چون پدر و مادر سالم هستند و فرزند مبتلا به فنیل کتونوری دارند، پس هر دو ناقل Ff بوده‌اند.  
 (B) چون پدر و مادر سالم، دارای پسری هموفیل  $X^hY$  شده‌اند، پس پدر  $X^HY$  و مادر  $X^HX^h$  ناقل بوده است.  
 (C) چون فرزند  $O^-$  به صورت OOdd به دنیا آمده است، پس والدین AODd و BODd بوده‌اند. حالا می‌توانیم ژنوتیپ والدین را کاملاً داشته باشیم.

$$X^HY Ff \text{ AODd} \times X^HX^h Ff \text{ BODd}$$

**تله‌های تستی** گزینه (۱): احتمال پسری ff با گروه خونی خالص OOdd وجود دارد. / گزینه (۲): احتمال دختر هموفیل  $X^hX^h$  وجود ندارد چون فقط یک ال هموفیلی دیده می‌شود و این عبارت جواب است. / گزینه (۳): احتمال دختر فنیل کتونور ff و سالم هموفیلی  $X^HX^h$  و گروه خونی ناخالص ABDD وجود دارد. / گزینه (۴): احتمال پسری BODd و هموفیل  $X^hY$  و فنیل کتونور ff وجود دارد.

**تست ۱۵** صفتی روی فام‌تن جنسی X انسان قرار دارد و سبب بیماری‌زایی توسط یکی از دو دگره‌اش می‌شود. از ازدواج پدری بیمار با مادری سالم .....  
 (قلم‌چی)

- (۱) امکان ندارد تمام پسران، سالم شوند.
- (۲) امکان ندارد دختر سالم و بیمار و پسر سالم و بیمار هم‌زمان در خانواده وجود داشته باشد.
- (۳) هر سه فرزند خانواده، نمی‌توانند بیمار باشند.
- (۴) همواره امکان تولد دختر ناخالص وجود دارد.

**پاسخ ۴**

این صفت مطرح شده در سؤال می‌تواند وابسته به جنس نهفته یا وابسته به جنس بارز باشد. اگر وابسته به جنس نهفته باشد، ژن نمود پدر  $X^aY$  و ژن نمود مادر  $X^AX^A$  یا  $X^AX^a$  است. اگر وابسته به جنس بارز باشد، ژن نمود پدر  $X^AY$  و ژن نمود مادر  $X^aX^a$  است.

**تله‌های تستی** گزینه (۱): اگر صفت از نوع وابسته به جنس بارز باشد، تمام پسران سالم خواهند بود. اگر هم وابسته به جنس نهفته باشد، در یک حالت (اگر ژن نمود مادر  $X^AX^A$  باشد) تمام پسران سالم می‌شوند و در حالت دیگر (اگر مادر  $X^AX^a$  باشد) نیمی از پسران سالم می‌شوند. / گزینه (۲): می‌توانیم حالتی را مثال بزنیم که صفت، وابسته به جنس نهفته است و ژن نمود مادر  $X^AX^a$  است. در این حالت دختر سالم، دختر بیمار، پسر سالم و پسر بیمار همگی می‌توانند زاده بشوند. / گزینه (۳): امکان تولد فرزند بیمار در چندین حالت وجود دارد. از جمله حالت مثال زده شده در پاسخ گزینه (۲). در این حالت ممکن است هر سه فرزند بیمار باشند. / گزینه (۴): اگر صفت، وابسته به جنس بارز باشد، تمام دختران ناخالص خواهند بود. ←  $X^AY \times X^aX^a$   
 اگر وابسته به جنس نهفته باشد، هم در هر دو حالت خالص یا ناخالص بودن مادر، دختر می‌تواند ناخالص شود، پس این گزینه درست است.  
 $X^aY \times X^AX^A, X^AY \text{ یا } X^AX^a$

	$X^a$	$Y$
$X^A$	$X^AX^a$	$X^AY$
$X^a$	$X^aX^a$	$X^aY$

**۲) تقسیم‌بندی انواع صفات بر حسب شکل‌های مختلف یک صفت**

**الف) صفات گسسته (غیر پیوسته یا ناپیوسته)**

برخی صفات در جامعه مثل همه صفاتی که تا حالا در این فصل بررسی کرده‌ایم، تنها به دو یا چند شکل خاص محدود و بدون هیف کمیته دیده می‌شوند. مثلاً وقتی در مورد Rh صحبت می‌کنیم دو حالت مثبت و منفی در همه افراد وجود دارد. یا در گل میمونی سه حالت برای گلبرگ‌ها به صورت قرمز، سفید و صورتی وجود دارد. در این صفات بین صورتی و قرمز یا سفید چند حالت تنوع صورتی پررنگ به سمت قرمز یا صورتی کم‌رنگ به سمت سفید وجود ندارد. **به این صفات که کمیته‌ها یا طیف‌های مختلفی بین حالت‌های مختلف آن‌ها وجود ندارد، صفات گسسته یا غیر پیوسته می‌گویند.** مثلاً هموفیلی یا گروه خونی ABO نیز از این صفات می‌باشند. در این صفات ژن‌های بروز دهنده فقط در یک جایگاه خاص از کروموزوم‌ها واقع می‌باشند که می‌توانند تحت کنترل دو یا چند نوع ال باشند.

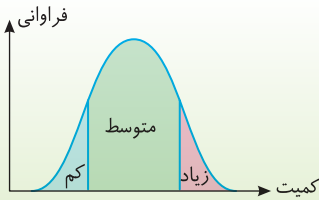
**ب) صفات پیوسته (غیر گسسته)**

برخی صفات مثل طول قد و وزن انسان، رنگ نوعی ذرت، وزن روغن دانه‌های گیاهی و یا مقدار قند خون انسان‌ها و ... وجود دارند که وقتی آن‌ها را بررسی می‌کنیم طیفی از حالات مختلف با کمیته‌های متفاوت را در افراد جامعه می‌بینیم. مثلاً طول قد افراد بالغ از کوتوله‌های دارای مثلاً طول قد حدود ۱ متر و ۳۰ سانتی‌متر شروع می‌شود که فراوانی اندکی در جامعه دارند تا طول قد بسیار بلند بالای ۲ متر که آن‌ها نیز فراوانی کمی در جامعه دارند ولی اغلب افراد

طول قد متوسطی از  $1/55$  تا  $1/85$  دارند. به این صفات، **پیوسته** می‌گوییم چون حالات پیوسته کمیتی در جامعه دارند. صفاتی که حالت پیوسته را دارند، **تحت کنترل تعدادی ژن در جایگاه‌های متفاوت** می‌باشند که با اثر گذاری روی هم سبب ایجاد انواع مختلفی از حالات فنوتیپی در جامعه می‌شوند. برای درک بهتر این صفات مثال دیگری از این مورد می‌زنم.

در نوعی ذرت، رنگ دانه‌ها در ۷ طیف مختلف رخ نمودی از سفید تا قرمز دیده می‌شود که تحت کنترل ۳ جفت ژن در سه جایگاه مختلف ژنی می‌باشد. در این ذرت‌ها، رنگ دانه‌ها طیفی فنوتیپی شامل ۷ حالت از سفید با الل‌های نهفته خالص *aabbcc* تا قرمز با الل‌های بارز خالص *AABBCC* دارد ولی تعدادی نیز فنوتیپ قرمز کم‌رنگ تا قرمز پررنگ دارد. در قسمت‌های بعد در مورد این صفت و نکات دارای چند جایگاه ژنی بیشتر بحث می‌کنیم.

### نکته



وقتی نمودار توزیع فراوانی صفات پیوسته را در جامعه بررسی می‌کنیم، می‌بینیم که اغلب افراد جامعه فنوتیپ حالات متوسط را نشان می‌دهند و افرادی که در دو طرف نمودار قرار می‌گیرند فراوانی کمتری دارند. مثلاً اغلب افراد قد متوسط دارند یا رنگ دانه ذرت اغلب نه کاملاً سفید و نه کاملاً قرمز است یا غلظت قند خون اغلب افراد، نه پایین و نه بالاتر از حد نرمال (مثل *رئبتی‌ها*) است. نمودار فراوانی این صفات در جامعه به صورت زنگوله‌ای مانند می‌باشد که به آن توزیع نرمال نیز می‌گویند.

## ۳) انواع صفات وراثتی از نظر تأثیر محیط روی آن‌ها

### ● الف) صفاتی که تحت تأثیر محیط تغییر نمی‌کنند

برخی صفات وراثتی هستند مثل گروه خونی *ABO* و *Rh* یا رنگ چشم و... این صفات تحت تأثیر عوامل محیطی تغییر نمی‌کنند یعنی فردی که *Rh* مثبت به دنیا آمده است یا گروه خونی *A* دارد در اثر عوامل محیطی این صفت تغییر نمی‌کند و تا آخر عمر با این صفات زندگی را سپری می‌کنند.

### نکته

در این صفات برای بروز فنوتیپ آن‌ها، تنها وجود ژن‌ها و بیان آن‌ها کافی است.

### ● ب) صفاتی که تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند

برخی صفات ارثی هستند که برای بروز فنوتیپ آن‌ها فقط وجود ژن کافی نیست و باید عوامل محیطی نیز شرایط بیان ژن و ایجاد فنوتیپ را ایجاد کند. مثلاً اغلب گیاهان، ژن عوامل مورد نیاز برای تولید سبزینه را دارند ولی این ژن‌ها در عدم حضور نور فعال نمی‌شوند و سبزینه‌ای در گیاه ایجاد نمی‌شود. در مورد انسان هم این صفات به صورت متنوعی وجود دارند. مثلاً طول قد یک صفت ارثی است ولی در اثر تغذیه و ورزش مناسب بر ظهور فنوتیپ‌های متفاوت نقش دارند. پس نمی‌توان علت اندازه قد یک فرد را فقط از روی ژن‌های فرد توضیح داد (همان‌طور که در *رئوتی‌ها* همان‌گونه می‌بینیم یک‌سره بلندتر یا چاق‌تر یا تیره‌تر است).

### نکته

به‌جز در موارد معدودی، در حال حاضر نمی‌توان بیماری‌های ژنتیک را درمان کرد ولی گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، بروز اثر ژن‌ها را کنترل کرد مثل تغییر رژیم غذایی در افراد فنیل کتونور و یا مبتلا به فشار خون بالا.

### نکته

در کتاب دهم خواندیم که **pH خاک** در تغییر رنگ گلبرگ‌های گل ادریسی نقش دارد که در **pH** اسیدی به سمت آبی و در قلیایی و خنثی به سمت صورتی‌رنگ تغییر می‌یابد. پس می‌توان با یک نوع فنوتیپ، برحسب شرایط محیطی، دو نوع فنوتیپ از یک جاندار مشاهده کرد.

### تست ۱۶

درباره اثر محیط بر بروز صفات مختلف کدام عبارت صحیح است؟

۱) الزاماً هر رخ نمود دوقلوهای همسان مشابه یکدیگر هستند.

۲) هیچ‌گاه برای بروز یک رخ نمود، تنها وجود ژن کافی نیست.

۳) عوامل محیطی می‌توانند سبب افزایش تعداد رخ نمود یک ژن نمود خاص شوند.

۴) در گیاهان، ساخته شدن سبزینه در کلروپلاست، فقط نیازمند ژن‌های لازم است.

دقت کنید در مورد رنگ گل گیاه ادریسی که یک ژن نمود خاص دارد، می‌تواند تحت اثر **pH** خاک دچار تغییر رنگ شود و رخ نمود آن تغییر کند. سایر

### پاسخ ۳

گزینه‌ها و دلیل رد آن‌ها را در درسنامه بالا توضیح داده‌ام.

### ● نکات اثر عوامل محیطی روی تأثیر بیماری فنیل کتونوری (PKU)

۱) همان‌طور که گفتیم بیماری فنیل کتونوری یک بیماری مستقل از جنس نهفته می‌باشد که در افراد بیمار، آنزیمی که باید آمینواسید فنیل آلانین را تجزیه کند وجود ندارد و تجمع فنیل آلانین در بدن سبب ایجاد ترکیبات خطرناکی شده که سبب آسیب به مغز و معلولیت ذهنی نوزادان می‌شود.

۲) علت این بیماری تغذیه از پروتئین‌هایی مانند شیر مادر است که حاوی فنیل آلانین بوده ولی با تغذیه نکردن از فنیل آلانین می‌توان جلوی بیماری را گرفت.

۳) تغذیه نوزادان بیمار با شیر مادر سبب آسیب به یاخته‌های مغزی فرد می‌شود.

۴) با آزمایشاتی که در بدو تولد با آزمایش خون به دست آمده از پای نوزادان صورت می‌گیرد می‌توان احتمال ابتلا به فنیل کتونوری را بررسی کرد.

۵) در صورت بیمار بودن نوزاد، می‌توان با شیر خشک‌هایی که فاقد فنیل آلانین هستند آن‌ها را تغذیه داد و در رژیم غذایی آینده وی نیز از غذای بدون فنیل آلانین و یا مقدار کم فنیل آلانین تجویز کرد.

۶) در بیشتر بدانید، دارید که غذاهایی مانند بیشتر میوه‌ها، نان، شیرینی و شکر دارای فنیل آلانین کم ولی گوشت، شیر، لبنیات، تخم‌مرغ و... حاوی فنیل آلانین زیادی می‌باشند.

## تست ۱۷

افراد بالغ مبتلا به فنیل کتونوری، .....

- ۱) باید با شیر خشک فاقد فنیل آلانین تغذیه کنند.
- ۲) برخلاف نوزادان امکان دچار شدن به آسیب مغزی را ندارند.
- ۳) نمی‌توانند بروز اثر ژن را کنترل کنند.
- ۴) می‌توانند رژیم غذایی با فنیل آلانین کم داشته باشند.
- پاسخ ۴) به نوزادان مبتلا به فنیل کتونوری، شیر خشک فاقد فنیل آلانین می‌دهند ولی به بالغین، رژیم بدون فنیل آلانین یا با فنیل آلانین کم می‌دهند ولی لطفاً به بالغین در مورد گزینه (۱) شیر خشک ندهید!!

### ۴) انواع صفات وراثتی بر حسب تعداد جایگاه ژن‌های آن صفت

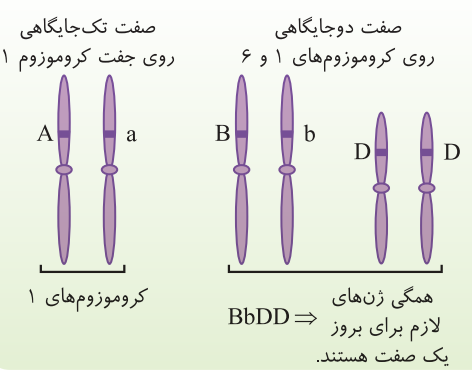
#### الف) صفات تک‌جایگاهی (یادآوری)

همه صفاتی که تا این لحظه در قسمت مسائل کتاب الگو خواندید از نوع صفات تک‌جایگاهی بود. صفاتی مثل گروه خونی ABO، Rh، رنگ گل میمونی، بیماری‌های وراثتی فنیل کتونوری، هموفیلی و... تک‌جایگاهی بودند. این صفات همواره تحت کنترل دو یا چند ژن الل می‌باشند که این ژن‌ها در جایگاه خاصی از یک جفت کروموزوم قرار دارند. همان‌طور که در گفتار ۱ این فصل توضیح دادم این صفات می‌توانند دارای دو ژن الل (گروه خونی Rh) یا چند ژن الل (گروه خونی ABO) باشند که کاملاً آن‌ها را بررسی کردیم. در این صفات صرف‌نظر از اینکه چند الل در بروز این صفت نقش دارند، هر فرد حداکثر دارای دو الل این صفت در یک جفت کروموزوم هم‌تا می‌باشد.

#### ب) صفات چندجایگاهی

برخی صفات هستند که به ارث رسیدن آن‌ها در هر فرد توسط بیش از یک جایگاه ژن صورت می‌گیرد و چند ژن در چند جایگاه کروموزومی مسئول به ارث رساندن آن‌ها می‌شوند. در حقیقت در این صفات، بروز و رخ‌نمود نهایی به اثر چند ژن مختلف در چند جایگاه ژنی بستگی دارد. دقت کنید که در این صفات چند ژن در چند جایگاه مختلف، سبب ایجاد یک صفت خاص مثل طول قد می‌شود ولی در بین همه ژن‌های آن صفت، فقط برخی با هم الل هستند یعنی فقط آن‌هایی که در یک جایگاه روی یک جفت کروموزوم هم‌تا قرار دارند با هم الل هستند. در این صفات هر ژن هم روی الل خود و هم روی ژن غیر الل خود در بروز یک صفت خاص مؤثر است.

## نکته



دقت کنید که صفات n اللی را با صفات چندجایگاهی اشتباه نگیرید، وقتی می‌گوییم صفتی تحت کنترل ۳ ژن الل است (مثلاً گروه خونی ABO) یعنی در کل جامعه ۳ الل یا ژن دارد ولی در هر فرد، این ژن‌ها در یک جایگاه کروموزومی واقع بوده و هر فرد ۲ الل از این صفت را دارد. در صفتی که تحت کنترل ۳ جایگاه ژن می‌باشد یعنی هر فرد در ۳ جایگاه کروموزومی خود ۳ جفت ژن دارد که مجموعاً وجود هر سه نوع ژن سبب ایجاد یک صفت می‌شود. این ژن‌ها می‌توانند روی یک کروموزوم باشند یا جداگانه روی کروموزوم‌های مستقل باشند. در این سه نوع ژن، هر کدام در هر جایگاه دارای الل می‌باشند.

## تست ۱۸

وراثت ..... برخلاف ..... به عهده چند جایگاه ژنی می‌باشد.

- ۱) رنگ پوست - گروه خونی ABO
- ۲) گروه خونی - رنگ پوست
- ۳) حالت مو - گروه خونی ABO
- ۴) رنگ پوست - قد انسان
- پاسخ ۱) صفات رنگ چشم، قد انسان، رنگ پوست، رنگ دانه ذرت برخلاف گروه‌های خونی، حالت مو و رنگ گل میمونی از نوع چندجایگاهی و پیوسته می‌باشند.

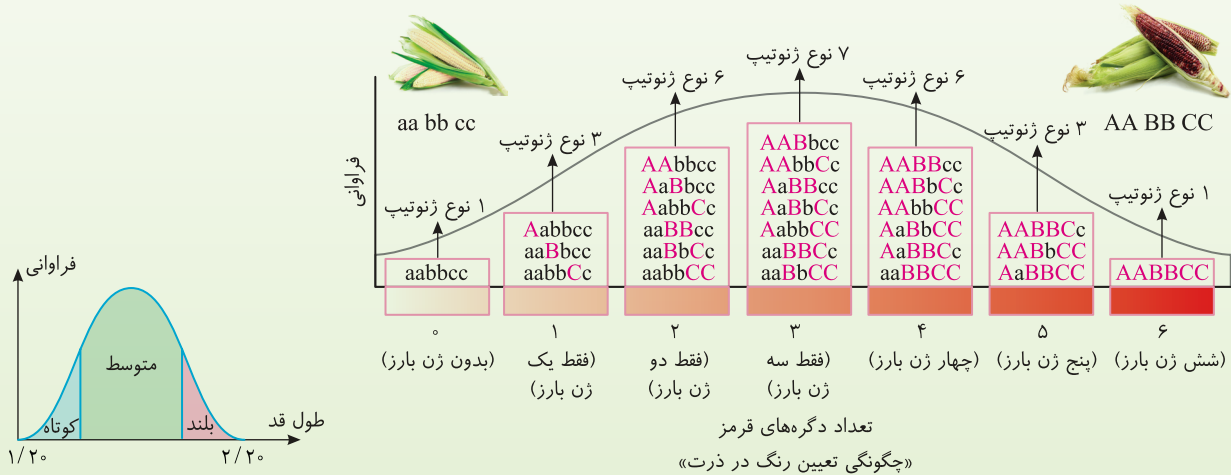
#### مثالی برای فهم صفات چندجایگاهی (رنگ دانه‌های ذرت)

صفت رنگ دانه‌های نوعی ذرت، یک صفتی است که تحت کنترل ۳ جایگاه ژنی می‌باشد که هر نوع ژن یا جایگاه ژنی نیز ۲ نوع الل بارز و نهفته می‌تواند داشته باشد. یعنی در کل جامعه ۶ ژن که دوتا دوتا به صورت بارز و نهفتگی (A و a)، (B و b) و (C و c) وجود دارد. هر کدام از این جفت ژن‌ها در یک منطقه از ژنوم وجود دارند. هر بوته ذرت در هر یاخته دیپلوئید خود برای این صفت ۶ ژن دارد که دوتا دوتا با هم الل می‌باشند. مثلاً ژن A با a الل است و در کروموزوم هم‌تا در جایگاه مشابه روبه‌روی هم می‌آیند ولی A و B با هم الل نیستند و در دو جایگاه ژنی متفاوت در دو جفت کروموزوم مجزا قرار دارند (برعکس A و B در گروه خونی). برهم کنش همه ۳ نوع ژن باعث ایجاد صفت رنگ دانه ذرت می‌شود. ذرتی که در ژنوتیپ آن فقط ژن‌های بارز باشد برای این صفت ۶ ژن AABBCC به صورت خالص داشته که دو به دو با هم الل هستند و فنوتیپ کاملاً قرمز را با فراوانی کم در یک آستانه نمودار فراوانی بروز می‌دهد. ذرتی که ژنوتیپ aabbcc دارد نیز فنوتیپ سفید را بروز می‌دهد. این دو فنوتیپ در دو سر طیف به صورت کاملاً خالص و دارای یک نوع ژنوتیپ قرار می‌گیرند. این صفت در ذرت‌ها می‌تواند ۳ نوع ژنوتیپ

در جایگاه ژن‌های (aa-Aa-AA) و همین‌طور ۳ نوع در جایگاه ژن‌های B و b و به همین تعداد در ژن‌های C و c ایجاد کند. پس  $3 \times 3 \times 3 = 27$  معادل ۲۷ نوع **ژنوتیپ در جامعه ایجاد می‌کند**. در مورد فنوتیپ آن‌ها دیده می‌شود که این صفت از نوع پیوسته می‌باشد و رنگ آن‌ها از سفید با ۶ ژن نهفته شروع می‌شود و هرچه تعداد الل بارز در آن‌ها بیشتر شود، کمی بیشتر به سمت قرمزتر شدن می‌رود. مثلاً دانه ذرتی که ژنوتیپ AaBbCc دارد از دانه ذرتی که یک ژن بارز Aabbcc دارد، رنگ قرمز پررنگ‌تری دارد. نمودار فراوانی آن‌ها به صورت زنگوله‌ای با فنوتیپ‌های پیوسته می‌باشد که در زیر به صورت ۷ نوع رخ نمود مشاهده می‌کنید.

### چند نکته مهم در بررسی تست‌ها

- به‌طور مثال دقت کنید که رخ نمود دو نوع ژن نمود با دگره‌های AaBbCc و AabbCC با هم مشابه است چون تعداد دگره‌های غالب آن‌ها یکسان و سه عدد است. در حل مسائل این ذرت‌ها، مهم فقط شمردن تعداد ژن‌های بارز می‌باشد. هر دو دانه‌ای که تعداد ژن‌های بارز برابری دارند، حتی با ژنوتیپ متفاوت، قطعاً فنوتیپ یکسانی را بروز می‌دهند.
- در مورد این صفت دقت کنید که مثلاً در ذرت، AaBBCC، ژن‌های A و a با هم الل هستند ولی B و C و c الل نمی‌باشند ولی چون همگی در به ارث رسیدن یک صفت نقش دارند، A هم روی a و هم روی B و C تأثیر می‌گذارد.
- توجه کنید که در این صفت بین هر جفت الل، رابطه بارز و نهفتگی وجود دارد ولی مثلاً بین A و B رابطه بین اللی موجود نیست ولی در بروز یک صفت خاص بیان آن‌ها روی فنوتیپ نهایی اثر دارد.
- این صفت در ذرت دارای ۷ نوع فنوتیپ می‌باشد که بیشترین حالت و فراوانی مربوط به انوعی است که سه ژن بارز دارند. این حالت دارای ۷ نوع ژنوتیپ می‌باشد. دو حالت آستانه‌ای در دو طرف طیف نمودار در هر سه جایگاه ژنی خالص است و با فراوانی کم، فقط یک نوع ژنوتیپ دارد.



- در مورد رنگ‌های مختلف صفت فوق در ذرت‌ها، تعداد ژن‌های بارز، تعیین‌کننده نوع فنوتیپ می‌باشد. دقت کنید که بیشترین فراوانی در ذرت‌هایی است که دارای سه ژن بارز هستند و کمترین فراوانی در ذرت‌هایی با ۶ نوع ژن بارز یا بدون ژن بارز دیده می‌شود.

### تست ۱۹

صفت رنگ نوعی ذرت، دارای ۳ جایگاه ژنی است که هر کدام دو دگره دارند. دگره‌های بارز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته، رنگ سفید را به وجود می‌آورند. کدام عبارت با توجه به نحوه فراوانی این ذرت به درستی بیان شده است؟

(قلم‌چی)

- امکان ندارد ذرت‌هایی با رنگ مشابه، ژن نمودهای متفاوتی داشته باشند.
  - امکان ندارد ژن نمودهایی با فراوانی یکسان در نمودار توزیع فراوانی، رنگ‌های متفاوتی داشته باشند.
  - همواره تعداد دگره‌های بارز در ژن نمود، با فراوانی آن نسبت مستقیم دارد.
  - ژن نمودی که در آن نسبت دگره بارز به دگره نهفته برابر با یک است، در نمودار توزیع فراوانی رخ نمودها، در محدوده بیشترین فراوانی است.
- با توجه به شکل کتاب درسی زیست‌شناسی (۳)، وقتی سه دگره قرمز و سه دگره سفید داریم (نسبت دگره بارز به دگره نهفته برابر با یک است)، در نمودار توزیع فراوانی رخ نمودها، در محدوده بیشترین فراوانی قرار دارد.

### پاسخ ۴

**تله‌های تستی:** گزینه (۱): طبق شکل کتاب درسی زیست‌شناسی (۳)، مثلاً AaBbCc و aaBbcc رنگ مشابهی دارند. / گزینه (۲): آستانه‌های نمودار را ببینید. aabbcc سفید رنگ است و AABBCC قرمز است، ولی فراوانی آن‌ها با هم برابر است. / گزینه (۳): AABBCC بیشترین تعداد دگره‌های بارز (هرمز) را دارد، ولی فراوانی‌اش از همه بیشتر نیست. اگر همواره نسبت مستقیم داشت، شکل نمودار خطی می‌شد، نه زنگوله‌ای!

### تست ۲۰

با توجه به صفت چندجایگاهی مربوط به رنگ نوعی ذرت، کدام مورد، از نظر رخ نمود (فنوتیپ) به ذرتی با ژن نمود (ژنوتیپ) AaBbCC شباهت کمتری دارد؟

(سراسری خارج از کشور - ۹۹)

AaBbcc (۴)

Aabbcc (۳)

AaBBCC (۲)

AABBCC (۱)

### پاسخ ۳

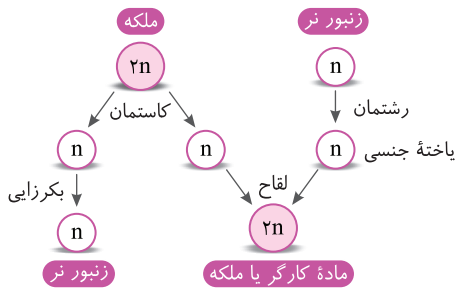
سؤال بسیار آسانی در کنکور ۹۹ طرح شده بود. در این صفت ذرت، فقط مهم شمردن تعداد ژن‌های بارز است. ذرت مورد نظر سؤال به صورت AaBbCC با چهار ژن بارز بوده است. از طرفی در گزینه (۱)، شش ژن بارز، گزینه (۲) دارای پنج ژن بارز، گزینه (۳) دارای یک ژن بارز (A) و گزینه (۴) دارای دو ژن بارز می‌باشد.

خب کدام گزینه تعداد الل بارز آن با ذرت مدنظر تست که ۴ ژن بارز دارد، تفاوت بیشتری دارد؟ به راحتی می‌توانید گزینه (۳) را انتخاب کنید که فقط یک ژن بارز دارد.



## نحوه به ارث رسیدن و بروز صفات ارثی در زنبورهای عسل

در زیست یازدهم خواندیم که **زنبور عسل** نر دارای یاخته‌های هاپلوئید ( $n$  کروموزوم) می‌باشد و حاصل بکرزایی از میتوز برخی تخمک‌های والد ماده خود است. یعنی زنبور عسل نر حاصل لقاح نبوده است ولی زنبور عسل ماده، دیپلوئید بوده و در اثر لقاح اسپرم و تخمک ایجاد شده است. اگر در مسئله ژنتیک، صفات را در زنبور بررسی کرده بود، دقت کنید که هر صفتی در هر یاخته هسته‌دار زنبور نر، در هر جایگاه دارای **یک الل** است ولی زنبور ماده که دیپلوئید است در هسته هر یاخته  $2n$  خود دارای دو الل ولی در تخمک خود دارای یک الل می‌باشد. از طرفی دقت کنید که زنبورهای ماده که دیپلوئید هستند، می‌توانند **ملکه یا زنبور کارگر** باشند ولی **فقط ملکه** در ایجاد نسل بعد و تخمک‌گذاری شرکت می‌کند. وظیفه زنبور کارگر فقط حفاظت از سایر زاده‌های ملکه می‌باشد که در حقیقت خواهران و برادران آن می‌باشند چون جانمندی نازا ولی فداکار با صفت دگرخواهی می‌باشد که در فصل آخر دوازدهم در مورد آن بیشتر می‌آموزید.



### نکته

زنبور نر، هاپلوئید است و همه ژن‌های خود را از نصف ژن‌های والد یا همان مادر دیپلوئید خود گرفته است.

### نکته

زنبورهای ماده دیپلوئید ( $2n$ ) هستند. این زنبورها همه ژن‌های والد نر به همراه نصف ژن‌های والد ماده خود را به ارث برده‌اند.

### تست ۲۱

اگر رنگ بال زنبور عسل، نوعی صفت مستقل از جنس باشد که الل زردی ( $Z$ ) و قرمزی ( $R$ ) با هم رابطه هم‌توانی داشته باشند، در این صورت چند مورد زیر نادرست می‌باشد؟

(الف) از لقاح گامت‌های زنبور بال قرمز با زنبور راه‌راه، هر سه نوع فنوتیپ در فرزندان مشاهده می‌شود.

(ب) از ادغام گامت‌های ملکه بال زرد با زنبور بال قرمز، زنبورهای کارگر نسل بعد همگی راه‌راه می‌شوند.

(ج) از ادغام گامت‌های ملکه بال راه‌راه با زنبور زرد، دو نوع زنبور نر در نسل بعد ایجاد می‌شود.

(د) از ادغام گامت‌های زنبور کارگر قرمز با زنبور نر زرد، همه زاده‌های ماده، بال راه‌راه دارند.

مورد ۴ (۴)

مورد ۱ (۳)

مورد ۳ (۲)

مورد ۲ (۱)

### پاسخ ۲

موارد (الف)، (ج) و (د) نادرست می‌باشند.

**تله‌های تستی:** الف) نادرست است. زنبور راه‌راه قطعاً ماده و ( $RZ$ ) بوده که از تخمک‌های آن طی بکرزایی، نرهای قرمز ( $R$ ) و زرد ( $Z$ ) ایجاد می‌شود. از طرفی از لقاح تخمک‌های  $R$  یا  $Z$  آن با زنبور نر قرمز که فقط اسپرم  $R$  دارد، فقط زنبورهای ماده قرمز ( $RR$ ) و هم راه‌راه ( $RZ$ ) ایجاد می‌شوند ولی زنبور زرد ( $ZZ$ ) ایجاد نمی‌شود. ب) درست است. ملکه بال زرد ( $ZZ$ ) بوده و نر بال قرمز دارای ژنوتیپ ( $R$ ) می‌باشد که از لقاح آن‌ها، ملکه و کارگر ماده راه‌راه ( $RZ$ ) ایجاد می‌شود. البته زنبورهای نر زرد ( $Z$ ) با بکرزایی نیز حاصل می‌شوند که حاصل لقاح نبوده‌اند. ج) نادرست است. از ادغام گامت‌ها، فقط زنبورهای ماده ایجاد می‌شوند که حاصل این آمیزش راه‌راه ( $RZ$ ) یا زرد ( $ZZ$ ) خواهد شد (زنبورهای نر، حاصل بکرزایی هستند نه لقاح). د) نادرست است. زنبور کارگر، ماده‌ای است که در لقاح شرکت نمی‌کند چون جانمندی نازا می‌باشد.

**تمرین ۳:** اگر صفتی در زنبورها تحت کنترل ۳ جایگاه ژنی باشد به طوری که در جایگاه اول، ژن‌های ۲ الی هم‌توان، جایگاه دوم ژن‌های ۳ الی که فقط  $A_1$  بر  $A_3$  بارز است و جایگاه سوم دارای صفات وابسته به جنس و ۴ الی که فقط  $B_1$  بر سایر الل‌ها بارز است باشند، هر یاخته پیکری و گامت زنبور نر و ماده برای این صفت چند ژن دارد و از هر جایگاه ژن چند الل دارد؟

**پاسخ:** این صفت دارای ۳ جایگاه ژنی است و همان‌طور که گفتیم در زنبور صفات جنسی و غیرجنسی را مانند هم حساب می‌کنیم ولی در همه آن‌ها یاخته‌های پیکری نرها را هاپلوئید و ماده‌ها را دیپلوئید حساب می‌کنیم. در مورد نرها، سؤال بسیار آسان است چون در هر جایگاه ژنی، یک الل دارند.

نتیجه نهایی	جایگاه سوم $B_1, B_2, B_3, B_4$	جایگاه دوم $A_1, A_2, A_3$	جایگاه اول $R$ و $W$	صفت ۳ جایگاهی
۳ ژن =	۱ +	۱ +	۱	تعداد ژن یاخته پیکری نر ( $n$ )
۳ ژن =	۱ +	۱ +	۱	تعداد ژن اسپرم که $n$ می‌باشد
۶ ژن =	۲ +	۲ +	۲	تعداد ژن یاخته پیکری زنبور ماده ( $2n$ )
۳ ژن =	۱ +	۱ +	۱	تعداد ژن این صفت در تخمک‌ها ( $n$ )



## نکته

دقت کنید که هر یاخته  $2n$  زنبورها برای این صفت ۶ ژن دارد ولی در هر جایگاه ۲ ژن الل وجود دارد. یعنی این ۶ ژن که این صفت را به ارث می‌رسانند همه با هم الل نیستند چون هر جفت آن‌ها در یک جایگاه جداگانه قرار دارند. (تعریف الل: ژن‌هایی که روی یک جایگاه در کروموزوم‌ها یک هم‌تار قرار می‌گیرند).

## نکته

دقت کنید که در این سؤالات اگر مرحله تقسیم یاخته را داده بودند، تعداد ژن‌ها برای تک کروماتیدی یا دو کروماتیدی بودن یاخته‌ها متفاوت است. در غیر این صورت برای یاخته  $2n$ ، دو ژن و الل برای هر جایگاه و برای یاخته  $n$ ، یک الل و ژن در نظر می‌گیریم.

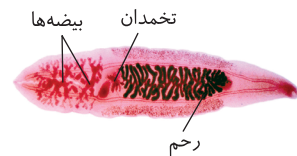
## ژنتیک بکرزایی در مار

در زیست یازدهم آموختید که برخی مارها نیز بکرزایی دارند. در این حالت مار ماده ابتدا با میوز، تعدادی تخمک ایجاد می‌کند و سپس از روی کروموزوم‌های آن یک نسخه دیگر ساخته و آن‌ها را با هم ترکیب می‌کند. مثلاً اگر مار ماده ژنوتیپ  $Aa$  داشته باشد، توانایی ایجاد دو نوع تخمک  $A$  یا  $a$  دارد. دقت کنید که این دو تخمک با هم ادغام نمی‌شوند، بلکه ابتدا در تخمک  $A$  یک ردیف دیگر کروموزوم  $A$  تولید می‌شود و سپس با ردیف  $A$  قبلی ادغام شده و هسته آن دیپلوئید  $AA$  می‌شود. پس از این مرحله، در اثر میتوز و بدون لقاح، ماری ایجاد می‌شود که دیپلوئید است ولی قطعاً در همه صفات خود ژنوتیپ خالص دارد. البته مانند حالت  $AA$ ، امکان ایجاد مار  $aa$  نیز وجود دارد. دقت کنید که در حالت بکرزایی مارها امکان ندارد ماری به صورت  $Aa$  به دنیا بیاید. چون ادغام همواره بین کروموزوم‌های یک تخمک مضاعف شده ایجاد می‌شود.

## نکته

دقت کنید که مارها، فقط بکرزایی ندارند و در تست‌ها به لقاح عادی نیز توجه کنید.

## ژنتیک خودباروری کرم پهن



در این جانوران چون نرماده هستند، هر جانور طی میوز به‌طور جداگانه در تخمدان و بیضه‌های خود گامت ایجاد می‌کند و سپس آن‌ها را با هم ترکیب می‌کند ولی گامتی از بدن خود خارج نمی‌کند. یعنی اگر ژنوتیپ جانور  $Aa$  باشد، انواع اسپرم  $A$  یا  $a$  و تخمک  $A$  یا  $a$  ایجاد می‌کند و سپس با ترکیب آن‌ها، انواع کرم‌های  $AA$ ،  $Aa$  و  $aa$  ممکن است ایجاد شود.

## ژنتیک در کرم خاکی (نرماده دگربارور)

کرم خاکی نیز مانند کرم پهن، جانوری نرماده است که هم توانایی ایجاد اسپرم و هم تولید تخمک دارد ولی خاصیت خودباروری و ادغام این گامت‌ها را ندارد. در حقیقت این جانور اسپرم‌ها را از بدن خود خارج کرده و کرم دیگری را بارور می‌کند. در این حالت خودش نیز اسپرم‌های کرم دیگری را دریافت کرده و بارور می‌کند. مثلاً اگر کرم خاکی شماره (۱) ژنوتیپ  $Aa$  داشته باشد، تخمک‌ها و اسپرم‌های  $A$  و  $a$  ایجاد می‌کند. حال کرم دیگر شماره (۲) با ژنوتیپ  $AA$ ، اسپرم و تخمک  $A$  تولید می‌کند. کرم (۱)، اسپرم‌های خود را به کرم (۲) داده و در بدن کرم (۲) تخم‌های  $AA$  یا  $Aa$  تولید می‌شود. از طرفی از کرم (۲)، اسپرم  $A$  دریافت می‌کند و با لقاح با تخمک‌های خود، آن کرم (۱) نیز حاوی تخم‌های مشابه کرم (۲) به صورت  $AA$  یا  $Aa$  می‌شود.

## تست ۲۲

بدون در نظر گرفتن نقش جهش، چند مورد عبارت زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

«در بین جانوران، نمی‌توان از جانوری طبیعی با ژنوتیپ ..... انتظار داشت زاده‌ای طبیعی با ژنوتیپ ..... ایجاد شود.»

الف)  $Aabb$  و دو بطن با دیواره ناقص -  $Aabb$  طی بکرزایی

ب)  $aaBb$  و دارای تخمدان -  $aB$  و فاقد تخمدان

ج)  $AaBB$  و دارای بیضه و تخمدان -  $aaBb$

د)  $Aabb$  و دارای بیضه و رحم -  $aabb$  و دارای بیضه و تخمدان

۴) مورد ۴

۳) مورد ۳

۲) مورد ۲

۱) مورد ۱

موارد (ب)، (ج) و (د) نادرست هستند.

## پاسخ ۳

**تله‌های تستی الف)** درست است. جانور دارای بکرزایی و دو بطن با دیواره ناقص، در مارها دیده می‌شود. طی بکرزایی مارها، همواره باید زاده حاصل ژنوتیپ خالص در همه صفات داشته باشد، پس امکان ندارد به صورت  $Aa$  به دنیا بیاید. (ب) نادرست است. این عبارت را با توجه به اینکه از والد دیپلوئید، فرزند نر هاپلوئید حاصل شده باید در مورد بکرزایی زنبور عسل در نظر بگیریم، می‌توان تصور کرد که از ملکه  $2n$  با ژنوتیپ  $aaBb$ ، زنبور نری با ژنوتیپ  $aB$  یا  $ab$  و فاقد تخمدان ایجاد شود. (ج) نادرست است. اگر در مورد دگرباروری کرم خاکی نرماده در نظر بگیریم، در صورت گرفتن گامت  $ab$  از کرم دیگر و تولید گامت  $aB$  می‌توان انتظار داشت، کرم خاکی با ژنوتیپ  $aaBb$  تولید شود. (د) نادرست است. اگر در مورد خودباروری کرم پهن نرماده در نظر بگیریم، می‌توان با لقاح دو گامت  $ab$ ، کرمی  $aabb$  متصور شد.

## ژنتیک گیاهی

توجه کنید عزیزان که این مبحث را در کتاب یازدهم نسل جدید درس داده‌ام ولی برای یادگیری بهتر، لازم است که کلاس ژنتیک گیاهی را نگاه کنید. البته باز هم تکرار می‌کنم که در کتاب یازدهم نشر الگو کاملاً بررسی کرده‌ایم و در تست‌های این فصل نیز تعدادی را بررسی کرده‌ام. لازم به یادآوری است که کتاب‌های درسی شما فقط در مورد گیاهان نهان‌دانه، چرخه زندگی و به ارث رسیدن آن بحث کرده است.

## دانه اولیه نهاندانگان

دانه اولیه هر گیاه نهاندانه دارای سه قسمت می‌باشد:

## ● الف) پوسته دانه

همان پوسته تخمک می‌باشد که فرمول ژنتیکی گیاه یا والد ماده را دارد و دیپلوئید می‌باشد.

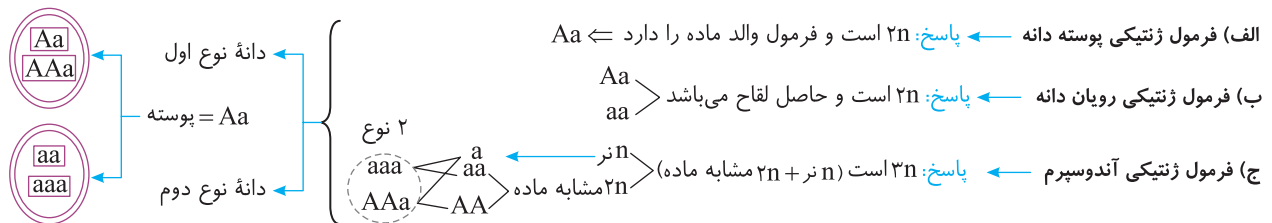
## ● ب) رویان و لپه

محصول میتوز تخم اصلی  $2n$  می‌باشد که در هر صفت، یک ژن را از والد نر و یک ژن را از والد ماده گرفته است.

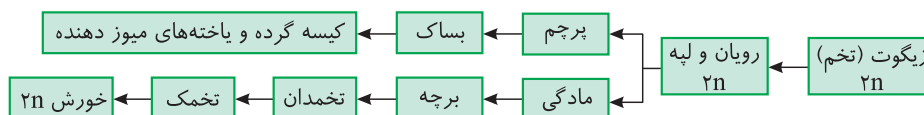
## ● ج) آندوسپرم

محصول میتوزهای متوالی تخم ضمیمه یا  $3n$  می‌باشد که بعد از لقاح ایجاد شده است و دارای بافت پاراننشیمی با ذخیره غذایی برای رویان می‌باشد. **یاخته‌های  $3n$  این قسمت، در هر صفت، یک ژن را از والد نر و دو ژن همانند هم را از والد ماده گرفته‌اند.**

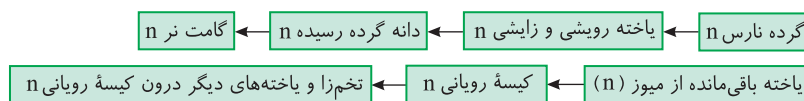
**مثال:** اگر فرمول ژنتیکی یاخته  $2n$  کیسه‌گرده  $aa$  و پاراننشیم خورش نیز  $Aa$  باشد مطلوب است:



قسمت‌های مرحله دیپلوئیدی ( $2n$ ) گیاه:



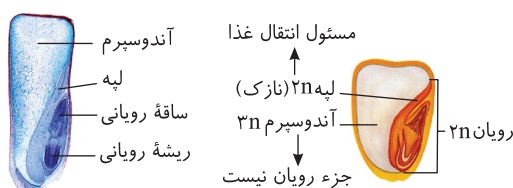
قسمت‌های مرحله هاپلوئیدی ( $n$ ) گیاه → درون بخش دیپلوئید به وجود می‌آیند.



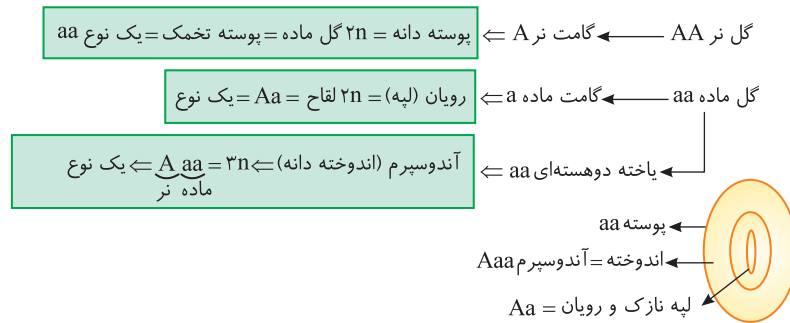
## انواع دانه‌های رسیده نهاندانگان

## الف) دانه‌های آندوسپرم‌دار

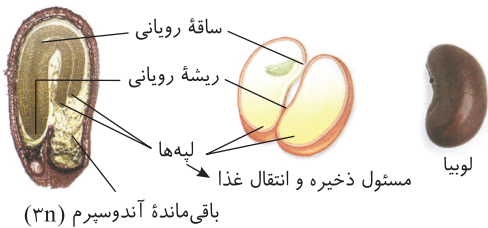
به دانه بالغ تک‌لپه‌ای‌ها، دانه آندوسپرم‌دار یا اندوخته‌دار می‌گویند. این گروه که شامل غلاتی مثل گندم، جو و ذرت می‌باشند، دانه‌ای با یک لپه نازک دارند که نقش لپه آن‌ها، فقط انتقال مواد غذایی از آندوسپرم به رویان در حال رشد می‌باشد. در این گیاهان دانه بالغ حاوی دو پوسته  $2n$  از یاخته‌های بخش ماده گیاه، یاخته‌های رویان  $2n$  حاصل از لقاح والد نر و ماده (لپه، رویان، مریستم رأس ساقه و ریشه) و یاخته‌های اندوخته‌دار ( $3n$ ) آندوسپرم می‌باشد. این دانه‌ها، معمولاً در هنگام رشد، لپه آن‌ها در خاک باقی می‌ماند و سبز نمی‌شود.



**مثال:** اگر فرمول ژنتیکی گل خرما ماده aa و گل خرما نر به صورت AA باشد، انواع فرمول‌های ژنتیکی پوسته دانه، آندوسپرم و رویان (لپه) چقدر می‌باشد؟



### ب) دانه‌های بدون آندوسپرم



به دانه بالغ نهان‌دانگان **دولپه‌ای**، دانه فاقد اندوخته یا فاقد **آندوسپرم** می‌گویند. در این دانه‌های بالغ، **یاخته‌های لپه‌ها (2n)**، همه اندوخته غذایی آندوسپرم را در خود ذخیره می‌کنند و لپه‌های آن‌ها بزرگ و پر از ذخیره غذایی برای رشد رویان می‌شوند. در حالت بلوغ، در این دانه‌ها یاخته آندوسپرم 3n وجود ندارد و همه یاخته‌های دانه بالغ، دیپلوئید می‌باشند که شامل پوسته دیپلوئید از تخمک مادر و لپه با یاخته اندوخته‌دار و رویان 2n از لقاح یاخته‌های جنسی نر و ماده می‌باشند.

**مثال:** اگر فرمول ژنتیکی گل نر دولپه‌ای Aa و گل ماده آن aa باشد، چند نوع فرمول ژنتیکی برای انواع پوسته دانه، لپه‌ها و یاخته‌های اندوخته‌دار دانه رسیده آن‌ها متصور هستیم؟

**پاسخ:** پوسته هر نوع دانه‌ای از پوسته تخمک با فرمول ژنتیکی aa حاصل می‌شود و یک نوع می‌باشد. در دولپه‌ای‌ها لپه، رویان و اندوخته دانه همگی در یاخته‌های 2n حاصل از لقاح وجود دارد که به دو صورت Aa یا aa می‌تواند باشد چون از لقاح Aa × aa، فرزندان به دو صورت Aa و aa درمی‌آیند و دانه بالغ آن‌ها یاخته 3n آندوسپرم ندارد.

### نکته

لپه در دانه تک‌لپه‌ای‌ها، نازک می‌باشد و فقط نقش انتقال مواد غذایی را از آندوسپرم 3n به رویان 2n دارد ولی در دانه دولپه‌ای‌ها، لپه‌ها قطور می‌باشند و آندوسپرمی وجود ندارد، در نتیجه لپه‌ها نقش **ذخیره و انتقال** مواد غذایی به رویان را دارند.

نوع دانه نهان‌دانگان	پوسته دانه	لپه و رویان	یاخته اندوخته‌دار (آندوسپرم‌دار)
دانه اولیه	2n با فرمول والد ماده	2n حاصل از لقاح	n از یاخته جنسی نر 3n شبیه هم از یاخته دوهسته‌ای مادر
دانه بالغ تک‌لپه‌ای	2n با فرمول والد ماده	2n حاصل از لقاح	n از یاخته جنسی نر 3n مشابه از یاخته دوهسته‌ای مادر
دانه بالغ دولپه‌ای	2n با فرمول والد ماده	2n حاصل از لقاح	2n حاصل از لقاح (شیم‌لپه)

**تست ۲۳** با قرار گرفتن دانه گرده گل میمونی صورتی (RW) بر روی کلاله گل میمونی سفید (WW)، کدام رخ نمود برای رویان و کدام ژن نمود برای درون دانه (آندوسپرم) مورد انتظار است؟

(۱) قرمز - WWW (۲) قرمز - RRR (۳) صورتی - RWW (۴) صورتی - RRW

**پاسخ ۳**

اسپرم‌های گل میمونی صورتی (RW) که از دانه گرده آن حاصل می‌شوند، به صورت هاپلوئید R یا W خواهند بود. از طرفی تخم‌زاهای گل ماده سفید (WW) همگی W خواهند شد. پس رویان 2n آن‌ها یا RW صورتی و یا WW سفید می‌شود. اگر ژن نمود رویان RW باشد، قطعاً آندوسپرم 3n آن به صورت RWW بوده است چون همواره در تخم 3n، دو دگره مشابه از (WW) هسته دوتایی ماده و یک دگره (R) از اسپرم می‌باشد. از طرفی اصلاً رویان قرمز RR در گزینه‌های (۱) و (۲) در این آمیزش تولید نمی‌شود.

گزینه (۴): نادرست است چون ال‌های RR که مربوط به والد ماده است در این آمیزش وجود ندارد و مادر به صورت سفید WW بوده است.



**تمرین ۴:** صفتی تک‌جایگاهی تحت کنترل ۵ ژن الل در گیاهان مفروض است:

الف) در لوبیای دیپلوئید، هر یاخته تولیدکننده گامت، چند الل برای این صفت دارد؟

ب) هر یاخته پوسته دانه نخود چند الل برای این صفت دارد؟

ج) هر یاخته پیکری موز تریپلوئید چند الل برای این صفت دارد؟

د) هر یاخته پیکری گندم هگزاپلوئید و هر یاخته زایشی دانه گرده و آندوسپرم این گندم، برای این صفت چند الل دارند؟

**پاسخ:** در ابتدا یادآوری می‌کنم که در یاخته یا جاندار  $xn$  کروموزومی، کروموزوم‌ها  $X$  تا  $X$  تا با هم همتا می‌باشند. چون این صفت تک‌جایگاهی است پس هر یاخته  $xn$  کروموزومی آن به تعداد  $x$  الل برای این صفت روی کروموزوم‌های همتا می‌تواند داشته باشد ولی در کل جامعه ۵ نوع الل برای به ارث رسیدن صفت فوق وجود دارد. برای حل این سؤال در گیاهان باید از کتاب زیست یازدهم مطالب گیاهی را به خاطر داشته باشید که در اینجا سعی می‌کنم آن‌ها را برای شما مرور کنم:

الف) همان‌طور که می‌دانید گامت (اسپرم و تخم‌زرا) در گیاهان حاصل تقسیم **میتوز** می‌باشد. در لوبیا، اسپرم و تخم‌زرا، هاپلوئید هستند و از تقسیم میتوز یاخته‌های **هاپلوئید** یا  $n$  کروموزومی ایجاد می‌شوند پس در این صفت نیز **فقط یک الل** دارند.

ب) دانه گیاهان دارای سه قسمت پوسته دیپلوئید با ژنوتیپ والد ماده، لپه و رویان دیپلوئید ( $2n$ ) که حاصل لقاح هستند و آندوسپرم  $3n$  می‌باشند. **پس**

**پوسته دانه که دیپلوئید است برای این صفت دو الل دارد.**

ج) موز تریپلوئید در یاخته‌های پیکری  $3n$  خود دارای ۳ الل برای صفات تک‌جایگاهی می‌باشد (دقت کنید که اینج گناه نازا است و قدرت میوز ندارد).

د) گندم  $6n$  در اغلب یاخته‌های پیکری خود برای این صفت ۶ ژن الل دارد. **یاخته زایشی دانه گرده** در گیاهان  $2n$  دارای هسته  $n$  (هاپلوئید) می‌باشد پس در گیاه  $6n$ ، هر یاخته رویشی یا زایشی دانه گرده آن‌ها به صورت  $3n$  بوده و برای این صفت ۳ الل دارد.

### نکته

در مورد آندوسپرم نهاندانگان حتماً به یاد دارید که گیاهان  $2n$ ، دارای آندوسپرم  $3n$  در دانه اولیه خود می‌باشند، پس گیاه گندم  $6n$  دارای آندوسپرم‌ها یا یاخته‌های اندوخته‌دار  $9n$  می‌باشند و چون کروموزوم‌ها  $9$  تا  $9$  تا با هم همتا می‌باشند، پس برای این صفت دارای ۹ ژن الل می‌باشند.

