

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# زیست شناسی

## دوره پیش دانشگاهی

### رشته علوم تجربی

عنوان و نام پدید آور : زیست شناسی دوره پیش دانشگاهی رشته علوم تجربی [کتاب های درسی] : ۲/۲۹۰ / مؤلفان : محمد کرام الدینی ... [و دیگران]؛ برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب های درسی ابتدایی و متوسطه نظری مشخصات نشر : تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۵  
مشخصات ظاهری : ۲۸۹ ص. : مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار  
شابک : ۹۶۴-۰۵-۱۱۵۸-۷  
وضعیت فهرست نویسی : فیبا  
یادداشت : مؤلفان : محمد کرام الدینی، بهروز شاهسون بهبودی، وحید نیکنام، الهه علوی، علی آل محمد  
یادداشت : چاپ پانزدهم، کتابنامه  
موضوع : زیست شناسی  
نمناسه افزوده : کرام الدینی، محمد. سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب های درسی ابتدایی و متوسطه نظری. اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران  
رده بندی دیویی : ۲/۲۹۰ ک ۳۷۳  
شماره کتابشناسی ملی : ۲۷۴۳۴۶۷

# مخوام این کتاب تا پایان سال تحصیلی ۹۷-۱۳۹۶ تغییر نخواهد کرد.

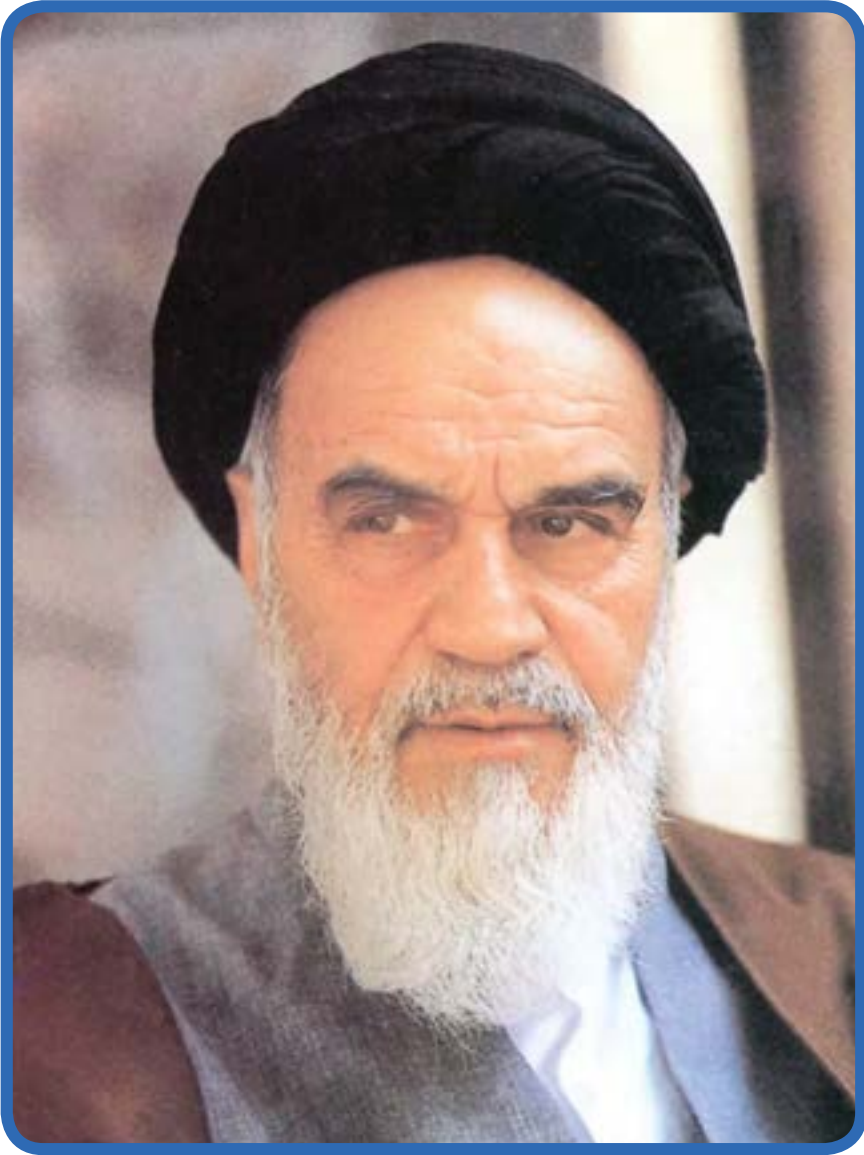
این کتاب در سال ۱۳۸۷ با همکاری آقایان حسین سوزنجی و علی اعظم خسروی بازمینی و اصلاح شده است.

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



نام کتاب :	زیست‌شناسی دوره پیش‌دانشگاهی - ۲/۲۹۰
پدیدآورنده :	سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف :	دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف :	محمد کرام الدینی، بهروز شاهسون بهبودی، وحید نیک‌نام، الهه علوی و سید علی آل‌محمد (اعضای گروه تألیف) - گروه زیست‌شناسی دفتر تألیف (نوسازی و اصلاح)
مدیریت آماده‌سازی هنری :	اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی :	لیدا نیک‌روش (مدیر امور فنی و چاپ) - فاطمه رئیسیان فیروز آباد (رسام) - مریم کیوان (طراح جلد) - خدیجه محمدی (صفحه‌آرا) - سیده فاطمه محسنی، زهرا ایمانی نصر، شاداب ارشادی، نوشین معصوم دوست، فاطمه پزشکی، حمید نابت کلاجاهی، سیده شیوا شیخ‌الاسلامی (امور آماده‌سازی)
نشانی سازمان :	تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
ناشر :	شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارویخش) تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹
چاپخانه :	شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ :	چاپ پانزدهم ۱۳۹۵
	برای دریافت فایل pdf کتاب‌های درسی به پایگاه کتاب‌های درسی به نشانی <a href="http://www.chap.sch.ir">www.chap.sch.ir</a> و برای خرید کتاب‌های درسی به سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی به نشانی <a href="http://www.irtextbook.com">www.irtextbook.com</a> <a href="http://www.irtextbook.com">www.irtextbook.com</a> مراجعه نمایید.

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکسبرداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف  
واقعیت هاست.

امام خمینی (قدس سرّه)



## فهرست

سخنی با دانش آموزان عزیز ۱

### بخش اول - گوناگونی و تغییر رمزهای زندگی

فصل ۱: پروتئین سازی ۴

فصل ۲: تکنولوژی زیستی ۲۷

### بخش دوم - گوناگونی و تحول جانداران

فصل ۳: پیدایش و گسترش زندگی ۴۷

فصل ۴: تغییر و تحول گونه ها ۶۶

فصل ۵: ژنتیک جمعیت ۸۹

فصل ۶: پویایی جمعیت ها و اجتماعات زیستی ۱۲۸

فصل ۷: رفتارشناسی ۱۵۵

### بخش سوم - گوناگونی مسیرهای زندگی

فصل ۸: شارش انرژی در جانداران ۱۷۷

فصل ۹: ویروس ها و باکتری ها ۲۰۴

فصل ۱۰: آغازیان ۲۲۴

فصل ۱۱: قارچ ها ۲۴۸

پیوست ها ۲۶۸

فهرست منابع اصلی ۲۸۹

## خرید اینترنتی کتاب درسی

والدین گرامی و دانش آموز عزیز

در راستای توسعه دولت الکترونیک و با هدف اطلاع رسانی و سهولت دسترسی دانش آموزان به کتاب‌های درسی، در سال تحصیلی جدید در سراسر کشور، فروش و توزیع کتاب‌های درسی به صورت اینترنتی و از طریق سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی به نشانی [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) یا [www.irtextbook.com](http://www.irtextbook.com) انجام می‌شود.

نحوه خرید کتاب درسی :

۱- دانش آموزانی که به اینترنت دسترسی ندارند (سفارش گروهی):

- مراجعه به مدرسه محل تحصیل
- پرداخت وجه کتاب به مدرسه محل تحصیل
- اعلام شماره تلفن همراه (فعال) اولیای دانش آموز برای دریافت پیام کوتاه از سامانه
- ثبت سفارش گروهی دانش آموزان در سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی توسط مدرسه

۲- دانش آموزانی که به اینترنت دسترسی دارند (سفارش انفرادی):

- ورود به سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی
- کلیک روی دکمه «ورود به بخش سفارش دانش آموز»
- ثبت کد ملی دانش آموز به عنوان شناسه کاربری و شش رقم سمت راست سریال شناسنامه وی به عنوان رمز ورود
- ثبت و پرداخت اینترنتی سفارش براساس راهنمای سامانه

نکته :

- برای پرداخت اینترنتی نیاز به کارت بانکی، رمز دوم، کد اعتبارسنجی دوم روی کارت (CVV2) و تاریخ انقضای کارت بانکی می‌باشد.

- پیشنهاد می‌شود قبل از فرا رسیدن زمان خرید، یک بار بصورت آزمایشی با شناسه کاربری و رمز عبور خود وارد سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی شوید و با محیط سامانه آشنا شوید. در صورتی که موفق به ورود به سامانه نشدید، تصویر شناسنامه جدید دانش آموز را به مدرسه محل تحصیل وی تحویل دهید، تا مدرسه، اطلاعات شناسنامه دانش آموز (سریال شناسنامه) را در سامانه ثبت نام دانش آموزان (سناد)، اصلاح نماید.

ارائه نظرات، پیشنهادات و انتقادات ارزشمند شما در هر بخش از فعالیت‌های سامانه فروش و توزیع مواد آموزشی به نشانی [info@irtextbook.com](mailto:info@irtextbook.com) و دورنگار ۸۸۳۰۹۲۶۶، ما را در شناسایی نقاط قوت و ضعف خدمات و محصولات یاری خواهد رساند.

آموزش پنج فصل اول این کتاب برای نیمسال اول و آموزش بقیه آن برای  
نیمسال دوم تحصیلی در نظر گرفته شده است.

### سخنی با دانش آموزان عزیز

کتابی که در دست دارید، چهارمین و آخرین کتاب از مجموعه کتاب‌های زیست‌شناسی دوره‌های متوسطه و پیش‌دانشگاهی است. هدف‌های این مجموعه چهارجلدی در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: کسب دانستنی‌های لازم، کسب مهارت‌های لازم و کسب نگرش‌های لازم.

بنابراین کسب دانستنی‌های زیست‌شناختی لازم که بی‌گمان در پژوهش‌های علمی کم‌اهمیت نیست، فقط یکی از سه گروه از هدف‌های این درس است. سعی بر این بوده است تا با درج فعالیت‌هایی در کتاب‌ها، بستری مناسب برای تقویت مهارت‌های علمی شما، در حد امکانات آموزشی، فراهم شود. بنابراین لازم است، تا آنجا که امکان دارد، این فعالیت‌ها را به نحوی که معلمان صلاح می‌داند، انجام دهید.

موضوع اصلی این کتاب که پایان بخش نخستین دوره زیست‌شناسی شماست، گوناگونی و دگرگونی جانداران است. در بخش نخست کتاب، ابتدا به سرچشمه‌های این گوناگونی، یعنی به رمزهای زندگی می‌پردازیم و ساخت و کار ژن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم و سپس، در فصل دوم، توانایی انسان در تغییر دادن جانداران و مزایا و معایب این تغییرهای مصنوعی، با کمک روش‌های مهندسی ژنتیک را بررسی می‌کنیم.

بخش دوم را با کاوش در زمینهٔ سرچشمه‌های زندگی در گسترهٔ تاریخ زمین آغاز می‌کنیم و به تاریخچهٔ پیدایش و گسترش حیات می‌پردازیم. در فصل چهارم نظریه‌های مربوط به دگرگونی جانداران را از نظر می‌گذرانیم و آن‌گاه پس از بررسی اساس ژنتیک تحول گونه‌ها، به بررسی جمعیت و پویایی آن و روابط میان گونه‌ها در جوامع زیستی می‌پردازیم. اثرهای رقابت که در شکل‌گیری جوامع زیستی و بقای گونه‌ها اهمیت فراوان دارد، موضوع این فصل است. بخش دوم با بررسی انواع رفتارهای جانوران و تغییر آن در گذر زمان به پایان می‌رسد. توجه داشته باشید که مبحث رفتار محل تلاقی کلیهٔ موضوع‌های زیست‌شناسی است که تاکنون خوانده‌اید. اگر رفتارشناسی را با نگاهی به تاریخچهٔ تحول جانداران بررسی کنید، مفهوم هر رفتار را بهتر درک خواهید کرد.

در بخش سوم کتاب گوناگونی روش‌های زندگی جانداران را از دیدگاه چگونگی کسب و مصرف انرژی مورد توجه قرار می‌دهیم. در این مبحث، جذب و جریان انرژی در جهان زنده و روش‌های زندگی ویروس‌ها، باکتری‌ها، آغازیان و قارچ‌ها، که در کتاب‌های قبلی کمتر به آنها پرداخته بودیم، مورد بحث قرار خواهند گرفت.

بدین ترتیب، تلاش شده است که با پایان گرفتن این کتاب موضوع‌های پایه‌ای زیست‌شناسی که شما شهروندان برای زیستن مسئولانه در جهان امروز و از سوی دیگر برای ادامهٔ تحصیل بدان‌ها نیاز دارید، عرضه شود؛ تا بتوانید از آنها برای حل مسایل زیستی خود، اطرافیان و جامعه‌تان یاری گیرید و با بهره‌گیری از توانایی‌های خود در زمینه‌های خلاقیت، حل مسئله و نیز کاربرد ابزارهای لازم در پیشبرد جامعه‌مان نقشی شایسته داشته باشید.

سایت گروه زیست‌شناسی <http://biology-dept.talif.sch.ir>

## گروه زیست‌شناسی

### دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

توجه :

- ۱- در آزمون‌های پایانی و کنکور طرح سؤال از بخش‌های «بیشتر بدانید» این کتاب مجاز نیست.
- ۲- کلیهٔ جدول‌ها و پیوست‌های این کتاب صرفاً به‌عنوان منبع اطلاعات برای دانش‌آموزان درج شده‌اند و طرح سؤال از آنها در آزمون‌های پایانی و کنکوری به هیچ‌وجه مجاز نیست.



# بخش اول

گوناگونی و تغییر رمزهای زندگی



## پروتئین‌سازی

در سال گذشته با ساختار DNA و چگونگی همانندسازی آن آشنا شدیم و دانستیم که DNA، حاوی اطلاعات ژنتیک است. در این فصل در پی یافتن پاسخ این پرسش هستیم که در سلول از اطلاعات ژنتیک چگونه استفاده می‌شود.

### پیش‌نیازها

پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید:

- ساختار DNA را شرح دهید،
- چگونگی جهش را شرح دهید.

# ۱ از ژن تا پروتئین

بیماری آلکاپتونوریا<sup>۱</sup> نوعی بیماری ارثی است و بنابراین علت آن را می‌توان به ژن‌ها نسبت داد. ادرار افراد مبتلا به این بیماری در مجاورت هوا سیاه می‌شود، زیرا در آن ماده‌ای به نام هموجنتیسیک اسید<sup>۲</sup> وجود دارد. در ادرار افراد سالم این اسید وجود ندارد، زیرا آنزیم مخصوصی آن را تجزیه می‌کند. در سال ۱۹۰۹، پزشکی به نام آرچیبولد گرو<sup>۳</sup> بیان داشت که در بیماران مبتلا به آلکاپتونوریا آنزیم تجزیه‌کننده هموجنتیسیک اسید وجود ندارد. گرو در واقع توانست بین یک نقص ژنی (بیماری آلکاپتونوریا) و یک نقص آنزیمی (آنزیم تجزیه‌کننده هموجنتیسیک اسید) رابطه برقرار کند. به این ترتیب اندیشه‌های اولیه یکی از مهم‌ترین نظریه‌های زیست‌شناسی شکل گرفت. اندیشه‌ای که بیان می‌دارد «هر ژن مسئول ساختن یک آنزیم است».

در سال ۱۹۴۰ دو محقق به نام‌های جورج بیدل<sup>۴</sup> و ادوارد تیتوم<sup>۵</sup> آزمایشی انجام دادند که منجر به ارایه نظریه یک ژن - یک آنزیم شد.

این دو محقق برای بررسی عمل ژن از هاگ‌های قارچی به نام کپک نورو اسپورا کراسا<sup>۶</sup> استفاده کردند. تا زمان بیدل و تیتوم بیشتر آزمایش‌ها روی صفات قابل مشاهده، مانند ژن‌های رنگ چشم در مگس سرکه، یا ژن‌های کنترل‌کننده رنگیزه‌ها در گیاهان انجام می‌گرفت. اما بیدل و تیتوم رویکرد جدیدی برای آزمایش‌های خود اتخاذ کردند. آنان جهش‌هایی را بررسی کردند که مربوط به ژن‌های کنترل‌کننده واکنش‌های مهم متابولیک، از قبیل تولید ویتامین‌ها و آمینواسیدها بود.

کپک نورو اسپورا در لوله آزمایش حاوی مخلوط رقیقی از انواع نمک‌ها، کمی شکر و یک نوع ویتامین، به نام بیوتین، رشد می‌کند. مجموع این مواد را محیط کشت حداقل می‌نامند. این قارچ هاپلوئید است و در مدت زمان کوتاهی تعداد فراوانی هاگ تولید می‌کند. بیدل و تیتوم در آزمایش‌های خود از پرتوهای X برای ایجاد جهش در هاگ‌ها استفاده کردند. از سال گذشته به یاد دارید که هرگونه تغییر در ماده وراثتی را جهش می‌نامند. بعضی از این هاگ‌های پرتودیده نمی‌توانستند در محیط کشت حداقل رشد کنند و فقط در صورتی رشد می‌کردند که به محیط کشت آنها بعضی مواد آلی اضافه

۱- alkaptonuria

۲- homogentisic acid

۳- Archibold Garrod

۴- George Beadle

۵- Edward Tatum

۶- Neurospora crassa

می‌شد (محیط کشت غنی شده). آنان هاگ‌هایی را که نمی‌توانستند روی محیط کشت حداقل رشد کنند جهش یافته نامیدند (شکل ۱-۱).

گروهی از این جهش‌یافته‌ها برای رشد نیاز به آمینواسید آرژینین<sup>۱</sup> داشتند. در سلول دو ماده<sup>۲</sup> آرنتین<sup>۲</sup> و سیترولین<sup>۳</sup> در مسیر سنتز آرژینین پیش ماده هستند. آرنتین خود از پیش ماده دیگری که آن را X می‌نامیم حاصل می‌شود. چون در سلول تبدیل هر ماده به ماده دیگر نیازمند نوعی آنزیم است، می‌توان ارتباط بین ماده X، آرنتین، سیترولین و آرژینین را به صورت مسیر متابولیکی زیر نشان داد:



بیدل و تیتوم مشاهده کردند که جهش یافته‌های نیازمند به آرژینین سه دسته‌اند: یک گروه از آنها در صورتی رشد می‌کردند که به محیط کشت حداقل، آرنتین، سیترولین یا آرژینین اضافه شود. جهش یافته‌های گروه دوم آنهایی بودند که به محیط کشت آنها باید سیترولین یا آرژینین اضافه می‌شد. سومین گروه از جهش یافته‌ها فقط در صورتی رشد می‌کردند که به محیط آنها آرژینین اضافه می‌شد.

مسیر ساختن آرژینین با حذف هر یک از آنزیم‌ها متوقف می‌شود (چرا؟). بر همین اساس می‌توان گفت که در جهش یافته‌های گروه اول که قادر به ساختن آرنتین نیستند، آنزیم ۱ وجود ندارد. در جهش یافته‌های گروه دوم آنزیم ۲ وجود ندارد، به همین دلیل در این جهش یافته‌ها سیترولین به آرژینین تبدیل می‌شود، اما آرنتین نمی‌تواند به آرژینین تبدیل شود. در جهش یافته‌هایی که فقط در حضور آرژینین رشد می‌کنند، آنزیم ۳ به وجود نمی‌آید.

بیدل و تیتوم از این آزمایش‌ها نتیجه گرفتند که وقتی یک ژن آسیب می‌بیند، تولید یک آنزیم خاص نیز در سلول متوقف می‌شود. به عبارت دیگر هر ژن از طریق تولید یک آنزیم تأثیر خود را اعمال می‌کند.

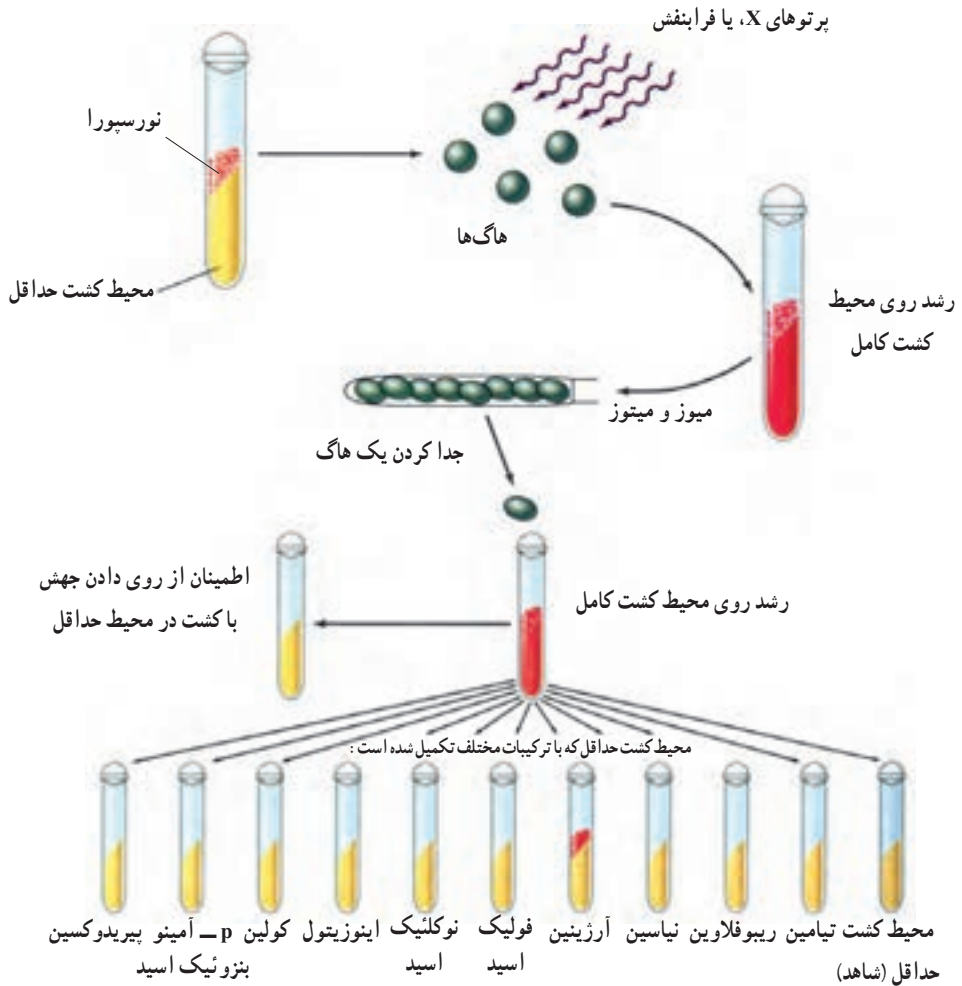
بیدل و تیتوم این ارتباط یک ژن به یک آنزیم را، نظریه یک ژن - یک آنزیم نامیدند. این عقیده که یک ژن تولید یک آنزیم را رهبری می‌کند، تا حدود یک دهه رواج داشت. تا این که مشخص شد بسیاری از ژن‌ها، پروتئین‌هایی را به رمز درمی‌آورند که آنزیم نیستند، از طرفی پژوهش‌ها مشخص کرد که بسیاری از پروتئین‌ها از چند زنجیره پلی‌پپتیدی تشکیل شده‌اند که تولید هر زنجیره

۱- Arginine

۲- Ornithine

۳- Citrulline

را یک ژن خاص رهبری کرده است. حاصل این یافته‌ها منجر به تبدیل نظریهٔ یک ژن - یک آنزیم به نظریهٔ یک ژن - یک زنجیرهٔ پلی پپتیدی شد.



شکل ۱-۱ - خلاصهٔ آزمایش‌های بیدل و تیتوم روی کیک نوروسپورا کراسا. هنگامی که هاگ‌های هاپلوئید در معرض پرتو X قرار می‌گیرند، بعضی از آنها قادر به رویش در محیط حداقل نیستند؛ بلکه فقط در محیط‌های غنی شده می‌رویند.

## رمزهای وراثتی

سال قبل دیدیم که DNA مادهٔ ژنتیک و محل ذخیرهٔ اطلاعات است. اطلاعات در DNA به صورت رمز ذخیره شده‌اند. منظور از رمز علایمی است که از آنها برای ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات

استفاده می‌شود. مثلاً زبان نوشتنی فارسی ۳۲ علامت رمز (حرف) دارد.

می‌دانید که مولکول DNA مولکول بسیار بلندی است و در ساختار آن فقط چهار نوع نوکلئوتید به کار رفته است. بنابراین می‌توان گفت که زبان مولکول DNA به صورت یک الفبای چهارحرفی (A و C، G، T) است، که هر حرف نشان‌دهنده یک نوع نوکلئوتید است.

دانستیم که از اطلاعات ژنتیک برای ساختن پروتئین استفاده می‌شود. پروتئین‌ها از ۲۰ نوع آمینواسید ساخته شده‌اند و هر پروتئین توالی آمینواسیدی مخصوص به خود را دارد. در واقع رمزهای موجود در DNA باید به نحوی تعیین‌کننده نوع و ترتیب آمینواسیدهای پروتئین‌ها باشند.

اگر هر نوکلئوتید علامت رمز یک آمینواسید باشد، بازهای A، G، C، و T علامت‌های رمز چهار نوع آمینواسید می‌شوند. بنابراین فقط چهار نوع آمینواسید علامت رمز خواهند داشت. بدیهی است که رمز یک حرفی جوابگوی ۲۰ آمینواسید نخواهد بود. در صورتی که رمز دو حرفی باشد فقط ۱۶ نوع آمینواسید علامت رمز خواهند داشت. بنابراین رمز دو حرفی نیز جوابگوی ۲۰ نوع آمینواسید نخواهد بود. در صورتی که رمز سه حرفی باشد، ۶۴ رمز سه حرفی به دست می‌آید که بیشتر از تعداد رمز لازم برای ۲۰ نوع آمینواسید است. در این صورت یک آمینواسید ممکن است بیش از یک رمز داشته باشد. در واقع رمزهای نوکلئیک اسیدها سه حرفی هستند.

### RNA رابطه بین DNA و پروتئین را برقرار می‌کند.

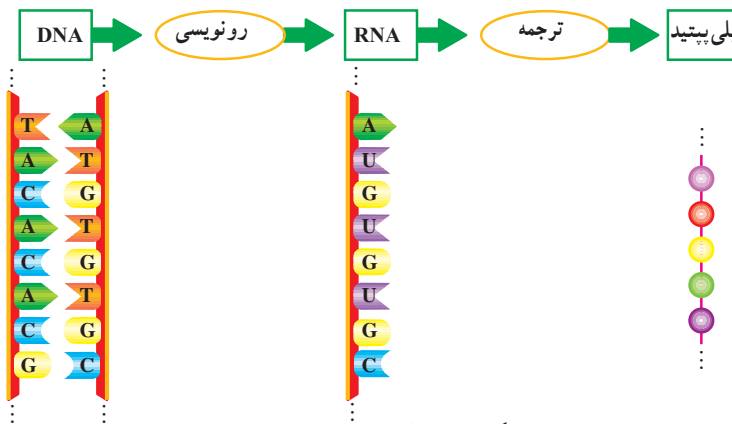
از اطلاعات موجود در DNA برای ساختن پروتئین‌ها استفاده می‌شود، اما جایگاه DNA در هسته و جایگاه پروتئین‌سازی در سیتوپلاسم است. بنابراین DNA نمی‌تواند مستقیماً برای ساختن پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. به همین سبب، انتظار می‌رود نوعی مولکول میانجی، ارتباط بین DNA و ریبوزوم‌ها را برقرار کند.

اندازه‌گیری‌های گوناگون نشان داده‌اند که در سلول‌هایی که در آنها فعالیت پروتئین‌سازی شدید است، RNA فراوانی هم یافت می‌شود. برعکس، در سلول‌هایی که فرآیند پروتئین‌سازی در آنها چندان شدید نیست، مقدار RNA نیز کم است. از طرف دیگر، RNA هم در هسته یافت می‌شود و هم در سیتوپلاسم. بر این اساس و نیز براساس آزمایش‌ها و مشاهدات دیگر، دانشمندان به این نتیجه رسیدند که این مولکول میانجی، RNA است. به این نوع RNA که اطلاعات را از DNA به ریبوزوم‌ها حمل می‌کند، RNA پییک می‌گویند و آن را با mRNA نشان می‌دهند. دو نوع RNA دیگر نیز در سلول

وجود دارند که در فرآیند پروتئین سازی نقش های مهمی برعهده دارند. یکی RNA ناقل است که آن را با tRNA<sup>۱</sup> نشان می دهند. این مولکول آمینواسیدها را به ریبوزوم منتقل می کند، تا ریبوزوم آمینواسیدها را براساس اطلاعات موجود در mRNA کنار یک دیگر ردیف کند. دیگری RNA ریبوزومی است که آن را با rRNA<sup>۲</sup> نمایش می دهند. در ساختار ریبوزوم ها شرکت دارد.

### RNA از روی DNA ساخته می شود.

ساخته شدن RNA از روی DNA را رونویسی می گویند (شکل ۲-۱). رونویسی اولین قدم برای ساختن پروتئین هاست. رونویسی با کمک آنزیم RNA پلی مرز انجام می شود.



شکل ۲-۱- از زن تا پلی پتید

سلول های پروکاریوتی فقط یک نوع آنزیم RNA پلی مرز دارند. در سلول های یوکاریوتی سه نوع آنزیم RNA پلی مرز یافت شده است که آنها را با علامت های I، II، و III مشخص می کنند.

RNA پلی مرز I فقط رونویسی ژن های rRNA و RNA پلی مرز II رونویسی پیش سازهای mRNA ها و نیز برخی از RNA های کوچک را انجام می دهند. RNA پلی مرز III رونویسی ژن های tRNA و نیز بعضی دیگر از RNA های کوچک را کاتالیز می کند. شکل ۳-۱ مراحل رونویسی پروکاریوت ها را به طور خلاصه نشان می دهد.

مرحله ۱: رونویسی با اتصال RNA پلی مرز به قسمتی از DNA به نام راه انداز شروع می شود. راه انداز، قسمتی از DNA است که به RNA پلی مرز امکان می دهد رونویسی را از محل صحیح آغاز کند و مثلاً این کار را از وسط ژن شروع نکند. راه انداز در نزدیکی جایگاه آغاز رونویسی قرار دارد.

۱ - transfer RNA

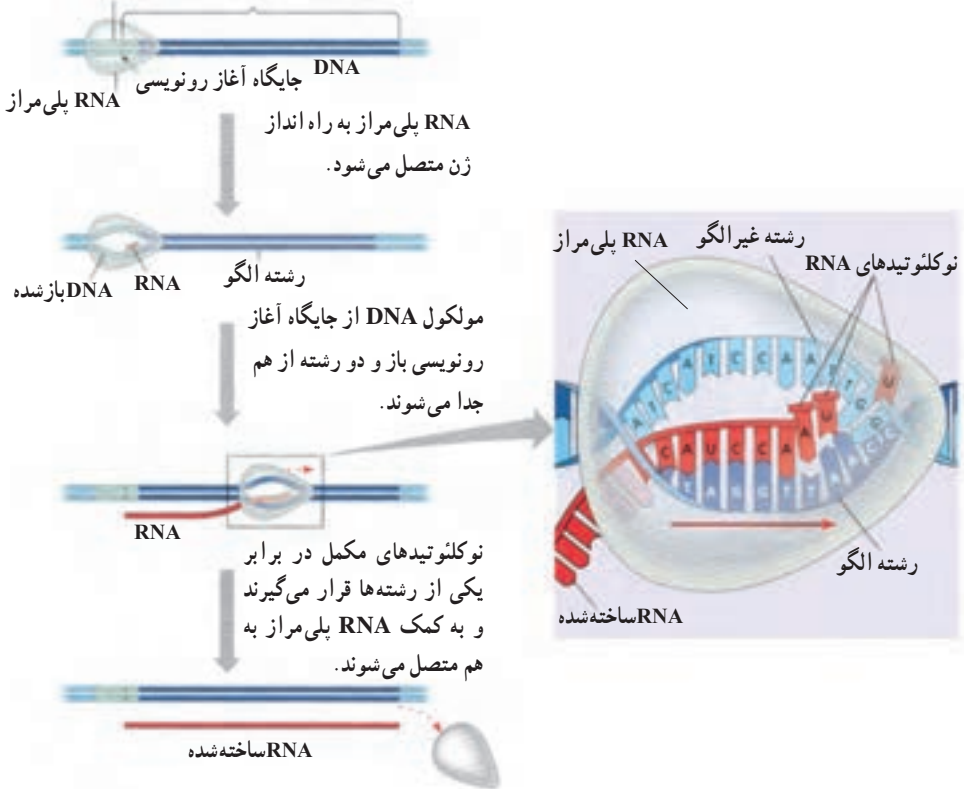
۲ - ribosomal RNA

جایگاه آغاز رونویسی، به اولین نوکلئوتیدی از DNA گفته می‌شود که رونویسی می‌شود.

مرحله ۲: RNA پلی‌مراز دو رشته DNA را از یکدیگر باز می‌کند.

مرحله ۳: RNA پلی‌مراز همچون قطاری که روی ریل حرکت می‌کند، در طول نوکلئوتیدهای DNA به حرکت درمی‌آید و در مقابل هر یک از دئوکسی‌ریبونوکلئوتیدهای DNA، ریبونوکلئوتید مکمل را قرار می‌دهد و به علاوه، هر ریبونوکلئوتید جدید را به ریبونوکلئوتید قبلی وصل می‌کند. در رونویسی نیز از همان قوانین جفت شدن بازها که در همانندسازی DNA به کار می‌رود، استفاده می‌شود. تنها تفاوت این است که در مقابل دئوکسی‌ریبونوکلئوتید A (آدنین دار) در DNA، ریبونوکلئوتید U (یوراسیل دار) در RNA قرار می‌گیرد. RNA پلی‌مراز، DNA و mRNA تازه ساخته شده، پس از رونویسی جایگاه پایان رونویسی، از یکدیگر جدا می‌شوند و مولکول mRNA برای مرحله بعدی یعنی ترجمه، آزاد می‌شود.

بخشی از DNA که رونویسی می‌شود. جایگاه راه انداز



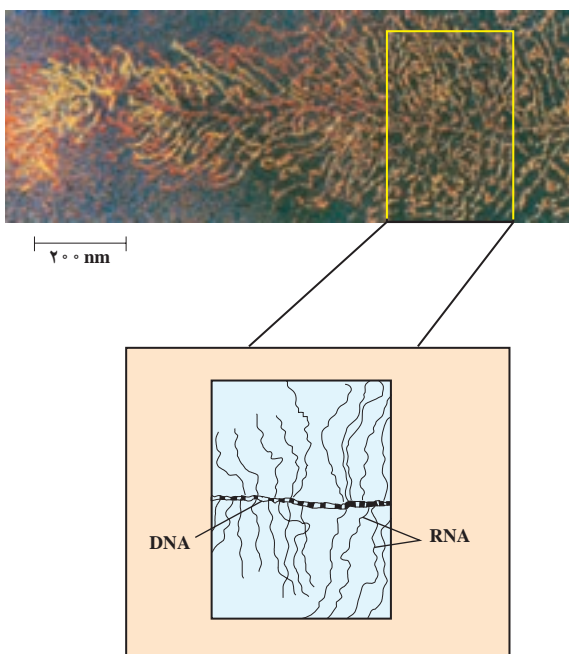
شکل ۳-۱- رونویسی. ساخته شدن mRNA بر اساس قسمتی از DNA.

RNA پلی‌مراز نوکلئوتیدهای مکمل را از روی الگوی ژن، در RNA جای می‌دهد.



چنان که مشاهده می شود رونویسی نیز، مانند همانندسازی DNA از نوکلئوتیدها به عنوان الگو برای ساختن یک مولکول جدید، بهره می برد. البته در همانندسازی DNA، مولکول جدیدی که ساخته می شود، DNA است؛ در حالی که در رونویسی مولکول ساخته شده از جنس RNA است. تفاوت دیگر این است که در همانندسازی DNA هر دو رشته، به عنوان الگو عمل می کنند، در صورتی که در رونویسی یکی از دو رشته DNA به عنوان الگو عمل می کند.

همان گونه که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است، RNAهای ساخته شده از روی ژن، ساختار پرماندی را به نمایش می گذارند. در این شکل خط افقی میانی، DNA ای است که از روی آن رونویسی در حال انجام است. رشته های منشعب، RNAهایی هستند که در حال ساخته شدن اند.



شکل ۴-۱- رونویسی یک ژن در سلول تخم یک دوزیست

### بیشتر بدانید



اگر رونویسی از روی هر دو رشته DNA، انجام شود، چه روی می دهد؟ بدیهی است در این صورت دو نوع mRNA برای ساخته شدن دو نوع پلی پپتید مختلف به وجود می آید، یعنی ممکن است دو نوع پلی پپتید به طور هم زمان ساخته شود.

مطابق نظریهٔ یک ژن - یک پلی پپتید، این امر به وقوع نمی پیوندد، بلکه هر ژن فقط ساخته شدن یک نوع پلی پپتید را تنظیم می کند. به عبارت دیگر فقط یکی از دو رشتهٔ DNA الگوی رونویسی قرار می گیرد.

پژوهش ها نشان داده است که در بعضی مناطق DNA، رونویسی از روی یکی از رشته ها صورت می گیرد، در حالی که در منطقه ای دیگر از همان DNA ممکن است رشتهٔ دیگر الگوی رونویسی قرار گیرد؛ اما معمولاً در یک منطقه از DNA هر دو رشته ای که از یک دیگر فاصله گرفته اند، رونویسی نمی شوند.

### رمز DNA چگونه شناخته شد؟

نیرنبرگ<sup>۱</sup> و همکاران او اولین گروهی بودند که موفق به کشف رمز DNA شدند. آنها از mRNA برای شناسایی رمز DNA استفاده کردند.

آنان انواع خاصی از مولکول های mRNA را ساختند. در لولهٔ آزمایشی که آمینواسیدها و تعدادی آنزیم وجود داشته باشد، mRNA می تواند زنجیره ای از آمینواسیدها را بسازد. هر نوع mRNA با پیام رمزی که دارد باعث تولید نوع خاصی رشتهٔ پلی پپتیدی می شود. حال در صورتی که نوع mRNA و رشتهٔ پلی پپتیدی که ساخته شده است مشخص باشد، پیام mRNA معلوم می شود. نیرنبرگ و همکاران او بر این اساس رشته ای mRNA ساختند که فقط نوکلئوتید یوراسیل<sup>۲</sup> دار (U) داشت. مولکول RNA ساخته شده را در لولهٔ آزمایشی قرار دادند که دارای بیست نوع آمینواسید و مایع استخراج شده از سیتوپلاسم سلولی بود. تجزیهٔ رشتهٔ پلی پپتیدی ساخته شده، نشان داد که از بین ۲۰ نوع آمینواسید فقط یک نوع آمینواسید به نام فنیل آلانین در این رشته به کار رفته است. با توجه به این که از قبل به وسیلهٔ آزمایش هایی مشخص شده بود که رمزهای DNA و در نتیجه رمزهای RNA سه نوکلئوتیدی هستند، بنابراین نتیجه گرفته شد که UUU، رمز قرار گرفتن آمینواسید فنیل آلانین در یک رشتهٔ پلی پپتیدی است.

بعداً، محققان دیگر توانستند با انجام آزمایش هایی شبیه آزمایش نیرنبرگ، رمزهای هر یک از ۲۰ نوع آمینواسید را شناسایی کنند. هر رمز سه نوکلئوتیدی mRNA را یک کدون می نامند. کدون ها عمومی هستند، یعنی در جانداران یکسان اند.

<sup>۱</sup> - Marshall Nirenberg

<sup>۲</sup> - Uracil



کدون‌های mRNA					
اولین باز	دومین باز				سومین باز
	U	C	A	G	
U	UUU ] UUC ] فنیل آلانین UUA ] UUG ] لوسین	UCU ] UCC ] UCA ] سرین UCG ]	UAU ] UAC ] تیروزین UAA ] UAG ] پایان	UGU ] UGC ] سیستئین UGA ] UGG ] پایان تریپتوفان	U C A G
C	CUU ] CUC ] CUA ] لوسین CUG ]	CCU ] CCC ] CCA ] پرولین CCG ]	CAU ] CAC ] هیستیدین CAA ] CAG ] گلوتامین	CGU ] CGC ] CGA ] آرژینین CGG ]	U C A G
A	AUU ] AUC ] AUA ] ایزولوسین AUG (متیونین شروع)	ACU ] ACC ] ACA ] ACG ] ترئونین	AAU ] AAC ] آسپاراژین AAA ] AAG ] لیزین	AGU ] AGC ] سرین AGA ] AGG ] آرژینین	U C A G
G	GUU ] GUC ] GUA ] GUG ] والین	GCU ] GCC ] GCA ] آلانین GCG ]	GAU ] GAC ] آسپارتیک اسید GAA ] GAG ] گلوتامیک اسید	GGU ] GGC ] GGA ] گلیسین GGG ]	U C A G

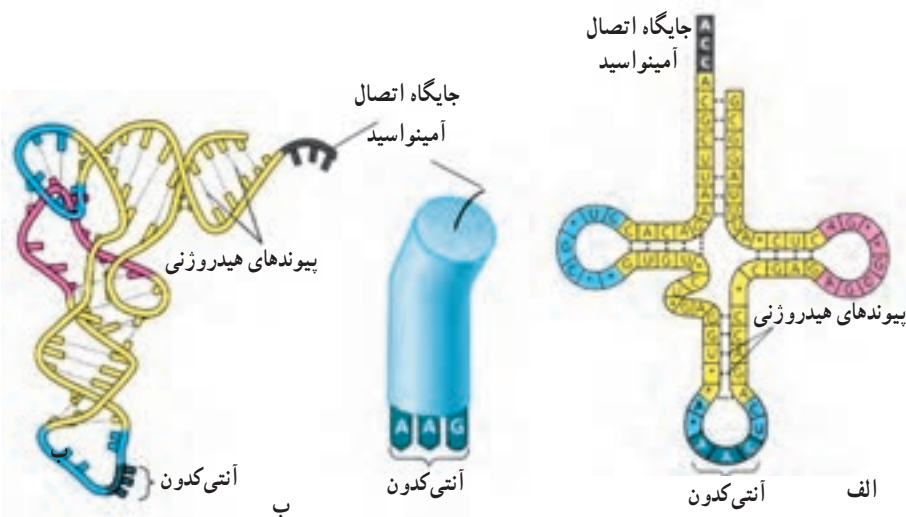
در فرآیند ترجمه، از روی mRNA پروتئین ساخته می‌شود.

در فرآیند ترجمه، توالی نوکلئوتیدها در mRNA به توالی آمینو اسیدها در پروتئین ترجمه می‌شود.

در این فرآیند، در واقع زبان نوکلئیک اسیدی که با حروف نوکلئوتیدی است به زبان پروتئین که با حروف آمینو اسیدی است، ترجمه می‌شود.

پروتئین‌سازی در ریبوزوم‌ها انجام می‌شود. بنابراین باید آمینو اسیدها به ریبوزوم‌ها آورده شوند.

tRNAها آمینواسیدها را به ریبوزوم‌ها می‌آورند. ساختار tRNA در شکل ۵-۱ نشان داده شده است. همان‌طور که می‌بینید، مولکول tRNA ساختاری شبیه برگ گیاه شبدر دارد. از این رو به چنین ساختاری برگ شبدری گفته می‌شود. دقت کنید که مولکول tRNA تک‌رشته‌ای است و بخش‌های دورشته‌ای موجود در شکل، در نتیجهٔ تاخوردگی‌های مولکول tRNA روی خود حاصل شده‌اند. در برگ میانی، سه باز می‌بینید که با هیچ باز دیگری از tRNA جفت نشده‌اند. این سه باز را آنتی‌کدون می‌نامند. آنتی‌کدون تعیین می‌کند که آن tRNA چه آمینواسیدی را باید حمل کند. برای هر یک از ۲۰ آمینواسید، حداقل یک نوع tRNA وجود دارد. در آن سوی مولکول tRNA جایگاه پذیرندهٔ آمینواسید قرار دارد. آمینواسید، در این جایگاه به tRNA ویژه خود متصل می‌شود.



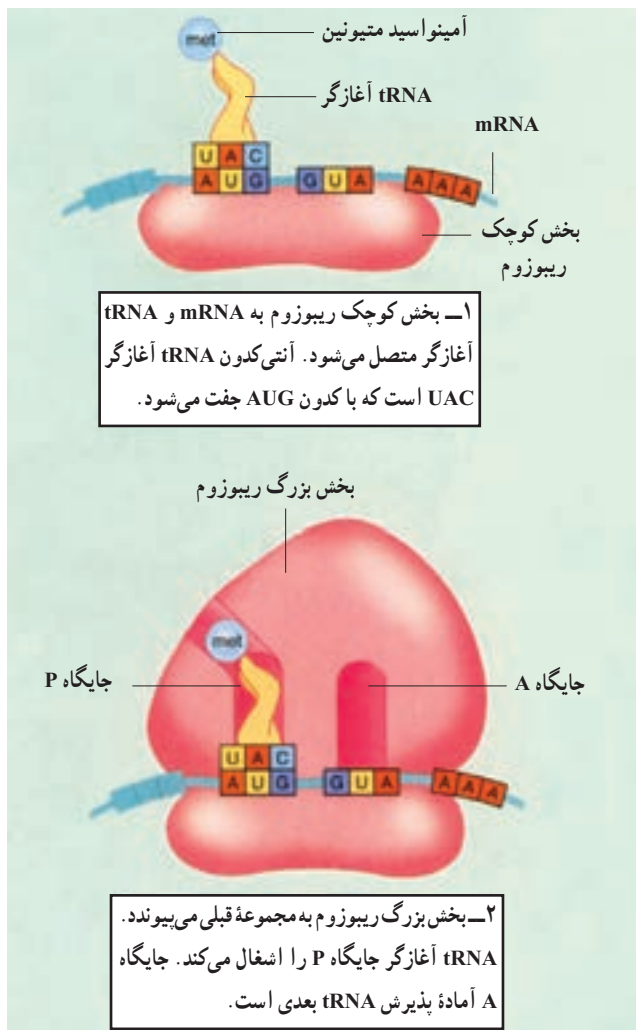
شکل ۵-۱- ساختار یک مولکول tRNA. الف) رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهای موجود در این مولکول موجب ایجاد چنین ساختاری شده است. بخش آنتی‌کدون این مولکول که در یکی از حلقه‌ها قرار دارد، مکمل کدون مولکول mRNA است. دو حلقهٔ دیگر به نگهداری آن روی ریبوزوم کمک می‌کنند. در قسمت بالایی آن جایگاه CCA، یعنی جایگاه اتصال آمینواسید اختصاصی دیده می‌شود. ب) ساختار سه بعدی tRNA در سلول شبیه حرف L است.

رمزهای موجود در RNA چگونه خوانده می‌شوند؟ هر آنتی‌کدون در tRNA، مکمل یکی از کدون‌های mRNA است. مثلاً tRNAی که آنتی‌کدون GAA را دارد به کدون CUU متصل می‌شود و ناقل لوسین است. به این ترتیب، رمز CUU به لوسین ترجمه می‌شود.

ترجمه: فرایند ترجمه را می‌توان در سه مرحلهٔ آغاز، ادامه و پایان بررسی کرد. توجه داشته باشید که فرایند پروتئین‌سازی، همانند دیگر فرایندهای سنتزی درون سلول، نیازمند انرژی است.

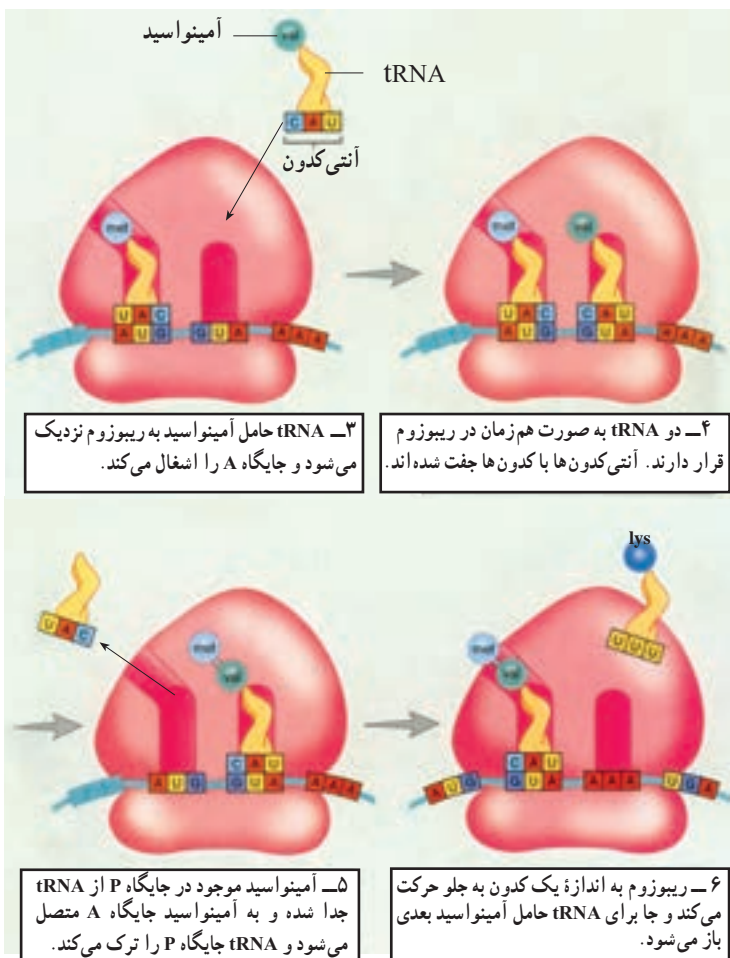
مرحله آغاز: بخش کوچک تریبوزوم در مجاورت کدون آغاز به mRNA متصل می‌شود. کدون آغاز، AUG است و متیونین را رمز می‌کند. اولین tRNA که آغازگر نام دارد، با کدون آغاز رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند. سپس بخش بزرگ تریبوزوم به بخش کوچک می‌پیوندد و ساختار تریبوزوم برای ترجمه کامل می‌شود.

هر تریبوزوم دو جایگاه دارد: یکی جایگاه P (برای پلی‌پپتید در حال ساخت) و دیگری جایگاه A (برای آمینواسید). در مرحلهٔ آغاز، tRNA آغازگر، که ناقل متیونین است، به جایگاه P وارد می‌شود و در آنجا با کدون آغاز رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند (شکل ۱-۶).



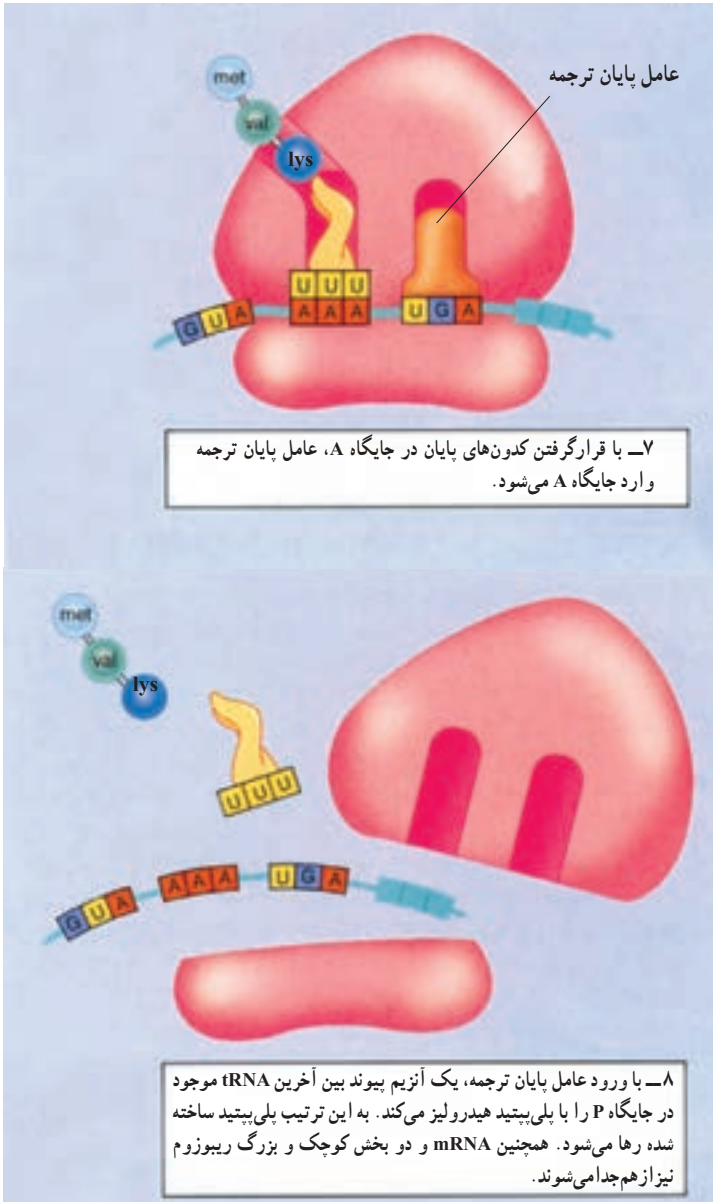
شکل ۱-۶- آغاز پروتئین‌سازی

**مرحله ادامه:** با ورود tRNA حامل دومین آمینواسید به جایگاه A، مرحله ادامه شروع می‌شود. در این مرحله، آمینواسید موجود در جایگاه P از tRNA جدا می‌شود و با آمینواسید موجود در جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می‌کند. به این ترتیب tRNA موجود در جایگاه P، دیگر آمینواسیدی نخواهد داشت و باید ریبوزوم را ترک کند. در این هنگام، جابه‌جایی رخ می‌دهد و ریبوزوم به اندازه یک کدون در طول mRNA به پیش می‌رود. tRNA موجود در جایگاه A همراه با پلی‌پپتیدی که حمل می‌کند، به جایگاه P منتقل می‌شود. در نتیجه، جایگاه A که سومین کدون در آن قرار دارد، خالی می‌شود و آمادگی پذیرش tRNA حامل آمینواسید سوم را کسب می‌کند. با ورود tRNA حامل سومین آمینواسید به جایگاه A، چرخه فوق دوباره تکرار می‌شود (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱- ادامه پروتئین‌سازی

مرحله پایان ترجمه : وقتی یکی از کدون‌های پایان درون جایگاه A قرار گیرد، ترجمه پایان می‌پذیرد. چون هیچ tRNAی برای کدون‌های پایان وجود ندارد. در این حالت دو بخش ریبوزوم، mRNA و پروتئین ساخته شده از یک‌دیگر جدا می‌شوند (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱- پایان پروتئین‌سازی

## تفکر نقادانه

فرضیه‌ای در زیست‌شناسی وجود دارد مبنی بر این که «جهت جریان اطلاعات ژنی در سلول‌ها همیشه یک طرفه و از DNA به سوی پروتئین‌هاست.» این جریان هرگز در جهت مخالف برقرار نمی‌شود. با توجه به شکل‌های ۱-۶، ۱-۷ و ۱-۸؛ در گروه‌های ۲ یا ۳ نفری این فرضیه را مورد بحث قرار دهید و خلاصه‌ی مذاکرات خود را در کلاس مطرح کنید.

## ژن‌های یوکاریوتی، گسسته‌اند.

در یوکاریوت‌ها، RNAی که مستقیماً در نتیجه‌ی فعالیت RNA پلی‌مراز حاصل می‌شود، mRNA اولیه نام دارد. این RNA پس از تغییراتی که متحمل می‌شود، به mRNA بالغ تبدیل و برای ترجمه به سیتوپلاسم فرستاده می‌شود. یکی از تغییرات در اغلب RNAهای یوکاریوتی کوتاه شدن مولکول RNA اولیه است.

در mRNA اولیه مناطقی وجود دارد که در mRNA بالغ وجود ندارد و بنابراین ترجمه نمی‌شوند. مناطقی از DNA که رونوشت آنها در mRNA بالغ باقی می‌ماند، اگزون<sup>۱</sup> و مناطقی که رونوشت آنها حذف می‌شود، اینترون<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند. در نتیجه حذف رونوشت اینترون‌ها، mRNA بالغ نسبت به mRNA اولیه کوتاه‌تر می‌شود. به این گونه ژن‌ها، ژن‌های گسسته می‌گویند.



## فعالیت

### آزمایش سریع

چگونه می‌توانید اینترون‌ها و اگزون‌ها را نمایش دهید؟

مواد اولیه

نوار کاغذی به طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر، خودکار قرمز و خودکار آبی یا مداد (دو رنگ)،

خط‌کش و قیچی

روش کار

۱- نوار را روی میز قرار دهید. این نوار نماینده یک ژن است.





۲- حروف پتلخ رخ‌دوازت‌ص رطقی  
ی‌شن را شبیه شکل زیر با دو رنگ روی نوار، بنویسید و  
فواصل بین حروف را به گونه‌ای رعایت کنید که نوار همه حروف  
را دربرگیرد. حروفی که با رنگ آبی نوشته‌اید، نماینده اینترون‌ها  
و حروف دیگر با رنگ دوم نشانه اگزون‌هاست.

۳- نوار را بردارید و از راست به چپ حروف هم‌رنگ  
را قیچی کنید و در دو گروه بچسبانید و با این کار دو نوار  
هم‌رنگ ایجاد می‌شود که یکی مبین اینترون‌ها و دیگری مبین  
اگزون‌هاست. کدامیک برای شما معنی‌دارتر است؟  
پیش‌بینی کنید: پیش‌بینی کنید در صورتی که یک  
اینترون جدا نشود چه اتفاقی در پروتئین حاصل رخ می‌دهد.

پتلخ رخ‌دوازت‌ص رطقی‌شن

## فعالیت



## رمز‌گشایی ماده وراثتی

کراتین یکی از پروتئین‌های پوست. ژن این پروتئین در سلول‌های خاصی از پوست، بیان می‌شود.  
در شکل زیر حروف بخشی از نوکلئوتیدهای مولکول mRNA مربوط به ژن کراتین نوشته شده است. با  
کمک این رشته mRNA و نیز با استفاده از جدول کدون‌های RNA بعضی از آمینواسیدهای کراتین را  
پیدا کنید. جهت ترجمه را از چپ به راست شکل در نظر بگیرید.



- ۱- آمینواسیدهای مربوطه را تعیین کنید.
- ۲- آنتی کدون‌های tRNAهایی که با این کدون‌ها پیوند برقرار کرده‌اند، تعیین کنید.
- ۳- ردیف DNAی را که این mRNA از روی آن رونویسی شده است، تعیین کنید.
- ۴- رشته مکمل این DNA را مشخص کنید.

بیشتر بدانید



### چرا بعضی از قارچ‌ها کشنده‌اند؟

یکی از سمومی که در قارچ کشنده آمانیتا فالوئیدز<sup>۱</sup> وجود دارد و آمانیتین نامیده می‌شود، یکی از RNA پلی‌مرازها را مهار می‌کند و از ساخته شدن RNA و به دنبال آن از پروتئین‌سازی جلوگیری می‌کند. این اختلال ممکن است باعث مرگ شود.

خودآزمایی



- ۱- رابطه بین DNA و آنزیم‌ها را شرح دهید.
- ۲- آزمایش‌های بیدل و تیتوم و نتایج آنها را شرح دهید.
- ۳- چرا نظریه یک ژن - یک آنزیم به نظریه یک ژن - یک پلی‌پپتید تغییر یافت؟
- ۴- چرا ممکن نیست رمزهای وراثتی کمتر از سه حرف داشته باشند؟
- ۵- پژوهش‌های گروه نیرنبرگ و حاصل کار این گروه را شرح دهید.
- ۶- چه اطلاعات دیگری به جز رمز مربوط به آمینواسیدها روی رمزهای وراثتی DNA وجود

دارد؟

- ۷- نقش آنزیم RNA پلی‌مراز را در رونویسی شرح دهید.
- ۸- مراحل رونویسی را شرح دهید.
- ۹- نقش راه‌انداز در رونویسی چیست؟
- ۱۰- ساختار tRNA را متناسب با کاری که انجام می‌دهد، شرح دهید.
- ۱۱- گسستگی ژن‌های یوکاریوتی را توضیح دهید.

۱- Amanita phalloides

سلول‌ها از همهٔ ژن‌های خود به‌طور هم‌زمان استفاده نمی‌کنند. مثلاً باکتری اشریشیا کُلائی<sup>۱</sup> می‌تواند در غیاب گلوکز از لاکتوز هم به‌عنوان منبع انرژی استفاده کند. این باکتری در دستگاه گوارش ما زندگی می‌کند. وقتی یک محصول لبنی می‌خوریم، دی‌ساکارید لاکتوز (قند شیر)، در دسترس باکتری است. کلائی قرار می‌گیرد. در این هنگام، این باکتری با ساختن آنزیم‌های لازم که برای جذب و تجزیهٔ لاکتوز لازم هستند، از این قند به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌کند. توجه داشته باشید که وقتی لاکتوز در اختیار باکتری نباشد، دیگر لزومی به ساختن آنزیم‌های جذب و تجزیه‌کنندهٔ آن نیست و بنابراین از ژن‌های این آنزیم‌ها، استفاده‌ای نمی‌شود. وقتی یک ژن مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌گویند آن ژن، بیان شده و به اصطلاح روشن است. وقتی ژن مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، می‌گویند آن ژن، خاموش است. این که در یک زمان مشخص، کدام ژن‌ها روشن و کدام ژن‌ها خاموش باشند، به تنظیم بیان ژن معروف است.

در یوکاریوت‌ها نیز می‌توان مثال‌های متعددی از تنظیم بیان ژن مطرح کرد. تنظیم بیان ژن علاوه بر پاسخ به تغییر شرایط محیط، مثل در دسترس بودن یا نبودن یک منبع غذایی، در نمو جاندار نقش مهمی دارد. توجه داشته باشید که بدن ما از صدها نوع سلول مختلف ساخته شده است که همگی حاصل تقسیم میتوز یک سلول اولیه - زیگوت - هستند. بنابراین مادهٔ ژنتیک همهٔ آنها یکسان است. اگر مادهٔ ژنتیک سلول‌های پوششی، عصبی، ماهیچه‌ای و ... بدن ما یکسان است، پس چرا شکل و کار این سلول‌ها با یکدیگر این قدر متفاوت است؟ پاسخ این است که در هر نوع سلول فقط بعضی از ژن‌ها بیان می‌شوند. مثلاً هموگلوبین که نقش انتقال گازهای تنفسی در گلبول‌های قرمز را برعهده دارد، در این سلول‌ها ساخته می‌شود و ژن آن در سلول‌های پوششی یا عصبی، که نیازی به آن ندارند، خاموش است. بنابراین، سلول‌هایی که شکل و کار متفاوتی دارند، پروتئین‌های مختلفی دارند. در واقع، آنچه که فنوتیپ را تعیین می‌کند، نوع پروتئین‌هاست.

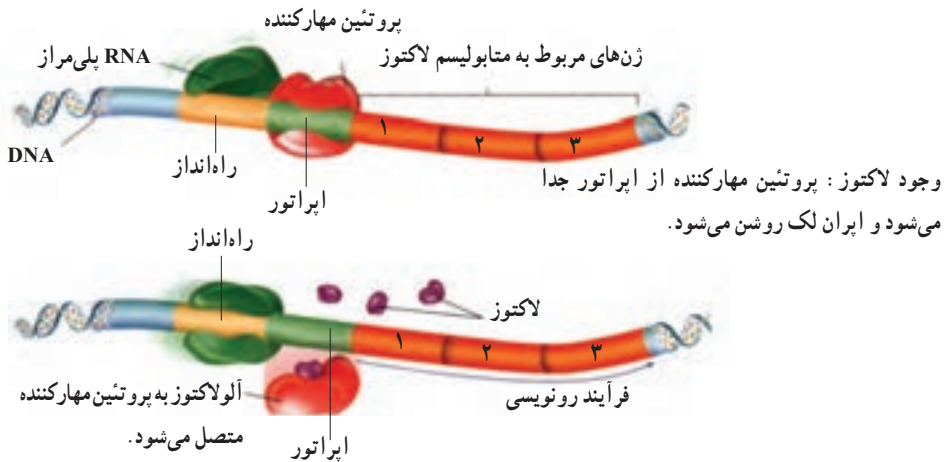
<sup>۱</sup>- Escherichia coli

## تنظیم بیان ژن‌ها در پروکاریوت‌ها بر عهدهٔ اپران‌هاست.

در پروکاریوت‌ها، تنظیم بیان ژن ممکن است در سطوح مختلفی از جمله رونویسی، ترجمه، یا پس از ترجمه صورت گیرد. ولی عمدتاً هنگام رونویسی انجام می‌شود، یعنی اگر نیازی به محصول ژن نباشد، از آن ژن رونویسی صورت نمی‌گیرد. چگونه می‌توان از رونویسی یک ژن جلوگیری کرد؟ به یاد بیاورید که RNA پلی‌مراز به قسمتی از DNA که راه‌انداز نام دارد، متصل و همانند قطاری که روی ریل حرکت می‌کند، رونویسی را انجام می‌دهد. بدیهی است اگر سدی بر سر راه RNA پلی‌مراز قرار بگیرد که مانع حرکت آن روی ژن شود، آن ژن رونویسی نخواهد شد. این سدها، در واقع پروتئین‌های بزرگی هستند به نام مهارکننده که به توالی‌های مخصوصی از DNA به نام اپراتور<sup>۱</sup> متصل می‌شوند. اپراتور مجاور راه‌انداز قرار دارد و بنابراین وقتی پروتئین مهارکننده به توالی اپراتور متصل می‌شود، سدی پدید می‌آید که جلوی حرکت RNA پلی‌مراز را می‌گیرد و به این ترتیب ژن را خاموش می‌کند. رمزهای پروتئین مهارکننده روی ژنی به نام ژن تنظیم‌کننده<sup>۲</sup> قرار دارد.

بیاید دوباره به مثال متابولیسم لاکتوز باکتری *E. coli* کلاسی توجه کنیم. این باکتری برای آن که بتواند از لاکتوز استفاده کند، به سه آنزیم نیاز دارد. ژن‌های این سه آنزیم در شکل ۹-۱ با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. دانشمندان دریافته‌اند که وقتی لاکتوز در محیط نیست، غلظت هر سه آنزیم اندک است، اما پس از حضور لاکتوز در محیط غلظت هر سه آنزیم یاد شده، هماهنگ باهم افزایش می‌یابد.

نمود لاکتوز: پروتئین مهارکننده به اپراتور متصل می‌شود و اپران لک خاموش می‌شود.



شکل ۹-۱- خاموش و روشن کردن ژن‌های پروکاریوتی

۱- Operator

۲- regulator gene

در سال ۱۹۶۱ دو دانشمند فرانسوی به نام‌های ژاکوب<sup>۱</sup> و مونو<sup>۲</sup> برای توضیح نحوه بیان هماهنگ ژن‌ها در باکتری، مدل اپران<sup>۳</sup> را پیشنهاد کردند. هر اپران از یک یا چند ژن ساختاری و بخش تنظیم‌کننده ساخته شده است. منظور از ژن ساختاری قسمتی از DNA است که از روی آن RNA ساخته می‌شود. بخش تنظیم‌کننده، بیان همزمان ژن‌ها را کنترل می‌کند. برای درک بهتر مطلب، دوباره به متابولیسم لاکتوز برمی‌گردیم.

ایرانی که متابولیسم لاکتوز را تنظیم می‌کند. اپران لک<sup>۴</sup> نام دارد. اپران لک از سه ژن ساختاری به نام‌های ژن‌های ۱، ۲ و ۳ (در شکل ۹-۱)، اپراتور و راه‌انداز ساخته شده است. اپراتور و راه‌انداز بخش تنظیم‌کننده ژن را تشکیل می‌دهند. دقت کنید که هر سه ژن ۱، ۲ و ۳ تحت کنترل یک بخش تنظیم‌کننده هستند و همگی یک راه‌انداز دارند. بنابراین از روی هر سه ژن، یک mRNA، ساخته می‌شود. به این نوع mRNA، چند ژنی می‌گویند. اگر اپران فقط از یک ژن ساختاری تشکیل شده باشد آنگاه mRNA حاصل تک‌ژنی خواهد بود.

چه چیزی روشن و خاموش‌کننده اپران لک است؟ وقتی لاکتوز در محیط نیست، مهارکننده به اپراتور متصل و بنابراین اپران خاموش است؛ اما وقتی لاکتوز در محیط باشد، درون باکتری به آلولاکتوز تبدیل می‌شود. آلولاکتوز به مهارکننده متصل می‌شود و تغییراتی در شکل آن پدید می‌آورد. بر اثر این تغییر شکل، مهارکننده دیگر نمی‌تواند به اپراتور متصل شود و بنابراین اپران روشن می‌شود. آلولاکتوز را عامل تنظیم‌کننده و مهارکننده را پروتئین تنظیم‌کننده می‌نامند.

### تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها پیچیده‌تر است.

سلول‌های یوکاریوتی، در مقایسه با سلول‌های پروکاریوتی، از DNA بیشتری برخوردارند و همانند آنها، در پاسخ به تحریکات محیطی، بعضی ژن‌های خود را روشن و بعضی دیگر را خاموش می‌کنند. اپران‌ها در سلول‌های یوکاریوتی وجود ندارند.

در سلول‌های یوکاریوتی، به دلیل وجود غشای هسته، پدیده رونویسی از پدیده ترجمه جداست و در نتیجه فرصت بیشتری برای تنظیم بیان ژن وجود دارد. مثلاً، تنظیم بیان ژن ممکن است قبل از رونویسی، هنگام رونویسی، یا بعد از آن صورت گیرد. همچنین این تنظیم بعد از خروج mRNA از هسته، هنگام ترجمه یا بعد از عمل ترجمه، نیز ممکن است رخ دهد.

۱- François Jacob

۲- Jacques Monod

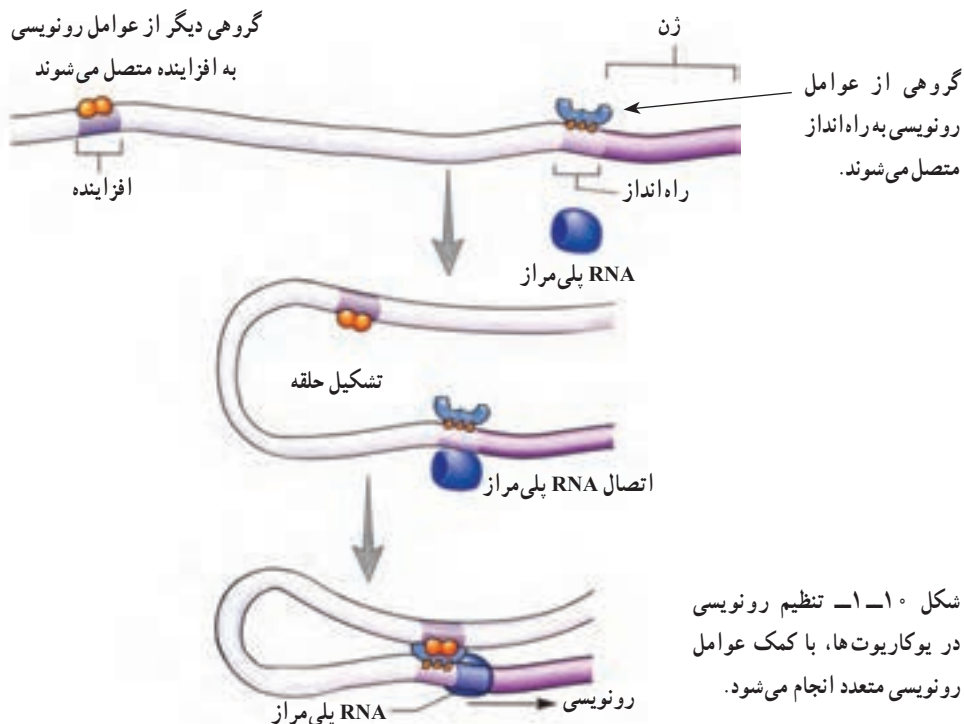
۳- operon

۴- lac operon

غالباً تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها، هنگام شروع رونویسی است. در یوکاریوت‌ها، برخلاف پروکاریوت‌ها، آنزیم RNA پلی‌مراز به تنهایی نمی‌تواند راه‌انداز را شناسایی کند. شناسایی راه‌انداز به کمک پروتئین‌های مخصوصی به نام عوامل رونویسی صورت می‌گیرد. عوامل رونویسی متعدّدند و ترکیب‌های مختلفی از آنها ایجاد می‌شود. این ترکیب‌ها، نقش‌های مختلفی را در تنظیم بیان ژن دارند.

گروهی از عوامل رونویسی به راه‌انداز متصل می‌شوند و بعد، آنزیم RNA پلی‌مراز به آنها می‌پیوندد. در یوکاریوت‌ها، علاوه بر راه‌انداز معمولاً توالی‌های دیگری از DNA نیز در رونویسی دخالت دارند که عوامل رونویسی به آنها نیز متصل می‌شوند. افزایشده، بخشی از مولکول DNA است که به کمک عوامل رونویسی متصل به آن، عمل رونویسی را تقویت می‌کند. افزایشده، برخلاف راه‌انداز، ممکن است هزاران نوکلئوتید از ژن فاصله داشته باشد. در این صورت، این پرسش مطرح می‌شود که افزایشده چگونه اثر خود را بر ژن اعمال می‌کند؟

افزایشده و عوامل رونویسی متصل به آن (موسوم به فعال‌کننده) با تشکیل یک حلقه در DNA در کنار RNA پلی‌مراز و سایر عوامل رونویسی روی راه‌انداز قرار می‌گیرند. با قرار گرفتن کلیه این عوامل در کنار هم، عوامل رونویسی که به توالی افزایشده متصل هستند، می‌توانند عوامل رونویسی متصل به راه‌انداز را فعال کنند (شکل ۱۰-۱).





جدولی برای سازماندهی اطلاعات مربوط به تنظیم ژن و پروتئین‌سازی تهیه کنید. در بالای جدول اختصاصات مهم پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را بنویسید و در کنار جدول پروتئین‌هایی را بنویسید که در تنظیم ژن‌ها دخالت می‌کنند.

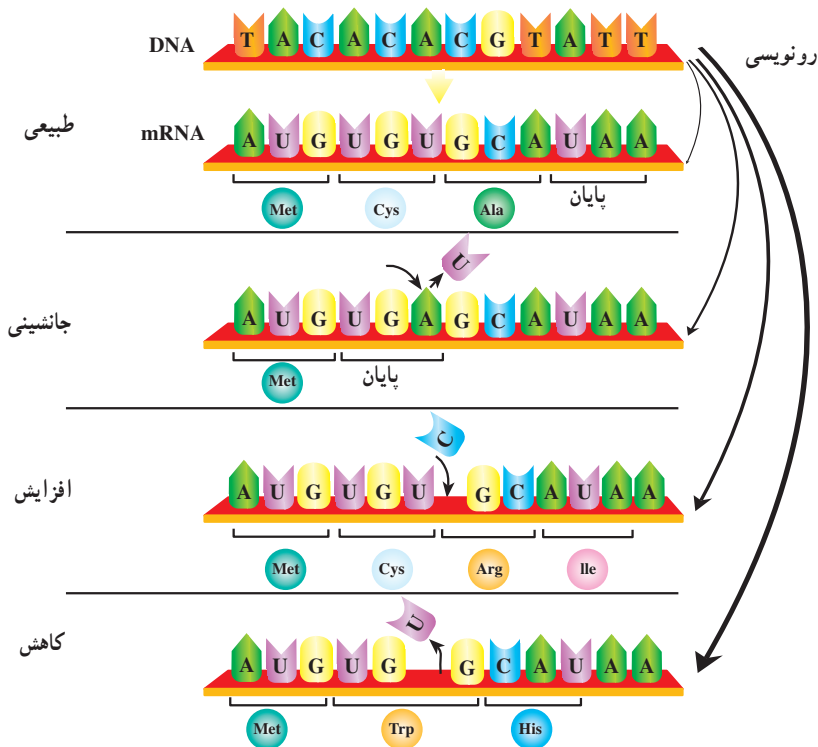
### جهش‌ها پروتئین‌های غیرطبیعی ایجاد می‌کنند.

تغییر در اطلاعات ژنتیک موجود زنده، نادر، اما انجام‌شدنی است. هرگونه تغییر در ساختار DNA را جهش می‌نامند. جهشی که در سلول‌های جنسی افراد روی می‌دهد، ممکن است به زاده‌ها منتقل شود؛ اما جهش در سلول‌های بدنی، فقط خود فردی را که در او جهش رخ داده است، متأثر می‌کند. جهش‌هایی که یک یا چند نوکلئوتید ژن را، روی یک کروموزوم، تغییر می‌دهد به جهش‌های نقطه‌ای موسوم‌اند. به‌طور عمده دو نوع جهش نقطه‌ای وجود دارد. در نوع اول یک نوکلئوتید یک ژن با نوکلئوتید نوع دیگری عوض می‌شود به چنین جهشی که از نوع نقطه‌ای است، جانشینی گفته می‌شود (شکل ۱۱-۱).

در جهش‌های نقطه‌ای نوع دوم ممکن است، افزایش، یا کاهش یک یا چند نوکلئوتید ژن رخ دهد. چون پیام ژنتیکی به شکل نوکلئوتیدهای سه‌حرفی خوانده می‌شود، افزایش، یا کاهش نوکلئوتیدها رمز سه‌حرفی‌ها را بهم می‌ریزد. تصور کنید از جمله:

ای ن م ر د ر ف ت ح ر ف م ح ذ ف ش و د . در این صورت این جمله با حفظ کلمات سه‌حرفی به این شکل: ای ن ر د ر ف ت خوانده می‌شود که بی‌معناست. چنین جهشی که باعث اشتباه خوانده شدن حروف سه نوکلئوتیدی می‌شود، به جهش تغییر چارچوب معروف است. زیرا، طی آن چارچوب الگوی خواندن در یک یا دو موضع جابه‌جا می‌شود.

به‌طور کلی جهش‌های نقطه‌ای ممکن است باعث شوند که پروتئین مورد نظر ساخته نشود، یا پروتئینی ساخته شود که ترتیب، تعداد، یا نوع آمینواسیدهای آن نسبت به پروتئینی که قبل از جهش ساخته می‌شده، متفاوت و در نتیجه عملکرد آن نیز متفاوت باشد. گاهی جانشینی‌ها در بیان ژن تأثیر ندارند. مثلاً، اگر کدون UGU به UGC تغییر یابد، چون هر دو کدون مربوط به آمینواسید سیستئین هستند، تأثیری در بیان ژن ایجاد نخواهد شد.



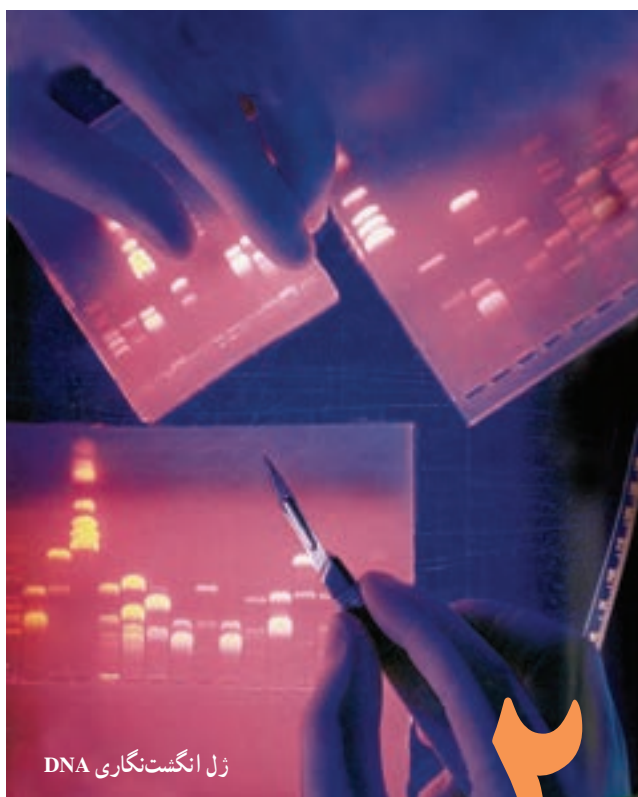
شکل ۱۱-۱. انواع جهش‌های نقطه‌ای

## خودآزمایی



- ۱- اثر یک مهارکننده را بر ابران لک به هنگام حضور لاکتوز توضیح دهید.
- ۲- اثر عوامل رونویسی و افزایشده‌ها را در بیان ژن‌های یوکاریوتی تشریح کنید.
- ۳- تفاوت اگزون و اینترون را توضیح دهید.
- ۴- توضیح دهید کدام یک از انواع جهش‌ها اثر شدیدتری روی ترتیب آمینواسیدهای یک پروتئین خواهد داشت: جهشی از نوع جانشینی و یا از نوع تغییر چارچوب؟





ژل انگشت‌نگاری DNA

## تکنولوژی زیستی

یک قطره خون برای تعیین نقشه ژنی یک فرد کافی است. تکنولوژی ژن در همان حال که می‌تواند خدمات زیادی به جامعه بشری ارائه دهد، مشکلاتی را نیز ممکن است به دنبال داشته باشد.

### پیش‌نیازها

پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید:

- ژن را تعریف کنید،
- ساختار DNA را شرح دهید،
- زوج شدن بازهای مکمل و نقش آنها را در ژنتیک بیان کنید.

تا چندی پیش، فکر استفاده از باکتری‌ها برای تولید انسولین انسانی و وارد کردن ژن به سلول‌های گوجه‌فرنگی و انسان فقط در فیلم‌ها و کتاب‌های علمی – تخیلی یافت می‌شد؛ اما اکنون روش‌های لازم برای تحقق این اندیشه‌ها به‌وجود آمده، توسعه یافته و کاربرد روزانه پیدا کرده است. در سال ۱۹۷۳ دو فرد به‌نام‌های استنالی کوهن<sup>۱</sup> و هربرت بایر<sup>۲</sup> آزمایشی طراحی و اجرا کردند که به این اندیشه‌ها جامه عمل پوشاند و پژوهش‌های ژنتیک را متحول کرد. آنان ژن رمزکننده RNA ریپوزومی (rRNA) را از DNA نوعی قورباغه آفریقای استخراج و به DNA باکتری اشریشیا کلای وارد کردند (شکل ۱-۲).



۱- این قورباغه به‌عنوان جاندار آزمایشگاهی انتخاب شد. ۲- ژن رمزکننده یک rRNA از یکی از کروموزوم‌های آن جدا شد. ۳- این ژن را به باکتری‌ها وارد کردند. باکتری‌ها rRNA قورباغه را ساختند.

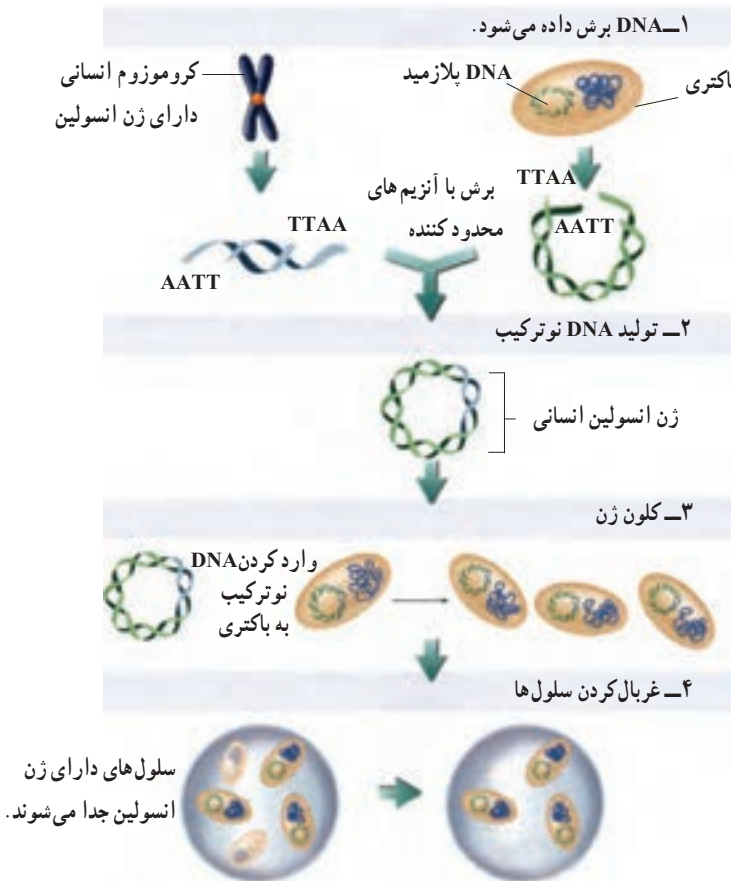
شکل ۱-۲- ایجاد تغییر در ژن‌های یک موجود زنده. کوهن و بایر اولین جاندار را که از طریق مهندسی ژنتیک تغییر یافته بود، تولید کردند.

باکتری هنگام رونویسی، rRNA قورباغه را نیز می‌سازد؛ باکتری اشریشیا کلای اولین جاندار است که با روش‌های مهندسی ژنتیک تغییر پیدا کرد و به اصطلاح تحت دست‌ورزی قرار گرفت. فرآیند دست‌ورزی در ژن‌ها، مهندسی ژنتیک نامیده می‌شود.

۱ - Stanley Cohen

۲ - Herbert Boyer

در مهندسی ژنتیک اهداف مختلفی دنبال می‌شود. اما یکی از مهم‌ترین آنها تولید ژن یا فراورده آن به مقدار انبوه است. برای تولید ژن به مقدار انبوه، مهندسان ژنتیک، ژن مورد نظر را از میان انبوه ژن‌های جاندار جدا و بعد آن را به جاندار ساده‌ای مثل باکتری – که تولیدمثل سریعی دارد – وارد می‌کنند. به این ترتیب، ژن مورد نظر در باکتری همانندسازی می‌کند و در نتیجه همانندسازی‌های پی‌درپی، مقدار آن زیاد می‌شود. در این فرایند مهندسان ژنتیک به ابزارهایی نیاز دارند. آنان نخست باید بتوانند ژن مورد نظر را از بقیه DNA جاندار جدا کنند. پس به ابزاری نیاز دارند که بتواند DNA را ببرد. برای بریدن DNA از آنزیم‌هایی به نام آنزیم‌های محدودکننده استفاده می‌کنند که با آنها آشنا خواهیم شد. آنان سپس به وسیله‌ای نیاز دارند که ژن مورد نظر را به درون باکتری حمل کند. به نظر شما، مهندس ژنتیک به چه وسایلی دیگری نیاز دارد؟ (شکل ۲-۲)



شکل ۲-۲- در بسیاری از آزمایش‌های مهندسی ژنتیک یکی یا همه این مراحل اساسی انجام می‌شود.

## روش‌ها و ابزارهای مهندسی ژنتیک

**وکتورها:** وکتور یک مولکول DNA است که به عنوان حامل برای انتقال ماده ژنتیکی بیگانه به درون یک سلول و تکثیر آن استفاده می‌شود. از معمول‌ترین وکتورها، پلازمیدها و ویروس‌ها را می‌توان نام برد.

پلازمیدها، مولکول‌های DNA حلقوی کوچکی هستند که در بعضی از باکتری‌ها وجود دارند. پلازمیدها را کروموزوم‌های کمکی نیز می‌نامند، چون حاوی ژن‌هایی هستند که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارد. مثلاً ژن مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک در پلازمیدها قرار دارد.

پلازمیدها می‌توانند مستقل از کروموزوم اصلی همانندسازی کنند. معنی این جمله آن است که پلازمیدها می‌توانند حتی در مواقعی که باکتری در حال تولید مثل نیست نیز همانندسازی کنند. مهندسان ژنتیک، ژن مورد نظر را درون پلازمید قرار می‌دهند. به این ترتیب، هرگاه که پلازمید همانندسازی می‌کند، ژن مورد نظر نیز همانندسازی می‌کند و بدین ترتیب بر تعداد نسخه‌های آن دائماً افزوده می‌شود.

وقتی ژن مورد نظر، که از این پس آن را ژن خارجی می‌نامیم، درون پلازمید قرار می‌گیرد، در واقع DNA جدیدی ساخته می‌شود که از ترکیب دو DNA متفاوت، یکی ژن خارجی و دیگری پلازمید، حاصل شده است. این DNA را DNA نو ترکیب می‌نامند. ساختن DNA نو ترکیب، یکی از اصلی‌ترین مراحل مهندسی ژنتیک است. از این رو مهندسی ژنتیک را فناوری DNA نو ترکیب نیز می‌نامند.

از دیگر وکتورها می‌توان به باکتریوفاژها اشاره کرد. باکتریوفاژها، ویروس‌هایی هستند که میزبان آنها باکتری است. وقتی باکتریوفاژ، باکتری را آلوده می‌کند، DNA آن در سلول میزبان شروع به همانندسازی می‌کند. با قرار دادن ژن خارجی در DNA باکتریوفاژ، امکان تکثیر ژن فراهم می‌شود.

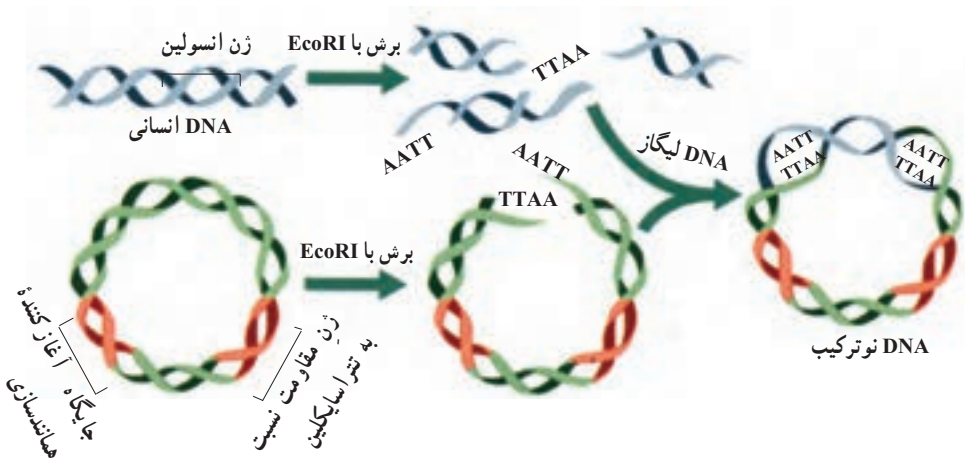
**ساختن مولکول DNA نو ترکیب:** برای ساختن مولکول DNA نو ترکیب، به دو نوع آنزیم نیاز داریم. یکی برای بریدن پلازمید و قرار دادن ژن خارجی در آن و دیگری برای اتصال دو سر ژن خارجی به پلازمید. توجه داشته باشید که منظور از بریدن DNA یعنی قطع پیوند فسفودی‌استر و منظور از اتصال دو DNA یعنی برقراری پیوند فسفودی‌استر میان دو DNA است.

بریدن DNA، به کمک آنزیم‌های محدودکننده صورت می‌گیرد. آنزیم‌های محدودکننده آنزیم‌هایی باکتریایی هستند که توالی کوتاهی خاص از DNA را شناسایی می‌کنند و سپس آن را برش می‌دهند.

مثالی از چگونگی عمل آنزیم‌های محدودکننده در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. آنزیم محدودکننده EcoRI<sup>۱</sup> توالی نوکلئوتیدی GAATTC را می‌شناسد. توالی خاصی که آنزیم آن CTTAAG

را می‌شناسد، جایگاه تشخیص آنزیم نام دارد. توجه داشته باشید که توالی دو رشته جایگاه تشخیص عکس یکدیگر هستند.

بیشتر آنزیم‌های محدودکننده، قطعاتی از DNA کوتاه تکرار شده‌ای در هر دو انتها تولید می‌کنند که با یکدیگر مکمل هستند. این دو انتهای چسبنده نامیده می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۲-۳ نشان داده شده است، وکتورهای به کار برده شده، فقط دارای یک جایگاه تشخیص آنزیم هستند. آنزیم محدودکننده‌ای که برای بریدن پلازمید استفاده می‌شود، باید همان آنزیمی باشد که دو سر ژن خارجی با آن بریده شده است. در این صورت، انتهای چسبنده یکی به انتهای چسبنده دیگری متصل می‌شود. این اتصال، توسط پیوندهای هیدروژنی صورت می‌گیرد نه پیوند فسفودی‌استر. برای برقراری پیوند فسفودی‌استر میان دو DNA، مهندسان ژنتیک از آنزیمی به نام آنزیم لیگاز استفاده می‌کنند (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ آنزیم‌های محدودکننده DNA را برش می‌دهند. آنزیم محدودکننده EcoRI توالی نوکلئیدی GAATTC را می‌شناسد و آن را برش می‌دهد. این برش بین نوکلئیدهای G و A است.

کلون شدن ژن: بعد از آن که DNA نو ترکیب ساخته شد، آن را در مجاورت باکتری‌ها قرار می‌دهند تا باکتری‌ها آن را جذب کنند. البته همه باکتری‌ها موفق به جذب DNA نو ترکیب نمی‌شوند، اما تعداد کمی از آنها DNA نو ترکیب را جذب می‌کنند. DNA نو ترکیب بعد از ورود به باکتری، با استفاده از دستگاه همانندسازی باکتری، همانندسازی می‌کند و در نتیجه همانندسازی‌های پی در پی DNA

نوترکیب نسخه‌های متعددی از آن و در نتیجه ژن خارجی ساخته می‌شود. وقتی از یک ژن نسخه‌های یکسان متعدد ساخته می‌شود، می‌گویند آن ژن، کلون شده است.

**غربال کردن:** در این مرحله، مهندسان ژنتیک باید باکتری‌هایی را که DNA نوترکیب را جذب کرده‌اند از باکتری‌هایی که DNA نوترکیب را جذب نکرده‌اند، جدا کنند. این کار را غربال کردن



شکل ۴-۲- غربال کردن. فقط سلول‌هایی که وکتور را جذب کرده‌اند، نسبت به تتراسایکلین مقاوم‌اند و بنابراین وقتی تتراسایکلین به آنها اضافه شود، زنده می‌مانند.

می‌نامند. به یاد داشته باشید که پلازمید، حاوی ژن مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک است. بنابراین، آنهایی که DNA نوترکیب را جذب کرده‌اند، نسبت به یک آنتی‌بیوتیک خاص - مثلاً تتراسایکلین - مقاوم شده‌اند. به این ترتیب، می‌توان با اضافه کردن تتراسایکلین به محیط کشت باکتری‌ها، غربال‌گری را انجام داد. باکتری‌هایی که DNA نوترکیب را جذب نکرده‌اند، بعد از اضافه کردن تتراسایکلین می‌میرند و فقط آنهایی زنده می‌مانند که DNA نوترکیب را جذب کرده‌اند (شکل ۴-۲).

**استخراج ژن:** اکنون نوبت به استخراج ژن می‌رسد. ژن باید از DNA نوترکیب جدا شود. برای جدا کردن ژن، باز هم به آنزیم محدودکننده نیاز داریم. باید از همان آنزیمی استفاده کنیم که قبلاً برای ساختن DNA نوترکیب استفاده کردیم. با این آنزیم، پلازمید و ژن خارجی را از یک‌دیگر جدا می‌کنیم. حال در لوله آزمایش، مخلوطی داریم از دو نوع DNA: یکی پلازمید و دیگری ژن خارجی. تفکیک این دو به کمک الکتروفورز در ژل انجام می‌شود. ژل، ورقه‌ای مستطیلی شکل ژلاتینی است. در ژل، منافذ ریز بسیاری وجود دارد. در یک سمت ژل، چاهک‌هایی وجود دارد که مخلوط مولکول‌های DNA در آن قرار می‌گیرد. یک میدان الکتریکی از درون ژل می‌گذرد. از آن‌جا که مولکول‌های DNA بار منفی دارند، پس از برقرار شدن میدان الکتریکی، به سمت قطب مثبت میدان حرکت می‌کنند. در حین حرکت، از منافذ موجود در ژل عبور می‌کنند. مولکول‌های کوچک‌تر، سریع‌تر از منافذ عبور می‌کنند و جلوتر از بقیه حرکت می‌کنند. به این ترتیب، DNAها از یک‌دیگر جدا می‌شوند و مولکول‌هایی که به یک اندازه هستند در یک ردیف قرار می‌گیرند و به این ترتیب موقعیت آنها در ژل به صورت نوارهایی مشاهده می‌شود. بنابراین، بعد از اتمام الکتروفورز مخلوط دو نوع DNA پلازمیدی و خارجی، دو نوار در ژل خواهیم دید. نواری که به قطب مثبت نزدیک‌تر است، حاوی

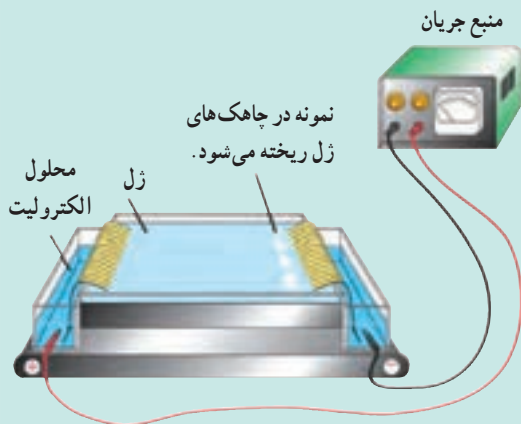
مولکول‌های کوچک‌تر یعنی DNA خارجی است و نوار دیگر حاوی مولکول‌های بزرگ‌تر، یعنی پلازمید است. روش الکتروفورز علاوه بر نوکلئیک اسیدها، برای پروتئین‌ها نیز کاربرد دارد. در این روش، پروتئین‌ها براساس اندازه، از یکدیگر جدا می‌شوند.

بیشتر بدانید



### منشأ واژه‌ها

واژه الکتروفورز از کلمه لاتین electrocus به معنی الکتریسیته و کلمه آلمانی phoresis به معنی حمل کردن گرفته شده است. دانستن این مطلب به ما کمک می‌کند که به راحتی به یاد آوریم که در الکتروفورز به کمک الکتریسیته قطعات DNA یا پروتئین از هم جدا و حمل می‌شوند.



### خودآزمایی



- ۱- چهار مرحله عمومی آزمایش‌های مهندسی ژنتیک را برای شرح کلون کردن یک ژن انسان، به کار برید.
- ۲- نقش «انتهای چسبنده» DNA را در ساختن DNA نو ترکیب شرح دهید.
- ۳- به طور خلاصه شرح دهید چگونه سلول‌ها در آزمایش‌های مهندسی ژنتیک غربال می‌شوند.

### تفکر نقادانه

مهارت ارائه نتیجه‌گیری: یک دانش‌آموز روی یک نمونه DNA الکتروفورز انجام داده است و معتقد است که کوچک‌ترین قطعه DNA موجود در نمونه‌اش، نزدیک‌ترین نوار به قطب منفی ژل است. آیا شما با نتیجه‌گیری او موافق هستید؟ شرح دهید.

## ۲ مهندسی ژنتیک در پزشکی

داروها و واکنش‌های حاصل از مهندسی ژنتیک امروزه در دسترس هستند. مهندسی ژنتیک می‌تواند برای مشکلاتی که بشر با آنها روبه‌روست، مثل تأمین غذا و مبارزه با بیماری‌ها راه‌حلهایی ارائه کند. بعضی از این راه‌حل‌ها هم اکنون در دسترس همگان‌اند و بعضی دیگر در آینده در دسترس قرار خواهند گرفت. آینده‌ای که به گمان بسیاری از پژوهشگران بر زیست‌شناسی متکی است.

**داروها:** بسیاری از بیماری‌های ژنی به علت عدم توانایی بدن در ساختن یک نوع پروتئین خاص است. به این علت در سراسر جهان صدها شرکت داروسازی وجود دارد که پروتئین‌های مورد نیاز این بیماران را با به‌کار بردن روش‌های مهندسی ژنتیک در باکتری‌ها تولید می‌کنند (شکل ۵-۲). مواد ضد انعقاد خون از جمله این پروتئین‌ها هستند و برای جلوگیری از ایجاد لخته خون به کار می‌روند. انسولین نیز که در درمان دیابت به کار می‌رود، از همین جمله است.

فاکتور انعقادی شماره VIII پروتئینی است که در روند انعقاد خون دخالت دارد و فقدان آن سبب ناتوانی در انعقاد خون می‌شود و بیماری هموفیلی را به وجود می‌آورد. این پروتئین با به‌کار گرفتن روش‌های مهندسی ژنتیک ساخته می‌شود و به‌عنوان دارو به فروش می‌رسد. تا چندی پیش بیماران هموفیل فاکتوری را که از خون‌های اهدایی استخراج می‌شد، دریافت می‌کردند. متأسفانه بعضی از خون‌های اهدایی به ویروس HIV یا ویروس هپاتیت B آلوده بودند.



### داروهای حاصل از مهندسی ژنتیک

کاربرد در درمان	محصول
آنمی (کم‌خونی)	اریتروپوئین
زخم‌ها و سوختگی‌ها	فاکتورهای رشد
ناهنجاری‌های رشدی	هورمون رشد انسانی
سرطان	اینترلوکین‌ها
بیماری‌های ویروسی و سرطان	اینترفرون‌ها



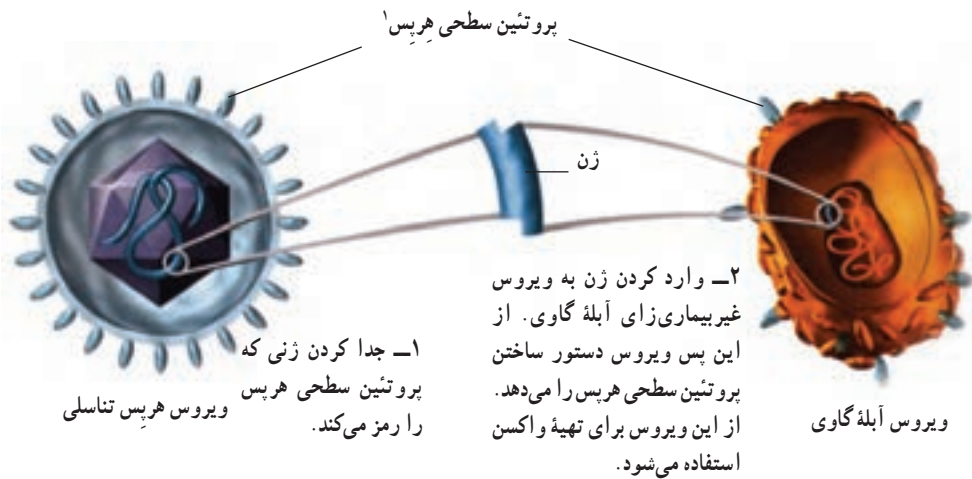
**واکسن‌ها:** بسیاری از بیماری‌های ویروسی، مانند آبله و فلج اطفال با داروهای موجود در مان نمی‌شوند. می‌توان با این ویروس‌ها از طریق پیشگیری، یعنی به‌کار بردن واکسن، مبارزه کرد. در گذشته واکسن‌ها، یا با میکروب‌های کشته‌شده بیماری‌زا، یا با میکروب‌های ضعیف شده تهیه می‌شدند. این عمل باعث می‌شود که خود واکسن ایجاد بیماری نکند. دستگاه ایمنی بدن پس از تزریق واکسن پروتئین‌های سطحی میکروب‌ها را شناسایی می‌کند و با ساختن پروتئین‌های پادتن به آن پاسخ می‌دهد. اگر بعداً یک میکروب از همان نوع وارد بدن شود، پادتن‌ها در بدن حضور دارند و با آن میکروب مبارزه می‌کنند. مشکل این روش‌ها این است که یک خطا در کشتن و ضعیف کردن یک بیماری‌زا منجر به انتقال بیماری به افرادی می‌شود که برای جلوگیری از آن اقدام کرده‌اند. واکسن‌هایی که با روش‌های مهندسی ژنتیک ساخته می‌شوند این خطر را ندارند. با این روش‌ها می‌توان ژن مربوط به آنتی‌ژن یک بیماری‌زا را به DNA یک باکتری یا ویروس غیربیماری‌زا وارد کرد (شکل ۵-۲). باکتری یا ویروس غیر بیماری‌زا در این حالت تغییر می‌کند و یک واکسن مفید و مطمئن به‌وجود می‌آورد.

**بیشتر بدانید**



مهندسان ژنتیک سعی می‌کنند ژن‌های بیماری‌زا را به میوه‌ها و سبزیجات وارد کنند. آنها با این کار قصد دارند داروهایی خوراکی که ارزان و خوردن آنها آسان باشد، تولید کنند. کاربرد چنین واکسن‌هایی در کشورهای در حال توسعه بسیار مفید خواهد بود. موز و سیب‌زمینی که از جمله این میوه‌ها و سبزی‌ها هستند، به بازار عرضه خواهند شد.

امروزه تکنولوژی زیستی به عرصه‌های متفاوت و جدیدی وارد شده است. یکی از این عرصه‌ها فضا و دانش مربوط به آن است، به‌طوری که شاخه‌ای از دانش به‌نام زیست فناوری فضایی شکل گرفته است. مطالعه عملکرد باکتری‌ها در شرایط بی‌وزنی از موضوع‌های مورد علاقه محققان در این شاخه است. تحقیقات نشان داده‌اند که بیماری‌زایی بعضی از باکتری‌ها در این شرایط زیاد می‌شود. محققان امیدوارند که از این ویژگی در تولید بیشتر واکسن استفاده کنند.



شکل ۵-۲ ساختن یک واکسن با روش‌های مهندسی ژنتیک

واکسن ضد بیماری هپاتیت B امروزه از طریق مهندسی ژنتیک ساخته شده است. ویروس هپاتیت B باعث التهاب کبد می‌شود و ممکن است کشنده باشد. تلاش دیگری که امروزه صورت می‌گیرد تولید واکسنی است که مردم را در برابر بیماری مالاریا محافظت کند. مالاریا بر اثر آلودگی به یک تک‌سلولی از گروه آغازیان به وجود می‌آید و معمولاً در برابر آن حفاظت مؤثری وجود ندارد (فصل ۱۰).

بیشتر بدانید



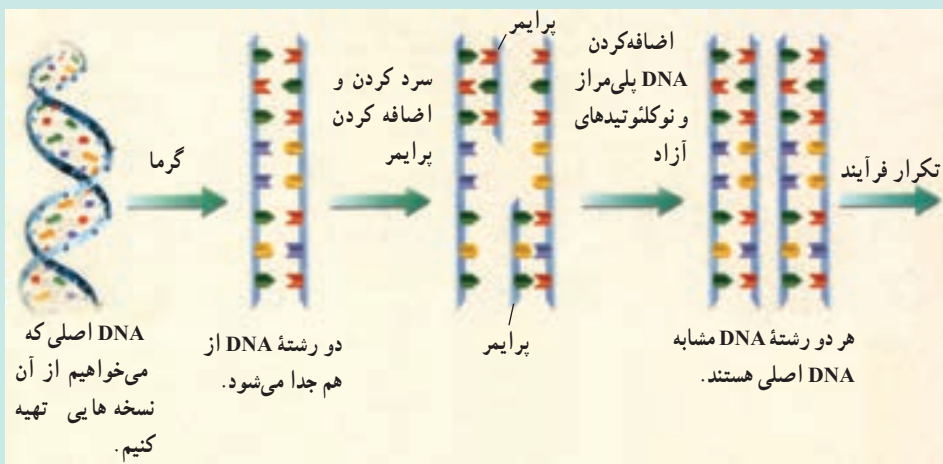
### واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (PCR)

پلیس در محل جنایت فقط یک رشته مو به‌عنوان مدرک پیدا کرد. آیا یک رشته مو مقدار کافی DNA برای بررسی دربر دارد؟ برای تهیه انگشت‌نگاری ژنی و سایر کاربردهای مهندسی ژنتیک که در این فصل مورد بررسی قرار گرفتند، مقدار معینی DNA مورد نیاز است. هرچند برخی مواقع مقدار بسیار کمی DNA در دسترس است.

امروزه محققان روشی به نام واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز به کار می‌برند تا یک قطعه انتخاب شده از DNA را تکثیر کنند. پژوهشگر، در واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز، می‌تواند از یک نمونه DNA در عرض چند ساعت چند میلیون نسخه بسازد!

چرخه‌های گرمادهی و همانندسازی: در واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز به نمونه‌ای از DNA

دو رشته‌ای که می‌خواهند آن را تکثیر کنند، حرارت می‌دهند. حرارت باعث جدا شدن دو رشته از یک‌دیگر می‌شود. این مخلوط را سپس سرد و یک قطعه کوچک از DNA به نام پرایمر به آن اضافه می‌کنند. پرایمرها را به‌طور مصنوعی می‌سازند. پرایمر به تقاطعی از DNA که همانندسازی از آنها آغاز می‌شود، متصل می‌شود. سپس DNA پلی‌مراز و نوکلئوتیدهای آزاد را به مخلوط می‌افزایند. DNA پلی‌مراز با افزودن نوکلئوتیدهای مکمل به پرایمر باعث طولی شدن رشته DNA می‌شود. نتیجه این فرآیند تولید دو مولکول DNA است که با یک‌دیگر و با مولکول DNA اولیه مشابه هستند. فرآیند گرمادهی و همانندسازی بارها و بارها تکرار می‌شود. هر چند دقیقه یک‌بار نمونه DNA دو برابر می‌شود. بنابراین در زمان کوتاهی تعداد زیادی نسخه از نمونه اولیه به‌وجود می‌آید.



کاربردهای واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز: می‌توان DNA موجود در بنجاه گلبول سفید خون را که ممکن است در یک لکه بسیار کوچک خون یافت شوند، به‌وسیله واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز تکثیر کرد. این روش برای تشخیص بیماری‌ها و ناهنجاری‌های ژنتیک و حل مسایل جنایی اهمیت خاصی دارد. PCR در زمینه‌های مختلف تحقیقاتی و برای مطالعه قطعات DNA اجدادی در فسیل‌ها یا مواد حفظ‌شده نیز به‌کار می‌رود.

## ژن درمانی

بسیاری از ناهنجاری‌های ژنتیک زمانی ایجاد می‌شوند که فرد نسخه فعال یک ژن خاص را نداشته باشد. ژن درمانی یعنی قراردادن یک نسخه سالم از یک ژن، درون سلول‌های فردی که دارای نسخه ناقص از همان ژن است. در اجرای این روش سلول‌ها را از بدن بیمار خارج

و ژن سالم را وارد آنها می‌کنند. سپس سلول‌های تغییر یافته را به بدن بیمار باز می‌گردانند. پس از آن ماده‌ای که در این فرد وجود نداشت، توسط سلول‌های دارای ژن جدید، ساخته می‌شود. اولین تلاش‌ها برای انجام ژن‌درمانی در دختر بچه‌ای که مبتلا به نوعی ناهنجاری دستگاه ایمنی بود صورت گرفت. این ناهنجاری را یک ژن جهش یافته ایجاد می‌کند. این ژن جهش یافته نمی‌تواند یک آنزیم مهم دستگاه ایمنی را بسازد. پزشکان سلول‌های مغز استخوان این کودک را استخراج کردند و یک ژن سالم را در آنها قرار دادند. سپس این سلول‌ها را به داخل مغز استخوان دختر بازگرداندند. سلول‌ها بلافاصله شروع به ساختن آنزیم کردند. چون این نوع سلول‌های مغز استخوان دارای قدرت تقسیم هستند، نسل‌های بعدی این سلول‌های حاصل از مهندسی ژنتیک به ساختن این آنزیم ادامه دادند.

بیشتر بدانید



### تشخیص هویت

به‌جز دو قلوهای همسان، هیچ دوفرفری در جهان یافت نمی‌شوند که محتوای ژنتیک یکسانی داشته باشند. به‌علت وجود جهش‌های تصادفی و نوترکیبی در تولیدمثل جنسی، توالی نوکلئوتیدی DNA همه افراد باهم متفاوت است. این تفاوت‌ها در بخشی از DNA به اوج خود می‌رسد به طوری که می‌توان گفت این بخش از DNA در هر فرد منحصر به فرد است. درست مثل اثر انگشت که منحصر به فرد است و از آن برای شناسایی افراد استفاده می‌شود، می‌توان از این بخش از DNA برای تشخیص هویت استفاده کرد.

در تشخیص هویت از روش RFLP<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. در این روش آنزیم‌های محدودکننده را روی DNA اثر می‌دهند. آنزیم‌های محدودکننده DNA را می‌برند و آن را قطعه قطعه می‌کنند. طول قطعات حاصل باهم متفاوت است. علاوه بر این طول این قطعات، از فردی به فرد دیگر نیز فرق می‌کند. بنابراین، اگر آنها را به وسیله الکتروفورز در ژل جدا کنیم، برای هر فرد الگوی از نوارهای DNA ایجاد می‌شود که منحصر به خود اوست و با دیگران متفاوت است. این روش را گاه «انگشت‌نگاری از DNA» نیز می‌نامند.

مقایسه الگوی نوارهای دو فرد متفاوت ارتباطات خویشاوندی آنها را نشان می‌دهد. چون اثر انگشت DNA از نمونه‌های DNA موجود در خون، مایع حاوی اسپرم، استخوان و مو تهیه می‌شود، بنابراین این روش در پزشکی قانونی کاربرد دارد. پزشکی قانونی بررسی علمی علت جراحت یا مرگ

را، به خصوص زمانی که در شواهد جنایی تردید وجود داشته باشد، برعهده دارد. اثر انگشت DNA در شناسایی زن عامل بیماری های ژنی؛ مثل بیماری هانتینگتون و کم خونی داسی شکل نیز کاربرد دارد.

## توالی و جایگاه همه ژن های انسان مورد مطالعه قرار گرفته است.

تکنولوژی ژن توانایی های زیادی برای مقابله علیه بیماری ها دارد. یکی از مهم ترین شواهدی که کارایی مهندسی ژنتیک را تأیید می کند، پروژه ژنوم انسان است. هدف پروژه ژنوم انسان (HGP) تعیین توالی نوکلئوتیدی ژنوم انسان و تعیین نقشه جایگاه هر ژن روی هر کروموزوم است. واژه ژنوم به کل محتوای DNA یک گونه گفته می شود. ژنوم محتوای DNA هسته ای و DNA های سیتوپلاسمی (میتوکندری و کلروپلاست) را در بر می گیرد. ژنوم هسته ای انسان از ۲۲ کروموزوم غیرجنسی (توزوم) و دو کروموزوم جنسی X و Y تشکیل شده است.

دانشمندان امیدوارند که دانش به دست آمده از پروژه ژنوم انسان بتواند به تشخیص، معالجه و درمان حدود ۴۰۰۰ ناهنجاری ژنتیک انسان کمک کند. دانشمندان تاکنون ژن های دخیل در بسیاری از ناهنجاری های ژنتیک، از جمله سیستمیک فیروزیز، دیستروفی عضلانی دوشن و سرطان را کشف کرده اند. شکل ۶-۲ تعدادی از ژن ها و بیماری های ژنتیکی موجود روی کروموزوم X انسان را نشان می دهد.

کروموزوم X انسان



شکل ۶-۲- نقشه کروموزوم. پروژه ژنوم انسان جایگاه بسیاری از ژن ها را مشخص کرده است با وجود این که بیش از ۴۵۰ ژن و ۲۰۰ ناهنجاری ژنتیکی روی کروموزوم X وجود دارند فقط تعداد کمی از آنها در این شکل نشان داده شده است.

## خودآزمایی



- ۱- بین مهندسی ژنتیک و درمان بیماری‌های انسان چه رابطه‌ای وجود دارد؟
- ۲- روش‌های مهندسی ژنتیک در تهیه واکسن‌ها را شرح دهید.
- ۳- فرآیندی که از طریق آن نسخه سالم یک ژن وارد سلول فردی می‌شود که دارای نسخه ناقص آن ژن است، چه نام دارد؟
- ۴- چرا پروژه ژنوم انسان در تحقیقات پزشکی حائز اهمیت است؟

## تفکر نقادانه

مهارت، تشخیص صحت اطلاعات: دانش‌آموزی اظهار می‌کند که مهندسی ژنتیک کاملاً «ایمن و بی‌نقص» است. به نظر شما چه پی‌آمدهای امنیتی و اخلاقی بر اثر استفاده از مهندسی ژنتیک ممکن است به وجود آید؟

## ۳ مهندسی ژنتیک در کشاورزی و دامداری

می‌توان با انتقال ژن‌ها به گیاهان باعث اصلاح محصولات آنها شد.

اولین اصلاح‌کنندگان بذر کشاورزانی بودند که بذره‌های بهترین گیاه خود را انتخاب می‌کردند، آنها را می‌کاشتند و بدین ترتیب به تدریج در نسل‌های متمادی گیاهان را اصلاح می‌کردند. در قرن بیستم، اصلاح‌کنندگان بذر برای انتخاب گیاهان مبنای ژنتیک را به کار بردند. امروزه مهندسان ژنتیک می‌توانند ویژگی‌های مطلوب را با دست‌ورزی ژن به گیاهان بیفزایند.

مهندسان ژنتیک می‌توانند به روش‌های مختلف، گیاهان را تغییر دهند؛ از جمله ایجاد گیاهان مقاوم به شرایط خشکی و تولید گیاهانی که با خاک‌های مختلف، اقلیم‌های متفاوت و فشارهای محیطی سازگاری حاصل کنند، تنظیم سرعت رسیدن میوه‌ها و افزایش ارزش غذایی گیاهان. به عنوان مثال، با انجام روش‌های مهندسی ژنتیک روی گیاه برنج، سویه‌های دارای میزان بالای بتاکاروتن (که در بدن به ویتامین A تبدیل می‌شود) و آهن تولید شده‌اند. این دست‌آوردها در بخش‌هایی از قاره آسیا اهمیت خاصی دارند، زیرا بسیاری از مردم آن از کمبود ویتامین A و آهن رنج می‌برند.

سازندگان علف‌کش‌هایی که در طبیعت زود تجزیه می‌شوند انواعی از گیاهان زراعی مقاوم به این علف‌کش‌ها را تولید کرده‌اند. ویژگی این گیاهان زراعی باعث می‌شود که کشاورزان بتوانند با کاربرد این علف‌کش‌ها علف‌های هرز را از بین ببرند، بدون این که به گیاهان زراعی آسیب برسد. چون برای از بین بردن علف‌های هرز نیاز به شخم زدن زمین نیست، خاک‌های سطحی کمتر دستخوش فرسایش می‌شوند. دانشمندان با وارد کردن یک ژن درون محصولات گیاهی، گیاهانی تولید کرده‌اند که نسبت به حشرات مقاوم هستند. گیاهانی که نسبت به حشرات مقاوم‌اند، نیازی به استفاده از سموم حشره‌کش که آلوده‌کننده محیط زیست هستند، ندارند.



حداکثر ۵۰ گونه گیاه به روش‌های مهندسی ژنتیک تغییر یافته‌اند: سیب‌زمینی، سویا و گندم از این جمله‌اند. محقق با روش‌های مهندسی ژنتیک، گوجه‌فرنگی‌هایی تولید کرده است که میوه‌های رسیده آنها نرم نیست.

**کشف یک وکتور گیاهی:** تا چندین سال، مهندسان ژنتیک وکتور مناسبی که بتواند ژن‌ها را به گیاه انتقال دهد، در دسترس نداشتند؛ تا این که آنان دریافتند که عامل گال نوعی پلازمید باکتریایی است. گال نوعی بیماری گیاهی است که باعث ایجاد تومورهای بزرگ روی گیاه می‌شود. این پلازمید، پلازمید **Ti** (الفاکننده ایجاد تومور) نام دارد. پلازمید **Ti** بسیاری از گیاهان زراعی مثل گوجه‌فرنگی، توتون و سویا را آلوده می‌کند. این پلازمید وارد سلول‌های گیاهی می‌شود و بدین طریق گیاه را آلوده می‌کند. محققان ژن ایجادکننده تومور را از پلازمید **Ti** خارج و یک **DNA** خاص را جایگزین آن می‌کنند. همچنین می‌توان ژن را با یک «تفنگ ژنی» به سلول‌های گیاه گندم شلیک کرد.

### تکنولوژی ژن در دامداری به‌کار برده می‌شود.

دامداران مدت‌ها کوشیده‌اند که دام‌ها و محصول آنها را در طی نسل‌های متوالی و برنامه‌های تنظیم شده، اصلاح کنند. در گذشته، گاوهایی که شیر بیشتری تولید می‌کردند، به امید تولید نسل‌های با شیر بیشتر، باردار می‌شدند. این فرایندهای متوالی، طولانی و کم بازده بودند. امروزه در جوامع



پیشرفته، بسیاری از دامداران روش‌های مهندسی ژنتیک را برای اصلاح یا تغییر دام‌ها به کار می‌برند. برخی از دامداران برای افزایش تولید شیر به رژیم غذایی گاوها هورمون‌های رشد می‌افزایند. در گذشته هورمون‌های رشد از مغز گاوهای کشته شده استخراج می‌شد، اما امروزه ژن هورمون رشد گاوی را وارد باکتری‌ها می‌کنند. باکتری، این هورمون را با هزینه‌ای کم تولید می‌کند، بنابراین اضافه کردن آن به رژیم غذایی گاوها مقرون به صرفه خواهد بود.

**تولید پروتئین‌های مفید از نظر پزشکی:** کاربرد دیگر تکنولوژی ژن در دامداری افزودن ژن‌های انسان به دام‌ها است. هدف از این کار آن است که پروتئین‌های انسان در شیر دام‌ها ظاهر شود. این روش بیشتر برای پروتئین‌های پیچیده انسانی به کار می‌رود که از طریق تکنولوژی ژن در باکتری‌ها تولید نمی‌شوند.

پروتئین‌های انسان را از شیر این جانوران استخراج می‌کنند و برای اهداف دارویی به کار می‌برند. این جانوران را جاندار تراژنی<sup>۱</sup> می‌نامند. چون در سلول‌های آنها DNA گونه دیگری وجود دارد. **کلون کردن از سلول‌های تخصص یافته:** در سال ۱۹۹۷، محققى به نام یان ویلموت<sup>۲</sup> با ارائه اخباری مبنی بر کلون کردن موفقیت‌آمیز یک گوسفند، با استفاده از سلول‌های تمایز یافته بدن او، توجه جهان را به خود جلب کرد.

یک بره با کلون کردن هسته سلولی از پستان گوسفند بالغ به وجود آمد. در سابق، کلون کردن فقط به وسیله سلول‌های جنینی یا نوزادی ممکن بود. محققان تصور می‌کردند نمی‌توان از سلول‌های تمایز یافته برای تولید موجود زنده کامل استفاده کنند. آزمایش ویلموت این فرضیه را رد کرد. ویلموت سلول پستان گوسفند را در اثر تحریک الکتریکی با سلول تخمک فاقد هسته یک گوسفند دیگر ادغام کرد. این سلول ادغام شده تقسیم شد و اولین سلول‌های جنین را به وجود آورد. ویلموت سلول‌های حاصل را درون رحم گوسفند ماده‌ای (مادر جانشینی) کار گذاشت. حاصل این کار در تابستان ۱۹۹۶ به صورت گوسفندی که دالی نام گرفت، بود. دالی از نظر ژنتیکی کاملاً مشابه با گوسفندی بود که سلول پستان از آن گرفته شده بود<sup>۳</sup> (شکل ۷-۲).

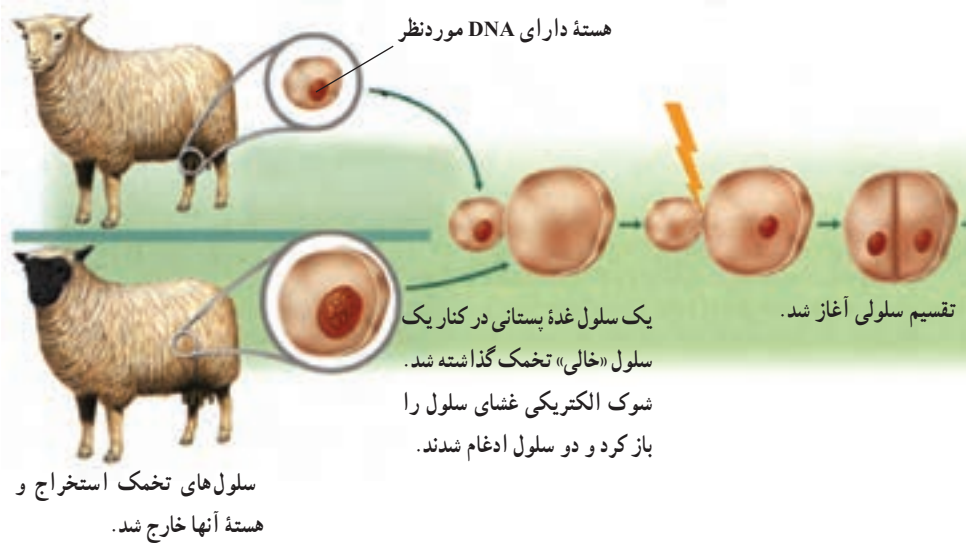
محققان دیگر آزمایش‌های مشابهی برای کلون کردن گاوها و موش‌ها به کار برده‌اند. این آزمایش‌ها نشان می‌دهند که کلون کردن بدن روش در سایر پستانداران هم ممکن است. با ادامه یافتن تحقیقات، امروزه کلون کردن به وسیله سلول‌های تمایز یافته در جانوران رایج شده است.

۱ - transgenic

۲ - Ian Wilmut

۳ - دانشمندان در زمستان سال ۱۴۸۱ به علت ابتلای دالی به بیماری پیشرفته روی، به زندگی او پایان دادند.

سلول‌های غده‌های پستانی استخراج شدند و در محیط کشت و یژه‌ای که چرخه سلولی را متوقف می‌کند، قرار داده شدند.



پس از پنج ماه حاملگی بره‌ای متولد شد که از نظر زنی کاملاً شبیه گوسفندی بود که سلول غده پستانی آن استخراج شده بود.

جنین

جنین در آزمایشگاه رشد و نمو پیدا کرد و سپس به درون رحم مادر جانشینی وارد شد.



شکل ۷-۲- کلون کردن گوسفند از سلول پستان. در سال ۱۹۹۷ محققان انجام یک کلون موفقیت‌آمیز را با استفاده از سلول‌های تمایز یافته اعلام کردند: بره حاصل از این کلون دالی نام گرفت.

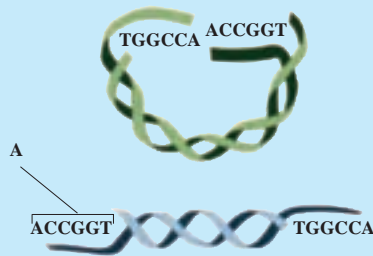
تصویر کلون کردن انسان امروزه غیرممکن نیست. دلیلی بر عدم موفقیت جنین آزمایش‌هایی وجود ندارد، اما سؤالات زیادی وجود دارد که باید ابتدا به آنها پاسخ داد. یکی از آنها قوانین اخلاقی کلون کردن انسان است.

## فعالیت



### تفسیر شکل‌ها

شکل زیر دو مولکول DNA را نشان می‌دهد. DNA بالایی یک پلازمید را نشان می‌دهد که با یک آنزیم محدودکننده بریده شده است. DNA پایینی قطعه‌ای از DNA انسان را نشان می‌دهد که از یک قطعه بزرگ‌تر از DNA انسان بریده شده است. با توجه به شکل به سؤالات زیر پاسخ دهید:



- ۱- بخشی از مولکول DNA انسان که با A مشخص شده چه چیزی را نشان می‌دهد؟
- ۲- با استفاده از رنگ‌های مختلف مولکول DNA ای را که از پیوستن این دو قطعه به وجود می‌آید رسم کنید.
- ۳- اگر این دو قطعه DNA به هم وصل شوند، مولکول DNA حاصل چه نامیده می‌شود؟

## خودآزمایی



- ۱- سه روشی را که محصولات غذایی از طریق مهندسی ژنتیک اصلاح شده‌اند فهرست کنید.
- ۲- چگونه پلازمید Ti برای وارد کردن ژن به سلول‌های گیاه به کار می‌رود؟
- ۳- روش کلون کردن گوسفند از طریق استفاده از سلول‌های تمایز یافته را به اختصار شرح دهید.

## تفکر نقادانه

دلایل موافقت و عدم موافقت خود را با استفاده از شیر حاصل از گاوهای تغذیه شده با هورمون رشد بیان کنید.

بخش دوم

گوناگونی و تحول جانداران



## پیدایش و گسترش زندگی

برای پاسخ به این پرسش که زندگی دقیقاً چه موقع و چگونه روی زمین پدیدار شد، پژوهشگران با شواهدی که به دست می‌آورند، فرضیه‌ها و سپس نظریه‌هایی ارائه می‌دهند و بدین‌طریق در این باره گمانه‌زنی می‌کنند.

### پیش‌نیازها

پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :

- ساختار پروتئین‌ها، لیپیدها و نوکلئیک اسیدها را شرح دهید،
- سلول‌های پروکاریوتی را با سلول‌های یوکاریوتی مقایسه کنید،
- ساختارهای کلروپلاست و میتوکندری را شرح دهید،
- نقش DNA را در وراثت توضیح دهید.

# ۱ سر آغاز زندگی

## زمین در آغاز فاقد حیات بود.

دانشمندان اعتقاد دارند در حدود ۴ میلیارد سال پیش زمین پوشیده از مواد مذاب بوده است. بدیهی است که در چنین شرایطی تشکیل و تداوم حیات امکان پذیر نبوده است. اندک اندک سطح سیاره زمین سرد شد و پوسته‌ای سنگی آن را دربرگرفت. بخار آب موجود در اتمسفر متراکم شد و بارش باران، اقیانوس‌های وسیعی به وجود آورد. بسیاری از زیست‌شناسان اعتقاد دارند که حیات باید اولین بار در این اقیانوس‌ها پدیدار شده باشد. به عقیده آنان تغییر و تحول جانداران صدها میلیون سال طول کشیده است. شواهد نیز حاکی است که زمین از مدت‌ها قبل از پیدایش حیات، وجود داشته است. این شواهد را اندازه‌گیری سن زمین<sup>۱</sup> به دست می‌دهد.

## مواد شیمیایی پایه‌ای حیات چگونه تشکیل شدند؟

به نظر می‌رسد که در نخستین مراحل پیدایش حیات، مولکول‌های غیرزیستی با یکدیگر واکنش شیمیایی انجام می‌دادند. این واکنش‌ها باعث تولید تعداد و انواع زیادی مولکول‌های آلی ساده شدند. مولکول‌های ساده با استفاده از انرژی خورشید و گرمای حاصل از فعالیت‌های آتشفشانی، مولکول‌های پیچیده‌تری به وجود آوردند. شاید این مولکول‌های پیچیده واحدهای سازنده اولین سلول‌ها بودند. این فرضیه که بسیاری از واحدهای آلی سازنده حیات، نخستین بار از مولکول‌های غیرزیستی تشکیل شده‌اند، مورد آزمایش قرار گرفته است.

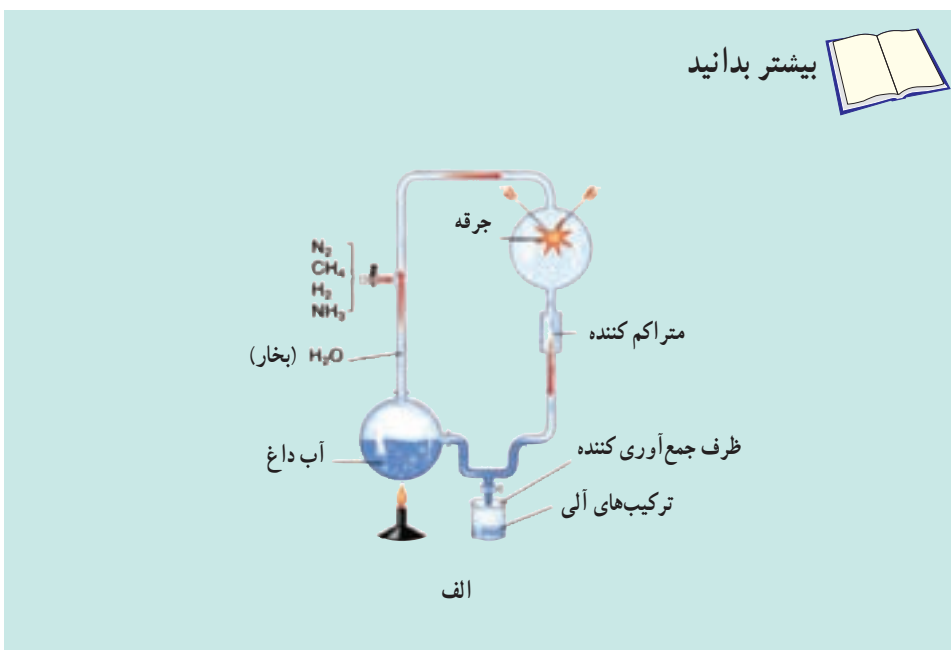
**سوپ بنیادین:** در دهه ۱۹۲۰ دانشمندان اظهار داشتند که در اقیانوس‌های اولیه زمین، در زمان کوتاهی مقدار زیادی مواد آلی پدید آمد. این نظریه به الگوی سوپ بنیادین مشهور شد. تصور بر این است که در آن هنگام اقیانوس‌های زمین مملو از مولکول‌های آلی مختلف بودند. این دانشمندان فرض کردند که این مولکول‌ها در اثر انرژی حاصل از تابش خورشید، انفجارهای آتشفشانی و رعدوبرق پدید آمده بودند.

۱- دانشمندان با کاربرد روشی به نام عمرسنجی، سن سنگ‌ها و آثار حیاتی را تخمین می‌زنند. برای کسب اطلاع بیشتر درباره

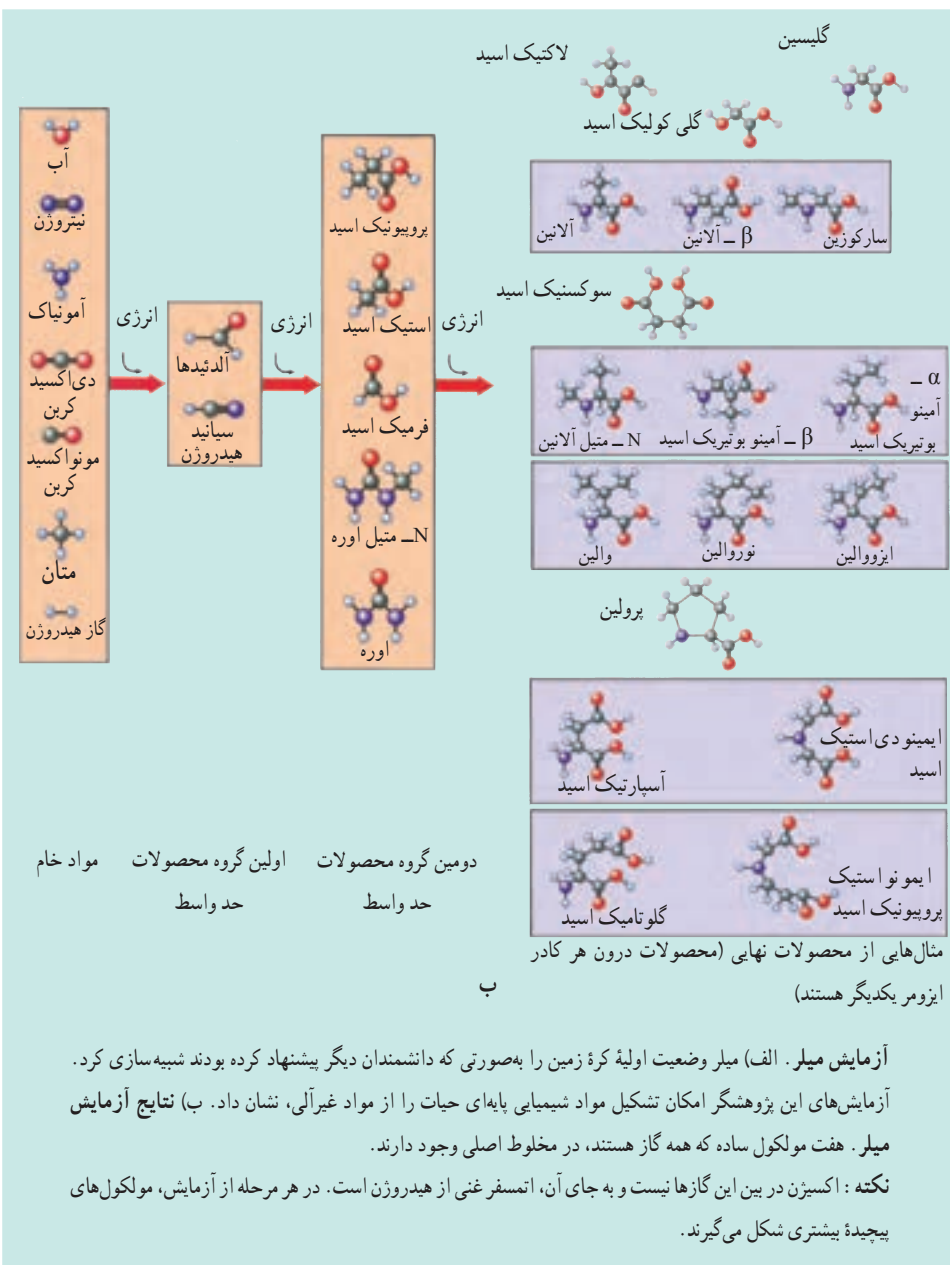
عمرسنجی به کتاب زمین‌شناسی خود مراجعه کنید.

پس از آن گروهی دیگر از پژوهشگران، اعلام کردند که جو اولیه زمین گاز اکسیژن نداشته و در عوض غنی از نیتروژن ( $N_2$ )، هیدروژن ( $H_2$ ) و گازهای دارای هیدروژن، مانند بخار آب، آمونیاک و متان بوده است. در آن زمان انرژی خورشیدی، یا انرژی الکتریکی حاصل از رعد و برق انرژی این مولکول‌ها را افزایش می‌داده است. امروزه اکسیژن موجود در جو سریعاً الکترون‌های پرانرژی را جذب می‌کند، زیرا اتم اکسیژن میل بسیار زیادی به جذب چنین الکترون‌هایی دارد. هنگامی که اکسیژن موجود نباشد، الکترون‌های پرانرژی در انجام واکنش‌هایی دیگر، مانند واکنش با مولکول‌های هیدروژن‌دار، شرکت می‌کنند.

استانلی میلر<sup>۱</sup> در نیمه قرن بیستم، الگوی سوپ بنیادین را آزمایش کرد. او گازهای  $CH_4$ ،  $N_2$ ،  $NH_3$  و  $H_2$  را درون دستگاهی قرار داد و به منظور شبیه‌سازی رعد و برق از یک جرقه الکتریکی استفاده کرد. او پس از چند روز ترکیبات متعددی در این دستگاه پیدا کرد. این ترکیبات برخی از مولکول‌های زیستی، مانند: آمینواسیدها، اسیدهای چرب و کربوهیدرات‌ها بودند. این نتایج نشان می‌دهند که ممکن است برخی از مواد شیمیایی پایه‌ای حیات، در شرایطی مشابه شرایط آزمایشگاهی میلر، روی کره زمین پدید آمده باشند.



<sup>۱</sup> Stanley Miller



پژوهش های دیگر درباره الگوی سوپ بنیادین: اکتشافات جدید باعث ارزیابی مجدد الگوی سوپ بنیادین شد. در زمان آزمایش میلر، زیست شناسان تصور می کردند که پیدایش حیات در حدود یک میلیارد سال پیش روی داده است. اما اندازه گیری سن زمین و کشف سنگواره هایی که ۳/۵ میلیارد سال سن داشتند، نشان داد که حیات در واقع بسیار پیشتر از آن تشکیل شده بود.



امروزه می‌دانیم که مخلوطی از گازهای مورد استفاده در آزمایش میلر هنگام پیدایش حیات وجود نداشته است. چهار میلیارد سال پیش، زمین فاقد لایه محافظتی اوزون ( $O_3$ ) بود. در این صورت پرتو ماورای بنفش می‌توانست بدون لایه اوزون، همه آمونیاک و متان موجود در اتمسفر را از بین ببرد. از سوی دیگر در صورتی که گازهای آمونیاک و متان در آزمایش میلر وجود نداشته باشند، مولکول‌های زیستی پایه‌ای تشکیل نخواهند شد. این تناقض منجر به ایجاد یک سؤال اساسی شد: اگر هنگام پیدایش حیات امکان تشکیل مولکول‌های شیمیایی مورد نیاز در جو وجود نداشت، پس حیات براساس چه تدبیری پدیدار شد؟

**الگوی حباب:** چندی بعد دانشمندان اعلام کردند که فرآیندهایی اصلی که مواد شیمیایی مورد نیاز برای پیدایش حیات را به وجود آوردند، ممکن است درون حباب‌های درون اقیانوس‌ها انجام شده باشند (شکل ۱-۳). مراحل پیدایش مواد آلی، طبق این الگو، به ترتیب زیر است:

**مرحله ۱:** آمونیاک، متان و دیگر گازها از دهانه آتشفشان‌های زیردریایی خارج و در حباب‌های زیر دریا محبوس می‌شدند.

**مرحله ۲:** متان و آمونیاک مورد نیاز برای تشکیل آمینواسیدها، درون حباب‌ها در مقابل صدمات حاصل از پرتو فرابنفش محفوظ می‌مانند. درون این حباب‌ها واکنش‌های شیمیایی با سرعت بیشتر انجام می‌گرفت، چون تراکم گازهای درون حباب‌ها از تراکم آنها در هوا که در الگوی سوپ بنیادین مطرح شده، بسیار بیشتر است.

**مرحله ۳:** حباب‌ها به سطح اقیانوس می‌آمدند و پس از ترکیدن، مولکول‌های آلی ساده حاصل از واکنش‌های درون این حباب را آزاد می‌کردند.

**مرحله ۴:** مولکول‌های آلی ساده ضمن انتقال توسط باد و حرکت به سمت بالا، در معرض اشعه ماورای بنفش و رعد و برق قرار می‌گرفته‌اند و در نتیجه انرژی لازم برای واکنش‌های بعدی را کسب می‌کردند.

**مرحله ۵:** باران، بسیاری از این مولکول‌های آلی پیچیده‌تر را که به تازگی تشکیل شده بودند، همراه با مولکول‌های دیگر به درون اقیانوس می‌برد.

### مولکول‌های شیمیایی آلی پیچیده‌تر شدند.

زیست‌شناسان درباره جزئیات فرآیندهایی که منجر به تشکیل حیات شدند، اتفاق نظر ندارند. اغلب دانشمندان این مطلب را قبول دارند که مولکول‌های کوچک آلی با کسب انرژی، از طریق فرآیندهای



شکل ۱-۳- الگوی حباب. مطابق این الگو گازهای آتشفشانی منشأ تشکیل مولکول آلی ساده هستند.

شیمیایی ساده، تشکیل شده‌اند. می‌دانیم که بین مولکول‌های آلی و سلول‌های زنده راهی بسیار طولانی وجود دارد. چگونه آمینواسیدها به صورت پروتئین درآمدند؟ چگونه نوکلئوتیدها به زنجیره‌های طولی DNA تبدیل شدند؟ دانشمندان تاکنون نتوانسته‌اند در محیط آبی، در آزمایشگاه، این درشت‌مولکول‌ها را بدون وجود نوکلئیک اسیدهای مادری بسازند. اگرچه زنجیره‌های کوتاه RNA و DNA در محیط آبی تشکیل شده‌اند.

احتمال تبدیل میکروسفرها به سلول‌ها: لیپیدها که از اجزای تشکیل‌دهنده غشاهای سلولی هستند، در محیط آبی تمایل به گردهم‌آبی دارند. اگر یک بطری محتوی روغن و سرکه را تکان دهیم، می‌توانیم چنین حالتی را مشاهده کنیم: مجموعه‌های کروی کوچکی که حاصل گردهم‌آبی مولکول‌های روغن در سرکه است، تشکیل می‌شود. در این محلول آرایش مولکول‌های چربی به صورتی است که در مجموع یک کره، مشابه غشای یک سلول را تشکیل می‌دهند. کواسروات‌ها<sup>۱</sup> مجموعه‌ای از مولکول‌های لیپیدی هستند که به علت آب‌گریز بودن، در آب به شکل کروی درمی‌آیند. این حباب‌های ریز می‌توانند مولکول‌های لیپیدی دیگر را جذب کنند و بزرگ‌تر شوند و نیز جوانه بزنند و به دو کواسروات تقسیم شوند. کواسروات‌ها ممکن است آمینواسید نیز در خود داشته باشند. اگر چه کواسروات‌ها زنده نیستند، اما شباهت زیادی به غشای سلول‌ها دارند. تجربه‌های آزمایشگاهی نیز نشان داده‌اند که بعضی دیگر از مولکول‌های آلی نیز چنین تمایلی دارند، مثلاً زنجیره‌های کوچک آمینواسیدها هم تمایل به تشکیل ریزکیسه‌هایی به نام میکروسفر<sup>۲</sup> دارند.

۱- Coacervate

۲- Microsphere

پژوهشگران عقیده دارند که تشکیل میکروسفرها احتمالاً اولین قدم به سمت سازماندهی سلول بوده است. طبق این فرضیه، میکروسفرها پس از تشکیل مدتی دوام داشته، اما بعد از مدتی ناپدید می‌شده‌اند. در طول میلیون‌ها سال، انواعی از میکروسفرها که با استفاده از مولکول‌های دیگر و کسب انرژی، به مدت بیشتری به بقای خود ادامه دادند، از فراوانی بیشتری برخوردار شدند. با این حال، میکروسفرهایی را که هنوز توانایی انتقال صفات به نسل آینده را کسب نکرده‌اند، نمی‌توان زنده در نظر گرفت.

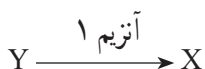
**نقش احتمالی کاتالیزگرها:** در دهه ۱۹۸۰، پژوهشگران کشف کردند که برخی از مولکول‌های RNA می‌توانند شبیه آنزیم‌ها عمل کنند. ساختار سه‌بعدی RNA، سطحی را فراهم می‌کند که واکنش‌های شیمیایی می‌توانند در آن کاتالیز شوند. برخی از RNAهای امروزی نیز فعالیت‌های آنزیمی دارند؛ به نظر می‌رسد که اتصال آمینواسیدها در ریبوزوم هنگام پروتئین‌سازی را یک RNAی ریبوزومی انجام می‌دهد. یک فرضیه ساده براساس تحقیقات سچ و آلتمن<sup>۱</sup> و تجربیات دیگری که درباره تشکیل مولکول‌های RNA در آب انجام شد، شکل گرفت: شاید RNA، اولین مولکول خود همانندساز بوده است. این مولکول ممکن است تشکیل اولین مولکول‌های پروتئینی را نیز کاتالیز کرده باشد. مطلب مهم‌ترین است که چنین مولکولی می‌تواند از یک نسل به نسل دیگر تغییر کند.



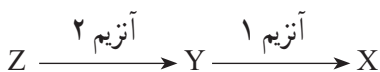
شکل ۲-۳- میکروسفر (×۱۲۵۰)

ظاهر این میکروسفرها که از جنس پروتئین‌اند، بسیار شبیه سلول‌هاست، غشای دو لایه‌ای دارند و در حال جوانه زدن هستند.

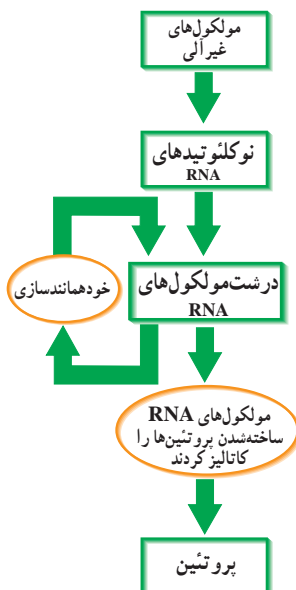
خاستگاه متابولیسم : مولکول‌های RNA، میکروسفرها و نیز ساختارهای سلول ماندنی که پس از آنها به وجود آمدند، برای نگهداری انسجام ساختاری و نیز تکثیر خود، به مواد آلی ویژه‌ای، مانند X نیاز داشتند. با گذشت زمان، این ترکیبات در محیط کمیاب شدند. احتمال می‌رود که تغییر (جهش) در برخی RNAهای آنزیمی، سبب شد که آنها بتوانند از مادهٔ خام دیگری که در محیط فراوان‌تر بود (Y)، مادهٔ مورد نیازشان (X) را بسازند :



پس از مدتی غلظت Y نیز در محیط کاهش یافته و آنزیم دیگری به وجود آمده که بتواند Y را از ترکیب دیگری مثل Z بسازد :



به نظر می‌رسد مسیرهای متابولیسمی اولیه که با چنین ساز و کاری به وجود آمدند به تدریج با گذشت زمان و تغییر نیازها، پیچیده‌تر شده‌اند.



شکل ۳-۳- مراحل همانندسازی RNA و سنتز پروتئین. انجام واکنش‌های شیمیایی بین مولکول‌های معدنی باعث تشکیل نوکلئوتیدهای RNA شد. نوکلئوتیدها به صورت درشت مولکول‌های RNA گردهم آمدند. این مولکول‌ها احتمالاً قادر به خود همانندسازی و کاتالیز تشکیل پروتئین‌ها بوده‌اند. چون همانندسازی با صحت کامل انجام نمی‌شده است (جهش)، در مولکول‌های RNA تنوع ایجاد شد.

**خاستگاه وراثت :** دانشمندان تصور می‌کنند که بعضی از میکروسفرها دارای RNA شدند. مولکول‌های RNA با استفاده از فرآورده‌های متابولیسمی (نوکلئوتیدها)، خود همانندسازی می‌کردند و در صورت تقسیم‌شدن میکروسفر به میکروسفرهای دختر منتقل می‌شدند. پس از مدتی، مولکول‌های RNA توانستند ساخته‌شدن آنزیم‌ها و پروتئین‌های ویژه‌ای را سازمان‌دهی و با کنترل مسیرهای متابولیسمی، ویژگی‌های میکروسفری را که در آن زندگی می‌کردند، تعیین کنند. احتمالاً به این ترتیب سازوکار وراثت شکل گرفت.

بیشتر بدانید



فرضیه مناسب بودن شرایط اقیانوس‌های اولیه برای پیدایش حیات، دانشمندان را بر آن داشته است تا نشانه‌های حیات را در محیط‌های آبی موجود در سیاره‌های دیگر منظومه شمسی نیز جست‌وجو کنند. وجود اقیانوس بزرگی از آب مایع و اکسیژن فراوان در زیر لایه ضخم یخ در مریخ و یکی از قمرهای سیاره مشتری، ممکن است شرایط مناسبی را برای حیات جانداران میکروسکوپی فراهم آورده باشد

خودآزمایی



- ۱- دو الگوی علمی ارائه شده در مورد منشأ حیات را با یکدیگر مقایسه کنید.
  - ۲- اولین مرحله‌ای را که منجر به سازمان‌یابی سلول شد توصیف کنید.
  - ۳- با توجه به نقش‌هایی که برای مولکول RNA در مراحل گوناگون پیدایش حیات پیشنهاد شده است، به نظر شما در چه مرحله‌ای می‌توان گفت که RNA نقش ماده ژنتیک را بر عهده گرفته است؟
  - ۴- تفاوت‌های ساختاری DNA و RNA را به یاد آورید. به نظر شما چرا در جانداران پیشرفته امروزی DNA به‌عنوان ماده ژنتیک به RNA ترجیح داده شده است؟
  - ۵- درباره ارتباط این عبارات‌ها با هم، بحث کنید :
- شواهد امروزی از نقش RNAهای قدیمی، پروتئین‌سازی، ماده ژنتیک، کدون و آنتی‌کدون، وراثت، مولکول ذخیره‌کننده اطلاعات، همانندسازی، مولکول mRNA، رمز ژنتیک، RNA آنزیمی.
- ۶- آیا یک الگوی طراحی شده درباره منشأ حیات باید احتمال وجود سایر الگوها را انکار کند؟ توضیح دهید.

## ۲ تکوین جانداران پیچیده‌تر

### پروکاریوت‌ها قدیمی‌ترین گروه جانداران هستند.

پژوهشگران برای نزدیک شدن به پاسخ این سؤال که نخستین جاندار در چه زمانی آفریده شد، شواهد و مدارک موجود دربارهٔ جانداران قدیمی یعنی سنگواره‌ها را مورد پژوهش قرار می‌دهند. سنگواره بقایای حفظ شده، یا معدنی شده، یا اثرات به‌جای مانده از جاندارانی است که مدت‌ها پیش زندگی می‌کرده‌اند. قدیمی‌ترین سنگواره‌ای که تاکنون کشف شده است، سنگوارهٔ میکروسکوپی پروکاریوت‌هایی است که در رسوبات سنگی ۳/۵ میلیارد سالهٔ موجود در غرب استرالیا یافت شده‌اند. می‌دانید که پروکاریوت‌ها جاندارانی تک‌سلولی‌اند و اندامک‌های غشادار درون‌سلولی ندارند. احتمالاً نخستین جانداران تک‌سلولی که روی زمین پدیدار شدند، هتروتروف و بی‌هوازی بودند و برای کسب انرژی از مولکول‌های آلی که در اقیانوس‌ها فراوان بودند، استفاده می‌کردند. به‌دنبال کاهش غلظت مواد آلی اقیانوس‌ها، به‌تدریج انواعی از سلول‌ها پدیدار شدند که می‌توانستند مولکول‌های آلی مورد نیاز خود را از ترکیبات غیرآلی، بسازند. به این ترتیب نخستین سلول‌های اتوتروف پدید آمدند. به‌نظر می‌رسد سیانوباکتری‌ها نخستین سلول‌های فتوسنتزکننده بوده‌اند. قبل از پیدایش سیانوباکتری‌ها، اکسیژن در جو زمین وجود نداشت، اما پس از پیدایش آنها و انجام فتوسنتز، به‌تدریج گاز اکسیژن به درون اقیانوس‌ها و جو زمین آزاد شد. این اکسیژن پس از گذشت صدها میلیون سال، در جو زمین متراکم شد، به‌طوری که امروزه حدود ۲۱ درصد جو زمین را اکسیژن تشکیل می‌دهد. با افزایش تراکم اکسیژن در جو زمین، سلول‌هایی پیدا شدند که به کمک اکسیژن انرژی موجود در ترکیبات غذایی را آزاد و از آن استفاده می‌کردند. این سلول‌ها نخستین سلول‌های هوازی بودند.

### اولین یوکاریوت

حدود ۱/۵ میلیارد سال پیش، اولین یوکاریوت‌ها پا به عرصهٔ وجود گذاشتند. می‌دانید که سلول‌های یوکاریوتی دستگاهی از غشاهای درونی دارند و DNA آنها در هستهٔ محصور است. سومین ویژگی یوکاریوت‌ها حضور اندامک‌های پیچیده‌ای، تقریباً به اندازهٔ باکتری، به‌نام‌های میتوکندری و کلروپلاست در سلول‌هاست. این اندامک‌ها DNA اختصاصی خود را دارند. اغلب سلول‌های

یوکاریوتی میتوکنندری دارند و کلروپلاست‌ها که در فتوسنتز دخالت دارند، تنها در بعضی از آغازیان و نیز در گیاهان یافت می‌شوند.

### میتوکنندری‌ها و کلروپلاست‌ها

درباره منشأ میتوکنندری‌ها، اکنون تقریباً همه زیست‌شناسان نظریه درون همزیستی را پذیرفته‌اند. نظریه درون همزیستی اظهار می‌دارد که میتوکنندری‌ها خویشاوندان باکتری‌های هوازی (نیازمند اکسیژن) هستند.

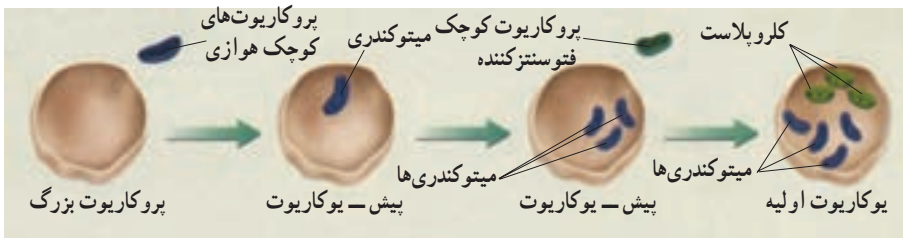
پس از آن که نخستین باکتری‌های فتوسنتزکننده وارد سلول‌های پیش-یوکاریوتی شدند، به کلروپلاست تبدیل شدند. این باکتری‌های مهاجم احتمالاً خویشاوندی نزدیکی با سیانوباکتری‌ها داشتند. طبق نظریه درون همزیستی، این باکتری‌ها به صورت انگل، یا به صورت شکار هضم نشده وارد سلول‌های بزرگ شده‌اند. این عوامل خارجی به جای این که در سلول گوارش پیدا کنند، به زندگی خود در سلول ادامه داده و تنفس سلولی و فتوسنتز را بر عهده گرفته‌اند. شواهد ذیل از این نظریه حمایت می‌کنند که میتوکنندری‌ها و کلروپلاست‌ها از باکتری‌ها حاصل شده‌اند:

۱- اندازه و ساختار: اندازه میتوکنندری‌ها مشابه اندازه اغلب باکتری‌هاست. میتوکنندری دو غشا دارد. غشای درونی میتوکنندری‌ها تا خوردگی‌های بسیاری دارد و به نظر می‌رسد که شبیه غشاهای سلولی باکتری‌های هوازی باشد. پروتئین‌هایی که درون غشا قرار دارند، تنفس سلولی را بر عهده دارند.

۲- ماده ژنتیک: DNA میتوکنندری‌ها، مشابه DNA حلقوی باکتری‌ها است. کلروپلاست‌ها و میتوکنندری‌ها هر دو دارای ژن‌هایی متفاوت نسبت به ژن‌های موجود در هسته سلول‌های دربر دارنده آنها، هستند.

۳- ریبوزوم‌ها: اندازه و ساختار ریبوزوم‌های میتوکنندریایی و باکتریایی مشابه است. این هر دو با سایر ریبوزوم‌های یوکاریوتی متفاوت‌اند.

۴- زادآوری: کلروپلاست‌ها و میتوکنندری‌ها مانند باکتری‌ها، از طریق تقسیم دوتایی تولیدمثل می‌کنند. این تولیدمثل مستقل از چرخه سلولی است و مراحل مختلف چرخه میتوز در آنها انجام نمی‌گیرد.



یوکاریوت‌هایی که فقط دارای میتوکنندری شدند، احتمالاً منشأ سلول‌های جانوری امروزی و آنها که کلروپلاست را نیز دریافت کردند، خاستگاه جلبک‌ها و سلول‌های گیاهی شدند.

## جانداران پرسلولی

به نظر می‌رسد که آفرینش نخستین جانداران پرسلولی بین یک میلیارد تا ۶۰۰ میلیون سال پیش روی داده باشد.

موجودات تک‌سلولی توانایی بسیار اندکی برای کنترل تغییرات محیط خود دارند و عموماً تحت تأثیر محیط هستند. در جانداران پرسلولی، یک محیط درونی به وجود می‌آید که سلول‌ها را در شرایط نسبتاً پایداری قرار می‌دهد؛ تنها گروهی از سلول‌ها (اغلب سلول‌های سطحی) در تماس مستقیم با محیط هستند. قرار گرفتن سلول‌ها در محیطی که آنان را در برابر تغییرات محیطی حفظ می‌کند و منابع غذایی را در اختیارشان می‌گذارد، زمینه لازم را برای تخصصی شدن و تمایز سلول‌ها فراهم آورده است.

مسئله نقطه عطف در پیدایش پرسلولی‌ها، تکامل سیستم‌های انتقال پیام بین سلول‌های مختلف یک توده سلولی (کلونی) بوده است. در واقع، سلول‌ها آموختند که علاوه بر پاسخ دادن به تغییرات محیطی، پیام‌هایی را که از سلول‌های دیگر می‌رسد، نیز دریافت کنند و به آنها پاسخ مناسب بدهند.

به این ترتیب، شکل‌های نخستین تقسیم کار و تخصصی شدن پدیدار شدند. مثلاً، منشأ گروه‌های جانوری را انواعی از تاژکداران می‌دانند که کلونی تشکیل می‌دادند. احتمالاً یک تاژکدار اولیه برای تشخیص سلول‌های هم‌گونه برای تولیدمثل جنسی یا تشخیص سلول‌های هدف برای فاگوسیتوز (تغذیه) نیاز به درک علائم سلولی داشته است. این ساز و کارها سرانجام کمک کرده‌اند که نخستین مجموعه‌های پرسلولی تشکیل شوند. در کلونی‌های برخی آغازیان امروزی نیز مواردی از تقسیم کار بسیار ابتدایی دیده می‌شود.

## انقراض گروهی جانداران

اثرات سنگواره‌ای، حاکی از یک تغییر ناگهانی در حدود ۴۴۰ میلیون سال پیش است. در این زمان حدود ۸۵ درصد از جانداران روی زمین به‌طور ناگهانی منقرض شدند. این واقعه اولین مورد از پنج مورد انقراض گروهی روی زمین بوده است. انقراض گروهی یعنی مرگ تمام اعضای متعلق به بسیاری از گونه‌های مختلف که تحت تأثیر تغییرات بزرگ بوم‌شناختی انجام شده است.

انقراض گروهی دیگری تقریباً با همان ابعاد، حدود ۳۶۰ میلیون سال پیش به وقوع پیوست و



۸۳ درصد از گونه‌ها را از میان برد. سومین انقراض گروهی در حدود ۲۴۵ میلیون سال پیش، اتفاق افتاد. در این واقعه حدود ۹۶ درصد گونه‌های جانوری موجود در آن زمان منقرض شدند. حدود ۳۵ میلیون سال بعد، چهارمین انقراض گروهی، به وقوع پیوست. در این انقراض ۸۰ درصد گونه‌ها از بین رفتند. اگرچه عوامل ویژه این انقراض‌ها هنوز شناخته نشده است، اما شواهد حاکی از دخالت تغییرات وسیع زمین‌شناختی و آب‌وهوایی در آنها بوده است.

پنجمین انقراض گروهی ۶۵ میلیون سال پیش اتفاق افتاد و باعث انقراض حدود ۷۶ درصد گونه‌های ساکن خشکی، از جمله دایناسورها شد.

بسیاری از دانشمندان عقیده دارند انقراض گروه دیگری در عصر حاضر در حال وقوع است. این دانشمندان برای رخداد این انقراض جدید، عواملی مانند تخریب اکوسیستم‌های زمین، به‌ویژه جنگل‌های بارانی استوایی به دلیل فعالیت‌های انسانی را دخیل می‌دانند (شکل ۵-۳). زمین تاکنون تقریباً نیمی از جنگل‌های بارانی استوایی خود را از دست داده است و با همان سرعت در حال از دست دادن جنگل‌های باقیمانده است. پیش‌بینی می‌شود این جنگل‌ها به زودی از بین خواهند رفت. در اثر این انقراض گروهی که انسان مسبب آن است، حدود ۵۰۰۰۰ گونه گیاهی، یعنی یک چهارم کل گونه‌های موجود، همراه با ۲۰۰۰ از ۹۰۰۰ گونه پرندگان و تعداد بی‌شماری از گونه‌های حشرات منقرض خواهند شد.



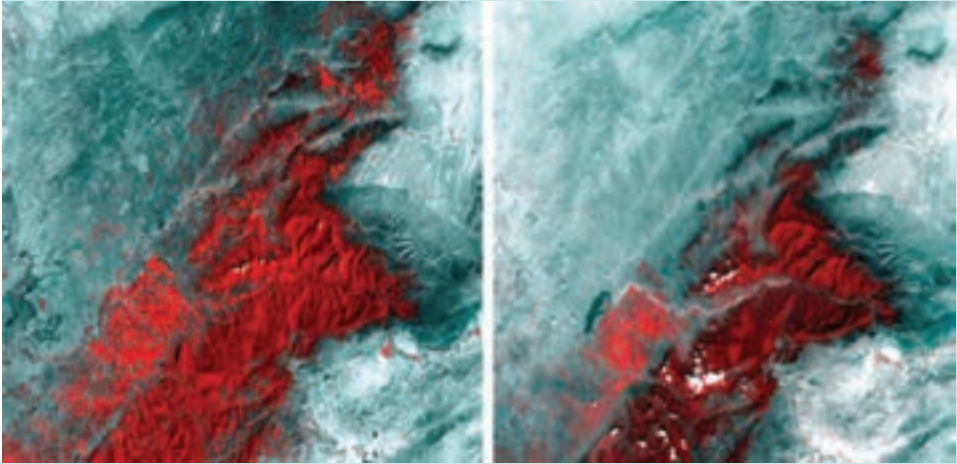
شکل ۵-۳- جنگل‌های بارانی استوایی با سرعت زیادی در حال نابودی هستند. اگرچه جنگل‌های بارانی استوایی تنها ۷ درصد سطح خشکی‌های زمین را می‌پوشانند، اما بیش از ۵۰ درصد گونه‌های گیاهی و جانوری در این مناطق زندگی می‌کنند.

بیشتر بدانید



امروزه از تصاویر گرفته شده با ماهواره برای مطالعه و بررسی وضعیت اکوسیستم‌های متفاوت استفاده می‌شود. با استفاده از این تصاویر می‌توان تغییر در وسعت جنگل‌ها را نشان داد.

شکل‌های زیر تصاویر ماهواره‌ای از جنگل گلستان در زمان‌های متفاوت است. رنگ قرمز در این تصاویر، پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. همین‌طور که می‌بینید از وسعت جنگل گلستان کم و یا به عبارتی بخشی از جنگل تخریب شده است.



تصاویر ماهواره‌ای جنگل گلستان در سال‌های ۱۳۷۷ (چپ) و ۱۳۸۰ (راست). این تصاویر را سازمان فضایی ایران تهیه کرده است.

به نظر شما چه عواملی در تخریب جنگل گلستان نقش داشته‌اند؟ تخریب این جنگل چه تأثیری در تنوع حیات وحش می‌گذارد؟

## خودآزمایی



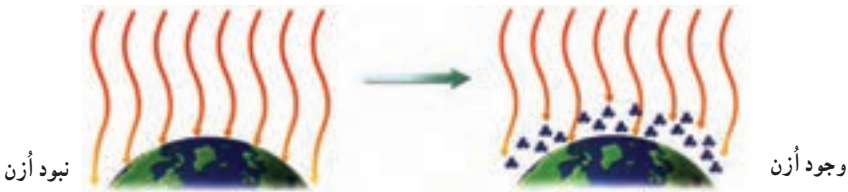
- ۱- چگونگی پیدایش یوکاریوت‌ها را شرح دهید.
- ۲- باکتری‌ها را با یوکاریوت‌ها مقایسه کنید.
- ۳- این مطلب را که «در صورت عدم وقوع انقراض گروهی، جانداران امروزی به وجود نمی‌آمدند» مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید.

## ۳ گسترش حیات به خشکی‌ها

لایه اُزن بقای حیات را در خشکی‌ها تضمین کرد.

خورشید علاوه بر فراهم کردن نور زندگی‌بخش، پرتوهای زیان‌بار نیز دارد. احتمالاً در اوایل پیدایش زمین زندگی در دریا، یعنی در جایی که جانداران اولیه از آسیب‌های پرتو فرابنفش در امان بوده‌اند، پدید آمد. این جانداران نمی‌توانستند آب را ترک کنند، زیرا پرتو فرابنفش حیات را در سطح خشکی ناامن کرده بود. چه عاملی زندگی در سطح خشکی را امکان‌پذیر کرد؟

تشکیل لایه محافظتی اُزن : تا میلیون‌ها سال حیات فقط در آب‌ها جریان داشت و جاننداری در خشکی زندگی نمی‌کرد. حدود ۲/۵ میلیارد سال پیش، سیانو باکتری‌ها شروع به انجام فتوسنتز کردند و با این کار اکسیژن مولکولی را به اتمسفر افزودند، اشعه خورشید باعث شد که مقداری از مولکول‌های اکسیژن ( $O_2$ ) در بالای جو به یکدیگر پیوندند و مولکول‌های اُزن ( $O_3$ ) را تشکیل دهند. لایه اُزن در اتمسفر فوقانی مانع از عبور پرتو فرابنفش شد (شکل ۶-۳). میلیون‌ها سال بعد، اکسیژن و اُزن کافی در جو برای گسترش حیات در خشکی، وجود داشت.



شکل ۶-۳- لایه اُزن از زمین محافظت می‌کند. پس از این که سیانوباکتری‌ها، اکسیژن را به سطح زمین افزودند، تشکیل اُزن آغاز شد.

بیشتر بدانید



لایه اُزن امروز هم مورد نیاز جانداران ساکن خشکی‌هاست : در طول قرن گذشته، آلودگی هوا باعث نازک شدن لایه اُزن شده است. دانشمندان اعتقاد دارند که شمار روزافزون افرادی که به سرطان پوست مبتلا می‌شوند، به علت نازک شدن لایه اُزن است. در اثر نازک شدن این لایه، مقدار بیشتری از پرتو فرابنفش به سطح زمین می‌رسد.

## جلبک‌ها و قارچ‌ها همزمان وارد خشکی شدند.

تصور بر این است که اولین جانداران پرسلولی که در خشکی‌ها ظاهر شدند، جلبک‌ها و قارچ‌ها بودند. این دو همزمان به خشکی آمدند. این دو گروه می‌توانستند در خشکی زندگی کنند، زیرا هر یک دارای ویژگی‌هایی بودند که مورد نیاز گروه دیگر بود.

به‌خاطر بیاورید که گیاهان و جلبک‌ها در فرآیند فتوسنتز از انرژی خورشید برای ساختن مواد غذایی خود استفاده می‌کنند. گیاهان مواد معدنی مورد نیاز خود را از خاک به‌دست می‌آورند. قارچ‌ها مواد غذایی مورد نیاز خود را با استفاده از نور خورشید تهیه نمی‌کنند، اما می‌توانند مواد معدنی را از خاک و حتی از تخته‌سنگ‌های برهنه جذب کنند.

جلبک‌های خشکی و قارچ‌ها می‌توانند نوعی مشارکت دوطرفه زیستی، به شکل گل‌سنگ تشکیل دهند. گل‌سنگ‌ها برای زیستن در زیستگاه‌های سخت، مانند سنگ‌های برهنه توانا هستند.

قارچ‌ها مواد مورد نیاز جلبک‌ها را فراهم می‌کنند و جلبک‌ها مواد غذایی را برای خود و نیز برای قارچ‌ها تأمین می‌کنند. این نوع مشارکت، همیاری نامیده می‌شود. همیاری رابطه‌ای است که در آن هر دو طرف از زندگی با یک‌دیگر سود می‌برند.

## بندپایان از دریا به خشکی آمدند.

پس از اولین همیاری بین گیاهان و قارچ‌ها، گیاهان سطح زمین را پوشانده و جنگل‌های بزرگی تشکیل داده بودند. گیاهان خشکی منبع غذایی جانوران را تأمین و گوناگونی جانوران ساکن خشکی را امکان‌پذیر کردند.

حشرات یکی از اولین ساکنان خشکی بودند. این گروه از بندپایان فراوان‌ترین و متنوع‌ترین گروه جانوران در تاریخ زمین بوده‌اند. به احتمال زیاد موفقیت حشرات در ارتباط با توانایی پرواز آنها بوده است. حشرات اولین جانورانی بودند که بال داشتند. حشرات اولیه، مانند سنجاقک‌ها دارای دو جفت بال بودند (شکل ۷-۳). توانایی پرواز برای حشرات این امکان را فراهم آورد که به نحو مؤثرتری به جستجوی غذا، جفت و آشیانه بپردازند. این امر منجر به همیاری بین حشرات و گیاهان گلدار شد.

## مهره‌داران به خشکی آمدند.

ماهی‌ها: اولین مهره‌داران ماهی‌هایی کوچک و فاقد آرواره بودند که حدود ۵۰۰ میلیون سال



شکل ۷-۳- جنگلی باتلاقی در میلیون‌ها سال پیش. در جنگل‌های باتلاقی درختان بلند بدون دانه و سرخس‌های درختی کوتاه‌تر غلبه داشته‌اند. طول بال‌های سنجاقک‌ها بیش از یک متر بود!

پیش در اقیانوس‌ها به وجود آمدند. ماهی‌های آرواره‌دار، بعدها پیدا شدند. تشکیل آرواره به ماهی‌ها این امکان را داد که به جای مکیدن غذا آن را با دهان بگیرند و ببلعند. در نتیجه ماهی‌های آرواره‌دار به شکارچیانی توانمند تبدیل شدند (شکل ۸-۳). به تدریج ماهی‌ها جزو فراوان‌ترین جانوران دریا شدند، و تا امروز به زیستن در آن ادامه داده‌اند. ماهی‌ها موفق‌ترین مهره‌داران زنده هستند و تعداد زیادی از گونه‌های مهره‌داران را به خود اختصاص می‌دهند.

**دوزیستان:** اولین مهره‌داران ساکن خشکی، حدود ۳۷۰ میلیون سال پیش از دریا بیرون آمدند. نخستین مهره‌داران خشکی، دوزیستان اولیه بودند.

به علت تغییرات ساختاری متعدد در بیکر دوزیستان، این جانداران به زیستن در خشکی سازگار شدند. دوزیستان اولیه دارای کیسه‌های هوایی مرطوب، یعنی شش بودند که به منظور جذب اکسیژن هوا مورد استفاده قرار می‌گرفت. در این جانداران دستگاه حرکتی استخوانی، راه رفتن را امکان‌پذیر ساخت. این دستگاه پایه‌ای محکم برای عمل اندام‌های حرکتی در جهت عکس یک‌دیگر فراهم کرد. جثه مهره‌داران به علت وجود اسکلت توانمند و انعطاف‌پذیر می‌تواند بسیار بزرگ‌تر از حشرات باشد. دوزیستان به خوبی با محیط خود سازگاری یافتند، اما در نظام آفرینش یک گروه جدید از جانوران از آنها ایجاد شدند که سازگاری بیشتری با محیط خشک‌تر داشتند. این گروه خزندگان بودند.



شکل ۸-۳- اسکلت سنگواره شده ماهی. در این اسکلت ماهی، ستون مهره‌ها را می‌توان دید.

**خزندگان :** خزندگان در حدود ۳۵۰ میلیون سال پیش از تحول دوزیستان ایجاد شدند. این جانوران برای محافظت از خود در برابر از دست دادن رطوبت بدن به اتمسفر، پوستی محکم دارند که مانع تبخیر آب می‌شود. به خزندگان توانایی تخم‌گذاری در خشکی داده شده است، زیرا تخم‌های آنها را پوسته‌ای محافظ می‌پوشاند (شکل ۹-۳). می‌دانید که دوزیستان امروزی هنوز نیازمند تخم‌گذاری در آب هستند، زیرا تخم‌های آنها در محیط خشک قادر به حفظ آب خود نیستند.

شواهد حاکی است که در طول ۵۰ میلیون سال بعد از پیدایش خزندگان، یک دوره خشکی وسیع حاکم شده است. در این مدت، خزندگان که سازگاری بهتری نسبت به خشکی داشتند، برتری‌هایی نسبت به دوزیستان به دست آوردند. از آن زمان به تدریج تا حدود ۶۵ میلیون سال پیش، در میان مهره‌داران، خزندگان بیشترین فراوانی را از آن خود کردند.



شکل ۹-۳- خزندگان. تا ۶۵ میلیون سال پیش خزندگانی از قبیل کروکودیل بزرگ‌ترین گروه جانداران ساکن خشکی بودند.

پستانداران و پرندگان : ۶۵ میلیون سال پیش، در ضمن پنجمین انقراض گروهی، اغلب گونه‌های زنده از جمله همه دایناسورها، برای همیشه ناپدید شدند، اما بعضی از خزندگان کوچک‌تر، پستانداران و پرندگان به بقای خود ادامه دادند. این انقراض باعث شد که منابع بیشتری در اختیار جانوران باقی‌مانده قرار گیرد. در این هنگام اقلیم جهان دچار تغییر شده بود. آب و هوا دیگر خشک نبود و لذا مزیت‌های خزندگان برای زیستن در محیط‌های خشک اهمیت خود را از دست داد. در این زمان، پرندگان و پستانداران به‌صورت غالب درآمدند.

اگرچه این انقراض‌ها گوناگونی جانداران را تحت تأثیر خود قرار داد، تغییرات زمین نیز نقش مهمی در آفرینش جانداران داشت. یکی از فرآیندهای زمین‌شناختی که تحول گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داد، جابه‌جایی قاره‌ها بود. جابه‌جایی قاره‌ها عبارت است از حرکت خشکی‌های زمین در طول دوره‌های زمین‌شناختی. جابه‌جایی قاره‌ها منجر به پدید آمدن موقعیت کنونی قاره‌ها شد. با توجه به فرآیند حرکت قاره‌ها می‌توان توضیح داد که چرا تعداد زیادی از گونه‌های پستانداران کیسه‌دار در قاره‌های استرالیا و آمریکای جنوبی یافت می‌شود: این قاره‌ها زمانی به یک‌دیگر متصل بوده‌اند.

## خودآزمایی



- ۱- به‌طور خلاصه بیان کنید چرا لایه‌اُزن حیات را در خشکی امکان‌پذیر می‌کند.
- ۲- اولین جانداران پرسلولی ساکن خشکی را نام ببرید.
- ۳- اولین نوع از جانوران ساکن خشکی کدام جانوران بودند؟
- ۴- ویژگی‌های اولین نوع مهره‌داران ساکن خشکی را شرح دهید.
- ۵- درباره‌ی این مطلب که «ورود جانداران به خشکی، تا پس از پیدایش سیانوباکتری‌ها به‌وقوع نپیوست» بحث کنید.



## 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 مطالعه 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 به دست 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 بنا بر اعتقاد 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 مرگ انتشار کتاب خاستگاه گونه‌ها

از طریق انتخاب طبیعی

شکل ۱-۴ - چارلز داروین

بنابراین، او در سن ۱۶ سالگی شروع به تحصیل در رشته 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 رشته 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<sup>۱</sup> 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 نحوه تفکر بشریت را درباره جانداران تغییر داد (شکل ۲-۴).



کشتی اچ. ام. اس. بیگل

شکل ۲-۴ - 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 ساله این کشتی بررسی سواحل آمریکای جنوبی بود.

در گذشته بیشتر افراد گونه‌های 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.

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 نتیجه استفاده، یا عدم استفاده فیزیکی افراد یک گونه از اندام‌های بدن خود، است. لامارک معتقد بود که در طول عمر یک فرد، اندازه اعضای بدن او در نتیجه استفاده بیشتر افزایش و در نتیجه عدم استفاده کاهش می‌یابد. طبق نظریه 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 فرضیه 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 ۳-۴).



شکل ۳-۴ - وراثت صفات اکتسابی. براساس نظریه 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 بر علیه نظریه ثابت ماندن گونه‌ها کشف کرد. او در این سفر کتاب چارلز لیل<sup>۱</sup> را که «مبانی زمین‌شناسی» نام داشت، مطالعه کرد. در این کتاب به نظریه 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 زنده آرمادیلو تفاوت‌هایی داشتند. داروین در جزایر گالاپاگوس<sup>۲</sup> 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 ۴-۴). 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 ۴-۴ - سهره‌های داروین. داروین کشف کرد که این سهره‌های جزایر گالاپاگوس (در محیط دایره) علی‌رغم تفاوت در مواد غذایی مورد استفاده خود بسیار شبیه سهره‌های آمریکای جنوبی (در مرکز دایره) هستند.

۱ - Charles Lyell

۲ - Galápagos Islands



آرمادیلو پستانداری کوچک از راسته بی‌دندانان و هم‌خانواده با مورچه‌خوار است. بدن آن از صفحه‌های استخوانی به هم پیوسته پوشیده شده است و به همین علت 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 نیرومندان زمین را می‌کنند تا از مورچه‌ها و موربانه‌ها تغذیه کنند یا حفره‌هایی را برای لانه 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.

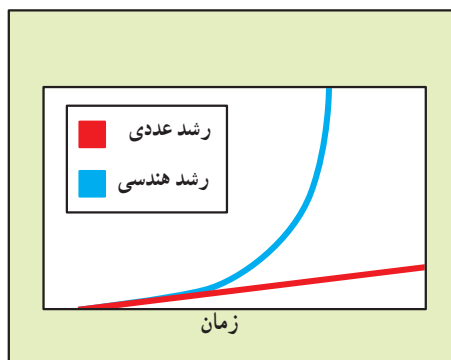
داروین پس از بازگشت از سفر سال‌ها به تفسیر اطلاعات حاصل از آن پرداخت. اعتقاد او مبنی بر تغییر تدریجی گونه‌ها، پس از مطالعه نتایج حاصل از این سفر قوت بیشتری یافت. اما او نمی‌توانست توضیحی قانع‌کننده دربارهٔ سازوکار آن ارائه دهد.

### نوشته‌های مالتوس

از نظر داروین، کلید معمای چگونگی انجام تغییر در گونه‌ها بررسی‌ای بود که یک اقتصاددان انگلیسی به نام توماس مالتوس<sup>۱</sup> 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 ۴-۵). طبق نظریهٔ مالتوس در صورت

<sup>۱</sup> Thomas Malthus

عدم کنترل رشد جمعیت انسان، افراد بشر در مدت کوتاهی سراسر پهنة زمین را اشغال خواهند کرد. او گفت که مرگ در اثر بیماری، جنگ و گرسنگی، رشد جمعیت انسانی را آهسته‌تر خواهد کرد. واژه 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 ۵-۴ - رشد هندسی و عددی. نمودار آبی رنگ نشان دهنده رشد بدون کنترل جمعیت است که در آن تعداد افراد با مضری 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 اندیشه مالتوس درباره جمعیت انسانی قابل تعمیم برای همه 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 به دست آورده بود، به یک مطلب اساسی پی برد: 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 ویژه 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

همان‌طور که در شکل ۴-۵ مشخص است جمعیت‌ها به صورت تصاعد هندسی رشد می‌کنند و از این رو، 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.

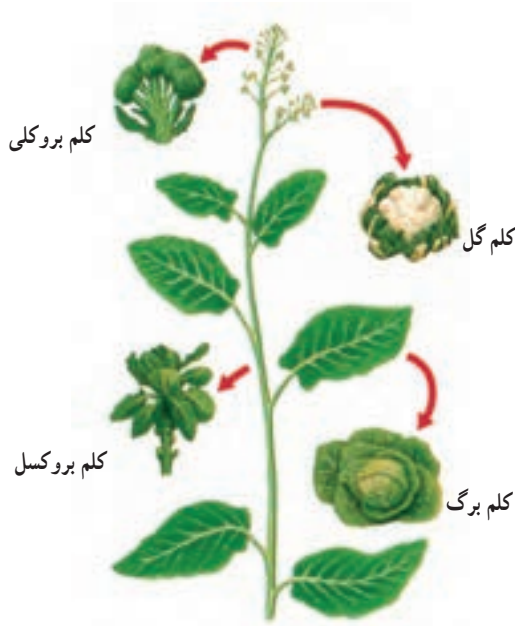
## افکار داروین دچار تحول شده است.

از زمان انتشار افکار داروین، فرضیه او – تغییر گونه‌ها براساس انتخاب طبیعی – را زیست‌شناسان به دقت مورد بررسی قرار دادند. کشفیات جدید، به ویژه در زمینه 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 ۶-۴ دامنه تغییر یک گونه گیاهی در اثر انتخاب مصنوعی نشان داده شده است.



شکل ۶-۴ - تغییر در گیاهان زراعی. همه این گیاهان که متعلق به گونه براسیکا اولراسه، هستند، از طریق زادگیری انتخابی (انتخاب مصنوعی) ایجاد شده اند.

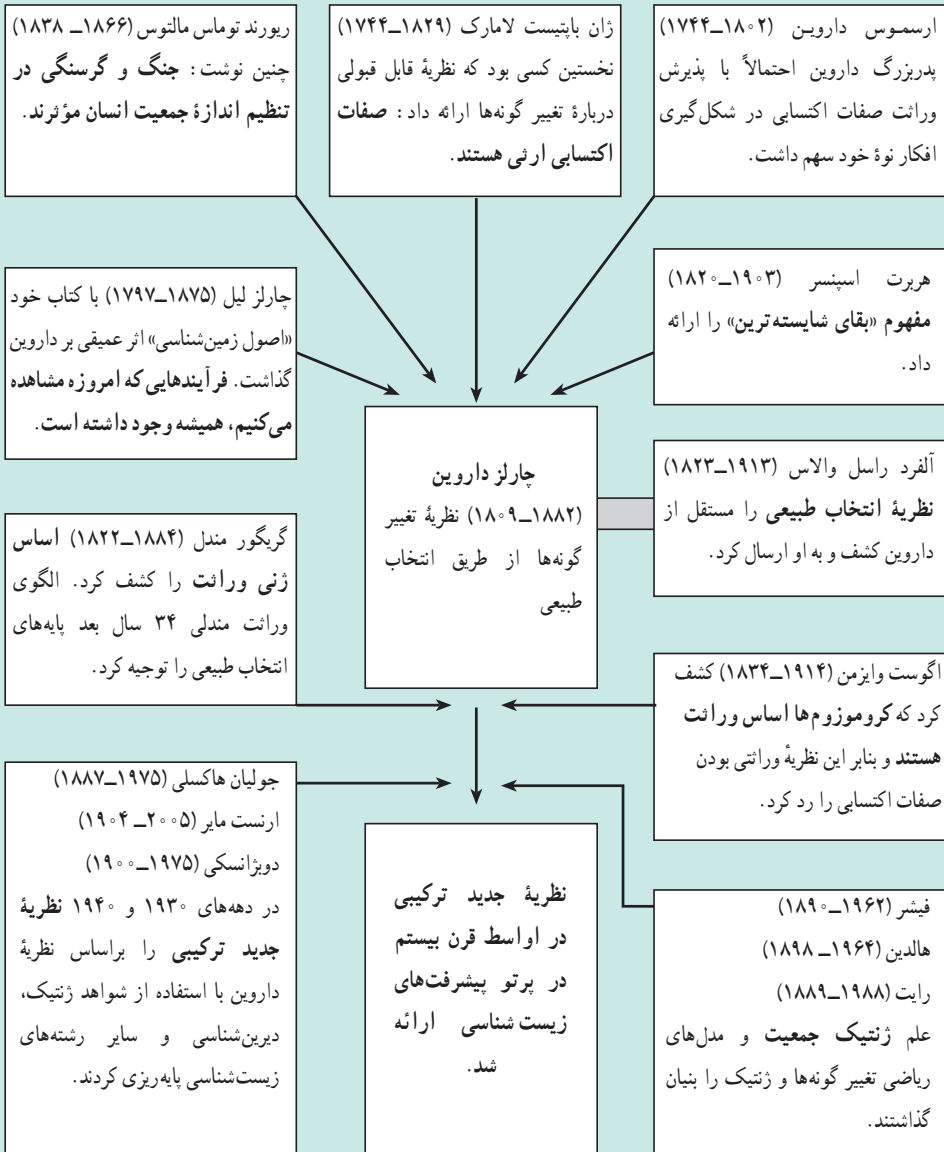
### نظریه ترکیبی انتخاب طبیعی

داروین و هم‌عصران او از نحوه 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) به وجود آید. 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 نظریه ترکیبی انتخاب طبیعی مشهور است. این نظریه که بر مبنای کارهای داروین و مندل قرار دارد، تکمیل شده



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

- جهش (کروموزومی و ژنی)
- تفکیک کروموزوم‌های والدین هنگام تقسیم میوز
- مبادله قطعاتی بین کروموزوم‌های همتا که هنگام میوز صورت می‌گیرد و به کراسینگ‌اوور معروف است.
- لقاح تصادفی گامت‌های نر و ماده با یکدیگر
- بر پایه این نظریه، گوناگونی ژنی منجر به این موارد می‌شود:
  - در فنوتیپ افراد ظاهر می‌شود.
  - در هر محیط، بعضی از فنوتیپ‌ها سازگارترند و جانداران را قادر می‌سازند در آن محیط بیشتر تولیدمثل کنند.
  - بر اثر انتخاب طبیعی، فراوانی نسبی صفات در جمعیت‌ها تغییر می‌کند و در نهایت گونه‌های جدید پدیدار می‌شوند.



پیدایش نظریه جدید ترکیبی



- ۱- 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.
- ۲- چگونه رخدادهای انتخاب طبیعی را توضیح دهید.
- ۳- نظریه جدید تغییر گونه‌ها را براساس انتخاب طبیعی، خلاصه کنید.
- ۴- آیا تغییر گونه‌ها یک نظریه است یا فرضیه؟ شرح دهید.
- ۵- 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 ۷-۴).

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 ۷-۴ — سنگواره‌ها. پتروداکتیل 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 سنگواره 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. به علاوه، 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. دیرینه‌شناسان، 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 تهیه 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.

تهیه 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 تعیین‌کننده صفات آنهاست. برای تغییر یک گونه، باید

تغییرهای پی در پی، بخشی از ساختار ژنتیکی آنها را تغییر داده باشد. از این رو، در طول زمان، تغییرات بیشتر و بیشتری در توالی نوکلئوتیدی ژن‌ها ایجاد شده است. این پیش‌بینی‌ها برای اولین بار 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 گذشته 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. مقایسه یک زنجیره از هموگلوبین جانوران مختلف با یک دیگر شباهت‌هایی را بین آنها نشان می‌دهد (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴ - 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.

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

\* مبنای مقایسه گوریل است.

**نوکلئیک اسیدها:** تغییرات نوکلئیک اسیدها، مثلاً جانشینی نوکلئوتید، باعث تغییراتی در توالی آمینواسیدی پروتئین‌ها می‌شود. دانشمندان با مقایسه توالی دقیق نوکلئوتیدهای ژن‌ها، می‌توانند به طور مستقیم تعداد تغییرات نوکلئوتیدی را حین اشتقاق یک گونه نیایی به دو گونه جدید تخمین بزنند. آنان با استفاده از اطلاعات حاصل از پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها، طرحی شبیه آنچه در شکل ۸-۴ نشان داده

شده است به دست آورده اند. این گونه طرح ها که درخت های تبارزایشی نیز نام دارند، چگونگی ارتباط تحولی جانداران را نشان می دهند. درخت های تبارزایشی شواهدی برای تغییر گونه ها فراهم می آورند.



شکل ۸ - ۴ - درخت تبارزایشی که برای ژن هموگلوبین ترسیم شده است.

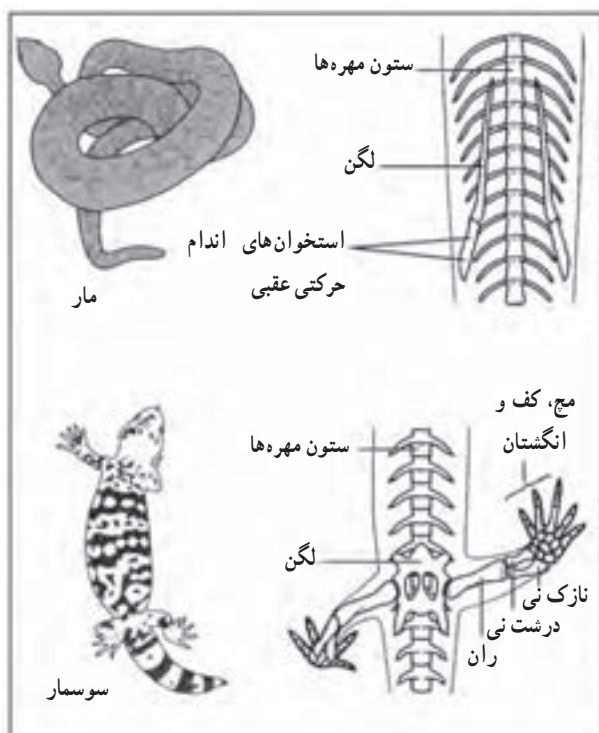
## کالبدشناسی (آناتومی) و مراحل تکوین جانداران، احتمال وجود نیاکان مشترک را تقویت می کنند.

مقایسه ساختارهای بدن جانداران مختلف اغلب مشابهت هایی اساسی نشان می دهد، حتی اگر این ساختارها وظایف متفاوتی داشته باشند. مثلاً، گاه ساختاری استخوانی در یک جاندار وجود دارد و وظیفه ای انجام می دهد، اما همین ساختار در جاندار دیگری به نسبت کوچک تر شده، فاقد نقش شناخته شده ای است، یا نقش بسیار جزئی برعهده دارد. چنین ساختارهایی که نشان دهنده تغییرات جاندار در گذشته هستند، اندام وستیجیال<sup>۱</sup> نامیده می شوند (شکل ۹-۴).

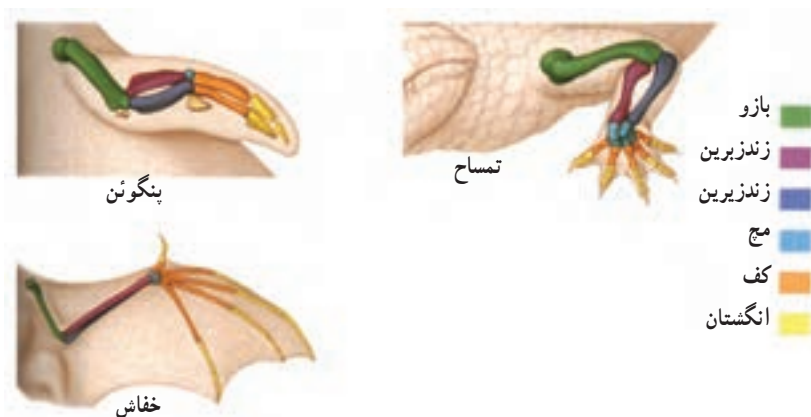
استخوان های مهره داران مختلف، متفاوتند. با این حال شباهت اساسی در ساختار استخوان های آنها دیده می شود. این شباهت اساسی می تواند حاکی از آن باشد که مهره داران یک نیای مشترک داشته اند. همان طور که در شکل ۱۰-۴ ملاحظه می کنید، اندام های جلویی مهره داران، از استخوان های

۱- vestigial از واژه لاتینی vestigium به معنی رد پا گرفته شده است.

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



شکل ۹-۴ - استخوان‌های لگن و ران مار که بازمانده استخوان‌های لگن و ران سایر خزندگان هستند، اندامی و ستیجیال را به وجود می‌آورند.



شکل ۱۰-۴ - ساختارهای همولوگ. اندام‌های جلویی مهره‌داران 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 ۱۱-۴ نشان داده شده است، مقایسه کنید. هر رویان یک دم، چهار جوانه که منشأ اندام‌های حرکتی هستند و یک حفره گلوبی (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 گلوبی خود را حفظ می‌کنند.



ماهی

لاک پشت

مرغ‌خانگی

شکل ۱۱-۴ رویان‌های چند جانور مهره دار. رویان‌های مهره داران در مراحل اولیه نمو دارای صفت‌های مشترکی هستند. با تداوم نمو، ساختارهای مختلف تغییر می‌کنند و شکل نهایی آنها ایجاد می‌شود.

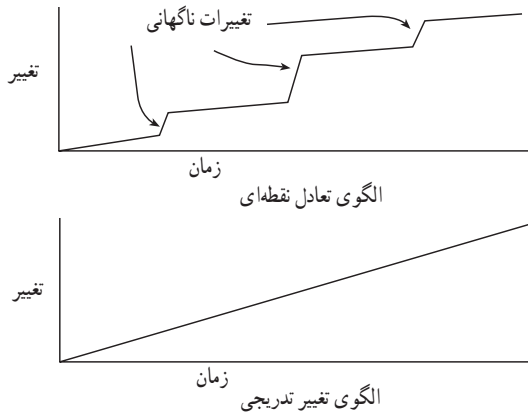


## اصلاح یک تصور نادرست

بسیاری تصور می‌کنند ساختارهایی و ستیجیال نامیده می‌شوند که بدون استفاده باشند، اما در واقع بسیاری از چنین ساختارها دارای وظیفه‌ای هستند. بسیاری از ساختارهای وستیجیال که کوچک‌تر هستند وظیفه سبک‌تری برعهده دارند و یا در مقایسه با ساختارهای مشابه در نیاکان، وظیفه متفاوتی را برعهده دارند. برای مثال، کیسه رویانی که در پستانداران همولوگ کیسه زرده تخم پرندگان و خزندگان است، وستیجیال در نظر گرفته می‌شود، زیرا مواد غذایی رویان در حال رشد را فراهم نمی‌کند. لازم است توضیح داده شود که کیسه 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 به طور کامل توضیح دهند. اما اخیراً بعضی زیست‌شناسان این اندیشه را مطرح کرده‌اند که ممکن است یک گونه سازگار با محیط به علت پایداری وضعیت محیط زیست 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 دوره 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 هر کدام 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. در نتیجه، 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 ۱۲-۴).



شکل ۱۲-۴- الگوهای تغییر گونه‌ها



## تحول ناگهانی یا نقطه‌ای جانداران

نظریه تعادل نقطه‌ای (Punctuated Equilibrium) که در واقع در برابر نظریه 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 نظریه تعادل نقطه‌ای، تحول جانداران ممکن است ناگهانی باشند.

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 نظریه خود به انگشت شست پاندا استناد کرده است. این انگشت در واقع زائیده‌ای است از یکی از استخوان‌های میج 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 زائیده محصول انتخاب طبیعی نیست، بلکه محصول جهش است. کتاب شست پاندا تألیف گولد در سال‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱ برنده دو جایزه مهم شد. گولد پس از سال‌ها کار در زمینه تحقیقات مربوط به تحول جانداران در ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۱، پس از یک دوره طولانی تحمل بیماری سرطان درگذشت.

سنگواره‌ها بیانگر چه اطلاعاتی هستند؟ اگرچه در نتیجه فرسایش و بعضی فرآیندهای زمین‌شناختی مخرب، بیوستگی 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

- ۱- چگونه سنگواره‌ها مدارکی حاکی از رخداد تغییر در گونه‌ها را فراهم می‌کنند؟
- ۲- چگونه مقایسه توالی آمینواسیدهای یک پروتئین وقوع تغییر در گونه‌ها را نشان می‌دهد؟
- ۳- چگونه مقایسه کالبد گونه‌های زنده، شواهدی را در حمایت از وقوع تغییر گونه‌ها فراهم می‌کند؟
- ۴- الگوی تعادل نقطه‌ای تغییر گونه‌ها را با الگوی تغییر تدریجی مقایسه کنید.

## ۳ مثال از تغییر گونه‌ها

بر اثر انتخاب طبیعی، چهره جمعیت‌ها تغییر می‌کند.

کار انتخاب طبیعی، حفظ تغییرات مطلوب است. مثال‌های شناخته شده بسیاری درباره جانداران در محیط‌های طبیعی وجود دارد. مطلب کلیدی درباره تغییر گونه‌ها این است که محیط در تعیین جهت و مقدار تغییرات نقش مهمی دارد (شکل ۱۳-۴). براساس تدبیر نظام آفرینش، میزان موفقیت جانداران برای زیستن و تولیدمثل در شرایط طبیعی خود، تعیین‌کننده بقای جاندار و ژن‌های اوست.

**ملانینی شدن صنعتی:** یک مثال شناخته شده از انتخاب طبیعی ملانینی شدن صنعتی، یعنی تیره شدن رنگ جمعیت جاندار به علت آلودگی صنعتی است. افراد پروانه‌های گونه بیستون بتولاریا، یا پروانه شب پرواز فلفلی، به یکی از دو رنگ تیره یا روشن دیده می‌شود (شکل ۱۴-۴). پروانه‌های تیره‌تر دارای الی‌هایی برای تولید ملانین (رنگدانه تیره‌کننده رنگ) هستند. بنابر گزارشی، رقم تیره این گونه تا دهه ۱۸۵۰ بسیار اندک بوده است. پس از این تاریخ در مناطق صنعتی تعداد پروانه‌های تیره، بیشتر شد. پس از ۱۰۰ سال، تقریباً همه پروانه‌های موجود در نزدیکی مراکز صنعتی تیره‌رنگ بودند.

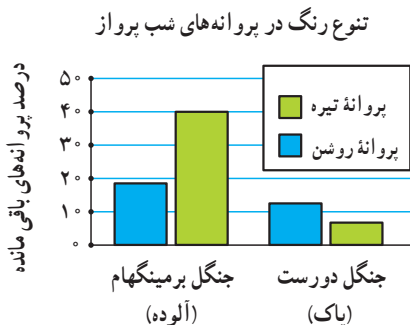


یک فرضیه درباره جانشینی پروانه‌های تیره به جای پروانه‌های روشن با استفاده از نظریه انتخاب طبیعی، شکل می‌گیرد. پروانه‌های تیره‌رنگ در مناطق صنعتی فراوان‌تر هستند، چون که سطح تنه درخت‌ها در اثر آلودگی هوا و از بین رفتن گلسنگ‌هایی که دارای رنگ روشن بوده‌اند، سیاه‌رنگ شده است. گلسنگ‌ها به آلودگی هوا حساس‌اند و در محیط آلوده از بین می‌روند. پروانه‌های تیره‌رنگ با استفاده از رنگ تیره تنه درخت‌ها استتار پیدا کرده‌اند و در نتیجه طعمه پرنندگان

شکل ۱۳-۴- 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.

نمی‌شوند. از طرف دیگر پروانه‌های دارای رنگ روشن روی تنه تیره‌رنگ درخت‌ها کاملاً پیدا هستند و در نتیجه به راحتی طعمه پرنندگان می‌شوند.

**آزمون انتخاب طبیعی پروانه‌ها:** یک بوم‌شناس بریتانیایی به منظور 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 به منظور تشخیص پروانه‌ها قسمت زیر بال‌های آنها را با جوهر علامت‌گذاری کرد. در مرحله بعد او پروانه‌های تیره و روشن را در دو منطقه جنگلی مجزا در انگلستان رها کرد. یکی از مناطق جنگلی در نزدیکی برمینگهام شدیداً آلوده بود. منطقه جنگلی دیگر در نواحی حاشیه‌ای و روستایی و فاقد آلودگی بود. این محقق برای گرفتن پروانه‌ها و مطالعه آنها دام‌هایی بهن کرد. در هر منطقه بیشتر پروانه‌های هم‌رنگ با تنه درختان زنده مانده بودند (شکل ۱۴-۴). تکرار این آزمایش این نتایج را تأیید کرد. طبق بررسی‌ها در مناطق آلوده، پرنندگان پروانه‌های دارای رنگ روشن را شکار می‌کنند، ولی پروانه‌های تیره‌رنگ از شکار در امان می‌مانند.



پروانه‌های فلفلی روشن و تیره روی تنه روشن یک درخت



پروانه‌های فلفلی روشن و تیره روی تنه تیره یک درخت

شکل ۱۴-۴ 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 (که دارای هوای پاک است) دو سوم پروانه‌ها به رنگ روشن هستند.

## خودآزمایی



- ۱- منظور از ملانینی شدن صنعتی چیست؟
- ۲- چه ارتباطی بین جمعیت پروانه‌های روشن و گل‌سنگ‌های روی تنه درختان وجود دارد؟
- ۳- آزمون انتخاب طبیعی پروانه‌ها چه چیزی را نشان می‌دهد؟



## ژنتیک جمعیت

چون داروین از منشأ گوناگونی افراد جمعیت‌ها و نیز از چگونگی انتقال صفات بین نسل‌ها اطلاع چندانی نداشت، نمی‌توانست ساز و کار انتخاب طبیعی را توضیح دهد، بنابراین نظریه لامارک، یعنی «وراثتی بودن صفات اکتسابی» را پذیرفته بود. امروزه زیست‌شناسان با استفاده از پژوهش‌های حاصل از ژنتیک جمعیت به بررسی تغییر و تحول گونه‌ها می‌پردازند.

### پیش‌نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :
- انتخاب طبیعی را شرح دهید،
- اصول ژنتیک مندلی را بیان کنید،
- جهش را توضیح دهید.

## ۱ تعادل در جمعیت‌ها

معمولاً در هر جمعیت فاصله بین افراد به اندازه‌ای است که افراد می‌توانند با یک‌دیگر آمیزش کنند. بنابراین در صورتی که بین افراد مانعی ایجاد شود به طوری که این مانع از آمیزش آنها جلوگیری کند، عملاً آن جمعیت به دو جمعیت تجزیه می‌شود. مثلاً اگر کرم‌های خاکی باغچه منزل شما عملاً نتوانند با کرم‌های خاکی باغچه‌های همسایه‌های شما آمیزش کنند، هر کدام جمعیتی جداگانه تشکیل خواهند داد. در مقابل گنجشک‌های شهر شما جمعیت بزرگی از گنجشک‌ها را تشکیل می‌دهند.

ژنتیک جمعیت به بررسی ژن‌های جمعیت‌ها می‌پردازد. در ژنتیک جمعیت به مجموع ژن‌های موجود در سلول‌های زایشی هر جمعیت خزانه ژنی می‌گویند. به عبارت دیگر، چون هر ژن ممکن است الل‌های متفاوتی داشته باشد، خزانه ژنی شامل مجموع الل‌های مربوط به ژن‌های همه سلول‌های زایشی (سلول‌های تولیدکننده گامت) افراد یک جمعیت است.

برای توصیف خزانه ژنی به دست آوردن تعداد واقعی هر الل کاری غیرممکن است، بنابراین سعی می‌کنیم در ژنتیک جمعیت، فراوانی نسبی الل‌های هر جمعیت را به جای تعداد واقعی، مورد بررسی قرار دهیم.

در سال ۱۹۰۰، یعنی از هنگامی که اصول مندل بار دیگر مورد بررسی و تأیید قرار گرفت، زیست‌شناسان بررسی چگونگی تغییر فراوانی الل‌ها را در جمعیت‌ها آغاز کردند. آنان در ابتدا تصور می‌کردند الل‌های غالب که معمولاً نسبت به الل‌های مغلوب فراوانی بیشتر دارند، پس از مدتی الل‌های مغلوب را از جمعیت حذف خواهند کرد و خود جای آنها را خواهند گرفت.

در سال ۱۹۰۸ هاردی<sup>۱</sup>، ریاضی‌دان انگلیسی و واینبرگ<sup>۲</sup> پزشک آلمانی که مستقل از یک‌دیگر در حال کاربرد قوانین جبر و احتمال برای محاسبه فراوانی ژنوتیپ‌ها بودند، پی بردند که در جمعیت‌های بزرگ که در آنها آمیزش‌ها به صورت تصادفی صورت می‌گیرد، نسبت الل‌های غالب به مغلوب و نیز نسبت فراوانی افراد خالص به ناخالص در نسل‌های پی‌درپی ثابت است و تغییر نمی‌کند، مگر آن که

۱- G.H. Hardy

۲- Weinberg



جمعیت تحت فشار نیرو یا نیروهای تغییردهنده قرار گیرد که به نفع یا به زیان ماندگاری یک یا چند الل خاص عمل می کنند. به این امر اصل هاردی- واینبرگ می گویند. مثلاً اگر الل غالب یک ژن مرگ آور باشد، فراوانی این الل به علت غالب بودن افزایش نمی یابد، بلکه برعکس به علت مرگ آور بودن رو به کاهش می گذارد؛ چون افراد غالب بیشتر در معرض مرگ قبل از تولیدمثل قرار دارند. به مثال زیر در مورد ثابت ماندن الل های جمعیت طبق اصل هاردی- واینبرگ، توجه کنید :

مرحله اول : در یک جمعیت ۱۰۰ تایی مگس سرکه، در آزمایشگاه، دو نوع مگس سرکه وجود دارد : نوع عادی که بدن خاکستری دارد و نوع جهش یافته که بدن آن سیاه رنگ است. الل رنگ سیاه بدن (g) مغلوب است. فراوانی ژنوتیپ های این جمعیت چنین است :

$$GG + Gg + gg$$

$$\text{فرد } 100 = 4 + 32 + 64 : \text{تعداد}$$

چون مگس سرکه جاننداری دیپلوئید است، پس هر فرد دو الل مربوط به رنگ بدن دارد. بنابراین تعداد الل های این جمعیت ۱۰۰ نفری که مربوط به رنگ پوست هستند، ۲۰۰ است :

$$\left. \begin{aligned} G &= 128 + 32 + 0 = 160 \\ g &= 0 + 32 + 8 = 40 \end{aligned} \right\} \text{الل } 200$$

فراوانی نسبی هر یک از الل های G و g در این جمعیت به صورت زیر محاسبه می شود :

$$G = \left(\frac{160}{200}\right) \times 100 = 80\%$$

$$g = \left(\frac{40}{200}\right) \times 100 = 20\%$$

چون معمولاً فراوانی نسبی الل ها را با اعداد اعشاری نشان می دهند می توان نسبت های فوق را به این صورت نشان داد : فراوانی نسبی G و g در این جمعیت به ترتیب ۰/۸ و ۰/۲ است.

مرحله دوم : فراوانی گامت هایی که توسط این جمعیت تولید می شود، به صورت زیر است :

$$0/8G + 0/2g \text{ اسپرم}$$

$$0/8G + 0/2g \text{ تخمک}$$

اگر برای محاسبه نتایج آمیزش بین گامت های افراد این جمعیت از مربع پانت استفاده کنیم، حاصل

چنین است :

اسپرم	G	g	
تخمک	GG $\circ/8 \times \circ/8 = \circ/64$	Gg $\circ/8 \times \circ/2 = \circ/16$	$GG = \circ/64 \begin{cases} \circ/32G \\ \circ/32G \end{cases}$
G			
g	Gg $\circ/8 \times \circ/2 = \circ/16$	gg $\circ/2 \times \circ/2 = \circ/4$	$Gg = \circ/16 + \circ/16 = \circ/32 \begin{cases} \circ/16G \\ \circ/16g \end{cases}$
			$gg = \circ/4 \begin{cases} \circ/2g \\ \circ/2g \end{cases}$
			$\circ/8G + \circ/2g$

بنابراین فراوانی الل‌های G و g در جمعیت نسل اول مساوی با فراوانی این الل‌ها در جمعیت مادر است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، مطابق اصل هاردی-واینبرگ چون این جمعیت تحت هیچ نیروی انتخاب‌کننده و متحول‌سازنده‌ای قرار نداشته، فراوانی الل‌ها در دو نسل تغییری نکرده است. فرمول هاردی-واینبرگ: اگر در مثال فوق فراوانی الل غالب G را p و فراوانی الل مغلوب g را q بنامیم، با توجه به این فراوانی کل این الل‌ها ۱ است، پس  $p+q=1$ ؛ یعنی آمیزش بین گامت‌ها به این صورت درمی‌آید:

اسپرم تخمک	G p	g q	
G p	G G p p	G g p q	$p^2 = GG$ فراوانی افراد خالص غالب نسل بعد
g q	G g p q	g g q q	$2pq = Gg$ فراوانی افراد ناخالص $q^2 = gg$ فراوانی افراد خالص مغلوب

فرمول هاردی-واینبرگ را می‌توان به این صورت توضیح داد: اگر فراوانی الل غالبی را در جمعیتی p و فراوانی الل مغلوب آن را q نام‌گذاری کنیم، هر یک از افراد آن جمعیت ممکن است GG،  $(p \times p = P^2)$ ،  $(p \times q)Gg$  یا  $(q \times q)gg$  باشند. بنابراین می‌توان این رابطه را برای جمعیت نوشت:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

## چگونه مسایل مربوط به تعادل هاردی - واینبرگ را حل کنیم؟

در بسیاری از جمعیت‌ها دو الل هر ژن با توجه به نسبت الل مغلوب خالص ( $q^2$ ) محاسبه می‌شود؛ چون ژنوتیپ این نوع فنوتیپ را می‌توان با اطمینان تشخیص داد، اگر فقط بدانیم کدام فنوتیپ غالب است، می‌توانیم  $q^2$  را به دست آوریم (یک منهای فراوانی فنوتیپ غالب). برای حل مسایل مربوط به اصل هاردی - واینبرگ مراحل زیر توصیه می‌شود:

● به یاد داشته باشید که در همه محاسبات باید نسبت را در نظر گرفت، نه درصد را.

۱- نخست توجه کنید چه اطلاعاتی راجع به جمعیت مورد نظر در اختیار شما قرار می‌گیرد. در بسیاری از موارد، درصد فراوانی فنوتیپ مغلوب خالص  $q^2$  یا غالب  $p^2 + 2pq$  در اختیار ما قرار می‌گیرد.

۲- سپس مقدار  $p$  یا  $q$  را به دست آورید. در این صورت با استفاده از معادله مربوطه و محاسبه‌ای ساده، سایر مقادیر را به دست آورید.

۳- از  $q^2$  جذر بگیرید تا  $q$  به دست آید.

۴- مقدار  $q$  را از عدد ۱ کم کنید تا  $p$  به دست آید (یعنی  $p = 1 - q$ ).

۵-  $p^2$  را با ضرب کردن آن در خودش به دست آورید.

۶-  $2pq$  را به دست آورید.

۷- کنترل کنید  $p^2 + 2pq + q^2$  که مساوی با یک باشد.

مثال ۱: در یکی از جمعیت‌های انسانی ۷۰٪ از افراد می‌توانند مزه ماده شیمیایی فنیل تیوکاربامید (PTC) را تشخیص دهند (فنوتیپ غالب). فراوانی هر یک از موارد زیر را به دست آورید:

الف) فنوتیپ مغلوب خالص ( $q^2$ )

ب) الل مغلوب ( $q$ )

پ) افراد خالص غالب ( $p^2$ )

ت) افراد ناخالص

پاسخ: فراوانی فنوتیپ غالب (۷۰٪) و مغلوب (۳۰٪ = ۱ - ۷۰٪) در صورت مسأله داده شده

است.

فنوتیپ مغلوب: ۳۰٪ = (در محاسبات بنویسید ۰/۳۰)

بنابراین  $q = 0/5477$  (جذر ۳۰٪)

چون  $q - 1 = p$ ، پس  $q = 1 - 0/5477 = 0/4523$

$$p^2 = (0/4523)^2 = 0/2047$$

$$2pq = -0/4953$$

مثال ۲: ژن A دو الل دارد (A و a). اگر فراوانی افراد AA برابر ۰/۳۶ باشد، براساس اصل هاردی - واینبرگ نسبت‌های مورد انتظار از سه نوع ژنوتیپ حاصل از این الل‌ها در جمعیت چقدر است؟

پاسخ:  $p^2 = 0/36$ ، پس  $p = 0/6$

چون  $q = 1 - p = 1 - 0/6 = 0/4$  پس  $q = 0/4$

فراوانی افراد ناخالص (Aa):  $(0/4)(0/6) = 0/48$  و فراوانی افراد مغلوب (aa):

$$q^2 = 0/4^2 = 0/16$$

عوامل مؤثر در برقرار ماندن تعادل هاردی - واینبرگ

برای برقرار ماندن تعادل هاردی - واینبرگ در جمعیتی، باید در آن جمعیت:

۱- جهش ژنی رخ ندهد، یا این که تعداد جهش‌های رفت که الل A را به  $a (A \leftarrow a)$  تبدیل می‌کند، با تعداد جهش‌های برگشت  $(a \leftarrow A)$  برابر باشند.

۲- مهاجرت صورت نگیرد.

۳- جفت‌گیری‌ها به ژنوتیپ و فنوتیپ افراد وابسته نباشند.

۴- جمعیت به قدری بزرگ باشد که بر اثر نوسانات تصادفی، فراوانی الل‌ها تغییر نکند.

۵- انتخاب طبیعی رخ ندهد؛ یعنی، احتمال بقا و تولید مثل برای همه افراد آن یکسان باشد.

چون در جمعیت‌های طبیعی، هیچ‌گاه همه این شرایط فراهم نیست؛ بنابراین، معمولاً خزانه ژنی، به عبارت دیگر فراوانی الل‌های جمعیت از نسلی به نسل دیگر تغییر می‌کند. انباشته شدن این تغییرات کوچک در گذر زمان ممکن است سبب تغییر چشمگیر خزانه ژنی شود و سیمای گونه را تغییر دهد.

فکر می‌کنید در جمعیت کلاس شما چند نفر ناقل بیماری تالاسمی هستند؟

۱- به یاد بیاورید که ژن مربوط به بیماری تالاسمی یک ژن مغلوب اتوزومی است. افراد مبتلا به تالاسمی مینور که از نظر این ژن ناخالص (Cc) هستند، در واقع ناقل این بیماری محسوب می‌شوند. فراوانی افراد خالص که مبتلا به تالاسمی ماژور هستند، در جمعیت کشورمان حدود

۲۰,۰۰۰ نفر است. اگر جمعیت کشورمان را ۶۰ میلیون نفر در نظر بگیریم،  $q$ ، یعنی فراوانی افراد خالص، برابر  $0.000333$  و  $q$  برابر  $\sqrt{0.000333}$  یا  $0.0182$  به دست می‌آید.

۲- اگر بخواهیم فراوانی الل غالب  $C$ ، یعنی  $p$  را در جمعیت کشورمان محاسبه کنیم، به صورت زیر عمل می‌کنیم: چون  $p+q=1$  است، پس  $p=1-q$ ، بنابراین  $p=0.9818$  یا  $p=0.9818$ .

۳- برای تعیین فراوانی افراد ناخالص ناقل محاسبات زیر را انجام می‌دهیم:

$$2pq = 2 \times 0.9818 \times 0.0182 = 0.0357375$$

به عبارت دیگر به طور متوسط در هر ۱۰۰۰ نفر از جمعیت کشورمان ۳۶ نفر ناقل وجود دارد.

## عوامل تغییر دهنده ساختار ژنی جمعیت‌ها

هرگاه در جمعیتی شرایط لازم برای تعادل هاردی-واینبرگ برقرار باشد، آن جمعیت در حال دگرگونی و تغییر نیست. پس، عواملی را که سبب به هم خوردن تعادل می‌شوند، می‌توان نیروهای تغییر دهنده گونه‌ها نامید. این عوامل عبارت‌اند از:

۱- جهش: همانندسازی ماده ژنتیک هیچ‌گاه کاملاً بدون نقص نیست. عوامل جهش‌زای بسیاری نیز در محیط وجود دارد که سبب تغییر در ماده ژنتیک می‌شوند. بنابراین جهش همواره رخ می‌دهد و هیچ روشی برای متوقف کردن آن شناخته نشده است. تعادل جهش یعنی شرایطی که در آن تعداد جهش‌های  $a \leftarrow A$  با تعداد جهش‌های  $A \leftarrow a$  برابر باشد، نیز بسیار به ندرت پیش می‌آید. بنابراین جهش‌های دایمی همواره، اما به آهستگی، فراوانی الل‌ها را تغییر می‌دهند. مثلاً، اگر فراوانی جهش‌های  $a \leftarrow A$  بیشتر از جهش‌های  $A \leftarrow a$  باشد، فراوانی الل  $a$  به تدریج در جمعیت افزایش می‌یابد.

با آن‌که جهش همیشه اتفاق می‌افتد، اما معمولاً آن را به عنوان عامل اصلی تغییر فراوانی الل‌ها در جمعیت در نظر نمی‌گیرند چون آهنگ جهش برای بیشتر ژن‌ها بسیار اندک است. اگر جهش به تنهایی عمل کند و سایر نیروهای تغییر دهنده فعال نباشند، مدتی بسیار طولانی لازم است تا تغییر قابل توجهی در فراوانی الل‌ها رخ دهد. مهم‌ترین نقش جهش، ایجاد تنوع در جمعیت است (شکل ۱-۵). اگرچه جهش، زمینه تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند، ولی جهت آن را تعیین نمی‌کند.

۲- شارش ژن: هنگامی که افرادی از یک جمعیت به جمعیتی دیگر مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از الل‌های جمعیت مبدأ را با خود به جمعیت مقصد وارد می‌کنند. به این پدیده، شارش ژن<sup>۱</sup> می‌گویند. شارش ژن می‌تواند باعث افزایش تنوع درون جمعیت پذیرنده (مقصد) شود. از سوی دیگر

<sup>۱</sup> - gene flow

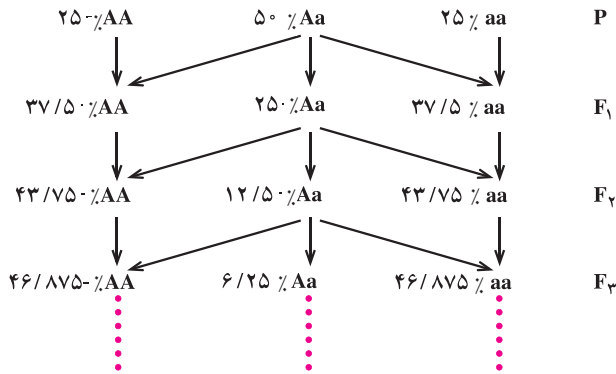


شکل ۱-۵- گوناگونی در جمعیت گیاه لاله عباسی

اگر روند مهاجرت در دو جهت ادامه یابد، با گذشت زمان خزانه ژنی دو جمعیت شبیه به هم می شود. به این ترتیب، می توان گفت که شارش ژن در جهت کاهش تفاوت بین جمعیت ها عمل می کند.

**۳- آمیزش غیر تصادفی:** منظور از آمیزش تصادفی این است که احتمال آمیزش هر فرد با هریک از افراد جنس دیگر در جمعیت برابر باشد و ارتباطی با ژنوتیپ یا فنوتیپ او نداشته باشد. در جمعیت های طبیعی، عموماً وضع بدین گونه نیست. حالت های مختلفی از آمیزش های غیر تصادفی در طبیعت دیده می شود. در این نوع آمیزش ها فراوانی الل ها تغییر نمی کند.

**درون آمیزی:** گاه آمیزش میان خویشاوندان نزدیک محتمل تر از آمیزش با سایر افراد است. به این حالت درون آمیزی می گویند. به عنوان مثال، اگر دانه های یک گیاه به خوبی در محیط پراکنده نشوند، زاده های آن گیاه در فواصل نزدیک به هم می رویند و احتمال گرده افشانی بین آنها بیشتر می شود. اگرچه درون آمیزی فراوانی نسبی الل ها را تغییر نمی دهد؛ ولی سبب افزایش فراوانی افراد خالص و کاهش افراد ناخالص می شود. شدیدترین حالت درون آمیزی خودلقاحی است که در آن گامت های نر هر فرد، گامت های ماده خود او را بارور می کنند. اگر افراد جمعیتی که در آن سه نوع ژنوتیپ AA، Aa و aa وجود داشته باشد، شروع به خودلقاحی کنند، در هر نسل فراوانی افراد ناخالص در آن جمعیت نصف می شود؛ زیرا از هر آمیزش  $Aa \times Aa$ ، فقط نیمی از زاده ها Aa هستند و نیم دیگر aa یا AA می شوند. در عوض،



ژنوتیپ همه زاده‌های حاصل از خودلقاحی هر فرد خالص، عیناً مانند خود او خواهد بود.

*آمیزش همسان پسندانه*<sup>۱</sup>: به حالتی گفته می‌شود که احتمال آمیزش بین افرادی که فنوتیپ یکسان دارند، بیشتر است. به عنوان مثال، ممکن است انسان‌های قدبلند تمایل بیشتری به ازدواج با هم داشته باشند. آمیزش همسان پسندانه در این مثال جمعیت را به دو زیرگروه فنوتیپی مثلاً گروه بلند قد و گروه کوتاه قد تقسیم می‌کند که تبادل ژن بین آنها کمتر صورت می‌گیرد. در این حالت، ژن‌هایی که صفت مورد نظر (در این مثال قد انسان) را کنترل می‌کنند، عموماً در هر گروه به صورت خالص درمی‌آیند و فراوانی افرادی که برای این ژن‌ها ناخالص هستند، کاهش می‌یابد.

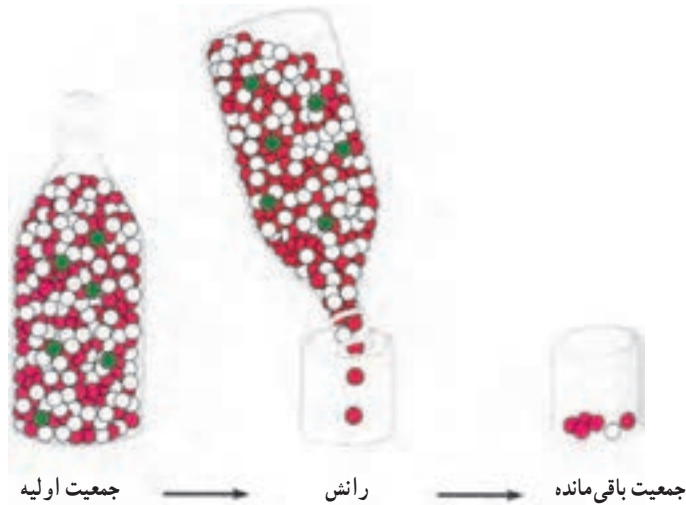
آمیزش همسان پسندانه، محدود به جانوران نیست. بسیاری از گروه‌های گیاهی بالقوه می‌توانند با هم آمیزش کنند، اما در طبیعت این کار را انجام نمی‌دهند؛ چون زمان گلدهی آنها با هم متفاوت است.

*آمیزش ناهمسان پسندانه*: گاه مشاهده می‌شود که افراد همانند با هم آمیزش نمی‌کنند. این نوع آمیزش غیرتصادفی آمیزش ناهمسان پسندانه نام دارد و منجر به افزایش فراوانی افراد ناخالص می‌شود. نمونه‌ای از آمیزش‌های ناهمسان پسندانه که در گیاه شبدر یافت می‌شود، توسط یک ژن چند اللی، به نام ژن خودناسازگاری تنظیم می‌شود. هنگامی که دانه گرده‌ای روی کلاله مادگی این گل می‌نشیند، الل‌های این ژن تعیین می‌کنند که لوله گرده تشکیل خواهد شد یا نه. می‌دانید که سلول‌های کلاله مادگی دیپلوئید و دانه‌های گرده هاپلوئید هستند. اگر اللی که دانه گرده دارد، شبیه یکی از دو اللی باشد که در سلول‌های کلاله وجود دارد، لوله گرده نمی‌تواند در آن مادگی رشد کند. دانه‌های گرده‌ای که اللی متفاوت نسبت به دو الل موجود در گیاه پذیرنده گرده را در خود دارند، می‌توانند لوله گرده تشکیل و لقاح انجام دهند.

۴- رانش ژن: گاه فراوانی الل‌ها در خزانه ژنی جمعیت‌های کوچک به علت رخدادهایی تغییر

<sup>۱</sup> assortative mating

می‌کند و حتی ممکن است بعضی از الل‌ها حذف شوند. به این پدیده رانش ژن<sup>۱</sup> می‌گویند. فراوانی الل‌ها در همه جمعیت‌های واقعی تغییر می‌کند، اما این تغییرات در جمعیت‌های کوچک شدیدتر است. در واقع در جمعیت‌های کوچک احتمال بیشتری وجود دارد که برخی از افراد دارای ژنوتیپ‌های کمیاب مثلاً به این دلیل که پیش از رسیدن به سن تولید مثل می‌میرند، اصلاً در آمیزش شرکت نکنند. رانش ژن در جمعیت‌های مختلف نتایج یکسانی به بار نمی‌آورد (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵ - الگوی از رانش ژن. به علت کاهش ناگهانی اندازه جمعیت یکی از الل‌ها (سبز) حذف شده و فراوانی نسبی دو الل دیگر (سفید و قرمز) نسبت به جمعیت مادر تفاوت بسیار پیدا کرده است.

گاهی تعداد زیادی از افراد یک جمعیت به علت حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی، افزایش ناگهانی جمعیت شکارچی و غیره، می‌میرند. در این صورت ممکن است فراوانی الل‌ها در گروه کوچکی که از بحران جان سالم به‌در برده‌اند، نسبت به جمعیت اولیه بسیار متفاوت باشد. این افراد باقی‌مانده با هم تولید مثل می‌کنند و جمعیت جدیدی به وجود می‌آورند. فراوانی الل‌ها در جمعیت جدید، مشابه فراوانی آنها در گروه کوچکی است که از جمعیت اصلی باقی‌مانده بود. مشابه همین اتفاق، زمانی رخ می‌دهد که تعداد کمی از افراد جمعیت به محیطی جدید، مثلاً یک جزیره، مهاجرت می‌کنند و در آن‌جا جمعیت تازه‌ای را بنیان می‌نهند. به چنین وضعیتی اثر بنیان‌گذار گفته می‌شود.



رائش ژن معمولاً به کاهش تنوع درون جمعیت می‌انجامد. شباهت زیادی که در جمعیت‌های چیتاهای افریقای جنوبی<sup>۱</sup> وجود دارد، به خاطر رائش ژن است (شکل ۳-۵). علت و زمان دقیق کاهش ناگهانی جمعیت این جانوران مشخص نیست. شاید قبلاً مردم برای حفاظت از گله‌های خود تعداد زیادی از آنها را کشته باشند؛ همچنین، ممکن است که یک عامل انقراضی بزرگ در سال‌ها پیش سبب اصلی این کاهش بوده باشد. به علت کوچکی جمعیت باقی‌مانده این جانوران و از بین رفتن قسمت عمده‌ای از الل‌های موجود در خزانه ژنی جمعیت بزرگ اولیه، چیتاهای امروزی بسیار شبیه هم هستند. این شباهت تا حدی است که پیوند پوست بین هر دو عضوی از جمعیت چیتاها امکان‌پذیر است!



شکل ۳-۵- چیتاهای افریقای. هزاران سال پیش جمعیت این جانور، بحرانی ناشناخته را پشت سر گذاشت که موجب کاهش ۹۰ درصد از جمعیت آن شد.

**۵- انتخاب طبیعی:** پنجمین شرط برقراری تعادل هاردی-واینبرگ این است که احتمال بقا و تولید مثل برای همه افراد برابر باشد. هنگامی که صحبت از بقا یا موفقیت تولید مثل است ویژگی‌های بسیار گوناگونی مطرح می‌شوند. انتخاب جفت، تعداد دفعات جفت‌گیری، تولید گامت‌های سالم، تعداد سلول‌های زیگوت که پس از هر بار جفت‌گیری تشکیل می‌شوند، درصدی از سلول‌های زیگوت که دوره نمو جنینی را با موفقیت می‌گذرانند و منجر به تولد نوزاد می‌شوند، احتمال زنده ماندن زاده‌ها تا زمانی

<sup>۱</sup>- *Acinonyx jubatus jubatus*

که به سن تولید مثل می‌رسند و حتی احتمال زنده ماندن والدین پس از تولید مثل، به ویژه در گونه‌هایی که والدین از فرزندان خود مراقبت می‌کنند؛ از جمله عواملی هستند که تعیین می‌کنند هر فرد چه مقدار در نسل بعد سهم دارد. می‌توان با قاطعیت گفت که این ویژگی‌ها مستقل از ژنوتیپ نیستند.

نظام طبیعت همواره انواع سازگارتر نسبت به محیط را انتخاب می‌کند. در این انتخاب مجموعه عواملی که ذکر کردیم، مؤثرند. برای این که بتوانیم یک توصیف کمی درباره اثر انتخاب طبیعی داشته باشیم، کمیتی را به نام شایستگی تکاملی تعریف می‌کنیم. شایستگی هر فرد نشان می‌دهد که سهم نسبی او در تشکیل خزانه ژنی نسل بعد چقدر است. معمولاً شایستگی را برای بهترین و موفق‌ترین گروه ۱ در نظر می‌گیرند و شایستگی نسبی سایر گروه‌ها را به صورت کسری از ۱ بیان می‌کنند.

برای این که اثر انتخاب طبیعی را در بالابردن فراوانی الل‌های مطلوب (از نظر محیط زیست)، درک کنیم، جمعیتی از مگس‌های سرکه جوان را در نظر می‌گیریم و صفت طول بال را در آن بررسی می‌کنیم. فرض کنید که ترکیب این جمعیت به صورت زیر است (f: فراوانی):

$$100LL + 200LI + 100II \\ \Rightarrow f(LL) = 0/25, f(LI) = 0/5, f(II) = 0/25$$

فراوانی دو الل L و I در این جمعیت یکسان و برابر ۰/۵ است.

احتمالاً مگس‌های بال کوتاه در پرواز دچار مشکل می‌شوند و نمی‌توانند به آسانی از چنگ شکارچیان بگریزند. فرض کنید که به خاطر این مشکل، نصف مگس‌های بال کوتاه تا پیش از آن که به سن تولید مثل برسند، می‌میرند. در این صورت، جمعیتی که خزانه ژنی نسل بعد را تشکیل می‌دهد، چنین ترکیبی خواهد داشت:

$$100LL + 200LI + 50II$$

فراوانی دو الل در گامت‌هایی که توسط این افراد تولید می‌شوند، به آسانی قابل محاسبه است:

$$f(L) = \frac{2 \times 100 + 1 \times 200}{2 \times 350} = 0/57 \\ f(I) = 1 - f(L) = 0/43$$

اگر آمیزش‌های انجام شده بین اعضای جمعیت بالا تصادفی باشد، می‌توانیم فراوانی هریک از ژنوتیپ‌ها را در نسل بعد به کمک جدول پانت به دست بیاوریم:

۰/۴۳۱ اسپرم‌ها ۰/۵۷L

تخمک‌ها	۰/۵۷L	۰/۳۲۵ LL	۰/۲۴۵ Ll	⇒	$f(LL) = 0/325$
	۰/۴۳۱	۰/۲۴۵ Ll	۰/۱۸۵ ll		$f(Ll) = 0/49$ $f(ll) = 0/185$

اگر جمعیت مگس‌ها در نسل بعد هم ۴۰۰ عضوی باشد، تعداد افرادی که هر یک از ژنوتیپ‌ها را دارند به صورت زیر خواهد بود:

$$130LL + 196Ll + 74ll$$

باز هم نیمی از افراد ll به سن تولید مثل نمی‌رسند و به این ترتیب، فراوانی الل I در نسل‌های پیاپی کاهش می‌یابد.

در این مثال شایستگی تکاملی را برای ژنوتیپ‌ها LL و Ll، ۱ و برای ژنوتیپ ll، ۰/۵ در نظر گرفتیم. کاهش شایستگی افراد ll به خاطر کمتر بودن احتمال بقای آنهاست. در واقع احتمال این که هر فرد ll بتواند نقش خود را در تشکیل خزانه ژنی نسل بعد ایفا کند، پنجاه درصد است. گاهی اوقات کاهش شایستگی به این علت است که افرادی با ژنوتیپ خاص، گامت‌های کمتری تولید می‌کنند و یا بعضی از گامت‌های آنها غیر طبیعی هستند و توانایی شرکت در لقاح را ندارند. در مواردی نیز، نرهایی که فنوتیپ خاصی دارند، در جلب نظر ماده‌ها ناکام می‌مانند و موفق به جفت‌گیری نمی‌شوند. مثلاً، چلچله‌های ماده در هنگام جفت‌گیری نرهای دم بلند را ترجیح می‌دهند. شانس نرهای دم کوتاه برای یافتن جفت کمتر است.

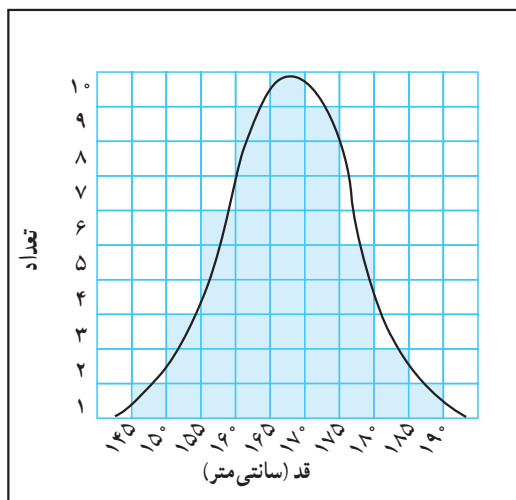
نکته مهمی که باید همواره به آن توجه داشت این است که انتخاب طبیعی بر فنوتیپ مؤثر است. در جمعیت مگس‌های سرکه افراد ناخالص هم الل خوب (L) و هم الل بد (l) را دارند؛ ولی، چون فنوتیپ مطلوب (بال بلند) را دارند، انتخاب طبیعی تفاوتی بین آنها و افراد LL قائل نمی‌شود. الل‌های نامطلوب اگر مغلوب باشند، می‌توانند خود را در قالب افراد ناخالص پنهان کنند و از اثر انتخاب طبیعی در امان بمانند انتخاب طبیعی تنها زمانی می‌تواند بر این الل‌ها اثر بگذارد که در یک فرد به صورت خالص درآیند و فنوتیپ نامطلوب را ظاهر کنند. الل‌های نامطلوب مغلوب آهسته‌تر از الل‌های نامطلوب غالب از جمعیت حذف می‌شوند.



- ۱- اصطلاحات زیر را تعریف کنید :
- الف) خزانه ژنی ب) شایستگی تکاملی
- ۲- اصل هاردی - واینبرگ را توضیح دهید .
- ۳- پنج عامل بر هم زنده تعادل هاردی - واینبرگ را نام ببرید .
- ۴- چرا با آن که جهش معمولاً همیشه در جمعیت‌ها رخ می‌دهد، آن را به‌عنوان عامل اصلی تغییردهنده جمعیت در نظر نمی‌گیرید؟
- ۵- تأثیر انتخاب همسر را در جمعیت‌های انسانی، بر تعادل هاردی - واینبرگ مورد بحث قرار دهید .
- ۶- چرا می‌گویند رانش ژن در جمعیت‌های کوچک اثر بیشتری دارد؟
- ۷- در مورد این عبارت توضیح دهید : شارش ژن سبب افزایش تنوع درون جمعیت‌ها و کاهش تفاوت‌ها بین جمعیت‌ها می‌شود .

## ۲ چگونه بر اثر انتخاب طبیعی جمعیت‌ها دگرگون می‌شوند؟

در نمونه‌هایی که تاکنون بررسی کردیم، هر صفت دو حالت بیشتر نداشت: بدن مگس‌های سرکه یا خاکستری است یا سیاه. بسیاری از صفاتی که در دنیای واقعی با آنها روبرو می‌شویم، این‌گونه نیستند. به‌عنوان مثال، قد انسان‌ها گستره‌ای از مقادیر را دارد (شکل ۴-۵). همان‌گونه که می‌بینید اغلب انسان‌ها قدی متوسط دارند و تعداد افراد بسیار قدبلند یا بسیار قدکوتاه نسبتاً کم است. بنابراین اگر نمودار توزیع فراوانی را برای این صفت رسم کنیم، منحنی شکلی زنگوله‌مانند به خود می‌گیرد. این نوع توزیع را **توزیع طبیعی** (نرمال) می‌نامند. بسیاری از صفاتی که برای ما جالب توجه‌اند، توزیع طبیعی دارند، مثل وزن دانه‌های برنج، مقدار پروتئین دانه‌های سویا، غلظت قند خون انسان، رنگ پوست و حتی بهره هوشی. این‌گونه صفات را **صفات پیوسته** یا **صفات کمی** می‌گویند.

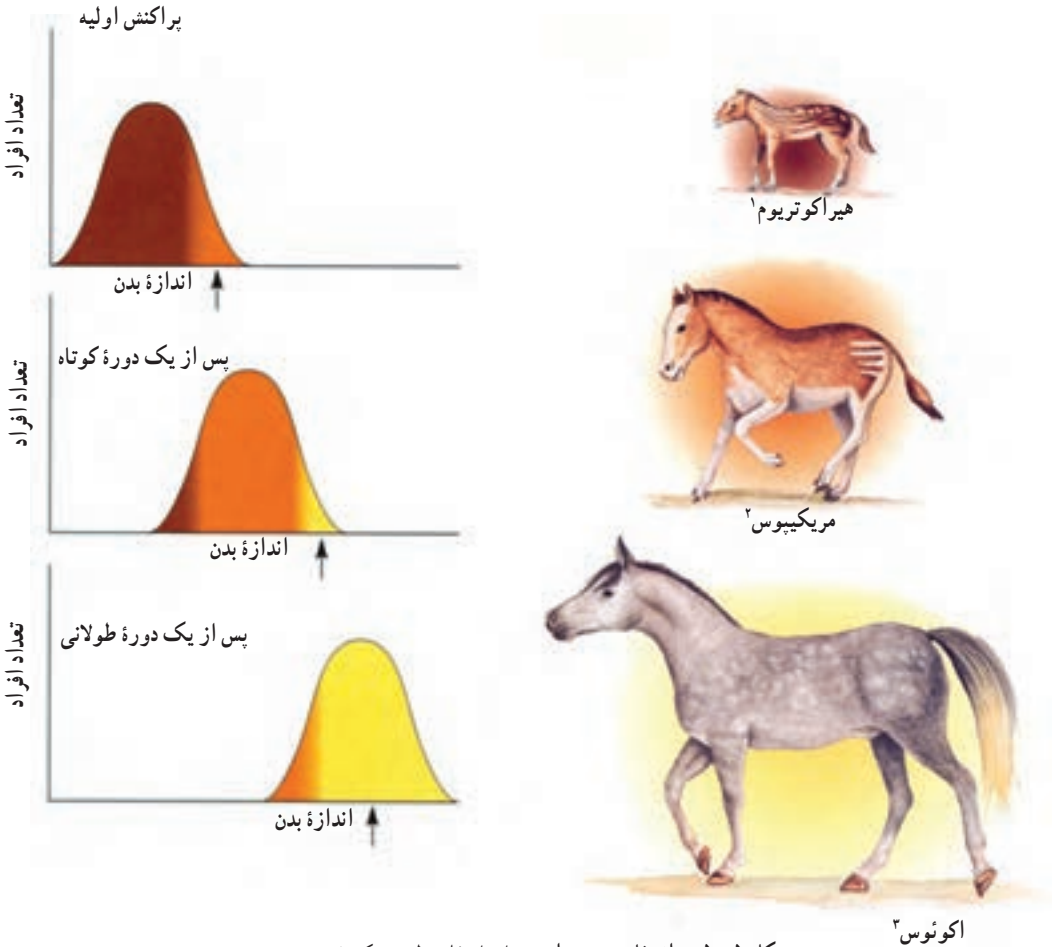


شکل ۴-۵- نمودار مربوط به گوناگونی قد در جمعیتی از بزرگسالان

انتخاب طبیعی در مورد صفات کمی چگونه عمل می‌کند؟ اثر انتخاب طبیعی بر صفات پیوسته سه الگوی کلی را نشان می‌دهد.

# ۱- انتخاب جهت دار در محیط متغیر روی می دهد.

انتخاب جهت دار معمولاً زمانی اتفاق می افتد که شرایط محیط تغییر می کند، یا جانداران به محیط جدیدی وارد می شوند. در چنین وضعیتی، جاندارانی که در یکی از دو انتهای نمودار توزیع طبیعی (دور از مقدار متوسط) جای می گیرند و ابتدا فراوانی کمی دارند، انتخاب می شوند و پس از مدتی، نمودار توزیع در جهت افزایش یا کاهش مقدار صفت مورد نظر جابه جا می شود. افزایش تدریجی اندازه بدن اسب در جریان تغییر گونه ها، نمونه ای از انتخاب جهت دار است (شکل ۵-۵). به نظر می رسد که این افزایش پاسخی به تغییر در محیط زندگی اسب یعنی تبدیل جنگل به علفزار باشد.



شکل ۵-۵- انتخاب جهت دار. بر اثر انتخاب طبیعی یک فنوتیپ آستانه ای (پیکان ها) ترجیح داده و باعث تغییر نمودار پراکنش شده است.

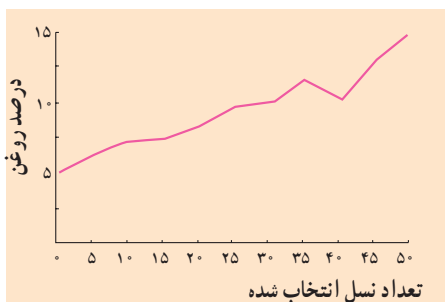
۱- Hyracotherium

۲- Merychippus

۳- Equus

انسان انتخاب جهت دار را به طور گسترده مورد استفاده قرار داده است. نگهداری از گاوهایی که بیشتر شیر می دهند یا در مدت کوتاه تری پروارتر می شوند، مرغ هایی که بیشتر تخم می گذارند، اسب هایی که سریع تر می دوند و گیاهانی که محصول بیشتری می دهند، همه نمونه هایی از انتخاب جهت دار است. در یک آزمایش روی ذرت ها، در هر نسل گیاهانی که بیشترین روغن را در دانه های خود ذخیره می کردند، انتخاب و برای به وجود آوردن نسل بعد آمیزش داده شدند. این کار تا ۵۰ نسل ادامه یافت. در نتیجه، متوسط مقدار روغن در دانه های ذرت از ۵ درصد در جمعیت اولیه به ۱۵ درصد در نسل پنجاهم رسید (شکل ۵-۶). هیچ یک از گیاهان اولیه، ۱۵ درصد روغن در دانه های خود نداشتند!

تغییر در صفات گیاهان یا جانوران را که به انتخاب انسان صورت می گیرد، **انتخاب مصنوعی** می نامند.



شکل ۵-۶ - تغییرات جمعیت ذرت در پاسخ به انتخاب جهت دار به منظور انتخاب ذرت های دارای روغن بیشتر

## بیشتر بدانید



انتخاب مصنوعی تدبیری است که انسان می اندیشد تا با استفاده از قوانین طبیعت به محصولات بهتری دست یابد. انتخاب مصنوعی نوعی تقلید و الگوگیری از نظام آفرینش است. این نظام طوری طراحی شده است که دائماً به سوی بهتر شدن هدایت می شود. تدبیرهای نظام آفرینش بسیار پیچیده تر، دقیق تر و هدفمندتر از تدبیر انسان در انتخاب مصنوعی است.

## ۲- انتخاب پایدارکننده در محیط پایدار روی می دهد.

گاه بر اثر انتخاب طبیعی وضع موجود حفظ می شود؛ یعنی، افرادی که در میانه طیف قرار دارند، باقی می مانند و فنوتیپ های آستانه کاهش می یابند. این نوع انتخاب که **انتخاب پایدارکننده** نامیده می شود، معمولاً زمانی رخ می دهد که جاندار برای مدت زیادی در یک محیط نسبتاً پایدار زندگی و سازگاری های لازم را برای زیستن در این محیط پیدا کرده باشد. در این حالت، بروز تغییرات قابل

توجه در هر صفتی، می تواند توازن و هماهنگی اندام ها و دستگاه های گوناگون بدن را - که در مدتی طولانی حاصل شده است - برهم بزند. به همین علت تا هنگامی که تغییر شرایط محیط سازگاری های جدیدی را طلب نکند وضعیت موجود حفظ می شود.

مثال خوبی از انتخاب پایدارکننده، خرچنگ نعل اسبی<sup>۱</sup> است. شواهد فسیلی نشان می دهد که این



شکل ۷-۵ - خرچنگ نعل اسبی (در حدود ۳۰

سانتی متر قطر دارد).

پراکنش اولیه



پس از یک دوره زمانی کوتاه



پس از یک دوره زمانی طولانی



جاندار در مدت ۲۲۵ میلیون سال بدون تغییر مانده است. به چنین موجوداتی که بازمانده جانداران میلیون ها سال پیش هستند و شباهت فراوانی به آنها دارند فسیل زنده می گویند. خرچنگ های نعل اسبی در ساحل دریاها زندگی می کنند. به نظر می رسد با وجود تغییر آب و هوای زمین، شرایط زیستگاه این جانوران برای آنها تا حدود زیادی قابل تحمل بوده و بنابراین، نیازی به سازگاری های جدید نبوده است (شکل ۷-۵).

در انسان، انتخاب پایدارکننده سبب شده است

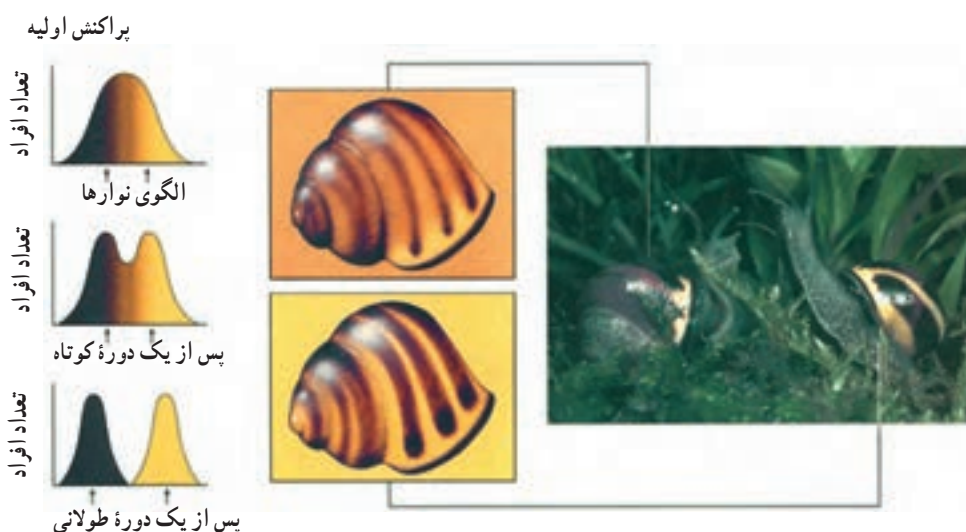
که وزن اغلب نوزادان هنگام تولد نزدیک به مقدار متوسط (۳/۲ کیلوگرم) باشد. گستره وزن نوزادان تازه به دنیا آمده، از حدود ۹۰۰ گرم تا حدود ۵ کیلوگرم گزارش شده است؛ ولی، میزان مرگ و میر برای نوزادانی که در دو آستانه این طیف هستند، بالاست و افرادی که فنوتیپ حد وسط دارند، احتمال بقای بیشتری دارند (شکل ۸-۵).

شکل ۸-۵ - انتخاب پایدارکننده. بر اثر انتخاب طبیعی فنوتیپ متوسط (محل بیکان) بر حالت های آستانه ای ترجیح داده می شود. امروزه اکثر نوزادان انسان وزن متوسط (در حدود ۳/۲ کیلوگرم) دارند.



### ۳- انتخاب گسلنده در محیط‌های ناهمگن روی می دهد.

انتخاب گسلنده هنگامی روی می دهد که فنوتیپ‌های آستانه‌ای بر فنوتیپ‌های حد واسط ترجیح داده شوند. معمولاً ناهمگنی شرایط محیط باعث این نوع انتخاب می شود. نمونه چنین انتخابی حلزون‌هایی<sup>۱</sup> هستند که در زیستگاه‌های مختلفی، از قبیل جنگل‌ها و علفزارها زندگی می کنند. حلزون‌هایی که در علفزارها زندگی می کنند، نوارهای کاملاً روشن دارند و به این ترتیب از دید دشمنان مخفی می مانند. برعکس حلزون‌های جنگلی باید برای استتار نوارهای تیره داشته باشند. فنوتیپ‌های میانه، در هیچ یک از دو زیستگاه استتار خوبی ندارند و بنابراین کاهش می یابند (شکل ۹-۵).



شکل ۹-۵- انتخاب طبیعی دو فنوتیپ افراطی (محل بیکان‌ها) ترجیح داده شده‌اند. حلزون‌های امروزی که متعلق به این گونه هستند، دو فنوتیپ متفاوت ویژه زندگی در دو زیستگاه متفاوت را نشان می دهند.

بررسی جمعیتی از سهره‌های کامرون نشان داده است که در آن‌جا دو نوع سهره کاملاً متمایز از نظر اندازه منقار وجود دارد. گروهی از اعضای گونه، منقار بزرگ و گروهی منقار کوچک دارند. افراد کوچک منقار از دانه‌های نرم تغذیه می کنند و بزرگ منقارها دانه‌های سخت را می شکند. منقار هر یک از این دو گروه برای استفاده از غذایی که می خورند، بهینه شده است. افرادی که اندازه منقار متوسط دارند، نمی توانند از هیچ کدام از دانه‌های نرم یا سخت، به خوبی استفاده کنند (شکل ۱۰-۵).

۱- *Cepaea nemoralis*



شکل ۱۰-۵- در جمعیت سهره‌های کامرون دو نوع متقار یافت می‌شود. اعضای این دو گروه در تعادل و توازن قرار دارند.

در انتخاب گسلنده، عملاً جمعیت گونه به دو گروه تقسیم می‌شود که البته این دو گروه توانایی آمیزش با هم را دارند. از آمیزش افراد این دو گروه، احتمالاً برخی از زاده‌ها فنوتیپ حد واسط را دارند و لذا در رقابت حذف می‌شوند. اگر بعضی از افراد به خاطر یک تغییر ژنتیکی، صرفاً با افراد هم‌گروه خود آمیزش کنند، همه زاده‌های آنها همان فنوتیپ آستانه‌ای را خواهند داشت و لذا برای بقا انتخاب می‌شوند. در طی نسل‌های پیاپی، این ویژگی، یعنی آمیزش با افراد همسان در میان اعضای جمعیت متداول می‌شود. به این ترتیب، با گذشت زمان، ممکن است خزانه ژنی دو گروه کاملاً از هم جدا شود و زمینه برای اشتقاق گونه‌ها فراهم شود.

## خودآزمایی



- ۱- نقش انسان را در انتخاب جهت‌دار جمعیت‌ها توضیح دهید.
- ۲- انتخاب پایدارکننده در چه محیط‌هایی روی می‌دهد و چرا؟
- ۳- یک مثال از انتخاب گسلنده بیان کنید.

## ۳ استمرار گوناگونی در جمعیت‌ها

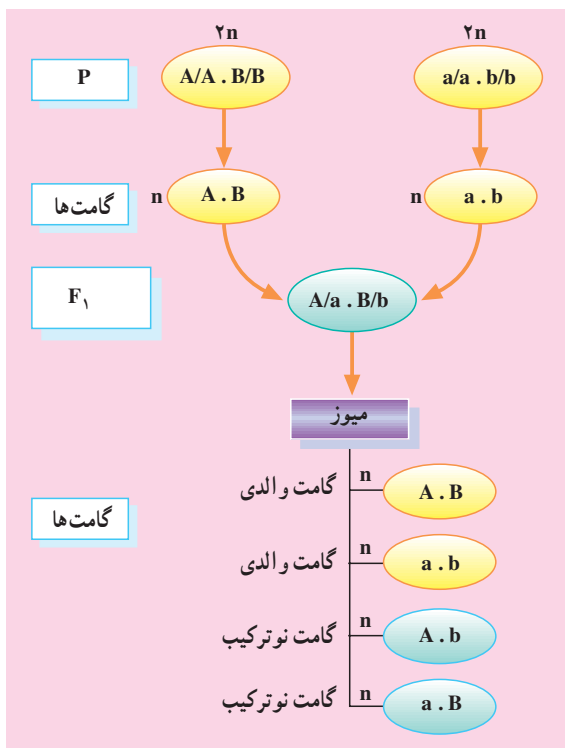
افراد جمعیت‌ها معمولاً متنوع هستند. وجود تنوع برای بقای گونه مفید است؛ زیرا تنوع توان سازگار شدن با محیط‌های جدید را به جمعیت می‌دهد. اللی که در زمان و مکان خاصی از نظر محیط نامطلوب است، با تغییر شرایط ممکن است بتواند موجب سازگاری شود، مثل رنگ سیاه در پروانه‌های شب پرواز فلفلی. گونه‌هایی که نتوانند خود را با محیط تطبیق دهند، منقرض می‌شوند. به یاد دارید که بر اثر انتخاب طبیعی ال‌های ناسازگار کاهش می‌یابند و فراوانی ال‌های سازگار به صد درصد نزدیک می‌شود. پس چگونه تنوع در جمعیت‌ها استمرار می‌یابد؟ نخست، باید به یاد داشته باشیم که نیروهای پدیدآورنده تنوع همواره فعال اند: جهش، سبب پیدایش ال‌های جدید می‌شود؛ شارش ژنی از جمعیت‌های دیگر نیز اتفاق می‌افتد. همان گونه که دیدیم، بر اثر انتخاب طبیعی در مواردی (انتخاب گسلنده) گوناگونی افزایش می‌یابد. علاوه بر این‌ها، عوامل دیگری نیز باعث می‌شوند که تنوع در جمعیت‌ها حفظ شود.

### نو ترکیبی

با تولید مثل جنسی ترکیب‌های جدیدی از ال‌های موجود در کنار هم قرار می‌گیرند؛ منظور از نو ترکیبی ژن‌ها کنار هم قرار گرفتن ترکیبی از ال‌های ژن‌های مختلف است که پیش‌تر سابقه نداشته است. به عنوان مثال، فرض کنید که دو فرد با ژنوتیپ‌های  $AABB$  و  $aabb$  با هم آمیزش می‌کنند. لقاح بین گامت‌های  $AB$  و  $ab$  انجام می‌شود و افراد نسل اول همه  $AaBb$  هستند. هنگامی که این افراد به سن تولید مثل می‌رسند، چهار نوع گامت تولید می‌کنند که دو نوع آنها ( $Ab$  و  $aB$ ) جدید هستند. گامت‌هایی را که نظیر آنها در گامت‌های والدین وجود داشته است، گامت‌های والدی و انواع جدید را گامت‌های نو ترکیب می‌گویند.

اگر این گامت‌ها به صورت تصادفی در لقاح شرکت کنند، در نسل دوم ژنوتیپ‌های زیر را خواهیم داشت:

$AABB, AaBB, aaBB, AABb, AaBb, aaBb, AAbb, Aabb, aabb$

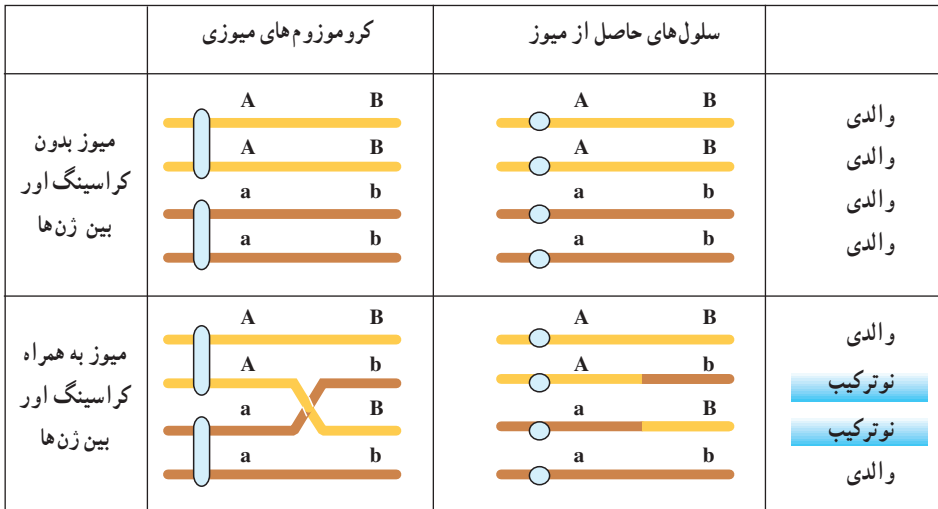


شکل ۱۱-۵- ردیابی نوترکیبی در جانداران دیپلوئید

از این ۹ نوع ژنوتیپ در  $F_2$ ، ۶ مورد در نسل های  $P$  و  $F_1$  وجود نداشته اند. همان گونه که می بینید (شکل ۱۱-۵)، نوترکیبی می تواند بدون نیاز به پیدایش الل های جدید بر تنوع ژنتیکی بیفزاید. اگر افراد نسل  $P$  نخود فرنگی های گل ارغوانی دانه زرد و گل سفید دانه سبز بوده باشند، در نسل دوم برخی از بوته ها گل سفید دانه زرد و بعضی دیگر گل ارغوانی دانه سبز هستند که نمونه آنها بیشتر وجود نداشته است. کراسینگ اور: آیا اگر دو ژن روی یک کروموزوم قرار داشته باشند، باز هم انتظار نوترکیبی داریم؟ برخلاف آنچه ممکن است انتظار داشته باشید، پاسخ مثبت است. بررسی ها نشان داده است که در هنگام جفت شدن کروموزوم ها در میوز I، گاه قطعاتی بین کروموزوم های همتا مبادله می شود. اگر این قطعات حامل الل های متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از الل ها به وجود می آید. این پدیده را کراسینگ اور<sup>۱</sup> می نامند.

<sup>۱</sup> Crossing over

نو ترکیبی حاصل تبادل قطعات بین کروماتیدهای غیر خواهری است.



شکل ۱۲-۵

هنگامی که گامت های نو ترکیب در لقاح شرکت می کنند، ژنوتیپ های جدیدی به وجود می آورند.

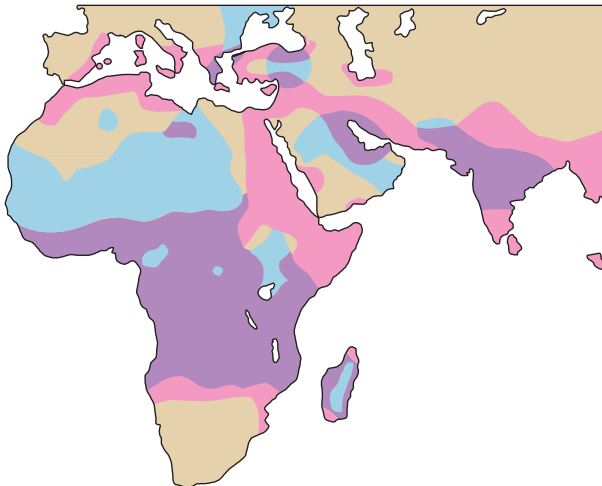
نوعی که در بی نو ترکیبی پدید می آید، می تواند ماده خام انتخاب طبیعی باشد. انتخاب مصنوعی ذرت ها برای تولید روغن بیشتر را به یاد آورید (شکل ۶-۵). در این آزمایش مقدار متوسط روغن طی پنجاه نسل به تدریج افزایش یافت و به حدی رسید که در هیچ یک از گیاهان اولیه وجود نداشت. می توان با محاسبات ساده ای نشان داد که پیدایش این گیاهان پر روغن به علت کنار هم قرار گرفتن ترکیب های جدید اللی بوده است نه جهش. در این تجربه، ۲۰۰ تا ۳۰۰ گیاه ذرت در هر نسل پرورش داده می شد؛ بنابراین کلاً بین ۱۰ تا ۱۵ هزار گیاه مورد آزمایش قرار گرفتند. جهش پذیرترین ژن های ذرت، یک در هر ۵۰ هزار گیاه جهش پیدا می کنند. پس، وقوع حتی یک جهش هم در طی آزمایش چندان محتمل نیست. به علاوه بسیار بعید است که یک جهش ژنی تولید روغن را سه برابر کند. به نظر می رسد که پیدایش ترکیب های جدید اللی و انتخاب آنها عامل اصلی افزایش تولید روغن بوده باشد.

## برتری افراد ناخالص

اگر شایستگی افراد ناخالص از شایستگی افراد هر دو نوع خالص (غالب و مغلوب) بیشتر باشد، هیچ کدام از دو الل از جمعیت حذف نمی شود. چون اگر هر یک از این دو الل حذف شوند، دیگر فرد

ناخالصی وجود نخواهد داشت؛ نمونه این گونه انتخاب در مورد الل کم خونی داسی شکل ( $Hb^S$ ) در مناطقی از آفریقا دیده می‌شود. افرادی که برای این الل مغلوب خالص ( $Hb^S Hb^S$ ) هستند، از مشکلات عدیده‌ای از جمله کم خونی شدید رنج می‌برند و معمولاً پیش از رسیدن به سن تولید مثل می‌میرند. بنابراین شایستگی آنها صفر است. افراد ناخالص ( $Hb^A Hb^S$ ) عموماً مشکل حادی ندارند؛ فقط هنگامی که اکسیژن محیط کم باشد، گلبول‌های قرمز آنها داسی شکل می‌شوند که البته خطر بسته‌شدن برخی مویرگ‌ها در این مواقع وجود دارد. با توجه به این که فشار اکسیژن در هوای اطراف ما بی‌دلیل کاهش پیدا نمی‌کند، افراد ناخالص برای زندگی روزمره خود مشکلی ندارند. بنابراین شایستگی افراد ناخالص و افراد خالص غالب ( $Hb^A Hb^A$ )، برابر ۱ است. به طور طبیعی انتظار می‌رود که فراوانی الل کم خونی داسی شکل در جمعیت بسیار اندک باشد. زیرا افراد خالص مغلوب هیچ شانس برای تولید مثل ندارند و فقط الل‌های  $Hb^S$  که در افراد ناخالص نهفته مانده‌اند، می‌توانند به نسل بعد منتقل شوند. در اغلب جوامع فراوانی الل  $Hb^S$  از ۱/۰۰۰٪ تجاوز نمی‌کند.

متخصصان ژنتیک که به بررسی شیوع کم خونی داسی شکل می‌پرداختند، دریافتند که در برخی مناطق آفریقا فراوانی الل  $Hb^S$  به طور غیرطبیعی بالاست (۱۵٪ تا ۴۰٪). این نکته نیز مشخص شد که عمده فراوانی الل  $Hb^S$  مربوط به مناطقی است که در آنها مالاریا زیاد است (شکل ۱۳-۵).



شکل ۱۳-۵- همبستگی پراکنش بیماری کم خونی ناشی از گلبول‌های قرمز داسی شکل و بیماری مالاریا. مناطق صورتی رنگ مناطق شیوع بیماری مالاریا، مناطق آبی رنگ نشان دهنده مناطق شیوع بیماری کم خونی ناشی از گلبول‌های قرمز داسی شکل و مناطق ارغوانی رنگ مناطق ارتباطی این دو را نشان می‌دهد.

بیماری مالاریا را نوعی انگل تک سلولی<sup>۱</sup> ایجاد می کند. این انگل درون گلبول های قرمز افراد سالم ( $Hb^A Hb^A$ ) زندگی می کند و نمی تواند درون گلبول قرمز فرد ناخالص ( $Hb^S Hb^A$ ) زنده بماند. به این ترتیب افراد ناخالص در برابر مالاریا مقاومت زیادی از خود نشان می دهند و در مناطقی که شیوع مالاریا بالاست، شایستگی بیشتری نسبت به افراد سالم دارند. جدول ۱-۵ داده هایی را که از برخی نواحی آفریقا به دست آمده اند، با اطلاعات مربوط به سایر جوامع مقایسه می کند.

جدول ۱-۵ - یک الل به ظاهر نامطلوب مانند  $Hb^S$  ممکن است در شرایط محیطی ویژه، سازگارکننده باشد.

	شایستگی		
	$Hb^A Hb^A$	$Hb^A Hb^S$	$Hb^S Hb^S$
مناطق مالاریا خیز	۰/۸	۱	۰
سایر مناطق	۱	۱	۰

فراوانی الل کم خونی داسی شکل را در هر منطقه، میزان و شیوع مالاریا، یعنی این که چقدر احتمال دارد هر فرد در طول زندگی خود با مالاریا روبه رو شود تعیین می کند. اگر به عنوان مثال در منطقه ای فراوانی الل  $Hb^S$ ، ۱۷٪ باشد، تنها حدود ۳ درصد افراد جمعیت بیماری کم خونی داسی شکل را خواهند داشت و در عوض نزدیک به ۳۰ درصد افراد، ناخالص و نسبت به مالاریا مقاوم خواهند بود.

بیشتر بدانید



### بیماری کم خونی ناشی از گلبول های قرمز داسی شکل

نوع ژن: مغلوب اتوزومی که حاصل یک جهش در یک نوکلئوتید در ژن HBB است. ژن HBB رمزهای زنجیره بتای هموگلوبین را در خود دارد. این ژن روی کروموزوم شماره ۱۱ انسان قرار دارد.

<sup>۱</sup> - Plasmodium falciparum

علائم : درد که ممکن است از حالت خفیف تا بسیار شدید در سینه، مفاصل، پشت یا شکم ظاهر شود؛ تورم دست‌ها و پاها، یرقان؛ عفونت‌های مکرر، به ویژه ذات‌الریه و مننژیت؛ نارسایی کلیه، سنگ کیسه صفرا (زود هنگام)؛ سکنه مغزی (زود هنگام) و کم‌خونی.

درمان : به بیمار فولیک اسید می‌دهند و در صورت حاد شدن بیماری اکسیژن درمانی، تزریق مایعات و داروهای آنتی‌بیوتیک به درون رگ، پیوند مغز استخوان و ژن درمانی از روش‌های علمی درمان این بیماری هستند.



یک گلبول قرمز داسی شکل در کنار گلبول‌های قرمز عادی

## انتخاب و وابسته به فراوانی

در جانوران برای شکار نشدن استراتژی‌های گوناگونی طراحی شده است. بعضی از پروانه‌ها برای این که پرندگان آنها را شکار نکنند، طرح و رنگی شبیه به پروانه‌های سمی پیدا کرده‌اند. اگر پرنده‌ای یک بار پروانه‌ای از یک گونه سمی را بخورد، از آن پس از خوردن هر پروانه‌ای که ظاهری شبیه به آن داشته باشد، اجتناب خواهد کرد (شکل ۱۴-۵).





ب

الف

شکل ۱۴-۵ - پرنده شکل الف هرگز به پروانه سمی برخورد نکرده است، در حال خوردن یکی از آنهاست. در شکل ب پرنده لحظاتی پس از خوردن پروانه سمی، در حال استفراغ است. این پرنده در آینده سعی خواهد کرد چنین تجربه‌ای را تکرار نکند.

پس، اگر شکل و رنگ بال پروانه‌های غیرسمی همانند گونه سمی باشد، مورد توجه پرندگان قرار نمی‌گیرند و لذا تعداد آنها در جمعیت زیاد می‌شود. به عبارت دیگر شایستگی پروانه‌های غیرسمی مقلد بیشتر خواهد شد.

ممکن است فکر کنیم که با انتخاب طبیعی سرانجام همه افراد مقلد جمعیت گونه غیرسمی برای بقا انتخاب خواهند شد و پروانه‌هایی که از گونه‌های سمی تقلید نمی‌کنند، از بین خواهند رفت، ولی این طور نیست! شایستگی پروانه‌های مقلد هنگامی بالاست که تعداد آنها کم باشد. با افزایش فراوانی پروانه‌های مقلد احتمال اینکه پرنده گول بخورد و از شکار آنها صرف نظر کند، کمتر می‌شود (شکل ۱۴-۵). در واقع، ممکن است پروانه‌ای که اولین بار با آن طرح و رنگ ویژه توسط پرنده شکار شده است، یکی از پروانه‌های مقلد باشد که غیرسمی است؛ بنابراین، پرنده برای شکار بیشتر آنها تشویق خواهد شد. سرانجام فراوانی پروانه‌های مقلد و غیرمقلد در جمعیت گونه‌های غیرسمی به تعادلی پایدار می‌رسند، یعنی هر گروه درصدی از جمعیت را به خود اختصاص خواهد داد. هیچ یک از دو گروه نمی‌تواند دیگری را به طور کامل حذف کند و لذا تنوع در جمعیت این پروانه‌ها دائمی خواهد بود.

انتخاب وابسته به فراوانی هنگامی رخ می‌دهد که شایستگی یک فنوتیپ به فراوانی آن در جمعیت بستگی دارد. در مثال تقلید پروانه‌ها، شایستگی پروانه‌های مقلد زمانی که فراوانی آنها در جمعیت کم است، بالاست ولی با افزایش تعداد پروانه‌های مقلد، شایستگی کاهش می‌یابد.

نوعی از انتخاب طبیعی که سبب حفظ تنوع در جمعیت‌ها می‌شود، انتخاب متوازن کننده نامیده می‌شود. برتری افراد ناخالص و انتخاب وابسته به فراوانی انواعی از انتخاب متوازن کننده هستند.



شکل ۱۵-۵- شایستگی پروانه‌های مقلد بستگی به فراوانی آنها دارد.

## خودآزمایی



- ۱- چه عواملی باعث حفظ تنوع در جمعیت‌ها می‌شوند؟ نام ببرید.
- ۲- یک مثال درباره برتری افراد ناخالص در جمعیت‌ها بیان کنید.
- ۳- اثر فراوانی در جمعیت پروانه‌های مقلد را توضیح دهید.
- ۴- انتخاب متوازن کننده چیست؟

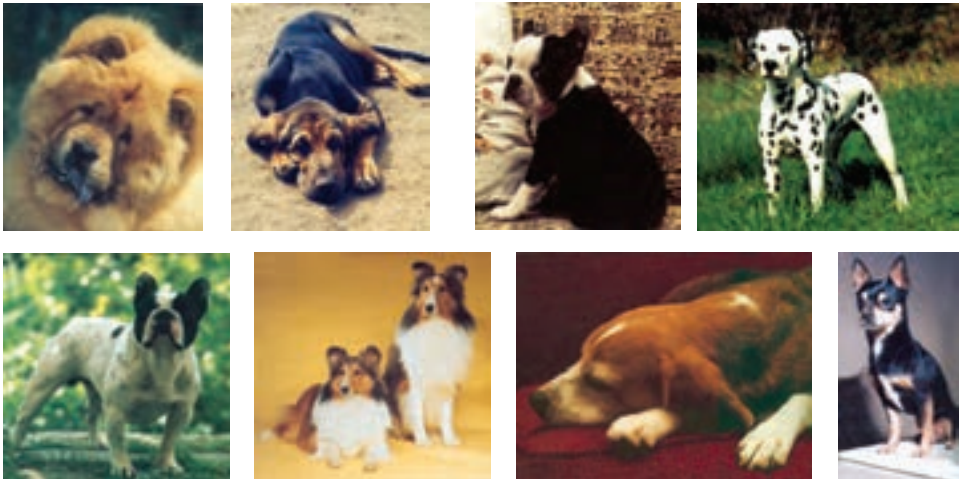
## ۴ گونه‌زایی

کارل لینه و سایر زیست‌شناسان قدیمی، گونه را به عنوان گروهی از جانداران که شباهت‌های زیادی به هم دارند و از جانداران دیگر متمایزند، تعریف کردند. به عبارت دیگر، مبنای اولیه تعریف گونه، شباهت ظاهری (فنوتیپی) گروهی از جانداران به یک‌دیگر بود. با گسترش دانش زیست‌شناسی به حوزه مولکولی، میزان شباهت در توالی نوکلئوتیدهای ژنوم و یا توالی آمینو اسیدی پروتئین‌ها نیز در مشخص کردن گونه‌ها دخالت داده شد؛ اما هنوز این تعریف یک اشکال اساسی دارد. دو جاندار باید چقدر به هم شبیه باشند تا در یک گونه قرار گیرند؟

نمی‌توان پاسخ دقیقی به این پرسش داد و رده‌بندی بر مبنای صفات فنوتیپی تا حدود زیادی سلیقه‌ای است (شکل ۱۶-۵). پیدایش علم ژنتیک جمعیت و به ویژه مطرح شدن موضوع خزانه ژنی



الف



ب

شکل ۱۶-۵- چکاوک‌های شکل الف بسیار به هم شبیه هستند، اما به گونه‌های مختلف تعلق دارند. سگ‌های شکل ب برعکس تفاوت‌های ظاهری بسیاری با یک‌دیگر دارند، اما همه به گونه سگ اهلی تعلق دارند.

باعث شد که زیست‌شناسان نگاه دیگری به مفهوم گونه داشته باشند. در سال ۱۹۴۲، ارنست مایر مفهوم گونه زنده را به صورت زیر پیشنهاد کرد:

«گونه در زیست‌شناسی به مجموعه جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا<sup>۱</sup> و زایا به وجود آورند، ولی نمی‌توانند با گونه‌های دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند.» البته این تعریف در مورد همه گونه‌ها صدق نمی‌کند.

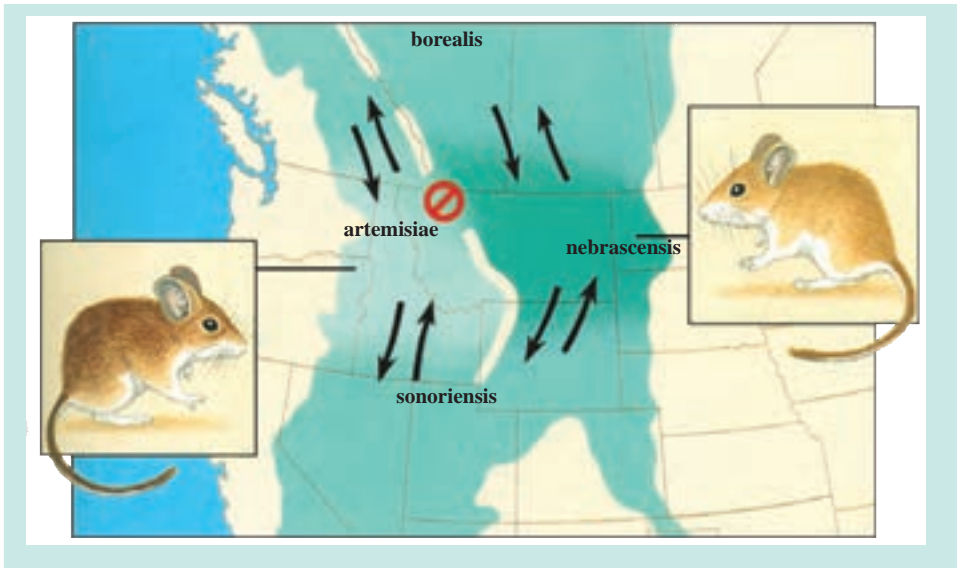
منظور از واژه «می‌توانند» در تعریف بالا این است که ممکن است دو جاندار به دلیل زندگی در مناطق مختلف هرگز با هم آمیزش نکنند، ولی توانایی این عمل را داشته باشند. برای نمونه، خروسی که در ایران زندگی می‌کند، با مرغی که در فرانسه زندگی می‌کند آمیزش نمی‌کند؛ ولی از دیدگاه زیست‌شناسان آمیزش بین آنها امکان‌پذیر است. اگر یک جهانگرد مرغ فرانسوی را به ایران بیاورد، از آمیزش این مرغ و خروس، جوجه‌های سالم به وجود خواهند آمد که خود پس از بالغ شدن توانایی تولید مثل خواهند داشت. از تعریف گونه زنده برمی‌آید که خزانه ژنی گونه‌های مختلف از هم جداست و تبادل ژن معمولاً نمی‌تواند بین آنها رخ دهد. چه چیزی باعث می‌شود که خزانه ژنی گونه‌های مختلف از هم جدا بماند؟

### بیشتر بدانید



چهار زیرگونه از موش گوزنی (*Peromyscus maniculatus*) در حوالی کوه‌های راکی در آمریکای شمالی زندگی می‌کنند (زیرگونه، یک واحد رده‌بندی پایین‌تر از سطح گونه است و به جمعیتی از جانداران اشاره می‌کند که عضو یک گونه هستند و با جمعیت‌های دیگر همان گونه تفاوت‌های جزئی دارند). زیستگاه این چهار زیرگونه در برخی مناطق همپوشانی دارد و لذا این گونه‌ها می‌توانند با هم آمیزش کنند؛ بنابراین، براساس تعریف ارنست مایر عضو یک گونه هستند. تنها استثنایی که وجود دارد، این است که دو زیرگونه *P.m. nebrascensis* و *P.m. artemisiae* نمی‌توانند با هم آمیزش کنند. البته، خزانه ژنی این دو جمعیت کاملاً از هم جدا نیست، زیرا هر یک از آنها می‌تواند با دو زیرگونه دیگر آمیزش کند و از راه خزانه ژنی آنها به صورت غیرمستقیم با هم مرتبط شوند. اگر دو زیرگونه دیگر که در واقع راهروهای شارش ژنی هستند، منقرض شوند، می‌توانیم دو جمعیت فوق‌الذکر را دو گونه جداگانه بنامیم.

۱- زیستا (viable) به جاندار می‌گفته می‌شود که یک زندگی طبیعی دارد. در برابر آن، نازیستا (inviable) به موجودی اشاره می‌کند که به علت نقص در ساختار یا کارکرد بخش‌هایی از بیکرش، به طور قابل توجهی کمتر از سایر افراد هم‌گونه‌اش عمر می‌کند و زود می‌میرد.

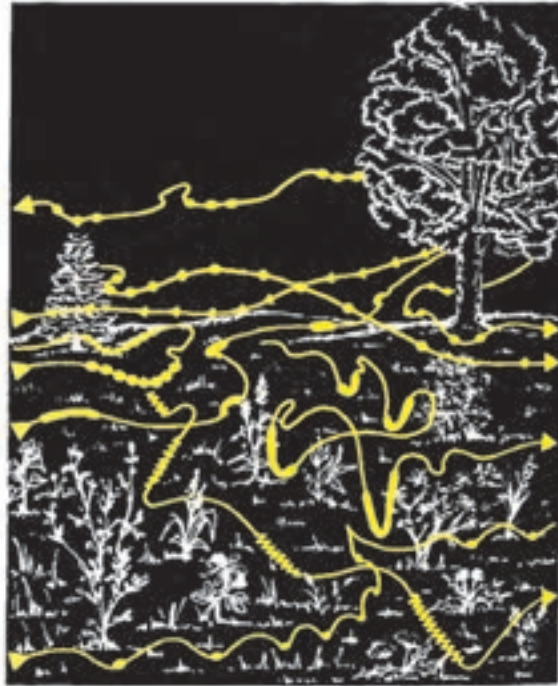


### چگونه خزانه‌های ژنی از هم جدا می‌مانند؟

عواملی را که در جدانگه‌داشتن خزانه‌های ژنی گونه‌های مختلف مؤثرند، به دو گروه کلی تقسیم می‌کنند: برخی از آنها اجازه نمی‌دهند که سلول زیگوت از لقاح سلول‌های جنسی دو گونه متفاوت به وجود آید (سدهای پیش زیگوتی) و بعضی دیگر مانع از نمو سلول زیگوت و تشکیل زاده‌ی دو رگه و یا موجب نازایی آن می‌شوند (سدهای پس زیگوتی). به مجموعه این عوامل، ساز و کارهای جداکننده می‌گویند.

**جدایی بوم‌شناختی (زیستگاهی):** این نوع جدایی در مورد گونه‌هایی مطرح است که در یک منطقه، ولی در زیستگاه‌های متفاوت زندگی می‌کنند. مثلاً، دو گونه مار غیر سمی، که هر دو به یک سرده متعلق هستند، در منطقه مشابهی در امریکای شمالی زندگی می‌کنند؛ یکی از آنها عموماً آبی است و دیگری در خشکی زندگی می‌کند. جدایی زیستگاهی در مورد انگل‌ها هم مطرح است که معمولاً برای میزبان ویژه‌ای اختصاصی می‌شوند. دو گونه‌ای که با میزبان‌های مختلف زندگی می‌کنند، هرگز شانس جفت‌گیری با یک دیگر را نخواهند داشت.

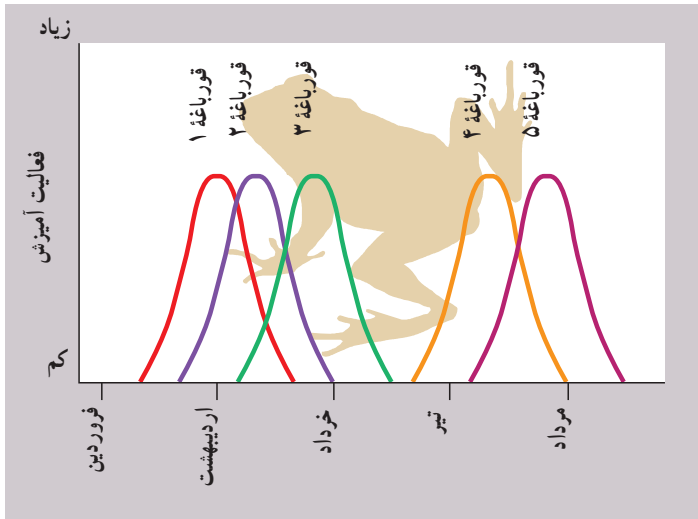
**جدایی رفتاری:** نشانه‌هایی که اعضای هرگونه برای جلب توجه جفت از خود بروز می‌دهند، ویژه همان گونه است. این عامل - که جدایی رفتاری خوانده می‌شود - از مهم‌ترین عوامل جدایی گونه‌های جانوری است و به ویژه در مورد گونه‌هایی مهم است که ظاهری شبیه به هم دارند. حشره‌های شب‌تاب نر متعلق به هرگونه، الگوی ویژه‌ای برای تاباندن نور و جلب توجه ماده‌های همان گونه دارند. هر ماده فقط به رفتار تقاضای جفت‌گیری نر هم گونه خود پاسخ می‌دهد (شکل ۱۷-۵).



شکل ۱۷-۵- الگوی تابش نور، نوعی جدایی رفتاری تولید می‌کند. حشره شب تاب ماده فقط با حشره شب تاب نری آمیزش می‌کند که الگوی تابش نور آن ویژه همان گونه باشد. در این شکل الگوی تابش گونه‌های مختلف حشره شب تاب را مشاهده می‌کنید.

دو گونه چکاوکی که در شکل ۱۶-۵ می‌بینید، گاه در مناطق مشترکی زندگی می‌کنند؛ ولی دو گونه مجزا به شمار می‌روند. آوازهایی که پرندگان بالغ این دو گونه در فصل تولید مثل می‌خوانند، با هم متفاوت است و سبب می‌شود که هر پرنده جفت خود را از میان افراد هم گونه انتخاب کند.

جدایی زمانی: این نوع جدایی هنگامی مطرح است که دو گونه در فصل‌های مختلفی از سال تولید مثل می‌کنند. مثلاً، دو گونه راسو از یک سرده در زیستگاه مشترکی زندگی می‌کنند، ولی با هم آمیزش نمی‌کنند؛ زیرا، یکی از آنها در پایان تابستان جفت‌گیری می‌کند، اما فصل تولید مثل دیگری اواخر زمستان است. شکل ۱۸-۵ نموداری مربوط به چند گونه قورباغه را نشان می‌دهد که در زمان‌های مختلفی از سال برای آمیزش آماده می‌شوند و به این علت، جفت‌گیری بیشتر بین افراد هم گونه اتفاق می‌افتد.



شکل ۱۸-۵- جدایی زمانی. زمان فعال شدن پنج گونه قورباغه از یک سرده

**جدایی مکانیکی:** تلاش برای جفت گیری بین افراد متعلق به گونه هایی که تفاوت های ساختاری زیادی با هم دارند، موفقیت آمیز نیست. مثلاً حشرات گرده افشان معمولاً نمی توانند گرده ها را بین گونه های مختلف انتقال دهند؛ زیرا، ساختار بدن آنها فقط برای ورود به گل های گونه ای خاص متناسب است. این نوع جدایی را جدایی مکانیکی می نامند. نمونه دیگری از جدایی مکانیکی، جدایی گونه وزغ بزرگ با وزغ کوچک درخت بلوط است. دلیل این جدایی، تفاوت جثه این دو گونه است (شکل ۱۹-۵).



شکل ۱۹-۵- جدایی مکانیکی. جثه متفاوت این دو وزغ آمیزش بین آنها را ناممکن می کند.

**جدایی گامتی:** نوع دیگری از جدایی، جدایی گامتی خوانده می‌شود. منظور از جدایی گامتی این است که حتی اگر گامت‌های گونه‌های مختلف نزدیک به هم قرار گیرند، به ندرت ممکن است سلول تخم (زیگوت) را تشکیل دهند. در مورد گونه‌هایی که لقاح داخلی دارند، معمولاً اسپرم‌های یک گونه در دستگاه تناسلی ماده‌ای از گونه دیگر، زنده نمی‌مانند. بسیاری از گونه‌ها لقاح خارجی دارند و افراد نر و ماده گامت‌های خود را در آب آزاد می‌کنند. در چنین مواردی نیز اسپرم‌های هر گونه فقط تخمک‌های همان گونه را بارور می‌کنند. شناسایی گامت‌های هم‌گونه، به کمک مولکول‌های ویژه‌ای که در سطح گامت‌ها قرار دارند، انجام می‌شود. شناسایی مولکول‌های سطحی همچنین موجب می‌شود که دانه‌های گرده هر گیاه، فقط روی کلاله گل گیاهان هم‌گونه، لوله گرده تشکیل دهند.

**نازیستایی دو رگه:** لقاح گامت‌ها و تشکیل سلول تخم، به معنای قطعی شدن اختلاط ژنتیکی گونه‌ها نیست. نازیستایی دو رگه از عوامل دیگری است که به جدا ماندن خزانه‌های ژنی می‌انجامد. ممکن است به علت ناسازگاری در اطلاعات ژنتیکی کروموزوم‌هایی که از دو گونه مختلف آمده‌اند، جنین در مراحل اولیه نمو بمیرد. مثلاً، اگر احیاناً آمیزش بین قورباغه‌های مختلفی که در شکل ۱۸-۵ مشخص شده‌اند، انجام گیرد، مراحل نمو جنینی به درستی پیموده نمی‌شود و اگر هم زاده‌ای به وجود آید، پیش از رسیدن به سن تولید مثل خواهد مرد. از آمیزش گوسفند و بز نیز سلول تخم تشکیل می‌شود، ولی هرگز به تولد جاندار زنده نمی‌انجامد.

**نازایی دو رگه:** ممکن است جاندار دو رگه‌ای که حاصل آمیزش افراد دو گونه مختلف است، زیستا باشد. قاطر که حاصل آمیزش اسب و الاغ است، زود نمی‌میرد (شکل ۲۰-۵). این موضوع جدایی گونه‌های اسب و الاغ را به خطر نمی‌اندازد؛ زیرا، قاطر نازاست! نازایی دورگه عاملی است که اجازه نمی‌دهد تبادل ژن بین گونه‌های نزدیک، به یک روند پایدار تبدیل شود. هنگامی که دورگه نازا باشد، نمی‌تواند ماده ژنتیک خود را که مخلوطی از ژن‌های دو گونه است، به نسل بعد منتقل کند. به این ترتیب، جدایی خزانه‌های ژنی دو گونه حفظ می‌شود.



شکل ۲۰-۵ نازایی دورگه. از راست به چپ: قاطر، الاغ و اسب



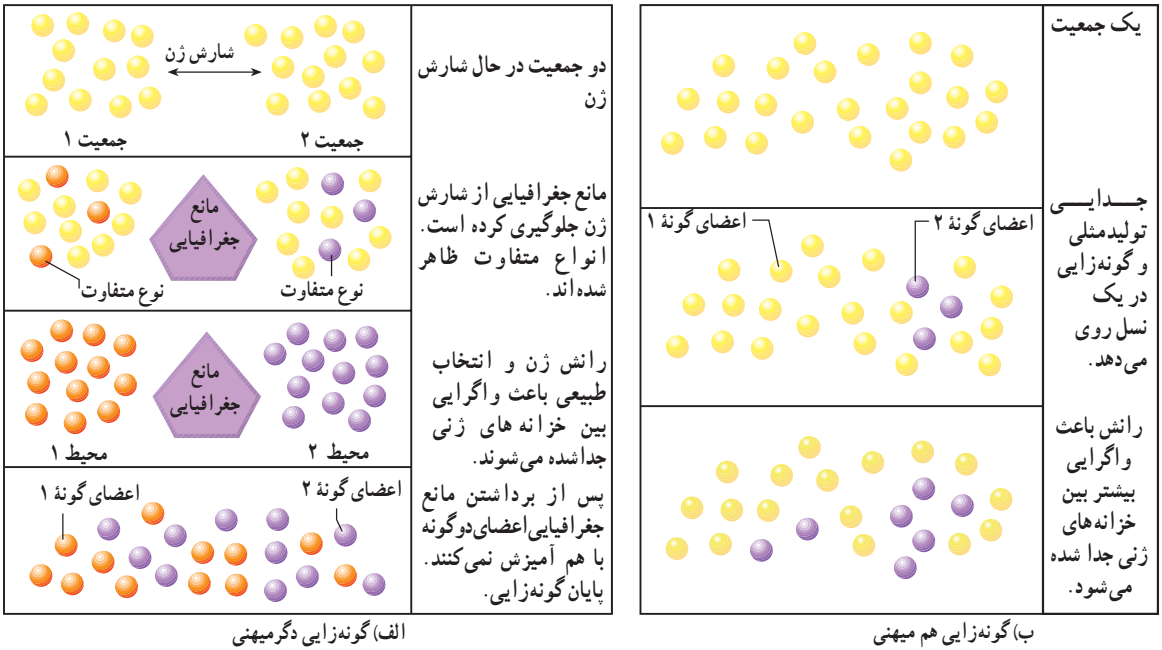
ناپایداری دودمان دو رگه : عامل دیگر جدایی تولید مثلی، ناپایداری دودمان دورگه است. در بعضی موارد، دو رگه‌های نسل اول زیستا و زایا هستند؛ ولی، هنگامی که این دورگه‌ها با هم یا با یکی از گونه‌های اولیه آمیزش می‌کنند، زاده‌های نازیستا و نازا پدید می‌آورند. مثلاً، گونه‌های مختلفی از پنبه می‌توانند با هم آمیزش کنند. اگرچه زاده‌های نسل اول آنها عادی هستند؛ اما در نسل دوم مشکل بروز می‌کند و دانه‌ها پیش از جوانه زدن می‌میرند و یا گیاهانی ضعیف و ناقص به وجود می‌آورند.

### پیدایش گونه‌های جدید

گاه یک مانع جغرافیایی خزانه‌های ژنی جمعیت‌های مختلف یک گونه را به مدت طولانی از هم جدا می‌کند. با پیدایش یک ناحیه کوهستانی، جمعیت‌گونه‌هایی که فقط می‌توانند در ارتفاع‌های کم زندگی کنند، به دوزیر جمعیت تقسیم می‌شود - که هر کدام در یک سمت کوه به زندگی ادامه می‌دهند. پیشرفت یخچال‌های طبیعی ممکن است سبب چند پاره‌شدن جمعیت‌ها شود و خشکی کوچکی، مانند پاناما، محیط آریزان دو سوی خود را از هم جدا کند. همچنین، زمانی که گروهی از افراد یک جمعیت به محیط جدیدی مهاجرت می‌کنند و در آنجا مستقر می‌شوند، احتمال دارد که ارتباط خود را با جمعیت مادر به طور کامل از دست بدهند. این که سد جغرافیایی باید چقدر بزرگ باشد تا ارتباط جمعیت‌ها را قطع کند، بستگی به میزان تحرک جاندار مورد نظر دارد. ممکن است پرندگان بتوانند فواصل هزاران کیلومتری را پرواز و با جمعیت‌های دیگر از گونه خود ژن مبادله کنند، در حالی که احتمالاً یک خشکی چند صد متری برای جدا کردن دو گروه از حلزون‌ها کافی است. در مورد گیاهان نیز باید توانایی پراکنش دانه‌های گرده، هاگ‌ها و دانه‌ها را در نظر داشت.

با قطع ارتباط دو جمعیت - که در ابتدا به یک گونه تعلق داشته‌اند - شارش ژن میان آنها متوقف یا کُند می‌شود، در حالی که نیروهای دیگر مؤثر بر تغییر گونه‌ها مانند جهش، رانش ژن و انتخاب طبیعی فعال‌اند. در این حالت در دو جمعیت، جهش یافته‌های متفاوتی ظاهر می‌شوند و چون تبادل ژن بین جمعیت‌ها صورت نمی‌گیرد، این تفاوت‌ها به تدریج زیاد می‌شود. همچنین، اگر دو جمعیت در شرایط محیطی متفاوتی قرار گیرند، اثر انتخاب طبیعی بر آنها متفاوت خواهد بود، زیرا اعضای هر جمعیت سازگاری‌های ویژه‌ای برای زندگی در محیط جدید خود پیدا می‌کنند. به عنوان مثال، رنگ موش‌هایی که روی خاک‌های آتشفشانی تیره زندگی می‌کنند، به تیرگی و رنگ موش‌های ساکن نواحی ماسه‌ای به روشنی گرایش پیدا می‌کند. بالاخره، اگر گروه‌هایی که از جمعیت اصلی جدا می‌شوند، کوچک باشند، رانش ژنی در آنها رخ می‌دهد. نتیجه رانش ژنی در جمعیت‌های مختلف متفاوت است. در نبود شارش

ژنی، با اثر جهش، انتخاب طبیعی و رانش ژنی، تفاوت میان دو جمعیت به تدریج زیاد می‌شود. ممکن است کم کم این تفاوت‌ها شامل ویژگی‌های تولید مثلی افراد نیز بشود؛ یعنی، یکی از عوامل جدایی تولید مثلی پیش‌زیگوتی یا پس‌زیگوتی تکامل پیدا کند. مثلاً، آواز جفت‌یابی دو نوع پرنده دیگر به هم شبیه نباشد یا ساختار سطحی دانه‌های گرده گروهی از گیاهان به گونه‌ای تغییر کند که نتوانند روی کلاله گل‌های گروه دیگر رویش انجام دهند. در این صورت، فرآیند جدایی کامل می‌شود و حتی اگر مانع جغرافیایی برداشته شود، دو جمعیت توان تبادل ژن با یک‌دیگر را ندارند و عملاً دو گونه مجزا هستند (شکل ۲۱-۵). به این نوع گونه‌زایی که با جدایی مکانی جمعیت‌ها شروع می‌شود، گونه‌زایی دگرمیهنی<sup>۱</sup> می‌گویند.

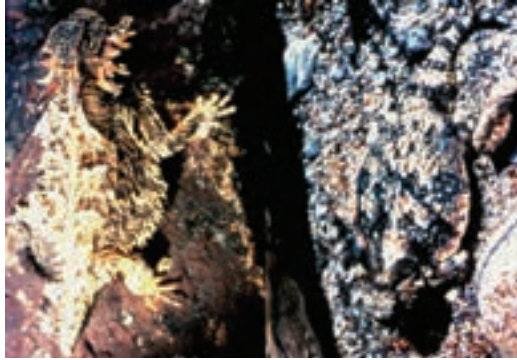


الف) گونه‌زایی دگرمیهنی

ب) گونه‌زایی هم‌میهنی

شکل ۲۱-۵ - گونه‌زایی دگرمیهنی و گونه‌زایی هم‌میهنی. الف) گونه‌زایی دگرمیهنی پس از ایجاد مانع جغرافیایی بین افراد یک جمعیت، انجام می‌شود. ب) گونه‌زایی هم‌میهنی هنگامی روی می‌دهد که اعضای یک جمعیت متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولید مثلی می‌شوند.

دو گونه مارمولک شاخ‌دار در کالیفرنای آمریکا زندگی می‌کنند (شکل ۲۲-۵). به نظر می‌رسد این دو گونه از یک گونه نیایی که در نواحی جنوب غربی آمریکا می‌زیسته است به وجود آمده‌اند.



شکل ۲۲-۵- گونه‌زایی دگر میهنی و پیدایش دو گونه مارمولک شاخ‌دار. اجداد این دو گونه، پس از پیش‌روی یخچال‌ها به سمت جنوب امریکا حرکت کردند و در آن‌جا از هم جدا شدند. پس از گذشت سال‌ها از این گونه نیایی، دو گونه جدید به وجود آمد.

حدس زده می‌شود که با پیش‌روی یک یخچال از سمت قطب شمال مارمولک‌ها به سوی جنوب حرکت کردند و هنگامی که به خلیج کالیفرنیا رسیدند، به دو گروه تقسیم شدند. اعضای دو جمعیت در مدت جدا بودن آنقدر متفاوت شدند که پس از عقب رفتن یخچال و بازگشت به مناطق شمالی‌تر، دیگر نتوانستند با هم آمیزش کنند.

نمونه دیگر از گونه‌زایی دگر میهنی در دو گونه سنجاب دیده می‌شود که در دو سوی یک دره زندگی می‌کنند (شکل ۲۳-۵).



شکل ۲۳-۵- این دو نوع سنجاب در دو منطقه مختلف زندگی می‌کنند، یکی از آنها تیره‌تر است و دیگری رنگ روشن‌تر دارد.

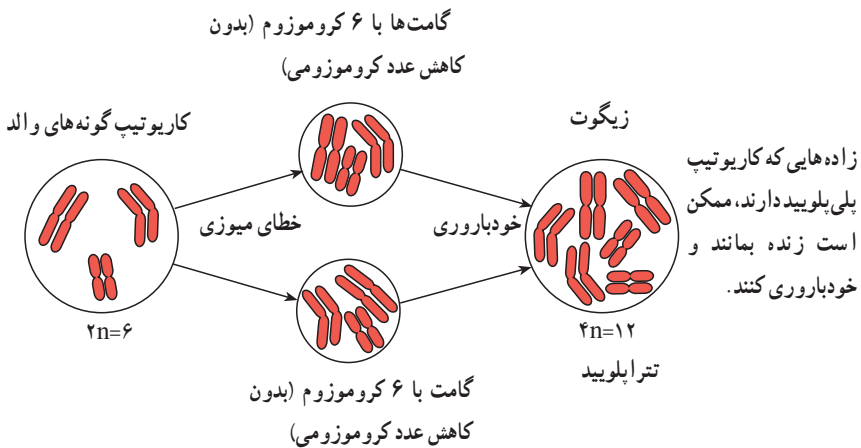
در برابر گونه‌زایی دگر میهنی، گونه‌زایی هم میهنی<sup>۱</sup> مطرح می‌شود که بدون نیاز به جدایی جغرافیایی و بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه به سر می‌برند، اتفاق می‌افتد (شکل ۲۱-۵). آشکارترین

۱- Sympatric speciation

نمونه این نوع گونه‌زایی، پیدایش گیاهان پلی‌پلوئید است. این پدیده نخستین بار در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط هوگودووری<sup>۱</sup> کشف شد. او که با گیاهان گل مغربی<sup>۲</sup> ( $2n=14$ ) کار می‌کرد، روزی متوجه وجود گیاهی با ظاهر متفاوت در میان گیاهان مجموعه‌اش شد. بررسی‌های میکروسکوپی نشان داد که گیاه تغییر یافته، تتراپلوئید است و ۲۸ کروموزوم دارد. تتراپلوئیدی به خاطر اشتباه در میوز و پدیده جدانشدن کروموزوم‌ها رخ می‌دهد (شکل ۲۴-۵). در بررسی‌های بعدی مشخص شد که در آمیزش این گیاه با انواع دیپلوئید، جدایی پس زیگوتی وجود دارد. وقتی که یک گیاه تتراپلوئید، مثل گل مغربی غیر طبیعی دووری میوز انجام می‌دهد، گامت‌های آن به جای  $n$  کروموزوم،  $2n$  کروموزوم دارند. اگر این گیاه با یک گیاه دیپلوئید طبیعی آمیزش کند، سلول زیگوت تریپلوئید ( $3n$ ) تشکیل می‌شود. فرد تریپلوئیدی که از نمو این سلول زیگوت حاصل می‌شود، نازاست.

اگر گیاه تتراپلوئید بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن، گیاه تتراپلوئید دیگری با همان تعداد کروموزوم وجود داشته باشد، سلول زیگوت تشکیل شده هم تتراپلوئید خواهد بود گیاه تتراپلوئیدی که به این ترتیب به وجود می‌آید، زایاست و می‌تواند دودمانی از گیاهان تتراپلوئید را پدید آورد (شکل ۲۴-۵).

با توجه به ناتوانی گیاهان تتراپلوئید در آمیزش با دیپلوئیدها، عملاً خزانه‌های ژنی این دو گروه از هم جدا می‌شود و لذا می‌توان آنها را گونه‌های متفاوت به شمار آورد.



شکل ۲۴-۵ - تشکیل گیاهان پلی‌پلوئید نوعی گونه‌زایی هم‌میهنی است.

۱- Hugo De Vries

۲- *Oenothera lamarckiana*



- ۱- ارنست مایر چه تعریفی از گونه ارائه داد؟ کاربرد این تعریف را در زیست‌شناسی تغییر گونه‌ها مورد بررسی و نقد قرار دهید.
- ۲- انواع جدایی بین افراد گونه‌های مختلف را نام ببرید.
- ۳- کدام یک از مکانیسم‌های جدایی پس زیگوتی و کدام یک پیش زیگوتی هستند؟
- ۴- گونه‌زایی دگرمیهنی را با گونه‌زایی هم‌میهنی مقایسه کنید.



## پویایی جمعیت‌ها و اجتماعات زیستی

جمعیت را نمی‌توان پدیده‌ای ثابت و بدون تغییر در نظر گرفت. بعضی جمعیت‌ها با سرعت زیاد و بعضی دیگر با سرعت متوسط، یا بسیار آهسته تغییر می‌کنند. اجتماع زیستی مجموعه‌ای از جمعیت‌های مختلف است که در یک محیط زندگی می‌کنند و با یکدیگر ارتباط دارند.

### پیش‌نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :
- نظریه انتخاب طبیعی را شرح دهید.

## ۱ ویژگی های جمعیت ها

اندازه جمعیت انسان های کره زمین از هفتاد سال پیش تاکنون در حدود سه برابر شده است. از حدود بیست سال پیش تا کنون اندازه جمعیت کشورمان به دو برابر افزایش یافته است. فکر می کنید چه عواملی سبب افزایش یا کاهش اندازه جمعیت ها می شوند؟ چه عواملی تعیین کننده سرعت افزایش جمعیت اند؟ چه تفاوتی بین تغییرات اندازه جمعیت انسان و سایر جانداران وجود دارد؟

زیست شناسان جمعیت را مجموع افراد هم گونه ای می دانند که در زمانی خاص، در یک محل معین زندگی می کنند: جمعیت باکتری های اشریشیا کلای روده یک انسان در این لحظه، جمعیت گنجشک هایی که در سال گذشته در شهر شما زندگی می کردند و جمعیت کنونی درختان بلوط جنگل های شمال ایران، همه مثال هایی از جمعیت هستند.

### سه ویژگی اصلی جمعیت

هر جمعیت سه ویژگی اصلی دارد: اندازه، تراکم و پراکنش (توزیع).

اندازه: یکی از مهم ترین ویژگی های هر جمعیت اندازه آن است. اندازه جمعیت، تعداد افراد تشکیل دهنده آن است. به طور کلی چهار عامل تعیین کننده اندازه جمعیت ها هستند: تولد، مرگ، مهاجرت به درون و مهاجرت به بیرون. بدیهی است تولد و مهاجرت به درون افزایش دهنده، اما مرگ و مهاجرت به بیرون کاهش دهنده اندازه جمعیت ها هستند. فرض کنید اندازه جمعیت یک گله فیل ۱۰۰ است. در طول یک سال ۲ مرگ و ۱۰ تولد در این گله روی می دهد. آهنگ مرگ در این جمعیت  $\frac{۲}{۱۰۰}$  یا ۰/۰۲ و آهنگ تولد  $\frac{۱۰}{۱۰۰}$  یا ۰/۱۰ فرد در سال است. اگر آهنگ مرگ را از آهنگ تولد کم کنیم، آهنگ رشد این جمعیت (r) به دست می آید. اگر B آهنگ تولد و D آهنگ مرگ باشد:

$$r = B - D$$

$$r = 0/10 - 0/02 = 0/08$$

آهنگ رشد جمعیت به ما امکان محاسبه و پیش بینی اندازه جمعیت را در هر واحد زمانی می دهد.

اندازه جمعیت بر توان بقای جمعیت مؤثر است. مثلاً، خطر انقراض جمعیت‌های کوچک، بیشتر از خطر انقراض جمعیت‌های بزرگ است. رویدادهای عظیم طبیعی، مانند آتش‌سوزی، سیل، یا آلودگی محیط زیست، بقای جمعیت‌های کوچک را بیشتر به خطر می‌اندازند. در جمعیت‌های کوچک احتمال آمیزش بین خویشاوندان بیشتر است. آمیزش بین خویشاوندان از تنوع ژنی جمعیت می‌کاهد و برعکس بر همانندی ژنی آن می‌افزاید. افزایش همانندی باعث کاهش توان بقای جمعیت در برابر تغییرات محیطی می‌شود. در چنین وضعیتی افراد بیشتری به‌صورت خالص درمی‌آیند و صفات ناسازگار از نظر محیط را به‌صورت خالص مغلوب نمایان می‌کنند. مثلاً افراد جمعیت چیتاهای آفریقایی از نظر ژنی همانندی‌های فراوانی با یک‌دیگر دارند. به‌عقیده زیست‌شناسان رویدادهایی، مانند شیوع بیماری، ممکن است سبب انقراض این جانور شوند.

**تراکم:** تعداد افراد یک جمعیت که در یک زمان مشخص در یک واحد سطح، یا حجم زندگی می‌کنند، تراکم آن جمعیت را تشکیل می‌دهند. اگر تعداد افراد یک جمعیت کم، و فاصله بین آنها زیاد باشد، یا به‌عبارت دیگر امکان تماس افراد آن با یک‌دیگر کم باشد، توان تولیدمثلی آن جمعیت نیز کم است.

**پراکنش:** چگونگی پراکندگی افراد جمعیت در محیط زیست را پراکنش آن جمعیت می‌نامند. جمعیت‌ها را از نظر پراکنش افراد آن به سه گروه تقسیم می‌کنند. پراکنش اتفاقی، پراکنش یکنواخت و پراکنش دسته‌ای (شکل ۱-۶). هریک از این الگوهای پراکنش منعکس‌کننده انواع روابط بین جمعیت و محیط زیست است. با توجه به شکل ۱-۶ برای هر نوع پراکنش تعریفی ارائه دهید.



درختان کاج در این‌جا به‌صورت تصادفی در محیط پراکنده‌اند.

برندگان در این شکل دارای پراکنش یکنواخت هستند.

بوفالو در این حالت پراکنش دسته‌ای دارند.

شکل ۱-۶ الگوهای پراکنش جمعیت. تصادفی، یکنواخت و دسته‌ای



## خودآزمایی



- ۱- سه ویژگی اصلی جمعیت را شرح دهید.
- ۲- آهنگ افزایش ذاتی جمعیت را چگونه به دست می آورند؟
- ۳- تراکم جمعیت چگونه محاسبه می شود؟
- ۴- سه نوع پراکنش جانداران را در محیط نام ببرید و برای هر یک مثال ذکر کنید.

## ۲ الگوهای رشد جمعیت‌ها

زیست‌شناسان برای پژوهش یا پیش‌بینی دربارهٔ رشد جمعیت‌ها، از الگوهای رشد استفاده می‌کنند. الگوهای رشد جمعیت به ترتیب از ساده به پیچیده در دو گروه عمده جای داده می‌شوند: الگوی نمایی و الگوی لجیستیک.

### آهنگ رشد جمعیت

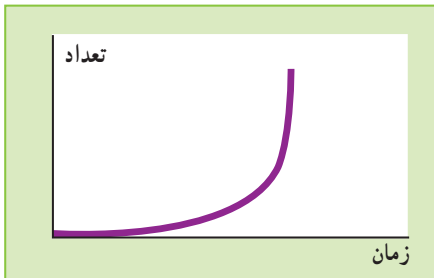
هنگامی که تعداد افرادی که در جمعیت به دنیا می‌آیند از تعداد افرادی که می‌میرند بیشتر باشد، می‌گویند جمعیت در حال رشد است. بنابراین ساده‌ترین الگوی رشد جمعیت وقتی به دست می‌آید که تفاوت میان آهنگ تولد و آهنگ مرگ را محاسبه کنیم. معمولاً آهنگ تولد و مرگ را برای جمعیت انسان به صورت تولد، یا مرگ در هریک هزار نفر در سال بیان می‌کنند.

### آهنگ رشد بر اندازهٔ جمعیت مؤثر است.

هنگامی که تغییرات اندازهٔ یک جمعیت را به صورت نموداری که محور افقی آن نشان‌دهندهٔ زمان و محور عمودی آن نشان‌دهندهٔ تعداد افراد جمعیت است، رسم کنیم؛ نمودار رشد جمعیت به دست می‌آید.

بعضی جمعیت‌ها پس از تشکیل، با سرعت زیاد رشد می‌کنند. مثلاً اگر یک یا چند جاندار تک‌سلولی، مانند مخمر را در محیط کشت مخصوص آن کشت دهیم، اندازهٔ جمعیت در ابتدا با سرعت افزایش می‌یابد؛ چون در ابتدا بین افراد آن جمعیت رقابت بر سر منابع محیطی وجود ندارد و این منابع

به میزان کافی در اختیار همهٔ افراد قرار دارد. چنین افرادی با حداکثر توان خود تولیدمثل می‌کنند و باعث رشد تصاعدی اندازهٔ جمعیت می‌شوند. به چنین الگویی الگوی نمایی رشد جمعیت می‌گویند (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶ الگوی رشد نمایی به شکل «ل» است.

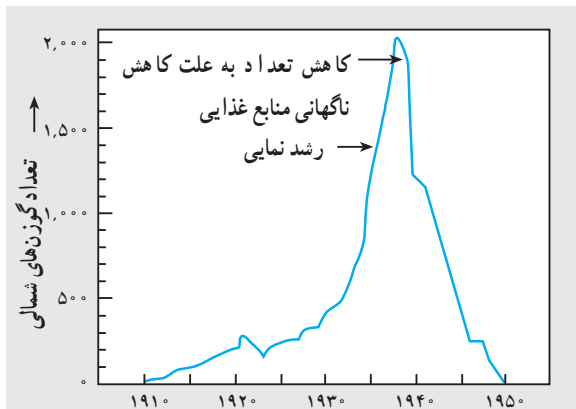
الگوی نمایی رشد در مورد جمعیت‌هایی صدق می‌کند که در آنها رقابتی وجود ندارد یا خفیف است و منابع مورد نیاز جاندار (غذا، آب، نور و ...) به میزان کافی در دسترس همه افراد قرار دارد. چنین جمعیت‌هایی با حداکثر توان خود تولید مثل می‌کنند. در طبیعت معمولاً عواملی نظیر رقابت برای غذا، شیوع بیماری و شکار شدن، تعداد اعضای جمعیت را محدود می‌کند و به آن اجازه ادامه رشد، به صورت نمایی نمی‌دهد. عواملی که باعث محدود شدن آهنگ رشد جمعیت‌ها می‌شوند، عوامل وابسته به تراکم نامیده می‌شوند.

زمانی که تعداد کمی از افراد یک گونه به محیط جدیدی مهاجرت می‌کنند، ممکن است برای مدتی الگوی نمایی رشد در آنها دیده شود. مثلاً در سال ۱۹۱۱، ۲۵ رأس گوزن شمالی به جزیره‌ای در آلاسکا منتقل شدند. جمعیت این جانور در ابتدا بسیار سریع (تقریباً به صورت نمایی) افزایش یافت به طوری که در سال ۱۹۳۸ تعداد آنها به حدود ۲۰۰۰ رأس رسید. افزایش جمعیت سبب شد که منابع تغذیه این گوزن‌ها - که عمدتاً گلسنگ است - بیش از حد مصرف شود و طبیعت قادر به جایگزین کردن آن، با همان سرعتی که مصرف می‌شد، نباشد. در نتیجه، جمعیت این گوزن‌ها به شدت سقوط کرد تا حدی که در سال ۱۹۵۰ تنها ۸ رأس از آنها دیده شد (شکل ۳-۶).



الف

ب



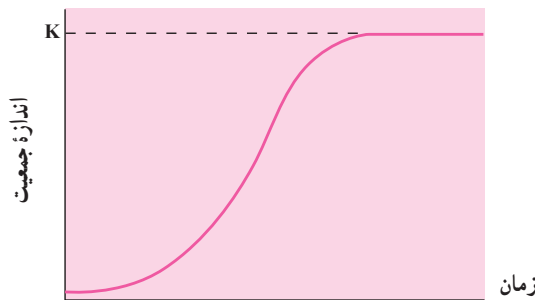
شکل ۳-۶ در طبیعت رشد نمایی مدت زیادی ادامه نمی‌یابد. الف) گوزن شمالی، ب) تغییرات جمعیت گوزن شمالی در جزیره‌ای واقع در آلاسکا

## الگوی رشد لجیستیک

الگوی نمایی رشد در توصیف جمعیت جاندارانی که بر سر غذا، آب، قلمرو و ... به رقابت می‌پردازند، ناتوان است. در جمعیت‌های واقعی، آهنگ رشد جمعیت همواره کمتر از حالتی است که در آن منابع مختلف به آسانی در اختیار همه قرار می‌گیرد. هرچه تراکم جانداران در محیط بیشتر باشد، رقابت شدیدتر و آهنگ رشد پایین‌تر خواهد بود.

مثال مربوط به کشت مخمر را به یاد آورید. فرض کنید محیط کشتی که مخمرها در آن نگهداری می‌شوند، می‌تواند منابع غذایی لازم برای زندگی حداکثر ۲۰۰۰ مخمر را تأمین کند. به عبارت دیگر، وقتی که جمعیت مخمر در این محیط به حدود ۲۰۰۰ رسید، رشد جمعیت متوقف می‌شود. در این حالت تعداد مخمرهایی که بر اثر تقسیم سلولی به وجود می‌آیند، برابر تعداد سلول‌هایی است که می‌میرند. عدد ۲۰۰۰ را گنجایش محیط می‌نامند و آن را با  $K$  نشان می‌دهند.

الگویی از رشد که در شکل ۴-۶ نشان داده شده است، الگوی لجیستیک<sup>۱</sup> رشد جمعیت نامیده می‌شود. براساس این الگو، با شدت یافتن رقابت و نزدیک شدن اندازه جمعیت به گنجایش محیط، آهنگ رشد کند می‌شود.



شکل ۴-۶ - الگوی رشد لجیستیک جمعیت‌ها

کاستی‌های الگوی لجیستیک: الگوی لجیستیک مشکل نامحدود در نظر گرفتن منابع را - که ایراد اصلی الگوی نمایی بود - با در نظر گرفتن پارامتری به نام گنجایش محیط ( $K$ ) حل می‌کند؛ اما، خود این الگو هم چندان بی‌اشکال نیست. نظام طبیعت پیچیده‌تر از آن است که با الگویی مثل الگوی لجیستیک بتوان تمام رازهای آن را شناخت! ایرادهای گوناگونی به الگوی لجیستیک و فرض‌های آن

وارد است از جمله :

۱- در این الگو به نوع افراد گونه توجهی نمی‌شود. در جمعیت‌های طبیعی، همواره جهش‌های ژنی رخ می‌دهد و جهش‌یافته‌های جدید ممکن است سریع‌تر تولیدمثل کنند؛ یعنی، آهنگ افزایش ذاتی ( $r$ ) آنها بالاتر از انواع پیشین باشد. همچنین، با پیدا شدن جهش‌یافته‌هایی که بازده بالاتری در استفاده از مواد غذایی داشته باشند، مقدار  $K$  افزایش می‌یابد.

۲- ممکن است طبیعت نتواند منابع غذایی را با همان سرعتی که جاندار مصرف می‌کند، بازسازی و جانشین کند. در این صورت، با رشد جمعیت مقدار  $K$  کاهش پیدا می‌کند (این همان اتفاقی است که برای گوزن‌های آلاسکا افتاد). به‌علاوه، تغییرات فصل و حوادث طبیعی (سیل، آتش‌سوزی و...) می‌توانند تغییرات چشمگیری در  $K$  ایجاد کنند.

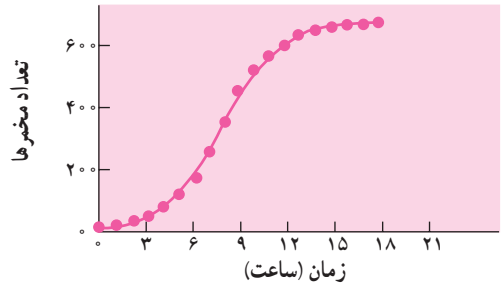
۳- همیشه کاهش تراکم به نفع افراد نیست؛ مثلاً بعضی از جانوران به‌صورت گروهی شکار یا از فرزندان خود مراقبت می‌کنند. در این گونه‌ها، اگر اندازه جمعیت از حد خاصی کوچک‌تر شود، شانس بقا کاهش می‌یابد. به‌علاوه، پایین بودن تراکم جمعیت در جاندارانی که تولید مثل جنسی (به‌جز خودلقاحی) دارند، سبب کم شدن احتمال جفت‌یابی و در نتیجه کاهش آهنگ تولیدمثل می‌شود.

۴- در این الگو فرض می‌شود که رشد جمعیت پیوسته است و افزایش تعداد افراد بلافاصله موجب کاهش آهنگ رشد می‌شود. در بسیاری از جانداران، این فرض به واقعیت شبیه نیست. بسیاری از گیاهان و جانوران فقط در فصل خاصی تولیدمثل می‌کنند؛ لذا، ممکن است جمعیت آنها گاهی اوقات از گنجایش محیط فراتر رود. معمولاً در این موارد به علت افزایش مرگ و میر، اندازه جمعیت پس از مدتی به حد طبیعی باز می‌گردد.

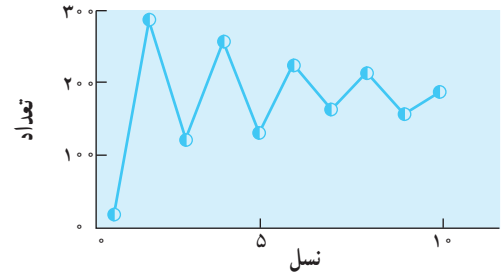
۵- در الگوی لجیستیک، برهم‌کنش گونه‌های مختلف در نظر گرفته نشده است. اصلی‌ترین عامل محدودکننده جمعیت در بسیاری از گونه‌ها، شکار شدن توسط گونه‌های دیگر است، نه منابع غذایی.

هر الگوی ریاضی زمانی ارزشمند است که با داده‌های تجربی سازگار باشد. در شکل ۵-۶ تغییرات جمعیت چند جاندار را برحسب زمان می‌بینید. سعی کنید در هر مورد، دلیل انطباق با الگوی لجیستیک یا انحراف از آن را پیدا کنید.

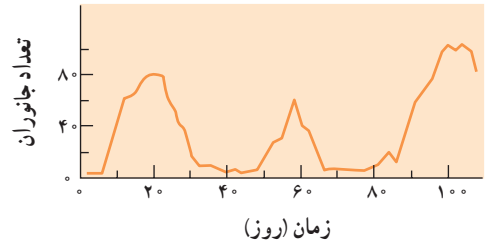
الف



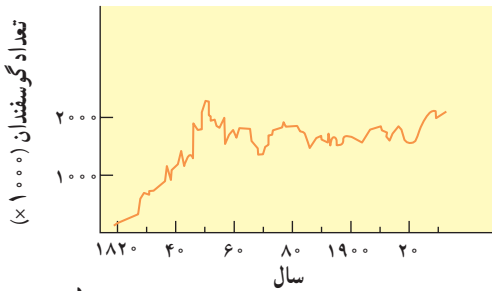
ج



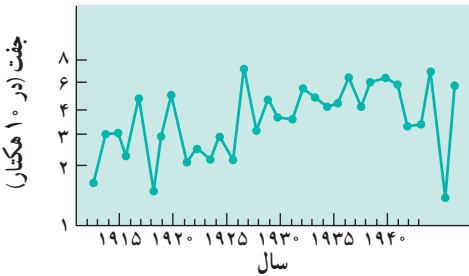
هـ



ب



د

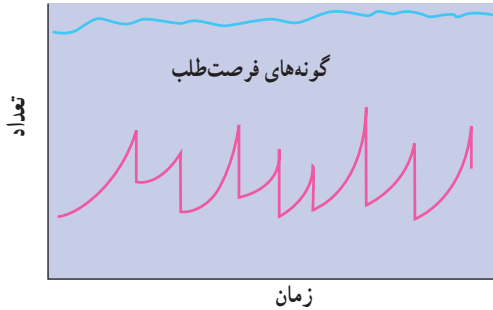


شکل ۵-۶- نوسان‌های یافت شده در چند جمعیت واقعی. الف) سلول‌های مخر، ب) گوسفند تاسمانی، ج) نوعی سوسک، د) چرخ ریسک (نوعی پرنده)، هـ) دافنی.

## جمعیت‌های فرصت‌طلب و جمعیت‌های تعادلی

رخداد‌های غیرمنتظره، مانند آتش‌سوزی، خشکسالی، سیل و گردباد - که هرچندگاه در طبیعت اتفاق می‌افتند - باعث مرگ و میر شدید و ناگهانی می‌شوند. این نوع کاهش جمعیت، ارتباطی به تراکم آن و رقابت افراد باهم ندارد. به‌عنوان مثال، جمعیت حشرات و گیاهان یک ساله در بهار و تابستان - که شرایط مساعد است - با سرعت رشد می‌کند؛ ولی با بروز بحران مثلاً فرارسیدن سرما، به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. چنین جمعیت‌هایی در محیط‌های متغیر و غیرقابل پیش‌بینی زندگی می‌کنند و اصطلاحاً جمعیت‌های فرصت‌طلب نامیده می‌شوند (شکل ۶-۶).

## گونه‌های تعادلی



شکل ۶-۶ جمعیت‌های فرصت طلب و جمعیت‌های تعادلی

جمعیت طبیعی برخی از گونه‌ها، مانند اغلب مهره‌داران در طول زمان کوتاه تغییر چندانی نمی‌کند. شرایط محیط زیست این گونه‌ها نسبتاً پایدار است و حوادث ناگهانی در آن به ندرت رخ می‌دهد. این جمعیت‌ها را جمعیت‌های تعادلی می‌نامند. اندازه جمعیت‌های تعادلی معمولاً نزدیک به گنجایش محیط (K) است. رشد جمعیت‌ها پس از تساوی اندازه آنها با گنجایش محیط متوقف می‌شود. جمعیت‌های فرصت طلب و جمعیت‌های تعادلی، دو حد آستانه هستند و بسیاری از گونه‌ها وضعیتی بینابین این دو دارند، یعنی شرایط محیط برای آنها نه کاملاً پایدار است و نه به شدت بحرانی. پایداری یا ناپایداری محیط را باید با توجه به گونه مورد بررسی سنجید؛ مثلاً سرمای زمستان اغلب حشرات را از پای در می‌آورد، در حالی که بسیاری از جانوران بزرگ‌تر این شرایط را تحمل می‌کنند.

مهم‌ترین جنبه مقایسه جمعیت‌های تعادلی و فرصت‌طلب، نوع اثری است که انتخاب طبیعی روی آنها می‌گذارد. در محیط‌هایی که شدیداً متغیر و غیرقابل پیش‌بینی هستند، مرگ و میر گسترده افراد ارتباط چندانی با ژنوتیپ و فنوتیپ آنها، یا تراکم جمعیت ندارد. هر فردی سعی می‌کند هرچه بیشتر و سریع‌تر تولیدمثل کند تا حداقل تعدادی از زاده‌هایش از بحران جان سالم به‌در ببرند. در آغاز فصل تولیدمثل گونه‌های فرصت‌طلب، معمولاً تعداد افراد بالغی که زنده مانده‌اند، بسیار کمتر از حد گنجایش محیط است و رقابت چندانی وجود ندارد. در چنین شرایطی، حتی زاده‌هایی که چندان هم سالم و توانمند نباشند، می‌توانند زنده بمانند. افراد سعی می‌کنند بیشترین انرژی را صرف تولیدمثل کنند و بیشترین تعداد زاده‌ها را در کوتاه‌ترین زمان به‌وجود آورند. نتیجه طبیعی تعداد زیاد زاده‌ها، اندازه کوچک آنهاست (زیرا مقدار کل ماده و انرژی محدود است). نمونه چنین جمعیت‌هایی، نوعی پروانه است که در پاییز تخم می‌گذارد. لاروها در بهار از تخم خارج می‌شوند؛ تا اوایل تابستان از برگ‌ها تغذیه می‌کنند و سپس تا فرارسیدن پاییز به‌صورت شفیره در خاک می‌مانند. در پاییز پروانه‌های بالغ از پیله خارج می‌شوند و

جفت‌گیری می‌کنند. یک بررسی ۱۸ ساله نشان داد که بیشترین مرگ و میر (در حدود ۹۱ درصد) در فصل زمستان برای تخم‌ها و نیز در فصل بهار برای لاروها اتفاق می‌افتد، زیرا بسیاری از لاروها زمانی از تخم خارج می‌شوند که درختان هنوز برگ ندارند.

در محیط‌هایی که نسبتاً پایدار هستند، تراکم جمعیت نوسان کمتری دارد و مرگ و میر افراد تصادفی نیست. آنهایی که با محیط سازگارتر باشند و بهتر بتوانند در شرایط رقابتی سخت دوام بیاورند، باقی می‌مانند. در محیطی که تقریباً اشباع شده است، ( $N \cong K$ ) رقابت شدید وجود دارد. بهترین راهبرد به وجود آوردن فرزندی است که قابلیت‌های بیشتری در رقابت با سایر افراد داشته باشند. پرورش فرزندان سالم و قوی هزینه زیادی دارد؛ لذا، تعداد فرزندان محدود است. در بسیاری از گونه‌هایی که چنین شرایطی دارند، والدین تا مدتی از فرزندان مراقبت می‌کنند. بیر، گوریل و عقاب از این گروه‌اند.

در جدول ۱-۶، فهرست ویژگی‌های این دو نوع جمعیت را مشاهده می‌کنید. آیا می‌توانید هر یک از موارد مطرح شده را توجیه کنید؟

جدول ۱-۶- مقایسه خصوصیات جمعیت‌های تعادلی و فرصت طلب

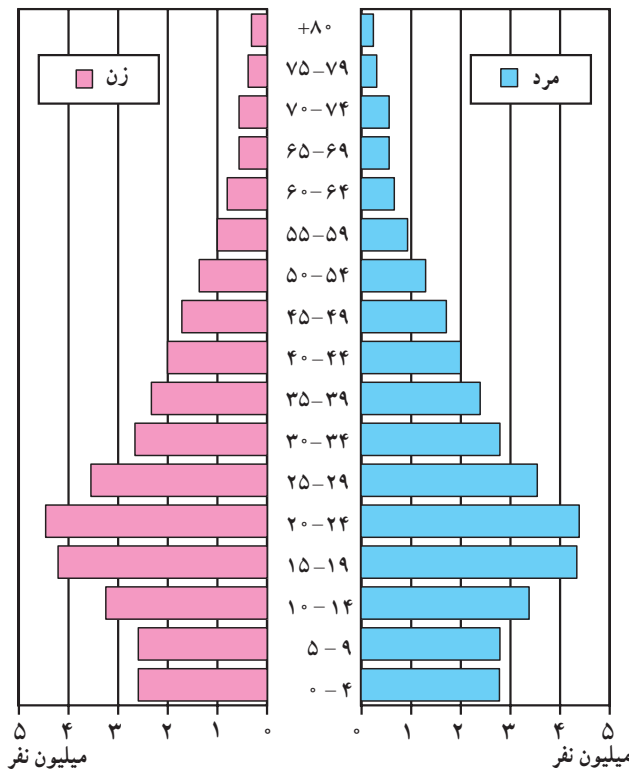
عوامل	جمعیت‌های تعادلی	جمعیت‌های فرصت طلب
آب و هوای محیط	تا حدودی ثابت یا قابل پیش‌بینی	متغیر و غیر قابل پیش‌بینی
مرگ و میر	معمولاً هدفدار، وابسته به تراکم	معمولاً تصادفی، مستقل از تراکم
اندازه جمعیت	تقریباً ثابت، تعادلی؛ نزدیک به گنجایش محیط؛ محیط اشباع شده	متغیر با زمان، غیر تعادلی؛ معمولاً خیلی پایین‌تر از گنجایش محیط؛ محیط اشباع نشده
رقابت	عموماً شدید	اغلب وجود ندارد.
ویژگی‌های مطلوب در انتخاب طبیعی	۱- رشد و نمو آهسته ۲- قابلیت‌های رقابتی بالا ۳- افراد دیر به سن تولیدمثل می‌رسند. ۴- جثه بزرگ ۵- معمولاً هر فرد چند بار تولیدمثل می‌کند. ۶- تعداد کمی زاده بزرگ به وجود می‌آورند.	۱- رشد و نمو سریع ۲- تولید مثل سریع ۳- افراد زود به سن تولیدمثل می‌رسند. ۴- جثه کوچک ۵- معمولاً هر فرد یک بار فرصت تولیدمثل دارد. ۶- تعداد زیادی زاده کوچک به وجود می‌آورند.
طول عمر	نسبتاً طولانی، عموماً بیشتر از یک سال	نسبتاً کوتاه، اغلب کمتر از یک سال
نتیجه	سازگاری بیشتر با محیط	زادآوری سریع



## هرم جمعیت

می‌گویند یک تصویر گویاتر از هزار کلمه است، اما گویایی بعضی از تصاویر بسیار بیشتر از این است. مثلاً یک راه برای نشان دادن جمعیت بزرگ انسان نموداری است که روی آن گروه‌های سنی، روی محور Yها و تعداد افراد روی محور Xها نشان داده می‌شوند. در این نمودارها گروه‌های سنی کوچک‌تر در پایین و گروه‌های مسن‌تر در بالا نشان داده می‌شوند. نموداری که به این ترتیب طراحی می‌شود معمولاً هرمی شکل است و به همین علت آن را هرم جمعیت می‌نامند (شکل ۷-۶).

پیش‌بینی نیازهای آینده: هرم جمعیت کاربردهای فراوان دارد. مثلاً هرم سنی جمعیت کشورمان را در شکل می‌بینید. این شکل نشان می‌دهد که درصد جمعیت کودکان و نوجوانان در جامعه ما نسبتاً بالاست. بنابراین برنامه‌ریزی برای سلامت، آموزش و پرورش کودکان و نوجوانان در کشور ما اهمیت خاصی پیدا می‌کند. ایجاد شغل برای این جمعیت و پیش‌بینی اثری که این گروه پس از ازدواج بر جمعیت کشور خواهند گذاشت، بر پایه این هرم صورت می‌گیرد.

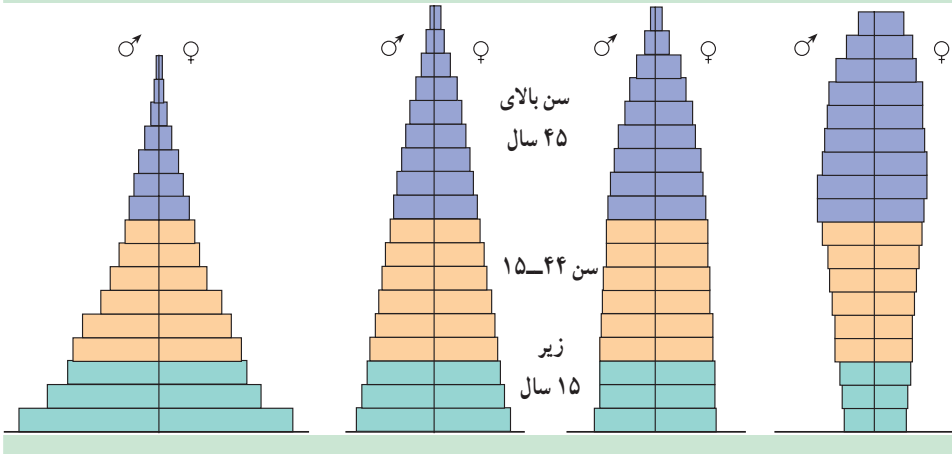


شکل ۷-۶- هرم سنی جمعیت کشور بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵

## فعالیت



در شکل زیر انواعی از هرم‌های جمعیت انسان را که مربوط به جوامع مختلف هستند، مشاهده می‌کنید. دربارهٔ سرعت و آهنگ رشد هریک از این جمعیت‌ها بحث کنید.



## خودآزمایی

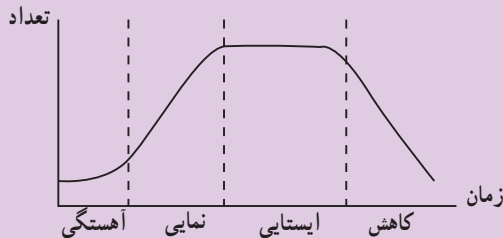


۱- به جز مثال‌های کتاب‌های درسی، حداقل یک مثال برای هریک از انواع پراکنش افراد جمعیت بنویسید.

۲- چرا در طبیعت رشد جمعیت‌ها بیشتر ترکیبی از الگوهای نمایی و لجیستیک است؟

۳- در نمودار زیر رشد جمعیت نوعی باکتری در محیط کشت مصنوعی نشان داده شده است.

شرح کوتاهی دربارهٔ هریک از مراحل آهستگی، نمایی، ایستایی و کاهش بنویسید.



۴- کاستی‌های هریک از الگوهای رشد نمایی و لجیستیک را شرح دهید.

۵- به نظر شما چرا در تعریف جمعیت لازم است مکان مشخص جاندار را نیز تعیین کنیم؟

۶- پراکنش تماشاچیان بازی فوتبال در یک ورزشگاه از کدام نوع است، تصادفی، یک‌نواخت یا دسته‌ای؟ توضیح دهید.

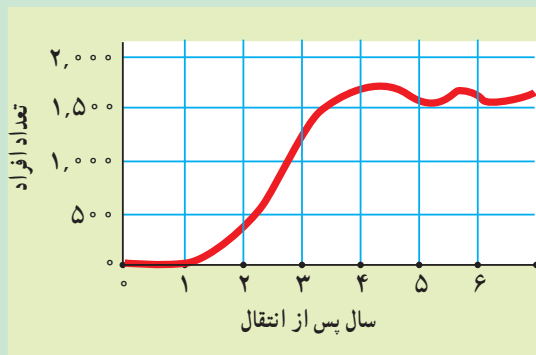
۷- به هرم سنی کشور در صفحه ۱۳۹ نگاه کنید. بیشترین رشد جمعیت مربوط به چه سال‌هایی بوده است؟

## فعالیت



### تفسیر داده‌ها

۱- زیست‌شناسان در سال‌های دهه ۱۹۳۰ تعدادی قرقاول را در جزیره‌ای که قبلاً فاقد قرقاول بودرها کردند. با استفاده از داده‌های نمودار زیر، گنجایش تحمل این جزیره را تعیین کنید. راه رسیدن به نتیجه‌ای که گرفتید را شرح دهید.



### ارزیابی

۲- پس از آتش‌سوزی در جنگل، بعضی گیاهان با سرعت در منطقه سوخته جایگزین می‌شوند. توضیح دهید جمعیت این نوع گیاهان تعادلی است یا فرصت‌طلب.

### پیش‌بینی

۳- با استفاده از شکل ۷-۶، پیش‌بینی کنید تا سال ۱۴۰۰ ه. ش. در هرم سنی جمعیت ایران موج تولد نوزاد که در سال ۱۳۶۱ روی داد، چه وضعیتی خواهد داشت؟

## ۳ روابط میان جانداران در یک اجتماع زیستی

### تحول و تغییر گونه‌ها در ارتباط با یکدیگر صورت می‌گیرد.

مهم‌ترین جاندار یک اکوسیستم کدام است؟ اگر بخواهید به این پرسش پاسخ دهید، خیلی زود در خواهید یافت که انجام چنین کاری چندان آسان نیست؛ چون نمی‌توان جانداران اکوسیستم را جدا از هم در نظر گرفت. هر جاندار در اکوسیستم جزئی از یک شبکه پیچیده است.

**روابط میان گونه‌ها:** روابط میان گونه‌های مختلف نتیجه فرایند تغییر و تحول آنها در زمان‌های بسیار طولانی است. در این فرآیند، ساختار بدن و رفتار افراد هر گونه با دیگر گونه‌ها هم‌آهنگ شده است. مثلاً گرده‌افشانی بعضی از گیاهان گل‌دار، هم‌آهنگ با رفتار و ساختار بدن حشرات و سایر جانوران تغییر حاصل کرده است. جانوران گرده‌افشان صفاتی پیدا کرده‌اند که آنان را وامی‌دارد تا غذا یا سایر مواد مورد نیاز خود را از گیاهانی که گرده آنها را می‌افشانند، به دست آورند. در شکل ۸-۶ مشاهده می‌کنید که طبیعت از طریق انتخاب طبیعی غالباً هم‌آهنگی بسیاری بین صفات جانوران گرده‌افشان و گیاهان به وجود آورده است. هم‌آهنگی تغییر گونه‌هایی که در یک اکوسیستم زندگی می‌کنند و با هم ارتباط نزدیک دارند، تکامل همراه<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

### تکامل همراه شکار و شکارچی: صیادی نوعی رابطه بین دو گونه است که طی آن یکی دیگری

را می‌خورد. مثال‌های آشنای این نوع رابطه شکار گورخر به وسیله شیر و شکار

موش به وسیله مار یا گربه است در شکل‌های دیگر رابطه صیادی را

می‌توان در بندپایان مشاهده کرد. عنکبوت‌ها و انواعی

از هزارپایان منحصراً شکارچی هستند.



شکل ۸-۶ تکامل همراه. نوعی تکامل همراه بین این گیاه و پرندۀ شهدخوار یافت می‌شود. این پرندۀ با نوک بلند خود شهد را از اعماق این گل می‌مکد و در مقابل برای آن گرده‌افشانی انجام می‌دهد.

**دفاع گیاهان در برابر گیاه خواران :** انتظار دارید تکامل همراه شکار و شکارچی چگونه باشد؟ به احتمال زیاد انتظار دارید که راه‌های فرار شکار از شکارچی، جلوگیری از برخورد یا مبارزه با آن، تکامل حاصل کرده باشد. اگرچه گیاهان نیز برای مبارزه با شکارچیان خود (جانوران گیاه خوار) تیغ و خار تولید می‌کنند؛ اما مبارزه آنها با کمک مواد شیمیایی برای برحذر داشتن دشمن، یکی از پیچیده‌ترین راه‌هاست. در واقع همه گیاهان موادی دفاعی که ترکیب‌های ثانوی نام دارند، تولید می‌کنند. ترکیب‌های ثانوی، نخستین راه دفاعی اغلب گیاهان هستند.

گیاهان مختلف برای دفاع از خود ترکیب‌های شیمیایی مختلفی تولید می‌کنند. مثلاً، گیاهان تیره شب بو گروهی از ترکیب‌های شیمیایی را که در مجموع روغن خردل نامیده می‌شوند، تولید می‌کنند. روغن خردل بو و مزه تند دارد. مزه تند اعضای این تیره گیاهی، مانند کلم و تربچه نیز به دلیل وجود همین ترکیب‌هاست. این مواد برای حشرات سمی هستند.

**گیاه خواران چگونه خطوط دفاعی گیاهان را می‌شکنند :** بعضی از جانوران گیاه خوار می‌توانند از گیاهانی تغذیه کنند که مواد شیمیایی دفاعی تولید می‌کنند. مثلاً، نوزاد پروانه کلم روی گیاهان تیره شب بو زندگی و از آنها تغذیه می‌کند. روغن خردل که در این گیاهان تولید می‌شود، برای بسیاری از حشرات سمی است. اما نوزاد پروانه کلم چگونه این مواد سمی را تحمل می‌کند؟ این جانور می‌تواند روغن خردل را تجزیه کند و از اثرهای سمی آن در امان بماند.

## روابط درازمدت، گونه‌های هم‌زیست را به وجود آورده است.

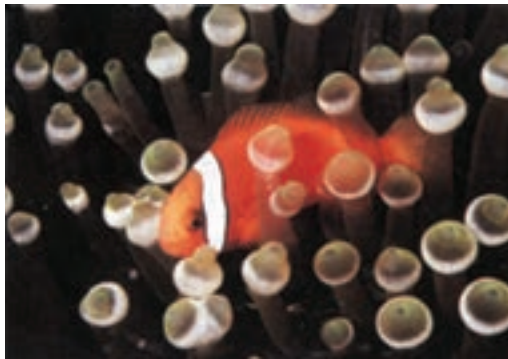
اگر دو یا چند جاندار از گونه‌های متفاوت در درازمدت با یکدیگر رابطه نزدیک داشته باشند، می‌گویند این جانداران با یکدیگر هم‌زیست هستند. ممکن است رابطه هم‌زیستی به نفع هر دو طرف، یا فقط به نفع یکی از آنها باشد. اگرچه می‌توان به آسانی تعیین کرد که در زندگی هم‌زیستی، کدام جاندار سود می‌برد، اما تعیین اینکه این نوع رابطه به نفع طرف مقابل نیست، قدری دشوار به نظر می‌رسد.

**همیاری :** همیاری، نوعی رابطه هم‌زیستی است که در آن هر دو طرف سود می‌برند. یکی از معروف‌ترین انواع روابط همیاری بین مورچه و شته در نظام آفرینش یافت می‌شود (شکل ۹-۶). شته‌ها حشرات کوچکی هستند که روی شاخه‌های جوان و سبز بعضی گیاهان زندگی می‌کنند و با اندام مکنده دهانی خود شیره پرورده گیاه میزبان را به فراوانی از درون آوندهای آبکش آنها می‌مکند. مواد قندی موجود در شیره پرورده از مخرج آنها به بیرون تراوش می‌کند. بعضی از انواع مورچه‌ها از این قطرات تغذیه می‌کنند و در مقابل از شته‌ها در برابر حشرات شکارچی محافظت می‌کنند (شکل ۹-۶).



شکل ۹-۶- همزیستی. مورچه‌های نگهبان از شته‌های روی این ساقه حفاظت و در عین حال از شیرهای که از بدن آنها خارج می‌شود، تغذیه می‌کنند.

هم سفرگی: نوع دیگر همزیستی، هم سفرگی است. در این نوع رابطه، یک طرف سود می‌برد و طرف دیگر نه سود می‌برد و نه زیان. یک نوع معروف هم سفرگی بین دلقک ماهی و شقایق دریایی که نوعی از کیسه‌تنان است، وجود دارد. شقایق دریایی خارهای گزنده‌ای دارد که برای بسیاری از جانوران دیگر سمی است (شکل ۱۰-۶).



شکل ۱۰-۶- هم سفرگی: دلقک ماهی‌ها از نیش این شقایق دریایی در امان‌اند و در میان بازوهای آن مخفی می‌شوند.

رابطه انگلی نوع ویژه‌ای از همزیستی است. انگل معمولاً روی میزبان که بزرگ‌تر از آن است، زندگی و از بدن آن تغذیه می‌کند. معمولاً انگل باعث کشته شدن میزبان نمی‌شود، چون زندگی انگل به زندگی میزبان بستگی زیاد دارد. میزبان باعث انتقال زاده‌های انگل به میزبانان جدید نیز می‌شود. بسیاری از جانوران انگل، مانند شپش بر سطح بدن میزبان زندگی می‌کنند. کنه‌ها و بعضی پشه‌ها نیز انگل خارجی هستند. انگل‌های داخلی، مانند کرم‌های انگل روده، تخصصی‌تر عمل می‌کنند و درون بدن میزبان زندگی می‌کنند.

## خودآزمایی



- ۱- چرا بعضی‌ها تکامل همراه شکار - شکارچی را نوعی مسابقهٔ تسلیحاتی توصیف می‌کنند؟
- ۲- زنبوران عسل ژاپنی نوعی راهبرد دفاعی در برابر زنبوران سرخ از خود نشان می‌دهند. زنبورهای وارداتی اروپایی به ژاپن نمی‌توانند در برابر این زنبوران از خود دفاع کنند. این نوع تکامل همراه را توضیح دهید.

## ۴ رقابت به جوامع زیستی شکل می دهد

استفاده های مشترک از منابع کمیاب باعث رقابت می شود.

هنگامی که دو گونه در یک زیستگاه از منابع مشترکی استفاده می کنند، می گویند این دو گونه در حال رقابت با یکدیگر هستند. جانداران معمولاً برای به دست آوردن غذا، مکان آشیانه، فضا برای زیستن، نور، مواد معدنی و آب، با یکدیگر رقابت می کنند. برای ایجاد رقابت، لازم است منابع مورد رقابت فراوان نباشند. مثلاً، در افریقا، شیر و کفتار بر سر شکار با یکدیگر در حال رقابت هستند. ستیزی که در نتیجه این رقابت درمی گیرد، معمولاً منجر به زخمی شدن هر دو طرف می شود. بسیاری از انواع رقابت منجر به درگیری و ستیزی نمی شود. بعضی از جانداران رقیب هرگز با یکدیگر برخورد نمی کنند. اثر آنها بر رقیبان خود از طریق اثری است که بر منابع می گذارند.

برای قضاوت درباره نقش هر جاندار در اکوسیستم، لازم است به این پرسش ها درباره آن پاسخ دهید: آن جاندار چه می خورد، یا به عبارت صحیح تر آن جاندار انرژی مورد نیاز خود را از کجا تأمین می کند و آن جاندار کجا زندگی می کند؟ به نقش، زیستگاه و تعامل هایی که موجود زنده در یک اکوسیستم دارد، **کنام** می گویند.

کنام هر جاندار را می توان با تعیین عواملی مانند فضایی که مورد استفاده قرار می دهد، غذایی که می خورد همچنین نیازهای دمایی، رطوبتی یا جفت گیری، تعریف کرد. در شکل ۱۱-۶ خلاصه کنام پلنگ جاگوار را مشاهده می کنید.



غذا: پستانداران کوچک تر، ماهی و لاک پشت  
تولیدمثل: در طول تابستان  
زمان فعالیت: هم در روز، شکار می کند و هم در شب

شکل ۱۱-۶ - کنام پلنگ جاگوار



کنام را اغلب از نظر تأثیری که هر جاندار بر سیر انرژی اکوسیستم می‌گذارد، توصیف می‌کنند؛ مثلاً، کنام یک گوزن که از بوته‌ها تغذیه می‌کند، به صورت گیاه‌خوار توصیف می‌شود. کنام بعضی از جانداران با یک‌دیگر هم‌پوشانی دارد. اگر در یکی از منابع مورد نیاز چنین جاندارانی کمبود وجود داشته باشد، امکان رقابت بین آنها افزایش می‌یابد.

کنام گونه‌های مختلف، هم‌اندازه نیست: برای درک بهتر کنام، بهتر است کنام چند گونه مختلف را مورد بررسی قرار دهیم. سسک نوعی پرندۀ آوازخوان است که در جستجوی غذای خود که حشرات کوچک هستند، در درختان سرو به سر می‌برد. برای تعریف کنام این پرندۀ، متغیرهای مختلفی را باید در نظر گرفت: دمای مورد نیاز این پرندۀ، موقعی از سال که این پرندۀ آشیانه می‌سازد، غذای مورد علاقه آن و محلی از درخت که این پرندۀ غذای خود را از آن‌جا به دست می‌آورد، از جمله این متغیرها هستند. طیفی از موقعیت‌هایی که این جاندار، توان زیستن در آنها را دارد، کنام بنیادی می‌نامند.

تقسیم منابع بین گونه‌ها: سسک زرد غذای خود را از حشرات ساکن بالای درختان کاج نوئل تأمین می‌کند، در حالی که این حشرات در بخش‌های دیگر درخت نیز حضور دارند (شکل ۱۲-۶). به عبارت دیگر سسک زرد تنها بخش کوچکی از درخت کاج نوئل را اشغال می‌کند.

در اواخر دهه ۱۹۵۰ رابرت مک‌آرتور<sup>۱</sup> که بوم‌شناس بود پژوهشی درباره کنام این پرندگان انجام داد. پژوهش این محقق در شکل ۱۲-۶ خلاصه شده است. او رفتارهای تغذیه‌ای پنج‌گونه سسک را که رقیب یک‌دیگر هستند، مورد تحقیق قرار داد و پی‌برد که این پنج‌گونه هم‌زمان، اما از مناطق مختلف درخت کاج نوئل، غذای خود را کسب می‌کنند.

توجه داشته باشید که کنام بنیادی هر پنج‌گونه یکی است، اما مکان کسب منابع غذایی آنها متفاوت است. گویی آنها توافق کرده‌اند که هرگونه از بخش ویژه‌ای از درخت کاج نوئل غذای خود را به دست آورد. بخشی از کنام بنیادی که هرگونه اشغال می‌کند، کنام واقعی آن می‌نامند. بنابراین کنام واقعی سسک زرد بخش کوچکی (بخش بالایی درخت) از کنام بنیادی آن (درخت کاج نوئل به‌طور کلی) است.

مزیت کسب غذا از بخش کوچکی از کنام بنیادی چیست؟ این پژوهشگر اعتقاد دارد که این الگوهای تغذیه‌ای باعث کاهش رقابت بین پنج‌گونه سسک می‌شود. چون محل‌های کسب غذای پنج‌گونه سسک متفاوت است، رقابت بین آنها در نمی‌گیرد. او نتیجه گرفته است که انتخاب طبیعی بین پنج‌گونه سسک رفتارهای متفاوتی به وجود آورده است. بسیاری از بوم‌شناسان با این عقیده موافق‌اند.

<sup>۱</sup> - Robert McArthur



شکل ۱۲-۶- کنام واقعی. اگرچه کنام بنیادی این پنج نوع سبک که روی یک نوع درخت زندگی می‌کنند، یکسان است، اما کنام واقعی آنها متفاوت است.

## فعالیت



## آزمایشگاه داده‌ها

**تغییر کنام واقعی جانداران :** دو ویژگی کنام جانوران شکارچی را می‌توان به آسانی اندازه گرفت : اندازه شکار و محل زندگی، یعنی جایی که جاندار شکار خود را به دست می‌آورد. به شکل صفحه بعد توجه کنید. لکه‌هایی که در این نقشه مشاهده می‌کنید، اندازه شکار و محلی را نشان می‌دهد که پرنده گونه A بیشتر آنها را مورد استفاده قرار می‌دهد. تیره‌ترین لکه که در مرکز قرار دارد، مناسب‌ترین شکار را نشان می‌دهد.

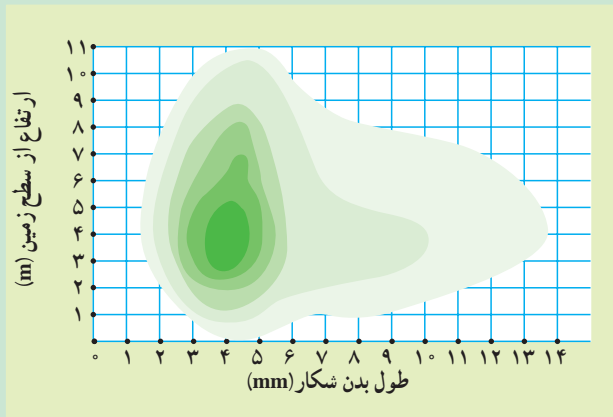
## تفسیر

- ۱- اندازه شکاری را که پرنده گونه A بیشتر دوست دارد به دست آورید.
- ۲- حداکثر ارتفاعی که پرنده گونه A در آن تغذیه می‌کند، کدام است؟
- ۳- گونه B را به زیستگاه گونه A اضافه می‌کنیم. غذای گونه B و مکان تهیه آن مشابه گونه A است، اما گونه B در ساعتی از روز که کمی با گونه A متفاوت است به شکار می‌پردازد. حضور گونه B چه اثری بر گونه A خواهد داشت؟
- ۴- گونه C را به زیستگاه گونه A وارد می‌کنیم. ساعت شکار گونه C مشابه ساعت شکار گونه

A است؛ اما گونه C شکارهایی را ترجیح می‌دهد که ۱۰ تا ۱۳ میلی‌متر طول داشته باشند. حضور گونه C چه اثری بر گونه A خواهد داشت؟

۵- اگر گونه‌ای به زیستگاه گونه A اضافه کنیم که نیازهای غذایی آن دقیقاً شبیه گونه A باشد، نمودار زیر چه تفاوتی خواهد کرد؟

۶- کم‌رنگ‌ترین لکه موجود در این نمودار متعلق به چیست؟



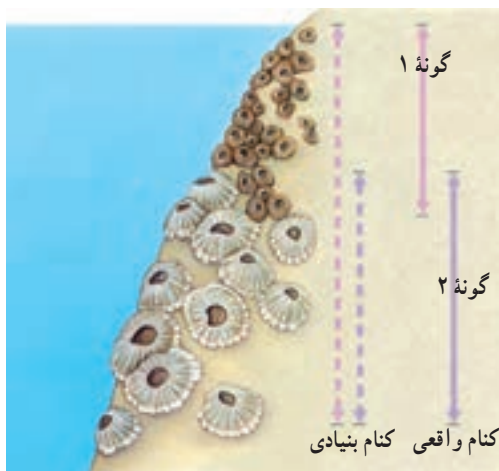
### بر اثر رقابت دسترسی گونه‌ها به منابع محدود می‌شود.

در سال‌های دهه ۱۹۶۰، پژوهشگری به نام ژوزف کانل<sup>۱</sup> پژوهشی دربارهٔ یک مورد رقابت انجام داد. این پژوهشگر امریکایی دو گونه کشتی چسب را که در صخره‌های همانندی در سواحل اسکاتلند زندگی می‌کنند، مورد بررسی قرار داد. کشتی چسب جانوری دریازی، از گروه سخت‌پوستان است. نوزاد این جانور که در ابتدا آزادانه در آب زندگی می‌کند، خود را به تخته سنگ‌ها می‌چسباند و بقیهٔ عمر خود را چسبیده به آن باقی می‌ماند. در شکل ۱۳-۶ مشاهده می‌کنید که کشتی چسب گونه ۱ بر مناطق بالایی صخره‌ها که هنگام جزر از آب خارج می‌شود، زندگی می‌کند. در همین شکل نوعی دیگر کشتی چسب (گونه ۲) را مشاهده می‌کنید که روی همان نوع تخته سنگ‌ها، اما در مناطق پایین‌تر که به ندرت در معرض هوا قرار می‌گیرد، زندگی می‌کند.

کانل در پژوهش‌های خود قسمت‌های پایینی زیستگاه این کشتی چسب‌ها را از وجود گونه ۲ پاک می‌کرد و پس از آن مشاهده می‌کرد که پس از مدتی گونه ۱ قسمت‌های پایینی تخته‌سنگ‌ها را نیز

۱- Joseph Connel

اشغال می‌کند. این نشان می‌دهد که عدم گسترش گونه ۱ در مناطق عمیق به علت عدم توانایی آن برای زیستن در آن بخش از زیستگاه نیست و در واقع مناطق کم عمق و عمیق تخته سنگ‌ها کنام بنیادی آن محسوب می‌شود. وقتی که او بار دیگر گونه ۲ را روی این تخته سنگ‌ها کشت می‌داد، مشاهده می‌کرد که این گونه، همواره مناطق عمیق‌تر تخته سنگ‌ها را انتخاب و در آن‌جا جایگزین می‌شود. به عبارت دیگر گونه ۱ نمی‌تواند در حضور گونه ۲ به مناطق عمیق تخته سنگ‌ها نفوذ کند (شکل ۱۳-۶). گونه ۲ در حضور یا عدم حضور گونه ۱ همواره مناطق عمیق‌تر را ترجیح می‌دهد. به نظر می‌رسد سازش گونه ۲ به مناطق کم عمق که مدت طولانی‌تری از آب خارج می‌شود، به پای گونه ۱ نمی‌رسد. گونه ۱ به علت رقابت با گونه دیگر فقط بخشی از کنام بنیادی خود را اشغال می‌کند. این پژوهش نشان می‌دهد همان گونه که در پژوهش‌های مک‌آرتور نیز مشخص شده، رقابت دسترسی گونه‌ها را به منابع محدود می‌کند.



شکل ۱۳-۶- اثر رقابت بین دو گونه کشتی چسب. کنام واقعی ۱ از کنام بنیادی آن کوچک‌تر است. چون این گونه در رقابت با گونه ۲ است.

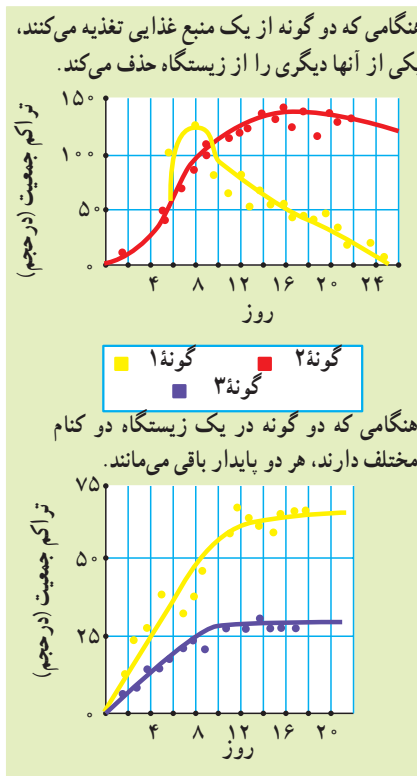
### رقابت بدون تقسیم منابع باعث حذف رقابتی می‌شود.

محدودیت و کمبود منابع در طبیعت یک قاعده است و گونه‌هایی که از منابع یکسانی استفاده می‌کنند، در معرض رقابت با یکدیگر قرار می‌گیرند. داروین مشاهده کرد که رقابت بین گونه‌هایی که شباهت زیاد به یکدیگر دارند، حادث‌تر است، چون این گونه‌ها معمولاً با روش مشابهی از منابع یکسانی

استفاده می‌کنند. بنابراین آیا می‌توانیم ادعا کنیم که در رقابت بین گونه‌های شبیه به یکدیگر، یک گونه همواره از آن محیط حذف می‌شود؟ در سال‌های دهه ۱۹۳۰ پژوهشگری روسی به نام گوس<sup>۱</sup>، با انجام آزمایش‌هایی دقیق کوشش کرد به این پرسش پاسخ دهد.

گوس در آزمایش خود، دو گونه پارامسی<sup>۲</sup> (گونه ۱ و گونه ۲) را که از یک نوع باکتری تغذیه می‌کنند، در یک ظرف کشت داد. حاصل این رقابت همواره حذف گونه‌ای بود که نسبت به مواد دفعی باکتری‌ها مقاومت کمتر دارد (شکل ۱۴-۶). گوس نتیجه گرفت که اگر دو گونه در حال رقابت با یکدیگر باشند، گونه‌ای که با کارایی بیشتری می‌تواند از منابع استفاده کند، گونه دیگر را از زیستگاه حذف می‌کند. این نوع حذف در اثر رقابت را حذف رقابتی<sup>۳</sup> می‌نامند.

#### اثر رقابت



شکل ۱۴-۶- حذف رقابتی بین گونه‌های پارامسی. در آزمایش گوس معلوم شد که نتیجه رقابت به تشابه و هم‌پوشانی کنام‌های واقعی گونه‌های رقیب بستگی دارد.

۱- G.F. Gause

۲- Paramecium

۳- Competitive exclusion

رقابت‌کنندگان می‌توانند با هم سازش داشته باشند: آیا در صورت وجود منابع محدود،

همواره حذف رقابتی بین گونه‌ها روی می‌دهد؟

گوس در آزمایشی دیگر گونه دیگری از پارامسی (گونه ۳) را به محیط کشت پارامسی ۱ وارد کرد. غذای این دو پارامسی نیز یکسان است. او انتظار داشت مطابق با آزمایش قبلی، یکی از گونه‌ها از صحنه رقابت حذف شود.

اما نتیجه آزمایش جور دیگری بود. این دو گونه، مانند سسک‌های شکل ۱۲-۶ هر دو در محیط باقی ماندند. چون در واقع، این دو گونه، غذای خود را از مناطق متفاوتی کسب می‌کنند. قسمت بالای ظرف را، که در آنجا غلظت اکسیژن بیشتر است، بیشتر گونه ۱ اشغال می‌کند. در قسمت پایینی ظرف که غلظت اکسیژن کمتر دارد، گونه‌هایی از باکتری‌ها که تنفس بی‌هوازی دارند، زندگی می‌کنند. گونه ۳ برای زندگی در قسمت‌های پایین‌تر ظرف و تغذیه از باکتری‌ها سازش بیشتر دارد. بنابراین کنام بنیادی هر دو گونه، همه ظرف محیط کشت است؛ اما کنام واقعی آن دو، به علت توانایی‌های سازشی آنها، متفاوت است. در نتیجه این دو گونه در یک محیط کشت با هم زندگی می‌کنند و هیچ‌کدام دیگری را از صحنه رقابت حذف نمی‌کند.

**صیادی رقابت را کاهش می‌دهد: پژوهش‌هایی که در اکوسیستم‌های طبیعی صورت گرفته،** معلوم کرده است که صیادی اثرات رقابت را کاهش می‌دهد. یکی از پژوهش‌هایی که در این مورد صورت گرفته است، درباره تأثیر ستاره دریایی روی تعداد و نوع گونه‌هایی است که در مناطق جزر و مدی دریا زندگی می‌کنند. ستاره دریایی شکارچی جانوران دریازی، مانند صدف باریک و صدف پهن است. پژوهشگری به نام رابرت پاین<sup>۱</sup> ستاره‌های دریایی یک منطقه طبیعی را از آن خارج کرد. او مشاهده کرد که تعداد گونه‌های شکار این ستاره‌های دریایی از ۱۵ به ۸ می‌رسد. در واقع صدف‌های باریک که شکار اصلی ستاره دریایی محسوب می‌شوند، این هفت گونه را از محیط حذف کرده‌اند. ستاره‌های دریایی با شکار صدف‌های باریک، جمعیت آنها را به حداقل کاهش و با این کار رقابت را نیز کاهش می‌دهند (شکل ۱۵-۶).

**تنوع زیستی و تولید کنندگی: در سال‌های دهه ۱۹۹۰ پژوهشی مهم درباره رابطه بین تنوع** زیستی و تولید کنندگی صورت گرفت. دیوید تیلمن<sup>۲</sup> و ۵۰ نفر از همکاران او در مجموع ۱۴۷ منطقه آزمایشی را در علف‌زارهای مینه‌سوتا، در امریکا، انتخاب کردند. هر منطقه آزمایشی آنها شامل ۱ تا ۲۴ گونه خاص و بومی بود. آنان مقدار ماده زنده تولید شده در این مناطق را اندازه‌گیری کردند و به این

۱- Robert Paine

۲- David Tilman



شکل ۱۵-۶ اثر حذف ستاره‌های دریایی از دریا. هنگامی که این ستاره دریایی از اکوسیستم دریا حذف شد، تنوع زیستی کاهش و رقابت بین گونه‌هایی که شکار آن هستند، افزایش یافت.

نتیجه رسیدند که هر قدر تنوع گونه‌های گیاهی در منطقه بیشتر باشد، به همان نسبت نیتروژن جذب‌شده از زمین در هر قطعه بیشتر است. آزمایش‌های تیلمن و همکاران او به روشنی نشان می‌دهد که افزایش تنوع گیاهان باعث افزایش تولیدکنندگی می‌شود.

این پژوهشگران همچنین دریافتند مناطقی که تعداد گونه‌های آنها بیشتر است، در برابر خشکی‌ها و کم‌آبی‌های محیط مقاوم‌ترند، بنابراین افزایش تنوع گیاهان موجب افزایش پایداری زیستگاه‌ها و اجتماعات زیستی نیز می‌شود.

خودآزمایی



۱- زیستگاه و کنام را با یک‌دیگر مقایسه کنید.

۲- آیا ممکن است کنام واقعی یک جاندار از کنام بنیادی آن بزرگ‌تر باشد؟ چرا؟

- ۳- خلاصه پژوهش‌های کانل و پاین را در مورد اثرهای رقابت در اکوسیستم‌ها، بنویسید.
- ۴- آزمایش‌های تیلمن را در مورد اثر تنوع زیستی بر تولیدکنندگی، توصیف کنید.
- ۵- پژوهشگری هیچ شاهدهی دال بر رقابت در جامعه زیستی مورد تحقیق خود نیافت و نتیجه گرفت که رقابت هیچ‌گاه بر این جامعه زیستی نقشی نداشته است. آیا این نتیجه‌گیری درست است؟ توضیح دهید.

### تفکر نقادانه

- ۱- در آزمایش گوس پارامسی گونه ۱ توانست همراه با پارامسی گونه ۳ دوام بیاورد، در حالی که پارامسی گونه ۱ نتوانست در یک محیط همراه با گونه ۲ بقا داشته باشد. پیش‌بینی می‌کنید اگر گونه ۲ و گونه ۳ با هم در یک محیط کشت داده شوند، چه وضعی برای آنها پیش می‌آید؟ پاسخ خود را با استدلال بیان کنید.
- ۲- هنگامی که نخستین ساکنان جزیره هاوایی وارد این جزیره شدند، با خود جانورانی شکارچی که جانوران محلی هرگز مشابه آنها را ندیده بودند، بدانجا بردند. گربه، سگ، موش صحرایی از جمله این جانوران بودند. پس از چندی این جانوران بر جانوران محلی این جزیره پیروز شدند و آنها را منقرض کردند. توضیح دهید چرا شکارهای محلی جزیره در برابر شکارچیان غیربومی آسیب‌پذیرتر بودند؟





## رفتارشناسی

بعضی از پرندگان، با شروع سرما به سوی مناطق گرمسیری مهاجرت می‌کنند. مورچه‌های کارگر بهار و تابستان را صرف جمع‌آوری غذا و حمل آنها به لانه می‌کنند. لاک‌پشت با احساس خطر، به درون لاک خود می‌رود. بسیاری از جانوران هنگام روبه‌رو شدن با دشمن قیافه ترسناکی به خود می‌گیرند. این‌ها، مثال‌هایی از رفتارهای جانوران هستند.

### پیش‌نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید:
- رابطه میان ژن و صفات را شرح دهید،
- رابطه میان انتخاب طبیعی و سازگاری را شرح دهید.

## ۱ رفتار و انواع آن

رفتار عملی است که در پاسخ به یک محرک انجام می‌شود.

رفتارشناسی شاخه‌ای از علوم زیستی است که به مطالعه رفتار جانوران می‌پردازد. رفتار به عمل یا مجموعه‌ای از اعمال گفته می‌شود که جانور در پاسخ به محرک از خود بروز می‌دهد. محرک‌های بروز رفتار دو نوع‌اند: محرک درونی و محرک بیرونی. گرسنگی و تشنگی از محرک‌های درونی هستند. بوی غذا، مشاهده دشمن و یا فرد دیگر از محرک‌های بیرونی رفتارند.

رفتارشناسان برای شناخت رفتار جانوران به دنبال یافتن پاسخ برای دو نوع پرسش هستند: پرسش‌های اول پرسش‌هایی که مربوط به چگونگی بروز یک رفتارند: یک رفتار چگونه بروز می‌کند؟ چه مکانیسمی آن را کنترل می‌کند؟ چه محرکی موجب شکل‌گیری و بروز یک رفتار خاص می‌شود؟ مثلاً پرندگان فرارسیدن فصل مهاجرت را چگونه تشخیص می‌دهند و مسیر را چگونه جهت‌یابی می‌کنند؟ پرسش‌های دوم، پرسش‌هایی هستند که با دلایل وجود یک رفتار ارتباط دارند. چرا یک رفتار بروز می‌کند؟ علت وجود یک رفتار چیست و چرا یک رفتار تا به امروز حفظ شده است؟ مثلاً مهاجرت چه سودی برای پرندگان دارد؟

این نوع پرسش‌ها (چرایی) هستند که واقعاً مربوط به تکامل رفتار می‌شوند. رفتارشناسان با روش علمی به این سؤال‌ها پاسخ می‌دهند و سعی می‌کنند در تفسیر رفتارهای یک جانور عواطف و احساس‌های انسانی را دخالت ندهند. بنابراین در علم رفتارشناسی فقط از اطلاعات حاصل از روش علمی در مورد رفتار جانوران، صحبت می‌شود.

در بسیاری از رفتارها وراثت نقش تعیین‌کننده دارد.

کوکو پرنده‌ای است که در لانه سایر پرندگان تخم می‌گذارد. جوجه کوکو به‌طور نارس و زودتر از جوجه‌های پرنده میزبان از تخم خارج می‌شود و بلافاصله پس از خروج از تخم، تخم‌های میزبان را از لانه بیرون می‌اندازد (شکل ۱-۷). جوجه کوکو برای انجام این کار هیچ فرصتی برای آموزش نداشته است. بنابراین دستورالعمل‌ها و اطلاعات لازم برای بروز این رفتار به‌صورت اطلاعات ژنی به او به ارث رسیده است. این‌گونه رفتارها که متأثر از ژن‌ها و دارای برنامه‌ریزی ژنی هستند، رفتار وراثتی

یا غریزی نامیده می‌شوند.



ب

الف

شکل ۱-۷- در بسیاری از رفتارها و راقبت نقش دارد.  
الف) جوجه تازه از تخم بیرون آمده کوکو، تخم‌های میزبان را بیرون می‌اندازد.  
ب) پرندۀ میزبان به تغذیۀ جوجه کوکو که چند برابر اوست، ادامه می‌دهد.

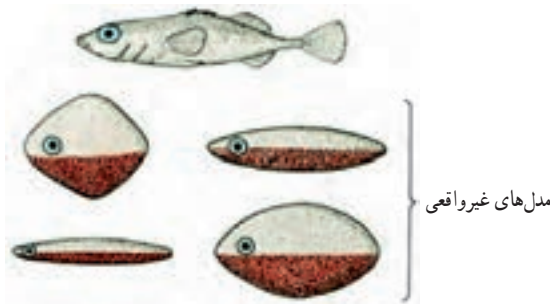
### الگوی عمل ثابت رفتاری غریزی (ژنی) است.

رفتارهای غریزی در افراد مختلف یک گونه به یک شکل انجام می‌شوند. این رفتارها مجموعه‌ای از حرکت‌های مشخص و ثابت است. غاز ماده‌ای که روی تخم‌های خود خوابیده است، هرچند وقت یک‌بار تخم‌ها را جابه‌جا می‌کند تا تخم‌ها به‌طور یکنواخت گرم شوند. غاز ماده اگر تخمی را در خارج از لانه ببیند، از جای خود بلند می‌شود، گردنش را دراز می‌کند و با منقار خود تخم را در یک مسیر زیگزاگی به لانه می‌آورد. حال اگر هنگام انجام چنین حرکتی تخم را بردارند، غاز همان حرکات را انجام می‌دهد، بدون این‌که به نبودن تخم توجهی داشته باشد (شکل ۲-۷). رفتار برگرداندن تخم در غازها مثالی از الگوی عمل ثابت است که همه آنها به یک شکل آن را نشان می‌دهند.



شکل ۲-۷- رفتار برگرداندن تخم به درون لانه

در الگوی عمل ثابت رفتار با یک محرک شروع می‌شود، به طور کامل تا پایان پیش می‌رود و همیشه به یک شکل انجام می‌گیرد. به محرکی که باعث بروز الگوی عمل ثابت می‌شود، محرک نشانه می‌گویند. محرک نشانه اغلب یک علامت حسی ساده است. مثلاً در نوعی ماهی، رفتار حمله به سایر نرهایی که وارد قلمرو او می‌شوند، با یک الگوی عمل ثابت انجام می‌گیرد. محرک نشانه در این الگوی عمل ثابت، رنگ قرمز شکم ماهی‌های نر مزاحم است، به طوری که به ماهی نری که شکمش قرمز نیست حمله نمی‌کند؛ در صورتی که به مدل‌های مصنوعی که سطح زیرین آنها قرمز است، حمله می‌کند. در این مثال رنگ قرمز تنها علامت حسی (محرک نشانه) است که ماهی به آن توجه می‌کند و سایر علائم مثل حجم یا شکل برای ماهی نر اهمیتی ندارد (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷- به مدل واقعی‌تر که فاقد رنگ قرمز در ناحیه شکم است، کمتر از مدل‌های غیرواقعی دیگر حمله می‌شود.

انواع مختلفی از محرک‌های نشانه وجود دارد. در مورد رفتار گاز ماده، محرک نشانه شکل هندسی و انحناى جسم است. محرک نشانه در مثال ماهی، قرمز بودن سطح زیرین است.

### بیشتر بدانید

هورمون‌ها در بروز الگوهای عمل ثابت تأثیر دارند. آزمایش نشان داده است که در پرندگان تغییر مدت روز نقش مهمی در شکل‌گیری رفتارهای مربوط به تولیدمثل مانند قلمرو بایی، لانه‌سازی، جفت‌گیری و ... دارد. غده پینه‌آل در پرندگان نقش گیرنده نوری دارد. با افزایش طول روز ترشح هورمون ملاتونین از این غده کاهش می‌یابد. این امر سبب تحریک هیپوفیز پیشین و افزایش هورمون‌های محرک غده‌های جنسی می‌شود. این هورمون‌ها با اثر روی غده‌های جنسی، موجب افزایش هورمون‌های جنسی در خون و همچنین فعال شدن مدارهای عصبی مربوط به رفتارهای تولیدمثلی، یکی پس از دیگری می‌شوند.

فعال شدن این مدارهای عصبی، پرنده را برای بروز رفتارهایی مثل قلمرویابی، جفت‌گیری، لانه‌سازی، خوابیدن روی تخم‌ها و مراقبت از جوجه‌ها آماده می‌کند. مثلاً غاز ماده الگوی رفتار بازگرداندن تخم به لانه را از یک هفته قبل از تخم‌گذاری تا یک هفته بعد از خارج شدن جوجه‌ها از تخم بروز می‌دهد و در سایر مواقع نسبت به محرک نشانه آن حساسیتی ندارد و واکنشی از خود بروز نمی‌دهد.

## یادگیری نقش عمده‌ای در رفتار دارد.

تا این‌جا دیدیم که رفتار متأثر از ژن‌هاست؛ اما تجربه تا چه میزانی یک رفتار ژنتیکی را تغییر می‌دهد. تغییر رفتار که حاصل تجربه باشد، یادگیری نامیده می‌شود. یادگیری در بسیاری از جانوران نقش مهمی در شکل‌گیری رفتار غریزی دارد. جانورانی که در سیرک، حرکات نمایشی انجام می‌دهند، هیچ‌گاه چنین رفتارهایی را در وضعیت طبیعی در زیستگاه‌های خود بروز نمی‌دهند؛ بلکه این رام‌کننده حیوانات است که انجام حرکات نمایشی را به آنها یاد داده است.

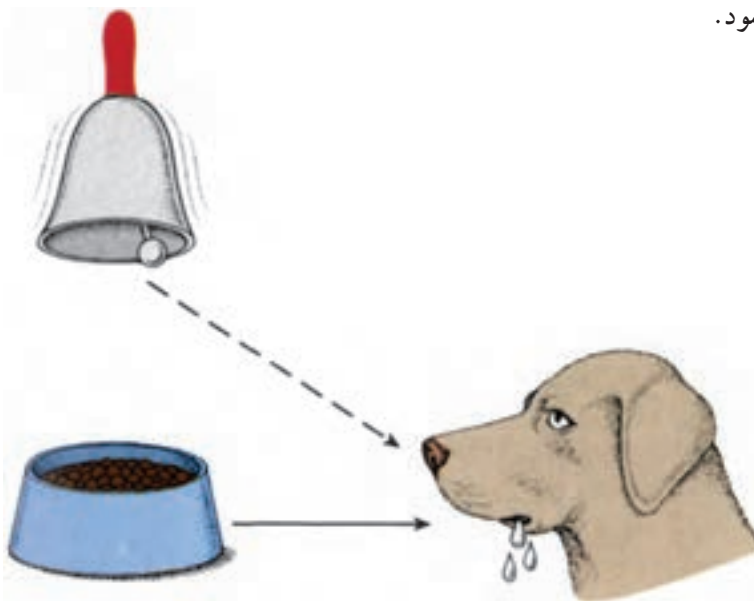
**عادی شدن:** ساده‌ترین نوع یادگیری و تغییر شکل رفتار عادی شدن است. در این یادگیری ساده جانور یاد می‌گیرد که از محرک‌های دائمی که هیچ سود و زیانی برای او ندارند، صرف‌نظر کند و به آنها پاسخی ندهد. مثلاً پرنده برای بار اول از زمین کشاورزی که در آن یک مترسک گذاشته‌اند، دوری می‌کند؛ اما اگر جای مترسک تغییر نکند، وجود مترسک برای او عادی و بنابراین بدون ترس وارد آن زمین کشاورزی می‌شود. این نوع یادگیری حتی در مورد رفتارهای بسیار ساده، مانند انعکاس هم وجود دارد. مثلاً شقایق دریایی و یا عروس دریایی با کوچک‌ترین تحریک مکانیکی، شاخک‌های حسی خود را منقبض می‌کنند، در حالی که نسبت به حرکت مداوم آب واکنشی از خود بروز نمی‌دهند. شرطی شدن کلاسیک، آزمون و خطا (شرطی شدن فعال) و حل مسئله، انواع دیگر یادگیری هستند.

**شرطی شدن کلاسیک:** یکی از معروف‌ترین پژوهش‌ها در زمینه یادگیری، آزمایشی است که ایوان پاولوف<sup>۱</sup> فیزیولوژیست روسی، درباره ترشح بزاق سگ انجام داد. هنگامی که پاولوف پودر گوشت (محرک) را به سگ گرسنه می‌داد، بزاق سگ (پاسخ) ترشح می‌شد. ترشح بزاق در واقع نوعی پاسخ غریزی به غذاست. پاولوف پس از گذشت مدتی از انجام این کار متوجه شد که حتی اگر غذایی به همراه نداشته باشد، با دیدن او بزاق سگ ترشح می‌شود. پاولوف بر این اساس آزمایشی را طراحی کرد. او هم‌زمان با دادن پودر گوشت، زنگی را به صدا درمی‌آورد. صدای زنگ محرکی بود که ارتباطی

<sup>۱</sup> - Ivan Pavlov

با غذا نداشت و به تنهایی برای سگ بی مفهوم بود؛ اما به دنبال تکرار این کار، سگ بین صدای زنگ و غذا ارتباط برقرار کرد؛ به طوری که با صدای زنگ، حتی بدون وجود غذا بزاق او ترشح می شد. در واقع سگ نسبت به محرکی که تا قبل از آن برایش بی معنی بود، پاسخ می داد و به عبارتی نسبت به همراه بودن صدای زنگ و پودر گوشت شرطی شده بود (شکل ۴-۷). به این نوع یادگیری شرطی شدن کلاسیک می گویند.

در این نوع یادگیری هرگاه یک محرک بی اثر (مثلاً صدای زنگ) به همراه یک محرک طبیعی (مثلاً غذا) به جانور عرضه شود، پس از مدتی محرک بی اثر به تنهایی سبب بروز پاسخ (مثلاً بزاق) در جانور می شود. به این محرک جدید، محرک شرطی می گویند؛ زیرا به شرطی می تواند سبب بروز رفتار شود که قبل از آن همراه با یک محرک طبیعی باشد. به محرک طبیعی محرک غیرشرطی نیز گفته می شود.



شکل ۴-۷- در این مثال، غذا محرک غیرشرطی و ترشح بزاق پاسخی غیرشرطی است که با دیدن غذا ایجاد می شود. زنگ محرک شرطی است که به دلیل همراه بودن با غذا موجب ترشح بزاق می شود. با تکرار این عمل، صدای زنگ به تنهایی موجب ترشح بزاق می شود.

آزمون و خطا (شرطی شدن فعال): اسکینر برای بررسی نقش آزمون و خطا در یادگیری، آزمایش هایی را طراحی و اجرا کرد. او برای انجام مطالعات خود جعبه ای را طراحی کرد (جعبه

اسکینر). در این جعبه اهرمی وجود داشت که با فشار دادن آن، مقداری غذا به درون جعبه می‌افتاد. اسکینر موشی را درون جعبه قرار داد. موش، درون جعبه به جستجو و کاوش می‌پرداخت و هر از گاهی به‌طور تصادفی اهرم درون جعبه را فشار می‌داد که با وارد آمدن فشار به اهرم، مقداری غذا به درون جعبه می‌افتاد. موش در ابتدا بدون توجه به اهرم به حرکت خود درون جعبه ادامه می‌داد؛ اما سرانجام یاد گرفت که اگر اهرم را فشار دهد، غذا به‌دست می‌آورد. به این نوع یادگیری آزمون و خطا یا شرطی شدن فعال گفته می‌شود. در این نوع یادگیری جانور یاد می‌گیرد که انجام یک عمل یا رفتار خاص، منجر به پاداش یا تنبیه خواهد شد. اگر انجام آن رفتار به دریافت پاداش منتهی شود، احتمال تکرار آن افزایش می‌یابد؛ ولی اگر با انجام آن، جانور با تنبیه روبه‌رو شود، احتمال بروز دوباره آن رفتار کاهش می‌یابد. با آزمون و خطا می‌توان به جانور یاد داد که در موقعیتی خاص، رفتار مشخصی انجام دهد و یا این‌که آن را انجام ندهد (شکل ۷-۵).



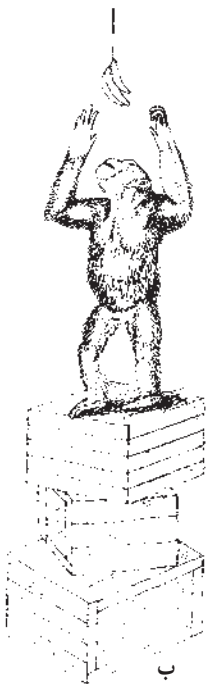
شکل ۷-۵- جعبه اسکینر. موش با آزمون و خطا یاد می‌گیرد برای به‌دست آوردن غذا اهرم را فشار دهد.

### تفسیر کنید

دانش‌آموزی بیان می‌کند اردک‌هایی که در پارک‌ها زندگی می‌کنند و افرادی که به آنها غذا می‌دهند، نسبت به رفتار یک‌دیگر شرطی شده‌اند. آیا این نتیجه‌گیری درست است؟

**حل مسئله:** نوع پیچیده‌تری از یادگیری، رفتار حل مسئله است. این رفتار معمولاً در نخستی‌ها دیده می‌شود. در رفتار حل مسئله، جانور در موقعیتی جدید - که قبلاً با آن روبه‌رو نشده است - بدون استفاده از آزمون و خطا، رفتار مناسبی از خود بروز می‌دهد.

سگی را که در شکل ۶-۷ الف می‌بینید نمی‌تواند مسئله‌ای را که با آن روبه‌رو شده است، حل کند، دربارهٔ موقعیتی که در آن قرار دارد فکر کند و رفتار مناسبی از خود بروز دهد. این توانایی بیشتر در انسان و بعضی از نخستی‌ها وجود دارد. در آزمایشی شمپانزه‌ای را در اتاقی با تعدادی جعبه قرار دادند. در این اتاق تعدادی موز از سقف آویزان بود. شمپانزه با وجود آن که قبلاً چنین موقعیتی را تجربه نکرده بود، جعبه‌ها را روی هم قرار داد تا با استفاده از آنها به موزها دست یابد. این رفتار شمپانزه نوعی حل مسئله است. جانور در رفتار حل مسئله، بین تجارب گذشته ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آنها برای حل مسئله جدید، استدلال می‌کند (شکل ۶-۷ ب).



ب



الف

شکل ۶-۷ رفتار حل مسئله

الف) سگ نمی‌تواند مسئله‌ای را که با آن روبه‌رو شده است، حل کند.  
ب) شمپانزهٔ گرسنه مشکل دست‌یابی به غذا را با روی هم گذاشتن تعدادی جعبه و بالا رفتن از آنها حل می‌کند.



## نقش‌پذیری شکل خاصی از یادگیری است.

نقش‌پذیری شکل خاصی از یادگیری است که در دورهٔ مشخصی از زندگی یک جانور رخ می‌دهد و ارتباط تنگاتنگی با رفتار غریزی دارد. جوجه اردک‌ها و غازها بعد از بیرون آمدن از تخم به دنبال اولین شیء متحرکی که ببینند راه می‌افتند. این شیء متحرک به‌طور معمول مادر آنهاست؛ اما جوجه‌ها ممکن است، تا دو سه روز بعد از تولد که دورهٔ حساس نقش‌پذیری نامیده می‌شود، از هر شیء متحرکی مثل انسان یا یک توپ نقش‌پذیرند و آن را مادر خود تلقی کنند. از این نظر این دوره حساس نامیده می‌شود که نقش‌پذیری فقط در این زمان بروز می‌کند. این رفتار در حفظ بقا ارزش زیادی دارد و موجب می‌شود که جوجه‌ها در کنار مادرشان بمانند، همراه او به سمت آب بروند و به جستجوی غذا بپردازند. هم‌چنین همراه بودن با مادر، آنها را از خطر حفظ می‌کند.

کنراد لورنز<sup>۱</sup> دربارهٔ این رفتار در غازها تحقیق کرد. او تعدادی تخم را در شرایط مصنوعی قرار داد. جوجه‌هایی که از این تخم‌ها خارج شده و مادر خود را ندیده بودند، مثل این که لورنز مادر آنها باشد، به دنبال او راه افتادند. این غازها بعداً نیز بیشتر به بودن با لورنز تمایل داشتند تا با هم‌جنسان خود (شکل ۷-۷). پاسخ به محرک بخش غریزی این فرآیند است که در این پرندگان وجود دارد. پرنده محرک‌هایی را که سبب بروز این رفتار می‌شوند در محیط شناسایی و با آن ارتباط برقرار می‌کند.



ب



الف

شکل ۷-۷- نقش‌پذیری در جوجه‌های غاز

الف) جوجه‌ها در حالت طبیعی فقط در کنار مادر خود هستند و او را دنبال می‌کنند.

ب) این جوجه‌ها چون در هنگام خروج از تخم لورنز را دیده‌اند، به دنبال او می‌روند.

باید توجه داشت که فرآیند نقش‌پذیری پیچیده‌تر از آن است که گفته شد. مثلاً در یکی از مشاهدات که دربارهٔ نقش‌پذیری انجام شد، دیده شد، در صورتی که همراه با شیء متحرک صدا نیز باشد، تأثیر آن قوی‌تر است.

<sup>۱</sup> Konrad Lorenz

## فعالیت



نقش‌پذیری فقط مربوط به تشخیص مادر نمی‌شود. مثلاً ماهی آزاد جوان از بوی رودخانه‌ای که در آن از تخم بیرون آمده است، نقش می‌پذیرد. موارد دیگری از نقش‌پذیری را در طبیعت پیدا کنید و گزارشی را که تهیه کرده‌اید، در کلاس ارائه دهید. این فعالیت را گروهی انجام دهید.

## رفتار جانوران محصول برهم‌کنش اطلاعات ژنی و یادگیری است.

آیا می‌توان رفتارها را در دو گروه مشخص‌گریزی (ژنی) و یادگیری قرار داد؟ باید گفت که در بیشتر موارد هر دو عامل وراثت و محیط در شکل‌گیری رفتارهای جانوران نقش دارند و شکل نهایی رفتار محصول برهم‌کنش این دو عامل است. معمولاً هر رفتار یک بخش ژنی و یک بخش یادگیری دارد؛ البته سهم هر کدام از این دو در شکل‌گیری رفتارهای مختلف، فرق می‌کند. تشخیص این که در یک رفتار کدام بخش‌گریزی و کدام بخش حاصل یادگیری است، دشوار است.

## تفسیر کنید

«رفتار یک کودک بسیار شبیه والدینش است. بنابراین می‌توان گفت بیشتر رفتارهای انسان اساس ژنی دارد». دربارهٔ ایراد منطقی این استدلال بحث گفت و گو کنید.

## خودآزمایی



- ۱- دربارهٔ رفتار کوکو تعدادی پرسش‌چرایی و چگونه‌ای بنویسید.
- ۲- الگوی عمل ثابت را تعریف کنید و یک مثال برای آن بنویسید.
- ۳- شرطی شدن کلاسیک چه تفاوتی با شرطی شدن فعال دارد؟
- ۴- آیا می‌توان رفتارهای جانوران را به‌طور مشخص در دو گروه‌گریزی و یادگیری قرار داد؟ توضیح دهید.

## ۲ تکامل رفتار

### انتخاب طبیعی به رفتار شکل می‌دهد.

به یاد دارید که انتخاب طبیعی فرآیندی است که طی آن جمعیت‌ها در پاسخ به محیط تغییر می‌کنند. انتخاب طبیعی صفاتی را برمی‌گزیند که احتمال بقا و تولیدمثل فرد را افزایش می‌دهند؛ به عبارتی با گذشت زمان افراد بیشتری از جمعیت این صفات را خواهند داشت. شکل‌های مختلف رفتار جانوران نیز مانند سایر صفات متنوع‌اند. بنابراین انتخاب طبیعی دربارهٔ بروز رفتارهای مختلف نیز همانند سایر صفات نقش دارد.

فهم و درک انتخاب طبیعی در پاسخ به پرسش‌های چرایی کمک می‌کند. رفتار شیرهای شرق افریقا مثال خوبی در این باره است. این شیرها در گروه‌های کوچکی که اصطلاحاً گله گفته می‌شوند، زندگی می‌کنند. هر گله از چند مادهٔ بالغ و بچه‌شیر و یک یا چند تایی نر بالغ تشکیل می‌شود. نرهای بالغ پدر همهٔ بچه‌شیرها هستند و از گله در برابر سایر شیرهای نر محافظت می‌کنند. اما نرها معمولاً فقط به مدت دو سال رهبری گله را برعهده دارند و بعد از این مدت نرهای جوان‌تر آنها را کنار می‌زنند و خود رهبر گله می‌شوند. در این زمان، غالباً، نرهای جوان بچه‌شیرهای کوچک گله را می‌کشند (شکل ۷-۸ الف)، گرچه این‌ها معمولاً آسیبی به بچه‌های خود نمی‌رسانند و با ملایمت با آنها برخورد می‌کنند (شکل ۷-۸ ب).



ب



الف

شکل ۷-۸ رفتار شیرهای جوان.

الف) شیرهای نر جوان بعد از آن‌که رهبر گله شدند، بچه‌شیرهای گله را می‌کشند.

ب) همین شیرها با فرزندان خود با ملایمت رفتار می‌کنند.

برای درک این رفتار باید فهمید که نرهای جوان چه سودی از این رفتار می‌برند. گفته شد که هر نر فقط دو سال برای رهبری گله فرصت دارد، بنابراین فرصت آنها برای تولیدمثل کوتاه و محدود

است. این در حالی است که شیرهای مادهٔ بچه‌دار، تا بزرگ شدن بچه‌هایشان زاد و ولد نمی‌کنند که این زمان ممکن است بیش از دو سال باشد. حال اگر بچهٔ یک شیر ماده بمیرد، آن شیر تقریباً بلافاصله جفت‌گیری می‌کند.

چرا نرهای جدید بچه شیرها را می‌کشند؟ یک فرضیه این است که نرهای جوان با این کار می‌توانند بچه‌های بیشتری داشته باشند.

همان‌طور که در مثال شیرهای افریقای دیدیم انتخاب طبیعی صفاتی را برمی‌گزیند که در بقا و تولیدمثل افراد و نه گونه، دخالت دارند. کشتن بچه‌شیرها به معنی افزایش مرگ و میر در میان بچه‌شیرهاست که احتمال بقای گونه را پایین می‌آورد؛ اما رفتار شیر نر جوان به نحوی است که به نفع خودش باشد و نه به نفع گونه.

### بعضی جانوران رفتارهای مشارکتی نشان می‌دهند.

بعضی از رفتارهای جانوران را نمی‌توان براساس فرضیهٔ «انتخاب فرد» تفسیر کرد. زنبورهای کارگر برای دفاع از کندو، مهاجمان را نیش می‌زنند. با این کار نیش در بدن مهاجم باقی می‌ماند و همراه با آن محتویات شکم زنبور نیز بیرون می‌آید و می‌میرد.

مثال دیگر، رفتار زنبورهای عسل ماده است. این زنبورها خود تولیدمثل نمی‌کنند. آنها انرژی خود را صرف نگهداری و تغذیهٔ زاده‌های ملکه (که مادر خود آنها هم است) می‌کنند. در نوعی عنکبوت به نام بیوهٔ سیاه، عنکبوت نر پس از جفت‌گیری وارد دهان عنکبوت ماده می‌شود و عنکبوت ماده آن را می‌خورد. علت وجود چنین رفتارهای فداکارانه (برخلاف شیرهای افریقای) چیست؟ برای این که صفتی به نسل بعد انتقال یابد، ژن مربوط به آن باید منتقل شود. بسیاری از ژن‌های افراد خویشاوند مشترک است. هر فرد نیمی از ژن‌های خود را از مادر و نیم دیگر را از پدر دریافت می‌کند و بنابراین با هریک از والدین در ۵۰ درصد از ژن‌های خود مشترک است. هم‌چنین فرزندان نیز تعدادی از ژن‌ها را کاملاً یکسان دریافت می‌کنند. بر این اساس در رفتارهای فداکارانه (زنبورهای عسل) به جای این که ژن‌های خود فرد مستقیماً به نسل بعد منتقل شود، جانور به افراد خویشاوند خود کمک می‌کند تا زاده‌های بیشتری به وجود آورند و از این طریق ژن‌های مشترک آنها بیشتر به نسل بعد منتقل می‌شود. در مثال عنکبوت بیوهٔ سیاه، عنکبوت ماده با تغذیه از عنکبوت نر، انرژی لازم برای پرورش تخم‌ها را به دست می‌آورد و این درحالی است که ژن‌های عنکبوت نر نیز به نسل بعد منتقل شده است.

درواقع هر رفتار جانور که به نظر می‌رسد انجام آن به نفع دیگر افراد است، به‌طور مستقیم یا

غیرمستقیم بقای ژن‌های خود فرد را تضمین می‌کند.

بیشتر بدانید



رفتار جانوران نیز مانند سایر صفات طی فرآیند تغییر گونه تغییر کرده‌اند؛ اما رفتارها مانند صفات ظاهری (مثل شکل مجسمه) فسیلی از خود به‌جای نگذاشته‌اند. بنابراین تنها راه پی‌بردن به تغییر رفتارهای جانوری در طی تغییر گونه‌ها، بررسی یک رفتار خاص در گونه‌های نزدیک به هم با جدّ مشترک است. در گونه‌های پشه، پشه نر قبل از جفت‌گیری، یک گلوله ابریشمی به ماده می‌دهد. این رفتار چه اهمیتی دارد؟ در برخی گونه‌های نزدیک به این گونه گاهی مواقع، حشره ماده هنگام جفت‌گیری به حشره نر حمله می‌کند و آن را می‌خورد. در بعضی گونه‌های جدیدتر، پشه نر حشره‌ای را شکار می‌کند و برای حشره ماده می‌آورد تا هنگامی که او مشغول خوردن حشره است، با او جفت‌گیری کند. در بعضی گونه‌های دیگر حشره نر، شکار خود را درون بیله‌ای ابریشمی می‌پیچد، به این ترتیب حشره ماده وقت بیشتری را برای خوردن غذا خواهد کرد و در نتیجه حشره نر فرصت بیشتری خواهد داشت. در جدیدترین گونه‌های این حشرات، حشره نر فقط بخش کوچکی از حشره را با ابریشم بسته‌بندی می‌کند و گاهی فقط یک گلوله ابریشمی خالی را به حشره ماده می‌دهد. در این حالت حشره نر بدون صرف هزینه بیشتری با حشره ماده جفت‌گیری می‌کند و در ضمن از خورده شدن نیز در امان می‌ماند.

خودآزمایی



- ۱- نقش انتخاب طبیعی در بروز رفتار چیست؟
- ۲- رفتار شیر جوان را براساس فرضیه انتخاب فرد توضیح دهید.

## ۳ رفتارهای جانوری

### جانوران رفتارهای متنوعی از خود نشان می‌دهند.

سریع‌ترین راه برقراری ارتباط بین جانور و محیط پیرامونش رفتارهایی است که جانور از خود نشان می‌دهد. محیطی که جانور در آن زندگی می‌کند، بسیار پیچیده و متشکل از عوامل مختلفی است؛ به همین دلیل بیشتر جانوران رفتارهای متفاوتی را متناسب با موقعیت‌های خاص از خود نشان می‌دهند. مثلاً سنجاب وقتی فندق را پیدا می‌کند برای زیر خاک کردن آن زمین را می‌کند؛ اما وقتی یک مار را می‌بیند، رفتار متفاوتی از خود بروز می‌دهد. در این هنگام برای یافتن یک پناهگاه می‌دود. در چنین موقعیتی کندن زمین به فرار او از مار کمک نمی‌کند.

افراد نوعی گاو وحشی که در قطب زندگی می‌کنند، رفتار دفاعی خاصی از خود نشان می‌دهند. این گاوها با دیدن شکارچی‌ها – که معمولاً گرگ هستند – حلقه‌ای دفاعی به دور جوان‌ترها تشکیل می‌دهند. این رفتار مشارکتی و گروهی مانع از حمله موفقیت‌آمیز شکارچی‌ها می‌شود (شکل ۹-۷).



شکل ۹-۷. حلقه دفاعی. این گاوها پس از احساس خطر، برای حمایت از بچه‌های خود حلقه دفاعی تشکیل داده‌اند.

اگرچه رفتارهای جانوری به شکل‌های متفاوتی بروز می‌کنند، اما همه آنها در جهت کاهش هزینه‌های مصرفی و افزایش سود خالص، انتخاب شده‌اند. جانوری که اقتصادی‌تر و بهینه‌تر عمل کند، نسبت به جانوری که انرژی خود را هدر می‌دهد، در حفظ بقای خود موفقیت بیشتری دارد.

رفتارشناسان رفتارهای متنوع جانوران را بر اساس نقشی که در زندگی جانور دارند و هدفی که دنبال می‌کنند به چند دسته تقسیم می‌کنند. مثال‌هایی از این رفتارها را در شکل ۷-۱۰ مشاهده می‌کنید.

دفاع	جفت‌گیری	مراقبت از فرزندان
<p>حفاظت در برابر شکارچی‌ها</p>  <p>این مار هنگام خطر، به پشت می‌افتد و حالت یک مار مرده را به خود می‌گیرد.</p>	<p>جلب جفت</p>  <p>در فصل جفت‌گیری در پشت ماهی‌خاردار رنگ درخشانی ظاهر می‌شود. این ماهی برای جلب جفت لانه بزرگی می‌سازد.</p>	<p>اطمینان از بقای فرزندان</p>  <p>این سینه سرخ به جوجه‌های خود حشره می‌خورد.</p>
تعیین قلمرو	مهاجرت	تغذیه
<p>حفاظت از منابع و جلوگیری از استفاده دیگران از این منابع</p>  <p>این جیتای جوان با چنگ انداختن روی تنه درختان و برجای گذاشتن بوی خود، مرزهای قلمرو خود را تعیین می‌کند.</p>	<p>تغییر فصل حرکت به سمت یک محیط مساعدتر هنگام</p>  <p>پروانه‌های مونارک هزاران کیلومتر را از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر مهاجرت می‌کنند.</p>	<p>ذخیره، جمع‌آوری و مصرف غذا</p>  <p>راکون در رودخانه‌ها و آبگیرها به جست‌وجوی ماهی، قورباغه و خرگنگ می‌پردازد.</p>

شکل ۷-۱۰

همهٔ این رفتارها به هدف موفقیت در حفظ بقا و تولیدمثل انجام می‌گیرند. در این‌جا به بررسی بعضی از این رفتارها می‌پردازیم.

رفتار غذاییابی: جانوران را بر اساس انواع غذایی که مصرف می‌کنند، در دو گروه عمده جای

می‌دهند.

گروهی از جانوران منحصراً از یک نوع غذا استفاده می‌کنند. بعضی از گونه‌های مورچه فقط تخم

عنکبوت می‌خورند، بعضی از حشره‌ها برگ گیاهان را می‌خورند. در عوض گروهی دیگر که همه‌چیز خوار نامیده می‌شوند به یک نوع غذا بسنده نمی‌کنند. این جانوران در واقع نمی‌توانند نیازهای غذایی خود را از یک منبع غذایی تأمین کنند. گروهی که منحصراً از یک نوع غذا استفاده می‌کنند، هنگامی که یک نوع منبع غذایی فراوان‌تر است، موفق‌ترند؛ اما هنگامی که هیچ‌یک از منابع غذایی فراوان‌تر نباشد، همه‌چیز خوارها غذای بیشتری برای خوردن پیدا می‌کنند؛ زیرا این امتیاز را دارند که می‌توانند از منابع غذایی بیشتری استفاده کنند.

برای جانوران شکارچی اندازه غذا مهم است. طعمه‌های بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارند؛ اما شکار این طعمه‌ها سخت‌تر است و معمولاً کمتر یافت می‌شوند. بنابراین غذایابی بستگی به موازنه بین محتوای انرژی غذا و سهل‌الوصول بودن آن دارد. جانوران تمایل دارند که بیشترین انرژی را به‌ازای کمترین زمان، به‌دست آورند. این رویکرد، غذایابی بهینه نامیده می‌شود. اگرچه انتخاب طبیعی در جهت شکل‌گیری این نوع غذایابی بوده است اما به هر حال باید توجه داشت که بعضی مواقع جانوران غذاهایی را می‌خورند که انرژی کمتری دارند؛ زیرا آنها مواد غذایی مهمی دارند. از طرفی محل منبع غذایی نیز مهم است. جانوران برای یافتن غذا به محلهایی می‌روند که احتمال خطر روبه‌رو شدن با شکارچی کمتر باشد (حفظ بقا).

### بیشتر بدانید



مهاجرت‌وال‌ها، پرندگان، پروانه‌ها، خفاش‌ها و دیگر جانوران، مثال‌های جالبی از رفتار جانوران هستند. بعضی از جانوران هر سال هزاران کیلومتر فاصله را بین دو مکان مشخص طی می‌کنند. زیست‌شناسان برای دنبال کردن جانوران در مسیرهای مهاجرت از ماهواره‌ها استفاده می‌کنند. یک فرستنده کوچک که دارای مدار الکترونیکی، یک باتری و یک آنتن است به جانور وصل می‌شود. ماهواره‌ها علائم رادیویی فرستنده را می‌گیرند، تقویت می‌کنند و به یک پایگاه اطلاعاتی روی زمین می‌فرستند. کامپیوتری که در این پایگاه اطلاعاتی وجود دارد با تجزیه و تحلیل این اطلاعات، موقعیت جانور را تعیین می‌کند. زیست‌شناسان و از جمله رفتارشناسان اطلاعات مربوط به جانوران مورد علاقه خود و مسیر مهاجرت آنها را از این پایگاه و از طریق اینترنت جمع‌آوری می‌کنند.

### خودآزمایی



- ۱- رفتارهای جانوری متفاوت برای چه هدفی انجام می‌شوند؟
- ۲- غذایابی بهینه را تعریف کنید.



## ۴ ارتباط جانوران با هم دیگر

### جانوران با راه‌های متفاوتی با هم ارتباط برقرار می‌کنند.

معمولاً هر جانور، نه تنها با افراد هم‌گونه خود ارتباط دارد، بلکه به دلایل مختلف و در موقعیت‌های متفاوت با جانوران گونه‌های دیگر نیز ارتباط برقرار می‌کند. جانوران در این ارتباط‌ها از علایم متفاوتی مانند صدا، رنگ، بو، حرکت و حالت چهره و بدن استفاده می‌کنند. گرچه این علایم متفاوت هستند، اما همه آنها در دو ویژگی مشترکند: باید به گیرنده خود برسند و پاسخ لازم را ایجاد کنند. به عبارتی یک علامت باید بتواند از فرستنده به گیرنده منتقل شود و برای گیرنده قابل تشخیص باشد، در غیر این صورت، تأثیری روی رفتار جانور مقابل نخواهد داشت. به همین دلیل نظام خلقت با مکانیسم انتخاب طبیعی متناسب با هر گونه و موقعیت‌هایی که جانور در آن قرار می‌گیرد، این علایم را انتخاب کرده است. مثلاً برای قورباغه نر، صدای بلند در فصل تولیدمثلی بهترین راه برقراری ارتباط است؛ زیرا این صدا در شب به دورترین قورباغه‌های ماده نیز می‌رسد. بدیهی است که در این مثال علایم بینایی مانند رنگ، حرکت و یا حالت بدن برای جلب توجه جفت کارآمد و مناسب نیستند.

ارتباط با کمک مواد شیمیایی یکی از ابتدایی‌ترین راه‌هاست. در بعضی از جانوران، مواد شیمیایی به نام فرومون ترشح می‌شود که بر رفتار سایر افراد گونه، اثر می‌گذارد. در پروانه‌های شب‌پرواز، فرومون‌های جنسی سبب جلب جنس مخالف از فاصله‌های بسیار دور می‌شوند؛ اما نقش فرومون‌ها در جانوران پیشرفته‌تر مثل نخستی‌ها کم‌رنگ شده است. نخستی‌ها بیشتر از طریق علایم صوتی با

هم‌دیگر ارتباط برقرار می‌کنند. بسیاری از نخستی‌ها علایم صوتی ویژه‌ای برای آگاه کردن افراد دیگر از وجود شکارچی‌هایی مانند: عقاب، مار و پلنگ دارند (شکل ۷-۱۱). شمشپازها و گوریل‌ها می‌توانند تعدادی نماد



شکل ۷-۱۱- ارتباط بین نخستی‌ها. این میمون با جیغ کشیدن، علایمی را به دیگر میمون‌ها می‌فرستد.

صوتی را برای تبادل مفاهیم ساده و کوتاه یاد بگیرند و از آنها استفاده کنند؛ اما نمی‌توانند این نمادها را در ایجاد یک جمله جدید و با معنای متفاوت به کار برند.

بیشتر بدانید



## آیا ماهی‌ها صدا دارند؟

محققان دریافته‌اند که ماهی‌ها نیز صدا دارند گرچه ما نمی‌توانیم آنها را بشنویم. نوعی ماهی هنگام دیدن شکارچی، با تولید صدا، دیگران را آگاه می‌کند.

## انتخاب جفت به همراه رفتارهای زیادی است.

جانوران در فصل تولیدمثل برای ارتباط با جفت، علائم خاصی از خود بروز می‌دهند. معمولاً علائم جفت‌یابی هرگونه، خاص همان گونه است؛ بنابراین افراد یک گونه با افرادی از گونه‌های دیگر جفت‌گیری نخواهند کرد. مثلاً هر یک از گونه‌های کرم شب‌تاب، الگوی تابش خاص خود را دارند و کرم شب‌تاب ماده، نرهای گونه خود را براساس تعداد تابش‌های آنها شناسایی می‌کند و به نری که الگوی تابشی متفاوتی دارد، توجهی نمی‌کند. بسیاری از حشرات، دوزیستان و پرندگان صداها و یا آوازهای ویژه‌ای برای جلب جفت تولید می‌کنند.

جانوران راهبردهای تولیدمثلی متفاوتی در فصل تولیدمثل دارند. مهم‌ترین عامل در تعیین این راهبردها هزینه‌ای است که والدین برای تولیدمثل و نگهداری از فرزندان باید بپردازند. مثلاً تولیدمثل در پرندگان پرهزینه است. آنها باید آشیانه بسازند، و روی تخم‌های خود بخوابند و جوجه‌ها را بعد از بیرون آمدن از تخم مرتب غذا بدهند. معمولاً یک پرندۀ نمی‌تواند به‌تنهایی تمام این کارها را انجام دهد، به همین دلیل همکاری دو والد برای نگهداری و مراقبت از جوجه‌ها لازم است. بر این اساس بیشتر پرندگان نر سیستم تک‌همسری دارند. در پستانداران بیشتر هزینه‌های لازم برای پرورش نوزادان برعهده والد ماده است. پرورش جنین و تغذیه او پس از تولد را والد ماده انجام می‌دهد و والد نر نقش کمتری دارد. به همین دلیل در پستانداران نرها سیستم چندهمسری دارند.

**انتخاب جفت:** همان‌طور که دیدیم والد ماده، انرژی بیشتری برای تولیدمثل صرف می‌کند و محدودیت بیشتری در تولیدمثل دارد؛ بنابراین منطقی است که جانور ماده در انتخاب جفت دقت داشته باشد و بهترین جفت ممکن را برای خود انتخاب کند تا انرژی را که صرف می‌کند، به هدر نرود. بنابراین

معمولاً این افراد ماده هستند که جفت خود را انتخاب می‌کنند و با هر نری جفت‌گیری نمی‌کنند. به بیانی دیگر ماده‌ها ابتدا نرها را ارزیابی می‌کنند. این رفتار که انتخاب جفت گفته می‌شود در بسیاری از بی‌مهرگان و مهره‌داران مشاهده شده است. مثلاً قورباغه ماده در میان نرهای که می‌خوانند، گردش می‌کند. او وقتی در کنار یک نر می‌نشیند چند دقیقه‌ای به صدایش گوش می‌دهد، سپس به سمت قورباغه دیگر می‌رود و به صدایش گوش می‌دهد. قورباغه ماده ممکن است قبل از انتخاب جفت چند بار این کار را تکرار کند و در نهایت جفت خود را انتخاب می‌کند.

**ماده‌ها بر اساس چه خصوصیتی جفت خود را انتخاب می‌کنند؟** داروین بیش از یک قرن قبل در تلاش به پاسخگویی به این سؤال موفق به کشف مهمی در مورد تغییر گونه‌ها شد. داروین متوجه شد که نرها اغلب خصوصیات چشمگیری دارند که نقش مهمی در رفتار جفت‌گیری دارند. مثلاً پرنده نر مرغ جولا در فصل تولیدمثلی دارای دم بلندی می‌شود که اندازه آن حدود ۵ برابر دم ماده‌هاست (شکل ۱۲-۷).



شکل ۱۲-۷- مرغ جولا. دم پرنده نر در فصل جفت‌گیری گاهی تا بیش از ۳ برابر طول بدن او می‌شود. در مواقع دیگر از سال اندازه دم نر همانند اندازه دم ماده است.

چرا چنین تفاوت‌هایی بین نرها و ماده‌ها ایجاد شده است؟ دم بلند پرنده نر برای بقای جانور الزامی نیست. استدلال داروین این بود که خصوصیات چشم‌گیر نرها به این دلیل پدید آمده‌اند که به نرها در جلب توجه ماده‌ها و به‌دست آوردن جفت کمک می‌کند و به این دلیل که این صفات احتمال تولیدمثل را افزایش می‌دهند، در طی تغییر گونه‌ها انتخاب شده‌اند؛ اگرچه در بعضی مواقع وجود این صفات، احتمال

بقای جانور را کاهش می‌دهند و برای جانور پرهزینه‌اند. از طرفی چون این صفات احتمال جفت‌گیری را افزایش می‌دهند موجب می‌شوند که جانور نتواند ژن‌های خود را به نسل بعد هم منتقل کند و از این راه هزینه‌ای که صرف شده است، جبران می‌شود و اثر منفی این صفات به دلیل افزایش احتمال تولیدمثل جبران می‌شود. این فرآیند که بر اثر آن یک صفت به‌خاطر افزایش احتمال تولیدمثل انتخاب می‌شود، انتخاب جنسی نامیده می‌شود.

ماده‌ها معمولاً جفت خود را براساس خصوصیات فیزیکی انتخاب می‌کنند. به همین دلیل آنها نرهایی را ترجیح می‌دهند که دارای صفات چشمگیر هستند. همان‌طور که گفته شد، صفات چشمگیر، صفات هزینه‌بری هستند، بنابراین نری که دارای چنین صفاتی است، ژن‌های مفید دیگری نیز دارد که توانایی پرداخت این هزینه‌های اضافی را به او می‌دهد.

نرها برای جفت‌گیری با ماده‌ها با هم رقابت می‌کنند. وجود صفات چشمگیر مثل شاخ در قوچ، انشعابات شاخ در گوزن و یال شیر نه‌تنها در جلب نظر ماده‌ها مؤثراند، بلکه در کاهش رقابت بین نرها نیز نقش دارند (شکل ۱۳-۷). نرهایی که صفات فیزیکی برتری ندارند، کمتر خود را درگیر نزاع‌های جدی می‌کنند. به همین دلیل صفات چشمگیر در واقع موجب کاهش نزاع بین نرها می‌شوند.



شکل ۱۳-۷. این قوچ‌ها برای اثبات برتری خود با هم می‌جنگند.

## فعالیت



۱- محقق انتخاب جنسی را در مرغ‌های جولا مطالعه کرد. این محقق چند پرندۀ نر را می‌گیرد و قسمتی از دم آنها را قیچی می‌کند و بعد آنها را رها می‌کند. اطلاعات جمع‌آوری شده، نشان داد که

تعداد نرهای با دُم کوتاه که با ماده‌ها جفت‌گیری کردند نصف نرهایی است که دم بلند دارند. این محقق نتیجه گرفت که پرند‌های جولای ماده، نرهایی را ترجیح می‌دهند که دم درازتری دارند. چه تفسیر دیگری می‌شود برای این مشاهده ارائه داد؟ این محقق با چه آزمایش‌هایی می‌تواند درستی هر یک از این تفسیرها را بررسی کند؟

۲- با رسم یک نقشه مفهومی رفتار جانوری را شرح دهید. در رسم نقشه از این کلمه‌ها استفاده کنید:

رفتار، محرک، رفتار ذاتی، الگوی عمل ثابت، یادگیری، شرطی شدن، حل مسئله، نقش‌پذیری، انتخاب جنسی.

## خودآزمایی

۱- علایم چه نقشی در ارتباط جانوران دارند؟

۲- وجود سیستم تک‌همسری و یا چندهمسری در جانوران به چه عواملی بستگی دارد؟ توضیح دهید.

۳- چرا ماده‌ها در فصل جفت‌گیری به خصوصیات چشمگیر توجه دارند؟

۴- مکانیسم انتخاب طبیعی را به‌طور خلاصه بیان کنید و بگویید چرا رفتارهای تولیدمثلی و حفظ بقا دقیقاً به اندازه خصوصیات فیزیکی ظاهری، اهمیت دارند؟

۵- مکانیسم انتخاب جنسی چگونه موجب بروز صفات‌های چشمگیر در نرهای بعضی گونه‌ها شده است؟

۶- در بسیاری از گونه‌های پرندگان، نرها رنگ‌های درخشان‌تر و پرهای زینتی بیشتری از پرند‌های ماده دارند. اهمیت این موضوع را با توجه به انتخاب جنسی و تغییر گونه‌ها توضیح دهید.

۷- عملکرد هر یک از شش رفتار جانوری را شرح دهید.

۸- هر یک از دو مفهوم زیر چه تفاوتی با هم دارند؟

الف) پرسش چرایی و چگونه‌ای.

ب) رفتار غریزی، رفتار حاصل از یادگیری.

ج) شرطی شدن کلاسیک، شرطی شدن فعال

۹- هر یک از مثال‌های زیر نشان‌دهنده چه نوع رفتاری هستند؟

الف) ساختن تار عنکبوت

ب) آشیانه‌سازی

۱۰- توانایی تجزیه و تحلیل یک مشکل و سعی در یافتن راه‌حل ممکن چه نامیده می‌شود؟

بخش سوم

گوناگونی مسیرهای زندگی



## شارش انرژی در جانداران

چند برگ درخت ممکن است به نظر شما چندان خوشمزه نباشند، اما غذای عمده این گوزن برگ است. همه جانداران برای ادامه زندگی به انرژی نیاز دارند.

### پیش نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :
- پیوندهای شیمیایی مولکول ها را شرح دهید،
- ترازهای انرژی را در یک اتم یا مولکول تعریف کنید،
- ویژگی های مواد آلی را نام ببرید،
- میتوکندری و کلروپلاست را با یک دیگر مقایسه کنید،
- انواع انتقال (ترابری) را از غشای سلولی بیان کنید.

## فتوسنتزکنندگان از انرژی نور خورشید استفاده می‌کنند.

گیاهان، جلبک‌ها و بعضی باکتری‌ها حدود یک درصد از انرژی نور خورشید را که به زمین می‌رسد، به دام می‌اندازند و آن را در فرآیند فتوسنتز به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند. در نگاهی کلی، فتوسنتز سه مرحله اصلی دارد (شکل ۱-۸-ب):

مرحله ۱: انرژی نور خورشید به دام می‌افتد.

مرحله ۲: انرژی نوری به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود و به‌طور موقت در  $ATP^*$  و  $NADPH^{**}$

ذخیره می‌شود.

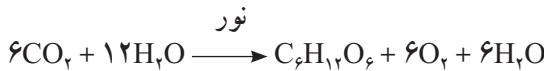
مرحله ۳: انرژی شیمیایی ذخیره شده در  $ATP$  و  $NADPH$  تشکیل ترکیب‌های آلی را از

$CO_2$  ممکن می‌سازد.

محل انجام فتوسنتز در سلول‌های گیاهی و جلبک‌ها در کلروپلاست (شکل ۱-۸-الف) و در

باکتری‌های فتوسنتزکننده، غشای سلولی است.

خلاصه فرآیند فتوسنتز به شکل موازنه زیر است:



گاز اکسیژن قند ۶ کربنی      آب      دی‌اکسیدکربن

این موازنه چیزی از چگونگی فرآیند و رخداد فتوسنتز نشان نمی‌دهد، بلکه صرفاً نشان می‌دهد که چه موادی مصرف و چه موادی تولید می‌شوند. گیاهان از ترکیب‌های حاصل از فتوسنتز برای انجام فرآیندهای حیاتی خود استفاده می‌کنند. مثلاً بعضی از این قندها برای ساخت ترکیب‌های دیواره سلولی و بعضی برای ساخت نشاسته مصرف می‌شوند. گیاه در صورت نیاز، نشاسته ذخیره شده در ساقه، یا ریشه را تجزیه و از آن برای ساخت  $ATP$  مورد نیاز متابولیسم سلولی، استفاده می‌کند. همه پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و دیگر مولکول‌هایی که در سلول هستند، حاصل تجمع و تغییر بخش‌هایی از قندهای

\* آدنوزین تری فسفات

\*\* نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات

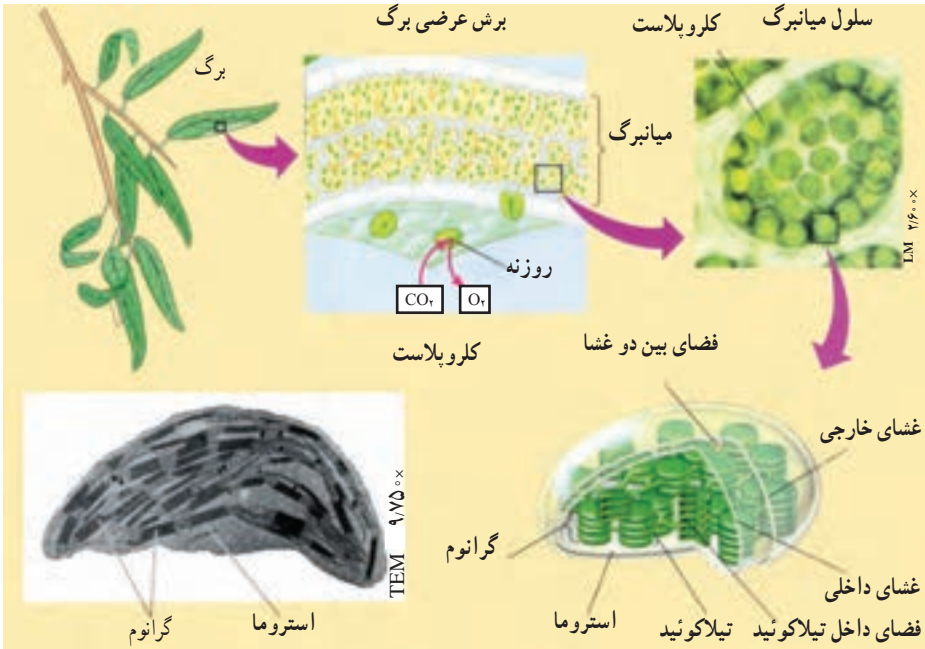


ساخته شده در گیاه هستند.

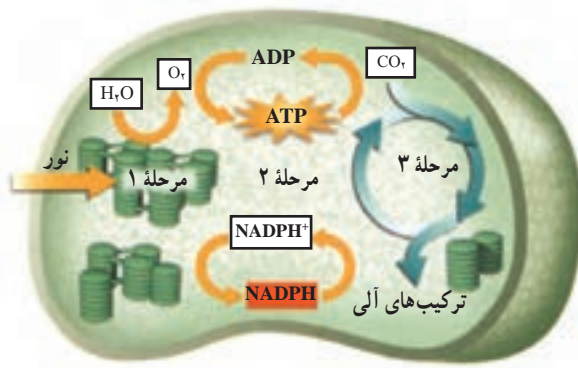
بیشتر بدانید



به موازنه فتوسنتز دقت کنید. اکسیژنی که در فتوسنتز تولید می‌شود از شکستن مولکول آب حاصل می‌شود یا  $\text{CO}_2$ ? تا مدت‌ها دانشمندان تصور می‌کردند که اکسیژنی که در فتوسنتز آزاد می‌شود، از تجزیه دی‌اکسیدکربن به‌وجود می‌آید. گروهی از دانشمندان با انجام فتوسنتز در جلبک تک‌سلولی کلرلا، با استفاده از دی‌اکسیدکربن نشاندار شده با ایزوتوپ رادیواکتیو اکسیژن، مشخص کردند که اکسیژن تولیدی در فتوسنتز از تجزیه مولکول‌های آب حاصل می‌شود و نه دی‌اکسیدکربن. زیرا اتم‌های تشکیل‌دهنده گاز اکسیژن تولید شده در این آزمایش، نشاندار نبودند.



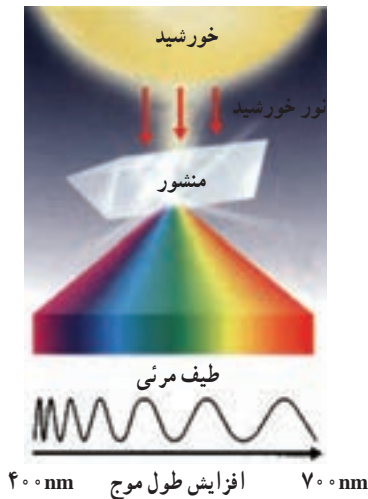
شکل ۸-۱ الف - موقعیت و ساختار کلروپلاست‌ها



شکل ۱- ۸ - ب - فتوسنتز - فرآیند فتوسنتز در ۳ مرحله انجام می‌شود.

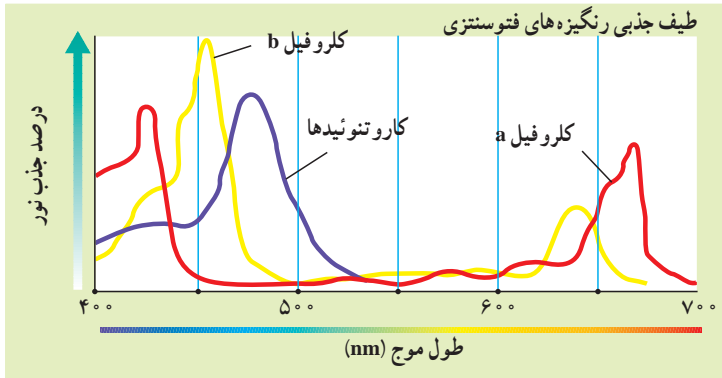
### انرژی نوری در مرحله ۱ جذب می‌شود.

واکنش‌هایی که در مراحل ۱ و ۲ رخ می‌دهند، واکنش‌های نوری یا واکنش‌های وابسته به نور نامیده می‌شوند. این واکنش‌ها بدون نور انجام نمی‌شوند. پرتوهای نور خورشید از طول موج‌های مختلفی تشکیل شده‌اند. ما فقط قادر به دیدن طول موج‌های مرئی نور خورشید هستیم (شکل ۲ - ۸).



شکل ۲ - ۸ - طیف نور مرئی. نور خورشید همه طول موج‌های مرئی را دارد. اگر نور خورشید را از منشور عبور دهیم، به رنگ‌های مختلف تجزیه می‌شود.

رنگی‌ها طول موج‌های مختلف نور را جذب می‌کنند: چگونه چشم انسان و یا یک برگ، نور را جذب می‌کنند؟ این ساختارها موادی دارند که نور را جذب می‌کنند. به این مواد رنگی‌ها<sup>۱</sup> گفته می‌شود. رنگی‌ها بعضی از طول موج‌ها را جذب و بعضی دیگر را منعکس می‌کنند. کلروفیل که اولین رنگی‌ه مؤثر در فتوسنتز است، بخش اعظم نور آبی و قرمز را جذب و نور سبز و زرد را منعکس می‌کند. انعکاس نور سبز و زرد موجب می‌شود که گیاهان، به خصوص برگ‌های آنها، سبز دیده شوند. گیاهان و جلبک‌های سبز دو نوع کلروفیل دارند: کلروفیل a و کلروفیل b. هر دو نوع کلروفیل در فتوسنتز گیاه نقش مهمی دارند. کاروتنوئیدها گروهی دیگر از رنگی‌ها هستند که موجب پیدایش رنگ‌های زرد و نارنجی در برگ‌های پاییزی، میوه‌ها و گل‌ها می‌شوند. طول موج‌هایی که کاروتنوئیدها جذب می‌کنند با طول موج‌هایی که کلروفیل‌ها جذب می‌کنند متفاوت است؛ به همین علت استفاده از این دو گروه رنگی‌ه موجب می‌شود تا میزان جذب انرژی نوری هنگام فتوسنتز، توسط گیاه بیشتر شود. در شکل ۳-۸ طیف جذبی کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها را در طول موج‌های مختلف نور مشاهده می‌کنید.



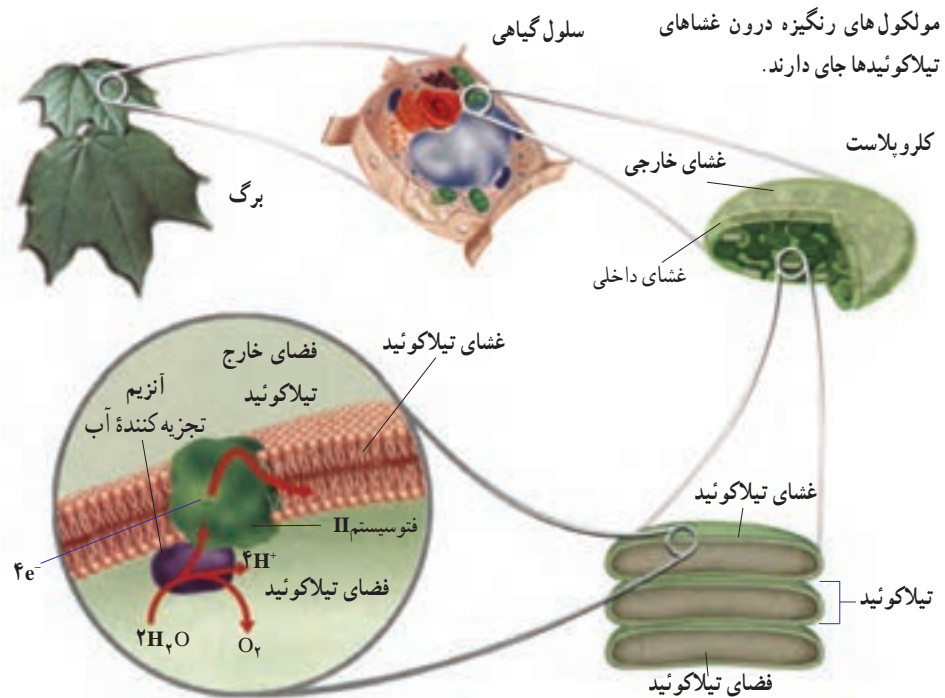
شکل ۳-۸ - نور هنگام فتوسنتز جذب می‌شود. کلروفیل‌ها نور قرمز و آبی و بنفش را بیشتر جذب می‌کنند. در حالی که کاروتنوئیدها نور آبی و سبز را بیشتر جذب می‌کنند.

رنگی‌ه‌های فتوسنتزی درون کلروپلاست قرار دارند: درون کلروپلاست ساختارهای کیسه‌ای شکل و پهنی به نام تیلاکوئید<sup>۲</sup> وجود دارند. تیلاکوئیدها در واقع ساختارهایی از جنس غشای سلولی‌اند. دسته‌های رنگی‌ه درون غشای تیلاکوئیدها جای گرفته‌اند (شکل ۴-۸). این رنگی‌ه‌ها به

۱-Pigment

۲-Thylakoid

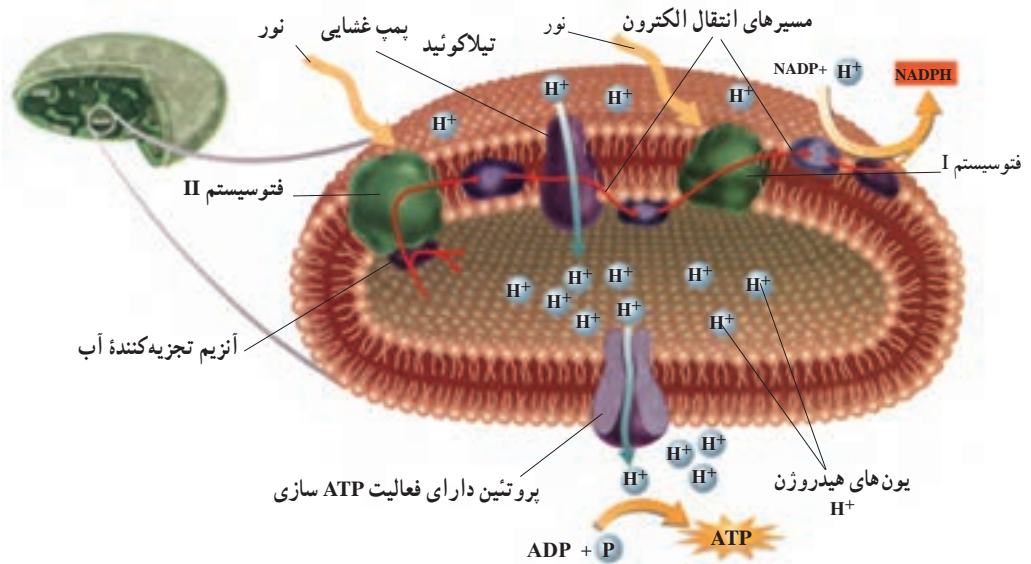
همراه تعدادی پروتئین دو گروه ساختاری به نام فتوسیستم I و II را درون غشای تیلاکوئید سازمان می دهند. در هر فتوسیستم نوع خاصی از کلروفیل a وجود دارد. حداکثر جذب نوری کلروفیل a در فتوسیستم I،  $700\text{ nm}$  و در فتوسیستم II،  $680\text{ nm}$  نانومتر است؛ به همین دلیل به این کلروفیل ها  $P700$  و  $P680$  گفته می شود. مولکول هایی به نام حامل الکترون دو فتوسیستم را به هم وصل می کنند. انرژی نوری که به تیلاکوئیدها برخورد کرده است با فعالیت هم زمان کلروفیل ها و رنگیزه های دیگر، جذب، متمرکز و به کلروفیل های  $P700$  و  $P680$  منتقل می شود. این انرژی، الکترون ها را به تراز بالاتر می برد. چنین الکترون هایی را که دارای انرژی اضافی شده اند، الکترون های برانگیخته می نامند. الکترون های برانگیخته کلروفیل  $P700$  و  $P680$  فتوسیستم ها را ترک می کنند. این فتوسیستم ها کمبود الکترونی خود را چگونه جبران می کنند؟ الکترون هایی که فتوسیستم I از دست می دهد با الکترون های خارج شده از فتوسیستم II و الکترون هایی که از فتوسیستم II خارج شده اند با الکترون های حاصل از تجزیه آب، جانشین می شوند. در واقع اتم های هیدروژن حاصل از تجزیه آب، الکترون های خود را به کلروفیل می دهند که نتیجه آن تشکیل یون های مثبت هیدروژن است. اکسیژن های حاصل نیز با هم ترکیب می شوند و گاز اکسیژن ( $O_2$ ) را تولید می کنند.



شکل ۴-۸ - کلروپلاست درون سلول

در مرحله دوم، انرژی نوری به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود.

الکترون‌های برانگیخته که مولکول‌های کلروفیل را ترک کرده‌اند، صرف تولید مولکول‌هایی می‌شوند که انرژی را به طور موقت ذخیره می‌کنند (مانند ATP). الکترون برانگیخته در غشای تیلاکوئید از یک مولکول به مولکول مجاور می‌رود، در واقع الکترون برانگیخته، گروه‌های مولکولی واقع در غشای تیلاکوئید را یکی پس از دیگری پشت سر می‌گذارد. برای درک این مطلب در نظر بگیرید به همراه چند نفر از دوستانتان در یک ردیف ایستاده‌اید و تویی را دست به دست می‌کنید. در این مثال توپ نقش الکترون برانگیخته و هر یک از شما نقش مولکول‌هایی را بازی می‌کند که در غشای تیلاکوئید قرار دارند و الکترون برانگیخته را دریافت می‌کنند. این مولکول‌ها در غشای تیلاکوئید، زنجیره‌های انتقال الکترون را تشکیل می‌دهند. مسیر عبور الکترون‌های برانگیخته را در زنجیره انتقال الکترون در شکل ۵ - ۸ مشاهده می‌کنید.



شکل ۵ - ۸ - زنجیره‌های انتقال الکترون در فتوسنتز. زنجیره‌های انتقال الکترون انرژی نوری را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند.

**عملکرد زنجیره‌های انتقال الکترون:** چگونه از زنجیره‌های انتقال الکترون برای ایجاد مولکول‌های ذخیره‌کننده انرژی استفاده می‌شود؟ یکی از اجزای زنجیره‌های انتقال الکترون در غشای تیلاکوئیدی دارای پروتئینی است که همانند یک پمپ غشایی عمل می‌کند (شکل ۵ - ۸). الکترون‌های

برانگیخته از فتوسیستم II هنگام عبور از این پمپ مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهند. این پمپ از انرژی الکترون‌ها برای تلمبه کردن یون‌های هیدروژن  $H^+$  از استروما به درون تیلاکوئید استفاده می‌کند. به یاد دارید که هنگام شکستن مولکول آب نیز مقداری  $H^+$  درون تیلاکوئید تولید می‌شود. با ادامه این روند تراکم یون‌های هیدروژن درون تیلاکوئید، نسبت به بیرون افزایش می‌یابد. در نتیجه یک شیب غلظت هیدروژن بین دو سوی غشای تیلاکوئید به وجود می‌آید. بنابراین یون‌های هیدروژن، بر اساس شیب غلظت خود، تمایل دارند به بیرون از تیلاکوئید انتشار یابند. هیدروژن‌ها از طریق پروتئین‌هایی که در غشای تیلاکوئید قرار دارند، از تیلاکوئید خارج می‌شوند. این پروتئین‌ها از این نظر که هم کانال یونی هستند و هم عمل آئزیمی دارند منحصر به فردند، یعنی در حال عبور دادن یون‌های هیدروژن از بخش کانال خود، به ADP گروه فسفات می‌افزایند و ATP تولید می‌کنند. به تولید ATP در فتوسنتز ساخته شدن نوری ATP می‌گویند، زیرا انرژی نور عامل اولیه روند تولید ATP در کلروپلاست هاست.

درحالی که یک زنجیره انتقال الکترون انرژی لازم برای ساخت ATP را فراهم می‌کند، زنجیره انتقال الکترون دیگری انرژی مورد نیاز برای ساخت NADPH را تأمین می‌کند. NADPH یک مولکول ناقل الکترون است که الکترون‌های پرانرژی را برای ساخت پیوندهای کربن-هیدروژن در مرحله سوم فتوسنتز، فراهم می‌کند. برای ساخت NADPH الکترون‌های برانگیخته در این زنجیره انتقال الکترون، به یون‌های هیدروژن می‌پیوندند و موجب تبدیل یک گیرنده الکترونی به نام  $NADP^+$  به مولکول NADPH می‌شوند (شکل ۵-۸).

### در مرحله سوم انرژی در ترکیب‌های آلی ذخیره می‌شود.

حاصل مرحله اول و دوم فتوسنتز تولید مولکول‌های ATP و NADPH است. این مولکول‌ها به طور موقت انرژی ذخیره می‌کنند. در مرحله سوم یا مرحله پایانی فتوسنتز از اتم‌های کربن گاز دی‌اکسید کربن جو برای ساخت ترکیب‌های آلی استفاده می‌شود. این ترکیب‌ها انرژی شیمیایی در خود ذخیره دارند. استفاده از دی‌اکسید کربن برای ساخت ترکیب‌های آلی، تثبیت دی‌اکسید کربن نامیده می‌شود. واکنش‌هایی را که منجر به تثبیت دی‌اکسید کربن می‌شوند، واکنش‌های تاریکی یا واکنش‌های مستقل از نور می‌نامند.

موجودات فتوسنتزکننده به چند روش دی‌اکسید کربن را تثبیت می‌کنند:

**چرخه کالوین:** چرخه کالوین رایج‌ترین روش تثبیت  $CO_2$  در جانداران کلروفیل دار است. طی این چرخه مجموعه‌ای از واکنش‌های آئزیمی در نهایت منجر به تولید قند سه کربنی می‌شوند (شکل ۶-۸).

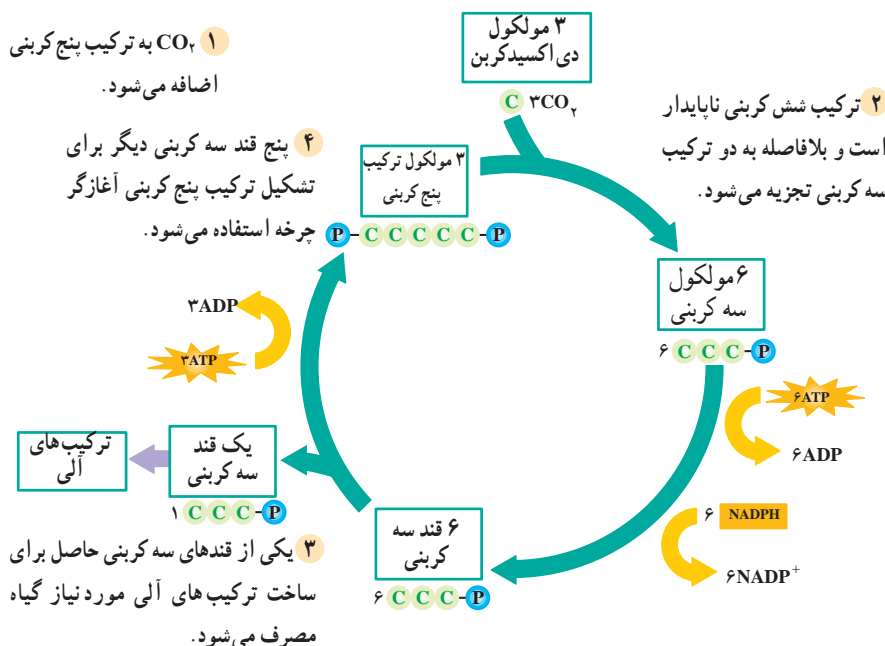
گام ۱: هر مولکول دی‌اکسیدکربن با کمک یک آنزیم به یک ترکیب پنج‌کربنی اضافه می‌شود و یک ترکیب شش‌کربنی ناپایدار تولید می‌کند.

گام ۲: ترکیب شش‌کربنی حاصل به دو ترکیب سه‌کربنی شکسته می‌شود. از افزودن انرژی گروه‌های فسفات ATP و الکترون‌های NADPH به این ترکیب‌ها قندهای سه‌کربنی تشکیل می‌شود.

گام ۳: تعدادی از قندهای سه‌کربنی حاصل برای ساخت ترکیب‌های آلی، مانند نشاسته و ساکارز، به مصرف می‌رسند.

گام ۴: از تعدادی دیگر از قندهای سه‌کربنی برای تولید مجدد ترکیب پنج‌کربنی اولیه، استفاده می‌شود. در نتیجه آن، چرخه یک بار دیگر آغاز می‌شود.

این واکنش‌ها به‌طور چرخه‌ای انجام می‌گیرند، زیرا ترکیب پنج‌کربنی را بازسازی می‌کنند. در مجموع برای تشکیل هر مولکول قند سه‌کربنی، سه مولکول دی‌اکسیدکربن وارد چرخه می‌شود، به عبارتی با سه چرخه کالوین یک قند سه‌کربنی ساخته و از چرخه خارج می‌شود. ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری، انرژی و هیدروژن مورد نیاز چرخه کالوین را فراهم می‌کند.



شکل ۶-۸ - چرخه کالوین. چرخه کالوین رایج‌ترین روش تثبیت دی‌اکسیدکربن است.



## چگونه چرخه کالوین کشف شد؟

در سال ۱۹۵۴ گروهی از پژوهشگران به سرپرستی «ملوین کالوین»، با استفاده از ایزوتوپ رادیواکتیو کربن در واکنش‌های فتوسنتزی به این نتیجه رسیدند که در کلروپلاست‌ها، دی‌اکسید کربن پس از انجام مجموعه‌ای از واکنش‌های آتزیمی چرخه‌ای به قند تبدیل می‌شود. آنان جلبک کلرلا را در معرض دی‌اکسید کربن نشاندار قرار دادند و با جداسازی و شناسایی ترکیب‌های حاصل، دریافتند که پس از حدود پنج ثانیه، یک ترکیب سه کربنی نشاندار در جلبک به وجود آمده است. با استفاده از این روش، پژوهشگران چرخه کالوین را کشف کردند.

**عوامل مؤثر بر فتوسنتز:** عوامل محیطی مختلفی بر فتوسنتز تأثیر می‌گذارند. محسوس‌ترین عامل نور است. به طور کلی سرعت فتوسنتز با افزایش شدت نور، تا حدی که همه رنگیزه‌ها مورد استفاده قرار گیرند، زیاد می‌شود. در این حالت فتوسنتز به نقطه اشباع خود می‌رسد، زیرا رنگیزه‌ها در این حالت نمی‌توانند نور بیشتری جذب کنند. افزایش تراکم گاز دی‌اکسید کربن تا حدی معین نیز موجب افزایش سرعت فتوسنتز می‌شود.

فتوسنتز مانند سایر فرآیندهای متابولیسمی، مرتبط با بسیاری از واکنش‌های آتزیمی دیگر است. به یاد دارید که دامنه دمایی خاصی برای فعالیت آتزیم‌ها مناسب است. به همین دلیل فتوسنتز در دامنه‌ای خاص از دماهای محیطی، بیشتر انجام می‌شود. دماهای خارج از این دامنه ممکن است موجب غیرفعال شدن بعضی از این آتزیم‌ها شوند. سطح بهینه فتوسنتز هر گیاه خاص، به شدت نور، تراکم دی‌اکسید کربن و دما بستگی دارد.

**تنفس نوری مانع فتوسنتز است:** تنفس نوری فرآیندی وابسته به نور است که طی آن اکسیژن جذب و دی‌اکسید کربن آزاد می‌شود. این فرآیند در برخی گیاهان همراه با فتوسنتز انجام می‌شود. تنفس نوری مانع از وارد شدن دی‌اکسید کربن به چرخه کالوین می‌شود و به همین دلیل به عنوان فرآیندی مخالف با تولیدکنندگی فتوسنتز در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که قبلاً گفته شد هر مولکول دی‌اکسید کربن که وارد چرخه کالوین می‌شود ابتدا با یک مولکول ۵ کربنی ترکیب می‌شود. آتزیمی که این واکنش را کاتالیز می‌کند روویسکو نام دارد. در ادامه این واکنش نیز دو اسید سه کربنی تشکیل می‌شود. آتزیم روویسکو می‌تواند



با اکسیژن نیز واکنش دهد، به عبارتی این آنزیم نه تنها موجب کربو کسبیله شدن ترکیب ۵ کربنی (ترکیب آن با  $CO_2$ ) می شود، بلکه واکنش اکسیژناسیون (ترکیب با  $O_2$ ) آن را نیز کاتالیز می کند. به همین دلیل این آنزیم به روییسکو (ریبولوزیس فسفات کربو کسبیلاز- اکسیژناز) مشهور شده است. بنابراین مقادیر نسبتاً بالای  $CO_2$  به نفع فرایند فتوسنتز و مقادیر نسبتاً بالای اکسیژن به نفع فرایند تنفس نوری است.

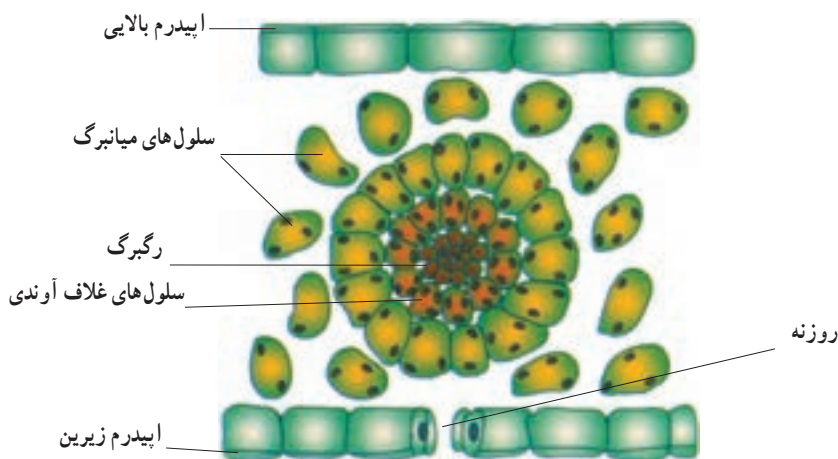
در تنفس نوری، مولکول ۵ کربنی که با اکسیژن ترکیب شده است، تجزیه و از آن یک مولکول ۳ کربنی و یک مولکول ۲ کربنی حاصل می شود. مولکول ۲ کربنی از کلروپلاست خارج و با واکنش هایی که بخشی از آنها در میتوکندری انجام می شود، مولکول  $CO_2$  آزاد می کنند. توجه داشته باشید که در فرایند تنفس نوری برخلاف تنفس سلولی، مولکول ATP تولید نمی شود (فرایند تنفس سلولی را در ادامه این فصل می خوانید).

**سازگاری های ویژه ای تنفس نوری را کاهش می دهند:** هوای گرم و خشک، تعرق گیاه را افزایش می دهد. از طرفی افزایش تعرق باعث می شود تا گیاه آب را از راه روزنه ها از دست بدهد. به همین دلیل روزنه های بسیاری از گیاهان در هوای گرم و خشک بسته می شوند. بسته بودن روزنه ها ممکن است دی اکسید کربن برگ را به حدی پایین آورد که وضع را برای انجام تنفس نوری مناسب سازد، زیرا  $CO_2$  نه فقط وارد برگ نمی شود، بلکه با انجام فتوسنتز مصرف نیز می شود. این وضع سبب کاهش نسبت  $CO_2$  به  $O_2$  در برگ و در نتیجه مناسب شدن شرایط لازم برای فعالیت اکسیژنازی آنزیم روییسکو می شود. برای مقابله با این وضع چه سازگاری هایی در گیاهان انجام شده است؟

## گیاهان $C_4$

بیشتر گیاهان برای تثبیت دی اکسید کربن فقط از چرخه کالوین استفاده می کنند. به این گیاهان، گیاهان  $C_4$  می گویند زیرا اولین مولکول آلی پایداری که در آنها تشکیل می شود یک اسید ۳ کربنی است. در بعضی گیاهان، مانند نیشکر، ذرت و بعضی دیگر از گیاهان که نسبت به گرما مقاوم اند، قبل از چرخه کالوین واکنش های دیگری انجام می گیرد. حاصل تثبیت دی اکسید کربن در این واکنش ها یک اسید ۴ کربنی است. به همین دلیل این گیاهان را گیاهان  $C_4$  می نامند. سلول های فتوسنتز کننده برگ این گیاهان به دو شکل یافت می شوند:

۱- لایه ای از سلول های فشرده و کلروپلاست دار به نام سلول های غلاف آوندی که دور تا دور هر رگبرگ را احاطه می کند (شکل ۷-۸).



شکل ۷-۸ - آناتومی برگ یک گیاه C<sub>4</sub>

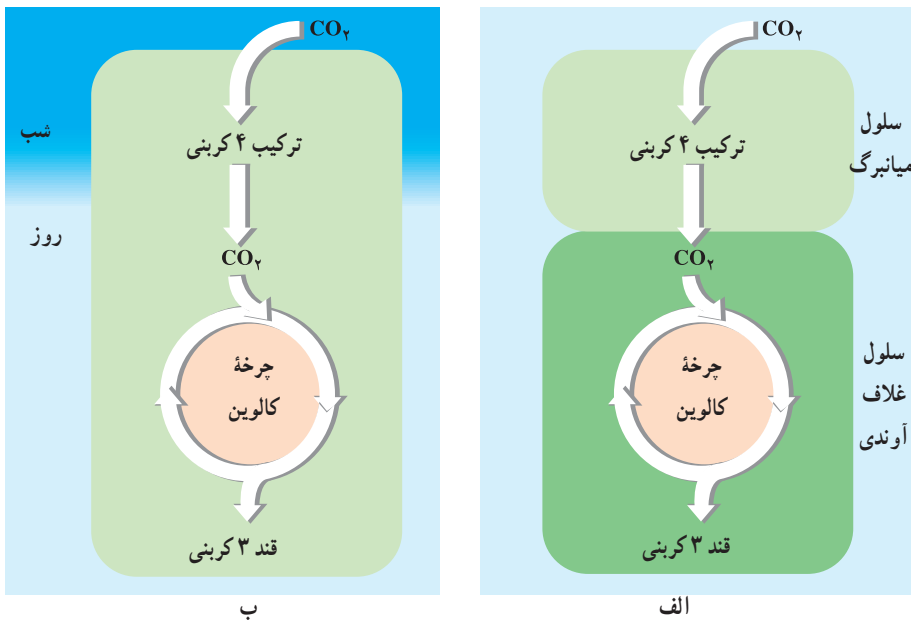
۲- سلول‌های میانبرگ که در تماس با فضاهای هوادار برگ هستند و در اطراف سلول‌های غلاف آوندی قرار دارند.

گیاهان C<sub>4</sub> برای تثبیت CO<sub>2</sub> از مسیری دو مرحله‌ای استفاده می‌کنند. در این مسیر دو سیستم آنزیمی متفاوت و مجزا درگیر هستند. اولین سیستم در سلول‌های میانبرگ عمل می‌کند. این سیستم آنزیمی در واکنش‌های مربوط به ترکیب دی‌اکسیدکربن با یک اسید ۳ کربنی شرکت می‌کند. اسید ۴ کربنی حاصل به سلول‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود. دومین سیستم آنزیمی در سلول‌های غلاف آوندی عمل می‌کند. در این سلول‌ها دی‌اکسیدکربن از اسید ۴ کربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود و همانند چرخه کالوین در گیاهان C<sub>3</sub> قند سه کربنی را می‌سازد.

سیستم آنزیمی که در سلول‌های میانبرگ وجود دارد به طور مؤثری منجر به انتقال دی‌اکسیدکربن به درون سلول‌های غلاف آوندی می‌شود. بنابراین تراکم CO<sub>2</sub> درون سلول‌های غلاف آوندی در مقایسه با جو بیشتر است. این حالت وضع را برای انجام فتوسنتز مناسب می‌کند و مانع از انجام تنفس نوری می‌شود. وجود تراکم بالای دی‌اکسیدکربن در اطراف آنزیم رویسکو در گیاهان C<sub>4</sub> سبب شده است که حتی با وجود دماهای بالا و شدت‌های زیاد نور (عوامل مناسب برای تنفس نوری)، این گیاهان بر تنفس نوری غلبه کنند. بنابراین گیاهان C<sub>4</sub> می‌توانند در حالی که روزنه‌های آنها تقریباً بسته است در دماهای بالا و شدت‌های زیاد نور با بیشترین کارایی عمل کنند و هم چنین مانع از افزایش دفع آب شوند. به همین دلیل گیاهان C<sub>4</sub> در آب و هوای گرم سریع‌تر از گیاهان C<sub>3</sub> رشد می‌کنند. کارایی گیاهان C<sub>4</sub> در دمای بالا، شدت زیاد نور، یا کمبود آب تقریباً دو برابر گیاهان C<sub>3</sub> است.

## گیاهان CAM

نوعی دیگر از اختصاصی شدن فتوسنتز در گیاهان بیابانی، مانند کاکتوس وجود دارد. این نوع فتوسنتز را متابولیسم اسید کراسولاسه‌ای یا CAM<sup>۱</sup> می‌نامند. این نوع فتوسنتز، سازشی مهم برای گیاهان ساکن اکوسیستم‌های خشک، یا در وضعیت‌های بسیار خشک است. روزه‌های گیاهان CAM برخلاف گیاهان C<sub>۳</sub> و C<sub>۴</sub> در شب باز می‌شود. این گیاهان در شب دی‌اکسیدکربن را به صورت اسیدهای آلی<sup>۲</sup> تثبیت و سپس در واکنش ذخیره می‌کنند. طی روز که دما بالا و رطوبت کم است، روزه‌ها بسته‌اند، تا از انجام تعرق که می‌تواند برای گیاه مرگ‌آور باشد، ممانعت کنند. اسیدهای آلی که در شب تشکیل شده‌اند، در روز دی‌اکسیدکربن آزاد می‌کنند. دی‌اکسیدکربن به درون کلروپلاست‌ها انتشار می‌یابد و وارد چرخه کالوین می‌شود که مولکول‌های پرانرژی مورد نیاز خود را از واکنش‌های نوری فتوسنتز گرفته است. کارایی فتوسنتز نوع CAM چندان بالا نیست. گیاهانی که این نوع فتوسنتز را انجام می‌دهند، گرچه قادر به حفظ بقای خود در گرمای شدیدند، اما معمولاً به کندی رشد می‌کنند.



شکل ۸-۸ - تثبیت کربن در گیاهان C<sub>۴</sub> (الف) و CAM (ب)

۱- Crassulacean acid metabolism

۲- گیاهان تیره کراسولاسه (گل ناز) کربن دی‌اکسید را در شب به صورت مالیک اسید (C<sub>۴</sub>) ذخیره می‌کنند.

## فعالیت

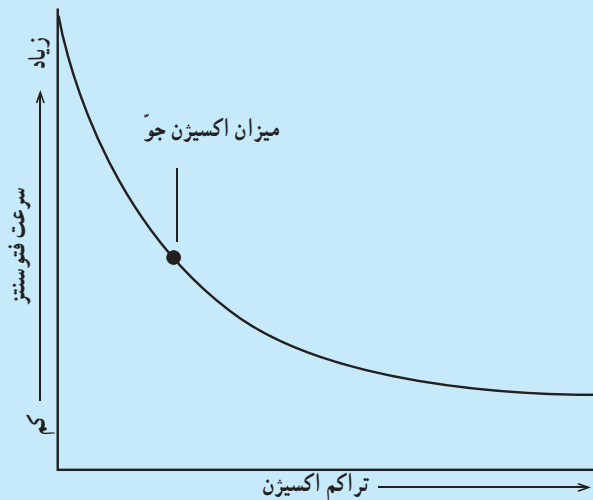


- ۱- بعضی گیاهان گلدانی در نور کم رشد می کنند، اما بعضی دیگر از آنها به نور شدید نیاز دارند. چند گونه از گیاهان گلدانی را که در گلخانه ها، یا گل فروشی ها موجودند از این نظر بررسی کنید. گیاهان گلدانی که در خانه ها نگهداری می شوند بیشتر در کدام دسته قرار می گیرند؟
- ۲- همان طور که در شکل ۷-۸ مشاهده می کنید، بین سلول های غلاف آوندی فضای سلولی یافت نمی شود و این سلول ها به هم فشرده اند. آیا می توانید دلیلی برای این به هم فشردگی سلول های غلاف آوندی ارائه دهید؟

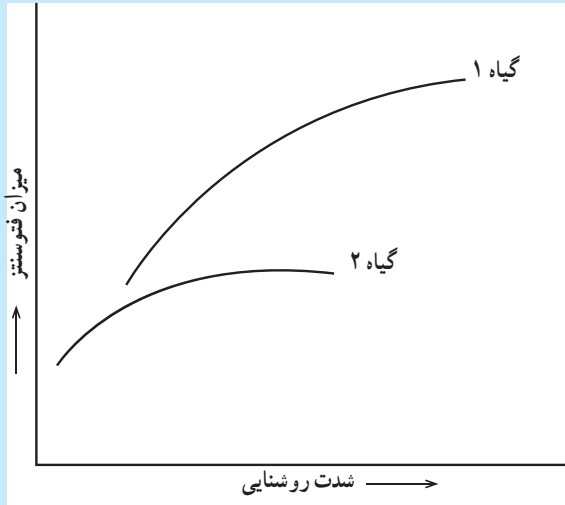
## فعالیت



- ۱- نمودار زیر را تفسیر کنید.



۲- با توجه به نمودار زیر درباره نوع فتوسنتز گیاهان ۱ و ۲ بحث کنید.



## فعالیت

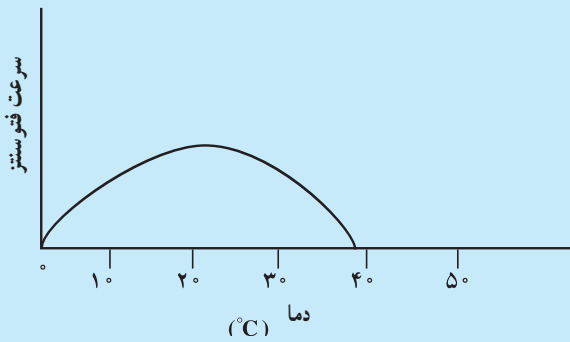


نمودار زیر اثر دما را بر سرعت فتوسنتز نشان می دهد. با توجه به نمودار به این سؤال ها پاسخ

دهید.

۱- اثر دماهای بالا و پایین را بر فتوسنتز شرح دهید.

۲- بهترین دامنه دمایی برای فتوسنتز کدام است؟



## خودآزمایی



- ۱- تنفس نوری را توضیح دهید و تأثیر آن را بر فتوسنتز بنویسید.
- ۲- ویژگی فتوسنتز گیاهان CAM چیست؟
- ۳- به طور خلاصه بگویید که موجودات فتوسنتزکننده چگونه انرژی نور را به دام می‌اندازند؟
- ۴- نقش مولکول‌های آب و یون‌های هیدروژن را در زنجیره‌های انتقال الکترون مقایسه کنید.
- ۵- نقش چرخه کالوین را در سومین مرحله از فتوسنتز شرح دهید.
- ۶- نقش هر یک از موارد زیر را در فتوسنتز بیان کنید.  
نور، آب، رنگیزه‌ها، ATP، NADPH و دی‌اکسیدکربن
- ۷- عوامل محیطی مؤثر بر فتوسنتز را نام ببرید.
- ۸- ATP و NADPH در چه بخشی از کلروپلاست تشکیل می‌شوند؟
- ۹- اکسیژن حاصل از فتوسنتز از چه واکنشی منشأ می‌گیرد؟

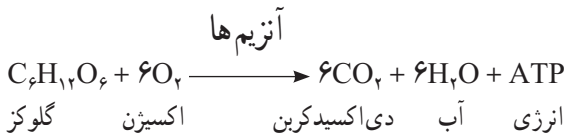
## ۲ تنفس سلولی

### تنفس سلولی ATP تولید می‌کند.

غذاهایی که می‌خوریم دارای انرژی هستند. انرژی غذاها در بدن ما به ATP تبدیل می‌شود. سلول‌های بدن ما و بیشتر موجودات زنده از طریق فرآیندی به نام تنفس سلولی که مجموعه‌ای از واکنش‌های آنزیمی است، انرژی موجود در ترکیب‌های آلی، مخصوصاً قند را به ATP تبدیل می‌کنند. اکسیژن هوای تنفسی کارآیی تولید ATP را افزایش می‌دهد، البته بدون حضور اکسیژن نیز مقداری ATP ساخته می‌شود. فرآیندهای متابولیسمی را که نیازمند اکسیژن هستند، فرآیندهای هوازی<sup>۱</sup> می‌نامند. فرآیندهای متابولیسمی که نیاز به اکسیژن ندارند، فرآیندهای بی‌هوازی<sup>۲</sup> نام دارند.

**تولید مولکول‌های ATP: ATP** به دو راه در سلول‌ها تشکیل می‌شود. یک راه تولید ATP در سطح پیش ماده است. به این مفهوم که از انتقال یک گروه فسفات از مولکولی فسفات دار به ADP، مولکول ATP ساخته می‌شود (همان‌طور که خواهید دید مقداری از ATP حاصل از گلیکولیز به این شکل ساخته می‌شود). راه دیگر تشکیل ATP، زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری‌هاست. ATP در این راه با استفاده از فسفات معدنی و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها (از دهنده الکترون با سطح انرژی بالاتر به گیرنده الکترون با سطح انرژی پایین‌تر) ساخته می‌شود.

**نگاهی کلی به تنفس سلولی:** بخشی از انرژی ترکیب‌های آلی، به ویژه گلوکز، هنگام تنفس سلولی آزاد می‌شود. رابطه زیر خلاصه‌ای از مجموع واکنش‌های شکستن گلوکز را در تنفس سلولی نشان می‌دهد:



تنفس سلولی در دو مرحله کلی رخ می‌دهد (شکل ۹-۸):

مرحله ۱: گلوکز به پیرووات تبدیل و مقدار کمی ATP و NADH\* تولید می‌شود. این مرحله

۱ - Aerobic

۲ - Anaerobic

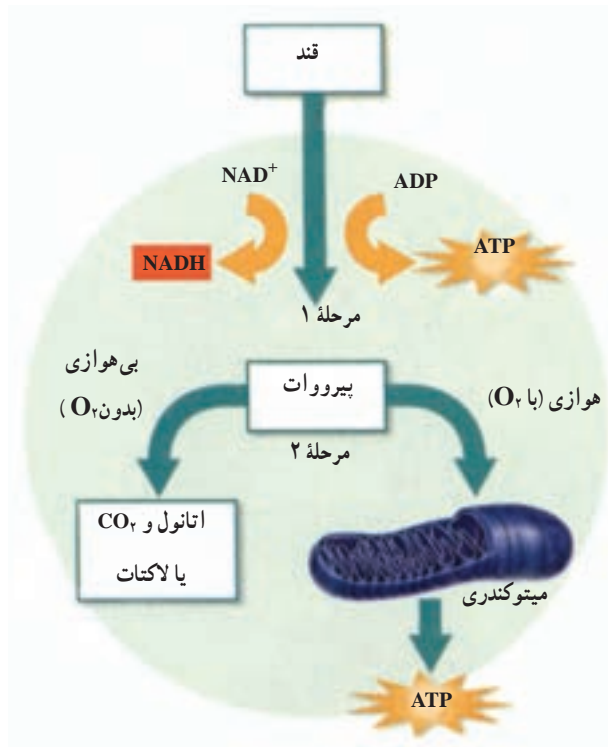
\* نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید

گلیکولیز نامیده می‌شود و مرحله بی‌هوازی تنفس را تشکیل می‌دهند.

**مرحله ۲:** در حضور اکسیژن، از پیرووات و گیرنده‌های الکترونی، مانند  $NADH$  و  $FADH_2^*$

برای ساختن مقادیر فراوانی  $ATP$  استفاده می‌شود (مرحله هوازی تنفس). محل این مرحله از تنفس در سلول‌های یوکاریوتی، میتوکندری‌ها و در سلول‌های پروکاریوتی، بخشی از آن در غشای سلولی و بخشی در سیتوپلاسم است. پیرووات در نبود اکسیژن به اتانول و کربن دی‌اکسید یا لاکتات تبدیل می‌شود. در مرحله ۱ گلوکز در فرآیند گلیکولیز شکسته می‌شود.

گلوکز سوخت اولیه برای تنفس سلولی است و از تجزیه قندهای پیچیده‌ای مانند نشاسته، حاصل می‌شود. اگر میزان کربوهیدرات‌ها به قدری کم باشد که پاسخ‌گوی نیاز موجود زنده نباشد، آن‌گاه مولکول‌های دیگری، مانند چربی‌ها شکسته می‌شوند و برای ساخت  $ATP$  به مصرف می‌رسند. پروتئین‌ها



شکل ۹-۸ - تنفس سلولی. فرآیند تنفس سلولی در دو مرحله انجام می‌شود.

۱- گلوکز در مرحله اول به پیرووات شکسته می‌شود. ۲- در مرحله دوم حضور اکسیژن تعیین‌کننده ادامه فرآیند است که آیا هوازی باشد یا بی‌هوازی.

\* فلاوین آدنین دی‌نوکلئوتید



و نوکلئیک اسیدها نیز برای ساخت ATP به کار می‌روند؛ گرچه سلول‌ها به‌طور معمول از آنها برای ساخت بخش‌های مهم خود استفاده می‌کنند. گلیکولیز اولین مرحلهٔ تنفس سلولی است. این فرآیند درون مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم سلول رخ می‌دهد. گلوکز در این فرآیند به دو مولکول سه‌کربنی به نام پیرووات تبدیل می‌شود. پیرووات، شکل یونی یک اسیدسه‌کربنی آلی، به نام پیروویک اسید است (یون به مولکولی گفته می‌شود که الکترون گرفته یا از دست داده باشد).

در ضمن شکسته شدن گلوکز تعدادی از اتم‌های هیدروژن آن به یک گیرندهٔ الکترون به نام  $\text{NAD}^+$  منتقل می‌شود. حاصل این واکنش تشکیل نوعی ناقل الکترون به نام NADH است. برای این که تنفس سلولی ادامه یابد، الکترون‌های NADH به دیگر ترکیبات آلی داده می‌شود که در نتیجهٔ آن گیرنده‌های الکترون یعنی  $\text{NAD}^+$  تشکیل می‌شود. با گرفتن الکترون مجدداً به NADH تبدیل می‌شود. خلاصهٔ گلیکولیز را در شکل ۱۰-۸ مشاهده می‌کنید. گلیکولیز را می‌توان در چهار گام و به شرح زیر بیان کرد:

گام ۱: دو گروه فسفات از دو مولکول ATP به یک مولکول گلوکز منتقل می‌شوند.

گام ۲: ترکیب حاصل به دو مولکول ۳ کربنی فسفات‌دار شکسته می‌شود (هر مولکول سه‌کربنی یک گروه فسفات دارد).

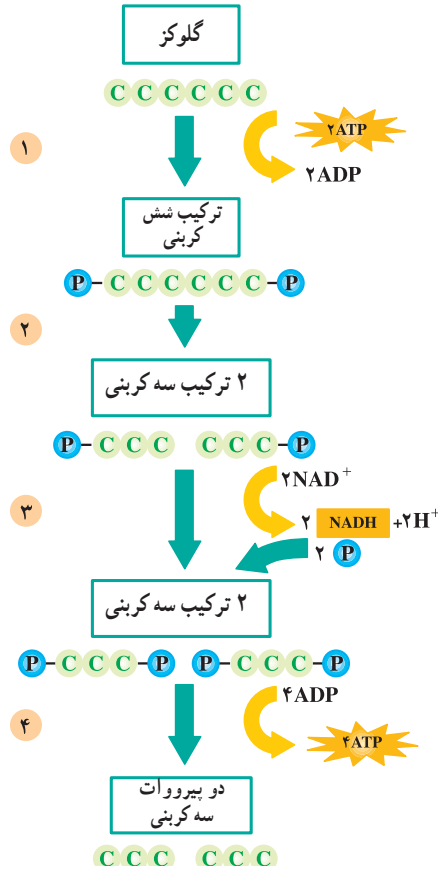
گام ۳: دو مولکول NADH حاصل می‌شود و به هر مولکول ۳ کربنی فسفات‌دار، یک گروه فسفات دیگر نیز منتقل می‌شود.

گام ۴: هر مولکول ۳ کربنی حاصل در گام ۳، به پیرووات تبدیل می‌شود. در این فرآیند ۴ مولکول ATP تولید می‌شود.

در آغاز مسیر گلیکولیز دو مولکول ATP به کار می‌رود و در پایان این مسیر ۴ مولکول ATP تولید می‌شود؛ بنابراین بازده خالص گلیکولیز دو مولکول ATP است؛ هم‌چنین با انجام واکنش‌هایی انرژی ذخیره شده در مولکول NADH آزاد و از آن برای تولید ATP بیشتر استفاده می‌شود.

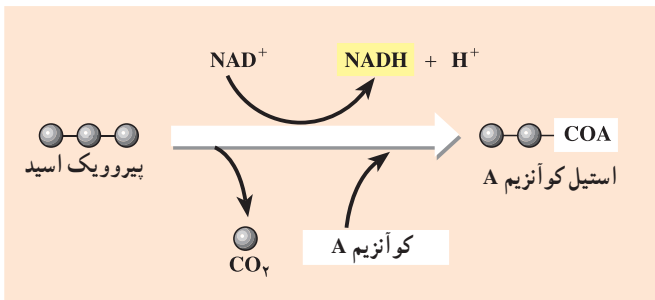
### در دو مین مرحلهٔ تنفس سلولی، ATP بیشتری ساخته می‌شود.

پیرووات حاصل از گلیکولیز در صورت وجود اکسیژن وارد میتوکندری‌ها می‌شود و در آن‌جا به یک ترکیب دو کربنی به نام بنیان استیل تبدیل می‌شود. هم‌چنین در این واکنش یک مولکول دی‌اکسیدکربن و یک مولکول NADH نیز تولید می‌شود. بنیان استیل به مولکولی به نام کوآنزیم A (COA) می‌پیوندد



شکل ۱۰-۸ - گلیکولیز. در گلیکولیز به صورت مستقیم دو مولکول ATP تشکیل می شود.

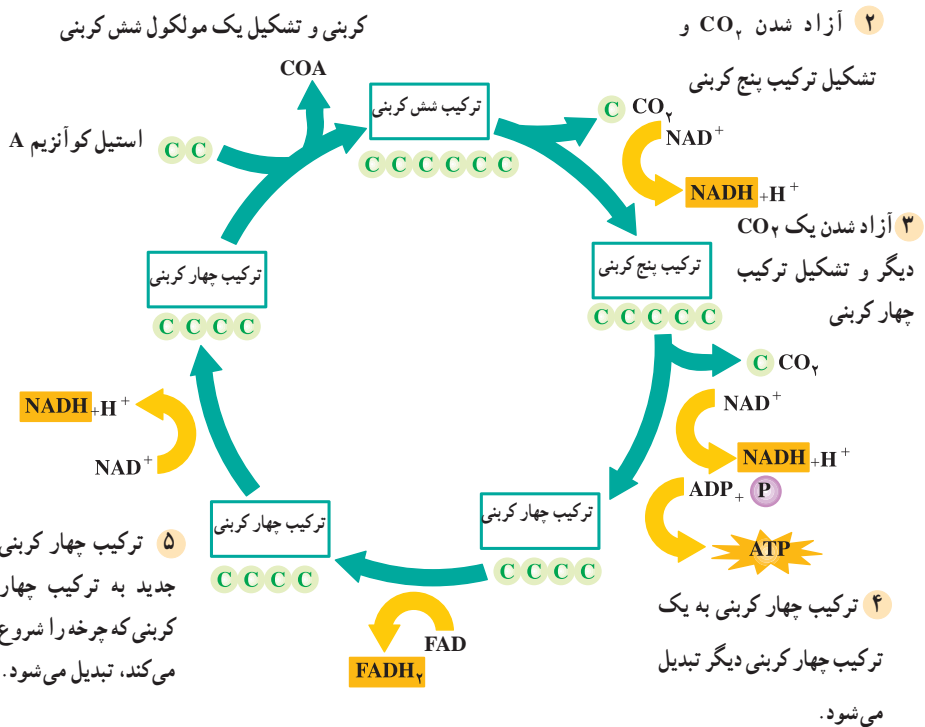
و ترکیبی به نام استیل کوآنزیم A را تشکیل می دهد. این ترکیب سپس وارد چرخه ای به نام چرخه کربس می شود.



شکل ۱۱-۸ - تشکیل استیل کوآنزیم A

چرخه کربس : چرخه کربس با ترکیب استیل کوآنزیم A با یک مولکول ۴ کربنی، به نام اگزالوآستات شروع می‌شود. محصول این واکنش تشکیل مولکولی شش کربنی، به نام سیتریک اسید است. همراه با تشکیل سیتریک اسید، کوآنزیم A نیز جدا می‌شود. در ادامه چرخه کربس با انجام مجموعه‌ای از واکنش‌های آنزیمی و طی مراحل مختلف دو مولکول  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شوند. همچنین ATP و مولکول‌های پیرانژی  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$  تولید می‌شوند. با خروج دو مولکول  $\text{CO}_2$  از چرخه، مجدداً مولکول چهار کربنی اگزالوآستات تشکیل می‌شود (شکل ۱۲-۸).

۱ ترکیب استیل کوآنزیم A با یک مولکول چهار



شکل ۱۲-۸ - چرخه کربس

همان‌طور که در شکل ۱۲-۸ می‌بینید، چرخه کربس در پنج گام به شرح زیر انجام می‌شود:

گام ۱: استیل کوآنزیم A به یک مولکول چهار کربنی می‌پیوندد و یک مولکول شش کربنی تولید می‌کند. کوآنزیم A نیز جدا می‌شود.

گام ۲: با جدا شدن از مولکول ۶ کربنی، یک مولکول ۵ کربنی تولید می‌شود. الکترون‌های

حاصل نیز به  $NAD^+$  منتقل می‌شوند و مولکول  $NADH$  را می‌سازند.

گام ۳: با خروج  $CO_2$  از مولکول پنج کربنی، مولکول چهار کربنی ساخته می‌شود؛ هم‌چنین یک مولکول  $ATP$  و یک مولکول  $NADH$  تولید می‌شود.

گام ۴: ترکیب چهار کربنی به مولکول چهار کربنی دیگری تبدیل می‌شود. الکترون‌های حاصل از این تبدیل به یک پذیرنده الکترونی به نام  $FAD$  منتقل می‌شوند و یک مولکول  $FADH_2$  تولید می‌کنند.

گام ۵: مولکول چهار کربنی حاصل از گام ۴ به اگرالواستات تبدیل و  $NADH$  دیگری نیز تولید می‌شود.

در چرخه کربس نه تنها مولکول‌های  $NADH$  و  $FADH_2$  که پرانرژی هستند، ایجاد می‌شوند، بلکه مولکول آغازگر چرخه نیز مجدداً تولید می‌شود. چرخه با ورود یک مولکول دیگر استیل کوآنزیم A، مجدداً آغاز می‌شود.

### تفکر نقادانه

آنزیمی که در تبدیل پرووات به استیل کوآنزیم A کمک می‌کند به ویتامین  $B_1$  (تیامین) نیاز دارد. تیامین در بدن انسان ساخته نمی‌شود. بر این اساس چه استدلالی در مورد نیازهای تغذیه‌ای انسان می‌کنید؟ کمبود تیامین در سلول‌ها چگونه بر کار آنها تأثیر می‌گذارد؟

### بیشتر بدانید



### چگونه یک دانشمند موفق باشیم؟

قبلاً اشاره کردیم که در پدیده تنفس سلولی، گلوکز طی مجموعه‌ای از مراحل شیمیایی اکسید می‌شود. بسیاری از این مراحل را دانشمندی آلمانی، به نام «هانس کربس» کشف کرد و به همین دلیل نیز موفق به کسب جایزه نوبل در سال ۱۹۵۳ شد. او پیشنهادهای مفید و جالبی راجع به خصوصیات یک دانشمند موفق دارد که چند مورد از آنها را در این جا به اختصار می‌آوریم:

- از شرایط لازم برای موفقیت در کار علمی، دارا بودن مهارت‌های فنی و علمی است.
- مهارت‌های فنی و علمی شخص را یاری می‌دهند تا با امکانات موجود موفقیت بیشتری کسب کند.
- پژوهشگر باید در راه رسیدن به هدفش سختی‌ها را تحمل کند و نتایج به دست آمده را صریح و روشن بیان کند.

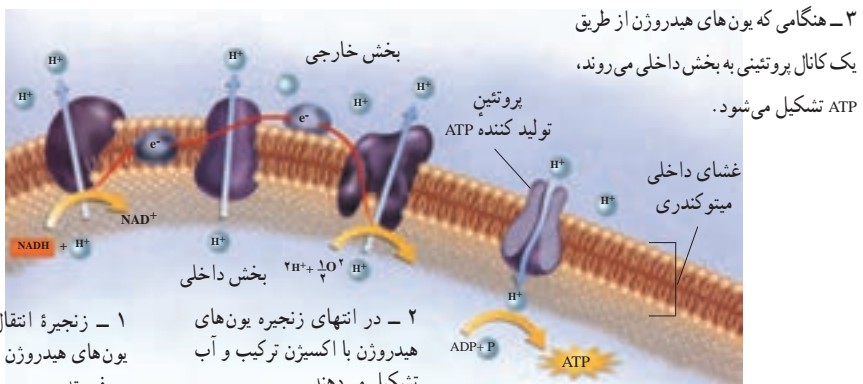
– شاید مهم ترین خصوصیت یک پژوهشگر، تواضع و فروتنی او باشد. این خصوصیت شخص را به استقلال در تفکر و تحلیل می‌رساند و او را در ادامه تحقیقاتش ثابت قدم می‌کند.

– هدف اولیه از تحقیق باید رسیدن به قوانین ارزشمند و اصول صحیح و بنیادی مطلب مورد مطالعه باشد.

علاوه بر ویژگی‌هایی که کریس برشمرده است، توجه به جنبه‌های اخلاقی و کاربرد درست یافته‌های علمی از موارد مهمی است که دانشمندان و پژوهشگران باید آن را در نظر داشته باشند. چنین ضرورتی سبب شده است تا دانشمندان و صاحب‌نظران با تلفیق علم و اخلاق، شاخه‌های جدیدی از علم مانند اخلاق زیستی، اخلاق پزشکی و اخلاق نانو فناوری را شکل دهند.

### زنجیره انتقال الکترون: در تنفس هوازی الکترون‌های مولکول‌های NADH و FADH<sub>2</sub>

از زنجیره انتقال الکترون می‌گذرند (شکل ۱۳-۸). زنجیره انتقال الکترون سلول‌های یوکاریوتی در غشای داخلی میتوکندری‌ها قرار دارد. انرژی الکترون‌هایی که از این زنجیره می‌گذرند، برای تلمبه کردن یون‌های هیدروژن از بخش داخلی میتوکندری به بخش خارجی آن (فضای بین دو غشای میتوکندری)، مصرف می‌شود. با تجمع یون‌های هیدروژن در بخش خارجی میتوکندری، یک شیب غلظت بین دو سوی غشای داخلی تولید می‌شود. به همین دلیل یون‌های هیدروژن تمایل دارند که وارد بخش درونی میتوکندری شوند. یون‌های هیدروژن از طریق نوعی پروتئین، به بخش درونی میتوکندری می‌روند. این پروتئین هنگام عبور یون‌های هیدروژن با افزودن گروه فسفات به ADP، مولکول ATP می‌سازد. در زنجیره نقل و انتقال الکترون‌ها به ازای هر مولکول NADH، سه مولکول ATP و به ازای هر مولکول



شکل ۱۳-۸- زنجیره انتقال الکترون در تنفس هوازی. زنجیره انتقال الکترون در غشای درونی میتوکندری ATP می‌سازد.

$FADH_2$ ، دو مولکول ATP تولید می‌شود. در انتهای زنجیره انتقال الکترون، یون‌های هیدروژن و الکترون‌ها به مولکول‌های اکسیژن می‌پیوندند و مولکول‌های آب تولید می‌کنند. بنابراین در زنجیره انتقال الکترون، اکسیژن نقش آخرین پذیرنده الکترون را دارد.

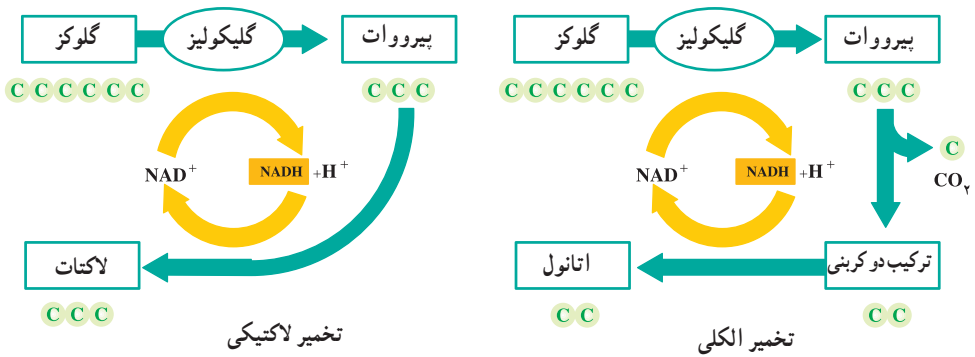
**در نبود اکسیژن، تخمیر رخ می‌دهد:** اگر اکسیژن کافی برای انجام تنفس هوازی نباشد چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ چون آخرین پذیرنده الکترون یعنی اکسیژن وجود ندارد، زنجیره انتقال الکترون کارآمد نیست. بنابراین الکترون‌ها از NADH منتقل نمی‌شوند و  $NAD^+$  بازسازی نمی‌شود. به همین علت وقتی اکسیژن نباشد  $NAD^+$  به طریق دیگری بازسازی می‌شود. در تخمیر الکترون‌هایی که NADH حمل می‌کند به پرووات حاصل از گلیکولیز یا یک پذیرنده آلی دیگر منتقل می‌شوند و آن را احیا می‌کنند که در نتیجه  $NAD^+$  نیز بازسازی می‌شود. این فرایند، یعنی بازسازی  $NAD^+$  با استفاده از یک پذیرنده آلی هیدروژن، تخمیر نامیده می‌شود. به عبارت دیگر تخمیر تجزیه گلوکز در عدم حضور اکسیژن است. باکتری‌ها بیش از ۱۲ نوع تخمیر انجام می‌دهند و از پذیرنده‌های آلی مختلفی برای بازسازی  $NAD^+$  استفاده می‌کنند. تخمیر لاکتیک اسید و تخمیر الکلی، دو نوع مهم تخمیر هستند. از تخمیر لاکتیک اسید که بعضی از باکتری‌ها و قارچ‌ها انجام می‌دهند، برای تولید ماست و انواعی از پنیرها استفاده می‌شود.

**تخمیر لاکتیک/اسید:** بعضی از موجودات زنده با استفاده از تخمیر لاکتیک اسید، پرووات ۳ کربنی را به لاکتات که آن نیز ۳ کربنی است، تبدیل می‌کنند (شکل ۱۴-۸). لاکتات یون لاکتیک اسید است. مثلاً هنگام ورزش شدید، پروواتی که در ماهیچه‌های ما وجود دارد، در صورت کمبود اکسیژن در سلول‌های ماهیچه‌ای، به لاکتات تبدیل می‌شود. تخمیر موجب می‌شود در صورت کمبود اکسیژن نیز تا موقعی که گلوکز در سلول وجود دارد، فرایند گلیکولیز انجام و ATP تولید شود. لاکتات اضافی با جریان خون از سلول‌های ماهیچه‌ای دور می‌شود. در صورتی که لاکتات از سلول‌های ماهیچه‌ای خارج نشود، مقدار آن افزایش می‌یابد و موجب درد ماهیچه‌ای می‌شود.

**تخمیر الکلی:** در جاندارانی که تخمیر الکلی رخ می‌دهد، پرووات سه کربنی به اتانول دو کربنی تبدیل می‌شود. در این فرایند  $CO_2$  آزاد می‌شود. تخمیر الکلی یک فرایند دو مرحله‌ای است (شکل ۱۴-۸): نخست پرووات با آزاد شدن  $CO_2$  به ترکیبی دو کربنی تبدیل می‌شود، سپس الکترون‌های یک مولکول NADH به این ترکیب دو کربنی منتقل و اتانول تولید می‌شود. در این نوع تخمیر نیز مولکول  $NAD^+$  بازسازی می‌شود و بنابراین با انجام گلیکولیز تولید ATP ادامه می‌یابد.

پيرووات در تخمير الكلي به اتانول تبديل مي شود و گاز  $CO_2$  توليد مي كند.

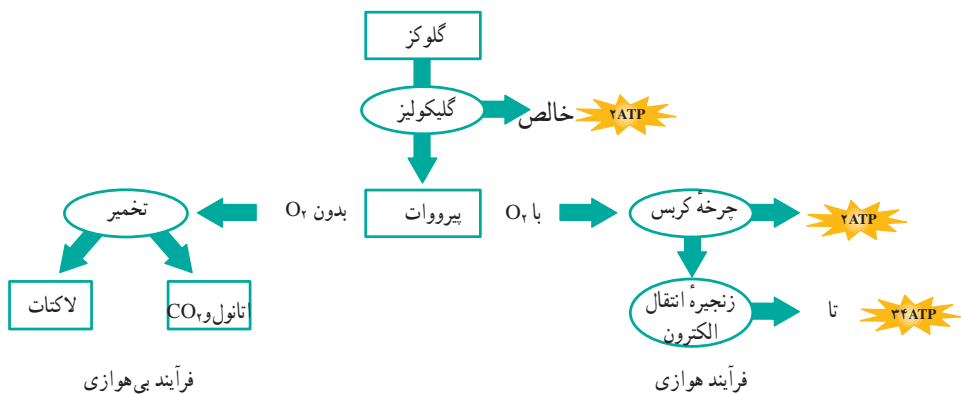
پيرووات در تخمير لاکتيك به لاکتات تبديل مي شود.



شکل ۱۴-۸ - دو نوع تخمير. در نبود اکسيژن با انجام تخمير  $NAD^+$  بازسازي مي شود.

مخمرها از جاندارانی هستند که تخمير الكلي انجام مي دهند و در نانوايي کاربرد دارند. دي اکسيد کربن حاصل از عمل مخمرها موجب ور آمدن خمير مي شود. الکل براي مخمرها سمی و کشنده است. مخمرها تا غلظت حدود ۱۲ درصد الکل را مي توانند تحمل کنند.

مقایسه فرآیندهای تنفس بی هوازی با تنفس هوازی: مقدار کلي ATP که سلول مي تواند از مولکول قند وارد شده به گليکوليز برداشت کند، به وجود يا نبود اکسيژن بستگي دارد. سلول ها در حضور اکسيژن از بيشترين مقدار انرژی بهره مند مي شوند (شکل ۱۵-۸). گلوکز در اولين مرحله از تنفس سلولي (گليکوليز) به مولکول پيرووات شکسته مي شود. گليکوليز فرآيندي بی هوازی است. در اين مرحله بازده خالص ATP دو مولکول است. در مرحله دوم تنفس سلولي، پيرووات يا از مسير هوازی، يا از مسير بی هوازی (تخمير) عبور مي کند. وقتی اکسيژن موجود باشد، تنفس هوازی رخ مي دهد و اگر اکسيژن موجود نباشد تخمير صورت مي گيرد.  $NAD^+$  که در تخمير توليد مي شود، توليد مداوم ATP را ممکن مي سازد. بنابراین در تخمير نيز مقدار کمی ATP توليد مي شود؛ اگرچه بيشترين مقدار ATP سلولي حاصل تنفس هوازی است. به ازای هر مولکول گلوکزي که شکسته مي شود ۲ مولکول ATP به طور مستقيم در چرخه کربس توليد مي شود و حدود ۳۴ مولکول ATP بعداً در زنجيره انتقال الکترون توليد مي شوند.



شکل ۱۵-۸- اثر اکسیژن بر تولید ATP

## فعالیت



- ۱- تفاوت‌های اساسی بین تنفس هوازی و بی‌هوازی را شرح دهید.
- ۲- سرنوشت اتم‌های کربن حاصل از تنفس چیست؟
- ۳- توضیح دهید چرا تخمیر فقط تا مدت زمان مشخصی ادامه دارد؟
- ۴- در چه موقعیت‌هایی در گیاهان و سلول‌های جانوری به مدت کوتاهی تنفس بی‌هوازی رخ

می‌دهد؟

## فعالیت



- ۱- درباره مواردی که در آنها از تخمیر برای تهیه غذا استفاده می‌کنند و میکروارگانیسم‌هایی که این کار را انجام می‌دهند، تحقیق کنید.
- ۲- درباره نقش تخمیر الکلی در تهیه نان تحقیق کنید.
- ۳- گزارشی از یافته‌های خود بنویسید و در کلاس ارائه دهید.



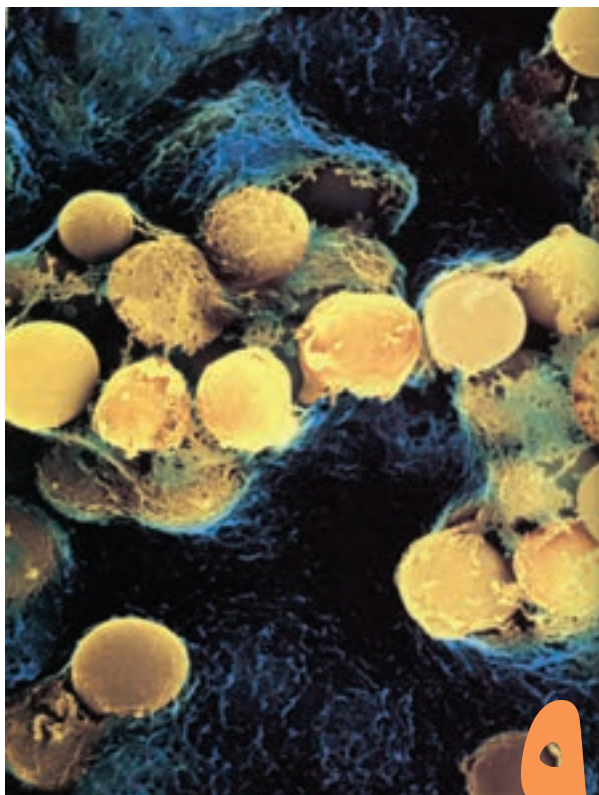
## تفکر نقادانه

گلوکز اضافی خون در کبد به صورت گلیکوژن ذخیره می‌شود. بدن چگونه می‌فهمد که چه موقع باید گلوکز را به گلیکوژن و چه موقع گلیکوژن را به گلوکز تبدیل کند؟

## خودآزمایی



- ۱- محصولات گلیکولیز را نام ببرید. نقش هریک از آنها در تنفس سلولی چیست؟
- ۲- نقش چرخه کربس و زنجیره‌های انتقال الکترون را در تنفس هوازی به طور خلاصه بیان کنید.
- ۳- نقش تخمیر را در دومین مرحله تنفس سلولی شرح دهید.
- ۴- تخمیر لاکتیک اسید و تخمیر الکلی را با هم مقایسه کنید.
- ۵- چرا تنفس سلولی با حضور اکسیژن کارآیی بیشتری دارد؟



باکتری‌های  
استرپتوکوکوس  
( $\times 10200$ )

## ویروس‌ها و باکتری‌ها

گلودرد ممکن است در اثر عفونت بافت‌های گلو با نوعی باکتری «استرپتوکوکوس» باشد. اگرچه بعضی باکتری‌ها و ویروس‌ها بیماری‌زایند، اما امروزه در آزمایشگاه‌های مهندسی ژنتیک از ویروس‌ها و باکتری‌ها به فراوانی استفاده می‌شود. باکتری‌ها امروزه منبع مهم تولیدکننده غذا، دارو و بعضی محصولات صنعتی به شمار می‌روند.

### پیش‌نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :
- ویژگی‌های جانداران را شرح دهید،
- ویژگی‌های پروکاریوت‌ها را فهرست کنید،
- DNA را با RNA مقایسه کنید.

## آیا ویروس زنده است؟

در کتاب علوم زیستی و بهداشت سال اول دبیرستان، با ویژگی‌های جانداران آشنا شدیم. آموختیم که همه جانداران از سلول ساخته شده‌اند و فعالیت هر سلول تحت کنترل اطلاعاتی است که در ماده وراثتی آن ذخیره شده است. هم‌چنین دانستیم که جانداران قادر به رشد و تولیدمثل‌اند. کوچک‌ترین جاننداری که این ویژگی‌ها را دارد، باکتری است.

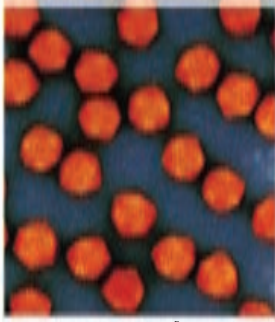
ویروس، قطعه‌ای از نوکلئیک اسید است که درون پوششی از پروتئین قرار دارد. ویروس‌ها از باکتری‌ها بسیار کوچک‌ترند (شکل ۱-۹). بیش‌تر ویروس‌ها فقط با میکروسکوپ الکترونی قابل مشاهده‌اند. ویروس‌ها همگی برای تولید مثل وارد سلول‌ها می‌شوند و با آلوده کردن سلول میزبان و استفاده از امکانات آن، تولیدمثل می‌کنند. منظور از «آلوده کردن»، وارد شدن ویروس یا ماده ژنتیک آن به درون سلول است. چون ویروس‌ها همه ویژگی‌های حیات را ندارند، زیست‌شناسان آنها را زنده نمی‌شمارند. ویروس‌ها رشد نمی‌کنند، هومئوستازی (حالت پایدار) ندارند و متابولیسمی درون آنها رخ نمی‌دهد؛ اما در بسیاری از جانداران باعث بروز بیماری می‌شوند و بنابراین تأثیر مهمی بر دنیای زنده بر جای می‌گذارند.



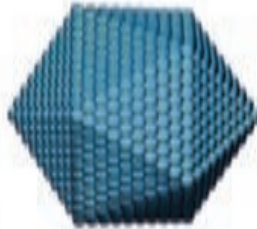
شکل ۱-۹- ویروس آنفلوآنزا. اگر ۱۰۰ ویروس آنفلوآنزا در کنار یکدیگر قرار بگیرند، طول آنها برابر طول یک باکتری می‌شود.

## ویروس‌ها شکل‌های مختلف دارند.

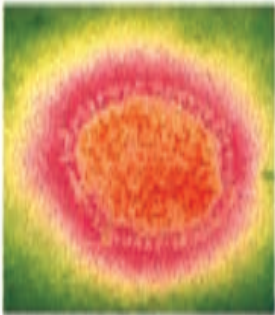
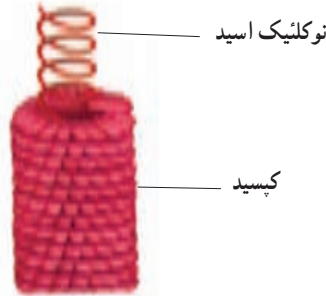
پوشش پروتئینی ویروس، کپسید نام دارد. درون کپسید ممکن است DNA یا RNA وجود داشته باشد (اما نه هر دو). از ویروس‌های RNA دار می‌توان به ویروس نقص ایمنی اکتسابی (HIV)<sup>۱</sup> که باعث ایدز می‌شود، ویروس آنفلوآنزا و ویروس‌های اشاره کرد. از ویروس‌های DNA دار می‌توان ویروس آبله مرغان و زگیل را نام برد. بسیاری از ویروس‌ها، نظیر ویروس آنفلوآنزا که در شکل ۲-۹



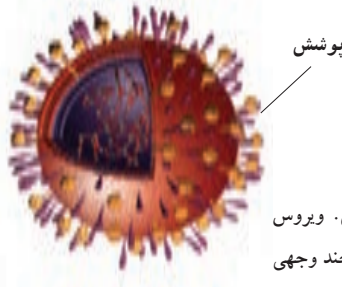
(۱۳۵۰۰۰×) آدنو ویروس (چند وجهی)



(۱۲۵۰۰۰×) موزاییک تنباکو (مارپیچی)



(۲۰۲۵۰۰×) آنفلوآنزا (کروی پوشش دار)

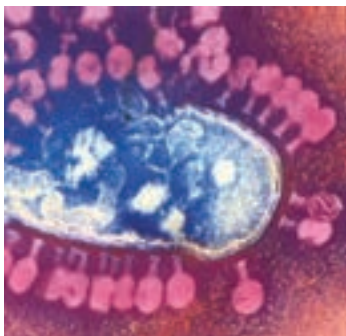


شکل ۲-۹- ساختار ویروس. ویروس ممکن است کروی، مارپیچی، یا چند وجهی باشد.

نشان داده شده است، غشایی دارند که پوشش نامیده می‌شود و کپسید را احاطه می‌کند. پوشش، ویروس را در ورود به سلول یاری می‌کند و از پروتئین، لیپید و گلیکو پروتئین ساخته شده است. این مولکول‌ها از سلول میزبان قبلی تأمین شده‌اند. بعضی از ویروس‌ها ممکن است آنزیم‌های مخصوصی نیز همراه داشته باشند.

بیشتر ویروس‌ها به یکی از این دو شکل اند: ماریچی یا چند وجهی. ویروس‌های ماریچی شکل، مثل TMV، ظاهری میله مانند دارند و پروتئین‌های سازنده کپسید آنها ماریچ وار اطراف نوکلئیک اسید را فرا گرفته‌اند. ویروس چندوجهی، مانند آدنوویروس وجوه متعددی دارد. در بیشتر ویروس‌های چند وجهی، کپسید از ۲۰ وجه مثلثی شکل تشکیل شده است. این شکل، کارآمدترین شکل کپسید، برای گنجاندن ژنوم ویروس است (شکل ۲-۹).

ویروس‌هایی که باکتری‌ها را آلوده می‌کنند، باکتريوفاژ نامیده می‌شوند. باکتريوفاژها ساختار پیچیده‌ای دارند. کپسید آنها چند وجهی است و یک دم ماریچی به آن متصل است. مولکول طویل نوکلئیک اسید آن قدر پیچ و تاب خورده است که توانسته درون کپسید چندوجهی آن‌ها جای بگیرد.



شکل ۳-۹- باکتريوفاژهایی که یک باکتری را آلوده کرده‌اند. ابتدا باکتريوفاژها به باکتری متصل می‌شوند بعد نوکلئیک اسید خود را به درون سلول تزریق می‌کنند و سرانجام سلول را وادار می‌کنند ویروس را تکثیر کنند.

### ویروس‌ها درون سلول‌های زنده همانندسازی می‌کنند.

ویروس‌ها آنزیم‌های لازم برای متابولیسم و نیز ساختارهای لازم برای پروتئین‌سازی را ندارند. بنابراین مجبورند برای همانندسازی به سلول‌های زنده (سلول‌های میزبان) متکی شوند. بنابراین قبل از آنکه ویروس بتواند همانندسازی کند، باید سلول زنده‌ای را آلوده کرده باشد.

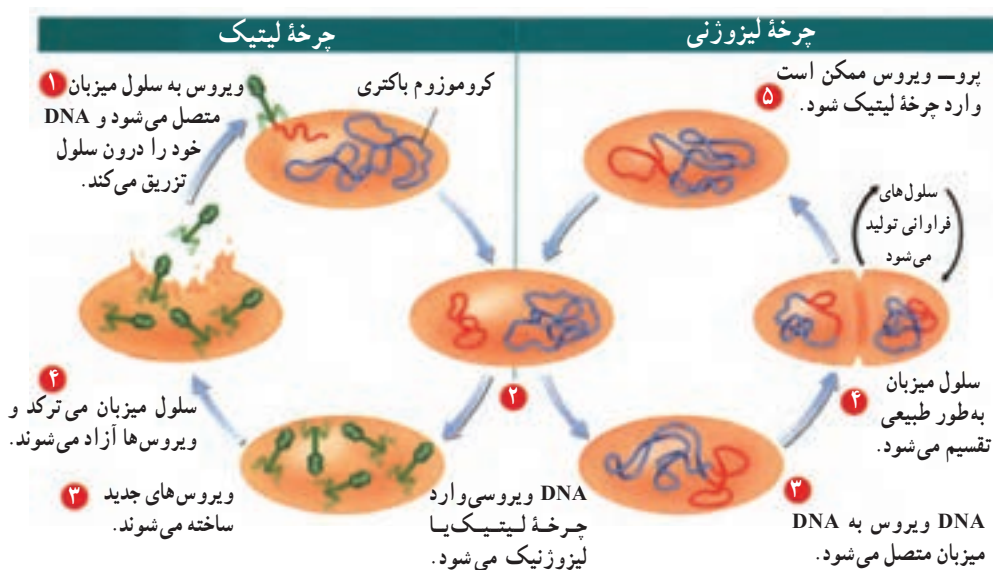
ویروس‌ها، سلول‌ها را از راه‌های گوناگون آلوده می‌کنند. باکتريوفاژها دیواره سلولی باکتری را سوراخ و بعد نوکلئیک اسید خود را به درون آن تزریق می‌کنند. ویروس‌های گیاهی، مثل TMV، از طریق شکاف‌های کوچکی که در دیواره سلولی ایجاد شده است، به سلول وارد می‌شوند. ویروس‌های

جانوری از طریق آندوسیتوز به سلول وارد می‌شوند.

زیان ویروس‌ها وقتی آشکار می‌شود که درون سلول‌ها همانندسازی خود را آغاز می‌کنند. ورود ویروس به درون سلول به خودی خود مضر نیست، اما بعد از چند صد مرتبه همانندسازی، تعداد ویروس‌ها آن قدر زیاد می‌شود که سلول می‌ترکد و از بین می‌رود. آسیب سلول‌ها ممکن است در نهایت به آسیب اندام‌ها منجر شود به شرطی که تعداد بافت‌هایی که از بین می‌روند، برای از کار افتادن یک اندام کافی باشد.

گاهی ویروس بعد از آن که سلولی را آلوده کرد، شروع به همانندسازی می‌کند و ویروس‌های جدیدی را می‌سازد. به این مسیر، چرخه لیتیک می‌گوییم. اما گاهی ویروس تا مدتی درون سلول باقی می‌ماند و همانندسازی نمی‌کند. این مسیر را چرخه لیزوژنی می‌نامیم.

**چرخه لیتیک:** مراحل آلوده‌سازی سلول، همانندسازی ویروس همراه با تخریب سلول را چرخه لیتیک می‌نامیم. ژن‌های ویروسی، بعد از آن که وارد سلول شدند، امکانات سلول میزبان را در اختیار می‌گیرند و به تولید ژن‌های ویروسی و نیز پروتئین‌های ویروسی، مثل کپسید می‌پردازند. سپس پروتئین‌ها و ژن‌های ویروسی - در واقع نوکلئیک اسید ویروس - با آرایش مخصوصی کنار هم قرار می‌گیرند و ویروس کامل را پدید می‌آورند. این چرخه در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.



شکل ۴-۹- تکثیر ویروس در باکتری. ویروس‌ها در باکتری‌ها می‌توانند از طریق چرخه لیتیک یا لیزوژنی تکثیر شوند.

**چرخه لیزوژنی :** گاهی ویروس‌ها بعد از آن که سلولی را آلوده کردند، تا مدتی درون سلول میزبان باقی می‌مانند، اما ویروس جدیدی نمی‌سازند. ژن‌های ویروسی به جای آن که به تولید ذرات ویروسی جدید بپردازند، خود را درون کروموزوم میزبان جای می‌دهند. در این حالت به آنها پرو-ویروس<sup>۱</sup> گفته می‌شود. با هر بار تقسیم سلول، پرو-ویروس نیز تقسیم می‌شود و در نتیجه سلول‌های حاصل نیز به ویروس آلوده‌اند. در این چرخه، که چرخه لیزوژنی نام دارد، ژنوم ویروسی همانندسازی می‌کند، بدون آن که سلول میزبان تخریب شود (شکل ۴-۹). در بعضی از ویروس‌های لیزوژنی، بروز تغییر در محیط ممکن است سبب شود تا پرو-ویروس چرخه لیتیک را آغاز کند. بدیهی است در این صورت سلول میزبان تخریب می‌شود.

در سلول‌های جانوری، ویروس‌ها می‌توانند آن قدر آهسته همانندسازی کنند که سلول میزبان تخریب نشود. مثلاً ویروس مولد تبخال آدمی، در سلول‌های عصبی صورت پنهان می‌شود. وقتی شرایط بدن برای فعالیت ویروس مناسب شد، مثلاً وقتی که در فشار روحی هستیم یا تب می‌کنیم، ویروس موجب آسیب بافتی می‌شود و ما آن را به صورت تبخال مشاهده می‌کنیم.

**ویروس‌ها میزبان‌های ویژه دارند :** مثلاً TMV گیاه تنباکو و گیاهان خویشاوند آن را آلوده می‌کند و نمی‌تواند جانوران را آلوده کند. براساس فرضیه‌ای علت این ویژگی به منشأ ویروس‌ها برمی‌گردد. طرفداران این فرضیه بر این باورند که ویروس‌ها هنگامی پدید آمدند که قطعاتی از نوکلئیک اسید سلول‌ها به خارج از سلول راه پیدا کردند.

**HIV می‌تواند در سلول‌های انسان همانندسازی کند :** نشانگان نقص ایمنی اکتسابی (ایدز) نوعی بیماری است که در آن فرد توانایی دفاع علیه عوامل بیماری‌زا را از دست می‌دهد و به عفونت‌هایی مبتلا می‌شود که معمولاً در افراد سالم رخ نمی‌دهند.

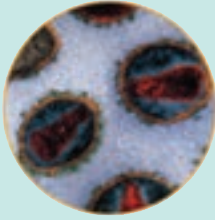
افرادی که با HIV آلوده شده‌اند ممکن است تا سال‌ها علائم ایدز را نشان ندهند. بنابراین، فردی که با HIV آلوده شده است احساس تندرستی می‌کند و همین امر موجب انتشار ویروس از او به دیگران می‌شود.

HIV طی تماس‌های عادی روزمره از فرد آلوده به فرد سالم منتقل نمی‌شود. HIV در مایعات بدن (مثل مایع محتوی اسپرم، مایع واژینال و خون) یافت می‌شود. بنابراین از طریق روابط جنسی، تزریق با سوزن آلوده یا انتقال خون، از فرد آلوده به فرد سالم منتقل می‌شود. همچنین طی دوران بارداری یا شیردهی، HIV از مادر به کودک منتقل می‌شود.

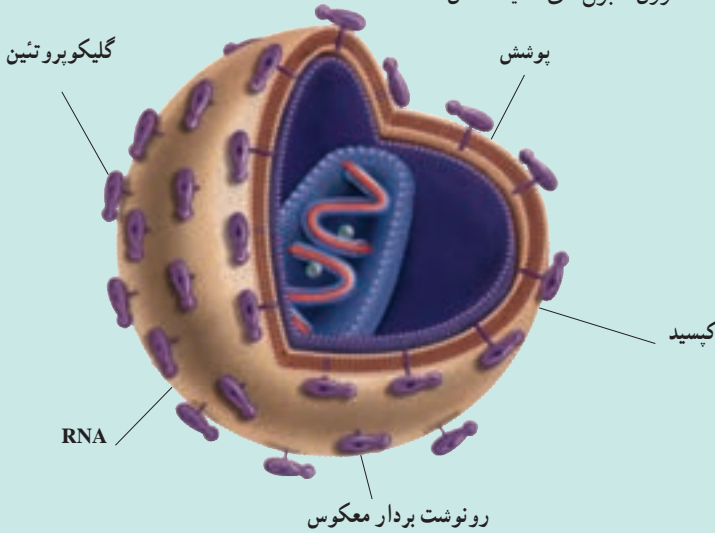


بیشتر بدانید

## ویروس ایدز در نمای نزدیک



- نام: ویروس نقص ایمنی اکتسابی آدمی (HIV)
- اندازه: ۱۲۵ nm
- زیستگاه: درون گلبول‌های سفید انسان



## ویژگی‌ها

پروتئین‌های ویروسی: گلیکو پروتئین‌ها در پوشش HIV جای گرفته‌اند. این مولکول‌ها، ویروس را قادر می‌سازند که گلبول‌های سفید آدمی را شناسایی کند و به درون آنها وارد شود.

پوشش: پوشش خارجی از یک لایه دوگانه لیپیدی، که از غشای سلول‌های میزبان مشتق شده است، تشکیل می‌شود. زیر پوشش، لایه‌ای پروتئینی به نام کپسید قرار دارد.

ماده ژنتیکی: ژنوم HIV از دو مولکول RNA تک رشته‌ای، به طول ۹۰۰۰ نوکلئوتید، ساخته شده و حاوی ۹ ژن است. ۳ ژن از این ۹ ژن در دیگر ویروس‌ها نیز یافت می‌شود.

همانندسازی: HIV به آنزیم رونوشت بردار معکوس<sup>۱</sup> مجهز شده است. درون سلول، این آنزیم از RNA ویروس، مولکول DNA می‌سازد. سپس با استفاده از دستگاه پروتئین‌سازی سلول، به تولید هزاران ویروس جدید می‌پردازد. ویروس‌های تولید شده از طریق جوانه‌زدن یا ترکاندن سلول، از آن خارج می‌شوند.

<sup>۱</sup> Reverse transcriptase



پریون‌ها و ویروئیدها: در سال ۱۹۸۲، استانلی پروزینر<sup>۱</sup>، ذرات عفونی جدیدی را کشف کرد. این ذرات که پریون نام دارند از پروتئین ساخته شده‌اند و نوکلئیک اسید ندارند. بیماری‌زایی پریون‌ها بر پایه تغییر شکل پروتئین‌ها استوار است. شکل و ساختار پریونی که باعث بیماری می‌شود، به گونه‌ای تغییر می‌کند که قادر به کار نیست و بنابراین بیماری‌زاست. این پریون می‌تواند بر اثر تماس با پریونی که به‌طور طبیعی در بدن وجود دارد، شکل آن را نیز تغییر دهد و آن را به پریون بیماری‌زا تبدیل کند. پریون‌ها اولین بار به یک بیماری گوسفندی نسبت داده شدند. بعد، دانشمندان دریافتند که عامل بیماری‌های جنون گاوی نیز پریون است. اگر کسی از گوشت آلوده به پریون بیماری‌زا بخورد، بیمار می‌شود. ویروئید تک رشته‌ای از RNA است که کپسید ندارد. ویروئیدها از عوامل مهم بیماری‌زایی در گیاهان‌اند.

## خودآزمایی



- ۱- ویژگی‌های ویروس‌ها را با جانداران مقایسه کنید.
- ۲- آزمایش استنلی را روی TMV توضیح دهید.
- ۳- اجزای مختلف ویروس را نام ببرید.
- ۴- مراحل همانندسازی ویروس را فهرست‌وار بیان کنید.

## تفکر نقادانه

در مورد این گفته بحث کنید: «ویروس‌هایی مانند HIV جدید هستند».

ساختار باکتری‌ها از ساختار یوکاریوت‌ها ساده‌تر است.

باکتری‌ها حداقل در هفت مورد با یوکاریوت‌ها تفاوت دارند.

۱- هسته: باکتری‌ها پروکاریوت‌اند و برخلاف یوکاریوت‌ها مادهٔ وراثتی آنها درون هسته سازمان نیافته است.

۲- اندازهٔ سلول: بیش‌تر باکتری‌ها در حدود  $1\mu\text{m}$  قطر دارند. سلول‌های یوکاریوتی به‌طور متوسط  $10^\circ$  برابر بزرگ‌تر از باکتری‌ها هستند.

بیش‌تر بدانید



### بزرگ‌ترین باکتری چه اندازه است؟

در سال ۱۹۹۹ دانشمندان اعلام کردند که موفق به کشف نوعی باکتری شده‌اند که بزرگ‌ترین باکتری کشف شده تا آن زمان است. این باکتری که تیومارگاریتا نامیبین سیس<sup>۱</sup> نام دارد، در نامیبیا یافت شده و  $5\text{mm}/^\circ$  قطر دارد.

۳- پرسلولی بودن: باکتری‌ها تک سلولی‌اند. گاهی بعضی از باکتری‌ها به هم می‌چسبند و ساختارهای رشته‌مانندی را پدید می‌آورند. اما نمی‌توان چنین ساختارهایی را پرسلولی نامید، چون برخلاف جانداران پرسلولی واقعی سیتوپلاسم آنها ارتباط مستقیمی با یکدیگر ندارد.

۴- کروموزوم: کروموزوم باکتری از DNA حلقوی تشکیل شده است، اما کروموزوم یوکاریوتی حاوی DNAی خطی است که پروتئین‌هایی به آن متصل است.

۵- تولیدمثل: باکتری‌ها از طریق تقسیم دوتایی تولیدمثل می‌کنند، اما سلول‌های یوکاریوتی به سبب داشتن هسته تولیدمثل پیچیده‌تری دارند. تولیدمثل این سلول‌ها هم تقسیم هسته را شامل می‌شود و هم تقسیم سیتوپلاسم را.

۶- تاژک و پیلی: تاژک باکتری ساختار ساده‌ای دارد و از یک تار پروتئین تشکیل شده است

۱ - Thiomargarita namibiensis

که با حرکات خود، باکتری را به جلو می‌راند. بعضی از باکتری‌ها برآمدگی‌های کوتاه‌تر، اما ضخیم‌تری به نام پیلی دارند. پیلی به باکتری کمک می‌کند که به سطوح مختلف یا دیگر سلول‌ها بچسبد (شکل ۹-۵) و باکتری‌ها را قادر می‌سازد تا ماده ژنتیک خود را طی فرایندی به نام هم‌یوغی<sup>۱</sup> مبادله کنند. در پروکاریوت‌ها، پیلی یک باکتری به باکتری دیگر می‌چسبد و ماده ژنتیک، از باکتری دارای پیلی به باکتری بدون پیلی منتقل می‌شود. هم‌یوغی به باکتری‌ها امکان می‌دهد تا ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها را از سرده‌ای به سرده‌ی دیگر منتشر کنند.

۷- گوناگونی متابولیسمی: باکتری‌ها توانایی‌های متابولیسمی متعددی دارند که یوکاریوت‌ها از آنها بی‌بهره‌اند. مثلاً باکتری‌ها قادر به انجام چند نوع فرایند بی‌هوازی و هوازی هستند، حال آن‌که یوکاریوت‌ها عمدتاً جاندارانی هوازی‌اند.



شکل ۹-۵- تاژک و پیلی. باکتری‌ها با داشتن تاژک می‌توانند حرکت کنند و با داشتن پیلی می‌توانند به سطوح مختلف بچسبند.

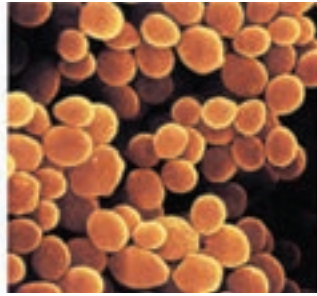
### ساختار سلول باکتری منحصر به فرد است.

سلول باکتری معمولاً به یکی از این سه شکل اصلی دیده می‌شود (شکل ۶-۹): باسیلوس، که میله‌ای شکل است، کوکوس که کروی شکل است و اسپیریلیوم که مارپیچی است. تعداد اندکی از انواع باکتری‌ها می‌توانند به یک‌دیگر متصل شوند و ساختارهایی رشته‌ای پدید آورند. اگر اجتماع باکتری‌ها به صورت رشته‌ای باشد، آنها را با پیشوند استرپتو و اگر به صورت خوشه‌ای باشد، آنها را با پیشوند استافیلو مشخص می‌کنند.

<sup>۱</sup> - Conjugation



باسیلوس (میله‌ای شکل)



کوکوس (کروی شکل)



اسپیریلیوم (مارپیچی شکل)

شکل ۶-۹- شکل‌های باکتری‌ها. باکتری‌ها معمولاً به یکی از سه شکل بالا هستند.

باکتری‌ها را بر اساس نوع دیواره سلولی آنها به دو گروه تقسیم می‌کنند: گرم مثبت و گرم منفی. این دو گروه را بر پایه پاسخی که به روش رنگ آمیزی گرم می‌دهند، از یک‌دیگر تشخیص می‌دهند.

رنگ آمیزی گرم در پزشکی از اهمیت فراوان برخوردار است، چون باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی با آنتی‌بیوتیک‌های متفاوتی نابود می‌شوند.

بعضی باکتری‌ها وقتی در شرایط سخت، از جمله کمبود مواد غذایی، خشکی و دمای زیاد، فرار می‌گیرند، دیواره ضخیمی دور تا دور کروموزوم خود می‌سازند. این ساختار، که اندوسپور نام دارد، علاوه بر کروموزوم، مقدار کمی سیتوپلاسم نیز در خود جای داده است. اندوسپور نسبت به تنش‌های محیطی مقاوم است و می‌تواند سال‌ها بعد از تشکیل، رویش خود را از سر گیرد و باکتری فعالی تولید کند.



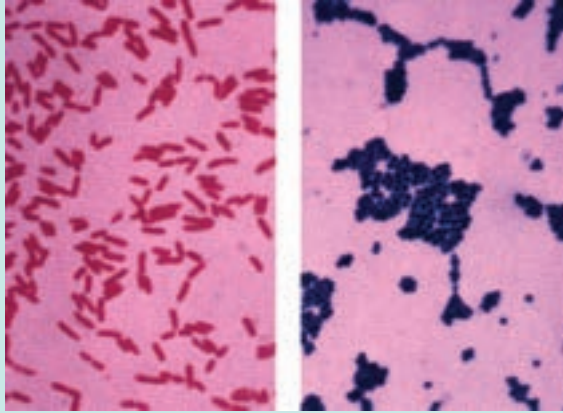
### واکنش گرم

وقتی با یک عفونت باکتریایی بیمار می‌شویم، یکی از اولین مواردی که پزشک درباره باکتری مسبب بیماری می‌خواهد بداند، واکنش گرم آنهاست. دانستن واکنش گرم مهم است، چون حساسیت باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها متفاوت است.

۱- به افتخار Christian Gram کشف کننده این روش رنگ آمیزی.

×۱۳۲۵

×۱۳۲۵



اختلاف باکتری‌های گرم - منفی و گرم - مثبت در این است که باکتری‌های گرم - مثبت نسبت به باکتری‌های گرم - منفی، لایه پپتیدوگلیکانی ضخیم‌تری دارند.

### رنگ‌آمیزی گرم چگونه انجام می‌شود؟

باکتری‌ها ابتدا با رنگ ویوله (بنفش) رنگ‌آمیزی می‌شوند و سپس برای نگه داشتن رنگ در سلول‌ها، یک محلول بدی اضافه می‌شود. بعد سلول‌ها با الکل شسته می‌شوند. الکل، رنگ ویوله را از باکتری‌هایی که نمی‌توانند رنگ را نگه دارند، می‌شوید. سپس باکتری‌ها با یک صورتی روشن رنگ‌آمیزی می‌شوند. باکتری‌های گرم - مثبت نسبت به رنگ‌بری با الکل مقاوم‌اند و رنگ بنفش را نگه می‌دارند. باکتری‌های گرم منفی نمی‌توانند این رنگ را نگه دارند و صورتی رنگ می‌شوند. این اختلافات در شکل بالا نشان داده شده است.

در نتیجه رنگ‌آمیزی گرم، پزشک می‌تواند آنتی‌بیوتیک مؤثرتری را علیه باکتری مسبب بیماری تشخیص دهد.

### باکتری‌ها برحسب شیوه کسب انرژی نیز گروه‌بندی می‌شوند.

باکتری‌ها در زیستگاه‌های بسیار متعدد و گوناگون زندگی می‌کنند و هر جا که یافت شوند از نظر بوم‌شناسی، نقشی کلیدی در زیستگاه خود برعهده دارند.

گروه‌بندی باکتری‌ها براساس شیوه به‌دست آوردن غذا به ما کمک می‌کند تا گوناگونی باکتری‌ها را بهتر درک کنیم. باکتری‌ها را می‌توان برحسب روابط تبارزایی آنها نیز گروه‌بندی کرد.

باکتری‌های فتوسنتزکننده: بخش مهمی از فتوسنتزی که در دنیای زنده رخ می‌دهد، باکتری‌ها

انجام می‌دهند. باکتری‌های فتوسنتزکننده براساس نوع رنگیژه فتوسنتزی به چهار گروه عمده تقسیم می‌شوند. باکتری‌های غیرگوگردی ارغوانی، باکتری‌های گوگردی سبز، باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سیانوباکتری‌ها. باکتری‌های گوگردی سبز و باکتری‌های گوگردی ارغوانی در محیط‌های بی‌هوازی (بدون اکسیژن) رشد می‌کنند. این باکتری‌ها نمی‌توانند از آب، به‌عنوان منبع الکترون برای فتوسنتز استفاده کنند و به‌جای آن از ترکیبات گوگردی، مثل هیدروژن سولفید ( $H_2S$ )، سود می‌جویند. باکتری‌های غیرگوگردی ارغوانی برای فتوسنتز از ترکیبات آلی مثل اسیدها و کربوهیدرات‌ها، به‌عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند. سیانوباکتری‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. به یاد بیاوریم که اکسیژن موجود در جو زمین، به‌وسیله سیانوباکتری‌ها ساخته شده است. سیانوباکتری‌ها غالباً به یک‌دیگر می‌چسبند و رشته‌هایی پدید می‌آورند. هر رشته زنجیره‌ای از سلول‌هاست که در کیسول ژله مانند پیوسته‌ای جای گرفته‌اند. بسیاری از سیانوباکتری‌ها، از قبیل 'آنابنا' می‌توانند نیتروژن را تثبیت کنند (شکل ۷-۹).



شکل ۷-۹- باکتری‌های فتوسنتزکننده. آنابنا، یک سیانوباکتری فتوسنتزکننده است. همان‌طور که در شکل می‌بینید، سلول‌ها به یکدیگر چسبیده‌اند و ساختاری رشته مانند را ایجاد کرده‌اند. درون دو سلول نارنجی رنگ بزرگی که در شکل می‌بینید تثبیت نیتروژن رخ می‌دهد.

## باکتری‌های شیمیواتوتروف

باکتری‌های شیمیواتوتروف انرژی خود را از طریق برداشتن الکترون‌ها از مولکول‌های غیرآلی، مانند آمونیاک ( $NH_3$ )، هیدروژن سولفید ( $H_2S$ ) به‌دست می‌آورند. باکتری‌های شیمیواتوتروفي که در خاک زندگی می‌کنند، مثل نیتروزوموناس<sup>۲</sup> و نیتروباکتر<sup>۳</sup> از نظر کشاورزی و حفظ محیط بسیار حائز اهمیت‌اند، چون نقش شوره‌گذاری را در چرخه نیتروژن برعهده دارند. چنان‌که می‌دانید، شوره‌گذاری فرایندی است که طی آن آمونیاک به‌وسیله اکسیداسیون به نیترات تبدیل می‌شود. نیترات، رایج‌ترین شکل نیتروژن است که گیاهان از آن استفاده می‌کنند.

۱- Anabaena

۲- Nitrosomonas

۳- Nitrobacter

## باکتری‌های هتروتروف

بیش‌تر باکتری‌ها هتروتروف‌اند، یعنی از غذایی که به‌وسیلهٔ جانداران دیگر ساخته شده است تغذیه می‌کنند. باکتری‌های هتروتروف، همراه با قارچ‌ها، از تجزیه‌کنندگان اصلی دنیای زنده‌اند. تجزیه‌کنندگان، پیکر موجودات مرده را تجزیه می‌کنند و مواد غذایی آن را در دسترس سایر جانداران قرار می‌دهند. بیشتر بویی که از خاک استشمام می‌شود ناشی از باکتری‌های هتروتروف است. بیشتر باکتری‌ها هوازی هستند و در حضور اکسیژن زندگی می‌کنند؛ بعضی دیگر می‌توانند در حضور یا در نبود اکسیژن زندگی کنند.

فعالیت‌های باکتری‌های هتروتروف، ممکن است برای انسان مفید یا مضر باشد. مثلاً بیش از نیمی از آنتی‌بیوتیک‌هایی که در اختیار داریم به‌وسیلهٔ گونه‌های متعددی از استرپتومایسز<sup>۱</sup> ساخته می‌شوند. استرپتومایسز، نوعی باکتری رشته‌ای است که در خاک یافت می‌شود.

از سوی دیگر، یکی از گونه‌های استافیلوکوکوس می‌تواند با ترشح سم خود به درون مواد غذایی باعث تهوع، استفراغ و اسهال در افرادی شود که غذای آلوده به استافیلوکوکوس را خورده‌اند. ریزوبیوم‌ها، مهم‌ترین جانداران تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن‌اند. این باکتری‌ها، که هتروتروف‌اند، معمولاً در غده‌های روی ریشهٔ گیاهان (مانند سویا، لوبیا، بادام‌زمینی، یونجه و شبدر) زندگی می‌کنند (شکل ۸-۹). کشاورزان از توانایی ریزوبیوم‌ها در تثبیت نیتروژن استفاده مهمی می‌کنند. آنان هر چندسال یک بار در زمین‌های کشاورزی خود گیاهانی از خانواده پروانه‌واران را می‌کارند تا خاک را از ترکیبات نیتروژن‌دار دوباره غنی سازند.



شکل ۸-۹. باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن. باکتری‌های موجود در غده‌های روی ریشهٔ این لوبیا، حاوی گونه‌ای از باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، متعلق به سردهٔ ریزوبیوم هستند.

۱- Streptomyces

بیشتر بدانید



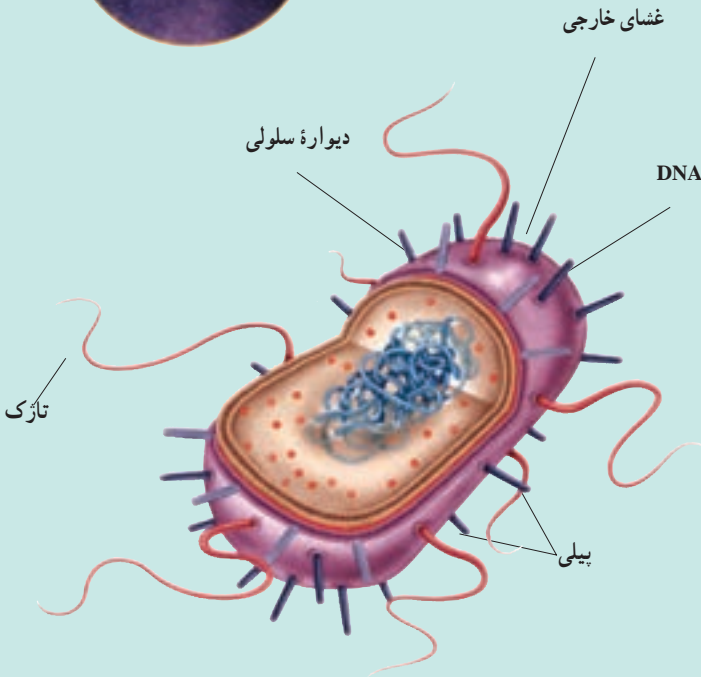
## اشریشیا کُلائی در نمای نزدیک

● نام علمی: اشریشیاکُلائی *Escherichia coli*

● اندازه: تا  $1\mu\text{m}$

● زیستگاه: رودهٔ بسیاری از پستانداران

● روش تغذیه: هتروتروفی



## ویژگی‌ها

ساختار سلولی: اشریشیاکُلائی، سلولی پروکاریوتی است. دیوارهٔ سلولی سختی دارد که از پپتیدوگلیکان ساخته شده است. روی پپتیدوگلیکان، غشای خارجی قرار گرفته که متشکل از لیپید و پلی‌ساکارید است. ا.کُلائی، یوباکتری گرم - منفی است.



## ماده ژنتیک

DNA. کلای مانند DNA تمام باکتری‌ها، مولکولی حلقوی است که در حدود ۵۰۰۰ ژن را در خود جای داده است. قبل از تقسیم سلولی، DNA همانندسازی می‌کند و دو مولکول DNA یکسان پدید می‌آورد.

## تحرك

۱. کلای به کمک تاژک‌های باریکی که دارد، خود را در محیط به جلو پیش می‌برد.

## تولیدمثل

بیشتر باکتری‌ها با تقسیم دوتایی تولیدمثل می‌کنند. در تقسیم دوتایی یک سلول به دو سلول جدید یکسان تقسیم می‌شود. ۱. کلای می‌تواند تقریباً در هر ۲۰ دقیقه یک بار تقسیم شود.

## چسبندگی

۱. کلای مانند بسیاری از باکتری‌های گرم-منفی پیلی دارد. پیلی، برآمدگی‌های کوتاه، باریک و مومانندی است که در سطح باکتری یافت می‌شود. پیلی دو کار مهم را برعهده دارد. اول، چسبیدن به سطوح مختلف مثل سطح جدار روده و دوم، اتصال دو سلول باکتری به یک‌دیگر قبل از فرایند هم‌یوگی است.

## باکتری‌ها به دو روش اساسی بیماری ایجاد می‌کنند.

باکتری‌ها ممکن است از میزبان خود به‌عنوان منبع غذا استفاده کنند: باکتری‌های هتروتروف، غذای خود را از طریق ترشح آنزیم‌های گوارشی و تجزیهٔ مواد آلی موجود در محیط به دست می‌آورند. اگر محیط زیست باکتری‌ها گلو یا شش‌های شما باشد، تغذیهٔ باکتری‌ها نتایج خطرناکی در پی خواهد داشت. مثلاً سل، که یکی از بیماری‌های شش است، توسط مایکوباکتریوم توبرکلوسیز<sup>۱</sup> ایجاد می‌شود. سل، روزگاری از شایع‌ترین علل مرگ و میر بود. در بیشتر موارد، عفونت از طریق تنفس قطره‌های ریز آلوده به باکتری منتقل می‌شود. اگر سل درمان نشود، ممکن است منجر به مرگ شود.

همهٔ باکتری‌های بیماری‌زا کشنده نیستند. مثلاً بعضی از باکتری‌ها عارضه‌هایی را سبب می‌شوند

۱. Mycobacterium tuberculosis

که ما به طور روزمره ممکن است با آنها برخورد کنیم، مثل جوش صورت. جوش صورت در ۸۵ درصد نوجوانان یافت می‌شود. بعضی باکتری‌ها، مثل پروپیونی باکتریوم آکنس<sup>۱</sup>، در غده‌های چربی موجود در پوست رشد می‌کنند. این باکتری‌ها، نوع خاصی از مواد چربی را که در این غده‌ها تولید می‌شوند، متابولیزه می‌کنند. طی بلوغ، غده‌های چربی، مقدار بیشتری چربی تولید می‌کنند. بنابراین تعداد باکتری‌ها به مقدار بسیار زیادی افزایش می‌یابد. در نتیجه منافذی که چربی با عبور از آنها به سطح پوست ترشح می‌شود، مسدود می‌گردند و بنابراین چربی در پوست تجمع می‌یابد و به این ترتیب جوش پدید می‌آید.

## توکسین‌های باکتریایی

دومین روش بیماری‌زایی باکتری‌ها، ترشح ترکیبات شیمیایی است. این مواد شیمیایی – که توکسین نامیده می‌شوند – برای سلول‌های یوکاریوتی سمی هستند. توکسین‌ها ممکن است به درون بدن فرد یا غذای آلوده به باکتری ترشح شوند. مثلاً کورینه باکتریوم دیفتریا<sup>۲</sup>، که باعث بیماری دیفتری می‌شود، در گلو رشد، اما توکسین آن بر قلب، اعصاب، کبد و کلیه‌ها اثر می‌کند.

وقتی باکتری‌ها در غذا رشد و توکسین ترشح می‌کنند، توکسین‌های تولید شده ممکن است در افرادی که از آن غذا می‌خورند، بیماری ایجاد کنند. این نوع بیماری را مسمومیت می‌نامند. مثلاً استفیلوکوکوس اورئوس<sup>۳</sup> شایع‌ترین نوع مسمومیت غذایی را باعث می‌شود. از علائم آن می‌توان به حالت تهوع، استفراغ و اسهال اشاره کرد. این نوع مسمومیت، به ندرت مرگ‌آفرین است.

نوع دیگری از مسمومیت، که کشنده است، در غذاهای کنسرو شده‌ای دیده می‌شود که به خوبی کنسرو نشده‌اند (شکل ۹-۹). گاهی اوقات غذاهای بسته‌بندی شده آن قدر حرارت نمی‌بینند که باکتری‌های اندوسپوردار آنها کشته شوند. کلستریدیوم بوتولینم<sup>۴</sup> یکی از این باکتری‌هاست و توکسین آن که بر دستگاه عصبی انسان اثر می‌کند، بسیار مهلک است. کسی که غذای آلوده به این توکسین را بخورد، به بیماری بوتولیسم<sup>۵</sup> مبتلا می‌شود. از علائم آن می‌توان به دید دوتایی (دوبینی) و فلج‌شدگی اشاره کرد. مبتلایان به این بیماری ممکن است بر اثر ناتوانی در تنفس، بمیرند.

---

۱\_ Propionibacterium acnes

۲\_ Corynebacterium diphtheria

۳\_ Staphylococcus aureus

۴\_ Clostridium botulinum

۵\_ botulism



شکل ۹-۹- رشد بی هوازی.  
باکتری‌هایی که اندوسپور می‌سازند  
می‌توانند در محیط‌های فاقد هوا، درون  
قوطی‌های کسرو رشد کنند. در نتیجه این  
متابولیسم مقدار زیادی گاز تولید می‌شود  
که باعث برآمدن درب قوطی می‌شود.

### می‌توان با بیماری‌های باکتریایی مبارزه کرد.

بیشتر باکتری‌ها در آب جوش یا با مواد شیمیایی مخصوص کشته می‌شوند. استفاده از آب داغ و مواد شوینده از آلوده شدن ظروف آشپزخانه و در نتیجه انتشار بیماری جلوگیری می‌کند. مواد ضدباکتری زیادی نیز به‌طور تجاری تهیه شده‌اند که استفاده از آنها یکی از راه‌های پیشگیری از ابتلا به بیماری است.

### آنتی‌بیوتیک‌ها

در سال ۱۹۲۸، باکتری‌شناسی به نام الکساندر فلمینگ<sup>۱</sup> متوجه شد که قارچی از سرده پنی‌سیلیوم روی محیط کشتی از استافیلوکوکوس اورئوس رشد کرده است. وی دید که در نزدیکی قارچ، باکتری‌ها رشد نکرده‌اند. فلمینگ از این مشاهده نتیجه گرفت که قارچ ماده‌ای ترشح کرده است که باکتری‌ها را می‌کشد (شکل ۹-۱۰). فلمینگ این ماده را جداسازی کرد و آن را پنی‌سیلین نام نهاد. در اوایل دهه ۱۹۴۰ دانشمندان دریافتند که پنی‌سیلین در درمان بیماری‌های باکتریایی، مثل ذات‌الریه، مؤثر است.



شکل ۹-۱۰- آنتی‌بیوتیک‌ها به‌طور  
طبیعی تولید می‌شوند. ظرفی که الکساندر  
فلمینگ دیده بود، شبیه ظرف آگاهی است که در  
شکل مقابل نشان داده شده است. دقت کنید که  
باکتری‌های مجاور قارچ‌ها، از بین رفته‌اند.

۱ - Alexander Fleming

آنتی‌بیوتیک‌ها با فرایندهای سلولی تداخل دارند و چون فرایندهای سلولی در ویروس‌ها رخ نمی‌دهد، بر ویروس‌ها مؤثر نیستند. بعضی از آنتی‌بیوتیک‌ها مثل تتراسایکلین و آمپی‌سیلین در طبیعت کشف شده یا به‌طور شیمیایی ساخته شده‌اند.

## اهمیت‌های باکتری‌ها

با این‌که بعضی باکتری‌ها آدمی را بیمار و غذای او را فاسد می‌کنند، اما فواید بسیار مهمی هم دارند.

### فراورده‌های غذایی و شیمیایی

بسیاری از غذاهایی که می‌خوریم، به‌وسیلهٔ انواع خاصی از باکتری‌ها پردازش شده‌اند. مثلاً غذاهای تخمیری به کمک باکتری‌ها تولید می‌شوند. از مواد غذایی تخمیری می‌توان ماست، پنیر و سرکه را نام برد.

آدمی قادر است باکتری‌ها را برای تولید مواد شیمیایی به‌منظور مصارف صنعتی به خدمت بگیرد. مثلاً، انواع مختلفی از سردهٔ کلوستریدیوم<sup>۱</sup> می‌توانند استون و بوتانول بسازند. بسیاری از ترکیبات مهم شیمیایی از این دو مادهٔ اولیه ساخته می‌شوند.

شرکت‌های مهندسی ژنتیک برای تولید فراورده‌های خود، نظیر داروها و مواد پیچیده‌ای که در پژوهش‌های علمی مورد نیازند، از باکتری‌هایی استفاده می‌کنند که به روش مهندسی ژنتیک، تغییر داده شده‌اند.



شکل ۱۱-۹- دستگاه تخمیرکننده (فرمانتور) صنعتی. باکتری‌ها برای تولید مواد شیمیایی مفید مورد استفاده قرار می‌گیرند.

استفاده از باکتری‌ها در استخراج معادن و پاکسازی محیط : شرکت‌های بهره‌بردار از معدن از باکتری‌ها برای تخلیص کردن عنصر موردنظر از سنگ معدن‌هایی که عیار پایین دارند، استفاده می‌کنند. این سنگ معدن‌ها که مقدار کمی از عنصر موردنظر را در خود جای داده‌اند، حاوی گوگردند. باکتری‌های شیمیواتروف می‌توانند گوگرد را به ترکیبات محلول تبدیل کنند. سنگ معدن را با آب شستشو می‌دهند. آب، ترکیبات محلول گوگردی را می‌شوید و از سنگ معدن جدا می‌کند. آنچه باقی می‌ماند، عنصر موردنظر است. از این روش برای استخراج مس و اورانیوم نیز استفاده می‌شود.

بعضی از باکتری‌ها می‌توانند مواد آلی مختلفی را متابولیزه کنند. از این باکتری‌ها برای پاکسازی آلودگی‌های نفتی و شیمیایی استفاده می‌کنند. برای پاکسازی لکه‌های نفتی، از بودرهایی که حاوی باکتری‌های متابولیزه‌کننده نفت‌اند استفاده می‌شود.

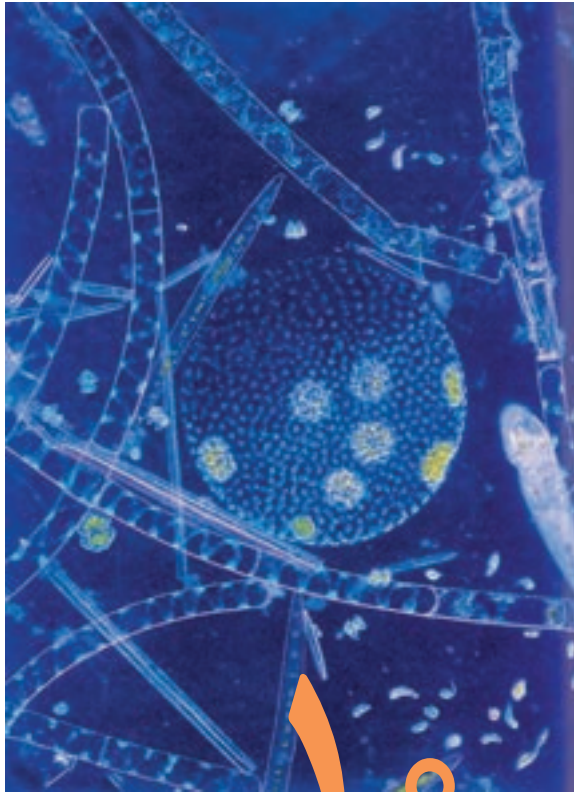
### تفکر نقادانه

پیدایش باکتری‌های مقاوم نسبت به آنتی‌بیوتیک چگونه می‌تواند نقش انتخاب طبیعی را در تغییر گونه‌ها تأیید کند؟

### خودآزمایی



- ۱- هفت تفاوت باکتری‌ها را با یوکاریوت‌ها نام ببرید.
- ۲- چه رابطه‌ای بین متابولیسم، سم، باکتری و بیماری وجود دارد؟
- ۳- رابطه بین فتوسنتز، متابولیسم هتروتروفی و متابولیسم شیمیواتروفی را توضیح دهید.
- ۴- سه راه استفاده از باکتری‌ها را بنویسید.



## آغازیان

در فرمانروی آغازیان جانداران بسیار گوناگونی جای دارند. بسیاری از آنها تک‌سلولی، اما گروهی هم پرسلولی‌اند. چون این جانداران ابتدایی‌ترین، قدیمی‌ترین و آغازی‌ترین یوکاریوت‌ها هستند، به آنها آغازی می‌گوییم.

### پیش‌نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :
- ساختار سلول‌های یوکاریوتی را توضیح دهید،
- اهمیت تولیدمثل جنسی را شرح دهید،
- اهمیت پرسلولی بودن را بیان کنید.

# ۱ ویژگی‌های آغازیان

آغازیان یکی از متنوع‌ترین و قدیمی‌ترین گروه‌های جانداران اند. آغازیان که یکی از قدیمی‌ترین گروه‌های جانداران اند، بیشتر تک‌سلولی و میکروسکوپی هستند. پارامسی و آمیب از نمونه‌های آشنای آغازیان هستند. کِلپ‌ها<sup>۱</sup> بزرگ‌ترین آغازیان هستند که پرسلولی اند، طول آنها به چند متر می‌رسد و در اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند.

## ویژگی‌ها

اعضای فرمانروی آغازیان بسیار متنوع‌اند و بنابراین ویژگی‌های بسیار متفاوتی دارند. مثلاً، بعضی از آنها فتوسنتزکننده‌اند، بعضی انگل و بعضی دیگر شکارچی هستند. بعضی از آغازیان تاژک و مژک دارند و از آنها برای حرکت کردن یا حرکت دادن مواد پیرامونی استفاده می‌کنند. بسیاری از آغازیان ساکن آب‌اند و در دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند. در آن‌جا به‌صورت پلانکتون در آب‌ها سرگردانند یا به سنگ‌ها چسبیده باقی می‌مانند. خاک‌ها، به‌ویژه خاک‌های مرطوب زیستگاه بسیاری از آنهاست. به‌ویژه در پیرامون مواد در حال تجزیه حاصل از بدن جانداران انواعی از آغازیان زندگی می‌کنند.

بعضی از آغازیان بخش‌هایی در بدن خود دارند که با کمک آنها به تحریک‌های محیطی عکس‌العمل نشان می‌دهند. مثلاً بعضی از آنها لکه‌چشمی دارند. در این لکه‌ها رنگیزه‌های حساس به نور وجود دارد که باعث می‌شوند جاندار با کمک آنها تغییرات شدت و کیفیت نور را تشخیص دهد.

## نخستین یوکاریوت‌ها

نخستین یوکاریوت‌ها در حدود ۱/۵ میلیارد سال پیش ظاهر شدند. این یوکاریوت‌ها که در اثر درون همزیستی به وجود آمدند، در واقع نخستین آغازیان بودند. اعضای سه فرمانروی قارچ‌ها، گیاهان و جانوران از تغییر و تحول اعضای فرمانروی آغازیان به وجود آمده‌اند. دو ویژگی اصلی جانداران یوکاریوت که نخستین بار در آغازیان ظاهر شدند، عبارت‌اند از:

<sup>۱</sup> - Kelp

تولیدمثل جنسی و پرسلولی بودن. بسیاری از آغازیان فقط به روش غیر جنسی تولیدمثل می‌کنند و برای این منظور با تقسیم میتوز تقسیم می‌شوند. بعضی دیگر در محیط‌های نامساعد با تقسیم میوز تولیدمثل جنسی انجام می‌دهند. سایر آغازیان بیشتر تولیدمثل جنسی انجام می‌دهند.

## چه شباهتی میان آغازیان وجود دارد؟

جانداران فرمانروی آغازیان همگی یوکاریوت‌هایی هستند که نمی‌توان آنها را در فرمانروهای دیگر جای داد. آغازیان بافت‌های تمایز یافته‌ای، مانند آن چه در اعضای پرسلولی سایر فرمانروها یافت می‌شود، ندارند. آنها برخلاف گیاهان و جانوران جنین، یا رویان تشکیل نمی‌دهند و ساختارهای تولیدمثلی پرسلولی به وجود نمی‌آورند. شاخه‌های این فرمانرو بسیار با یک‌دیگر متفاوت‌اند. این شاخه‌ها در جدول ۱-۱۰ نشان داده شده‌اند.

زیست‌شناسان در سال‌های گذشته آغازیان را به دو گروه تقسیم می‌کردند: آغازیان هتروتروف را پروتوزوئرها و آغازیان فتوسنتزکننده را جلبک می‌نامیدند. امروزه این رده‌بندی تغییر کرده است.

جدول ۱-۱۰- مهم‌ترین شاخه‌های فرمانروی آغازیان

نوع تغذیه	ویژگی	شاخه
هتروتروف	با پاهای کاذب حرکت می‌کنند	۱ آمیب‌ها
		۲ روزن‌داران
فتوسنتزکننده	پوسته‌ای دوگانه از جنس سیلیس دارند	۳ دیاتوم‌ها
فتوسنتزکننده	کلروفیل دارند و بعضی پرسلولی هستند	۴ جلبک‌های سبز
		۵ جلبک‌های قرمز
		۶ جلبک‌های قهوه‌ای
بعضی فتوسنتزکننده و بعضی هتروتروف	با کمک تازک حرکت می‌کنند	۷ تازک‌داران چرخان
		۸ تازک‌داران جانورمانند
		۹ اوگلناها
هتروتروف	با کمک مژک حرکت می‌کنند	۱۰ مژک‌داران
هتروتروف	کپک مانندند	۱۱ کپک‌های مخاطی سلولی
		۱۲ کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی
هتروتروف	هاگ‌های مقاوم تولید می‌کنند	۱۳ هاگ‌داران



## آغازیان تولیدمثل غیرجنسی و جنسی دارند.

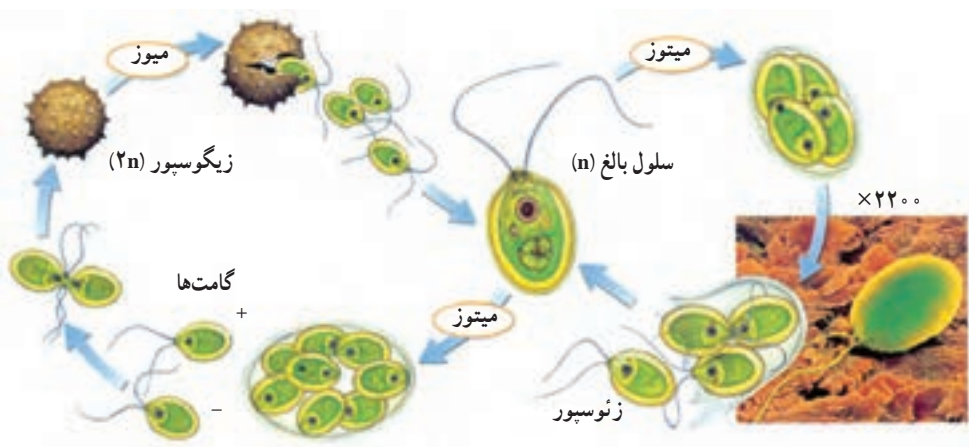
تولیدمثل در جلبک سبز کلامیدوموناس<sup>۱</sup> نمونه‌ای از تولیدمثل در آغازیان تک‌سلولی است. کلامیدوموناس می‌تواند کلنی‌هایی از انواع مختلفی سلول تولید کند، هرچند این تنوع در سلول‌ها به تنوع سلول‌های آغازیان پرسلولی نمی‌رسد.

کلامیدوموناس سلولی هاپلوئید است و هنگام تولیدمثل غیرجنسی با روش میتوز تقسیم می‌شود که در اثر آن مجموعه‌ای از دو تا هشت سلول هاپلوئید جدید به وجود می‌آید. هریک از این سلول‌ها را یک زئوسپور می‌نامند. زئوسپورها نخست درون دیواره سلول مادر می‌مانند و پس از رسیدن دیواره را پاره می‌کنند و آزاد می‌شوند.

تولیدمثل جنسی در آغازیان تک‌سلولی: کلامیدوموناس در محیط‌های نامساعد، مثلاً هنگام تجمع مواد زاید در محیط؛ تولیدمثل جنسی را ترجیح می‌دهد. برای این کار نخست سلول هاپلوئید میتوز انجام می‌دهد و تعدادی سلول هاپلوئید که در واقع گامت هستند، به وجود می‌آورد. سپس دو گامت با هم لقاح انجام می‌دهند و زیگوسپور به وجود می‌آورند. زیگوسپور می‌تواند محیط نامساعد را در مدتی طولانی تحمل کند و در انتظار مساعد شدن محیط باقی بماند. درون زیگوسپور در محیط مساعد با تقسیم میوز سلول‌های هاپلوئید تولید می‌شود. این سلول‌ها دیواره زیگوسپور را پاره می‌کنند و رها می‌شوند (شکل ۱-۱۰).

تولیدمثل جنسی

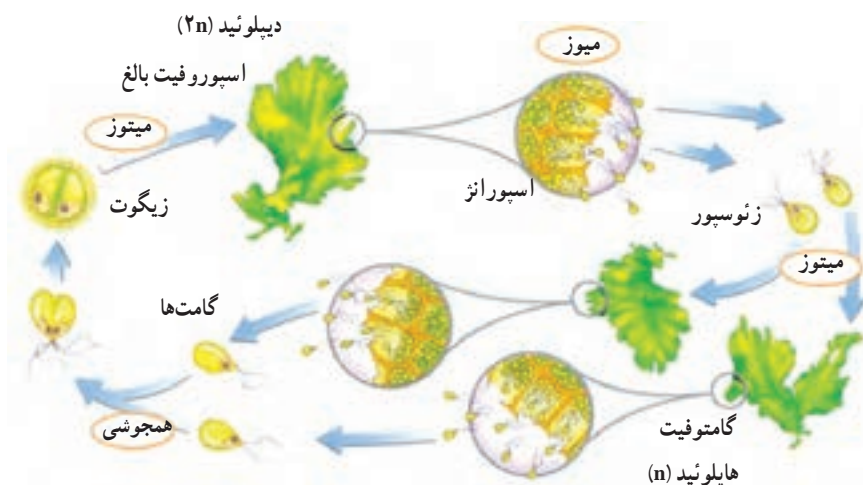
تولیدمثل غیرجنسی



شکل ۱-۱۰- تولیدمثل کلامیدوموناس. این جاندار تولیدمثل جنسی و غیرجنسی انجام می‌دهد.

تولیدمثل جنسی در آغازیان پرسلولی: تولیدمثل جنسی در آغازیان به چند روش انجام می‌شود:

تناوب نسل: کاهوی دریایی یکی از جلبک‌های سبز دریازی است. تولیدمثل این جاندار را در شکل ۱۰-۲ مشاهده می‌کنید. این نوع تولیدمثل تناوب نسل نام دارد. در تناوب نسل دو ساختار مجزا در چرخه زندگی فرد مشاهده می‌شود: ساختار گامتوفیت که سلول‌های هاپلوئید دارد و گامت تولید می‌کند و ساختار اسپوروفیت که سلول‌های آن دیپلوئید هستند و هاگ تولید می‌کنند (شکل ۱۰-۲).

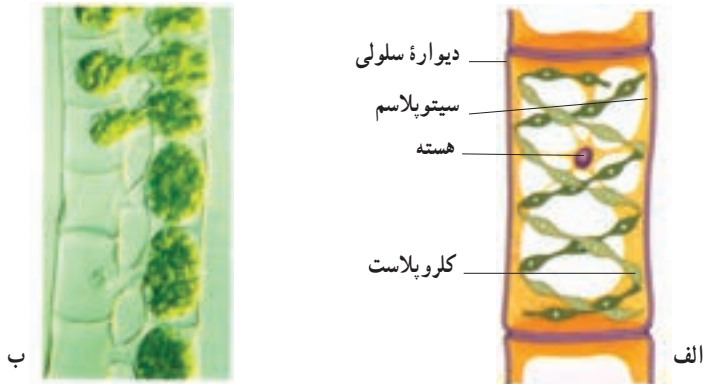


شکل ۱۰-۲- چرخه زندگی کاهوی دریایی. در چرخه زندگی این جاندار مراحل اسپوروفیتی و گامتوفیتی یکی پس از دیگری تکرار می‌شوند.

اسپوروفیت بالغ کاهوی دریایی ساختارهایی تولیدمثلی به نام اسپورانژ دارد. این سلول‌ها میوز انجام می‌دهند و زئوسپور تولید می‌کنند. اگر هرکدام از زئوسپورها رشد کنند، به یک ساختار پرسلولی گامتوفیتی تبدیل می‌شوند. گامتوفیت بالغ گامت تولید می‌کند. دو گامت با هم ادغام و به یک اسپوروفیت جدید تبدیل می‌شوند.

هم یوغی: جلبک سبز اسپیروژیر که به صورت رشته‌هایی باریک در آب زندگی می‌کند، با روش هم یوغی تولیدمثل جنسی انجام می‌دهد. در روش هم یوغی دو جاندار با هم ترکیب می‌شوند و مواد زنی خود را به اشتراک می‌گذارند. برای این کار نخست دو رشته در مجاور هم قرار می‌گیرند و سپس

از هر سلول مجاور زاینده‌هایی به سمت یک دیگر می‌فرستند. این زاینده‌ها به هم می‌رسند و دیواره سلولی در محل تماس از بین می‌رود. سپس هسته یکی وارد سلول دیگر می‌شود و زیگوت به وجود می‌آورند. زیگوت‌ها در محیط مناسب می‌رویند و از آنها رشته‌های هاپلوئید خارج می‌شود (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- تولیدمثل جنسی به روش هم‌یوگی در اسپروزیوم. الف- اسپروزیوم جلبک سبز رشته‌ای است که کلروپلاست آن نواری شکل است. ب- هنگام هم‌یوگی محتویات سلولی یک رشته به رشته دیگر وارد و سلول زیگوت تشکیل می‌شود.

## خودآزمایی



- ۱- سه ویژگی آغازیان را بنویسید.
- ۲- آغازیان در چه محیط‌هایی زندگی می‌کنند؟
- ۳- چرا آغازیان را در گروه‌های دیگر جانداران یوکاریوت جای نمی‌دهند؟
- ۴- تولیدمثل غیرجنسی کلامیدوموناس را خلاصه کنید.
- ۵- دو روش تولیدمثل جنسی را در آغازیان پرسلولی شرح دهید.

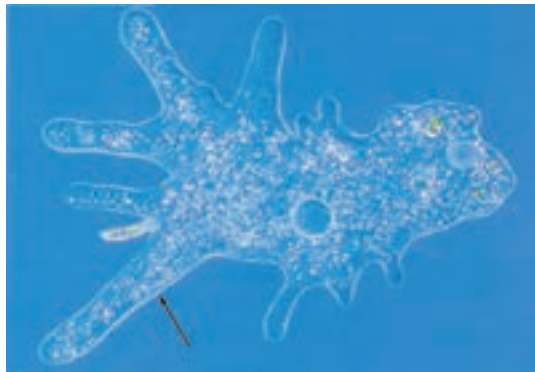
## ۲ گوناگونی آغازیان

بعضی از آغازیان می‌توانند با استفاده از برآمدگی‌های سیتوپلاسمی خود حرکت کنند.

آمیب یکی از آشنا ترین آغازیان است. آمیب‌ها و روزن‌داران که هتروتروف هستند، نوع ویژه‌ای حرکت از خود نشان می‌دهند.

### آمیب‌ها

آمیب‌ها با کمک پاهای کاذب حرکت می‌کنند. پاهای کاذب برآمدگی‌هایی سیتوپلاسمی دارای قابلیت انعطاف هستند. چون این جاندار دیواره سلولی ندارد، پاهای کاذب ممکن است از هر بخشی از سلول آمیب بیرون بزنند در این هنگام بقیه محتوای سلولی آمیب وارد پای کاذب می‌شود و جاندار را به آن سمت می‌کشاند. آمیب‌ها برای گرفتن و بلعیدن غذا نیز از پاهای کاذب استفاده می‌کنند (شکل ۴-۱).



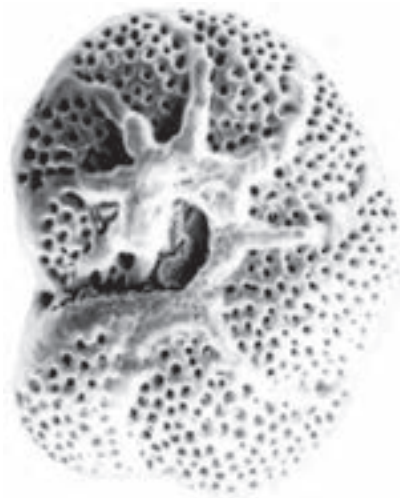
شکل ۴-۱ پای کاذب در آمیب

اعضای گروه آمیب‌ها، هم در آب‌های شیرین و هم در آب‌های شور زندگی می‌کنند. آمیب‌ها در خاک‌های مرطوب نیز به فراوانی یافت می‌شوند. میوز و تولیدمثل جنسی در آمیب‌ها مشاهده نمی‌شود و روش تولیدمثل آنها تقسیم میتوز است. بیشتر آمیب‌ها زندگی آزاد دارند و انگل نیستند.

آمیب اسهال خونی که موجب بیماری در انسان می‌شود از راه آب‌ها و غذاهای آلوده به بدن انسان می‌رسد.

## روزن‌داران

روزن‌داران آغازیانی دریازی هستند که در ماسه‌های دریاها، یا به صورت چسبیده به بدن جانداران دیگر، یا به صخره‌ها زندگی می‌کنند. روزن‌داران پوسته‌ای محکم و سوراخ‌دار از جنس آهک دارند، این جانداران در ظاهر به شکل حلزون بسیار ریزی دیده می‌شوند. برآمدگی‌های سیتوپلاسمی آنها از سوراخ‌های پوسته آهکی آنها بیرون آمده و جاندار برای حرکت و تغذیه از آنها استفاده می‌کند. بعضی از روزن‌داران از جلبک‌هایی که به صورت هم‌زیست در زیر پوسته آنها زندگی می‌کنند، مواد غذایی به دست می‌آورند. از انباشته شدن پوسته‌های آهکی روزن‌داران، نوعی سنگ آهکی به وجود می‌آید.



شکل ۵-۱۰ پوسته آهکی روزن‌داران

## دیاتوم‌ها پوسته دو قسمتی دارند.

دیاتوم‌ها، آغازیان تک‌سلولی فتوسنتزکننده و متعلق به شاخه‌ای به همین نام هستند. دیواره سلولی دیاتوم‌ها دو قسمتی و سیلیسی است. این لایه اغلب دارای تزئینات خاصی است. پوسته دیاتوم‌ها مانند جعبه کوچکی است که یک نیمه آن درون دیگری جای می‌گیرد. دیاتوم‌ها که به فراوانی در اقیانوس‌ها

و دریاچه‌ها یافت می‌شوند، مهم‌ترین تولیدکننده‌های زنجیره‌های غذایی هستند. پوسته‌های خالی دیاتوم‌ها رسوبات ضخیمی را تشکیل می‌دهند. این رسوبات که ارزش اقتصادی دارند، نوعی سنگ‌های سیلیسی را تشکیل می‌دهند. از این سنگ‌ها برای ساخت سنگ سمباده استفاده می‌کنند. دیاتوم‌ها روی موادی شیمیایی که از منافذ پوست آنها ترشح می‌شود، سر می‌خورند و درون آب حرکت می‌کنند. دیاتوم‌ها دیپلوئید هستند و معمولاً تولیدمثل غیرجنسی دارند.



شکل ۶-۱۰- چند نوع دیاتوم

### بسیاری از جلبک‌ها پرسلولی هستند.

جلبک‌ها گروهی از آغازیان فتواتوتروف هستند. بعضی از آنها تک سلولی و بسیاری دیگر پرسلولی هستند. جلبک‌ها براساس نوع رنگیژه فتوسنتزی و شکل سلول یا پیکرشان شناسایی می‌شوند. جلبک‌های سبز: بسیاری از جلبک‌های سبز تک سلولی هستند و در آب شیرین زندگی می‌کنند؛ اما بعضی دیگر از جلبک‌های سبز بزرگ و پرسلولی هستند و در آب شور زندگی می‌کنند (شکل ۷-۱۰).

بسیاری از پلانکتون‌های میکروسکوپی آب شور از جلبک‌های سبز هستند. جلبک‌های سبز میکروسکوپی در خاک‌های مرطوب و حتی درون سلول‌های موجودات دیگر به صورت هم‌زیست زندگی می‌کنند. رنگیژه‌های فتوسنتزی جلبک‌های سبز همانند رنگیژه‌های کلروپلاستی گیاهان است. بیشتر جلبک‌های سبز هر دو نوع تولیدمثل جنسی و غیرجنسی را دارند.



شکل ۷-۱۰ سه نوع جلبک

## بیشتر بدانید

### جلبک‌ها ممکن است در فضا مفید باشند.

جلبک‌های سبز در برنامه‌هایی که برای کاهش محموله‌های مورد نیاز در سفرهای فضایی طولانی مدت اجرا شده‌اند، بررسی می‌شوند. جلبک‌ها می‌توانند منبع غذایی برای میگو که غذایی مناسبی برای فضانوردان است، باشند. همچنین می‌توانند از  $CO_2$  استفاده و  $O_2$  آزاد کنند. از آنجایی که جلبک‌ها به‌طور مداوم تولید می‌شوند نسبت به سایر منابع متداول غذا و هوا، جای کمتری را اشغال می‌کنند.

### جلبک‌های قرمز: جلبک‌های قرمز موجوداتی پرسلولی هستند که درون آب‌های گرم اقیانوس

زندگی می‌کنند. رنگیژه قرمز این جلبک‌ها برای جذب امواج نوری که به درون آب‌های عمیق نفوذ می‌کند، مناسب است. در دیواره سلولی بعضی از جلبک‌های قرمز، کربنات کلسیم وجود دارد. از بعضی جلبک‌های قرمز برای تهیه آگار استفاده می‌شود. چرخه زندگی جلبک‌های قرمز پیچیده و معمولاً از نوع تناوب نسل است.

### جلبک‌های قهوه‌ای: جلبک‌های قهوه‌ای پرسلولی هستند و در دریاها زندگی می‌کنند. کلپ

بزرگ‌ترین جلبک قهوه‌ای شناخته شده است که در نواحی ساحلی رشد می‌کند. این جلبک‌ها غذا و محل زیست انواع مختلفی از جانوران را فراهم می‌کنند. کلپ‌ها از طولی‌ترین موجودات روی زمین هستند. چرخه زندگی جلبک‌های قهوه‌ای دارای تناوب نسل است.



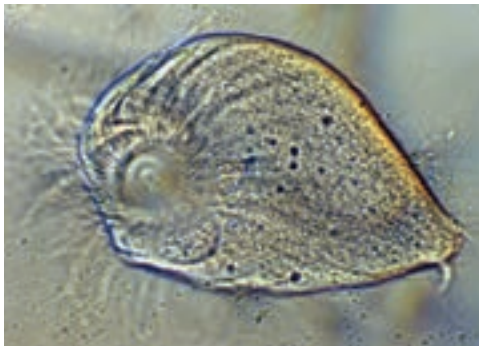
جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای علاوه بر رنگیزه‌هایی که موجب رنگ قهوه‌ای و قرمز می‌شود، کلروفیل نیز دارند، اما رنگ سبز کلروفیل به وسیله دیگر رنگیزه‌ها پوشیده می‌شود.

### بعضی از آغازیان با استفاده از تاژک حرکت می‌کنند.

تاژکداران آغازیانی هستند که با استفاده از تاژک حرکت می‌کنند. تاژکداران چرخان، تاژکداران جانورمانند و اوگلناها سه شاخه عمده تاژکداران هستند.

### تاژکداران چرخان، آغازیانی تک سلولی اند.

انواع کمی از این تاژکداران در آب شیرین و بیشتر آنها در دریاها زندگی می‌کنند و از پلانکتون‌ها هستند. بیشتر تاژکداران چرخان یک پوشش حفاظتی از جنس سلولز دارند که اغلب با لایه‌ای از سیلیس پوشیده شده است. این وضع اغلب شکل‌های غیرمتعارفی به آنها می‌دهد (شکل ۸-۱۰).



الف- تاژکدار چرخان. این تاژکدار یک جفت تاژک دارد. ب- تاژکدار جانورمانند که هم زیست لوله گوارش موربانه است.

شکل ۸-۱۰- انواع تاژکداران

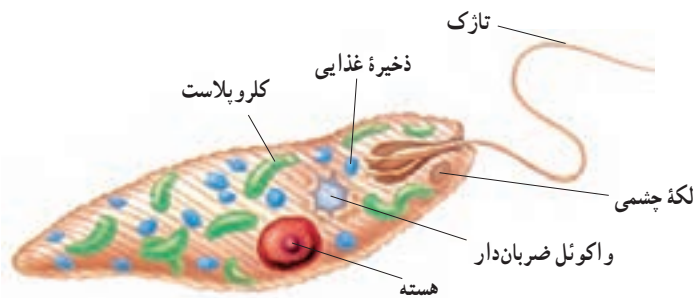


بیشتر تاژکداران چرخان دو تاژک دارند. یکی از تاژک‌ها در شیاری طولی قرار دارد و انتهای آن آزاد است. تاژک دیگر در یک شیار عرضی است و دور تا دور سلول را احاطه می‌کند. تاژک طولی موجب حرکت به جلو می‌شود و تاژک عرضی موجب چرخش تاژکدار در هنگام حرکت به جلو می‌شود. تعداد کمی از تاژکداران چرخان سم‌های قوی تولید می‌کنند. تکثیر تاژکداران چرخان غیرجنسی و از طریق فرآیند میتوز است.

**تاژکداران جانور مانند:** این آغازیان هتروتروف‌های تک‌سلولی هستند که تعداد تاژک در آنها از یک تا هزاران تاژک در بعضی از گونه‌ها است. در حالی که بیشتر آنها فقط تولیدمثل غیرجنسی دارند، بعضی دیگر گامت تولید می‌کنند و تولیدمثل جنسی دارند. بعضی از تاژکداران جانورمانند به صورت هم‌زیست درون لوله‌گوارش موریانه‌ها زندگی و آنزیم‌های موردنیاز برای هضم چوب را فراهم می‌کنند (شکل ۸-۱۰ ب). بعضی از آنها برای انسان و جانوران اهلی بیماری‌زا هستند.

**اوگلناها:** افراد این شاخه، آغازیان آب‌های شیرین هستند و دو تاژک دارند. این گروه مثال خوبی برای بیان نقص‌های رده‌بندی آغازیان به دو گروه جانوری و گیاهی هستند. حدود  $\frac{1}{3}$  از هزار گونه شناخته شده این آغازیان کلروپلاست دارند و فتوسنتزکننده هستند و بقیه گونه‌ها کلروپلاست ندارند و هتروتروف‌اند. اوگلناها ارتباط خویشاوندی آشکاری با تاژکداران جانوری دارند به همین دلیل بعضی از زیست‌شناسان این دو شاخه را یک شاخه می‌دانند. شکل ۹-۱۰ یک اوگلنا را نشان می‌دهد.

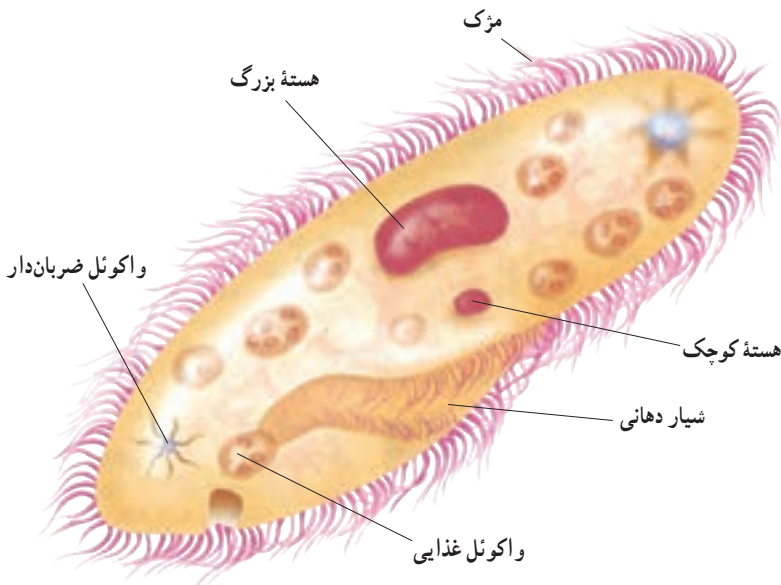
اوگلنا دو تاژک دارد یکی از آنها بلند و دیگری کوتاه است. در کنار تاژک بلند، اندام حساس به نوری به نام لکه چشمی قرار دارد. این اندام به جهت‌گیری اوگلنا به سوی نور کمک می‌کند. تولیدمثل این شاخه با تقسیم میتوز است.



شکل ۹-۱۰- اوگلنا. اگرچه اوگلنا کلروپلاست دارد و فتوسنتز می‌کند؛ اما می‌تواند بدون حضور نور نیز به صورت هتروتروف زندگی کند.

## مژکداران، آغازیانی هستند که با استفاده از مژک شنا می‌کنند.

مژکداران پیچیده‌ترین و غیرمعمول‌ترین آغازیان هستند. آنها به قدری با سایر آغازیان تفاوت دارند که بعضی از زیست‌شناسان معتقدند باید آنها را در فرمانرو کاملاً جداگانه‌ای قرار داد. همه افراد شاخهٔ مژکداران تعداد فراوانی مژک در ردیف‌های متراکم دارند، که با استفاده از آنها حرکت می‌کنند. مژکداران تک سلولی و هتروتروف هستند. دیوارهٔ پیکر مژکداران سخت، اما انعطاف‌پذیر است که امکان فشرده شدن موجود و عبور از موانع را برای آن فراهم می‌کند. مژکداران دو نوع واکوئل دارند یکی برای گوارش مواد غذایی و دیگری برای تنظیم آب. بیشتر مژکداران دو هسته دارند: هستهٔ کوچک و هستهٔ بزرگ. کروموزوم‌ها در هستهٔ کوچک قرار دارند که در فرآیند میتوز تقسیم می‌شوند. هستهٔ بزرگ دارای قطعهٔ کوچک DNAی است که از هستهٔ کوچک آمده است (شکل ۱۰-۱). مژکداران معمولاً با میتوز تولیدمثل می‌کنند و به این ترتیب یک سلول به دو سلول تقسیم می‌شود.



شکل ۱۰-۱- پارامسی. نمونه معروف مژکداران



×۲۲۰

## نمای نزدیک

### پارامسی

● نام علمی: *Paramecium Caudatum*

● اندازه: حداکثر تا ۱ میلی متر طول

● زیستگاه: حوضچه‌ها و رودخانه‌های آب شیرین

● غذا: باکتری‌ها، آغازیان کوچک و مواد آلی

● هسته: اعضای این سرده دو هسته دارند. هسته بزرگ

قطعاتی از کروموزوم دارد و نقش آن در فعالیت‌های معمول

سلول است. این هسته به دو قسمت تقسیم می‌شود. هسته کوچک دارای کروموزوم‌های سلولی است و با میتوز تقسیم می‌شود.

**سطح سلول:** در سطح پارامسی هزاران مژک وجود دارد. زنش این مژک‌ها موجب حرکت پارامسی درون آب می‌شود. سطح سلول پارامسی با لایه‌ای پروتئینی پوشیده می‌شود.

**تشبیه مقدار آب درونی:** پارامسی همانند سایر آغازیان آب شیرین آب را از طریق اسمز جذب می‌کند. این موجودات برای عملکرد طبیعی خود باید آب اضافی را به طریقی دفع کنند. پارامسی با استفاده از واکوئل ضربان دار این کار را انجام می‌دهد. آب اضافی درون این واکوئل جمع و با انقباض آن از سلول دفع می‌شود.

**تغذیه:** مژک‌هایی که در شیار دهانی قرار دارند با چرخش آب، گردابی را در این ناحیه ایجاد می‌کنند. این گرداب در به دام انداختن ذره‌های غذایی کمک می‌کند. غذا از شیار قیف مانند حرکت و با آندوسیتوز وارد واکوئل غذایی می‌شود. آنزیم‌های گوارشی همراه با حرکت واکوئل غذایی در سلول وارد آن می‌شوند. غذاهای هضم نشده از طریق اگزوسیتوز از سلول دفع می‌شوند.

**تنوع ژنی:** پارامسی معمولاً از طریق تقسیم دوتایی میتوز به طور غیرجنسی تولید مثل می‌کند. ادغام ژن‌ها در فرآیند جنسی و هم‌یوگی انجام می‌شود. در هم‌یوگی دو پارامسی هسته‌های هاپلوئید مبادله می‌کنند این هسته‌ها با هسته‌های هاپلوئید باقی مانده درون سلول یکی می‌شوند و به این ترتیب هسته‌های دیپلوئید تشکیل می‌شود. هسته دیپلوئید نیمی از هسته هر فرد را دارد.

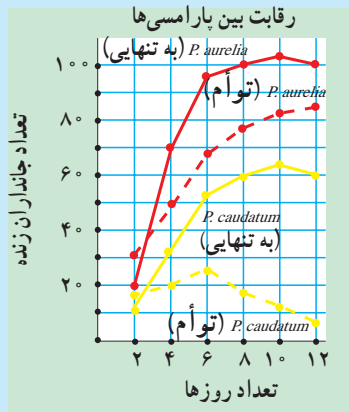
## تفکر نقادانه

فرض کنید یکی از همکلاسی‌های شما می‌گوید «اوگنا جلبک جانور مانند است.» آیا شما با او موافق هستید؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

## فعالیت



آغازیان نیز مانند سایر موجودات زنده برای کسب غذا و دیگر احتیاجاتشان با یکدیگر رقابت می‌کنند. آنها راهبردهای متنوعی برای رقابت دارند. برای بررسی رقابت بین دو گونه پارامسی، تعداد مساوی از هر پارامسی در دو حالت با هم و جدای از هم رشد داده شد. نمودار را مطالعه کنید و با استفاده از آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



- ۱- کدام پارامسی به‌تنهایی بهتر رشد می‌کند؟
- ۲- در این آزمایش چه متغیرهایی وجود دارد؟
- ۳- چگونه تفاوت منحنی‌های رشد را در گروهی که هر دو پارامسی را داشته است، شرح می‌دهید؟
- ۴- در وضعیت طبیعی انواع گونه‌ها بسیار بیشتر است. پیش‌بینی کنید که دیگر گونه‌ها چه تأثیری بر رشد این دو گونه پارامسی دارند؟

## آغازیان کپک مانند، قارچ نیستند.

آغازیان کپک مانند، هتروتروف اند و تا حدی قابلیت حرکت دارند. زمانی تصور می شد که این کپک ها قارچ هستند؛ چون ظاهر و چرخه زندگی آنها مشابه قارچ هاست؛ اما معلوم شد اختلافاتی میان آن دو وجود دارد. در دیواره سلولی آغازیان کپک مانند برخلاف دیواره سلولی قارچ ها کیتین وجود ندارد. علاوه بر این، میتوز در آغازیان کپک مانند متفاوت با میتوز در قارچ هاست. قارچ ها را در فصل آینده بررسی خواهیم کرد.

**کپک های مخاطی سلولی:** کپک های مخاطی سلولی به آمیب شباهت دارند، اما از ویژگی های متمایزی برخوردارند. هر یک از این جانداران به تنهایی همانند یک آمیب رفتار می کند؛ در خاک حرکت می کند و باکتری ها را می بلعد. هنگام تنش های محیطی، تعدادی از این آمیب مانندها به دور یکدیگر جمع می شوند، از حرکت باز می ایستند و یک کلنی پرسلولی می سازند. هر کلنی یک پایه و یک ساقه با نوکی متورم پدید می آورد. نوک متورم هاگ ها را می سازد (شکل ۱۱-۱۰). هر یک از این هاگ ها، وقتی رها می شوند، به سلول آمیب مانند جدیدی نمو می یابند. سلول آمیب مانند جدید به نوبه خود می تواند تغذیه کند و چرخه زندگی را تکرار کند.



شکل ۱۱-۱۰ کپک مخاطی سلولی.  
سلول های آمیب مانند کپک های مخاطی سلولی (چپ) ساختارهایی پدید می آورند که حاوی هاگ هستند (راست).

**کیک‌های مخاطی پلاسمودیومی :** کیک‌های مخاطی پلاسمودیومی، در واقع گروهی از جانداران هستند که در مجموع یک پلاسمودیوم تولید می‌کنند. پلاسمودیوم، توده‌ای سیتوپلاسمی است که تعداد زیادی هسته دارد. این کیک‌ها در حین حرکت، باکتری‌ها و دیگر مواد آلی را می‌بلعند (شکل ۱۲-۱۰). کیک مخاطی پلاسمودیومی هسته‌های متعدد دارد؛ اما این هسته‌ها به وسیله دیواره‌های سلولی از یک‌دیگر جدا نشده‌اند. اگر پلاسمودیوم تحت خشکی یا گرسنگی قرار گیرد، به توده‌های متعددی تقسیم می‌شود. هر توده ساقه‌ای تولید می‌کند که در نوک آن کیسولی است که در آن، هاگ‌های هاپلوئید نمو می‌یابند. هاگ‌ها نسبت به شرایط سخت محیطی بسیار مقاوم‌اند. ولی در شرایط مساعد می‌رویند و به سلول‌های هاپلوئیدی تبدیل می‌شوند که ممکن است آمیبی شکل یا تاژکدار باشند. این سلول‌های هاپلوئید قادرند به یکدیگر ملحق شوند و زیگوت‌های دیپلوئید ایجاد کنند. این زیگوت‌ها به نوبه خود با تقسیم میتوز، پلاسمودیوم‌های جدیدی ایجاد می‌کنند.



شکل ۱۲-۱۰- کیک‌های مخاطی پلاسمودیومی

### بعضی از آغازیان ساختارهایی مقاوم پدید می‌آورند.

آغازیان انگل که در طی چرخه تولید مثلی خود هاگ تولید می‌کنند، هاگ‌داران نامیده می‌شوند. این آغازیان غیرمتحرک، انگل و تک‌سلولی هستند. همه هاگ‌داران انگل هستند و بیماری‌هایی را سبب می‌شوند. مالاریا، که توسط هاگ‌داران تولید می‌شود، در مقایسه با دیگر بیماری‌های عفونی قربانیان بیشتری می‌گیرد. هاگ‌داران جانوران را مبتلا می‌کنند و از میزبانی به میزبان دیگر منتقل می‌شوند. در

این گروه حدود ۴۵۰۰ گونه شناخته شده وجود دارد.

هاگ‌داران چرخه زندگی پیچیده‌ای دارند که طی آن هر دو نوع تولیدمثل جنسی و غیرجنسی را انجام می‌دهند. در تولیدمثل جنسی، گامت ماده که اندازه‌ای بزرگ دارد با گامت نر تاژک‌دار و کوچک، لقاح انجام می‌دهد. زیگوت حاصل، ساختاری با دیواره ضخیم می‌سازد که آن را نسبت به خشکی و سایر شرایط دشوار و نامطلوب محیطی، مقاوم می‌کند.

بسیاری از هاگ‌داران به وسیله حشراتی مانند پشه‌ها که از خون تغذیه می‌کنند، از میزبان به میزبان دیگر منتقل می‌شوند. بعضی دیگر از هاگ‌داران در مدفوع جانور آلوده یافت می‌شوند. وقتی جانوری از آب یا غذای آلوده شده به مدفوع عفونی تغذیه می‌کند، به این انگل مبتلا می‌شود.

## خودآزمایی



- ۱- آمیب را توصیف کنید.
- ۲- ویژگی‌های دیاتوم‌ها را شرح دهید.
- ۳- با رسم جدولی سه نوع جلبک را با هم مقایسه کنید.
- ۴- اوگلنا را با دو شاخه دیگر تاژک‌داران مقایسه کنید.
- ۵- ویژگی‌های پارامسی را شرح دهید.
- ۶- چرخه زندگی کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی را شرح دهید.

## ۳ آغازیان و سلامتی

یکی از بزرگترین تأثیراتی که آغازیان بر انسان دارند، اثر بیماری‌زایی آنهاست. این اثر را می‌توان از نقطه نظر بیماری و درد، مرگ و هزینه‌های پیشگیری و درمان بیماری‌ها بررسی کرد. بعضی از بیماری‌هایی که توسط آغازیان ایجاد می‌شوند، عبارت‌اند از: مالاریا، توکسوپلاسموز و اسهال خونی آمیبی. آغازیان می‌توانند از طریق بیمار کردن دام‌های اهلی نیز بر انسان تأثیر بگذارند. هزینه درمان دام‌های بیمار بر مشتری تحمیل می‌شود، چون او باید بهای بیشتری برای خریدن گوشت بپردازد. آغازیان مفید: آغازیان همزیست در لوله گوارشی انسان و نیز لوله گوارشی جانورانی که انسان از آنها تغذیه می‌کند، زندگی می‌کنند. گاو، به کمک آغازیان موجود در لوله گوارش خود، سلولزی را که می‌خورد، تجزیه می‌کند.

پلانکتون‌های اقیانوس‌ها، به تقویت زنجیره غذایی کمک می‌کنند. آغازیان، بزرگ‌ترین گروه فتوسنتزکننده کره زمین هستند. چون همه ما از اکسیژن نفس می‌کنیم. همه ما از این گاز که آغازیان تولید کرده‌اند، بهره می‌جویم. بسیاری از آغازیان، جزء تجزیه‌کنندگان‌اند و بنابراین به بازگردانی مواد شیمیایی مهم، مثل نیتروژن، کربن و فسفر به محیط کمک می‌کنند.

### مالاریا را چندین گونه از پلاسمودیوم‌ها تولید می‌کنند.

مالاریا یکی از مهلک‌ترین بیماری‌های انسانی است. در هر سال، حدود سه میلیون نفر – که عمدتاً کودک هستند – به علت دسترسی نداشتن به دارو و درمان بر اثر این بیماری می‌میرند. علائم مالاریا عبارت‌اند از: لرز شدید، تب، عرق و عطش شدید. قربانیان این بیماری بر اثر کم‌خونی، نارسایی کلیه و کبد و آسیب‌های مغزی جان می‌بازند.

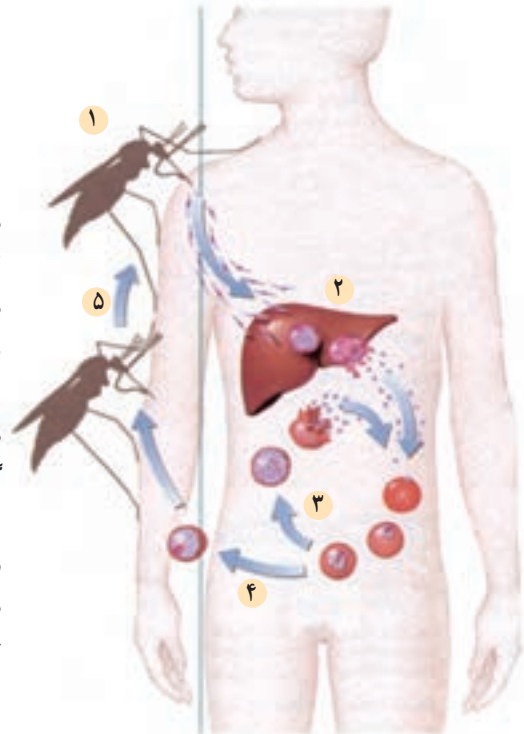
چرخه زندگی عامل مالاریا: مالاریا به وسیله چندین گونه جاندار که پلاسمودیوم نامیده می‌شوند، تولید می‌شود و با نیش پشه مخصوصی انتشار می‌یابد. در چرخه زندگی پلاسمودیوم پنج مرحله دیده می‌شود (شکل ۱۳-۱). وقتی که پشه آلوده، انسانی را نیش می‌زند تا از خون او تغذیه کند، ابتدا مقداری از بزاق خود را که حاوی ماده‌ای برای جلوگیری از انعقاد خون است، تزریق می‌کند. اگر آن پشه آلوده به پلاسمودیوم باشد، آن‌گاه همراه با بزاق آن، پلاسمودیوم‌ها وارد خون انسان می‌شوند.



در این مرحله، پلاسمودیوم‌های آلوده‌کننده، اسپوروزوئیت<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند. اسپوروزوئیت‌ها، جگر را آلوده می‌کنند. در جگر، اسپوروزوئیت‌ها به سرعت تقسیم می‌شوند و میلیون‌ها سلول را که هر یک مروزوئیت<sup>۲</sup> نام دارند، پدید می‌آورند. مروزوئیت‌ها گلبول‌های قرمز خون را آلوده می‌کنند و در آنجا به سرعت تقسیم می‌شوند. طی حدود ۴۸ ساعت گلبول قرمز می‌ترکد و مروزوئیت‌ها و مواد سمی آزاد می‌شوند. این رویداد منجر به بروز تب و لرز می‌شود که از مشخصات مالاریاست. این چرخه هر ۴۸ تا ۷۲ ساعت (برحسب نوع گونه آلوده‌کننده) تکرار می‌شود.

در مرحله بعد، بعضی از مروزوئیت‌های موجود در خون به گامتوسیت<sup>۳</sup> نمو می‌یابند. گامتوسیت‌ها بعد از آن‌که به وسیله پشه خورده شدند، ابتدا به گامت و سپس به زیگوت تبدیل می‌شوند. در نهایت تعداد زیادی اسپوروزوئیت تشکیل می‌شود که به غدد بزاقی پشه می‌روند. انگل مالاریا قبل از آنکه بتواند انسان دیگری را آلوده کند باید در بدن پشه بالغ شود.

- ۱- وقتی پشه آلوده، انسان را نیش می‌زند، اسپوروزوئیت‌ها را به خون او تزریق می‌کند.
- ۲- اسپوروزوئیت‌ها، سلول‌های جگر را آلوده می‌کنند و به مروزوئیت نمو می‌یابند.
- ۳- مروزوئیت‌ها سلول‌های قرمز خون را آلوده می‌سازند، در آنجا تکثیر می‌یابند و سلول‌های قرمز دیگر را آلوده می‌کنند.
- ۴- بعضی از مروزوئیت‌ها به گامتوسیت نمو می‌یابند. وقتی پشه انسان آلوده‌ای را نیش می‌زند، گامتوسیت‌ها به بدن پشه منتقل می‌شوند.
- ۵- گامتوسیت‌ها درون بدن پشه به گامت تبدیل و به یکدیگر ملحق می‌شوند و زیگوت را تشکیل می‌دهند. از تقسیم زیگوت اسپوروزوئیت‌ها تشکیل می‌شوند.



شکل ۱۳-۱- چرخه زندگی پلاسمودیوم. پلاسمودیوم چرخه زندگی پیچیده‌ای دارد که پشه و انسان را دربر می‌گیرد.

۱- sporozoite

۲- Merozoite

درمان و پیشگیری از مالاریا: در اواسط قرن هفدهم، ماده شیمیایی کینین<sup>۱</sup> که از پوست نوعی درخت گرفته می‌شد، کشف شد و به‌عنوان ماده‌ای برای درمان مالاریا مورد استفاده قرار گرفت. مشتقات کینین هم‌اکنون نیز در درمان مالاریا استفاده می‌شود. کنترل مالاریا از طریق کاهش اندازه جمعیت پشه‌ها قابل اجراست. این امر با کمک پاشیدن حشره‌کش‌ها و زدودن محل‌های زاد و ولد پشه ناقل مالاریا یا با وارد کردن جانورانی که از لارو این پشه تغذیه می‌کنند انجام می‌شود.

## خودآزمایی



- ۱- به‌طور خلاصه بیان کنید که آغازیان چگونه بر سلامتی انسان اثر می‌گذارند (دو راه را نام ببرید).
- ۲- مالاریا چگونه منتشر می‌شود؟
- ۳- کنترل مالاریا چگونه ممکن است؟

## تفکر نقادانه

بعضی از دانشمندان بیان می‌دارند که رابطه بین بعضی از آغازیان انگل با میزبان آنها مثل رابطه اندامک‌های سلولی و سلول است که در نظریه «درون همزیستی» خواندید. نظر شما در این باره چیست؟

## بیشتر بدانید



### ساختن واکسن مالاریا

تب بالای  $40^{\circ}\text{C}$  و لرز شدید، از علائم مالاریاست. مالاریا در هر سال، حدود سه میلیون قربانی می‌گیرد. در سال‌های اخیر، انگل مالاریا نسبت به داروهای متعارفی که از آنها برای درمان مالاریا استفاده می‌شوند، روند مقاوم شدن را پیش گرفته است. بنابراین، انتشار جهانی مالاریا و مقاوم شدن انگل آن، دانشمندان را نگران ساخته است. از این‌رو آنان به فکر تهیه واکسنی علیه بیماری مالاریا هستند.

<sup>۱</sup> - quinine

## واکسن مالاریا

برای آنکه واکسن بر علیه انگل کار کند، باید بتواند دستگاه ایمنی بدن را برای شناسایی و حمله به مولکول‌های سطحی انگل، تحریک کند. اما پلاسمودیوم، مراحل مختلفی را در بدن انسان طی می‌کند و در هر مرحله ممکن است مولکول‌های سطحی متفاوتی داشته باشد. بنابراین، دستگاه ایمنی ممکن است بر اثر تحریک واکسن، فقط به یکی از این مراحل حمله کند. اگر فقط چند انگل زنده بمانند، تعداد زیادی انگل جدید تولید خواهد شد. مشکل دوم این است که پلاسمودیوم بیشتر عمر خود را درون سلول‌های جگر و گلبول‌های قرمز طی می‌کنند و بنابراین دستگاه ایمنی قادر به یافتن آنها نیست.

## رویکرد فعلی

دانشمندان پروتئین‌های سطحی اسپوروزوئیت و مروزوئیت را شناسایی کرده‌اند و قادرند که آنها را در مقادیر انبوه تولید کنند. آنان بر این امیدند که تزریق این پروتئین‌ها به افراد داوطلب، به دستگاه ایمنی آنان فرصت شناسایی این پروتئین‌ها را خواهد داد و دستگاه ایمنی آنان خواهد توانست خود را برای مقابله با آلودگی آماده کند. اگر این افراد بعدها تحت نیش پشه قرار گیرند، دستگاه ایمنی قادر خواهد بود پلاسمودیوم را قبل از آنکه وارد سلول‌های جگر شود، نابود کند.

تلاش‌های فراگیر جهانی در راه تهیه واکسن مالاریا، تا به امروز با شکست مواجه شده‌اند و فقط در پاره‌ای از موارد، موفقیت‌هایی در بعضی از مراحل کار حاصل شده است اما دانشمندان به‌خوبی می‌دانند که در راه پژوهش، باید صبور بود و بنابراین سرسختانه به فعالیت خود برای یافتن واکسن مؤثری بر علیه مالاریا ادامه می‌دهند.

– چرا ساختن واکسن مالاریای مؤثر بسیار مشکل است؟

– اگر پشه ناقل مالاریا آب و هوای گرم را ترجیح می‌دهد، نتیجه‌گیری کنید که اگر اثر گل‌خانه‌ای

معکوس نبود، شیوع مالاریا در جهان به چه صورت می‌شد؟

## فعالیت



## درک و کاربرد مفاهیم

نقشه‌ای مفهومی برای آغازیان بسازید و سعی کنید در آن موارد زیر را بگنجانید:

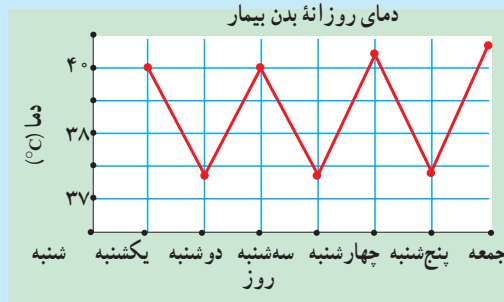
جلبک قرمز، مالاریا، آغازی، کپک مخاطی، اتوتروف‌ها، گیاهان، بیماری‌ها، هتروتروف‌ها و

جانوران. اگر لازم بود موارد دیگر را نیز اضافه کنید.

## فعالیت



- تفسیر نمودارها : نمودار زیر نوسان دمای بدن شخص بیماری را که به تازگی از آفریقا برگشته است، نشان می‌دهد. پس از بررسی نمودار به سؤالات زیر پاسخ دهید.
- شرح حالی از بیماری بنویسید و حدس بزنید که کدام آغازی عامل این بیماری بوده است؟
  - چگونه بر تشخیص خود صحنه می‌گذارید؟
  - اگر بیمار در تابستان به بیمارستان مراجعه کرده باشد، شما در این رابطه چه نگرانی برای بهداشت عمومی احساس می‌کنید؟



- اگر هنگام گرفتن خون از بیمار، مقداری از خونش روی دست شما بریزد، آیا ممکن است که شما این بیماری را بگیرید؟
- مهارت‌های کار و زندگی : با استفاده از کتب مرجع و یا اینترنت، اطلاعات بیشتری در رابطه با اینکه چگونه کپک‌های مخاطی گیاهان را آلوده می‌کنند، به دست آورید.
- کسب اطلاعات : اطلاعاتی را در رابطه با تاریخچه تحقیقات روی بیماری‌های گیاهی که توسط کپک‌های مخاطی ایجاد شده است، جمع‌آوری کنید.
- دانشمندان قدیم چه روش‌هایی برای کنترل این بیماری‌ها به کار می‌بردند؟ آیا هنوز این روش‌ها مؤثر واقع می‌شوند؟
- انتخاب تکنولوژی : گزارشی مبنی بر اینکه «چگونه دانشمندان توانستند پس از فهمیدن چرخه زندگی کپک‌ها راهبرد جدیدی برای جلوگیری از این بیماری پیدا کنند» تهیه کنید.

### تفکر نقادانه

دانشمندان توانستند با دادن خون آلوده به پشه‌ها و سپس در معرض قرار دادن این پشه‌ها با افراد داوطلب غیرآلوده، چرخه زندگی مالاریا را بررسی کنند.  
چه خطاهایی ممکن است در کاربرد این روش وجود داشته باشد؟

### تفکر نقادانه

دانشمندی دو اوگلنای متفاوت پیدا کرد و اینطور نتیجه گرفت که گونه الف هتروتروف است اما گونه ب این‌طور نیست (شکل زیر). نتایج او را استدلال کنید.



ب



الف



## قارچ‌ها

شاید واژه قارچ، شما را به یاد قارچ‌های خوراکی بیندازد. اما همه قارچ‌ها، این‌گونه نیستند، مثلاً کپک نان، نوعی قارچ است. قارچ‌ها، بسیار گوناگون‌اند. بعضی‌ها تک سلولی و بعضی‌ها پر سلولی هستند. دانشمندان بر این عقیده‌اند که اولین قارچ‌ها احتمالاً تک سلولی بودند. قدمت قارچ‌ها به حدود ۴۰۰ میلیون سال می‌رسد.

### پیش‌نیازها

- پیش از مطالعه این فصل باید بتوانید :
- میتوز و میوز را با هم مقایسه کنید،
- اهمیت قارچ – ریشه‌ای‌ها را شرح دهید،
- همزیستی را تعریف کنید،
- اثر قارچ‌ها را در درمان عفونت‌های باکتریایی شرح دهید.

# ۱ ویژگی های قارچ

قارچ ها، خود یک فرمانرو هستند.

تا مدت ها، زیست شناسان قارچ ها و گیاهان را در یک گروه قرار می دادند. چون قارچ ها هم مثل گیاهان، متحرک نیستند، دیواره سلولی دارند و بعضی از آنها در خاک اندام هایی مانند «ریشه» می دوانند (شکل ۱-۱۱). اما قارچ ها، ویژگی هایی دارند که باعث شده است آنان را در فرمانروی جداگانه ای قرار دهند. این ویژگی ها عبارت اند از:



شکل ۱-۱۱- قارچ های چتری

۱- قارچ ها هتروتروف هستند: ساقک و کلاهک قارچ چتری، بر خلاف ساقه و برگ گیاهان، سبز نیست. قارچ ها کلروفیل ندارند و بنابراین قادر به انجام فتوسنتز نیستند. از آنجایی که قارچ ها هتروتروف هستند، انرژی خود را از تجزیه مولکول های آلی موجود در محیط خود، به دست می آورند.

۲- قارچ ها بدن رشته ای دارند: گیاهان از سلول ها و بافت های مختلفی ساخته شده اند، اما قارچ ها از رشته های باریک و بلندی ساخته شده اند که ممکن است محکم به دور یکدیگر بپیچند و پیکر قارچ و ساختارهای تولید مثل آن را پدید آورند.

۳- سلول های قارچ، کیتین دارند: دیواره سلولی قارچ از جنس کیتین است. کیتین، پلی ساکارید سختی است که در پوشش خارجی حشرات نیز به کار رفته است. در حالی که دیواره سلولی گیاهان از جنس سلولز است.

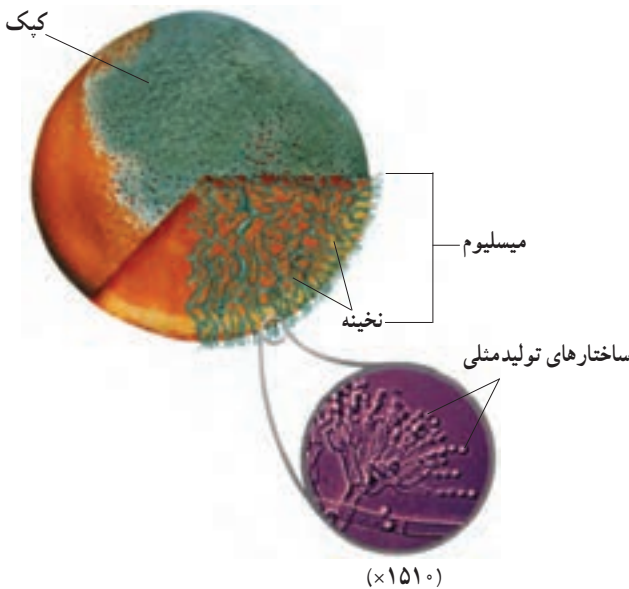
۴- قارچ ها، میتوز هسته ای دارند: تقسیم میتوز در قارچ ها با تقسیم میتوز در گیاهان و دیگر یوکاریوت ها متفاوت است. در بیشتر یوکاریوت ها، پوشش هسته ای در پروفاز ناپدید و در تلوفاز دوباره

ظاهر می‌شود. اما در سلول‌های قارچ، پوشش هسته از پروفاز تا توفاز حفظ می‌شود. در نتیجه، دوک تقسیم درون هسته شکل می‌گیرد. رشته‌های دوک، کروموزوم‌ها را به سوی دو قطب هسته (نه سلول) می‌کشند و میتوز، با نفوذ پوشش هسته به درون و تقسیم هسته، پایان می‌پذیرد.

### ساختار قارچ برای جذب مواد غذایی مناسب است.

در شکل ۲-۱۱ قارچ پنی‌سیلیوم<sup>۱</sup> را که روی پرتقال رشد کرده است، مشاهده می‌کنید. پرزهای سبز و سفیدی که به عنوان کپک می‌شناسیم، در واقع ساختارهای تولید مثلی قارچ هستند. پیکر قارچ در لابه‌لای بافت‌های میوه پرتقال جای دارد. پیکر همه قارچ‌ها، به جز مخمرها، از رشته‌های باریکی به نام نخینه<sup>۲</sup> تشکیل شده است. وقتی نخینه رشد می‌کند، منشعب می‌شود و توده‌ای درهم پیچیده و گره خورده می‌سازد که میسلیوم<sup>۳</sup> نام دارد. یک میسلیوم، ممکن است از نخینه‌هایی به طول چندین متر تشکیل شده باشد. این نحوه سازمان‌بندی، موجب افزایش نسبت سطح به حجم می‌شود. بنابراین ساختار قارچ، سازگاری مناسبی برای جذب مواد غذایی از محیط پیدا کرده است.

هر نخینه، رشته سلولی طولی است که در بعضی از گونه‌ها سلول‌های آن به وسیله دیواره عرضی ناقصی از یکدیگر جدا شده‌اند. بعضی از گونه‌ها، دیواره عرضی ندارند و سیتوپلاسم آنها آزادانه در سراسر نخینه جریان دارد (شکل ۲-۱۱).



شکل ۲-۱۱- کپک پنی‌سیلیوم.  
سطح این میوه پرتقال از نوعی قارچ متعلق  
به سرده پنی‌سیلیوم پوشیده شده است.

۱- Penicillium

۲- hyphae

۳- mycelium



قارچ‌ها چگونه غذای خود را به دست می‌آورند: همه قارچ‌ها با ترشح آنزیم‌های گوارشی، مواد آلی موجود در محیط را به مولکول‌های قابل جذب تجزیه می‌کنند و با جذب این مولکول‌ها، غذای خود را به دست می‌آورند. بسیاری از قارچ‌ها، مواد آلی غیرزنده، مثل شاخه و برگ بر زمین ریخته گیاهان، اجساد جانوران و مواد دفعی آنها را تجزیه می‌کنند. این گروه از قارچ‌ها نقش مهمی در بازیافت مواد و برگرداندن آنها به چرخه مواد دارند. بعضی قارچ‌ها انگل هستند و بنابراین غذای خود را از میزبان‌های زنده تأمین می‌کنند.

قارچ‌ها اغلب در به دست آوردن مواد غذایی، با آدمی رقابت می‌کنند. نان، میوه، سبزی، یا گوشت هیچ‌کدام از گزند قارچ‌ها در امان نیستند. قارچ‌ها به مواد غیرغذایی مثل کاغذ، مقوا، لباس، رنگ و چرم نیز حمله می‌کنند. بعضی قارچ‌ها سبب بروز بیماری می‌شوند، مثل قارچی که لای انگشتان پا - به خصوص در ورزشکاران - می‌روید.

توانایی قارچ‌ها در زندگی کردن در شرایط متفاوت، آنان را از نظر اقتصادی ارزشمند ساخته است. مخمر، که قارچی تک سلولی است، در تولید نان به کار گرفته می‌شود. گروهی از قارچ‌ها، طعم و بوی بعضی از پنیرها را باعث می‌شوند. بسیاری از انواع آنتی‌بیوتیک‌ها مانند پنی‌سیلین، توسط قارچ‌ها ساخته می‌شوند.

### قارچ‌ها تولید مثل جنسی و غیرجنسی دارند.

قارچ‌ها با رهاسازی هاگ‌هایی که به طریقه جنسی یا غیرجنسی در ساختارهای تولیدمثلی موجود در نوک نخینه پدید آمده‌اند، تکثیر می‌شوند. ساختارهای تولیدمثلی روی سطح منابع غذایی به سرعت رشد می‌کنند. این سازگاری، امکان انتقال هاگ‌ها را به زیستگاه جدید، توسط جریان هوا فراهم می‌کند. هاگ‌های قارچ آنقدر کوچک و سبک‌اند که تا مدت‌ها در هوا معلق می‌مانند و بنابراین باد می‌تواند آنها را تا مسافت‌های طولانی جابه‌جا کند (شکل ۳-۱۱).

هاگ‌های قارچ، هاپلویدند. بیشتر آنها توسط میتوز و طی تولیدمثل غیرجنسی ساخته می‌شوند. در تولیدمثل جنسی، نخینه‌های دو قارچ به یکدیگر ملحق می‌شوند. نخینه‌های الحاق شده، ساختار تولیدمثل جنسی را پدید می‌آورند. در این ساختار، قارچ با الحاق هسته‌هایی که مواد ژنتیک متفاوتی دارند، هاگ‌های جنسی را می‌سازند.



شکل ۳-۱۱- قارچ پفکی. صدها هزار هاگ را از طریق یک شکاف کوچک رها می‌سازند.



## فعالیت

### آزمایش سریع



### برخی از ویژگی‌های کپک نان

همان‌گونه که هر رشته نخ، از تارهای بهم تابیده پنبه ساخته شده است، پیکر قارچ نیز از تارهای سلولی تشکیل شده است.

مواد: نان کپک زده، ذره‌بین، تیغ و تیغک شیشه‌ای، میکروسکوپ، قطره‌چکان، حوله کاغذی، بشر ۵ ml و خلال دندان.

#### روش

- ۱- قطعه‌ای نان کپک زده را با ذره‌بین مشاهده کنید.
- ۲- آنچه را که با بزرگ‌نمایی ذره‌بین می‌بینید، در دفتر خود رسم کنید.
- ۳- از تکه ریزی از نان کپک زده، اسلاید مرطوب بسازید.
- ۴- اسلاید مرطوب را با بزرگ‌نمایی کم میکروسکوپ مشاهده کنید.
- ۵- آنچه را که می‌بینید در دفتر خود رسم کنید.

## تجزیه و تحلیل

- ۱- وجود ساختارهای برافراشته قارچ بر سطح نان چه مزیتی دارد؟
- ۲- با استفاده از شکل ۲-۱۱ شکل‌هایی را که رسم کرده‌اید نام‌گذاری کنید.
- ۳- کار هر یک از ساختارهایی را که نام‌گذاری کرده‌اید، بیان کنید.

## خودآزمایی



- ۱- ویژگی‌های قارچ‌ها و گیاهان را با هم مقایسه کنید.
- ۲- ساختار نخینه و میسلیموم را با هم مقایسه کنید.
- ۳- روش‌های به‌دست آوردن غذا توسط قارچ‌ها را به‌طور خلاصه بیان کنید.
- ۴- قارچ‌ها چه نقشی در محیط برعهده دارند؟
- ۵- روش‌های مختلف تولیدمثل قارچ‌ها را به‌طور خلاصه بیان کنید.

## ۲ گوناگونی قارچ‌ها

قارچ‌ها بر اساس ساختارهای تولیدمثلی گروه‌بندی می‌شوند. اگر ساختارهای تولیدمثلی قارچ‌ها را بررسی کنید، خواهید دید که قارچ‌ها چقدر گوناگون‌اند. بر اساس نوع ساختارهای تولیدمثلی - که طی تولیدمثل جنسی پدید می‌آیند - قارچ‌ها را به سه شاخه گروه‌بندی می‌کنند. جدول ۱-۱۱ فهرستی از ویژگی‌های این سه شاخه را ارائه می‌دهد.

جدول ۱-۱۱ - شاخه‌هایی از فرمانروی قارچ‌ها که تولیدمثل جنسی دارند.

شاخه	ویژگی‌ها	مثال
زیگومیکوتا <sup>۱</sup>	هاگ‌های جنسی در زیگوسپوراتر تولید می‌شوند نخینه فاقد دیوارهٔ عرضی است.	کپک سیاه نان
آسکومیکوتا <sup>۲</sup>	هاگ‌های جنسی در آسک تولید می‌شوند. نخینه دیوارهٔ عرضی دارد.	مخمر و قارچ فنجانی
بازیدیومیکوتا <sup>۳</sup>	هاگ‌های جنسی در بازیدیوم تولید می‌شوند. نخینه دیوارهٔ عرضی دارد.	قارچ چتری، قارچ پفکی، زنگ‌ها

تولیدمثل غیرجنسی: چهارمین گروه قارچ‌ها که نام آن در جدول ۱-۱۱ نیامده است، دئوترومیست‌ها<sup>۴</sup>، مشتمل بر قارچ‌هایی است که در آنها تولیدمثل جنسی دیده نمی‌شود. مرسوم است که

۱- Zygomycota

۲- Ascomycota

۳- Basidiomycota

۴- Deutromycetes

این گروه را به عنوان یک شاخه در نظر می گیرند. اما زیست شناسان بر اساس روش های مولکولی، بیشتر این قارچ ها را که به طور غیرجنسی تولیدمثل می کنند، در شاخه آسکومیکوتا قرار می دهند. انواع زیادی از قارچ ها شناسایی شده اند که تولیدمثل جنسی ندارند. بسیاری از آنها از نظر اقتصادی حائز اهمیت اند. مثلاً بعضی از گونه های پنی سیلیوم، آنتی بیوتیک پنی سیلین تولید می کنند. گونه آسپرژیلوس در تخمیر سس سویا و تولید سیتربک اسید به کار می رود. بعضی از دئوترومیست ها طعم ویژه بعضی از پنیرها را سبب می شوند. قارچ هایی که سبب بیماری های پوستی (مثل قارچ لای انگشتان پا) می شوند نیز از دئوترومیست ها هستند.

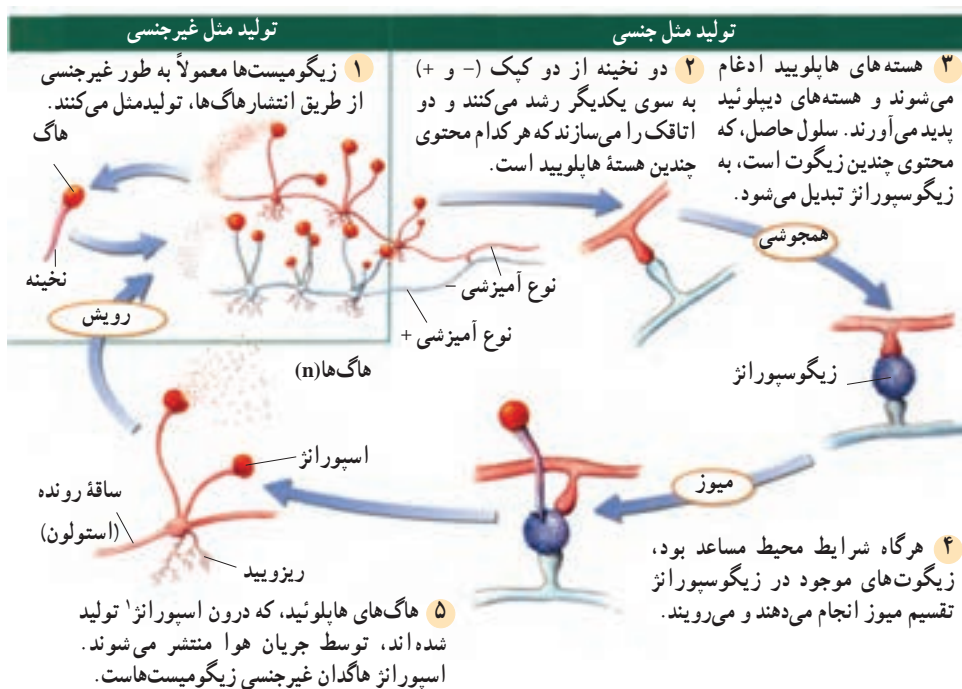
### ساختارهای تولیدمثلی زیگومیست ها دیواره های ضخیم می سازند.

کپک سیاه نان، ریزوپوس استولونیفر<sup>۱</sup>، عضوی از شاخه زیگومیکوتا است. زیگومیکوتا از آن جهت به این نام خوانده می شود که ساختارهایی تولیدمثلی با دیواره ضخیم به نام زیگوسپورانژ به وجود می آورند.

گونه ریزوپوس و سایر زیگومیست ها، در خاک زندگی می کنند و از مواد جانوری و گیاهی در حال تجزیه، تغذیه می کنند. میسلیوم هایی که روی سطح نان رشد می کنند، «استولون» نام دارند. نخینه هایی که توسط آنها قارچ درون نان نفوذ می کنند، ریزوئید نامیده می شوند. نخینه زیگومیست ها معمولاً دیواره عرضی ندارد.

تولیدمثل غیرجنسی در زیگومیست ها بسیار شایع تر از تولیدمثل جنسی است. طی تولیدمثل غیرجنسی، هاگ های هاپلوئید در اسپورانژ تولید می شوند. هاگ ها بعد از بالغ شدن رها و بعد توسط جریان هوا به مکان های جدید برده می شوند. در مکان های جدید، هاگ ها می رویند و رشد میسلیوم جدیدی را آغاز می کنند. در تولیدمثل جنسی دو نخینه از دو نوع آمیزشی مختلف که آنها را با + و - نشان می دهیم؛ به سوی یکدیگر رشد می کنند و به هم می رسند.

<sup>۱</sup> Rhizopus stolonifer



شکل ۴-۱۱ چرخه زندگی زیگومیسست ها. زیگومیسست ها تولید مثل جنسی و غیر جنسی دارند.

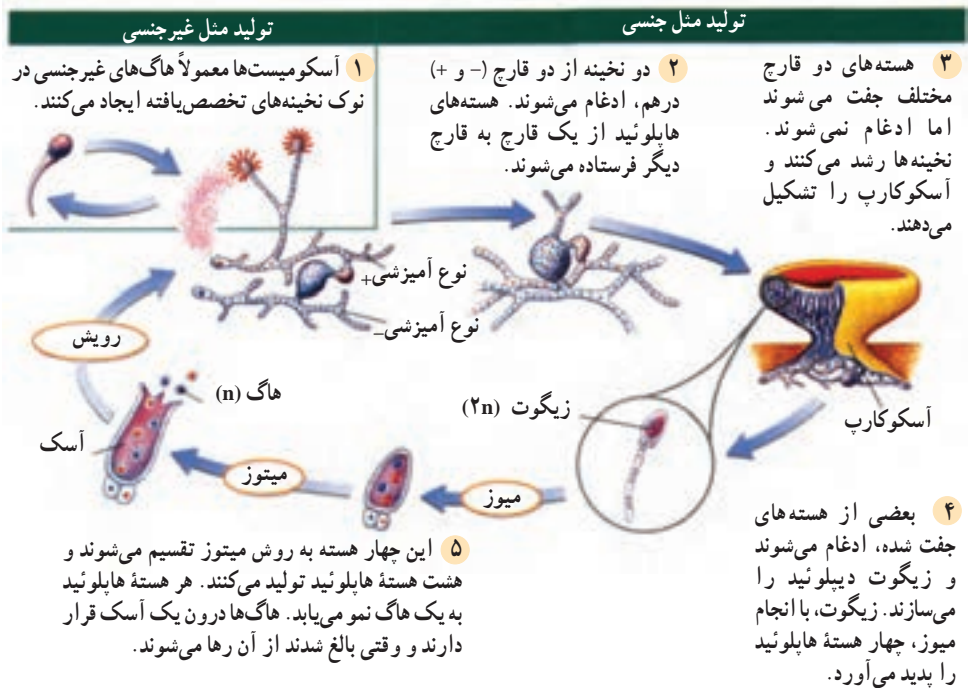
## آسکومیسست ها، کیسه های هاگ دار می سازند.

آسکومیسست ها، ساختارهای تولید مثل ویژه ای به نام آسک تولید می کنند. آسک، کیسه ای میکروسکوپی است که در آن هاگ های هاپلوئید تشکیل می شوند. آسک ها، معمولاً درون نخینه های بهم بافته فنجانی شکلی، به نام آسکوکارپ تشکیل می شوند. شکل ۵-۱۱ تولید مثل را در نمونه ای از آسکومیسست ها نشان می دهد.

آسکومیسست ها، معمولاً به طریقه غیر جنسی تولید مثل می کنند. هاگ های غیر جنسی در نوک نخینه ها تشکیل می شوند. هاگ ها درون کیسه یا ساختار بخصوصی قرار ندارند. وقتی هاگ ها رها می شوند، جریان هوا آنها را به نقاط جدید می برد. هاگ ها در محل جدید می رویند و میسلیموم های جدید تشکیل می دهند.

مخمر، نامی عمومی است که به آسکومیسست های تک سلولی اطلاق می شود.

ساکارومیسز سرویزیه<sup>۱</sup> یا مخمر نان سال‌هاست که برای تولید نان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعضی از مخمرها مثل کاندیدا آلیکنز<sup>۲</sup> برای انسان بیماری‌زا هستند. این مخمرها عامل بیماری برفک دهان‌اند. در این بیماری، زخم‌های سفید یا شیری‌رنگی در دهان، لب‌ها و گلو شکل می‌گیرد. بیشتر مخمرها با جوانه‌زدن تولید مثل می‌کنند. در جوانه‌زدن، سلولی کوچک از سلول بزرگ تولید می‌شود به آن چسبیده می‌ماند، یا از آن جدا می‌شود.



شکل ۵-۱۱- چرخه زندگی آسکومیسیت‌ها. آسکومیسیت‌ها ممکن است به طریقه جنسی یا غیر جنسی تولید مثل کنند.

## بازیدیومیسیت‌ها هاگ‌های جنسی خود را روی بازیدی می‌سازند.

قارچی که احتمالاً شما با آن آشنایی بیشتری دارید، قارچ چتری است. قارچ چتری، متعلق به شاخه بازیدیومیسیت‌هاست. دیگر بازیدیومیسیت‌ها عبارت‌اند از: قارچ ژله‌ای و قارچ صدفی. بازیدیومیسیت‌ها به سبب آن که بازیدیوم تولید می‌کنند، به این نام خوانده می‌شوند.

۱- *Saccharomyces cerevisiae*

۲- *Candida albicans*

بازیدیوم ساختار تولیدمثلی گرزمانندی است که هاگ‌ها روی آن تشکیل می‌شوند. شما می‌توانید این هاگ‌ها را در یکی از صفحه‌های بعد، در بخش «قارچ چتری در نمای نزدیک» مشاهده کنید. تولیدمثل غیرجنسی در میان بازیدیومیست‌ها نادر است و فقط در بعضی از زنگ‌ها و سیاهک‌ها به فراوانی روی می‌دهد. این دو گروه، از بیماری‌زاهای مهم گیاهان هستند (شکل ۱۱-۶). شکل ۱۱-۷ تولیدمثل جنسی بازیدیومیست را نشان می‌دهد. بسیاری از قارچ‌های چتری بی‌ضررند، اما بعضی نیز مثل *آمانیتا موسکاریا*<sup>۱</sup> ممکن است کشنده باشند.



شکل ۱۱-۶- زنگ گندم. زنگ، بازیدیومیستی است که به غلات حمله می‌کند و آنها را برای انسان نامطلوب می‌سازد.





شکل ۷-۱۱- چرخه زندگی بازیدیومیست ها. بازیدیومیست ها معمولاً به روش جنسی تولید مثل می کنند.

## خودآزمایی



- ۱- به طور خلاصه بیان کنید که قارچ ها چگونه گروه بندی می شوند.
- ۲- دو مورد از کاربردهای اقتصادی قارچ ها را بیان کنید.
- ۳- ویژگی های هر سه شاخه فرمانروی قارچ ها را به طور خلاصه بیان کنید.
- ۴- ساختار قارچ چتری را توضیح دهید.
- ۵- تولید مثل مخمر را توضیح دهید.

## بیشتر بدانید



### قارچ چتری در نمای نزدیک

- نام علمی : آمانیتا موسکاریا
- اندازه : ۱۵-۱۰ cm
- زیستگاه : خاک دارای مواد آلی و مرطوب
- تغذیه : هتروتروف

## ویژگی‌ها



### ساختار سلولی

دیواره سلولی آمایتا موسکاریا و دیگر قارچ‌ها، از کیتین ساخته شده است. کیتین، پلی‌ساکاریدی است که در اسکلت خارجی حشرات نیز یافت می‌شود. در بعضی از قارچ‌ها، نخینه به سلول‌های جداگانه تقسیم نشده است، اما تعداد بسیاری هسته در سیتوپلاسم وجود دارد. در دیگر قارچ‌ها، نخینه توسط دیواره‌های منفذداری به نام تیغه (دیواره عرضی) به سلول‌ها تقسیم شده است.

### ساختار بدن

پیکر پرسلولی قارچ، اساساً رشته‌ای است و از رشته‌های سلولی طولی به نام نخینه تشکیل شده است. از به هم تابیدن نخینه‌ها، شبکه‌ای تشکیل می‌شود که میسلیم نام دارد. معمولاً بیشتر میسلیم در ماده‌ای که قارچ روی آن روئیده است، مثلاً درون خاک، پنهان شده است.

### تولید مثل

نخینه‌های زیر خاک در شرایط مناسب، به‌سوی بالا رشد می‌کنند، به‌هم می‌تابند و سرانجام آنچه را که ما به‌عنوان «کلاهک قارچ» می‌شناسیم، تولید می‌کنند. «کلاهک قارچ» در واقع ساختار تولیدمثلی آمانیتا موسکاریا است. در زیر کلاهک قارچ برآمدگی‌هایی وجود دارد که هزاران سلول گریزشکل به نام بازیدی روی آنها ساخته می‌شوند. طی ادغام و میوز هر بازیدی هاگ‌هایی تولید می‌کند که پس از پراکنده شدن در محیط می‌تواند نخینه‌های جدیدی تولید کند.

### شیوه تغذیه

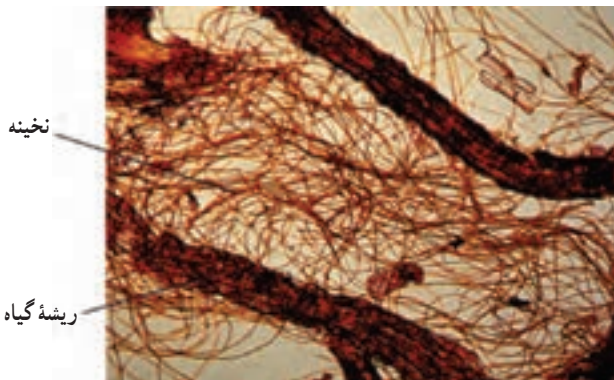
قارچ‌ها هتروتروف‌اند. آمانیتا موسکاریا نیز مثل سایر قارچ‌ها با ترشح آنزیم‌های گوارشی، مواد آلی موجود در محیط را به مولکول‌های ساده قابل جذب تجزیه می‌کند. قارچ‌ها مثل جانوران، کربوهیدرات‌ها را به‌صورت گلیکوژن ذخیره می‌کنند.

### قارچ‌ها با فتوسنتزکننده‌ها روابط همزیستی دارند.

قارچ‌ها روابط همزیستی مختلفی با جلبک‌ها و گیاهان دارند. این روابط از نظر بوم‌شناختی بسیار حائز اهمیت‌اند. همزیستی یک هتروتروف (قارچ) با یک فتوسنتزکننده (گیاه سبز یا جلبک) از نوع همیاری است. قارچ مواد معدنی موردنیاز را از محیط جذب می‌کند و در اختیار گیاه قرار می‌دهد، گیاه با استفاده از انرژی خورشید به ساختن مولکول‌های آلی موردنیاز خود و قارچ می‌پردازد.

**قارچ – ریشه‌ای:** قارچ – ریشه‌ای نوعی رابطه همیاری است که بین قارچ و ریشه برخی گیاهان آوندی برقرار می‌شود. نخینه به انتقال فسفر و دیگر مواد معدنی از خاک به ریشه گیاهان کمک می‌کند و گیاه کربوهیدرات موردنیاز خود و نخینه را می‌سازد.

در قارچ – ریشه‌ای، نخینه ممکن است به درون ریشه نفوذ کند یا به دور آن بپیچد. در شکل ۸-۱۱ نخینه‌هایی را می‌بینید که به درون ریشه رشد کرده‌اند. مطالعه فسیل‌ها نشان داده است که ساختارهای ریشه‌مانند گیاهان ابتدایی، غالباً قارچ – ریشه‌ای بوده‌اند. دانشمندان بر این باورند زمانی که گیاهان به خشکی وارد شدند، خاک فاقد هرگونه ماده آلی بود، اما گیاهان ابتدایی به کمک قارچ – ریشه‌ای‌ها توانستند در خاک غیرحاصل‌خیز رشد کنند. بعضی از گیاهان آوندی، همکاری خود را با قارچ در قالب قارچ – ریشه‌ای ادامه داده‌اند و توانسته‌اند بقای خود را تا امروز حفظ کنند.



شکل ۸-۱۱- قارچ – ریشه‌ای. هر دو جاندار از این همزیستی سود می‌برند.

قارچ - ریشه‌ای‌های پیرامون بسیاری از ریشه‌های گیاهی، به درون آن نفوذ نمی‌کنند. چنین نوع همزیستی معمولاً بین نوع خاصی قارچ که بیشتر از بازیدیومیست‌هاست، با نوع خاصی از گیاهان برقرار می‌شود. بسیاری از گیاهان، مانند کاج، بلوط و بید از این همزیستی برخوردارند.

## گل‌سنگ

گل‌سنگ، جاننداری استثنایی و حاصل همزیستی بین یک قارچ و یک فتوستنترکننده، مثل جلبک سبز، سیانوباکتری یا هر دو است. جزء فتوستنترکننده، کربوهیدرات‌ها را می‌سازد و جزء قارچی، علاوه بر تأمین مواد معدنی، از جزء فتوستنترکننده، محافظت می‌کند. در بیشتر گل‌سنگ‌ها، جزء قارچی یک آسکومیست است. وقتی به یک گل‌سنگ، مثل گل‌سنگ شکل ۹-۱۱ نگاه می‌کنید، در واقع جزء قارچی گل‌سنگ را می‌بینید. جزء فتوستنترکننده در لایه‌های نخینه پنهان شده است. نور خورشید از لایه‌های نخینه عبور می‌کند و به جزء فتوستنترکننده می‌رسد.

ساختار مستحکم قارچ، همراه با توانایی فتوستنتری جلبک یا سیانوباکتری، به گل‌سنگ امکان می‌دهد تا در شرایط سخت نیز به حیات خود ادامه دهد. در بیابان‌های بایر، در قطب‌شمال، روی خاک بدون گیاه، روی صخره‌های داغ آفتاب‌خورده و روی تنه درختان، گل‌سنگ‌ها را می‌توان یافت. به یاد بیاوریم که گل‌سنگ‌ها اولین جانداران اکوسیستم‌ها هستند که در محل جدید، جایگزین می‌شوند و اکوسیستم را بنیان می‌نهند. گل‌سنگ‌ها با خرد کردن سنگ‌ها، محیط را برای ورود دیگر جانداران مهیا می‌کنند. گل‌سنگ‌ها نقشی کلیدی در ایجاد اکوسیستم‌ها دارند؛ چون قادرند نیتروژن را تثبیت کنند و آن را به صورتی که برای جانداران قابل استفاده باشد، به محیط وارد کنند.

گل‌سنگ‌ها می‌توانند در برابر خشکی و انجماد مقاومت کنند. در چنین شرایطی آنان به خواب می‌روند. وقتی که رطوبت و گرما دوباره به محیط باز می‌گردد، گل‌سنگ‌ها رشد خود را از سر می‌گیرند. در شرایط سخت، گل‌سنگ‌ها ممکن است به آهستگی رشد کنند. بعضی از آنها که در کوهستان می‌رویند، چند هزار سال عمر دارند اما سطحی را که می‌پوشانند، بیشتر از سطح کف دست نیست. این گل‌سنگ‌ها جزء کهن‌ترین جانداران روی کره زمین‌اند. گرچه گل‌سنگ‌ها می‌توانند در دماهای زیاد یا کم زندگی کنند، اما نسبت به تغییرات شیمیایی محیط، حساس‌اند. به همین سبب، آنان ابزارهای زنده‌ای برای سنجش کیفیت هوا به شمار می‌روند.



شکل ۹-۱۱- گل‌سنگ‌ها، جلبک‌ها، سلول‌های سبزی که در ریزنگار می‌بینید، جزء فتوسنتزکننده گل‌سنگ هستند.

## فعالیت



### اثر قارچ — ریشه‌ای بر رشد گیاه

دو گروه از گیاهان، یکی در خاک سترون و دیگری در خاک غیرسترون کاشته می‌شوند. بقیه شرایط آزمایش برای هر دو گروه یکسان است. بعد از ۱۸ هفته، وضعیت رشد گیاهان به صورتی بوده است که در شکل می‌بینید. با توجه به این شکل، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- رشد دو گروه را با یکدیگر مقایسه کنید. کدام یک رشد سریع‌تری داشته است؟

۲- توضیح دهید که چرا یک گروه نسبت به گروه دیگر رشد بهتری داشته است؟

۳- علت رشد کمتر در گیاه کوچک‌تر چه بوده است؟

۴- برای جبران کاهش رشد گیاهان کوچک‌تر چه راهی پیشنهاد می‌کنید؟



## گل‌سنگ‌ها، دیده‌بانان محیط زیست

از دهه ۱۹۵۰ به بعد، دانشمندان دریافته‌اند که بیشتر گل‌سنگ‌ها برای رشد کردن به هوای پاکیزه نیاز دارند. مثلاً مشاهده کرده‌اند که افزایش مه - دود موجب ناپدید شدن گل‌سنگ‌ها می‌شود. علاوه بر این، در جاهایی که هوای پاکیزه وجود دارد، گل‌سنگ‌ها فراوانی بیشتری دارند. به همین سبب، دانشمندان از گل‌سنگ‌ها برای نشان دادن آلودگی هوا استفاده می‌کنند.

### چرا گل‌سنگ‌ها ابزارهای خوبی برای نشان دادن آلودگی هوا هستند؟

گل‌سنگ‌ها ریشه ندارند بنابراین مواد غذایی موردنیاز خود را باید از هوا جذب کنند. باران، مه و شبنم، سطح گل‌سنگ را مرطوب می‌کند. در نتیجه گل‌سنگ می‌تواند ماده غذایی و هر نوع ماده آلوده‌کننده‌ای را که در هوا وجود دارد، جذب کند.

گل‌سنگ‌ها می‌توانند قرن‌ها زندگی کنند. به همین سبب برای مطالعه تغییرات آلودگی هوا طی دوره‌های زمانی طولانی، بسیار مناسب‌اند. بسیاری از گونه‌های گل‌سنگ پراکنده‌گی جغرافیایی وسیعی دارند. بنابراین، می‌توان برای نشان دادن کیفیت هوا در فواصل مختلفی نسبت به منبع آلودگی، مثل کارخانه یا نیروگاه، تنها از یک گونه گل‌سنگ استفاده کرد.

### چگونه از گل‌سنگ‌ها برای نشان دادن آلودگی هوا استفاده می‌کنند؟

برای نشان دادن کیفیت هوای یک منطقه به وسیله گل‌سنگ‌ها، دانشمندان اغلب از پراکنده‌گی گل‌سنگ‌ها در منطقه‌ی موردنظر نقشه‌برداری می‌کنند سپس تعداد گونه‌ها و فراوانی هریک را شمارش و بعد مجموع سطح اشغال‌شده به وسیله هرگونه از گل‌سنگ‌ها را محاسبه می‌کنند. اگر نقشه‌برداری طی سال‌های متمادی انجام شود، امکان نشان دادن تغییرات درازمدت فراهم می‌شود. دانشمندان با اندازه‌گیری غلظت فلزات و سایر آلاینده‌ها در گل‌سنگ‌ها، می‌توانند اطلاعات کامل‌تری درباره آلودگی هوا به دست آورند. همچنین آنان می‌توانند با اندازه‌گیری میزان کلروفیل موجود در گل‌سنگ از آهنگ فتوسنتز و از میزان سلامتی آن آگاه شوند.

برای بررسی آلودگی هوا در منطقه‌ای که در آن هیچ گل‌سنگی نیست، دانشمندان گل‌سنگ‌ها را از منطقه‌ای که به‌طور طبیعی گل‌سنگ دارد به منطقه بدون گل‌سنگ منتقل می‌کنند. سپس آنان گل‌سنگ‌ها را از نظر مواد آلاینده مورد بررسی قرار می‌دهند و هرگونه تغییر در سلامت گل‌سنگ‌ها را ثبت می‌کنند. آنان همچنین به اثرات ناشی از جابه‌جا کردن گل‌سنگ‌ها توجه دارند.

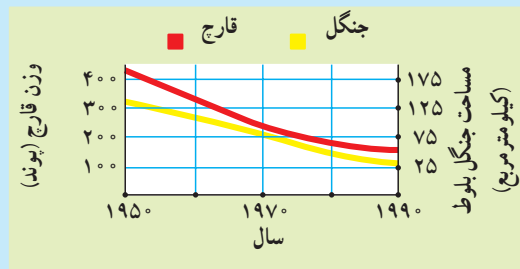
## فعالیت



- ۱- ساختار زیگوسپورا اثر ریزوپوس استولونیفر را توصیف کنید و توضیح دهید این ساختار چه نقشی در بقای گونه ایفا می کند.
- ۲- توضیح دهید که چرا و چگونه از گلسنگ ها برای نشان دادن کیفیت هوا استفاده می کنند؟
- ۳- بگویید هر یک از شکل های زیر به کدام گروه از قارچ ها متعلق اند و نحوه تولید مثل هر کدام چگونه است؟



- ۴- نمودار زیر، مقدار قارچ های خوراکی برداشت شده را در یک جنگل طی یک دوره زمانی خاص و نیز مساحت جنگل درختان بلوط را طی همان دوره زمانی، نشان می دهد.



قارچ دنبان در جنگل بلوط

- الف - چه رابطه ای بین میزان قارچ های برداشت شده و جنگل زدایی وجود دارد؟  
ب - اگر کشاورزان منطقه بخواهند مقدار برداشت قارچ در سطح فعلی خود ثابت بماند، به آنان چه پیشنهادی می کنید؟



۵- با توجه به نوع متابولیسم گل‌سنگ‌ها، فکر می‌کنید که گل‌سنگ‌ها ابتدا در چه نوع محیطی تکامل یافته باشند؟

## خودآزمایی



- ۱- دو نوع همزیستی را که در آنها قارچ شرکت دارد، توضیح دهید.
- ۲- قارچ- ریشه‌ای چه فایده‌ای برای گیاه دارد؟
- ۳- گل‌سنگ از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- ۴- توانایی به خواب رفتن گل‌سنگ‌ها چه ارتباطی با عمر طولانی آنها دارد؟

## پیوست‌ها

توجه مطالب بخش پیوست (از این جا تا انتهای کتاب) جزء مطالب «بیشتر بدانید» است و برای ارجاع و اطلاع بیشتر دانش‌آموزان آورده شده است.

### نظام طبقه‌بندی پنج فرمانرویی

این نظام شامل فرمانروهای باکتری‌ها، آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران است. البته در مورد تعداد فرمانروها و تعداد گونه‌های جانداران، در بین زیست‌شناسان اختلاف نظر وجود دارد. حتی برخی از آنها -به‌تازگی نظام طبقه‌بندی با شش فرمانرو را پذیرفته‌اند. در نظام شش فرمانرویی، فرمانرو آرکی‌باکتری‌ها را از فرمانرو باکتری‌ها جدا کرده‌اند.

#### ۱- فرمانرویی باکتری‌ها

شاخهٔ یوباکتری‌ها (*Eubacteria*): این شاخه بیشتر از ۴۰۰۰ گونه دارد؛ بدن آنها از یک سلول تشکیل شده است؛ پروکاریوت هستند؛ اندامک‌های غشایی ندارند؛ روش تغذیهٔ آنها اساساً از طریق هتروتروفی (از طریق جذب غذا) است اما در میان آنها انواع فتوسنتزکننده و شیمیوسنتزکننده هم دیده می‌شود؛ تولیدمثل آنها معمولاً از طریق تقسیم دوتایی) یا جوانه‌زدن است.

سیانوباکتری‌ها (*Cyanobacteria*): فتوسنتزکننده‌اند، با یک پوشش رنگدانه‌دار احاطه شده‌اند؛ معمولاً روی خشکی یا در اقیانوس‌ها دیده می‌شوند؛ احتمالاً اجداد کلروپلاست‌های برخی از آغازیان بوده‌اند.

نمونه: آنابنا (*Anabaena*)، اسیلاتوریا (*Oscillatoria*) و اسپیرولینا (*Spirulina*)

اتوتروف‌های شیمیوسنتزکننده (*Chemoautotrophs*): باکتری‌های باستانی هستند که بدون نیاز به نور خورشید یا سایر موجودات زنده، قادر به زندگی‌اند؛ انرژی را از گازهای احیاشدهٔ آمونیاک ( $\text{NH}_3$ )، متان ( $\text{CH}_4$ ) و سولفید هیدروژن ( $\text{H}_2\text{S}$ ) به‌دست می‌آورند؛ در چرخه‌های نیتروژن زمین نقش حساسی دارند و شامل نیتروباکتری‌ها و سولفوباکتری‌ها هستند.

نمونه: نیتروزوموناس (*Nitrosomonas*) و نیتروباکتر (*Nitrobacter*).

انتروباکتری‌ها (*Enterobacteria*): باکتری‌های میله‌ای‌شکل، بدون اعطاف و هتروتروف‌اند؛ ممکن است

هوای بی‌هوای باشند؛ تاژک دارند؛ عامل بسیاری از بیماری‌های شدید گیاهی و انسانی هستند.  
نمونه: اشریشیا کولی (*Escherichia coli*) و سالمونلا تیفی موریوم (*Salmonella typhimurium*)  
سودومونادها (*Pseudomonads*): باکتری‌های میله‌ای راست یا خمیده با تاژکی در یک انتهای خود هستند؛ کاملاً هوایی‌اند؛ معمولاً در خاک دیده می‌شوند و بسیاری از آنها در گیاهان تولید بیماری می‌کنند.  
نمونه: سودوموناس آئروژینوزا (*Pseudomonas aeruginosa*)  
اسپیروکت‌ها (*Spirochaetes*): سلول‌هایی مارپیچی و دراز هستند که در هر انتهای خود تاژک دارند؛ عامل ایجاد بیماری‌های شدیداند.

نمونه: تریپونما پالیدوم (*Treponema pallidum*) و بورلیا بورگدورفری (*Borrelia burgdorferi*)  
اکتینومیست‌ها (*Actinomycetes*): باکتری‌های رشته‌ای شکل که اغلب با قارچ‌ها اشتباه گرفته می‌شوند. هاگ تولید می‌کنند؛ منابع تولید آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند: استرپتومایسین، تتراسایکلین و کلرامفنیکل هستند؛ موجب بیماری‌هایی نظیر پلاک دندان، جذام و سل می‌شوند.  
نمونه: مایکوباکتریوم توبرکلوسیس (*Mycobacterium tuberculosis*)  
ریکتسیاها (*Rickettsias*): باکتری‌های انگل هستند که درون سلول‌های مهره‌داران و بندپایان زندگی می‌کنند.

نمونه: ریکتسیا ریکتسی (*Rickettsia rickettsii*)  
باکتری‌های لیز و لزوج که جوانه می‌زنند: دارای سلول‌های میله‌ای شکل‌اند؛ پلی‌ساکاریدهای لیز و لزوج‌کننده ترشح می‌کنند؛ اغلب به صورت توده‌های لزوج مجتمع می‌شوند و اساساً در خاک زندگی می‌کنند.

نمونه: میکسوباکتری‌ها (*Myxobacteria*)  
شاخهٔ آرکی‌باکتری‌ها (*Archaeobacteria*): این شاخه کمتر از ۱۰۰ گونه را تشکیل می‌دهد؛ شامل باکتری‌های هوایی و غیرهوایی‌اند که با محیط‌های افراطی سازگار شده‌اند؛ پروکاریوت‌اند؛ از نظر ساختار دیواره و غشای سلول با سلول‌های یوکاریوت متفاوت‌اند؛ شباهت‌های آنها به یوکاریوت‌ها این نظریه را ایجاد می‌کند که آرکی‌باکتری‌ها در مقایسه با یوکاریوت‌ها، وابستگان بسیار نزدیک‌تر یوکاریوت‌ها هستند؛ فقط به‌طریقهٔ غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند و به سه گروه بزرگ تقسیم می‌شوند؛ اگرچه شواهدی وجود دارد که به‌طور آزاد در اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند اما هنوز در آزمایشگاه‌ها کشت داده نشده‌اند.

متانوزن‌ها (*Methanogens*): تولیدکنندگان بی‌هوایی متان هستند؛ بیشتر گونه‌های آنها، دی‌اکسیدکربن را به‌عنوان منبع کربن به‌کار می‌برند؛ در خاک و باتلاق‌ها سکونت دارند و از بقایای جانوران، به‌خصوص پستانداران علف‌خوار مثل گاو، تغذیه می‌کنند؛ سالانه نزدیک به دو تریلیون کیلوگرم گاز متان تولید می‌کنند.

نمونه: متانوبروی باکتر رومانتیوم (*Methanobrevibacter ruminantium*)  
ترمواسیدوفیل‌ها (*Thermoacidophiles*): در محیط‌های داغ اسیدی سکونت دارند؛ می‌توانند حرارت‌های بالا را تحمل کنند؛ به‌گوگرد نیاز دارند؛ اغلب غیرهوایی‌اند.

نمونه: سولفولوبوس سولفاتاریکوس (*Sulfolobus solfataricus*)  
هالوفیل‌های افراطی (*Extreme halophiles*): در محیط‌های محتوی نمک با غلظت بسیار بالا (شوری ۱۵

تا ۲۰ درصد) مثل بحرالْمیت و دریاچه‌های نمک سکونت دارند؛ بسیاری از آنها هوازی و گرم منفی اند.  
نمونه: هالوباکتریوئیدز هولوبیوس (*Halobacteroides holobius*)

## ۲- فرمانرویی آغازیان

در حدود ۴۳۰۰۰ گونه یوکاریوت هستند که گیاه، قارچ یا جانور نیستند؛ فرمانرویی است که از نظر ساختاری بیشترین گوناگونی را دارد؛ موجودات آن تک سلولی یا پرسلولی اند؛ هسته آنها غشا دارد؛ تقریباً همه دارای کروموزوم، میتوکندری و سازمان غشایی درون سلولی اند؛ بسیاری از آنها دارای کلروپلاست اند و اکثریت آنان دیواره سلولی دارند؛ به روش جنسی و غیرجنسی تولیدمثل می کنند؛ آبی یا انگل اند؛ بسیاری از آنها نیز در خاک زندگی می کنند.  
شاخه ریزوپودا (Rhizopoda) (آمیب‌ها): حدود ۳۰۰ گونه را شامل می شوند؛ تک سلولی و هتروتروف اند؛ سلول‌های بی شکلی هستند که به کمک برآمدگی‌های سیتوپلاسمی به نام پای کاذب، حرکت می کنند و شامل آمیب‌ها هستند.

شاخه فورامینی فرا (روزن داران) (Foraminifera): حدود ۳۰۰ گونه را تشکیل می دهند؛ تک سلولی و هتروتروف و دریازی اند؛ پوسته‌ای از جنس مواد آلی دارند و دارای منافذی هستند که از آنها رشته‌های سیتوپلاسمی بیرون زده اند.  
نمونه: هتروستجینا دپرسا (*Heterostegina depressa*)

شاخه باسیلاری فیتا (دیاتوم‌ها) (Bacillariophyta): بیش از ۱۱۵۰۰ گونه هستند که تک سلولی و فتوسنتزکننده اند؛ پوسته منحصربه فردی از جنس سیلیس شیری رنگ ترشح می کنند که شبیه جعبه‌ای با یک درپوش است؛ کلروپلاست‌های آنها شبیه به کلروپلاست‌های جلبک‌های قهوه‌ای است و محتوی کلروفیل‌های نوع a و c و فوکوگراتین است؛ این شاخه شامل دیاتوم‌هاست.

شاخه کلروفیتا (جلبک‌های سبز) (Chlorophyta): این شاخه حدود ۷۰۰۰ گونه دارد؛ در این شاخه، اشکال تک سلولی، کلونی و پرسلولی دیده می شود؛ فتوسنتزکننده و محتوی کلروفیل‌های a و b هستند؛ کلروپلاست‌های شبیه گیاهان دارند؛ دانشمندان فکر می کنند که گیاهان از این گروه مشتق شده اند؛ این شاخه شامل جلبک‌های سبز است.  
نمونه: کلامیدوموناس (*Chlamydomonas*)، کلرلا (*Chlorella*)، اودوگونیم (*Oedogonium*)، اسپروژیر (*Spirogyra*)، اولوا (کاهوی دریایی) (*Ulva*)، ولوکس (*Volvox*).

شاخه رودوفیتا (جلبک‌های قرمز) (Rhodophyta): حدود ۴۰۰۰ گونه اند؛ تقریباً همه آنها پرسلولی و فتوسنتزکننده اند؛ بیشتر آنها دریازی اند؛ دارای کلروفیل a و فیکوبلین‌ها هستند؛ کلروپلاست‌های آنها احتمالاً از سیانوباکتری‌های هم زیست به دست آمده اند. این شاخه شامل جلبک‌های قرمز است.  
نمونه: پورفیرا (*Porphyra*)

شاخه فوفیتا (جلبک‌های قهوه‌ای) (Phaeophyta): حدود ۱۵۰۰ گونه اند؛ پرسلولی و فتوسنتزکننده اند؛ تقریباً همه آنها دریازی اند؛ دارای کلروفیل‌های a و c و فوکوگراتین هستند و به همین دلیل رنگ آنها مایل به قهوه‌ای است؛ این شاخه شامل جلبک‌های قهوه‌ای است.

نمونه: فوکوس (*Fucus*)، لامیناریا (*Laminaria*)، پوستلزیا (*Postelsia*)، سارگاسوم (*Sargassum*)  
شاخه دینوفلاژلاتا (تازکداران چرخان) (*Dinoflagellata*): این شاخه بیشتر از ۲۱۰۰ گونه تک سلولی دارد

و شامل گونه‌های هتروتروف و اتوتروف است؛ بیشتر آنها دریازی‌اند؛ بدنشان با دو صفحه سلولزی محصور شده است؛ دارای کلروفیل‌های a و c و کاروتنوئیدها هستند؛ این شاخه شامل دینوفلاژلاتاهاست.

نمونه: گونیولاکس (*Gonyaulax*)، نوکتیلوکا (*Noctiluca*)

شاخه ژئوماستی جینا (تاژکداران جانورمانند) (*Zoomastigina*): حدود ۳۰۰۰ گونه دارد؛ بیشتر آنها تک‌سلولی و هتروتروف‌اند؛ همه آنها حداقل یک تاژک دارند؛ این شاخه شامل ژئوماستی جیناهاست.

نمونه: ژیاردیا (*Giardia*)، لیشمانیا (*Leishmania*)، تریپانوزوما (*Trypanosoma*)

شاخه اوگنوفیتا (اوگلناها) (*Euglenophyta*): این شاخه حدود ۱۰۰۰ گونه دارد؛ تک‌سلولی‌اند، شامل گونه‌های فتوسنتزکننده و هتروتروف است؛ تولیدمثل غیرجنسی دارند؛ بیشتر آنها در آب شیرین زندگی می‌کنند؛ کلروپلاست‌های آنها شبیه جلبک‌های سبز است و تصور می‌شود که از باکتری‌های هم‌زیست مشابه نتیجه شده باشند؛ این شاخه شامل اوگنوتییدها است.

نمونه: اوگلنا (*Euglena*)

شاخه سیلیوفورا (مژکداران) (*Ciliophora*): در این شاخه حدود ۸۰۰۰ گونه وجود دارد؛ دارای سلول‌های منفرد بسیار پیچیده‌اند؛ هتروتروف‌اند؛ ردیف‌هایی از مژک دارند و دو نوع هسته در سلول آنها وجود دارد؛ این شاخه شامل مژکداران است.

نمونه: دیدینیوم (*Didinium*)، پارامسیوم (*Paramecium*)، استنتور (*Stentor*)، ورتیسلا (*Vorticella*).

شاخه آکرازئیومیکوتا (کپک‌های مخاطی سلولی) (*Acrasiomycota*): این شاخه حدود ۷۰ گونه دارد؛ هتروتروف‌اند؛ سلول‌های آمیبی‌شکلی دارند که وقتی از غذا محروم می‌شوند به صورت یک توده متحرک مجتمع می‌شوند؛ سلول‌های درون این توده، غشاهای خود را حفظ می‌کنند و آمیخته نمی‌شوند و هاگ‌هایی تولید می‌کنند که آمیبی‌شکل‌های جدیدی را در جای دیگر تشکیل می‌دهند؛ این شاخه شامل کپک‌های مخاطی است.

نمونه: دیکتیوستلیوم (*Dictyostelium*)

شاخه میکسومیکوتا (کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی) (*Myxomycota*): این شاخه حدود ۵۰۰ گونه دارد که هتروتروف‌اند؛ یک توده سیتوپلاسمی چندهسته‌ای شناوراند؛ آنها می‌توانند هاگ‌هایی را به وجود آورند که در یک محیط مناسب‌تر، فرد جدیدی را پدید آورد؛ این شاخه شامل کپک‌های مخاطی پلاسمودیال است.

نمونه: فیزاروم (*Physarum*)

شاخه آئومیکوتا (*Oomycota*): این شاخه حدود ۵۸۰ گونه هتروتروف دارد؛ انگل یا تجزیه‌کننده‌اند؛ دیواره سلولی آنها از سلولز تشکیل شده است و مانند قارچ‌ها کیتینی نیست؛ این شاخه شامل کپک‌های آبزی، زنگ‌های سفید و میلیدیوهای کرک‌دار است.

نمونه: فیتوفتورا (*Phytophthora*)

شاخه آبی کمپلکسا (هاگ‌داران) (*Apicomplexa*): حدود ۳۹۰۰ گونه تک‌سلولی، هتروتروف و غیرمتحرک دارد؛ انگل‌هایی‌هاگ مانند در جانوران هستند و چرخه‌های پیچیده‌ای در طول دوره زندگی خود دارند؛ به دو روش جنسی و غیرجنسی تولیدمثل می‌کنند؛ این شاخه شامل اسپوروزوئن (*Sporozoan*)هاست.

نمونه: پلاسمودیوم (*Plasmodium*)، توکسوپلازما (*Toxoplasma*)

### ۳- فرمانروی قارچ‌ها

حدود ۷۷۰۰۰ گونه هستند؛ یوکاریوت‌های هتروتروف با تغذیه از راه جذب، همگی به‌جز مخمرها پرسلولی‌اند؛ تقریباً همگی خاک‌زی‌اند؛ بدن برخی از آنها از رشته‌هایی به نام هیف تشکیل شده است و چندهسته‌ای است که بین سلول‌ها دیواره‌بندی ناقصی وجود دارد که سپتوم (دیواره عرضی) نام دارد؛ دیواره سلول‌ها از کیتین ساخته شده است؛ حدود ۱۷۰۰۰ گونه از آنها (دوترومیست‌ها) (*Deuteromycetes*) فاقد مرحله جنسی‌اند.

شاخه زیگومیکوتا (*Zygomycota*): حدود ۶۶۵ گونه هستند؛ معمولاً فاقد سپتوم (دیواره عرضی)‌اند؛ ترکیب هیف‌ها منجر به تشکیل تخم می‌شود که هنگام رویش، به‌روش میوز تقسیم می‌شود؛ خاک‌زی یا انگل‌اند؛ این شاخه شامل کپک‌های نان است.

نمونه: پیلوبولوس (*Pilobulus*)، ری‌وپوس (*Rhizopus*)

شاخه آسکومیکوتا (*Ascomycota*): حدود ۳۰۰۰۰ گونه هستند؛ هیف‌ها معمولاً دارای دیواره‌های عرضی سوراخ‌دارند؛ ترکیب هیف‌ها، منجر به تشکیل توده در هم‌بافته متراکمی می‌شود که دارای ساختارهای تولیدمثلی مشخص که آسک نامیده می‌شود؛ بسیاری از قارچ‌هایی که از نظر شکل با عنوان قارچ‌های ناقص طبقه‌بندی شده بودند، اکنون در این شاخه قرار گرفته‌اند؛ این شاخه دارای گونه‌های خاک‌زی، دریازی یا ساکن در آب شیرین است؛ این شاخه شامل مخمرنان و مخمر آب‌جو، کپک‌ها و بعضی قارچ‌های خوراکی است.

نمونه: نوروسپورا (*Neurospora*)، ساکارومیسس (*Saccharomyces*)

شاخه بازیدیومیکوتا (*Basidiomycota*): حدود ۱۶۰۰۰ گونه هستند؛ هیف‌ها معمولاً دیواره‌های عرضی ناقص دارند؛ تولیدمثل نوعاً به طریقه جنسی است. ترکیب هیف‌ها، منجر به تشکیل ساختارهای تولیدمثلی در هم‌بافته متراکمی (قارچ چتری) می‌شود که در زیر میکروسکوپ دارای ساختارهای مشخص است و بازیدی نام دارد؛ این شاخه شامل قارچ‌های چتری، قارچ‌های چتری سمی، زنگ‌ها و سیاهک‌هاست.

همزیستی قارچی: حدود ۲۰۰۰۰ گونه از قارچ‌ها با گروه‌های دیگر همزیستی دارند؛ این قارچ‌ها با گیاهان، جلبک‌های سبز و سیانوباکتری‌ها همکاری‌هایی را به‌شکل همزیستی به‌وجود می‌آورند.

گل‌سنگ‌ها: حدود ۱۵۰۰۰ گونه‌اند؛ در این گروه، ارتباط‌های همزیستی بین قارچ‌ها (تقریباً همیشه آسکوسیت‌ها) و سیانوباکتری‌ها، جلبک‌های سبز یا هر دوی آنها وجود دارد. جزء فتوسنتزکننده در بین هیف‌های قارچ زندگی می‌کند. قارچ انرژی مورد نیاز خود را از جزء فتوسنتزکننده خود کسب می‌کند.

قارچ ریشه‌ها (*Mycorrhizae*): حدود ۵۰۰۰ گونه‌اند. در این گروه، ارتباط‌های همزیستی بین قارچ‌ها و ریشه‌های گیاهان برقرار می‌شود؛ ۸۰ درصد گیاهان، قارچ - ریشه‌هایی دارند که باریشه آنها در ارتباط است؛ گیاه قندهای مورد نیاز را برای قارچ فراهم می‌کند و قارچ نیز به نوبه خود، به‌عنوان ریشه‌های کمکی به گیاه خدمت می‌کند؛ به‌طوری‌که سطح منطقه قابل دسترس برای جذب مواد معدنی را به مقدار زیاد افزایش می‌دهد.

### ۴- فرمانروی گیاهان

حدود ۲۸۰،۰۰۰ گونه‌اند؛ پرسلولی، یوکاریوت، اغلب اتوتروف و خشکی‌زی، دارای بافت‌ها و اندام هستند؛ دیواره سلولی سلولزی دارند؛ پلاستیدهای آنها محتوی کلروفیل‌های a و b است؛ چرخه زندگی آنها دارای تناوب نسل‌هاست.

شاخه خزه‌ای‌ها: حدود ۱۰۰۰۰ گونه‌اند؛ گیاهانی بدون آوند هستند؛ گامتوفیت آنها بزرگ‌تر از اسپوروفیت است؛ اسپوروفیت‌ها روی گامتوفیت‌ها رشد می‌کنند؛ بافت‌های هادی ساده‌ای دارند؛ فاقد ریشه، ساقه و برگ هستند؛ این شاخه شامل خزه‌هاست.

نمونه: اسفاگنوم (*Sphagnum*)

شاخه هپاتوفیتا (جگرواش‌ها) (*Hepatophyta*): حدود ۶۰۰۰ گونه‌اند؛ گیاهانی بدون آوند هستند؛ گامتوفیت آنها بزرگ‌تر از اسپوروفیت‌هاست و اسپوروفیت‌ها روی گامتوفیت‌ها رشد می‌کنند؛ فاقد روزنه، ریشه، ساقه و برگ هستند. این شاخه شامل جگرواش‌ها هستند.

نمونه: مارکانسیا (مارچانتیا) (*Marchantia*)

شاخه آنتوسرووفیتا: حدود ۱۰۰ گونه‌اند؛ گیاهانی بدون آوند هستند؛ گامتوفیت آنها بزرگ‌تر از اسپوروفیت‌هاست و اسپوروفیت‌ها روی گامتوفیت‌ها رشد می‌کنند؛ اسپوروفیت‌ها روزنه‌دارند؛ فاقد ریشه، ساقه و برگ‌اند؛ شامل شاخ‌واش‌ها هستند.

نمونه: آنتوسروز (*Anthoceros*)

شاخه پتروفیتا (*Pterophyta*): حدود ۱۱۰۰۰ گونه‌اند؛ گیاهان آونددار بدون دانه‌اند؛ اسپوروفیت آنها بزرگ‌تر از گامتوفیت‌هاست؛ اسپوروفیت‌ها ریشه، ساقه و برگ دارند که در سطوح زیرین خود هاگ تولید می‌کنند؛ گامتوفیت‌ها کوچک، مسطح و مستقل‌اند؛ شامل سرخس‌ها هستند.

نمونه: سالوینیا (*Salvinia*)

شاخه پنجه‌گرگیان: حدود ۱۰۰۰ گونه‌اند. گیاهان آونددار بدون دانه‌اند؛ اسپوروفیت آنها بزرگ‌تر از گامتوفیت‌هاست. اسپوروفیت‌ها در مخروط‌هایی شبیه گامتوفیت‌های خز، هاگ تولید می‌کنند؛ دارای ریشه، ساقه و برگ‌اند؛ گامتوفیت‌ها کوچک، مسطح و مستقل هستند؛ این شاخه شامل پنجه‌گرگ‌هاست.

نمونه‌ها: پنجه‌گرگ و علف خوک

شاخه دم‌اسبیان: حدود ۱۵ گونه‌اند. گیاهان آوندی بدون دانه‌اند؛ اسپوروفیت آنها بزرگ‌تر از گامتوفیت‌هاست؛ اسپوروفیت‌ها، هاگ‌ها را در مخروط‌ها تولید می‌کنند؛ دارای ریشه، برگ و ساقه‌های متصل به هم هستند؛ گامتوفیت‌ها کوچک، مسطح و مستقل‌اند؛ این شاخه شامل دم‌اسب‌هاست.

نمونه: دم‌اسب

شاخه برهنه‌رست‌ها: تنها حدود چند گونه‌اند؛ گیاهان آوندی بدون دانه‌اند؛ اسپوروفیت آنها بزرگ‌تر از گامتوفیت‌هاست؛ اسپوروفیت‌ها، هاگ‌ها را در اسپوراتر‌های (هاگدان‌های) واقع در نوک ساقه‌ها، تولید می‌کنند؛ دارای ریشه و ساقه هستند ولی برگ ندارد؛ گامتوفیت‌ها کوچک، مسطح و مستقل‌اند.

نمونه: پسیلوتوم (*Psilotum*)

شاخه مخروط‌داران: حدود ۵۵۰ گونه‌اند؛ بازدانه‌اند؛ گیاهان دانه‌دارند که دانه‌های برهنه تولید می‌کنند؛ اسپوروفیت‌ها اغلب درختان یا بوته‌های همیشه سبز با برگ‌های سوزنی یا فلسی شکل است؛ گامتوفیت‌های نر و ماده میکروسکوپی‌اند و از هاگ‌هایی که درون مخروط‌هایی بر روی اسپوروفیت‌ها تولید می‌شوند، به وجود می‌آیند. این شاخه شامل کاج‌ها، سروها، صنوبرها، کاج‌های سیاه، سرخدارهاست.

نمونه: کاج، سرخدار و سرو

شاخهٔ سیکادوفیتا (Cycadophyta): حدود ۱۰۰ گونه‌اند؛ بازدانه‌اند؛ گیاهان دانه‌داری هستند که دانه‌های برهنه تولید می‌کنند؛ اسپوروفیت‌ها بوته‌ها و درختان همیشه‌سبز با برگ‌هایی شبیه نخل هستند؛ گامتوفیت‌های نر و ماده میکروسکوپی‌اند و از اسپورهای تولیدی در درون مخروط‌هایی بر اسپوروفیت‌های جدا، به‌وجود می‌آیند. این شاخه شامل سیکادهاست.

نمونه: سیکاس (Cycas)

شاخهٔ ژینگکوفیتا (Ginkgophyta): یک گونه است؛ بازدانه است؛ گیاه دانه‌داری است که دانه‌های برهنه تولید می‌کند؛ اسپوروفیت درختی خزان‌پذیر با برگ‌های بادبزن‌شکل و دانه‌های آبدار (گوشتی) است؛ گامتوفیت نر و ماده میکروسکوپی است و از هاگ‌های تولیدشده به‌وسیلهٔ اسپوروفیت‌های جدا، به‌وجود می‌آید؛ این شاخه شامل ژینگکوبیلوبا (*Ginkgo biloba*) است.

شاخهٔ گنتوفیتا (Gnetophyta): حدود ۷۰ گونه‌اند؛ بازدانه‌اند؛ گیاهان دانه‌داری هستند که دانه‌های برهنه تولید می‌کنند؛ اسپوروفیت‌ها بوته‌ها یا پیچک‌هایی با برخی خصوصیات گیاهان نهان‌دانه است؛ گامتوفیت‌های نر و ماده میکروسکوپی‌اند و از اسپورهای تولیدی در درون مخروط‌های روی اسپوروفیت‌ها، به‌وجود می‌آیند؛ این شاخه شامل گنتوفیت‌هاست.

نمونه: اِدفرا (*Ephedra*)، ولویچیا (*welwitschia*)

شاخهٔ گیاهان نهان‌دانه (گلدار): حدود ۲۵۰،۰۰۰ گونه‌اند؛ گیاهان دانه‌داری هستند که دانه‌هایی درون یک میوه تولید می‌کنند؛ اسپوروفیت‌ها درخت‌ها، بوته‌ها، علف‌ها یا پیچک‌هایی هستند که گل تولید می‌کنند؛ گامتوفیت‌های نر و ماده میکروسکوپی هستند و از اسپورهای تولید شده درون ساختارهای تولیدمثلی یک گل به‌وجود آمده‌اند؛ این شاخه شامل گیاهان گلدار است.

نمونه: گل مینا، گوجه، بلوط، ذرت.

ردهٔ تک‌لپه‌ای‌ها: حدود ۷۰۰،۰۰۰ گونه‌اند؛ در این شاخه، جنین‌ها یک لپه دارند؛ بخش‌های گل مضرری از سه است. رگبرگ‌های برگ‌ها موازی است و دسته‌های آوندی در بافت ساقه پراکنده‌اند؛ این شاخه شامل گندمیان، جگن‌ها، لاله‌ها، زنبق‌ها، نخل‌ها و ارکیدهاست.

ردهٔ دولپه‌ای‌ها: حدود ۱۸۰،۰۰۰ گونه‌اند؛ در این شاخه، جنین‌ها دو لپه دارند؛ بخش‌های گل مضرری از دو، چهار یا پنج است؛ برگ‌ها رگبرگ‌های مشبک دارند؛ دسته‌های آوندی در ساقه‌ها به‌صورت حلقه‌هایی آرایش پیدا کرده‌اند؛ این شاخه شامل گل‌های آفتاب‌گردان، زُزا، افراها و نارون‌هاست.

## ۵- فرمانروای جانوران

بیش از یک میلیون گونه‌اند؛ پرسلولی، یوکاریوت و موجودات هتروتروفی‌اند؛ تغذیهٔ آنها عمدتاً به‌وسیلهٔ بلعیدن است؛ بیشتر آنها بافت‌های تخصص‌یافته دارند و بسیاری نیز اندام‌ها و دستگاه‌های پیچیده دارند؛ دیوارهٔ سلولی یا کلروپلاست ندارند؛ تولیدمثل جنسی آنها نسبت به روش غیرجنسی برتری دارد؛ در میان این فرمانروا اشکال آبزی و خاک‌زی - هردو - دیده می‌شود.



شاخهٔ اسفنج‌ها : حدود ۹۰۰۰ گونه‌اند؛ این شاخه، تقارنی ندارند، فاقد بافت و اندام‌اند؛ دیوارهٔ بدن آنها شامل دو لایه سلول است که منافذ متعددی دارد؛ حفرهٔ داخلی به وسیلهٔ سلول‌های ویژهٔ تصفیه‌کنندهٔ غذا پوشیده شده است؛ در آنها تولیدمثل جنسی و غیرجنسی دیده می‌شود؛ بیشتر آنها دریازی‌اند؛ این شاخه شامل اسفنج‌هاست.

شاخهٔ کیسه‌تان : حدود ۱۰۰۰۰ گونه‌اند؛ تقارن شعاعی دارند؛ بیشتر آنها بافت‌های متمایز دارند؛ بدن آنها کیسه‌مانند و ژلاتینی است و از دو لایه سلول تشکیل شده است؛ در این شاخه، گونه‌های دریازی و ساکن آب شیرین دیده می‌شود.

ردهٔ هیدروزوا (Hydrozoa) : حدود ۲۷۰۰ گونه‌اند؛ بیشتر آنها دو مرحلهٔ مدوز و پولیپ را در چرخهٔ زندگی خود دارند؛ این رده شامل هیدرهاست.

نمونه : هیدر (*Hydra*)، اوبلیا (*Obelia*)، فیزالیا (*Physalia*)

ردهٔ سیفوزوا (Scyphozoa) : حدود ۲۰۰ گونه‌اند. فقط ساکن دریا هستند؛ مرحلهٔ مدوز در آنها غالب است؛ این رده شامل عروس‌های دریایی است.

نمونه : اُریلیا (*Aurelia*)

ردهٔ آنتوزوا (Anthozoa) : حدود ۶۲۰۰ گونه‌اند؛ دریازی‌اند؛ به صورت منفرد یا کلونی زندگی می‌کنند؛ فاقد مرحلهٔ مدوزاند؛ این رده شامل شقایق‌های دریایی، مرجان‌ها و بادبزنی‌های دریایی است.

شاخهٔ شانهداران : حدود ۱۰۰ گونه‌اند؛ دارای تقارن شعاعی‌اند؛ بدن آنها شفاف است و مانند عروس‌های دریایی بدن ژله‌ای دارند؛ دریازی‌اند.

شاخهٔ کرم‌های پهن : حدود ۲۰۰۰۰ گونه‌اند. فاقد حفرهٔ عمومی و دارای تقارن دو طرفی‌اند؛ بدن پهن و نواری شکل و بدون قطعه‌های واقعی‌اند؛ اندام دارند؛ سه پردهٔ جنینی دارند؛ این شاخه شامل کرم‌های پهن است.

ردهٔ توربیلاریا (Turbellaria) : بیش از ۳۰۰۰ گونه‌اند. بیشتر آنها اشکال آبزی یا خاک‌زی آزاد دارند؛ این شاخه شامل پلاناریاهاست.

نمونه : دوجسیا (*Dugesia*)

ردهٔ سستودها (Cestoda) : حدود ۱۵۰۰ گونه‌اند؛ انگل‌های تخصص‌یافتهٔ درونی‌اند؛ دستگاه گوارش ندارند؛ دارای اسکولکس قلاب‌دار برای حمله به میزبان‌اند؛ این رده شامل کرم‌های نواری است.

نمونه : کرم کدوی گاوی (*Taenia Saginata*)

ردهٔ ترماتودها (Trematoda) : حدود ۶۰۰۰ گونه‌اند؛ انگل‌های درونی‌اند؛ در انتهای پیشین دارای دهان هستند؛ اغلب دارای چرخهٔ زندگی پیچیده با تناوب میزبان‌ها هستند. موجب بیماری در انسان‌ها و جانوران می‌شوند؛ این رده شامل کرم‌های کبد است.

نمونه : شیستوزوما (*Schistosoma*)، کلونورکیس سنین‌سین (*Clonorchis sinensis*)

شاخهٔ کرم‌های لوله‌ای : بیش از ۱۲۰۰۰ گونه‌اند؛ کرم‌های کوچک، انگل، بدن آنها بدون قطعه، دراز و باریک است؛ دارای حفرهٔ عمومی کاذب‌اند؛ این شاخه شامل کرم‌های گرد (لوله‌ای) است.

نمونه : آسکاریس، تریشینلا اسپیرالیس (*Trichinella spiralis*)، نکاتور (*Necator*)، توگزوکارا کانیس (*Toxocara canis*)، توگزوکارا کاتی (*Toxocara cati*).

شاخه نرم تنان : حدود ۱۱,۰۰۰ گونه‌اند؛ جانورانی با بدن نرم و یک حفرهٔ بدنی واقعی‌اند؛ بدنی سه بخشی دارند که از پا، تودهٔ احشایی و جبهه تشکیل شده است؛ دارای دهان هستند و بیشتر آنها زبانی منحصر به فرد دارند که مثل سوهان عمل می‌کند و رادولا نام دارد؛ خشکی‌زی، دریازی و ساکن در آب شیرین‌اند؛ این شاخه شامل رده‌های زیر است :

ردهٔ پلی پاکوفورا (Polyplacophora) : حدود ۶۰۰ گونه‌اند؛ بدنی طویل و سری کوچک دارند؛ این رده شامل کیتون‌هاست.

ردهٔ شکم‌پایان : حدود ۸۰,۰۰۰ گونه‌اند؛ تودهٔ احشایی آنها در دورهٔ رشد تاب برمی‌دارد؛ یک سر با چشمان مشخص دارند و معمولاً دارای شاخک هستند؛ این رده شامل شکم‌پاهایی مانند : حلزون‌ها و حلزون‌های بدون صدف (لیسه‌ها) است.

ردهٔ دو کفه‌ای‌ها : حدود ۱۰,۰۰۰ گونه‌اند؛ دارای دو صدف هستند که به وسیلهٔ یک مفصل (لولا) به یکدیگر متصل شده‌اند؛ رادولا ندارند؛ پاهای بزرگ به شکل تیر دارند؛ این رده شامل دو کفه‌ای‌هایی مانند : اویسترها (Ousters) و صدف مروارید است.

ردهٔ سرپایان : بیش از ۶۰۰ گونه‌اند؛ پای آنها به بازو تبدیل شده است؛ این رده شامل سرپاهایی مانند : اختاپوس‌ها و نرم‌تن مرکب است.

شاخهٔ کرم‌های حلقوی : حدود ۱۲,۰۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها از قطعات دنبال هم تشکیل شده است؛ تقارن دو طرفی دارند؛ دارای دهان هستند؛ این شاخه شامل رده‌های زیر است :

ردهٔ پرتاران : حدود ۸,۰۰۰ گونه‌اند؛ برآمدگی‌هایی گوشتی به نام پاراپودیا، از قطعات بدنی آنها بیرون زده است؛ تارهای زیادی دارند؛ دریازی‌اند.

نمونه : نریس (Nereis)

ردهٔ کم‌تاران : حدود ۳۱۰۰ گونه‌اند؛ سر آنها خوب رشد نکرده است؛ پاراپودیا ندارند؛ تارهای کمی دارند؛ اشکال خاکستری و ساکن در آب شیرین دارند؛ شامل کرم‌های خاکی هستند.

ردهٔ زالوها : حدود ۶۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها پهن شده است؛ پاراپودیا ندارند؛ معمولاً در دو انتهای بدن بادکش‌هایی دارند؛ بسیاری از آنها انگل‌های خارجی‌اند؛ شامل زالوها هستند.

شاخهٔ بندپایان : حدود یک میلیون گونه‌اند. بدن قطعه‌قطعه دارند که به آن ضمایم زوج متصل است؛ تقارن دو طرفی دارند؛ اسکلت آنها کیتینی است؛ دارای دهان هستند؛ اشکال پروازکننده، خشکی‌زی و آبی‌زی دارند.

زیر شاخهٔ کلسیرداران : این گروه شاخک ندارند ولی کلسیر دارند؛ تمام ضمایم آنها بدون انشعاب هستند و چهار جفت آنها پاهای حرکتی‌اند؛ بدن از دو قسمت سر – سینه و شکم تشکیل شده است؛ غالباً خشکی‌زی‌اند.

ردهٔ عنکبوتیان : حدود ۵۷,۰۰۰ گونه‌اند؛ خاک‌زی هستند؛ برای تنفس، نای و شش‌های کنایی دارند؛ چهار جفت پا دارند. شامل : عنکبوت‌ها، عقرب‌ها، کنه‌ها و رطیل‌ها هستند.

ردهٔ مروستوماتا (Merostomata) (خرچنگ‌های نعل اسبی) : حدود ۵ گونه‌اند؛ سر – سینهٔ آنها به وسیلهٔ صدف حفاظت‌کننده پوشیده شده است؛ در انتهای بدن بخش نیزه‌ای شکل دارند؛ این رده شامل خرچنگ‌های نعل اسبی است.

ردهٔ پیکنوگونیدا (Pycnogonida) : حدود ۱,۰۰۰ گونه‌اند؛ شکارچی‌ها یا انگل‌های کوچک دریایی معمولاً چهار جفت پا دارند؛ شامل عنکبوت‌های دریایی می‌شوند.

زیر شاخه سخت‌پوستان : حدود ۳۵,۰۰۰ گونه‌اند؛ دو جفت شاخک حسی دارند؛ دارای ماندیبول (آرواره)‌اند؛  
ضمایم آنها دارای دو انشعاب است؛ غالباً آیزی هستند؛ شامل ردهٔ زیراند :  
ردهٔ مالاکوستراکا (Malacostraca) : حدود ۲۰۰۰۰ گونه‌اند؛ نوعاً ۵ جفت پای حرکتی و دو جفت شاخک  
حسی دارند؛ اغلب آیزی‌اند؛ مثل : خرچنگ آب شیرین، خرچنگ دریایی، خرچنگ گرد، میگو، خرخاکی، کریل.  
زیر شاخهٔ یونی رامیا (Uniramia) : دارای شاخک حسی، آرواره و ضمایم برون انشعاب‌اند؛ شامل رده‌های  
زیراند :

ردهٔ حشرات : حدود ۷۵۰,۰۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها دارای سه قسمت سر و سینه و شکم است؛ سه جفت پا دارند  
که همگی به سینه متصل شده است و معمولاً دو جفت بال دارند؛ شامل راسته‌های زیراند :  
راستهٔ قاب‌بالان؛ شامل : سوسک‌ها، کفش‌دوزک و شبشهٔ گندم  
راستهٔ دوبالان؛ شامل : مگس‌ها و پشه‌ها  
راستهٔ پولک‌بالان؛ شامل : پروانه‌ها و بیدها  
راستهٔ نازک‌بالان؛ شامل : زنبورهای عسل، مورچه‌ها و زنبورهای سرخ  
راستهٔ نیم‌بالان؛ شامل : عنکبوت‌های آبی و انواع ساس‌ها  
راستهٔ هم‌بالان (هموپترا (Homoptera))؛ شامل : زنجره‌ها، شته‌ها و حشرات فلس‌دار  
راستهٔ راست‌بالان؛ شامل : ملخ‌ها، سوسک‌های حمام، مانتیس‌ها و جیرجیرک‌ها  
راستهٔ سنجاقک‌ها؛ شامل : سنجاقک‌ها و ...  
راستهٔ توربالان (رگ‌بالان)؛ شامل : مورچه‌گیرها (شیرموران)  
راستهٔ موی‌دمان (تیزانورا)؛ شامل : سیلورفیش، بریستل‌تیل و فایر‌پراک‌ها  
راستهٔ شپش‌ها؛ شامل : شپش‌های مکنده  
راستهٔ جوربالان؛ شامل : موریانه‌ها  
راستهٔ زودمیران؛ شامل : می‌فلای‌ها  
راستهٔ لوله‌بالان؛ شامل : کک‌ها  
راستهٔ پوست‌بالان؛ شامل : گوش‌خزها  
ردهٔ صد پایان : حدود ۲۵۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها په‌ن است و شامل ۱۷۰ - ۱۵ قطعه یا بیشتر است؛ یک جفت  
پا به هر قطعه متصل می‌شود؛ این رده شامل صد پاهاست.

ردهٔ دیپلوپودها (Diplopoda) : حدود ۱۰۰۰۰ گونه‌اند؛ بدن درازی دارند که شامل ۲۰۰ - ۱۵ قطعه است و  
در هر قطعه دو جفت پا دارند؛ علف‌خوارند؛ این رده شامل هزارپایان‌اند.

شاخهٔ خارپوستان : حدود ۶۰۰۰ گونه‌اند؛ دو تروسوم (دارای دو سوراخ دهانی و مخرجی) هستند؛ موجود  
بالغ آنها دارای تقارن شعاعی با طرح بدن پنج قسمتی است؛ بیشتر اشکال آنها دارای سیستم‌های لوله‌ای آب با پاهای  
لوله‌ای برای حرکت از محلی به محل دیگر هستند؛ دریازی‌اند.

ردهٔ آستروئیده (Asteroidea) : حدود ۱۵۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها معمولاً پنج بازو دارد که در هر بازو ردیف‌های  
دوتایی پاهای لوله‌ای است؛ دهان در سطح زیرین قرار گرفته است؛ این رده شامل ستاره‌های دریایی است.

ردهٔ اُفیورویئیده (Ophiuroidea) : حدود ۲۰۰۰ گونه‌اند؛ پنج بازو یا شعاع‌های شکننده و ظریف دارند؛ شامل : ستاره‌های شکننده و ستارهٔ زنبیلی (Basket Star) هستند.

ردهٔ کرینویئیده (Crinoidea) : حدود ۶۰۰ گونه‌اند؛ سطح دهانی آنها بالاست و با بازوهای بسیاری احاطه شده است، این رده شامل لاله‌های دریایی و ستاره‌های پرمانند است.

ردهٔ اِکینویئیده (Echinoidea) : حدود ۹۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها کروی، تخم‌مرغی یا صفحه‌ای شکل است؛ بازو ندارند ولی طرح پنج قسمتی بدن هنوز آشکار است؛ این رده شامل توتیاهای دریایی است.

ردهٔ هولوتورویئیده (Holothuroidea) : حدود ۱۵۰۰ گونه‌اند؛ بدنی قطور (ضخیم) و دراز با بازوهای دور دهان دارند؛ این رده شامل خیارهای دریایی است.

شاخهٔ طنابداران : حدود ۴۲۵۰۰ گونه‌اند؛ تقارن دوطرفی دارند؛ دارای سوراخ دهانی و مخرجی‌اند؛ حفرةٔ عمومی، نوتوکورد، طناب عصبی پشتی، شکاف‌های حلقی و دم دارند. آب‌زی و خشکی‌زی‌اند.

زیر شاخهٔ اوروکورداتا (Urochordata) : حدود ۱۲۵۰ گونه‌اند؛ جانوران بالغ آنها پوشش کیسه مانند یا تونیک دارند؛ لاروهای آنها نناگران آزاد هستند و دارای طناب عصبی و نوتوکورداند؛ همهٔ آنها دریازی‌اند؛ این زیر شاخه شامل تونیکیت‌ها (Tunicates) است.

زیر شاخهٔ سفالوکورداتا (Cephalochordata) : حدود ۲۳ گونه‌اند؛ جانورانی کوچک و شبیه ماهی با نوتوکورد دایمی هستند که از طریق تصفیه کردن مواد غذایی آب تغذیه می‌کنند؛ این زیر شاخه شامل لانسلت‌ها (Lancelets) است.

زیر شاخهٔ مهره‌داران : حدود ۴۰۰۰۰ گونه‌اند؛ در بیشتر آنها ستون فقرات متشکل از مهره‌ها جانشین نوتوکورد شده است و از طناب عصبی پشتی محافظت می‌کند؛ سر مشخصی دارند که در آن مغز قرار گرفته است.

ماهی‌های بدون آرواره : حدود ۶۳ گونه‌اند؛ مارماهی‌هایی دریازی یا ساکن در آب شیرین هستند که آروارهٔ حقیقی، فلس و باله‌های زوج ندارند؛ اسکلت آنها غضروفی است؛ شامل لامپری‌هاست.

ماهی‌های غضروفی : حدود ۸۵۰ گونه‌اند؛ ماهی‌های دارای آرواره و باله‌های زوج و آبشش، فاقد بادکنک شنا و اسکلت غضروفی هستند؛ شامل کوسه‌ها، سفره ماهی‌هاست.

ماهی‌های استخوانی : حدود ۱۸۰۰۰ گونه‌اند؛ ماهی‌هایی دریازی و ساکن در آب شیرین با آبشش‌های متصل به کمان آبششی هستند؛ دارای آرواره و باله‌های زوج، اسکلت استخوانی‌اند؛ بیشتر آنها بادکنک شنا دارند؛ شامل باله شعاعی‌ها مانند ماهی‌تون، اسب‌ماهی، قزل‌آلا، ماهی خاردار است.

ردهٔ دوزیستان : حدود ۴۲۰۰ گونه‌اند؛ ساکن در آب شیرین یا خشکی هستند؛ در مرحله‌ای از زندگی آبشش دارند؛ پوست آنها اغلب لزج و فاقد فلس است؛ تخم‌ها نوعاً در آب رها می‌شوند و لقاحشان خارجی است.

راستهٔ بی‌دمان : شامل : قورباغه‌ها و وزغ‌ها

راستهٔ دم‌داران : شامل : سمندرها و سمندرهای آبی

راستهٔ بدون پاها : شامل : سیسی‌لین‌ها (Caecilians)

ردهٔ خزندگان : حدود ۷۰۰۰ گونه‌اند؛ مهره‌دارانی خشکی‌زی یا نیمه‌آب‌زی هستند؛ در همه مراحل زندگی با شش تنفس می‌کنند؛ بدن آنها با فلس پوشیده شده است؛ بیشتر گونه‌ها تخم‌های آمینوتیک که با پوستهٔ محافظ پوشیده

شده است، می‌گذارند؛ لجاج آنها داخلی است.

راسته اسکواماتا (Squamata)؛ شامل : مارمولک‌ها و مارها

راسته کلونیا (Chelonia)؛ شامل : لاک‌پشت‌های دریایی و خشکی

رده پرندگان : حدود ۹۰۰۰ گونه‌اند؛ بدن آنها با پر پوشیده شده است؛ اندام حرکتی جلویی به بال تبدیل شده

است؛ قلب چهار حفره‌ای است؛ خون گرم‌اند؛ تخم‌گذارند و تخم‌ها دارای پرده آمیوتیک و نیز پوسته‌ای سخت است؛ شامل راسته‌های زیر است :

راسته گنجشک‌سانان؛ شامل : سینه‌سرخ‌ها، پرندۀ آبی، گنجشک‌ها و بلبل‌ها

راسته آپودیفورم‌ها (Apodiformes)؛ شامل : پرندۀ شهدخوار

راسته دارکوب‌شکلان؛ شامل : دارکوب‌هاست.

راسته طوطی‌شکلان؛ شامل : طوطی‌ها، طوطی نغمه‌سرا، ماکاوا (Macaws) و کوکاتوها (Cockatoos)

راسته آپچلیکان؛ شامل : کاکایی‌ها، پرستوی دریایی، و...

راسته کبوترشکلان؛ شامل : کبوترها و قمری‌ها

راسته عقاب‌شکلان؛ شامل : قوش‌ها، عقاب‌ها، بازها و کرکس‌ها

راسته غواص‌سانان؛ شامل : مرغ‌های غواص

راسته کلنگیان؛ شامل : درناها و چنگرها

راسته غازشکلان؛ شامل : مرغابی‌ها، غازها و قوها

راسته جغدشکلان؛ شامل : جغدها

راسته لک‌لک‌شکلان؛ شامل : حواصیل‌ها، بوتیمارها، لک‌لک‌ها و منقار قاشقی‌ها

راسته سقاشکلان؛ شامل : مرغ سقا، آبقمیل‌ها (قره‌غازها)

راسته ماکیان‌سانان؛ شامل : قرقاول‌های معمولی، بوقلمون‌ها، بلدرچین‌ها، کبک‌ها و باقرقره‌ها

راسته مرغ‌های طوفان؛ شامل : آلباتروس‌ها و مرغ طوفان

راسته کوشکلان؛ شامل : کوه‌ها

راسته شبانگردان؛ شامل : شکارچیان شب

راسته کوراسیی‌فورم‌ها (Coraciiformes) (مرغان ماهی‌خوار)؛ شامل : ماهی‌خورک

راسته پنگوئن‌سانان؛ شامل : پنگوئن‌ها

راسته شترمرغان؛ شامل : شترمرغ‌ها

راسته بی‌پروازان؛ شامل : کیوی‌ها

رده پستانداران : حدود ۴۴۰۰ گونه‌اند؛ حداقل در بخشی از بدن مو دارند؛ بچه‌های آنها با شیر که از غد

شیری ترشح می‌شود، تغذیه می‌شوند؛ خون گرم‌اند؛ به وسیله شش‌ها تنفس می‌کنند؛ شامل راسته‌های زیراند :

راسته جونندگان؛ شامل : سنجاب‌ها، موش خرما، موش‌های خانگی و صحرائی، موش‌آبی (کرموش) و سگ‌های آبی

راسته خفاش؛ شامل : خفاش‌ها

راسته حشره‌خواران؛ شامل : موش‌کورها و موش‌های پوزه‌دراز (Shrews)

راسته کيسه‌داران؛ شامل: اُپوسوم‌ها، کانگوروها و کوالاها  
راسته گوشت‌خواران؛ شامل: خرس‌ها، راسوها، سمور، گربه‌آبی، راسوی بدبو، شيرها، بيرها و گرگ‌ها  
راسته نُخستی‌ها؛ شامل: ميمون‌ها، لمورها، ژيئون‌ها، اورانگوتان‌ها، گوریل‌ها و شامپانزه‌ها  
راسته جفت‌سمان؛ شامل: اسب‌های آبی، شترها، شترهای بدون کوهان (لاماها)، گوزن‌ها، زرافه‌ها، گاو،  
گوسفند و بزها

راسته آب‌بازان؛ شامل: بالن‌ها و دلفين‌ها  
راسته خرگوش‌ها؛ شامل: خرگوش‌های خانگی و خرگوش‌های صحرایی  
راسته باله‌داران؛ شامل: فوک‌های دریایی و شيرهای دریایی  
راسته بی‌دندانان، شامل: آرمادیلوها، حيوان تنبل و مورچه‌خوارها  
راسته ماکرواسکیده‌ها (بزرگ‌پاها)؛ شامل: فیل شرو  
راسته فردسمان؛ شامل: خوک‌های خرطوم‌دار، کرگدن‌ها، اسب‌ها، گورخرها  
راسته اسکن‌دنتیا (Scandentia)؛ شامل: موش‌های پوزه‌بلند درختی (Treeshrews)  
راسته هیدراکوئیده (Hyracoidea)؛ شامل: هیراکس (خرگوش‌های کوهی)  
راسته مورچه‌خواران فلس‌دار؛ شامل: پانگولین‌ها (مورچه‌خوار فلس‌دار)  
راسته شیران دریایی؛ شامل: گاوهای دریایی  
راسته پستانداران تخم‌گذار؛ شامل: پلاتی‌پوس (نوک اردکی)، مورچه‌خوار خاردار  
راسته پوست‌بالان؛ شامل: لمورهاى پرنده  
راسته خرطوم‌داران؛ شامل: فیل‌ها  
راسته مورچه‌خواران؛ شامل: آردوارک (Aardvark)

## واژه‌نامه توصیفی

هاگ در آن تشکیل شده است.  
استافیلو: پیشوندی برای نشان دادن اجتماع خوشه‌ای شکل باکتری‌ها.  
استرپتو: پیشوندی برای نشان دادن اجتماع رشته‌ای شکل باکتری‌ها.  
استرپتوکوکوس: گروهی باکتری‌های کروی رشته‌ای که بعضی از آنها باعث گلو درد‌های چرکی می‌شود.  
آسک: ساختارهای کیسه‌مانندی در قارچ‌های آسکومیست که در آن هاگ‌ها تشکیل می‌شوند.  
آسکومیکوتا: شاخه‌ای از قارچ‌ها که در آنها هاگ‌های جنسی در آسک تولید می‌شوند.  
اگزوالواستات: اسید آلی ۴ کربنی است که در چرخه کربس با استیل کوآنزیم A ترکیب می‌شود.  
اگزون: قسمت‌هایی از DNA (یا mRNA اولیه) یوکاریوتی که رونوشت آنها در RNA بالغ باقی می‌ماند.  
آلکاپتونوریا: بیماری ژنتیکی که در آن ادرار افراد مبتلا در مجاورت هوا سیاه می‌شود.  
الکتروفورز: روشی است برای جدا کردن قطعات DNA از یکدیگر براساس اندازه و بار آنها.  
الگوی تعادل نقطه‌ای: نوعی الگوی تغییر گونه‌ها که طی آن افراد گونه در دوره‌های زمانی طولانی تغییرات چندانی ندارند، اما در دوره‌های کوتاه بین آنها تغییرات شدید می‌کنند.

آبله گاوی: نوعی بیماری سرپستان گاو که توسط گروهی از ویروس‌ها ایجاد می‌شود و انسان بیشتر مواقع با دوشیدن گاو آلوده به آن مبتلا می‌شود.  
اپران لک: اپرانی که آنزیم‌های لازم را برای تجزیه قند لاکتوز، گد می‌کند.  
اُپران: مجموعه‌ای از چند ژن که همه به وسیله یک راه‌انداز رونویسی می‌شوند. اپران ویژه باکتری‌هاست و ممکن است گاهی تک‌ژنی هم باشد.  
اتوتروف: جانداري که می‌تواند از ترکیبات معدنی، ترکیبات آلی بسازد.  
آرکی باکتری‌ها: گروهی از پروکاریوت‌ها و از نخستین تولیدکننده‌های روی زمین هستند که دیواره آنها فاقد پپتیدوگلیکان است.  
آرمادیلو: پستانداری است که پوست او از صفحات استخوانی پوشیده شده است و پنجه‌ها و ناخن‌هایش برای حفر زمین بسیار مناسبند.  
اریتروپویتین: هورمونی که سلول‌های کلیه ترشح می‌کنند و محرک تولید گلبول‌های قرمز است (فاکتور خونسازی کلیوی).  
آزمون و خطا (شرطی شدن فعال): رفتار یادگیری که جانور در آن براساس پاداش یا تنبیه، رفتار خاصی از خود نشان می‌دهد.  
اسپورائزیوم: ساختاری که با تقسیم میوز تعدادی

الگوی تغییر تدریجی: الگویی از تغییر گونه‌ها که در آن رویدادهای تدریجی در طول زمان‌های طولانی منجر به تشکیل گونه‌های جدید می‌شود.

الگوی رشد لجیستیک: الگویی از رشد جمعیت که طی آن به دلیل محدودیت منابع، رشد جمعیت محدود می‌شود. الگوی سوپ بنیادین: نظریه پیدایش حیات در اقیانوس‌های پر از مواد آلی حاصل از واکنش‌های درون جو.

الگوی عمل ثابت: الگوی رفتار غریزی جانوران، که در همه افراد یک‌گونه به یک شکل انجام می‌شود.

الگوی نمایی رشد: رشد جانداران در محیط‌های دارای منابع فراوان و بدون رقابت و محدودیت که به صورت تصاعد هندسی است.

آمانیتا موسکاریا: یک نوع قارچ چتری سمی و کشنده.

آمیب: تک‌یاخته هتروتروف که با ایجاد پای کاذب حرکت می‌کند.

آمیزش تصادفی: آمیزشی که در آن احتمال آمیزش بین افراد جنس مقابل ارتباطی با فنوتیپ یا ژنوتیپ آنها ندارد.

آمیزش ناهمسان‌پسندانه: آمیزش بین افراد ناهمسان یک‌گونه که منجر به فراوانی افراد ناخالص می‌شود.

آمیزش همسان‌پسندانه: آمیزشی که در آن احتمال آمیزش بین افراد با ژنوتیپ یا فنوتیپ یکسان بیشتر است.

انتخاب جنسی: فرایندی که در آن یک صفت به‌خاطر افزایش شانس تولیدمثل انتخاب می‌شود.

انتخاب جهت‌دار: تغییر و تحول گونه‌ها به سمت سازگار شدن بیشتر آنها با محیط متغیر.

انتخاب طبیعی: فرایند تغییر گونه‌ها در پاسخ به محیط خود.

انتخاب گسلنده: تغییر و تحول جانداران در محیط‌های ناهمگن که موجب حذف فتوتیپ‌های حد واسط بین دو فتوتیپ افراطی می‌شود.

انتهای چسبیده: قطعه‌ای تک‌رشته‌ای که در انتهای یک قطعه DNA دورشته‌ای قرار دارد و مکمل قطعه تک‌رشته‌ای دیگری است.

آنتی‌کدون: توالی سه نوکلئوتیدی در مولکول tRNA، که مکمل توالی کدون در mRNA است.

اندام وستیجیال: اندام و یا ساختاری که در بدن یک جاندار نقش خاصی داشته باشد ولی همان ساختار در بدن جاندار دیگر، به نسبت کوچک‌تر شده و فاقد نقش خاصی باشد.

آنزیم‌های محدودکننده: گروهی از آنزیم‌های باکتریایی که توالی‌های کوتاه و خاصی از DNA را شناسایی می‌کنند، به آنها وصل می‌شوند و سپس DNA را برش می‌دهند.

انسولین: هورمون پایین آورنده قند خون جانوران. انقراض گروهی: مرگ تمام اعضای متعلق به تعداد زیادی از گونه‌ها که تحت تأثیر تغییرات بزرگ بوم‌شناختی انجام شده است.

mRNA اولیه: RNAی که به‌وسیله RNA پلی‌مراز II ساخته می‌شود و هنوز پردازش نشده است.

اوگلتا: شاخه‌ای از آغازیان آب‌های شیرین با دو تاژک. ایدز (HIV): نشانگان نقص ایمنی اکسایبی که در آن، به دلیل آسیب به سیستم ایمنی بدن توانایی دفاع علیه عوامل بیماری‌زا از دست می‌رود و فرد به عفونت‌های مختلف مبتلا می‌شود.

اینترفرون‌ها: پروتئینی ضد ویروسی که به‌وسیله سلول‌های آلوده به ویروس تولید می‌شود و از آلوده شدن سلول‌های دیگر جلوگیری می‌کند.

اینترون: به قسمت‌هایی از ژن یوکاریوتی (یا رونوشت اولیه ژن) گفته می‌شود که در mRNA، tRNA یا



پریون‌ها: پروتئین‌هایی که می‌توانند بیماری‌زا شوند و اولین بار استانی پروزینر آنها را در سال ۱۹۸۲ کشف کرد.

**RNA پلی‌مراز**: آنزیمی که واکنش RNA سازی را کاتالیز می‌کند.

**پلازمید Ti**: پلازمید القاکننده تومور در گیاهان.

**پلازمید**: مولکول DNA حلقوی که درون باکتری‌ها حضور دارد و می‌تواند مستقل از کروموزوم اصلی باکتری همانندسازی کند.

**RNA پیک (mRNA)**: RNAی که از روی DNA ساخته می‌شود.

**پیرووات**: ترکیبی سه‌کربنی که طی فرایند گلیکولیز حاصل می‌شود.

**پیلی**: برآمدگی کوتاه و ضخیمی در سطح سلول باکتری که به چسبیدن باکتری به سطوح مختلف و یا سلول‌های دیگر نقش دارد.

**پیوند فسفودی‌استر**: پیوندی کووالان در نوکلئیک اسیدها که در آن گروه هیدروکسیل قند یک نوکلئوتید به گروه فسفات نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود.

**تازک باکتری**: ساختار رشته‌مانندی از جنس پروتئین که از سطح سلول بیرون می‌آید و به سلول توان حرکت می‌دهد.

**تازک‌داران چرخان**: گروهی از آغازیان تک‌سلولی و فتوسنتزکننده ساکن دریاها و آب‌های شیرین که از پلانکتون‌ها هستند.

**تخمیر اسیدلاکتیک**: نوعی تخمیر، که طی آن پیرووات حاصل از گلیکولیز به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود.

**تخمیر**: فرایندی بی‌هوازی که طی آن پیرووات حاصل از گلیکولیز وارد چرخهٔ کربس نمی‌شود بلکه به مولکول‌هایی مانند اتانول، لاکتات و... تبدیل می‌شود.

**تراکم جمعیت**: تعداد افراد یک گونه در واحد سطح،

rRNA بالغ وجود ندارد.

**mRNA بالغ**: mRNAی که در نتیجهٔ پردازش mRNA اولیه حاصل می‌شود.

**بازیدی**: ساختار تولیدمثلی گرز مانند در قارچ‌های بازیدیومیکوتا که هاگ‌ها روی آن تشکیل می‌شوند.

**بازیدیومیکوتا**: شاخه‌ای از قارچ‌ها که در آنها هاگ‌های جنسی روی بازیدی تولید می‌شوند.

**باکتری‌های شیمیواتروف**: باکتری‌هایی که انرژی خود را از گازهای احیا شدهٔ آمونیاک ( $\text{NH}_3$ )، سولفید هیدروژن ( $\text{H}_2\text{S}$ ) و یا متان ( $\text{CH}_4$ ) به دست می‌آورند.

**باکتريوفاز**: ویروس‌هایی که باکتری‌ها را آلوده می‌کنند. **بوتولیسم**: بیماری کشنده‌ای که در اثر خوردن کنسروهای آلوده به سم باکتری کلوستریدیوم بوتولینم ایجاد می‌شود و موجب ناتوانی در تنفس می‌شود.

**پارامسی**: نوعی تک‌یاختهٔ مژک‌دار که با مژک‌هایش قادر به حرکت و تغذیه است.

**پاهای کاذب**: برآمدگی‌های سیتوپلاسمی و قابل انعطافی که عامل حرکت در آمیباوند.

**پراکنش**: الگوی پراکندگی افراد جمعیت در محیط زیست.

**پرایمر** — **آغازگر**: توالی نوکلئوتیدی کوچکی که آنزیم DNA پلی‌مراز کار خود را با اتصال نوکلئوتیدها به آن، آغاز می‌کند.

**پرو** — **ویروس**: ویروسی که ژنوم خود را درون ژنوم سلول میزبان گنجانده است.

**پروتئین تنظیم‌کننده**: پروتئینی که با قرار گرفتن روی توالی‌های تنظیم‌کننده در DNA بر میزان بیان ژن‌ها اثر می‌گذارد.

**پروژهٔ ژنوم انسان (HGP)**: پروژهٔ تعیین توالی نوکلئوتیدی ژنوم انسان و تعیین نقشهٔ جایگاه هر ژن روی هر کروموزوم.

یا حجم در یک زمان مشخص.

ترموفیل‌ها: گروهی از آرکی‌باکتری‌ها که در آب‌های بسیار داغ زندگی می‌کنند و بسیاری از آنها از مواد گوگردار انرژی کسب می‌کنند.

تکامل همراه: سازگاری‌های تکاملی متقابل بین افرادی که در یک اکوسیستم با هم در ارتباط نزدیک هستند.

تنفس سلولی: فرایندی که طی آن از انرژی ترکیبات آلی برای تولید ATP استفاده می‌شود.

تنفس نوری: فرآیندی وابسته به نور در گیاهان که طی آن اکسیژن جذب و دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شود.

توکسین‌های باکتریایی: ترشحات باکتری‌ها که برای ساخته‌های یوکاریوتی سمی هستند.

تیلاکوئید: ساختارهای کیسه‌ای شکل و پهن از جنس غشای سلولی که محل قرارگیری رنگیزه‌های فتوسنتزی هستند.

جانداران تراژن: جاننداری که محتوای ژنی‌اش، شامل ژن، یا ژن‌های گونه‌های دیگر است.

جاننشینی: نوعی جهش نقطه‌ای که در آن یک نوکلئوتید از یک ژن با نوکلئوتید نوع دیگری عوض می‌شود.

جایگاه تشخیص آنزیم: محدودکننده توالی خاص از DNA که آنزیم آن را شناسایی می‌کند.

جدایی بوم‌شناختی (زیستگاهی): جدایی تولیدمثلی بین افراد یک‌گونه در اثر موانع بوم‌شناختی.

جدایی تولیدمثلی: عدم توانایی تولید زاده‌های بارور در گروه‌هایی از جانداران که قبلاً دارای این توانایی بوده‌اند.

جدایی رفتاری: جدایی تولیدمثلی بین افراد یک‌گونه در اثر رفتارهای متفاوت.

جدایی زمانی: جدایی تولیدمثلی در اثر فعال شدن جانداران از نظر تولیدمثلی در زمان‌های مختلف.

جدایی گامتی: جدایی تولیدمثلی بین افراد گونه‌های

مختلف.

جدایی مکانیکی: ناتوانی آمیزش در افرادی که به گونه‌های نزدیک به هم تعلق دارند.

جهش: هرگونه تغییر در توالی نوکلئوتیدهای DNA.

جهش تغییر چهارچوب: جهش‌هایی که در نتیجه اضافه یا حذف شدن تعدادی نوکلئوتید پدید می‌آیند و باعث

اشتباه خوانده شدن حروف سه نوکلئوتیدی می‌شوند. به شرطی که تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده، مضرب ۳ نباشد.

جهش‌های نقطه‌ای: جهش‌هایی که یک یا چند نوکلئوتید ژن را، روی یک کروموزوم تغییر می‌دهند.

چرخه کربس: بخشی از فرآیند تنفس هوازی که طی آن پیرووات حاصل از گلیکولیز وارد میتوکندری‌ها و تا

تشکیل CO<sub>2</sub> تجزیه می‌شود.

چرخه لیتیک: چرخه‌ای که در آن ویروس همانندسازی می‌کند و سلول میزبان را تخریب می‌کند.

چرخه لیزوزنی: چرخه‌ای که طی آن، ژنوم ویروس به‌صورت پروویروس همانندسازی می‌کند، بدون آنکه سلول میزبان تخریب شود.

mRNA چند ژنی: mRNAی که از روی اپران چندژنی رونویسی شده است.

حذف رقابتی: نوعی حذف در اثر رقابت که در آن گونه‌ای که کارایی بیشتر دارد، از منابع محیط بیشتر

استفاده و گونه دیگر را از زیستگاه حذف می‌کند.

خزانه ژنی: مجموع الل‌های موجود در سلول‌های زایشی جمعیت.

دئوترومیست‌ها: گروهی از قارچ‌ها که در آنها تولیدمثل جنسی دیده نشده است.

درخت‌های تبارزایشی: طرح‌هایی برای نشان دادن ارتباط‌های خویشاوندی بین چند جاندار.

درون همزیستی: نظریه‌ای که بیان می‌کند میتوکندری‌ها

و کلروپلاست‌ها از نسل باکتری‌های هوازی همزیست هستند.

درون‌آمیزی: آمیزش میان خویشاوندان نزدیک که موجب تغییر کمتر فراوانی نسبی آلل‌ها می‌شود.

دیاتوم: گروهی از آغازیان تک سلولی فتوسنتزکننده که دارای دیواره سلولی دو قسمتی و سیلیسی هستند.

دیرینه‌شناسان: پژوهشگرانی که با استفاده از روش پرتوسنجی به بررسی سنگواره‌ها می‌پردازند.

**RFLP**: قطعات DNA حاصل از برش آنزیم‌های محدودکننده که طول متفاوت دارند.

رابطه انگلی: رابطه بین دو جاندار که در آن یکی سود و دیگری زیان می‌برد.

رائش ژن: تغییر فراوانی نسبی الل‌های جمعیت در اثر رویدادهای تصادفی.

راه‌انداز: مکانی از DNA که آنزیم RNA پلی‌مراز با قرار گرفتن روی آن، رونویسی را از جایگاه صحیح آغاز می‌کند.

رفتار: عمل یا مجموعه‌ای از اعمال که جانور در پاسخ به محرک از خود بروز می‌دهد.

رفتار حل مسئله: رفتار یادگیری که در آن جانور می‌تواند مسئله‌ای را که قبلاً با آن روبه‌رو نشده است بدون آزمون و خطا، حل کند.

رفتار وراثتی (ژنی): رفتاری که منشأ ژنی دارد.

رنگ‌آمیزی گرم: نوعی رنگ‌آمیزی دیواره سلولی باکتری‌ها که از آن برای شناسایی سلول‌های باکتری استفاده می‌کنند.

روبیسکو: آنزیمی که در واکنش‌های فتوسنتزی، واکنش ترکیب  $CO_2$  با ترکیب ۵ کربنی را کاتالیز می‌کند.

روزن‌داران: آغازیانی دریازی که پوسته‌ای محکم و سوراخ‌دار از جنس آهک دارند.

رونویسی: عمل ساخته شدن مولکول RNA از روی

DNA.

ریبوزوم: از اجزای سلول که در سیتوپلاسم، میتوکندری و کلروپلاست وجود دارد و از rRNA و پروتئین تشکیل شده است.

**RNA ریبوزومی (rRNA)**: مولکول RNAی که در ساختار ریبوزوم به‌کار رفته است.

ریزوتید: ریشه‌هایی که از سلول‌های بعضی از قارچ‌ها و خزگیان خارج می‌شوند و نقش ریشه گیاهان را دارند.

زنجیره انتقال الکترون: مجموعه‌ای از مولکول‌های ناقل الکترون که از انرژی آزادشده الکترون‌ها در واکنش‌های اکسید و احیاء برای تشکیل ATP و سایر مولکول‌های پرانرژی استفاده می‌کنند. این مولکول‌ها در غشای داخلی میتوکندری، غشای تیلاکوئیدی کلروپلاست و غشای پلاسمایی پروکاریوت‌ها قرار دارند.

زیگوسپور: زیگوت دیپلوئیدی که از جفت شدن گامت‌های دارای جنسیت‌های مختلف تشکیل می‌شود.

زیگوسپورانژ: ساختارهای تولیدمثلی با دیواره ضخیم که وجود آنها از ویژگی‌های افراد شاخه زیگومیکوتا است.

زیگومیکوتا: شاخه‌ای از قارچ‌ها که در آنها هاگ‌های جنسی در زیگوسپورانژ تولید می‌شوند.

ژن تنظیم‌کننده: ژن مربوط به پروتئین مهارکننده رونویسی اپران.

ژن خودناسازگار: نوعی ژن چند آللی که مانع از آمیزش بین گیاهان همسان می‌شود.

ژن درمانی: قرار دادن یک نسخه سالم از یک ژن، درون سلول‌های فردی که دارای نسخه‌ای ناقص از آن ژن است.

ژنوم: همه محتوای DNA یک جاندار را گویند.

ساختار برگ شبدری: ساختاری که مدل دوبعدی مولکول tRNA از خود نشان می‌دهد.

سنگواره: بقایای حفظ شده، یا معدنی شده، یا اثرات به جای مانده از جاندارانی که مدت‌ها پیش زندگی می‌کرده‌اند.

سیانوباکتری: نوعی باکتری که از نظر آزاد کردن اکسیژن در فوسنتز و همچنین وجود کلروفیل a و سایر رنگی‌ها با جلبک‌ها و گیاهان عالی، اما از نظر ساختار سلولی، ریبوزوم و گرم منفی بودن با پروکاریوت مشابهت دارند.

شارش ژن: ورود یا خروج آلل‌ها از یک جمعیت به جمعیتی دیگر به دلیل مهاجرت افراد.

شایستگی تکاملی: توانایی گونه‌ها برای زیستن در محیط و تولیدمثل.

شرطی شدن کلاسیک: رفتار یادگیری که جانور در آن به محرک بی‌اثری که با یک محرک طبیعی همراه شده است، پاسخ می‌دهد.

عامل تنظیم کننده: عاملی است که به مهارکنندهٔ اپران متصل می‌شود و اتصال آن را به اپراتور ممکن یا غیرممکن می‌کند.

عوامل رونویسی: پروتئین‌های تنظیم کنندهٔ عمل رونویسی در یوکاریوت‌ها.

غذایابی بهینه: راهبرد جانوران برای به‌دست آوردن بیشترین انرژی در کمترین زمان.

غربال کردن: فرایند جدا کردن سلول‌های دارای ژن خاص از سایر سلول‌ها (در مهندسی ژنتیک).

فاکتور رشد: پروتئینی که توسط برخی از سلول‌های بدن ترشح می‌شود و سایر سلول‌ها را وادار به تقسیم می‌کند.

فتوسیستم: مجموعه‌ای از رنگی‌های فتوسنتزی و

پروتئین در غشای تیلاکوئید که انرژی نور خورشید را مهار می‌کند.

فتوسیستم II: فتوسیستمی که حداکثر جذب نوری آن در طول موج ۶۸۰ نانومتر است.

فتوسیستم I: فتوسیستمی که حداکثر جذب نوری آن در طول موج ۷۰۰ نانومتر است.

فرمون: گروهی از مواد شیمیایی که در بعضی جانوران ترشح می‌شود و بر رفتار سایر افراد اثر می‌گذارد.

قارچ - ریشه‌ای: قارچ‌های همزیست با ریشهٔ بعضی گیاهان.

کاتالیزور: ماده‌ای است که باعث تسریع واکنش‌های شیمیایی می‌شود ولی در آخر، دست نخورده باقی می‌ماند.

کاروتنوئیدها: رنگی‌های وابسته به ویتامین A که موجب پیدایش رنگ‌های زرد و نارنجی و قرمز در گیاهان می‌شود.

کاندیدا آلبیکنز: نوعی مخمر که عامل بیماری برفک دهان است.

کاوشگر: قطعه‌ای از RNA یا DNA تکرار شدهٔ نشان‌دار شده به وسیلهٔ مواد رادیواکتیو یا فلورسنت که مکمل ژن مورد نظر است.

کراسینگ‌اور: مبادلهٔ قطعات DNA بین کروموزوم‌های همتا در تترادهای میوز I.

کلامیدوموناس: نوعی جلبک سبز تک‌سلولی.

کلروپلاست: نوعی پلاست که در آن رنگی‌ه کلروفیل وجود دارد و محل انجام فوسنتز در سلول‌های گیاهی است.

کلستریدیوم بوتولینم: نوعی باکتری بی‌هوازی که در غذاهای کنسرو شده‌ای که به‌خوبی سترون نشده‌اند، سمی مهلک ترشح می‌کند و باعث بیماری بوتولیسم می‌شود.

کلون کردن : تکثیر قطعه‌ای خاص از DNA در سلول میزبان.

کنام : همهٔ راه‌های ارتباطی جاندار با محیط زیست و به‌طور خلاصه نقش هر جاندار در محیط.

کنام بنیادی : طیف‌های گوناگونی از موقعیت‌ها که یک جاندار بالقوه توان زیستن در آنها را دارد.

کنام واقعی : بخشی از کنام بنیادی که یک گونهٔ آن را اشغال کرده است.

کواسروات : ریزکیسه‌هایی از جنس لیپید، آمینواسیدها و قندهای متصل به آنها.

کیتین : پلی‌ساکارید سختی که در پوشش خارجی حشرات و دیوارهٔ سلولی قارچ‌ها به‌کار رفته است.

گامت‌های نوترکیب : گامت‌هایی که ترکیب کروموزومی آنها شبیه والدین نیست.

گل‌سنگ : نوعی جاندار که حاصل همزیستی بین یک قارچ و یک فتوسنتزکننده مثل جلبک سبز است.

گلیکولیز : اولین مرحلهٔ متابولیسم گلوکز که در سیتوسل سلول انجام می‌شود.

گنجایش محیط : تعداد معینی از جانداران هر جمعیت که هر محیط می‌تواند آنها را در خود جای دهد و در حد تعادل نگه دارد.

گونه‌زایی دگر میهنی : نوعی گونه‌زایی که با جدایی زیستگاه جمعیت‌ها شروع می‌شود.

گونه‌زایی هم میهنی : نوعی گونه‌زایی در جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه به سر می‌برند.

گیاهان CAM : نوعی فتوسنتز اختصاصی که اولین بار در گیاهان تیرهٔ کراسولاسه کشف شد.

گیاهان C<sub>4</sub> : گیاهانی که در آنها قبل از چرخهٔ کالوین واکنش‌های دیگری انجام می‌گیرد و حاصل تثبیت دی‌اکسیدکربن در این واکنش‌ها یک اسید ۴کربنی است.

گیاهان C<sub>3</sub> : گیاهانی هستند که برای تثبیت دی‌اکسیدکربن

فقط از چرخهٔ کالوین استفاده می‌کنند و اولین مولکول پایداری که در آنها تشکیل می‌شود یک اسید ۳ کربنی است.

لگهٔ سادرن : روشی برای انتقال DNA از ژل الکتروفورز به کاغذ مخصوص جذب DNA.

DNA لیگاز : آنزیمی که پیوند فسفودی‌استر را میان دو DNA که هر دو دارای انتهای چسبنده هستند، برقرار می‌کند.

مایکوباکتریوم توبرکلوزیس : باکتری مولد بیماری سل. ابتلا به این بیماری از طریق دستگاه تنفسی است.

متانوژن‌ها : گروهی از آرکی‌باکتری‌ها که ضمن کسب انرژی از بقایای جانوران گاز متان (CH<sub>4</sub>) تولید می‌کنند.

محرک نشانه : محرکی که باعث بروز رفتار با الگوی عمل ثابت می‌شود.

ملانینی شدن صنعتی : تیره شدن رنگ جمعیت جاندار به علت آلودگی صنعتی در سال‌های پس از انقلاب صنعتی.

مولکول ATP : نوکلئوتید سه‌فسفاته‌ای که انرژی لازم برای فرآیندهای سلولی را فراهم می‌کند.

مهارکننده : پروتئین‌های بزرگی که به توالی خاصی از DNA (اپرانور) در ایران متصل شده و مانع عمل رونویسی می‌شوند.

مهندسی ژنتیک : استفاده از تکنیک‌های آزمایشگاهی برای ساخت مولکول DNAی که حاوی ژن‌های جدید یا ترکیب جدیدی از ژن‌هاست.

میسلیوم : تودهٔ حاصل از رشد و انشعاب نخینه‌های قارچ‌ها.

میکروسفر : ریزکیسه‌ای که از زنجیره‌های کوتاه آمینو اسیدی تشکیل شده است.

RNA ناقل (tRNA) : از مولکول‌های RNA کوچک

که آمینواسیدها را به ریبوزوم منتقل می‌کند. نازایی دورگه: نازا بودن افراد حاصل از آمیزش دو گونه مختلف در اثر ناسازگاری کروموزومی. نازیستایی دورگه: مرگ جنین حاصل از لقاح گامت‌های گونه‌های مختلف به علت ناسازگاری ژنی. نخینه: رشته‌های لوله‌ای شکلی که از اجتماع آنها میسلیم قارچ‌ها تشکیل می‌شود. نقش‌پذیری: شکل خاصی از یادگیری که در دوره مشخصی از زندگی یک جانور رخ می‌دهد و ارتباط تنگاتنگی با رفتار غریزی دارد و در شکل‌گیری ارتباط اجتماعی بعدی افراد مؤثر است. DNA نو ترکیب: مولکولی است که از DNA دو یا چند فرد مختلف ساخته شده است. نو ترکیبی: آرایش کروموزوم‌ها طی میوز I که به ایجاد گامت‌های نو ترکیب می‌انجامد. نیتروباکتر: باکتری شیمیواتروفی که در خاک زندگی می‌کند و از نظر کشاورزی و حفظ محیط‌زیست حائز اهمیت است و در تثبیت نیتروژن نقش دارد. واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR): روشی برای تکثیر قطعه‌ای از DNA. واگرایی (اشتقاق): انباشته شدن تفاوت‌ها بین گروه‌های جانداران که منجر به گونه‌زایی می‌شود. وکتور: عاملی برای انتقال ژن مورد نظر به سلول‌های میزبان در مهندسی ژنتیک. ویتامین B<sub>۱۲</sub> (تیامین): ویتامینی محلول در آب که در تبدیل پیرووات به استیل COA نقش دارد. ویروئیدها: گروهی از عوامل مهم بیماری‌زای گیاهی

و شبیه ویروس که جنس آنها از RNA تک‌رشته است و کسپید ندارند. ویروس: قطعه‌ای از نوکلئیک اسید که درون پوششی از پروتئین قرار دارد. هالوفیل‌ها: گروهی از آرکی‌باکتری‌ها که در آب‌های بسیار شور زندگی می‌کنند. هتروتروف: جاندارانی که نمی‌توانند از ترکیبات معدنی، ترکیبات آلی بسازند. هرم جمعیت: نوعی نمودار هرمی شکل برای جمعیت آدمی است که در آن گروه‌های سنی کوچک‌تر در پایین و گروه‌های مسن‌تر در بالا نشان داده می‌شوند. هم‌زیست: دو یا چند جاندار از گونه‌های متفاوت که در درازمدت با یکدیگر رابطه نزدیک داشته باشند. هم‌سفرگی: رابطه میان دو جاندار که در آن یکی سود می‌برد و دیگری نه سود می‌برد و نه زیان. هم‌یوغی: عمل مبادله ژن در باکتری‌ها. همه‌چیزخوار: گروهی از جانوران که می‌توانند از منابع غذایی مختلف گیاهی و جانوری استفاده کنند. همیاری: رابطه‌ای که در آن هر دو طرف از زندگی با یکدیگر سود می‌برند. یادگیری: تغییر رفتار جاندار که حاصل تجربه باشد. یک ژن — یک آنزیم: نظریه‌ای که هر ژن را مسئول ساختن یک آنزیم می‌داند. یوباکتری‌ها: گروه عمده‌ای از باکتری‌ها که دیواره آنها دارای پپتید و گلیکان است. دیواره سلولی آنها با آرکی باکتری‌ها فرق می‌کند.



## فهرست منابع اصلی

1. **BSCS Biology An Ecological Approach**; Kendall / Hunt pub. ; 1998.
2. Fairbanks; D.J.& Andersen W.R., **Genetics The Countinuity of Life**; Wadsworth Publishing Company, 1999.
3. Campbell, N.A. ; et al. **Biology**; Addison Wesley Longman Inc. 1999.
4. Raven P.H et al. **Biology**, 5th Edition, McGraw – Hill, 1999.
5. Clegg ej, **Genetics & Evoluation**, John Murray, 1999.
6. Griffith, A.J.F, et al. ; **An Introduction to Genetic Analysis**; W.H.Freeman; 2000.
7. Campbell, N.A. ; **Biology, Concepts & Connections**; Addison Wesley Longman inc; 2000.
8. Johnson G.B. ; **Biology, Principles & Explorations**; Holt, Rinehart & Winston; 2001.
9. Johnson G.B; **Biology, Priciples & Explorations – Annotated Teacher’s Edition**; Holt, Rinehart & Winston; 2001.
10. Mader, S.S. **Biology**; McGraw – Hill Companies; 2001.
11. Allan, R.et al. **Advanced Biology 2–2002**; Biozone International Ltd.; 2002.
12. Starr & Taggart, **Biology, The unity and Diversity of life**, 10th Edition, Thomson, 2004.

## منابع برای مطالعه بیشتر

۱- نخستین دایرةالمعارف مهندسی ژنتیک و DNA

نویسنده : آنا کلیبورن

مترجم : جواد ثابت نژاد

ناشر : ذکر. کتاب‌های قاصدک - سال چاپ ۱۳۹۳

۲- ژنتیک کلاسیک

نویسنده : رضا شاه نظر نژاد خالصی

ناشر : فاطمی - سال چاپ ۱۳۹۳

