

### ژنتیک و وراثت

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

- علم ژنتیک را تعریف کند.
- قوانین مندل را شرح دهد.
- اصول ساده احتمالات را بیان کند.
- مسایل ساده ژنتیک را حل کند.
- صفات وابسته به جنس را توضیح دهد.
- مکانیسم تعیین جنسیت را شرح دهد.
- ساختمان و عمل ژن را بیان کند.
- طریقه همانندسازی DNA را شرح دهد.
- آلل‌های چندگانه را توضیح دهد.
- برخی ناهنجاری‌ها و بیماری‌های کروموزومی را توضیح دهد.
- اهمیت ژنتیک در کشاورزی و دامپروری را بیان کند.

### پیشگفتار

مقدمه : اگر با دقت به قیافه‌های ظاهری افراد یک خانواده بنگریم، متوجه خواهیم شد که گاهی چهره فرزندان شباهت زیادی به والدین دارد و برخی اوقات هم کوچکترین تشابهی بین آنها وجود ندارد. اما مهم‌ترین حقیقت درباره انسان‌ها، آن است که غیر از موارد کاملاً استثنایی هیچ‌گاه شباهت کاملی بین آنها وجود ندارد. فردی چشمان ضعیف دارد و یا از تشخیص بعضی رنگ‌ها عاجز است ولی دیگری خوب می‌بیند. بعضی‌ها حس شامه‌شان خوب کار نمی‌کند و طعم غذاها را درک نمی‌کنند در صورتی که دیگری خیلی خوب از عهده این کار برمی‌آید. حال اگر به کشور دیگری مسافرت کنیم چه بسا این تفاوت‌ها شدیدتر گردند و یا با اشکال متنوع‌تری از خصوصیات ظاهری و اخلاقی در

جوامع انسانی روبه‌رو شویم. اما به راستی علت اصلی این تشابهات یا اختلافات از کجا ناشی می‌شود و آیا محیط زندگی، در ایجاد آنها دخالت دارد یا خیر و اگر داشته باشد اثر آن تا چه اندازه است. امروزه ثابت شده است که والدین، ماده‌ای را که به نام ماده وراثتی نامیده می‌شود به فرزندان خود انتقال می‌دهند. این ماده چیزی است که اطلاعات لازم برای شکل‌گیری و بقا و دوام نسل‌های بعدی را در خود دارد. تردیدی نیست که نه تنها انسان، بلکه هر موجود زنده دیگری باید این قبیل اطلاعات را به نسل بعدی خود انتقال دهد تا از انسان، انسان از گربه، گربه و از درخت بلوط، درخت بلوط دیگری به‌وجود آید و به قول معروف: گندم از گندم بروید جو ز جو؛ پس چگونگی انتقال صفات یا وراثت همچون قانون مدونی است که برای تمام اشکال حیات به رشته تحریر درآمده است و امروزه به نام علم وراثت یا ژنتیک خوانده می‌شود. ژنتیک یا علم وراثت را می‌توان چنین تعریف کرد: رشته‌ای است از علم زیست‌شناسی که چگونگی انتقال صفات ارثی را از والدین به فرزندان مورد بحث قرار می‌دهد. این علم همچنان ماهیت مادی عوامل به‌وجود آورنده صفات ارثی و تأثیر عوامل محیطی را بر آنها مورد بحث قرار داده، نحوه بروز خصوصیات فردی و نژادی موجودات زنده را بر ما روشن می‌سازد.

## پایه‌گذار علم وراثت کیست؟

از زمانی که بشر به مرحله تفکر و اندیشیدن رسیده است به مسأله وراثت و علت تشابهات و اختلاف بین فرزندان خانواده و سایر مسائلی که ذکر آن گذشت فکر کرده است. طبق مدارک و شواهد موجود، ۶ هزار سال قبل، اقوام کلدانی به توارث صفات و انتخاب در اسب و تنظیم شجره‌نامه این حیوان توجه خاصی داشته‌اند و پس از آن در طی قرن‌ها، دانشمندان مختلفی در زمینه علم وراثت به تحقیق و مطالعه پرداخته‌اند. اما سال ۱۸۶۵ در تاریخ زیست‌شناسی نوین از اهمیت خاصی برخوردار است؛ زیرا در این سال گرگوریو هانس مندل، کشیش اطریشی، پس از ۸ سال زحمات شبانه‌روزی، موفق به کشف قوانینی گردید که این قوانین، بعدها پایه‌های علم وراثت را پی‌ریزی کردند.

مندل دهقان‌زاده‌ای بود که در نوجوانی به علوم ریاضی و فیزیک علاقه شدیدی داشت ولی روزگار با او سر سازگاری نداشت و لذا در سال ۱۸۴۳ با کمک و راهنمایی یکی از دوستانش وارد صومعه‌ای شد و نام پدر گرگور را برای خود انتخاب کرد. وی که ایام فراغت خود را به کشت گیاه نخودفرنگی در باغ صومعه اختصاص داده بود با حوصله تمام انواع مختلفی از این گیاه را انتخاب و با هم آمیزش داد و نتایج کارش را به دقت یادداشت کرد. اگرچه قبل از مندل دانشمندان متعددی دیگری به دنبال کشف قوانین وراثت بودند ولی افتخار کشف این قوانین نصیب وی گردید زیرا نحوه کار مندل

با روش کار محققان قبل از او تفاوت کلی داشت. ابتکار اصلی مندل بررسی صفات به‌طور مجزاً از یکدیگر بود، درحالی که دانشمندان قبل از او مجموعه‌ای از صفات موجودات مورد آزمایش خود را در آن واحد و باهم، مورد مطالعه قرار می‌دادند. لازم به یادآوری است که عوامل مهم دیگری در کشف قوانین وراثت به مندل کمک کرده‌اند. این عوامل عبارتند از: انتخاب نوع گیاه خود لقاح مورد آزمایش او و استفاده از ریاضیات و آمار. پس از هشت سال کار و کوشش شبانه‌روزی، موقع آن رسیده بود که مندل کشفیات خود را به اطلاع جهانیان برساند، ولی متأسفانه جامعه علمی آن روز توجهی به نتایج حاصل از آزمایش‌های مندل نکرد و این شاید از عدم درک دانشمندان آن روز از عظمت علمی یافته‌های وی بود. این بی‌توجهی و درک نکردن تا پایان عمر مندل ادامه یافت و وی در زمان حیات به شهرتی که واقعاً سزاوارش بود و امروزه از آن برخوردار است، نرسید.

در سال ۱۹۰۰ میلادی، قوانین مندل مجدداً توسط سه دانشمند گیاه‌شناس اروپایی کشف و تأیید گردید. اینان برای آن که حق پایه‌گذار اولیه محفوظ بماند، این قوانین را به نام او «قوانین مندل» نامیدند و نحوه انتقال صفاتی را که طبق این قوانین به ارث می‌رسند، توارث مندلی یا مندلیسم نامگذاری کردند.

از آن زمان تاکنون تحقیقات مداوم و پیگیر دانشمندان مرتباً بر وسعت دایره معلومات بشری در زمینه علم ژنتیک افزوده است؛ به‌طوری که امروزه این علم در تمام رشته‌های علوم زیستی از جمله پزشکی، کشاورزی و دامپروری کاربرد وسیعی پیدا کرده است و تخصص‌هایی مانند اصلاح نباتات و بذر، اصلاح نژاد دام از کاربردهای مهم این علم به حساب می‌آیند. مهمترین شاخه‌های علم ژنتیک عبارتند از: ژنتیک گیاهی، ژنتیک حیوانی، ژنتیک انسانی و پزشکی، ژنتیک سلولی و مولکولی و مهندسی ژنتیک.

## چرا مندل گیاه نخودفرنگی را برای تحقیقات خود انتخاب کرد؟

شاید ارزنده‌ترین قسمت کار مندل، انتخاب نوع گیاه در مطالعات اوست زیرا موجوداتی که برای بررسی‌های ژنتیکی انتخاب می‌شوند باید از چند خصیصه مهم برخوردار باشند.

۱- در دوره زندگی خود، بتواند فرزندان متعددی به‌وجود آورد تا از نظر آرمان بتوان سریع‌تر به نتایج ارزنده و قابل قبول دست یافت.

۲- امکان ایجاد و مطالعه چندین نسل در مدت کوتاه میسر باشد، زیرا در تحقیقات ژنتیکی پس از نسل دوم بسیاری از مسایل و مجهولات به‌وضوح روشن می‌گردند.

۳- موجوداتی را باید انتخاب کرد که در محیط آزمایشگاه یا در شرایط معمولی زندگی قابل زیست باشند تا از صرف مخارج بیهوده و گزاف خودداری شود.

۴- آمیزش بین افراد، اعم از غریبه و خویشاوند، امکان‌پذیر باشد.  
با کمی دقت متوجه می‌شویم که:

الف) هر دانه نخود پس از کشت تبدیل به بوته‌ای می‌گردد که میوه آن ده‌ها دانه نخود جدید است که هر دانه خود یک فرزند محسوب می‌گردد.

ب) برای به‌دست آوردن افراد نسل دوم، حداکثر یک سال بیشتر وقت لازم ندارد.

ج) گیاه در محیط عادی (مثلاً در باغ صومعه) قابل کشت است.

د) آمیزش بین دو نوع مختلف گیاه به آسانی صورت می‌گیرد؛ زیرا که گل این گیاه پوشیده است و دستگاه زایای گیاه در معرض باد و حشرات قرار ندارد. لذا در موقع لزوم می‌توان دانه‌گرده یک گیاه را به کلاله گیاه دیگر از همان نوع، انتقال داد.

ه) در نهایت چون نخودفرنگی گیاه خودلقاحی است، از خلوص ژنتیکی کامل برخوردار است. با اندکی دقت متوجه می‌شویم که نبوغ مندل در انتخاب گیاه موردنظر، نقش مهمی داشته است.

سال‌ها بعد موجودات دیگری جانشین نخودفرنگی می‌شوند. از جمله در عالم حیوانی، مگس سرکه این وظیفه را به‌عهده می‌گیرد و بالاخره جانوران دیگری همچون موش، خوکچه هندی، خرگوش و در سال‌های اخیر موجوداتی از قبیل قارچ‌ها، میکروب‌ها و ویروس‌ها هر کدام به نحوی در خدمت محققان علم ژنتیک قرار گرفته و می‌گیرند.

اما نکته جالب آن است که قوانین وراثت، در تمام موجودات زنده، یکسان عمل می‌کنند و آنچه درباره گیاه نخودفرنگی یا فلان جانور کوچک آزمایشگاهی کشف شده است در مورد موجودات زنده دیگر و از جمله انسان صدق می‌کند. در واقع نقش موجوداتی چون نخودفرنگی یا مگس سرکه، تنها کوتاه کردن زمان بوده است و نیل به هدف اصلی را آسانتر می‌سازد، زیرا موجودات زنده از یک نظر تشابه ساختمانی دارند و آن هم واحدهای اصلی سازنده آنها، یعنی سلول‌ها و یا بهتر بگوییم عوامل وراثتی آنها در هسته سلول است.

## کاربرد علم احتمالات در ژنتیک

مندل، کاشف قوانین وراثت، در تفسیر آزمایش‌های خود از حساب احتمالات استفاده کرده است. ما نیز لازم است با چند قانون ساده احتمالات، آشنا شویم.

**تعریف احتمال:** احتمال عبارت از میزان اطمینانی است که به طور منطقی می‌توان نسبت به وقوع پیشامدی بر حسب اطلاعات معینی داشت.

پیشامدهای هم تراز: دو یا چند پیشامد را وقتی هم تراز گویند که هیچ دلیلی وجود نداشته باشد که یکی از آنها بیش از دیگری اتفاق افتد مانند پرتاب یک سکه و شیر یا خط آمدن آن.

چگونه احتمال وقوع یک پیشامد را محاسبه می‌کنند؟

احتمال وقوع یکی از چندین پیشامد هم تراز، عبارت است از خارج قسمت تعداد دفعاتی که یکی از آن پیشامدها رخ می‌دهد (حالت‌های مساعد) بر تعداد کلیه دفعاتی که آن پیشامدها ممکن است رخ دهد (حالت‌های ممکن).

مثال ۱: در کیسه‌ای ۱۵ گلوله سفید و ۴۵ گلوله سیاه موجود است. اگر با چشم بسته یک گلوله از آن بیرون آوریم، احتمال سفید بودن آن چقدر است؟

$$\text{احتمال} = \frac{15}{60} = \frac{1}{4} = 25\%$$

چنانچه ملاحظه می‌شود، حالت‌های مساعد ۱۵ و حالات ممکن ۶۰ می‌باشد ۱۵ ۴۵ می‌باشد

احتمال را با حرف P نمایش می‌دهند، یعنی در جواب سؤال بالا می‌توان نوشت:

$$P = \frac{1}{4}$$

مثال ۲: اعداد یک تا بیست را روی بیست کارت نوشته، کارت‌ها را خوب به هم بزنید سپس بر

حسب تصادف یک کارت از آن بیرون بیاورید، احتمال آنکه عدد حاصل زوج باشد، چقدر است؟

$$P = \frac{10}{20} = 50\% \quad \text{جواب:}$$

یادآور می‌شویم که احتمال وقوع یک پیشامد، همیشه بین صفر و یک، نوسان دارد و هر اندازه

مقدار آن به یک نزدیک باشد احتمال وقوع آن بیشتر است.

### پیشامدهای مستقل

دو یا چند پیشامد را زمانی مستقل گویند که وقوع یکی از آنها در وقوع دیگری تأثیر نداشته باشد، مانند پسر یا دختر شدن فرزندان انسان. مثلاً اگر فرزند اول خانواده‌ای پسر باشد، این مسأله به

جنسیت فرزند بعدی آنها ارتباطی ندارد و با احتمال  $\frac{1}{4}$  ممکن است فرزند بعدی پسر یا دختر شود.

حال اگر سؤال شود، چقدر احتمال دارد که دو فرزند اول و دوم خانواده‌ای، هر دو پسر شوند، به شکل

صفحه بعد استدلال خواهیم کرد:

حالت‌های ممکن	فرزند اول	فرزند دوم
۱-	پسر	پسر
۲-	پسر	دختر
۳-	دختر	پسر
۴-	دختر	دختر

چنانچه ملاحظه می‌شود طبق قانون احتمالات، حالت‌های ممکن چهار و حالت مساعد (یعنی حالت موردنظر) یک است و جواب مسأله  $P = \frac{1}{4}$  می‌شود.

در پیشامدهای مستقل، می‌توان از عمل ضرب استفاده کرد یعنی می‌توان نوشت:  $P = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ ، به مثال زیر توجه کنید.

مثال ۱: چقدر احتمال دارد که سه فرزند یک خانواده، همه دختر باشند؟

جواب:  $P = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$  (فرزند سوم)  $\times$  (فرزند دوم)  $\times$  (فرزند اول)

در مثال بالا احتمال وقوع هر یک از پیشامدها تصادفاً با یکدیگر مساوی بودند. گاهی ممکن است چنین نباشد. به مثال زیر توجه کنید.

مثال ۲: حروف الفبای زبان فارسی را روی ۳۲ کارت نوشته، درون جعبه می‌ریزیم. سپس به طور تصادفی سه کارت از آن بیرون می‌آوریم و به ترتیب کنار یکدیگر می‌گذاریم. احتمال آنکه کلمه علی درست شود، چقدر است؟

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3$$

$$P = \frac{1}{32} \times \frac{1}{31} \times \frac{1}{30} = \frac{1}{29760}$$

### پیشامدهای ناسازگار

دو یا چند پیشامد را که نتوانند باهم اتفاق افتند ناسازگار گویند. احتمال وقوع چنین پیشامدی برابر حاصل جمع احتمال وقوع هر یک از آن پیشامدها می‌باشد. به مثال زیر توجه کنید.

مثال: در جعبه‌ای ۲۵ گلوله سیاه، ۱۵ گلوله سفید و ۱۴ گلوله قرمز وجود دارد (جمعاً ۵۴ گلوله) یک گلوله را به طور تصادفی از آن خارج می‌کنیم. چقدر احتمال دارد که گلوله مذکور سفید یا قرمز باشد؟ اگر سفید یا قرمز بودن گلوله را یک پیشامد بدانیم:

$$P_1 = \frac{14}{54} \text{ احتمال قرمز بودن گلوله}$$

$$P_2 = \frac{15}{54} \text{ احتمال سفید بودن گلوله}$$

$$P = P_1 + P_2 \text{ یا } P = \frac{14}{54} + \frac{15}{54} = \frac{29}{54} \text{ جواب:}$$

### آشنایی با بعضی اصطلاحات مورد استفاده در علم وراثت

قبل از آن که به بررسی کارهای مندل بپردازیم، باید با بعضی تعاریف و اصطلاحات ساده که کاربرد فراوانی در علم وراثت دارند، آشنا شویم. برای این هدف به ذکر یک آزمایش ساده ژنتیکی پرداخته، در ضمن آن این اصطلاحات و مفاهیم مهم را فراخواهیم گرفت.

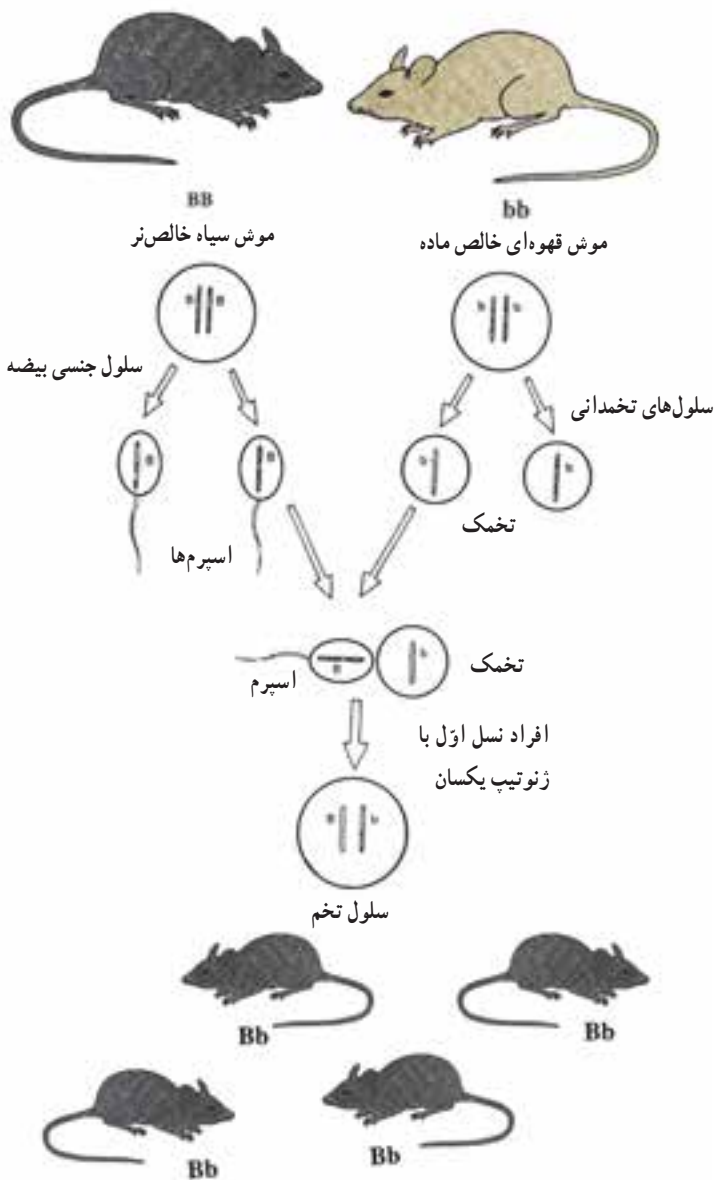
آزمایش: دو موش سیاه و قهوه‌ای خالص را باهم آمیزش می‌دهیم، مشاهده می‌شود که تمام فرزندان آنها سیاه رنگ می‌شوند. این فرزندان را افراد نسل اول می‌نامند.

از جفت‌گیری فرزندان نسل اول، فرزندان یا افراد نسل دوم حاصل می‌شوند. موش‌های نسل دوم، عده‌ای سیاه و برخی قهوه‌ای رنگ می‌شوند (شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳). رنگ سیاه یا قهوه‌ای را یک صفت ارثی گویند و تعریف آن به قرار زیر است.

**صفت:** حالت، ساختمان و یا عملی از بدن یا عضوی از بدن موجود زنده است که باعث می‌شود بتوانیم دو فرد مختلف یک گونه را از یکدیگر تشخیص بدهیم. مانند رنگ سیاه یا قهوه‌ای بدن موش‌ها در مثال بالا.

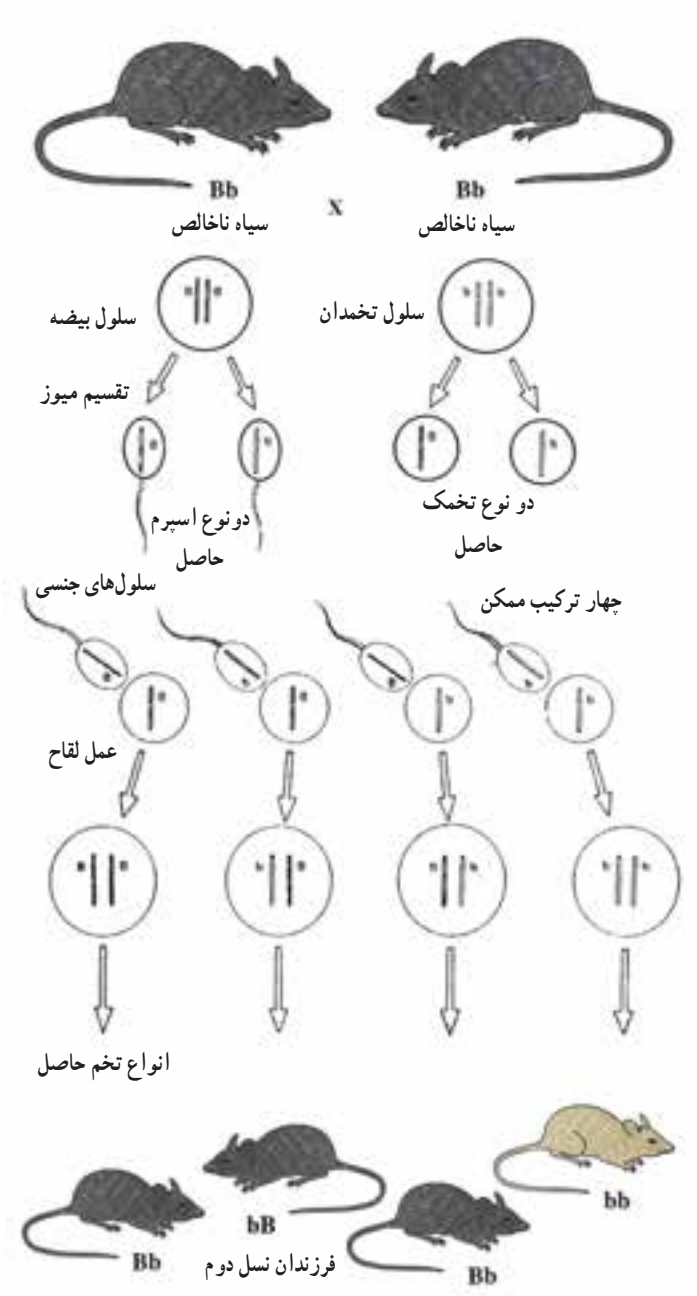
**صفات متقابل:** در مقایسه دو موجود زنده با یکدیگر، همیشه صفات دو به دو مورد مطالعه قرار می‌گیرند. مانند صفات مثال بالا یا قهوه‌ای و آبی بودن رنگ چشم در انسان و یا کوتاه و بلندی گیاه نخود در تجارب مندل این قبیل صفات را اصطلاحاً متقابل گویند.

**صفات بارز و نهفته:** در تجربه بالا مشاهده گردید که فرزندان نسل اول، تمام سیاه رنگ می‌شوند و اثری از رنگ قهوه‌ای در فرزندان نسل اول دیده نمی‌شود. به عبارت دیگر یکی از دو صفتی که در والدین وجود دارد کاملاً ظاهر و دیگری مخفی مانده است. در مثالی که ذکر شد رنگ سیاه را که در تمام فرزندان نسل اول ظاهر شده است، یک صفت بارز و رنگ قهوه‌ای را که اثرش مخفی مانده است یک صفت نهفته می‌نامند.



شکل ۱-۳- تمام افراد نسل اول، سیاه و ناخالص می‌باشند.





شکل ۲-۳- در نسل دوم در برابر سه موش با رنگ سیاه، یک موش با رنگ قهوه‌ای به دست می‌آید.

ژن یا عامل وراثتی: سلول‌های جنسی موش سیاه با سلول‌های جنسی موش قهوه‌ای از حیث یک عامل که موجب تشکیل رنگ می‌شود تفاوت دارند. این عامل را که قادر است به کمک سیتوپلاسم و محیط داخل سلولی موجب بروز صفتی شود، ژن<sup>۱</sup> می‌گویند. لازم به یادآوری است که مندل در تجارب خود ژن‌ها را فاکتور وراثتی نامیده است (کلمه ژن از سال ۱۹۰۲ وضع شد) و سال‌ها بعد مشخص شد که محلّ اصلی ژن‌ها در روی واحدهایی به نام کروموزوم می‌باشد.

**صفت خالص:** هر صفت، تحت تأثیر دو عامل وراثتی (ژن) قرار دارد که یکی از آنها از پدر و دیگری از مادر است. یک فرد خالص، از نظر یک صفت ارثی معین ژن‌های مشابهی دارد. این فرد را اصطلاحاً هموزیگوت هم می‌گویند. پس موجود خالص از نظر آن صفت همیشه سلول‌های جنسی مشابه به وجود می‌آورد.

**صفت ناخالص:** صفت یا موجودی را ناخالص می‌گویند که از نظر یک صفت ارثی معین ژن‌های متفاوتی داشته باشد (فرد ناخالص را هتروزیگوت نیز می‌گویند). مانند فرزندان نسل اول در مثال ذکر شده که، نمی‌توانند سلول‌های جنسی یکسان از نظر آن صفت به وجود آورند، بلکه ۵۰٪ گامت‌های آنها از یک نوع و ۵۰٪ بقیه از نوع دیگری خواهد بود.

**ژنوتیپ و فنوتیپ:** ژنوتیپ فرمول ژنتیکی و نماینده عوامل ارثی یا ژن‌هایی است که در یک فرد وجود دارد ولی فنوتیپ تنها به قیافه ظاهری یک موجود زنده اطلاق می‌گردد. مثلاً در آزمایش ساده بالا، دو فنوتیپ سیاه و قهوه‌ای وجود دارد. مطلب مهمی که باید بدانیم آن است که فنوتیپ سیاه ممکن است برحسب خالص یا ناخالص بودن، دو ژنوتیپ مختلف داشته باشد. برای نوشتن ژنوتیپ یا فرمول ژنتیکی مقررات ویژه‌ای وجود دارد که به شرح آنها می‌پردازیم.

**ژن‌های آلل یا همردیف:** چنان که گفته شد، هر صفت ارثی به وسیله دو ژن ظاهر می‌شود. یکی از این ژن‌ها متعلق به پدر و دیگری از آن مادر است. این قبیل ژن‌ها که با همکاری یکدیگر در بروز یک صفت ارثی دخالت دارند، در روی یک جفت کروموزوم هم‌تای مکان‌های مشابهی را اشغال می‌کنند و در اصطلاح به نام ژن‌های همردیف یا آلل نامیده می‌شوند.

### چگونگی نمایش ژن‌ها و ژنوتیپ‌ها

یک ژن بارز را با حرف بزرگ لاتین و یک ژن نهفته همردیف آن را با همان حرف، منتها کوچک، نمایش می‌دهند. مانند حروف B و b. براین اساس نمایش ژنوتیپ‌ها نیز کار آسانی خواهد

شد. به کمک این دو حرف سه ژنوتیپ BB ، Bb و bb را می‌توان نوشت. مثلاً در شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳ فرمول‌های ژنتیکی یا ژنوتیپ‌ها به قرار زیر هستند :

– موش سیاه خالص BB

– موش سیاه ناخالص Bb

– موش قهوه‌ای خالص bb

توجه داشته باشید که صفت نهفته تنها یک ژنوتیپ (bb) را دارد و همیشه از نظر ژنتیکی خالص است، اما صفت بارز دو شکل خالص و ناخالص BB و Bb دارد.

### تشخیص و تمایز نسل‌های مختلف از یکدیگر

معمولاً نسلی که آزمایش به کمک آنها شروع می‌شود، افراد خالص والد<sup>۱</sup> نام دارند و با حرف (P)، نمایش داده می‌شوند. فرزندان حاصل در نسل اول<sup>۲</sup> را با (F<sub>۱</sub>) نمایش می‌دهند و فرزندان نسل دوم<sup>۳</sup> را با (F<sub>۲</sub>) نمایش داده می‌شوند. با توجه به آنچه ذکر شد، می‌توان آزمایش و آمیزش بین موش‌های سیاه و قهوه‌ای را به شکل زیر خلاصه کرد :

قهوه‌ای خالص bb × سیاه خالص BB P)

افراد نسل اول : سیاه ناخالص Bb × Bb Bb (F<sub>۱</sub>)

افراد نسل دوم : (سیاه و قهوه‌ای) bb Bb Bb BB (F<sub>۲</sub>)

/ قهوه‌ای خالص / سیاه ناخالص / سیاه خالص

برای به دست آوردن ژنوتیپ افراد نسل دوم، می‌توان از جدول زیر استفاده کرد :

انواع گامت‌های افراد نسل اول	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

۱ - Parent

۲ - First generation

۳ - Second generation

## قوانین مندل

منوهیبریدیسم (آمیزش یک عاملی): مرحله اول تحقیقات مندل، شامل چندین آزمایش ساده است که در هر کدام، گیاهان مورد بررسی وی از نظر یک جفت صفت متقابل، باهم اختلاف دارند. حال یکی از آزمایش‌های او را با کمک اصطلاحات ژنتیک امروزی که قبلاً با آنها آشنا شده‌ایم، مورد بحث قرار می‌دهیم. روش کار او، به ترتیب، شامل مراحل زیر بوده است:

۱- مندل، گیاه نخود فرنگی را که دانه‌ای صاف داشت با گیاه دیگری که دانه‌اش چروکیده بود آمیزش داد (دانه‌گرده یکی را به وسیله میله نازکی به کلاله گیاه دیگر منتقل کرد).

۲- گیاهان حاصل از این آمیزش ( $F_1$ ) تماماً دانه صاف داشتند. مندل صفت صافی دانه را بارز و صفت چروکیده بودن را نهفته نامید.

۳- مندل دانه‌های حاصل از نسل اول ( $F_1$ ) را مجدداً کشت کرد و آنها را به حال خود گذاشت تا از طریق خودلقاحی، آمیزش کنند و گل و دانه بدهند ( $F_2$ ).

۴- دانه‌های حاصل از گیاهان نسل دوم از حیث فتوتیپ یکسان نبودند. پس از شمارش و آمارگیری معلوم شد که تعداد دانه‌های صاف تقریباً سه برابر دانه‌های چروکیده است.

۵- سپس دانه‌های حاصل از نسل دوم ( $F_2$ ) را مجدداً کشت نمود و مشاهده کرد که دانه‌های چروکیده منحصراً بونه‌های نخود با دانه چروکیده تولید می‌کنند. در صورتی که  $\frac{1}{3}$  دانه‌های صاف، گیاهان با دانه صاف دارند و  $\frac{2}{3}$  بقیه هر دو نوع دانه صاف و چروکیده را توأمأ به وجود می‌آورند (ناخالص‌ها).

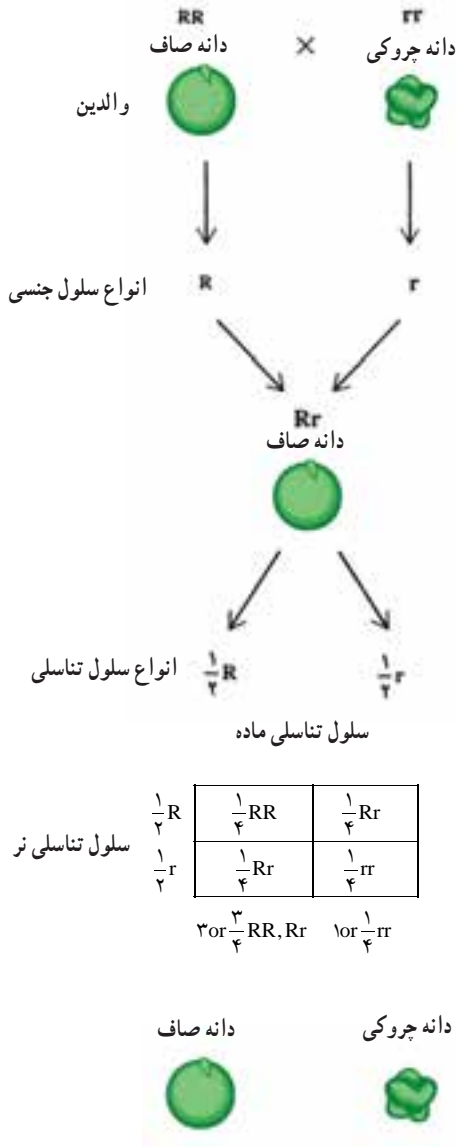
۶- مندل در آزمایش‌های تکراری بعدی، جای نر و ماده را تغییر داد. بدین معنی که اگر از یک گیاه با دانه صاف گرده را گرفته، روی کلاله گیاه دانه چروکی قرار می‌داد دفعه بعد برخلاف آن را عمل می‌کرد و با کمال تعجب دریافت که در نتیجه کار هیچ‌گونه تفاوتی حاصل نمی‌شود. با توجه به اینکه در زمان مندل، شناختی از سلول، تقسیم سلول کروموزوم و ژن در دست نبود، وی نتایج کارهای اولیه خود را به شرح زیر تفسیر می‌کند:

الف) هر صفت ارثی را دو عامل ارثی به وجود می‌آورد که یکی متعلق به پدر و دیگری از مادر است.

ب) هریک از والدین، عوامل ارثی مشابهی دارند و به عبارت دیگر خالص هستند.

ج) هریک از افراد نسل اول، دو نوع عامل وراثتی به نسبت مساوی تولید می‌کنند به عبارت دیگر، ناخالص می‌باشند.

د) برای ایجاد گیاهان نسل دوم، عوامل ارثی موجود در گیاهان نسل اول که از دونوع مختلف بارز و نهفته می‌باشند با یکدیگر ترکیب می‌شوند. حال، بهتر است این آزمایش را طبق قرار قبلی به شکل ساده‌ زیر نمایش دهیم (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- چگونه انتقال صفت صافی دانه در گیاه نخودفرنگی

ژن چروکیدگی دانه r    ژن صافی دانه R

(دانه چروکی) rr × RR (دانه صاف) (P)

F<sub>1</sub>) Rr Rr × Rr Rr

F<sub>2</sub>)  $\frac{RR}{\frac{3}{4}}$   $\frac{Rr}{\frac{3}{4}}$   $\frac{Rr}{\frac{3}{4}}$   $\frac{rr}{\frac{1}{4}}$   
دانه‌های صاف      دانه‌های چروکی

مندل در تمام تجارب خود، تصادفاً همیشه به نتایج مشابهی دست یافته بود، یعنی افراد نسل اول، فنوتیپ یکسانی داشتند و صفت بارز را نشان می‌دادند و افراد نسل دوم، به نسبت  $\frac{3}{4}$  فنوتیپ بارز و  $\frac{1}{4}$  فنوتیپ نهفته داشتند. وی از مجموعه آزمایش‌های مرحله اول خود، دو قانون زیر را وضع کرد که به نام قوانین اول و دوم مندل معروف هستند.

**قانون اول مندل:** وقتی والدین از نظر یک زوج صفت متقابل و خالص با یکدیگر تفاوت داشته باشند، فرزندان نسل اول همه فنوتیپ یکسان دارند و جنسیت نیز در انتقال صفات تأثیری نخواهد داشت.

**قانون دوم مندل:** عوامل ارثی نهفته در افراد نسل اول در زمان تشکیل گامت از عوامل بارز جدا می‌شوند و پس از ترکیب گامت‌ها و ایجاد افراد نسل دوم در  $\frac{1}{4}$  آنها به شکل فنوتیپ نهفته تظاهر می‌کنند. (علت این مسأله، تقسیم میوز است که در آن زمان، مندل از آن آگاهی نداشته است). بنابراین، قانون دوم مندل این است: دو ژن هر صفت، هنگام تشکیل گامت از هم جدا می‌شوند و هر کدام به یک گامت می‌رود.

## آمیزش آزمون<sup>۱</sup>

چنان‌که مشاهده شد در هر تجربه ساده ژنتیکی، لازم است آزمایش را با افراد خالص شروع کرد. مندل برای حل مشکل خود از گیاه خود لقاح استفاده کرد ولی در سایر موارد باید چاره دیگری اندیشید مثلاً می‌دانیم که رنگ سیاه در موش نسبت به رنگ قهوه‌ای یک صفت ارثی بارز است. اگر قصد انجام یک تجربه ساده ژنتیکی را داشته باشیم اولین سؤال آن است که موش سیاه خالص است

یا خیر؟ زیرا ما تنها فنوتیپ را در دست داریم و از ژنوتیپ حیوان چیزی نمی‌دانیم پس با روشی باید از خالص یا ناخالص بودن موش سیاه خبردار شویم. این روش را در اصطلاح آمیزش آزمون گویند. برای این کار، کافی است موش سیاه را با موش قهوه‌ای که حتماً خالص است آمیزش دهیم. برحسب خالص یا ناخالص بودن موش سیاه دو حالت در پیش خواهیم داشت. به فرمول‌های زیر توجه کنید.

$$۱ - BB \times bb \rightarrow Bb, Bb, Bb, Bb \text{ سیاه فرزندان سیاه}$$

$$۲ - Bb \times bb \rightarrow Bb, Bb, bb, bb \text{ قهوه‌ای } \frac{۱}{۲} \text{ سیاه و } \frac{۱}{۲}$$

اگر در این آمیزش، تمام فرزندان حاصل سیاه رنگ باشند دلیل بر آن است که موش سیاه خالص است ولی اگر ۵۰٪ موش‌ها سیاه و ۵۰٪ بقیه قهوه‌ای باشند دلیل بر ناخالص بودن موش سیاه خواهد بود.

### دی‌هیبریدیسم (آمیزش دو عاملی)

پس از آن که مندل به اصول کلی و مهم گفته شده بالا دست یافت. آزمایش‌های مشکل‌تری را شروع کرد. در این قسمت وی به بررسی دو زوج صفت متقابل در آن واحد پرداخت ما نیز به ذکر یکی از آزمایش‌های دو عاملی مندل یا دی‌هیبریدیسم، به قرار زیر، می‌پردازیم:

وقتی دو صفت مختلف به طور همزمان مورد مطالعه قرار می‌گیرند، چه پیش می‌آید؟

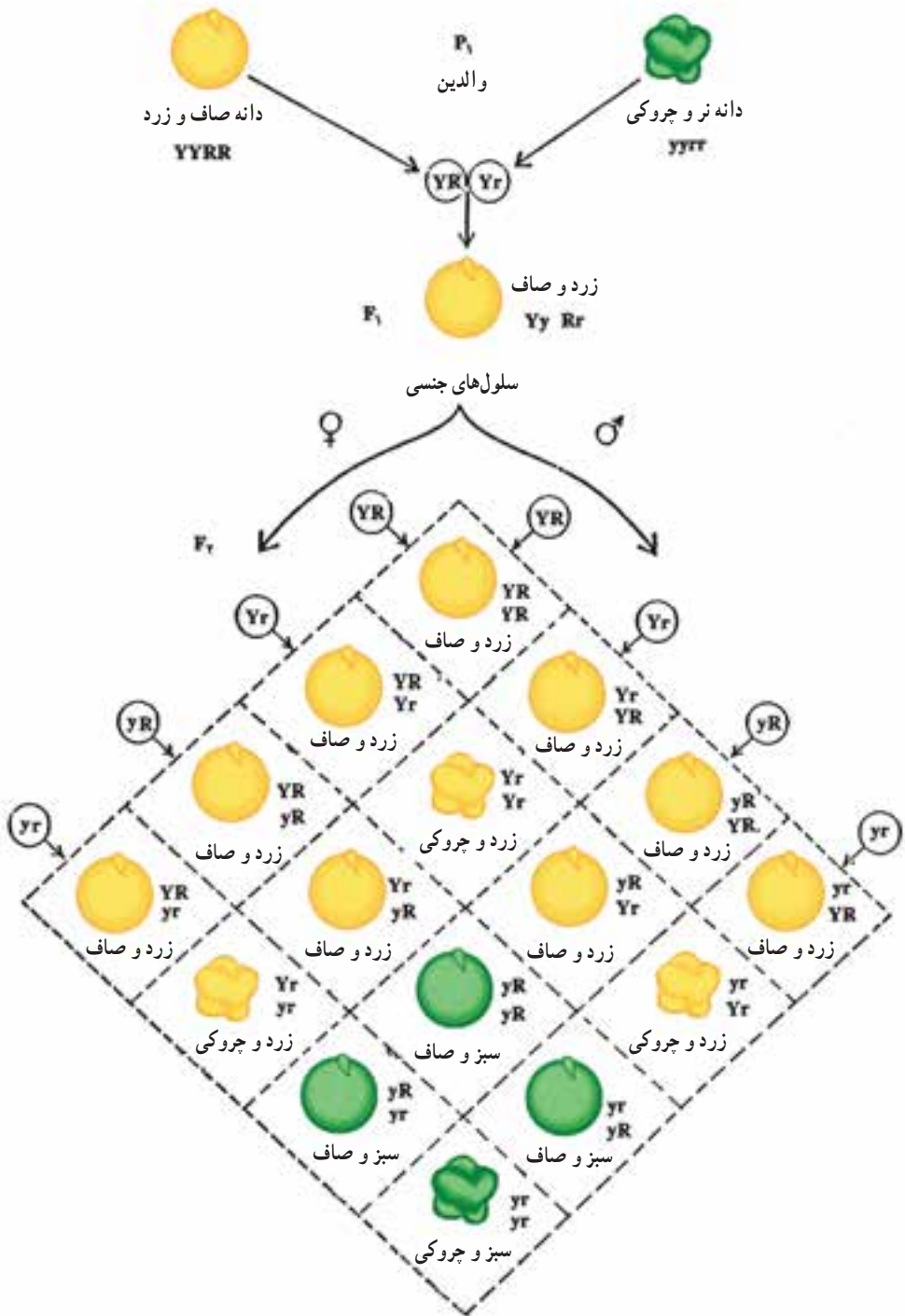
مندل برای پاسخ دادن به این سؤال تجارب متعددی انجام داد و به‌زودی دریافت که مسأله وراثت دو صفت تفاوت چندانی با مسأله وراثت یک صفت ندارد و به عبارت دیگر، اصول اولیه کشف شده به وسیله وی تغییری نمی‌کند. وی دو گیاه والد را طوری انتخاب کرد که یکی دانه صاف و زرد و دیگری دانه چروکیده و سبز رنگ داشته باشد. پس از انجام آمیزش بین آنها، متوجه گردید که فرزندان نسل اول (F<sub>1</sub>) تماماً دانه صاف و زرد رنگ دارند. از آمیزش افراد F<sub>1</sub> به‌طور خودلقاحی در نسل دوم، مجموعاً ۵۵۶ دانه به‌دست آورد که شامل چهار فنوتیپ به قرار زیر بودند: (شکل ۴-۳)

$$\text{از عده کل دانه‌ها } \frac{۹}{۱۶} = \text{دانه صاف و زرد } ۳۱۵ \text{ عدد}$$

$$\text{از عده کل دانه‌ها } \frac{۳}{۱۶} = \text{دانه صاف و سبز } ۱۰۸ \text{ عدد}$$

$$\text{از عده کل دانه‌ها } \frac{۳}{۱۶} = \text{دانه چروکیده و زرد } ۱۰۱ \text{ عدد}$$

$$\text{از عده کل دانه‌ها } \frac{۱}{۱۶} = \text{دانه چروکیده و سبز } ۳۲ \text{ عدد}$$



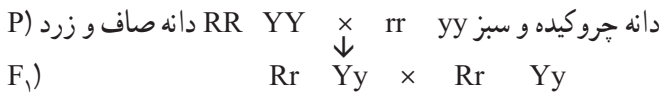
شکل ۳-۴- چگونگی انتقال دو صفت متقابل زرد و صاف با دو صفت سبز و چروکی از گیاه نخودفرنگی. از این تجربه استقلال صفات به‌خوبی مشخص می‌گردد.



با کمی دقت متوجه می‌شویم که در نسل دوم در برابر (۱۰۸ ۳۱۵) ۴۲۳ دانه صاف (۳۲ ۱۰۱) ۱۳۳ دانه چروکیده به دست آمده است که تقریباً همان نسبت  $\frac{3}{4}$  صاف به  $\frac{1}{4}$  چروکیده است.

همچنین در مقابل ۴۱۶ دانه زرد رنگ ۱۴۰ دانه سبزرنگ به وجود آمده است که باز هم همان نسبت  $\frac{3}{4}$  زرد به  $\frac{1}{4}$  سبز است.

اگر این دو نسبت ساده (۳/۱) را در هم ضرب کنیم، ۹،۳،۳،۱ (۳/۱)(۳/۱) حاصل می‌شود. اگر طبق قاعده کلی، ژنوتیپ والدین را بنویسیم و پس از آن برای به دست آوردن ژنوتیپ افراد نسل دوم از جدول زیر استفاده کنیم وضع به قرار زیر خواهد شد:



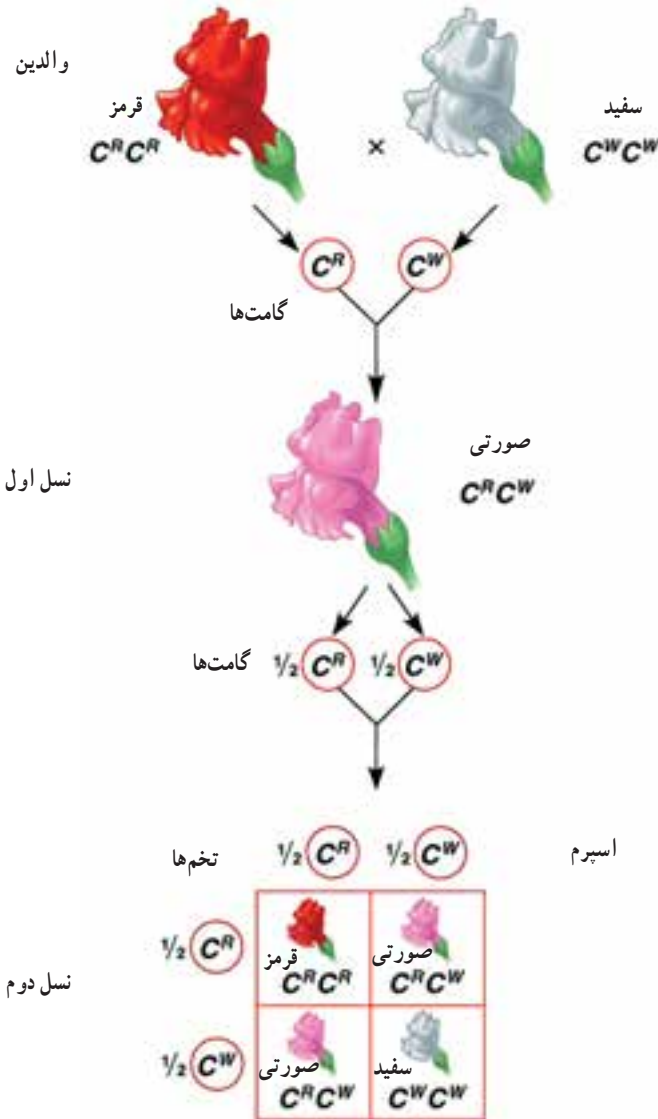
هرکدام از افراد نسل اول، چهار نوع گامت خواهند داشت که از ترکیب آنها با یکدیگر جمعاً در  $F_2$  ۹ ژنوتیپ حاصل می‌شود. این ژنوتیپ‌ها به ۴ فنوتیپ تقسیم می‌شوند که قبلاً درباره آنها بحث شده است. مندل با انجام این آزمایش دریافت که هر صفت ارثی به تنهایی یا همراه سایر صفات، همیشه استقلال خود را حفظ می‌کند و قانون سوم خود را به نام قانون استقلال صفات نام گذاری کرد.

انواع گامت‌های افراد $F_1$	RY	Ry	rY	ry
RY	RRYY	RRYy	RrYY	RrYy
RY	RRYy	RRyy	RrYy	Rryy
rY	RrYY	RrYy	rrYY	rrYy
ry	RrYy	Rryy	rrYy	rryy

**قانون سوم مندل:** هر صفت ارثی به‌طور مستقل به ارث می‌رسد و توارث یک صفت تأثیری در توارث سایر صفات ارثی ندارد.

**تذکر مهم:** یکی از مسائلی که در آزمایش‌های مندل توجه او را جلب کرده بود، این است که در هریک از صفات مورد آزمایش همیشه حالت بارز بودن یک صفت بر صفت دیگر حتمی بود و فرزندان نسل اول به والدی که دارای صفت بارز بود، شباهت کاملی داشتند. پس از مندل محققان دیگر ثابت کردند که مسأله بارز و نهفته بودن صفات همیشه وجود ندارد و گاهی ممکن است فرزندان

نسل اول، حدّ واسط بین والدین خود بشوند. مثلاً در آمیزش دو گل میمون که رنگ گل یکی قرمز و رنگ دیگری سفید است، افراد نسل اول همگی صورتی رنگ می‌شوند و نتیجه آمیزش دو گیاه با گل صورتی در نسل دوم  $\frac{1}{4}$  فرزندان آنها قرمز رنگ،  $\frac{2}{4}$  صورتی رنگ و  $\frac{1}{4}$  سفید هستند. این نوع صفات را اصطلاحاً همباز می‌نامند (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- چگونگی انتقال یک صفت همباز که افراد نسل اول صورتی رنگ و افراد نسل دوم  $\frac{1}{4}$  قرمز،  $\frac{2}{4}$  صورتی و  $\frac{1}{4}$  سفید می‌گردند.

## نظریه کروموزومی وراثت

همان‌طور که گفته شد، مندل هیچ‌گونه شناختی از سلول و عوامل داخل آن نداشت.

در سال‌های ۱۹۰۲ و ۱۹۰۳ و دانشمند آمریکایی و آلمانی به نام‌های سوتون<sup>۱</sup> و بواری<sup>۲</sup> با شناختی که از کروموزوم‌ها تقسیم سلول و به‌خصوص سلول‌های جنسی داشتند نظریه کروموزومی وراثت را مطرح ساختند. آنها متوجه شده بودند که هر سلول جنسی نیمی از کروموزوم‌های یک سلول بدن را دریافت می‌کند و مجدداً برای تشکیل سلول تخم، سلول جنسی والدین با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا تعداد کروموزوم‌ها به وضع ثابت اولیه خود برگردد. پس با شناخت مکانیسم تقسیم میوز، ارتباط بین کروموزوم‌ها و انتقال صفات محقق می‌گردد؛ زیرا با توجه به استدلال مندل اگر عوامل ارثی (ژنها) از نسلی به نسل بعدی منتقل می‌گردند باید ناگزیر در مکانی درون سلول‌های جنسی قرار داشته باشند و این مکان غیر از کروموزوم جای دیگری نمی‌تواند باشد. این نظریه تنها با یک اشکال مهم و اساسی روبه‌رو شده بود و آن هم این بود که تعداد صفات در یک موجود زنده بسیار زیاد ولی تعداد کروموزوم‌ها، مشخص و محدود است. جواب این سؤال در سال‌های بعد پیدا شد و نظریه کروموزومی وراثت کاملاً به اثبات رسید، زیرا از سال ۱۹۱۰ که دانشمند آمریکایی مرگان<sup>۳</sup> تحقیقات جالبی را در روی مگس سرکه شروع کرده بود، دریافت که هر کروموزوم محل قرارگرفتن ژن‌های متعددی است. وی موفق شد تعداد ژن‌های هر کروموزوم مگس سرکه و حتی محل دقیق هر یک از آنها را در روی کروموزوم‌های این حیوان تعیین کند.

## جنسیت و صفات وابسته به جنس

معلوم شده است که بسیاری حیوانات مزرعه دارای ۱۹ تا ۳۲ جفت کروموزوم در سلول‌های بدنی خود هستند که بستگی به گونه مربوطه دارند. هر جفت کروموزوم هومولوگ به‌طور مستقل از سایر جفت‌ها در زمان تشکیل سلول‌های جنسی تفرق پیدا می‌کنند. یک جفت از کروموزوم‌های هومولوگ به نام کروموزوم جنسی را به نام‌های X و Y می‌نامند. حیوانات ماده دارای ۲ کروموزوم X در سلول‌های بدنی خود می‌باشند و در حیوانات نر دارای یک کروموزوم X و یک کروموزوم Y می‌باشند. البته تعیین جنسیت در همه جانداران به این صورت نیست. مثلاً در بعضی از حشرات مانند ملخ کروموزوم Y وجود ندارد، ماده‌ها XX هستند و نرها XO (O نشان‌دهنده نبودن کروموزوم است.) در پرندگان

۱- Sutton

۲- Bover

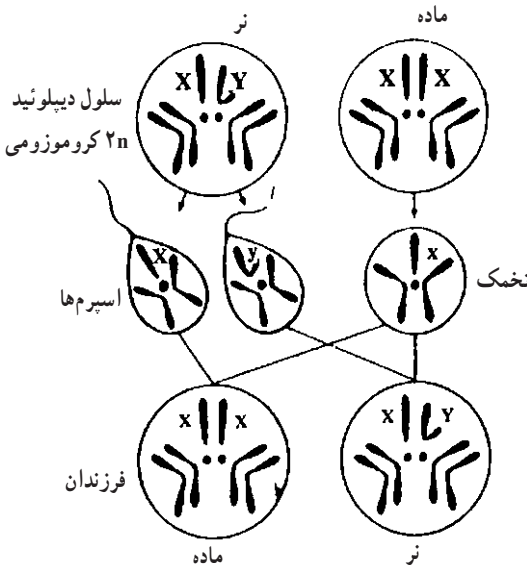
۳- T.H. Morgan

و پروانه‌های شب‌پرواز (بیدها) و پروانه‌ها کروموزوم‌های جنسی سلول‌های بدنی افراد نر به حالت ZZ و افراد ماده به حالت ZW می‌باشد. به بقیه جفت کروموزوم‌ها اتوزوم (Autosome) گفته می‌شود. همانند کروموزوم‌های اتوزوم، ژن‌های بسیاری روی هریک از کروموزوم‌های جنسی حمل می‌شوند. وقتی از صفات وابسته به جنس صحبت می‌کنیم، به صفاتی اشاره می‌کنیم که بوسیله ژن‌های حمل شده روی کروموزوم‌های جنسی تعیین می‌شوند. مثلاً ژن‌های مربوط به بیماری‌های کوررنگی و هموفیلی در انسان روی کروموزوم جنسی X قرار دارند و از این طریق منتقل می‌شوند و یا ژن‌های مربوط به صفات پر (زودپرآوری، دیرپرآوری و رنگ پرها) در جوجه‌ها روی کروموزوم‌های جنسی قرار داشته و صفات وابسته به جنس هستند و یا ژن  $BMP15$  (ژنی است مربوط به صفات دوقلوایی در گوسفند) که در روی کروموزوم X قرار دارد.

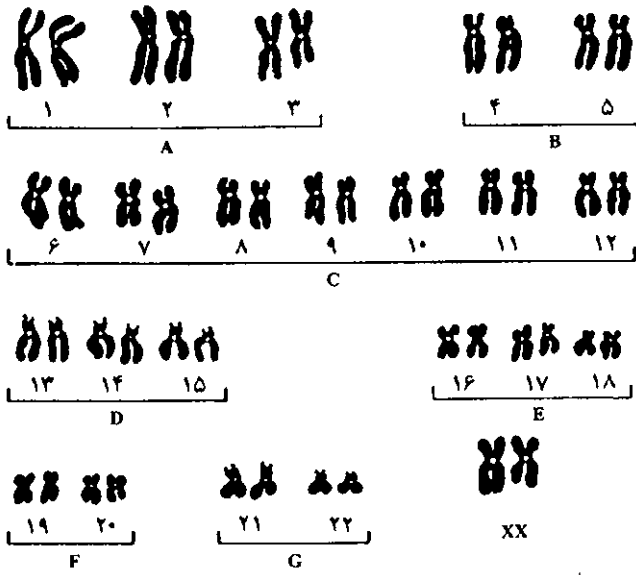
### توارث تحت تأثیر جنس (جنسیت) SEX INFLUENCED IN HERITANCE

توارثی که تحت تأثیر جنس قرار دارند اغلب با نوع وابسته به جنس اشتباه گرفته می‌شود. ژن‌های مسئول توارث تحت تأثیر جنس روی اتوزوم‌ها حمل می‌شوند و ظهور این ژن‌ها به وسیله جنس فرد تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این گونه ژن‌ها در حالت هتروزیلوت حالات مختلفی را در جنس نر و ماده بروز می‌دهند. مانند توارث صفت شاخ در گوسفند که در جدول زیر آورده شده است.

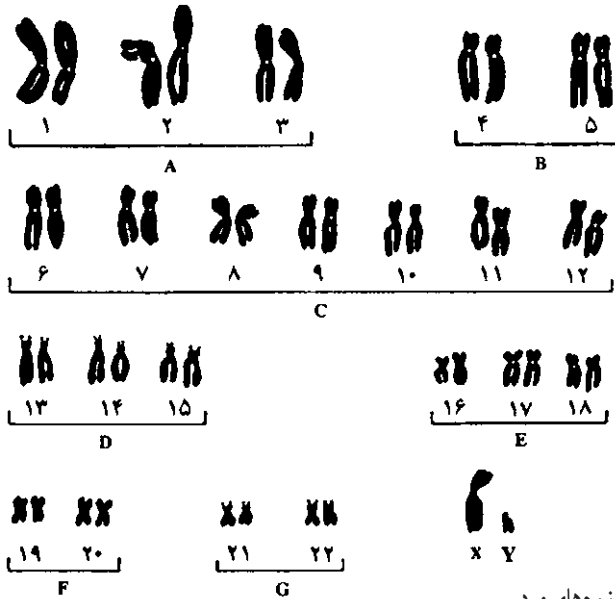
ژنوتیپ	فنوتیپ نرها	فنوتیپ ماده‌ها
HH	شاخدار	شاخدار
Hh	شاخدار	بی‌شاخ
hh	بی‌شاخ	بی‌شاخ



شکل ۳-۶. این شکل، وضعیت کروموزوم‌های مگس سرکه نر و ماده را نشان می‌دهد. مگس سرکه جمعاً ۸ کروموزوم دارد که ۶ عدد آنها اتوزوم و دو عدد دیگر کروموزوم‌های جنسی X و Y می‌باشند.



A کروموزوم‌های زن



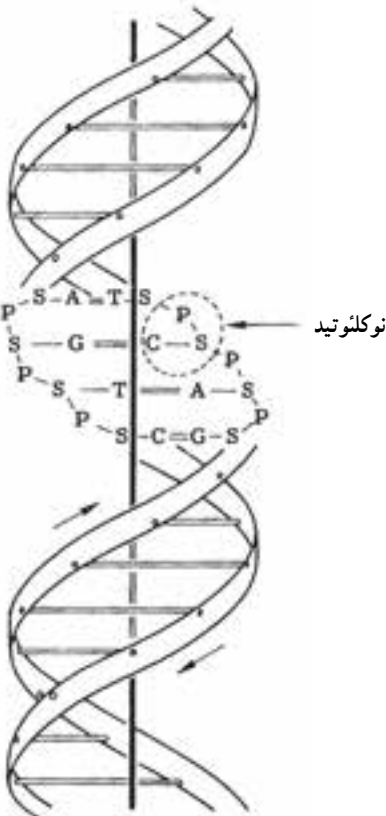
B کروموزوم‌های مرد

شکل ۷-۳ در این شکل کروموزوم‌های انسان نمایش داده شده‌اند.

در انسان ۴۴ اتوزوم وجود دارد. کروموزوم‌های جنسی در زن XX و در مرد XY می‌باشند.

## ساختمان ژن

ژن قسمتی از مولکول اسید دزوکسی ریبونوکلئیک (DNA) می‌باشد. در سلول‌های حیوانی مولکول DNA در هسته قرار داشته و در طول کروموزوم و کمابیش در مرکز آن امتداد یافته است. مولکول DNA یک ساختمان مارپیچ (هلیکس) طولانی دارد (شکل ۸-۳) و مشابه یک نردبان مارپیچ طولانی است که دو بازو یا دو رشته آن به وسیله پله‌های نردبان یا میله‌هایی به هم متصل هستند [۲، ۶]. هریک از این رشته‌ها، یک پلی‌مر (Poly به معنای زیاد و mer به معنای قسمت‌ها) نامیده می‌شود چرا که آنها از تکرار تعداد بسیار زیاد واحدهایی به نام نوکلئوتید به وجود می‌آیند. یک نوکلئوتید متشکل از یک باز ازت (یک پورین یا پیریمیدین) متصل به یک قند است. در این نوکلئوتیدهای متوالی، قندها به وسیله یک مولکول اسیدفسفریک به یکدیگر متصل می‌شوند. قند در مولکول DNA، یک قند پنج کربنی به نام دزوکسی ریبوز است. بنابراین یک نوکلئوتید شامل یک باز، یک قند و یک مولکول فسفات می‌باشد (شکل ۸-۳). نوکلئوتیدهای موجود در مولکول DNA به وسیله اتصال قند یک نوکلئوتید به فسفات نوکلئوتید دیگر، به هم می‌پیوندند.



شکل ۸-۳- ساختمان مولکول DNA ارائه شده توسط واتسون و کریک. حرف P فسفات، S قند، A آدنین، T تیمین، G گوانین و C سیتوزین را نمایش می‌دهد. خطوط افقی موازی نشانگر پیوندهای هیدروژنی بین بازهای مکمل می‌باشد. (اقتباس از بولتن شماره ۵۵۸ ایستگاه تحقیقات آزمایش کشاورزی میسوری).

دو رشته مولکول DNA توسط دو باز که به وسیله پیوندهای هیدروژنی به هم متصل شده‌اند با یکدیگر مرتبط می‌گردند. در مولکول DNA، فقط چهار باز به اسامی آدنین (A)، تیمین (T)، گوانین (G) و سیتوزین (C) وجود دارند. در مولکول DNA آدنین به تیمین و گوانین به سیتوزین متصل می‌شود. یک ژن متوسط که با آن سیستمون نیز گفته می‌شود، حاوی حدود  $6 \times 10^5$  جفت باز متوالی می‌باشد. البته بعضی از ژن‌ها حاوی جفت بازهای متوالی بیشتر و بعضی کمتر هستند.

اسید نوکلئیک دیگری به نام اسید ریبونوکلئیک (RNA) نیز وجود دارد که در هسته و سیتوپلاسم سلول یافت می‌شود. تفاوت RNA و DNA به علت داشتن قند ریبوز به جای دزوکسی ریبوز است که در مولکول DNA وجود دارد. مولکول RNA همچنین حاوی باز اوراسیل (U) به جای تیمین (T) است که در مولکول DNA وجود دارد. از این رو در مولکول RNA، همیشه آدنین با اوراسیل جفت می‌شود، در صورتی که در مولکول DNA، آدنین همیشه به تیمین متصل است.

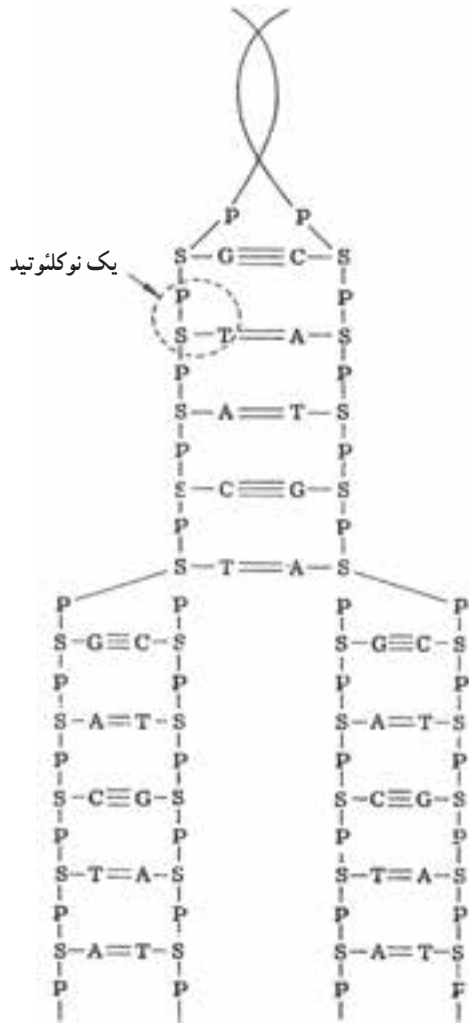
## وظایف ژن

ژن در داخل سلول چند وظیفه دارد که شامل همانندسازی، تولید مولکول‌های RNA و ذخیره اطلاعات برای سنتز پروتئین‌ها می‌باشد.

**همانندسازی ژن:** همانندسازی مولکول DNA از طریق باز شدن مارپیچ و جدا شدن دو رشته متصل به هم، به دو رشته مجزا صورت می‌پذیرد (شکل ۹-۳). هر یک از دو رشته، یک رشته مولکول DNA جدید را با جفت نمودن بازهای آدنین با تیمین و گوانین با سیتوزین، می‌سازند. دو مولکول DNA جدید ایجاد شده دقیقاً مشابه مولکول دورشته‌ای DNA اولیه می‌باشد.

همانندسازی دقیق ژن‌ها روی کروموزوم‌ها در طی زندگی برای تداوم سلامتی و توازن طبیعی فرد ضروری است. عدم همانندسازی دقیق ژن‌ها، موتاسیون<sup>۱</sup> (جهش) نامیده می‌شود. اکثر جهش‌ها (البته نه همه آنها) برای فردی که حامل آن است، مضر می‌باشند.

**تولید مولکول RNA:** یکی از وظایف مولکول DNA، ساخت مولکول RNA می‌باشد. نظر بعضی از دانشمندان آن است که برای تولید مولکول RNA، دو رشته مولکول DNA از یکدیگر باز شده و از روی یکی از رشته‌ها الگو برداری صورت می‌گیرد و طی آن هر یک از بازهای رشته RNA با باز رشته DNA جفت می‌شود. از این رو وقتی که رشته مولکول RNA ساخته می‌شود هر باز موجود در رشته مولکول RNA باز جفتش را در روی رشته مولکول DNA با ترکیبات باز آدنین به اوراسیل، اوراسیل به



شکل ۳-۹. شکل یک مولکول DNA دورشته‌ای که در حال همانندسازی می‌باشد. دورشته از هم جدا شده و قسمت‌های مختلف جمع شده روی هر رشته، منجر به همانندسازی دقیق مولکول می‌شود. حرف P اسیدفسفریک، S قند دزوکسی ریبوز، A باز آدنین، T باز تیمین، G باز گوانین و C باز سیتوزین را نمایش می‌دهد. همچنین یک نوکلئوتید که حاوی P، S و T می‌باشد، مشخص شده است.

آدنین، سیتوزین به گوانین و گوانین به سیتوزین می‌یابد (شکل ۳-۹). انتهای آزاد بازها در رشته مولکول RNA به سری جدید ریبوز، فسفات و باز متصل می‌شود. تک رشته مولکول RNA تولید شده، از نسخه مولکول DNA جدا شده و از هسته به داخل سیتوپلاسم می‌رود.



سه نوع مولکول RNA شناخته شده، که عبارتند از: RNA پیامبر<sup>۱</sup> (mRNA), RNA حامل<sup>۲</sup> (tRNA) که RNA محلول<sup>۳</sup> (sRNA) نیز نامیده می‌شود و RNA ریبوزومی<sup>۴</sup> (rRNA). این سه نوع مولکول RNA از هم تفاوت داشته و به‌طور مجزا در تشکیل پروتئین در سیتوپلاسم ایفای نقش می‌کنند. احتمال دارد که هر سه شکل RNA در هسته‌ها، با روش توضیح داده شده فوق ساخته شوند.

تولید پروتئین: ژن‌ها مسئول تولید تمام پروتئین‌های بدن حیوان هستند. پروتئین‌ها، وظایف حیاتی بسیاری را در زندگی حیوان، ایفا می‌کنند. آنها در همه سلول‌های زنده حیوان، پروتوپلاسم فعالی را می‌سازند. پروتئین‌ها در عضله، اندام‌های داخلی، پوست، مو، پشم، شاخ، سم، سلول‌های بدن و سایر قسمت‌های بدن یافت می‌شوند. آنزیم‌هایی که برای بسیاری از اعمال حیاتی در بدن حیوان ضروریند، ماهیت پروتئینی داشته و مثل بسیاری از هورمون‌ها عمل می‌کنند، به ویژه هورمون‌هایی که به وسیله غده هیپوفیز که غده مهمی در بدن است، ترشح می‌شوند.

پروتئین‌ها زنجیرهای درازی از اسیدهای آمینه بوده که با پیوندی پپتیدی (پیوند اتم کربن یک اسید آمینه با اتم ازت اسید آمینه دیگر) به همدیگر متصل هستند، در بدن انسان هزاران نوع پروتئین مختلف، بسته به نوع، تعداد و ترتیب قرار گرفتن ۲۰ مولکول اسید آمینه (و یا بیشتر) در طول مولکول پروتئین، وجود دارد.

## اهمیت مهم ژنتیک در دامپروری

افزایش جمعیت انسانی یکی از عواملی است که می‌تواند تأثیر مهمی بر روی تولید دام‌های دنیا بگذارد. اهلی شدن دام‌ها حدود ۶۰۰۰ سال پیش انجام شد و هدف انسان از اهلی کردن حیوانات، استفاده بیشتر و بهتر از محصول آنها بوده است و لذا از دام‌هایی که می‌توانستند بهتر پاسخگوی نیاز او باشند. بیشتر نگهداری و مراقبت کرده و حیوانات کم تولید را حذف و کشتار می‌کردند (انتخاب مصنوعی). علاوه بر انتخاب مصنوعی طبیعت نیز همواره به‌طور کند و آهسته ولی مؤثر دست‌اندرکار انتخاب جانداران بوده است. موجوداتی که بتوانند شرایط موجود در محیط زندگی‌شان را بهتر تحمل نمایند و به آن سازگار شوند، از طرف طبیعت به عنوان والدین نسل‌های بعدی انتخاب می‌شدند و این عمل طبیعت نوعی انتخاب افراد برتر بوده و انتخاب طبیعی نامیده می‌شود.

۱ \_ Messenger RNA

۲ \_ Transfer RNA

۳ \_ So ub e RNA

۴ \_ R bosoma RNA

تا قبل از قرن هفدهم میلادی تصویر روشنی از کارهای انجام شده در اصلاح دامها در دست نیست، اما بعد از آن کارهای اصلاحی بر روی دامها انجام شده که پیشرفت سریع این کار در بین سالهای ۱۹۱۸ تا ۱۹۳۹ توسط دانشمندانی همچون فیشر (Fisher) و لاش (Lush) صورت گرفته است.

به طور کلی علم اصلاح نژاد دام عبارت است از مجموع شیوه‌های ممکن در بالا بردن ظرفیت ارثی (ژنتیکی) دامها در زمینه‌های مختلف تولیدی، تولید میش، همچنین مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌باشد.

دست یافتن به ظرفیت بالای ژنتیکی در دامها، جز از طریق شناخت ساختمان ژنتیکی دامها و آشنایی با قوانین حاکم بر سیستم انتقال آنها از نسلی به نسل دیگر ممکن نیست که در این میان علم ژنتیک دربرگیرنده این اطلاعات بوده و پایه اصلی علم اصلاح نژاد دام را تشکیل می‌دهد. صفات اقتصادی دامها (تولید شیر، تولید پشم، افزایش وزن و تولید گوشت، تولید تخم مرغ و...) اکثراً صفات کمی<sup>۱</sup> هستند.

آن بخش از علم ژنتیک که درباره روش‌های کمی این نوع صفات بحث می‌کند به نام ژنتیک کمی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود و بخشی از علم ژنتیک که تغییرات ژنتیکی یک جامعه زنده در حال تغییر را مورد بررسی قرار می‌دهد به نام ژنتیک جمعیت<sup>۳</sup> نامیده می‌شود که قوانین آن در اصلاح نژاد دام کاربرد وسیعی دارد.

از طرفی علم مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی در واقع انقلاب عظیمی را در علوم زیستی و همچنین تولیدات کشاورزی و دامی به وجود آورده و با سابقه کوتاه قریب به ۲۰ سال سرشار از نتایج مثبت است. به طوری که تحلیل گران آگاه قرن پیش‌رو را قرن امپراتوری مهندسی خرچنگ نامیده‌اند. بعضی از توانمندی‌های این علوم در دامپروری عبارتند از: تلقیح مصنوعی، انجماد جنین، لقاح آزمایشگاهی، تعیین جنسیت جنین با استفاده از کاوشگرهای DNA – ایجاد حیوانات تراریخید<sup>۴</sup> (transgenic) ژن‌درمانی، تشخیص بیماری‌های دامی و انتخاب دامها، براساس نشانگرهای ژنتیکی شبیه‌سازی (Cloning).

۱- صفات کمی صفاتی هستند که قابل اندازه‌گیری بوده و پیوسته‌اند و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شوند.

۲ - Quantitative genetics

۳ - Population genetics

۴ - حیواناتی که دست‌ورزی ژنتیکی شده‌اند.

البته باید متذکر شد که علم ژنتیک و اصلاح نژاد دام به تنهایی قادر به هیچ یک از اهداف فوق نبوده و تنها در صورتی موفق خواهد بود که عوامل محیطی همانند تغذیه، بهداشت و مدیریت نیز بهبود یابند.

## خودآزمایی

- ۱- عامل یا عوامل مؤثر در ایجاد شباهت‌ها و تفاوت‌های بین والدین و فرزندان کدامند؟
- ۲- ژنتیک را تعریف کنید.
- ۳- پیشامدهای هم‌تراز را تعریف نمایید.
- ۴- اصطلاحات زیر را تعریف نمایید.

الف) صفت بارز	ب) صفت نهفته	ج) ژن
د) هموزیگوت	ه) هتروزیگوت	و) فنوتیپ
ز) ژنوتیپ	ح) آلل	
- ۵- نظریه کروموزومی وراثت را تعریف کنید.
- ۶- صفات وابسته به جنس را تعریف کنید.
- ۷- منظور از اصلاح نژاد دام و نبات چیست؟ و چگونه صورت می‌گیرد؟