۴ تغییر و تحول گونه‌ها

این حشره که برگ متحرک نامیده می‌شود، همچون سربازی که در میدان جنگ سعی در مخفی ماندن و استتار دارد، خود را از دسترس دشمنان دور نگه داشته و با این کار شانس بقا و تولید مثل خود را افزایش داده است. زاده‌های این حشره نیز همین ویژگی را به ارث می‌برند.

پیش‌نیازها

پیش از مطالعهٔ این فصل باید بتوانید :

- ساختار پروتئین‌ها را توصیف کنید،
- ارتباط توالی نوکلئوتیدهای نوکلئیک اسیدها را با توالی آمینواسیدها شرح دهید،
- توالی یابی ژنی را توضیح دهید.

۱ تغییر گونه‌ها و انتخاب طبیعی

اندیشهٔ تغییر گونه‌ها را اولین بار فیلسوفان رومی ارائه کردند. در ۱۸۵۹ چارلز داروین طبیعی‌دان انگلیسی که شواهد متقاعدکننده‌ای مبنی بر تغییر گونه‌ها به‌دست آورده بود، ساز و کار قابل قبولی برای توضیح چگونگی این فرآیند منتشر کرد.

نظریهٔ داروین نیز مانند سایر نظریه‌های علمی، در طول سال‌ها آزمایش و مشاهده دچار تحول شده است. اگرچه نظریهٔ جدید تغییر گونه‌ها که در نتیجهٔ کارهای علمی چارلز داروین شکل گرفت، امروزه متحول شده است، اما بنابراعتقاد بسیاری از زیست‌شناسان امروزی نظریهٔ داروین می‌تواند مبنای گوناگونی حیات در زمین را توضیح دهد.

بیشتر بدانید

پدر چارلز داروین پزشک ثروتمندی بود که از او می‌خواست در رشتهٔ پزشکی، یا الهیات تحصیل کند.

۱۸۰۹	۱۸۵۹	۱۸۸۲
تولد	انتشار کتاب خاستگاه گونه‌ها از طریق انتخاب طبیعی	مرگ

شکل ۱ــ۴ــ چارلز داروین

بنابراین، او در سن ۱۶ سالگی شروع به تحصیل در رشتهٔ پزشکی کرد، اما او همواره از اعمال جراحی که در آن زمان بدون بی‌حسی انجام می‌شد، گریزان بود. پدر داروین چندی بعد او را برای تحصیل به دانشگاه کمبریج انگلستان فرستاد. او در رشتهٔ الهیات فارغ‌التحصیل شد و در عین حال بیشتر اوقات را با دوستان خود که به زیست‌شناسی علاقه‌مند بودند، در طبیعت سپری می‌کرد.

پس از چندی یکی از استادان داروین او را به عنوان یک زیست‌شناس غیررسمی در یک سفر دریایی با کشتی **بیگل**[1] معرفی کرد. اگر چه کشتی موردنظر یک زیست‌شناس رسمی با خود داشت، اما کاپیتان کشتی ترجیح می‌داد تا یک زیست‌شناس دیگر نیز در کشتی داشته باشد. داروین در سن ۲۲ سالگی این سفر دریایی را آغاز کرد. این سفر زندگی او و نحوهٔ تفکر بشریت را دربارهٔ جانداران تغییر داد (شکل ۲ــ۴).

شکل ۲ ــ۴ ــ مسیر کشتی اچ. ام. اس. بیگل. این کشتی در مسیری که در این شکل نشان داده شده است، به دور جهان گشت. هدف اصلی سفر ۵ سالهٔ این کشتی بررسی سواحل امریکای جنوبی بود.

در گذشته بیشتر افرادگونه‌های جانداران را موجوداتی تصور می‌کردند که از آغاز پیدایش بدون تغییر بوده‌اند. بعضی از دانشمندان کم‌کم متوجه این مطلب شده بودند که با دیدگاه ثابت و بدون تغییر ماندن گونه‌ها نمی‌توان وجود و انتشار سنگواره‌های کشف شده را تفسیر کرد. در نتیجه برخی از آنان به منظور توضیح این امر تفسیرهای مختلفی ارائه دادند.

۱ــ H.M.S.Beagle

دانشمندی فرانسوی به نام لامارک در سال ۱۸۰۹ سازوکار جدیدی برای تفسیر چگونگی رخداد تغییر گونه‌ها ارائه کرد. او احتمال داد که تغییر گونه‌ها در نتیجهٔ استفاده، یا عدم استفادهٔ فیزیکی افراد یک گونه از اندام‌های بدن خود، است. لامارک معتقد بود که در طول عمر یک فرد، اندازهٔ اعضای بدن او در نتیجهٔ استفادهٔ بیشتر افزایش و در نتیجهٔ عدم استفاده کاهش می‌یابد.

طبق نظریهٔ لامارک، این صفات اکتسابی در طول زندگی هر فرد، از یک نسل به نسل بعد منتقل می‌شود (موروثی شدن صفات اکتسابی). اگر چه هم‌اکنون این بخش از فرضیهٔ لامارک طرفداران چندانی ندارد، اما این نظر که علت تغییر گونه‌ها در ارتباط با تغییر **شرایط فیزیکی** حیات است، مورد توجه پژوهشگران بعدی، مانند داروین قرار گرفت (شکل ۳ــ۴).

شکل ۳ ــ۴ ــ وراثت صفات اکتسابی. براساس نظریهٔ لامارک درازی گردن زرافه به دلیل تلاش مداوم او برای رسیدن به برگ درختان بوده است. به این ترتیب که در هر نسل مقدار کمی به بلندی گردن زرافه اضافه و این صفت به نسل بعد نیز منتقل شده است.

مشاهدات داروین در سفر دریایی : داروین در سفر خود، شواهدی برعلیه نظریهٔ ثابت ماندن گونه‌ها کشف کرد. او در این سفر کتاب چارلزلیل[1] را که «مبانی زمین‌شناسی» نام داشت، مطالعه کرد. در این کتاب به نظریهٔ لامارک نیز پرداخته شده است. لیل از این فرضیه حمایت کرده بود که سطح زمین در گذر زمان متحمل تغییراتی تدریجی شده است. هنگامی که داروین به مشاهده می‌پرداخت، متوجه مواردی شد که تنها براساس فرآیند تغییر تدریجی قابل تفسیر بودند. مثلاً در آمریکای جنوبی سنگواره‌هایی از نوعی جانور به نام آرمادیلو یافت. این جانوران سنگواره شده (فسیل) بسیار شبیه یک دیگر بودند، اما با نمونه‌های زندهٔ آرمادیلو تفاوت‌هایی داشتند. داروین در جزایر گالاپاگوس[2] که در حوالی ۱۰۰۰ کیلومتری ساحل اکوادور واقع است، شواهد دیگری مبنی بر تغییر تدریجی گونه‌ها کشف کرد. او از این واقعیت که گیاهان و جانوران جزایر گالاپاگوس بسیار شبیه گیاهان و جانوران سواحل نزدیک آمریکای جنوبی بودند، متعجب شده بود (شکل ۴ــ۴). بعدها داروین این فرضیه را پیشنهاد کرد که ساده‌ترین توضیح برای این امر آن است که نیاکان گونه‌های امروزی گالاپاگوس، سال‌های بسیار دور از آمریکای جنوبی به این جزایر مهاجرت کرده‌اند و پس از ورود به جزایر متناسب با محیط زیست، دچار تغییر شده‌اند.

شکل ۴ــ۴ ــ سهره‌های داروین. داروین کشف کرد که این سهره‌های جزایر گالاپاگوس (در محیط دایره) علی رغم تفاوت در مواد غذایی مورد استفادهٔ خود بسیار شبیه سهره‌های آمریکای جنوبی (در مرکز دایره) هستند.

۱ــ Charles Lyell

۲ــ Galápagos Islands

بیشتر بدانید

آرمادیلو پستانداری کوچک از راستهٔ بی‌دندانان و هم‌خانواده با مورچه‌خوار است. بدن آن از صفحه‌های استخوانی به هم پیوسته پوشیده شده است و به همین علّت آن را **آرمادیلو** یا **زره‌دار کوچک** نامیده‌اند. انواع مختلف این جانور در امریکای جنوبی زندگی می‌کنند.

آرمادیلوها از گیاهان، حشرات و جانوران کوچک تغذیه می‌کنند. آنها با پاهای جلویی و پنجه‌های نیرومندشان زمین را می‌کنند تا از مورچه‌ها و موریانه‌ها تغذیه کنند یا حفره‌هایی را برای لانهٔ خود به‌وجود آورند. این جانوران شب‌ها برای تغذیه از لانه خارج می‌شوند و هنگام احساس خطر، بدن خود را به‌صورت گلوله درمی‌آورند تا صفحه‌های استخوانی از بخش‌های نرم بدن محافظت کنند.

داروین به دنبال یک توضیح قابل قبول برای فرآیند تغییر تدریجی گونه‌ها بود.

داروین پس از بازگشت از سفر سال‌ها به تفسیر اطلاعات حاصل از آن پرداخت. اعتقاد او مبنی بر تغییر تدریجی گونه‌ها، پس از مطالعهٔ نتایج حاصل از این سفر قوت بیشتری یافت. اما او نمی‌توانست توضیحی قانع‌کننده دربارهٔ سازوکار آن ارائه دهد.

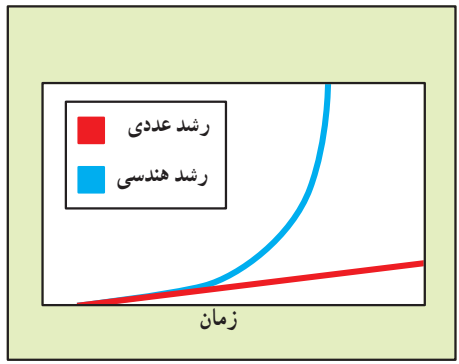
نوشته‌های مالتوس

از نظر داروین، کلید معمای چگونگی انجام تغییر در گونه‌ها بررسی‌ای بود که یک اقتصاددان انگلیسی به نام توماس مالتوس[1] انتشار داده بود. مالتوس نوشته بود که رشد جمعیت انسانی سریع‌تر از منابع غذایی است. برطبق نوشته‌های او، رشد جمعیت انسانی به صورت تصاعد هندسی است. در حالی که، منابع غذایی، در بهترین حالت خود، رشد عددی دارند (شکل ۵ــ۴). طبق نظریهٔ مالتوس در صورت

۱ــ Thomas Malthus

عدم کنترل رشد جمعیت انسان، افراد بشر در مدت کوتاهی سراسر پهنهٔ زمین را اشغال خواهند کرد. او گفت که مرگ در اثر بیماری، جنگ و گرسنگی، رشد جمعیت انسانی را آهسته‌تر خواهد کرد.

واژهٔ جمعیت، در زیست‌شناسی فقط به تعداد انسان‌های موجود در یک منطقه اشاره نمی‌کند، در زیست‌شناسی، یک **جمعیت** بیانگر گروهی از افراد یک گونه است که با همدیگر در یک زمان و در یک مکان زندگی می‌کنند.



شکل ۵ ــ۴ ــ رشد هندسی و عددی. نمودار آبی رنگ نشان دهندهٔ رشد بدون کنترل جمعیت است که در آن تعداد افراد با مضربی از یک عدد ثابت افزایش می‌یابد. نمودار قرمز افزایش منابع غذایی را نشان می‌دهد که در آن مقدار غذا با افزایش یک عدد ثابت زیاد می‌شود.

انتخاب طبیعی : داروین به این نتیجه رسید که اندیشهٔ مالتوس دربارهٔ جمعیت انسانی قابل تعمیم برای همهٔ گونه‌هاست. هر جاندار، در طول زندگی خود، توانایی تولید تعداد فراوانی زاده را دارد، اما در اغلب موارد، تنها تعداد محدودی از این زاده‌ها قادر به بقا و زادآوری هستند. داروین با اضافه کردن دیدگاه مالتوس به نتایج حاصل از سفر و دیگر تجربیات خود که در زادگیری حیوانات اهلی به‌دست آورده بود، به یک مطلب اساسی پی‌برد : **افرادی که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و رفتاری با محیط خود تطابق بیشتر دارند، احتمال بقا و زادآوری آنها نیز بیشتر است.** داروین فرض کرد در صورتی که زمان کافی برای زادآوری افراد وجود داشته باشد، افرادی که فرصت انتقال صفت مطلوب خود را به نسل بعد دارند، با گذشت زمان آن را در جمعیت افزایش می‌دهند و به تدریج ویژگی‌های جمعیت را تغییر می‌دهند. او این فرآیند را که جمعیت‌ها در پاسخ به محیط خود تغییر می‌کنند، **انتخاب طبیعی** نامید.

داروین فرض کرد که جانداران یک محل با جانداران همان‌گونه در محل‌های دیگر متفاوت

هستند، زیرا زیستگاه آنها از نظر فراهم کردن فرصت برای بقا و زادآوری افراد متفاوت است و هرگونه‌ای هماهنگ با محیط ویژهٔ خود تحول می‌یابد. تغییراتی که در یک گونه، به منظور تطابق بهتر آن گونه با محیط خود انجام می‌گیرد، **سازش** نامیده می‌شود. داروین همچنین متوجه این امر شد که جانداران موجود در مناطق جغرافیایی نزدیک نسبت به جانداران موجود در مناطق جغرافیایی مشابه، اما دور، شباهت‌های بیشتری با یک‌دیگر دارند.

بیشتر بدانید

در پیرامون ما

همان‌طورکه در شکل ۵ــ۴ مشخص است جمعیت‌ها به صورت تصاعد هندسی رشد می‌کنند و از این‌رو، ممکن است در طی چند نسل به صورت چشمگیری رشد کنند. بسیاری از گونه‌ها شامل اغلب حشرات زاده‌های زیادی تولید می‌کنند و مدت زمان تولید نسل جدید در آنها کوتاه است. اگر سوسک‌های منزل شما بدون محدودیت رشد کنند، به زودی کف و دیوارهای منزل شما پوشیده از سوسک خواهد شد.

افکار داروین دچار تحول شده است.

از زمان انتشار افکار داروین، فرضیهٔ او ــ تغییر گونه‌ها براساس انتخاب طبیعی ــ را زیست‌شناسان به دقت مورد بررسی قرار دادند. کشفیات جدید، به ویژه در زمینهٔ ژنتیک باعث ایجاد دیدگاه‌های جدید دربارهٔ چگونگی تغییر گونه‌ها براساس انتخاب طبیعی شده است. در اینجا مبانی نظری اندیشه‌های داروین با زبان علمی امروزی بیان شده است.

مطلب کلیدی نظریهٔ داروین این است که در هر جمعیت، افرادی که تطابق بیشتری با محیط دارند بیشترین تعداد زاده‌ها را تولید می‌کنند. بنابراین، فراوانی نسبی صفات این افراد در هر نسل افزایش می‌یابد.

هم‌اکنون زیست‌شناسان می‌دانند که ژن‌ها عامل بروز صفات هستند. از سوی دیگر می‌دانیم که برخی از شکل‌های یک صفت در برخی جمعیت‌ها متداول‌ترند، زیرا افراد بیشتری از جمعیت، الل‌های آن شکل‌ها را دارند. به عبارت دیگر، بر اثر انتخاب طبیعی فراوانی نسبی برخی الل‌ها در یک جمعیت، در طول زمان، افزایش یا کاهش می‌یابد. جهش‌ها و نوترکیبی الل‌ها که هنگام زادآوری

جنسی انجام می‌شود، منابع بی‌انتهایی برای ایجاد انواع جدید، به منظور عمل انتخاب طبیعی یا مصنوعی فراهم می‌کند. در شکل ۶ ــ۴ دامنهٔ تغییر یک گونهٔ گیاهی در اثر انتخاب مصنوعی نشان داده شده است.

شکل ۶ ــ۴ ــ تغییر در گیاهان زراعی. همهٔ این گیاهان که متعلق به گونهٔ **براسیکا اولراسه**[۱]، هستند، از طریق زاد گیری انتخابی (انتخاب مصنوعی) ایجاد شده اند.

نظریهٔ ترکیبی انتخاب طبیعی

داروین و هم‌عصران او از نحوهٔ وراثت صفات اطلاع چندانی نداشتند. آنان معتقد بودند که همواره فرزندان، حد واسط صفات والدین را نشان می‌دهند. مثلاً تصور می‌کردند از آمیزش گیاهی که گل‌های زرد دارد، با گیاهی که گل‌های آبی دارد، باید گیاهی با گل‌های سبز (مخلوط زرد و آبی) به‌وجودآید. نتایج کارها و تحقیقات گریگور مندل تا سال ۱۹۰۰، یعنی ۱۸ سال پس از مرگ داروین مورد بررسی قرار نگرفت. نظریه‌ای که امروزه مورد قبول زیست‌شناسان است به **نظریهٔ ترکیبی انتخاب طبیعی** مشهور است. این نظریه که بر مبنای کارهای داروین و مندل قرار دارد، تکمیل شدهٔ

۱ ــ Brassica oleracea

کارهای این دو دانشمند است. طبق نظریهٔ ترکیبی، گوناگونی ژنی در جمعیت‌ها براساس این موارد است :

ــ جهش (کروموزومی و ژنی)

ــ تفکیک کروموزوم‌های والدین هنگام تقسیم میوز

ــ مبادلهٔ قطعاتی بین کروموزوم‌های همتا که هنگام میوز صورت می‌گیرد و به **کراسینگ‌اوور** معروف است.

ــ لقاح تصادفی گامت‌های نر و ماده با یکدیگر

بر پایهٔ این نظریه، گوناگونی ژنی منجر به این موارد می‌شود :

ــ در فنوتیپ افراد ظاهر می‌شود.

ــ در هر محیط، بعضی از فنوتیپ‌ها سازگارترند و جانداران را قادر می‌سازند در آن محیط بیشتر تولیدمثل کنند.

ــ بر اثر انتخاب طبیعی، فراوانی نسبی صفات در جمعیت‌ها تغییر می‌کند و در نهایت گونه‌های جدید پدیدار می‌شوند.

بیشتر بدانید

ارسموس داروین (۱۸۰۲ـ۱۷۴۴) پدربزرگ داروین احتمالاً با پذیرش وراثت صفات اکتسابی در شکل‌گیری افکار نوهٔ خود سهم داشت.

ژان باپتیست لامارک (۱۸۲۹ـ۱۷۴۴) نخستین کسی بود که نظریهٔ قابل قبولی دربارهٔ تغییر گونه‌ها ارائه داد: **صفات اکتسابی ارثی هستند.**

ریورند توماس مالتوس (۱۸۶۶ـ ۱۸۳۸) چنین نوشت: **جنگ و گرسنگی در تنظیم اندازهٔ جمعیت انسان مؤثرند.**

هربرت اسپنسر (۱۹۰۳ـ۱۸۲۰) **مفهوم «بقای شایسته‌ترین»** را ارائه داد.

چارلز لیل (۱۸۷۵ـ۱۷۹۷) با کتاب خود «اصول زمین‌شناسی» اثر عمیقی بر داروین گذاشت. **فرآیندهایی که امروزه مشاهده می‌کنیم، همیشه وجود داشته است.**

چارلز داروین (۱۸۸۲ـ۱۸۰۹) نظریهٔ تغییر گونه‌ها از طریق انتخاب طبیعی

آلفرد راسل والاس (۱۹۱۳ـ۱۸۲۳) **نظریهٔ انتخاب طبیعی** را مستقل از داروین کشف و به او ارسال کرد.

گریگور مندل (۱۸۸۴ـ۱۸۲۲) **اساس ژنی وراثت** را کشف کرد. الگوی وراثت مندلی ۳۴ سال بعد پایه‌های انتخاب طبیعی را توجیه کرد.

اگوست وایزمن (۱۹۱۴ـ۱۸۳۴) کشف کرد که **کروموزوم‌ها اساس وراثت هستند** و بنابر این نظریهٔ وراثتی بودن صفات اکتسابی را رد کرد.

جولیان هاکسلی (۱۹۷۵ـ۱۸۸۷)
ارنست مایر (۲۰۰۵ـ ۱۹۰۴)
دوبژانسکی (۱۹۷۵ـ۱۹۰۰)
در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ **نظریهٔ جدید ترکیبی** را براساس نظریهٔ داروین با استفاده از شواهد ژنتیک، دیرین‌شناسی و سایر رشته‌های زیست‌شناسی پایه‌ریزی کردند.

نظریهٔ جدید ترکیبی در اواسط قرن بیستم در پرتو پیشرفت‌های زیست شناسی ارائه شد.

فیشر (۱۹۶۲ـ۱۸۹۰)
هالدین (۱۹۶۴ـ ۱۸۹۸)
رایت (۱۹۸۸ـ۱۸۸۹)
علم **ژنتیک جمعیت** و مدل‌های ریاضی تغییر گونه‌ها و ژنتیک را بنیان گذاشتند.

پیدایش نظریهٔ جدید ترکیبی

خودآزمایی

۱ــ دو مورد از مشاهدات چارلز داروین را که در طول سفر ۵ ساله‌اش باعث شد او نتیجه‌گیری کند که گونه‌های زنده از تغییر گونه‌های منقرض شده به وجود آمده‌اند، نام ببرید.

۲ــ چگونگی رخداد انتخاب طبیعی را توضیح دهید.

۳ــ نظریهٔ جدید تغییر گونه‌ها را براساس انتخاب طبیعی، خلاصه کنید.

۴ــ آیا تغییر گونه‌ها یک نظریه است یا فرضیه؟ شرح دهید.

۵ــ توضیح دهید چگونه انتخاب طبیعی باعث تغییر گونه‌ها می‌شود.

۲ شواهد تغییر گونه‌ها

سنگواره‌ها؛ ثبت تغییر احتمالی گونه‌ها

سنگواره‌ها ممکن است تغییرات تدریجی گونه‌ها را از نیاکان اولیه تا زاده‌های امروزی، نشان دهند. سنگواره‌ها مستقیم‌ترین شواهد تغییر گونه‌ها را ارائه می‌کنند. سنگواره‌ها، ثبت واقعی آثار جاندارانی هستند که در گذشته روی زمین زندگی می‌کرده‌اند. تغییرات مستمر و تدریجی در بعضی سنگواره‌ها ثبت شده و قابل مشاهده است. سنگواره‌های موجود در سنگ‌های قدیمی‌تر با سنگواره‌های موجود در سنگ‌های جدیدتر متفاوت‌اند (شکل ۷ــ۴).

داروین پس از مشاهدهٔ چنین تغییراتی، وجود حلقه‌هایی حد واسط را در زنجیرهٔ تحول تدریجی گونه‌ها پیش‌بینی کرد. پس از داروین، بسیاری از این حلقه‌ها کشف شد. مثلاً، سنگوارهٔ حلقه‌های بین ماهی‌ها و دوزیستان، حلقه‌های رابط خزندگان و پرندگان، و حلقه‌های بین خزندگان و پستانداران کشف شده است.

شکل ۷ــ۴ ــ سنگواره‌ها. پترودا کتیل در تخته سنگ‌هایی به قدمت ۲۱۰ میلیون سال، کشف شده است.

با این حال آثار سنگواره‌ای یافت شده، کامل نیستند. زیست‌شناسان طرفدار نظریهٔ تغییر گونه‌ها استدلال می‌کنند که بسیاری از گونه‌ها در محیط‌هایی زندگی می‌کرده‌اند که در آن‌جا سنگواره‌ای تشکیل

نشده است. بسیاری از سنگواره‌ها هنگامی تشکیل می‌شوند که جانداران، یا اثرهای آنها به سرعت در زیر رسوباتی که توسط آب، باد و انفجارهای آتشفشانی حمل شده‌اند، مدفون شوند. محیط‌های مناسب برای تشکیل سنگواره عبارت‌اند از: زمین‌های کم‌ارتفاع مرطوب، جویبارها، رودخانه‌های دارای حرکت کند، دریاهای کم عمق، و مناطق نزدیک آتشفشان‌هایی که از آنها خاکستر بلند می‌شود. احتمال تشکیل سنگوارهٔ جانداران جنگل‌های مرتفع کوهستان‌ها، علفزارها و بیابان‌ها بسیار کم است. حتی اگر یک جاندار در محیط مناسب برای سنگواره‌شدن زندگی کند، احتمال مدفون شدن جسم آن زیر رسوبات، قبل از تجزیه شدن آن، ضعیف است، مثلاً، ممکن است پیکر جاندار را لاشخورها بخورند، یا پراکنده کنند. به‌علاوه، جسم برخی از جانداران سریع‌تر از دیگران تجزیه می‌شود. مثلاً، احتمال سنگواره شدن جانور دارای اسکلت بیرونی سخت (مانند خرچنگ)، نسبت به جانداری مانند کرم‌خاکی که بدن نرم دارد، بیشتر است.

ثبت‌های سنگواره‌ای هرگز کامل نبوده است، با این حال سنگواره‌ها شواهدی در رابطه با وقوع تغییر و تحول در گونه‌ها ارائه می‌کنند. **دیرینه شناسان**، یعنی پژوهشگرانی که به بررسی سنگواره‌ها می‌پردازند، با استفاده از روش عمرسنجی با دقت نسبتاً زیادی، سن سنگواره‌ها را تعیین می‌کنند. تعیین سن به روش عمرسنجی دیرینه‌شناسان را قادر ساخته است که سنگواره‌ها را در یک توالی از کهن‌ترین به جوان‌ترین مرتب کنند. پس از تهیهٔ چنین ترتیبی، الگوهای تغییر گونه‌ها قابل مشاهده خواهد بود.

فعالیت

سرزمین استرالیا در حدود ۱۲۰ میلیون سال پیش از سایر خشکی‌ها جدا شد. با استفاده از مطالب فصل سوم کتاب زمین‌شناسی پیش‌دانشگاهی (زمین ساخت ورقه‌ای)، فرضیه‌ای برای فراوانی جانوران کیسه‌دار، مانند کانگورو در این سرزمین بسازید.

مولکول‌های زیستی آثار تغییر گونه‌ها را در خود ثبت کرده‌اند.

تهیهٔ تصویرهای فرضی از تغییرات تدریجی جانداران با استفاده از آثار سنگواره‌ای، به دانشمندان این امکان را می‌دهد که به پیش‌بینی‌های علمی بپردازند. اگر گونه‌ها در طول زمان متحمل تغییراتی شده باشند، این تغییرات حاکی از تغییرات ژن‌های تعیین‌کنندهٔ صفات آنهاست. برای تغییر یک گونه، باید

تغییرهای پی‌درپی، بخشی از ساختار ژنتیکی آنها را تغییر داده باشد. از این‌رو، در طول زمان، تغییرات بیشتر و بیشتری در توالی نوکلئوتیدی ژن‌ها ایجاد شده است. این پیش‌بینی‌ها برای اولین‌بار از طریق تجزیه و تحلیل توالی آمینواسیدی پروتئین‌های مشابه در چندین گونه مورد آزمایش قرار گرفت.

پروتئین‌ها : می‌دانید که ژن‌ها توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. در صورت وقوع تغییر، گونه‌هایی که در گذشتهٔ نزدیک‌تر از یک نیای مشترک ایجاد شده باشند، نسبت به گونه‌هایی که نیای آنها در گذشته‌های دورتر از هم جدا شده‌اند، دارای تفاوت کمتری در توالی آمینواسیدی خود هستند. **نیای مشترک** گونه‌ای است که دو یا چند گونه از تغییر آن اشتقاق پیدا کرده باشند. مقایسهٔ یک زنجیره از هموگلوبین جانوران مختلف با یک‌دیگر شباهت‌هایی را بین آنها نشان می‌دهد (جدول ۱ــ۴).

جدول ۱ــ۴ــ مقایسه توالی هموگلوبین در چند جاندار. گونه‌هایی که نیای مشترک آنها در گذشته‌های نزدیک‌تر قرار داشته است، از نظر توالی آمینواسیدی هموگلوبین خود دارای تفاوت کمتری هستند.

مقایسهٔ هموگلوبین چند جانور مختلف	
گونه	**تعداد آمینواسیدهای متفاوت**
گوریل*	۰
میمون رزوس	۷
موش	۲۶
مرغ	۴۴
قورباغه	۶۶
لامپری	۱۲۴

* مبنای مقایسه گوریل است.

نوکلئیک اسیدها : تغییرات نوکلئیک اسیدها، مثلاً جانشینی نوکلئوتید، باعث تغییراتی در توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها می‌شود. دانشمندان با مقایسهٔ توالی دقیق نوکلئوتیدهای ژن‌ها، می‌توانند به‌طور مستقیم تعداد تغییرات نوکلئوتیدی را حین اشتقاق یک گونهٔ نیایی به دو گونهٔ جدید تخمین بزنند. آنان با استفاده از اطلاعات حاصل از پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها، طرحی شبیه آنچه در شکل ۸ ــ۴ نشان داده

شده است به دست آورده‌اند. این گونه طرح‌ها که **درخت‌های تبارزایشی** نیز نام دارند، چگونگی ارتباط تحولی جانداران را نشان می‌دهند. درخت‌های تبارزایشی شواهدی برای تغییر گونه‌ها فراهم می‌آورند.

شکل ۸ ــ۴ ــ درخت تبارزایشی که برای ژن هموگلوبین ترسیم شده است.

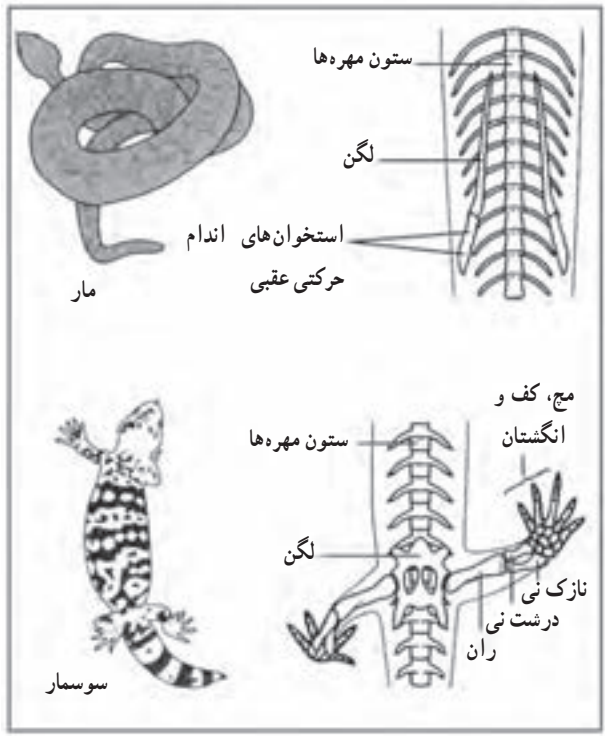
کالبدشناسی (آناتومی) و مراحل تکوین جانداران، احتمال وجود نیاکان مشترک را تقویت می‌کنند.

مقایسهٔ ساختارهای بدن جانداران مختلف اغلب مشابهت‌هایی اساسی نشان می‌دهد، حتی اگر این ساختارها وظایف متفاوتی داشته باشند. مثلاً، گاه ساختاری استخوانی در یک جاندار وجود دارد و وظیفه‌ای انجام می‌دهد، اما همین ساختار در جانداری دیگر به نسبت کوچک‌تر شده، فاقد نقش شناخته‌شده‌ای است، یا نقش بسیار جزئی برعهده دارد. چنین ساختارهایی که نشان‌دهندهٔ تغییرات جاندار در گذشته هستند، اندام **وستیجیال**[1] نامیده می‌شوند (شکل۹ــ۴).

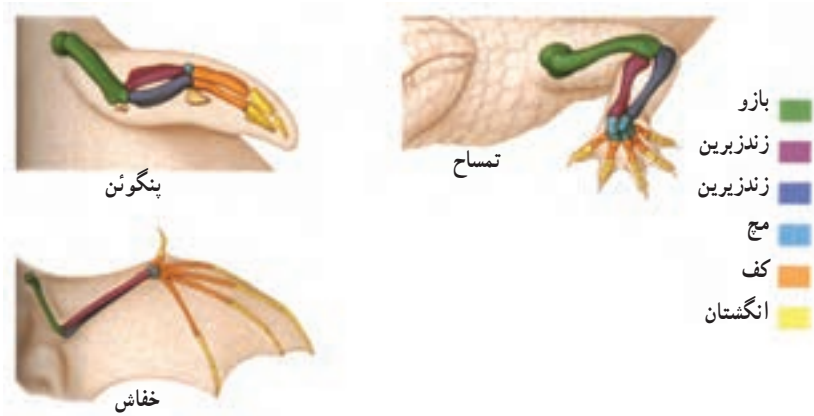
استخوان‌های مهره‌داران مختلف، متفاوتند. با این حال شباهت اساسی در ساختار استخوان‌های آنها دیده می‌شود. این شباهت اساسی می‌تواند حاکی از آن باشد که مهره‌داران یک نیای مشترک داشته‌اند. همان‌طور که در شکل ۱۰ــ۴ ملاحظه می‌کنید، اندام‌های جلویی مهره‌داران، از استخوان‌های

۱ــ vestigial از واژهٔ لاتینی vestigium به معنی رد پا گرفته شده است.

اصلی یکسانی تشکیل می‌شوند. چنین ساختارهایی **همولوگ** نامیده می‌شوند. ساختاراصلی اندام‌های همولوگ در نیای مشترک وجود داشته‌اند.



شکل ۹ــ۴ ــ استخوان‌های لگن و ران مار که بازماندهٔ استخوان‌های لگن و ران سایر خزندگان هستند، اندامی وستیجیال را به وجود می‌آورند.



شکل ۱۰ــ۴ــ ساختارهای همولوگ. اندام‌های جلویی مهره داران دارای اساس یکسانی هستند. به چنین ساختارهایی ساختارهای همولوگ می‌گویند.

تاریخ تغییر جانداران را در طول نمو رویان نیز می‌توان دید. نمو رویان مرغ را با نمو رویان سایر مهره‌داران که در شکل ۱۱ــ۴ نشان داده شده است، مقایسه کنید. هر رویان یک دم، چهار جوانه که منشأ اندام‌های حرکتی هستند و یک حفرهٔ گلویی (حاوی آب‌شش‌های ماهی و دوزیستان) ایجاد می‌کند. دم اکثر مهره‌داران در بلوغ نیز باقی می‌ماند. اگرچه این ساختارها در گروه‌های مختلف مهره‌داران با سرعت‌های مختلفی نمو پیدا می‌کنند، با این حال همولوگ هستند. تنها ماهی‌های بالغ و دوزیستان نابالغ حفره‌های گلویی خود را حفظ می‌کنند.

شکل ۱۱ــ۴ــ رویان‌های چند جانور مهره دار. رویان‌های مهره داران در مراحل اولیهٔ نمو دارای صفت‌های مشترکی هستند. با تداوم نمو، ساختارهای مختلف تغییر می‌کنند و شکل نهایی آنها ایجاد می‌شود.

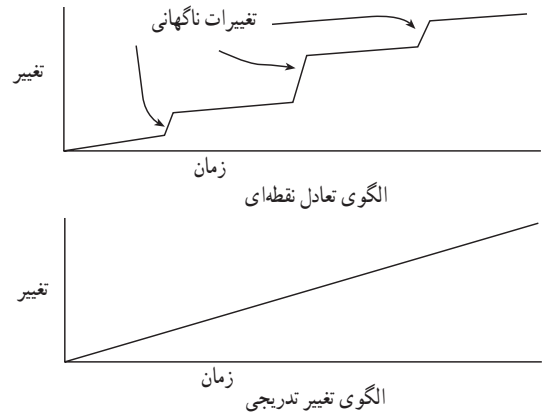
بیشتر بدانید

اصلاح یک تصور نادرست

بسیاری تصور می‌کنند ساختارهایی **وستیجیال** نامیده می‌شوند که بدون استفاده باشند، اما درواقع بسیاری از چنین ساختارها دارای وظیفه‌ای هستند. بسیاری از ساختارهای وستیجیال که کوچک‌تر هستند وظیفهٔ سبک‌تری برعهده دارند و یا در مقایسه با ساختارهای مشابه در نیاکان، وظیفه متفاوتی را برعهده دارند. برای مثال، کیسهٔ رویانی که در پستانداران هم‌ولوگ کیسهٔ زردهٔ تخم پرندگان و خزندگان است، وستیجیال درنظر گرفته می‌شود، زیرا مواد غذایی رویان در حال رشد را فراهم نمی‌کند. لازم است توضیح داده شود که کیسهٔ رویانی در پستانداران سلول‌های خونی تولید می‌کند.

آیا تحول گونه‌ها ناگهانی است، یا تدریجی؟ مدت‌ها بود که زیست‌شناسان طرفدار تغییر گونه‌ها، آن را پدیده‌ای تدریجی می‌دانستند. این الگوی تغییر که در آن رویدادهای تدریجی در طول زمان منجر به تشکیل گونه‌های جدید می‌شود، **الگوی تغییر تدریجی** نامیده می‌شود. به همین دلیل زیست‌شناسان در پی کشف جانداران حد واسط بودند تا سیر تحول گونه‌ها را به‌طور کامل توضیح دهند. اما اخیراً بعضی زیست‌شناسان این اندیشه را مطرح کرده‌اند که ممکن است یک گونهٔ سازگار با محیط به‌علت پایداری وضعیت محیط‌زیست به مدت طولانی تغییر چندانی نداشته باشد. در حالی که همین گونه در مدت نسبتاً کوتاه در اثر تغییرات شدید و ناگهانی محیطی متحمل تغییرات ناگهانی شده است. این الگوی تغییر که در آن هر گونه پس از یک دورهٔ طولانی، ناگهان دچار تغییر شدید شده است، **الگوی تعادل نقطه‌ای** یا **الگوی گونه‌زایی ناگهانی** نامیده می‌شود.

سرعت تغییر : چگونه تغییرات اندک محیطی باعث تغییرات تحولی ناگهانی می‌شود؟ آثار سنگواره‌ای ثبت شده نشان می‌دهند که تغییرات محیطی شدید بارها در گذشته رخ داده است. این برهه‌ها را دوره‌هایی که هرکدام ده‌ها میلیون سال به طول انجامیده است، از هم جدا می‌کنند. وقایعی مانند انفجارهای آتشفشانی، اثرات برخورد خرده سیارک‌ها، و دوره‌های یخبندان باعث تغییرات ناگهانی و شدید در اقلیم شده‌اند. چنین تغییراتی باعث انقراض بسیاری از جانداران نیز شده‌اند. درنتیجه، محیط‌هایی که زمانی زیستگاه جانداران بوده‌اند، یک‌باره خالی شده‌اند. در چنین شرایطی فرصت برای جایگزینی گونه‌هایی فراهم می‌شود که با شرایط جدید سازگار هستند (شکل ۱۲ــ۴).



شکل ۱۲ــ۴ــ الگوهای تغییر گونه‌ها

بیشتر بدانید

تحول ناگهانی یا نقطه‌ای جانداران

نظریهٔ تعادل نقطه‌ای (Punctuated Equilibrium) که در واقع در برابر نظریهٔ تحول تدریجی داروین قرار دارد، در سال ۱۹۸۱ ارائه شد.

پیش از آن تصور می‌شد که ما باید در جست‌وجوی حلقه‌هایی که سیر تحول تدریجی جانداران را نشان می‌دهند، باشیم؛ در حالی که براساس نظریهٔ تعادل نقطه‌ای، تحول جانداران ممکن است ناگهانی باشد.

این نظریه توضیح می‌دهد که پیدا نشدن فسیل‌های حد واسط، نفی‌کننده خویشاوندی جانداران با یک‌دیگر نیست.

استفان گولد Stephen Gould متولد ۱۹۴۰ یکی از دو فردی بود که این نظریه را ارائه داد. او برای معرفی نظریهٔ خود به انگشت شست پاندا استناد کرده است. این انگشت در واقع زایده‌ای است از یکی از استخوان‌های مچ که باعث می‌شود پاندا بتواند با کمک آن برگ‌های گیاه بامبو را که غذای اصلی آن هستند، قطع کند. او معتقد است که پدیدار شدن این زایده محصول انتخاب طبیعی نیست، بلکه محصول جهش است. کتاب **شست پاندا** تألیف گولد در سال‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱ برندهٔ دو جایزهٔ مهم شد. گولد پس از سال‌ها کار در زمینهٔ تحقیقات مربوط به تحول جانداران در ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۱، پس از یک دورهٔ طولانی تحمل بیماری سرطان درگذشت.

سنگواره‌ها بیانگر چه اطلاعاتی هستند؟ اگرچه درنتیجهٔ فرسایش و بعضی فرآیندهای زمین‌شناختی مخرب، پیوستگی لازم در آثار سنگواره‌ای وجود ندارد ولی سنگواره‌ها ممکن است شواهدی هم مبنی بر تغییر تدریجی، یا تعادل نقطه‌ای فراهم کنند. بسیاری از جانداران به‌طور ناگهانی در آثار سنگواره‌ای پدیدار شده‌اند. بسیاری از این گروه‌ها نیز به مدت میلیون‌ها سال بدون تغییر باقی مانده‌اند، در حالی که برخی دیگر همانند ظهور ناگهانی خود به‌طور ناگهانی نیز ناپدید شده‌اند، به‌علاوه گروه‌های دیگر متحمل تغییرات تدریجی شده‌اند.

بررسی بیشتر آثار سنگواره‌ای می‌تواند شواهد دیگری را در رابطه با یکی از دو نوع تغییر یا هر دو آنها و یا نظریه‌ای جدید فراهم آورد.

خودآزمایی

۱ــ چگونه سنگواره‌ها مدارکی حاکی از رخداد تغییر در گونه‌ها را فراهم می‌کنند؟

۲ــ چگونه مقایسهٔ توالی آمینواسیدهای یک پروتئین وقوع تغییر در گونه‌ها را نشان می‌دهد؟

۳ــ چگونه مقایسهٔ کالبد گونه‌های زنده، شواهدی را در حمایت از وقوع تغییر گونه‌ها فراهم می‌کند؟

۴ــ الگوی تعادل نقطه‌ای تغییر گونه‌ها را با الگوی تغییر تدریجی مقایسه کنید.

۳ مثالی از تغییر گونه‌ها

بر اثر انتخاب طبیعی، چهرهٔ جمعیت‌ها تغییر می‌کند.

کار انتخاب طبیعی، حفظ تغییرات مطلوب است. مثال‌های شناخته شدهٔ بسیاری دربارهٔ جانداران در محیط‌های طبیعی وجود دارد. مطلب کلیدی دربارهٔ تغییر گونه‌ها این است که محیط در تعیین **جهت** و **مقدار** تغییرات نقش مهمی دارد (شکل ۱۳ــ۴). براساس تدبیر نظام آفرینش، میزان موفقیت جانداران برای زیستن و تولیدمثل در شرایط طبیعی خود، تعیین‌کنندهٔ بقای جاندار و ژن‌های اوست.

ملانینی شدن صنعتی : یک مثال شناخته شده از انتخاب طبیعی ملانینی شدن صنعتی، یعنی تیره شدن رنگ جمعیت جاندار به‌علت آلودگی صنعتی است. افراد پروانه‌های گونهٔ **بیستون بتولاریا**[1]، یا پروانهٔ شب پرواز فلفلی، به یکی از دو رنگ تیره یا روشن دیده می‌شود (شکل ۱۴ــ۴). پروانه‌های تیره‌تر دارای الل‌هایی برای تولید ملانین (رنگدانه تیره کنندهٔ رنگ) هستند. بنابر گزارشی، رقم تیرهٔ این گونه تا دههٔ ۱۸۵۰ بسیار اندک بوده است. پس از این تاریخ در مناطق صنعتی تعداد پروانه‌های تیره، بیشتر شد. پس از ۱۰۰ سال، تقریباً همهٔ پروانه‌های موجود در نزدیکی مراکز صنعتی تیره‌رنگ بودند.

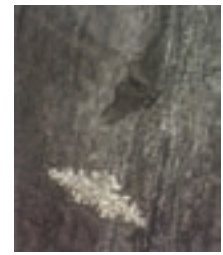
یک فرضیه دربارهٔ جانشینی پروانه‌های تیره به‌جای پروانه‌های روشن با استفاده از نظریهٔ انتخاب طبیعی، شکل می‌گیرد. پروانه‌های تیره‌رنگ در مناطق صنعتی فراوان‌تر هستند، چون که سطح تنهٔ درخت‌ها در اثر آلودگی هوا و از بین رفتن گلسنگ‌هایی که دارای رنگ روشن بوده‌اند، سیاه‌رنگ شده است. گلسنگ‌ها به‌آلودگی هوا حساس‌اند و در محیط آلوده از بین می‌روند. پروانه‌های تیره‌رنگ با استفاده از رنگ تیرهٔ تنهٔ درخت‌ها استتار پیدا کرده‌اند و درنتیجه طعمهٔ پرندگان

شکل ۱۳ــ۴ــ خرس قطبی. پوشش سفیدرنگ خرس قطبی به او این امکان را می‌دهد که در محیط پوشیده از برف با موفقیت شکار کند و به بقای خود ادامه دهد.

۱ــ Biston betularia

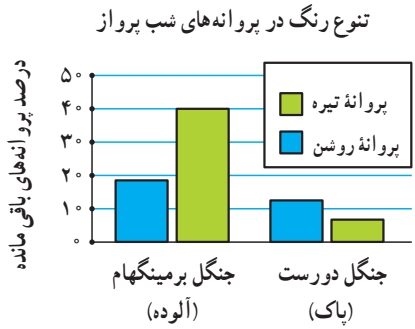
نمی‌شوند. از طرف دیگر پروانه‌های دارای رنگ روشن روی تنهٔ تیره‌رنگ درخت‌ها کاملاً پیدا هستند و درنتیجه به‌راحتی طعمهٔ پرندگان می‌شوند.

آزمون انتخاب طبیعی پروانه‌ها : یک بوم‌شناس بریتانیایی به‌منظور بررسی اثر انتخاب طبیعی بر تغییر رنگ جمعیت‌های این پروانه‌های شب پرواز آزمایشی انجام داد. این محقق جمعیت‌هایی از پروانه‌های روشن و تیره را در آزمایشگاه پرورش داد. سپس به‌منظور تشخیص پروانه‌ها قسمت زیر بال‌های آنها را با جوهر علامت‌گذاری کرد. در مرحلهٔ بعد او پروانه‌های تیره و روشن را در دو منطقهٔ جنگلی مجزا در انگلستان رها کرد. یکی از مناطق جنگلی در نزدیکی برمینگهام شدیداً آلوده بود. منطقهٔ جنگلی دیگر در نواحی حاشیه‌ای و روستایی و فاقد آلودگی بود. این محقق برای گرفتن پروانه‌ها و مطالعهٔ آنها دام‌هایی پهن کرد. در هر منطقه بیشتر پروانه‌های همرنگ با تنهٔ درختان زنده مانده بودند (شکل ۱۴ــ۴). تکرار این آزمایش این نتایج را تأیید کرد. طبق بررسی‌ها در مناطق آلوده، پرندگان پروانه‌های دارای رنگ روشن را شکار می‌کنند، ولی پروانه‌های تیره‌رنگ از شکار در امان می‌مانند.



پروانه‌های فلفلی روشن و تیره روی تنهٔ تیرهٔ یک درخت

پروانه‌های فلفلی روشن و تیره روی تنهٔ روشن یک درخت



شکل ۱۴ــ۴ــ پروانه‌های فلفلی اروپا به یکی از دو رنگ تیره یا روشن یافت می‌شوند. نمودار بالا نتایج آزمایش‌های انجام شده در مورد این پروانه‌ها را نشان می‌دهد. در جنگل‌های آلوده، در نزدیکی برمینگهام (انگلستان) دو سوم پروانه‌های باقی مانده تیره رنگ هستند. در حالی که در جنگل‌های دورست[1] (که دارای هوای پاک است) دو سوم پروانه‌ها به رنگ روشن هستند.

خودآزمایی

۱ــ منظور از ملانینی شدن صنعتی چیست؟

۲ــ چه ارتباطی بین جمعیت پروانه‌های روشن و گلسنگ‌های روی تنهٔ درختان وجود دارد؟

۳ــ آزمون انتخاب طبیعی پروانه‌ها چه چیزی را نشان می‌دهد؟

[1]– Dorset