هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

مولکول‌های اطلاعاتی

یکی از پرسش‌هایی که یافتن جوابی برای آن بیش از پنجاه سال طول کشید، این بود که ژن چیست و از چه ساخته شده است؟ پاسخ این سؤال، به ظاهر شاید ساده باشد ولی برای رسیدن به آن، پژوهش‌ها و آزمایش‌های زیادی انجام شد که در حال حاضر هم ادامه دارد.

در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش‌ها توضیح داده می‌شود که نتایج آن‌ها آگاهی ما را از ژن و مولکول‌های مرتبط به آن یعنی دِنا **(DNA)** و رِنا **(RNA)** و پروتئین بیش‌ترمی‌کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول‌ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل‌های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می‌شویم.

گفتار ۱: نوکلئیک اسیدها

هر یک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل، اندازه، توانایی‌ها و... دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولیدمثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که فام‌تن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آن‌ها دِنا **(DNA)** و پروتئین مشارکت می‌کنند.

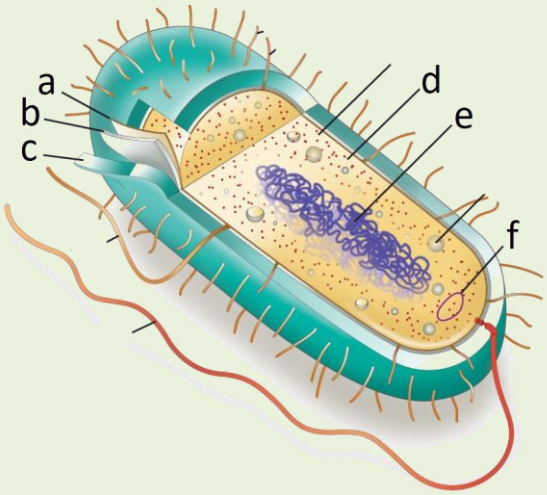
کدام‌یک از این دو ماده، ذخیره کنندهٔ اطلاعات وراثتی است؟

پاسخ این سؤال مشخص شده و آن ماده دِنا است که به عنوان مادهٔ ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی عمل می‌کند. امّا دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری شناسی انگلیسی به نام گریفیت به‌دست آمد. او سعی داشت واکسنی برای آنفلوانزا تولید کند. در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار) است در موش‌ها سبب سینه پهلو می‌شود ولی نوع بدون پوشینه آن موش‌ها را بیمار نمی‌کند (شکل ۱).

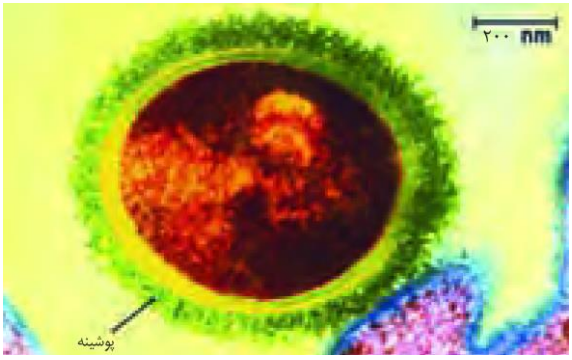
جانداران	پیش‌هسته‌ای (پروکاریوت)	باکتری‌ها
	هوهسته‌ای (یوکاریوت)	آغازیان
		قارچ‌ها
		گیاهان
		جانوران

تمرین ۱: با توجه به شکل زیر موارد مشخص شده را نام‌گذاری کنید.



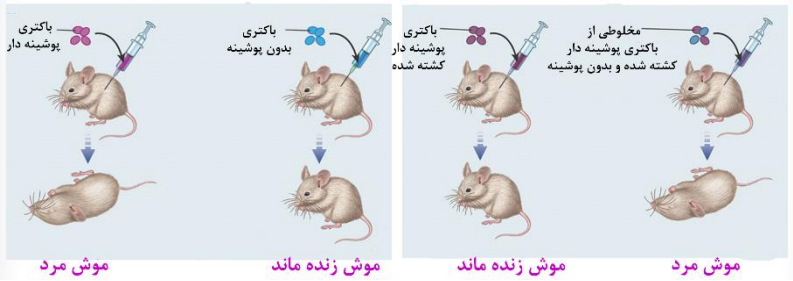
۱) **a**
۲) **b**
۳) **c**
۴) **d**
۵) **e**
۶) **f**

پاسخ:



شکل ۱- باکتری پوشینه‌دار

آزمایش‌ها و نتایج کار گریفیت را در شکل ۲ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۲- آزمایشات گریفیت و نتایج آن

گریفیت مشاهده کرد تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ در آن‌ها می‌شود؛ در حالی که تزریق باکتری‌های بدون پوشینه به موش‌های مشابه، باعث بروز علائم بیماری نمی‌شود. او در آزمایش دیگری باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما را به موش‌ها تزریق و مشاهده کرد که موش‌ها سالم ماندند. گریفیت نتیجه گرفت وجود پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست.

سپس مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما و زنده بدون پوشینه را به موش‌ها تزریق کرد و دید برخلاف انتظار، موش‌ها مُردند! او در بررسی خون و شش‌های موش‌های مرده، مقدار زیادی از باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار شده‌اند. از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر منتقل شود ولی ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دِنا است

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند. تا این‌که نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آن‌ها ابتدا از عصارهٔ استخراج شده از باکتری‌های کشته‌شدهٔ پوشینه‌دار

تمرین ۱: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) جنس پوشینه عامل سینه‌پهلو در موش‌ها را مشخص کنید.

ب) گریفیت در آزمایش‌های خود دنبال تهیه سرم بود یا واکسن؟

پ) در کدام مرحله از آزمایش گریفیت مشخص شد پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست؟

ت) در کدام مرحله از آزمایش گریفیت مشخص شد عامل وراثتی قابل انتقال است؟

پاسخ:

تمرین ۳: هر یک از موارد زیر با کارهای کدام دانشمندان مشخص شد؟

الف) ماده وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاخته دیگر منتقل شود.

ب) کشف مولکول **DNA**

پ) کشف مولکول **DNA** به‌عنوان ماده وراثتی

ت) برابر بودن مقدار **A** با **T** و **C** با **G** در **DNA**

ث) مکمل بودن **A** با **T** و **C** با **G** در **DNA**

ج) بیش از یک رشته‌ای بودن **DNA**

چ) دو رشته‌ای بودن **DNA**

ح) چگونگی انتقال **DNA**

پاسخ:

استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟

آن‌ها سپس باقی‌ماندهٔ محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال صفت صورت می‌گیرد؛ پس می‌توان نتیجه گرفت که پروتئین‌ها مادهٔ وراثتی نیستند.

در آزمایش دیگری مخلوط به‌دست آمده را در یک گریزانه (سانتریفیوژ) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به‌صورت لایه‌لایه جدا کردند. با اضافه کردن هر یک از لایه‌ها به‌صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دِنا وجود دارد انجام می‌شود.

نتایج این آزمایش‌ها انکارناپذیر بود و ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دِنا است. به عبارت ساده‌تر، دِنا همان ماده وراثتی است. با این حال نتایج به‌دست آمده مورد قبول عده‌ای قرار نگرفت؛ چون در آن زمان بسیاری از دانشمندان بر این باور بودند که پروتئین‌ها ماده وراثتی هستند.

در آزمایش‌های دیگری عصارهٔ باکتری‌های پوشینه‌دار را استخراج و آن را به چند قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت، آنزیم تخریب کننده یک گروه از مواد آلی را اضافه کردند. سپس هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه منتقل و اجازه دادند تا فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند. مشاهده شد که در همهٔ ظروف انتقال صورت می‌گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دِنا است.

ساختار نوکلئیک اسید

نوکلئیک اسیدها که شامل دئوکسی ریبونوکلئیک اسید (دِنا) و ریبونوکلئیک اسید (رِنا) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به نام نوکلئوتید هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن‌دار و یک تا سه گروه فسفات. قند پنج کربنه در دِنا، دئوکسی‌ریبوز و در رِنا، ریبوز است. دئوکسی‌ریبوز یک اکسیژن کم‌تر از ریبوز دارد. باز آلی نیتروژن‌دار می‌تواند پورین باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می تواند پیریمیدین باشد که ساختار تک حلقه‌ای دارد؛ شامل تیمین (T)، سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دِنا باز یوراسیل شرکت ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد و در رِنا به جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.

تمرین ۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) برخلاف آزمایشات گریفیت، در کارهای ایوری چگونگی انتقال ماده وراثتی کشف شد.

ب) در آزمایش اول ایوری همانند آزمایش سوم ایوری، آنزیم تجزیه‌کننده کلاژن استفاده شد.

پ) استفاده از سانتریفیوژ توسط ایوری به این دلیل بود که متوجه شد پروتئین عامل وراثت نیست.

ت) در آزمایش سوم ایوری لیپاز استفاده شد.

پاسخ:

تمرین ۵: جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

۱) آدنین + ریبوز= .....

۲) آدنین + دئوکسی‌ریبوز= .....

۳) گوانین + ریبوز+ ۳ فسفات= .....

۴) تیمین+ دئوکسی ریبوز+ ۳ فسفات= .....

پاسخ:

تست ۱: دنا با رنا در چند مورد با هم تفاوت دارند؟

الف) نوکلئوتید پورین‌دار

ب) نوکلئوتید پیریمیدین‌دار

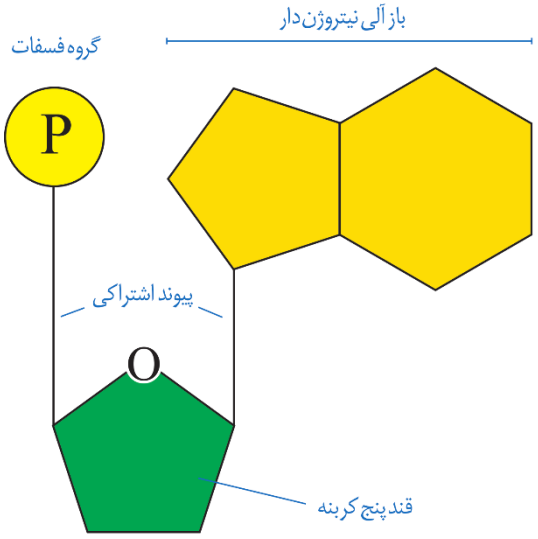
پ) تعداد رشته پلی‌نوکلئوتیدی

ت) نوع پیوند اشتراکی بین نوکلئوتیدها

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

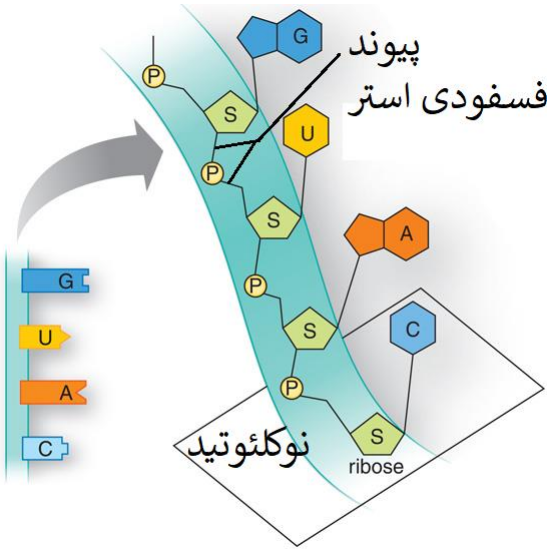
برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن‌دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می شوند (شکل۳).



شکل ۳- اجزای یک نوکلئوتید

نوکلوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه‌های فسفات با یک‌دیگر تفاوت دارند.

نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام فسفودی استر به هم متصل می‌شوند و رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی را می‌سازند. در پیوند فسفودی استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل **(OH)** پلی‌نوکلئوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید را می‌سازند مثل رنا، یا به‌صورت دوتایی مقابل هم قرار می‌گیرند و نوکلئیک اسیدهایی مثل دِنا را می‌سازند (شکل۴).



شکل ۴- تشکیل رشته نوکلئیک اسید

بنابراین مولکول‌های دِنا از دو رشته پلی‌نوکلئوتید و مولکول‌های رِنا از یک رشته پلی‌نوکلئوتید تشکیل می‌شوند (شکل ۵).

تمرین ۶: ۹ نوع نوکلئوتید آدنین‌دار نام ببرید.

۱) .....
۲) .....
۳) .....
۴) .....
۵) .....
۶) .....
۷) .....
۸) .....
۹) .....

پاسخ:

تمرین ۷: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

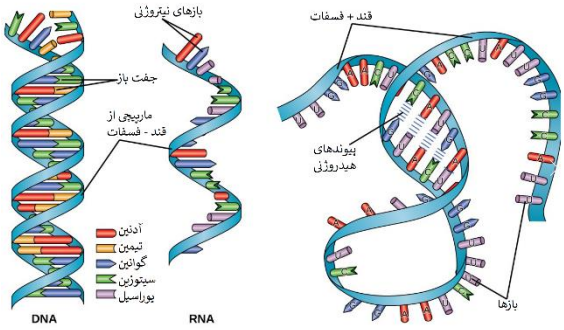
الف) آدنین از حلقه (۵ ضلعی- ۶ ضلعی) ..... خود با قند پنج کربنه پیوند کووالانسی برقرار می‌کند.

ب) هر زنجیرهٔ پلی‌نوکلئوتیدی برای تشکیل پیوند فسفو دی‌استر با نوکلئوتید آزاد گروه (فسفات- هیدروکسیل) ..... خود را شرکت می‌دهد.

پ) هر پیوند قند- فسفاتی در زنجیرهٔ پلی‌نوکلئوتیدی نوعی پیوند (کووالانسی- فسفو دی‌استر) ..... است.

ت) در یک زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی دو نوکلئوتیدی که با هم پیوند فسفو دی‌استر دارند ممکن نیست از نظر نوع (قند- باز آلی نیتروژن‌دار) ..... متفاوت باشند.

پاسخ:



شکل ۵- دنای دو رشته‌ای و رنای تک رشته‌ای

دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتید نیز می‌توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد کنند؛ برای مثال دِنا در باکتری‌ها به‌صورت حلقوی است، در نوکلئیک اسیدهای خطی گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است؛ بنابراین هر رشتهٔ دِنا و رِنای خطی همیشه دو سر متفاوت دارد.

تلاش برای کشف ساختار مولکولی دِنا

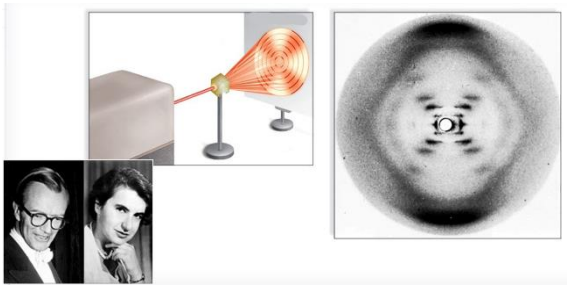
در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دِنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکول‌های دِنا از هر جانداری که به‌دست آمده باشد با یک‌دیگر برابر باشد.

امّا مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دِناهای طبیعی موجودات نشان داد که:

مقدار آدنین موجود در دِنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.

استفاده از پرتو ایکس برای تهیهٔ تصویر از دِنا

ویلکینز و فرانکلین با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دِنا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶).



شکل ۶-تصویر تهیه شده با پرتو ایکس از مولکول دِنا توسط ویلکینز و فرانکلین

تمرین ۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) ممکن نیست نوکلئوتید های یک زنجیره با پیوند هیدروژنی به هم متصل شوند.

ب) ممکن نیست همهٔ نوکلئوتیدهای یک زنجیر با پیوند فسفو دی‌استر به هم متصل باشند.

پ) ممکن نیست بین دو نوکلئوتیدی که از نظر نوع قند با هم تفاوت دارند پیوند هیدروژنی تشکیل شود.

ت) ممکن نیست هر رشته دنا و رنای خطی دو سر مشابه هم داشته باشد.

پاسخ:

تست ۲: کدام گزینه عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

تحقیقات چارگاف روی دناهای طبیعی موجودات .....

۱) نشان داد که به چه دلیل مقدار **A** با **T** و **C** با **G** برابر است.

۲) مشخص کرد که چهار نوع نوکلئوتید به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند.

۳) معرف این است که مقدار پورین با مقدار پیریمیدین همواره برابر است.

۴) می‌تواند مشخص کند که ماده وراثتی چگونه همانندسازی می‌کند.

پاسخ:

تمرین ۹: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) پرتوی که ویلکینز و فرانکلین برای تحقیقات خود استفاده نمودند در رادیولوژی کاربرد دارد.

ب) ویلکینز و فرانکلین برای تحقیقات خود از یک مولکول **DNA** و یک تصویر استفاده کرده‌اند.

پ) با کارهای ویلکینز و فرانکلین مشخص شد که دنا نمی‌تواند تک رشته‌ای باشد.

ت) ویلکینز و فرانکلین نتوانستند اندازهٔ دنا را تشخیص دهند.

پاسخ:

با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دِنا نتایجی را به‌دست آوردند از جمله این‌که دِنا حالت مارپیچی و بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.

مدل مولکولی دِنا

واتسون و کریک با استفاده از نتایج آزمایش‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافته‌های خود، مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند. نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

شکل۷- واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آن‌ها برای دِنا

نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

هر مولکول دِنا در حقیقت از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند. این مارپیچ اغلب با یک نردبان پیچ‌خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند. بین قند یک نوکلئوتید و فسفات نوکلئوتید دیگر پیوند فسفودی استر و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸).

تست ۳: با تکنیک پرتو ایکس چند مورد قابل تعیین است؟

الف) اندازهٔ مولکول

ب) شکل مولکول

پ) جایگاه اتم‌ها در پلی‌مر

ت) تعداد رشته‌های پلی‌مر

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

تست ۴: کدام از یافته‌های واتسون و کریک برای معرفی مدل نردبان مارپیچ دنا است؟

۱) برابر بودن مقدار **A** با **T** و **C** با **G**

۲) مارپیچی شکل بودن مولکول دنا

۳) شناخت از پیوندهای شیمیایی

۴) تعیین ابعاد مولکول دنا

پاسخ:

تست ۵: ویلکینز و فرانکلین در زمینهٔ شناسایی ساختار مولکول‌های **DNA**، ..... (سراسری خارج کشور ۸۸)

۱) مدل گوی و میله‌ای **DNA** را ارائه دادند.

۲) مقدار بازهای آلی در **DNA** جانداران مختلف را اندازه گرفتند.

۳) تصاویری از بلورهای مولکول **DNA** به روش پراش پرتو ایکس تهیه کردند.

۴) **DNA** باکتری‌های کپسول‌دار و بدون کپسول را به‌طور خاص تهیه نمودند.

پاسخ:

تست ۶: در یک مولکول **DNA**، تعداد ..... کم‌تر از سایرین است. (سراسری ۸۹)

۱) بازهای پورینی

۲) پیوندهای هیدروژنی

۳) پنتوزها

۴) پیوندهای فسفو دی‌استر

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

شکل ۸- مدل مارپیچ دو رشته‌ای دِنا

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دِنا را در مقابل هم نگه می دارد. این پیوندها بین جفت بازها به‌صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند. آدنین **(A)** با تیمین **(T)** روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و گوانین **(G)** با سیتوزین **(C)** جفت می‌شوند. به این جفت بازها **بازهای مکمل** می‌گویند. بین **C** و **G** نسبت به **A** و **T** پیوند هیدروژنی بیش‌تری تشکیل می‌شود. مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش‌های چارگاف را نیز تأیید می‌کند.

قرارگیری جفت بازها به این صورت باعث می‌شود قطر مولکول در سراسر آن یکسان باشد. چون در هر صورت یک باز تک حلقه‌ای در مقابل یک باز دو حلقه‌ای قرار می‌گیرد. ثابت ماندن قطر دِنا باعث پایداری اطلاعات آن شده و در فشرده شدن بهتر فام‌تن‌ها مؤثر است.

جفت شدن بازهای مکمل نتیجهٔ دیگری هم دارد و آن این‌که اگر چه دو رشتهٔ یک مولکول دِنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را هم مشخص کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته

تمرین ۱۰: مشخص کنید کدام موارد مطابق با نکات کلیدی مدل واتسون و کریک می‌باشد؟

۱) در یک زنجیره، بین دو قند، پیوند فسفودی‌استر وجود دارد.

۲) پله‌های نردبان فرضی از نظر تعداد پیوندهای هیدروژنی نمی‌توانند متفاوت باشند.

۳) دنا دارای چهار نوع پله می‌باشد.

۴) پیوند بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می شود.

۵) پیوند بین جفت بازهای پورین بیش‌تر از جفت بازهای پیریمیدین است.

۶) در هنگام رونویسی به دلیل شکسته شدن پیوند هیدروژنی پایداری دنا به هم می‌خورد.

۷) در هنگام همانندسازی به دلیل شکسته شدن پیوند هیدروژنی پایداری دنا به هم می‌خورد.

۸) قرار گرفتن **A** مقابل **T** و **C** مقابل **G** باعث می‌شود که قطر دنا در سراسر آن یکسان باشد.

۹) ثابت ماندن قطر دنا باعث پایداری اطلاعات آن می‌شود.

۱۰) ثابت ماندن قطر دنا در فشرده شدن بهتر فام‌تن‌ها مؤثر است.

پاسخ:

تست ۷: کدام گزینه جمله زیر را به درستی تکمیل می کند؟

به‌طور طبیعی در هر دنا .....

۱) نیروی نگهدارندهٔ دو رشته در سراسر طول آن ثابت است.

۲) توالی نوکلئوتیدی یک رشته با رشته دیگر همواره متفاوت است.

۳) مقدار پورین‌های یک رشته با پورین‌های رشته دیگر متفاوت است.

۴) مقدار پورین‌های یک رشته با پیریمیدین‌های رشته دیگر متفاوت است.

پاسخ:

ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل آن باید TACG باشد. اگر چه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آن‌ها به مولکول دِنا حالت پایدارتری می‌دهد. در عین حال، دو رشته دِنا در موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی از نقاط از هم جدا شوند و بدون اینکه پایداری آن‌ها به هم بخورد وظایف خود را انجام دهند.

رِنا و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک اسیدها، رِنا است. مولکول رِنا تک رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دِنا ساخته می شود. رِناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آن‌ها اشاره می کنیم:

رنای پیک (mRNA): اطلاعات را از دِنا به رِناتَن‌ها می‌رساند.

رِناتَن با استفاده از اطلاعات رِنای پیک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.

رنای ناقل (tRNA): آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رِناتَن‌ها می‌برد.

رنای رناتنی (rRNA): در ساختار رِناتَن‌ها علاوه بر پروتئین، رِنای رِناتَنی نیز شرکت دارد.

علاوه بر نقش‌های بالا، برای رِناها نقش‌های آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز مطرح می‌شود.

ژن چیست؟

در طی این گفتار با ساختار دِنا آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در دِنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. ژن بخشی از مولکول دِنا است که می‌تواند بیان آن به تولید رِنا یا پلی‌پپتید بینجامد. این‌که رِنا چگونه دستورالعمل‌های دِنا را اجرا می‌کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهید شد.

دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت و سازی:

نوکلئوتیدها علاوه بر شرکت در ساختار دِنا و رِنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته بر عهده دارند.

برای مثال نوکلئوتید آدنین‌دار **ATP** (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.

همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش ناقل الکترون را بر عهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهید شد.

تمرین ۱۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف) هر نوع رنایی از روی یکی از رشته‌های دنا درون هسته ساخته می‌شود.

ب) رناتن همانند هسته تن از جنس پروتئین و نوکلئیک اسید است.

پ) مولکولی که دستورالعمل‌های دنا را اجرا می‌کند نمی‌تواند با آمینو اسید پیوند برقرار کند.

ت) مولکولی که دستورالعمل‌های دنا را اجرا می‌کند نمی‌تواند نقش آنزیمی داشته باشد.

ث) مولکولی که مستقیماً از روی ژن ساخته می‌شود نمی‌تواند در تنظیم بیان ژن نقش داشته باشد.

پاسخ:

تمرین ۱۲: موارد ستون «الف» را با ستون «ب» ارتباط دهید.

نوکلئوتید	محل (سلول یوکاریوتی)
۱) ATP	a) هسته
۲) $FADH_2$	b)میان‌یاخته
۳) NADH	c)راکیزه
۴) NADPH	d)سبزدیسه

پاسخ:

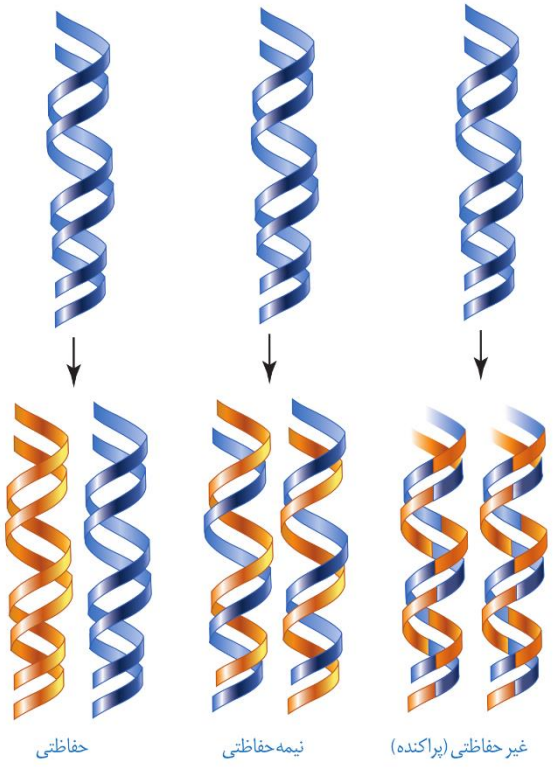
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گفتار ۲: همانندسازی دِنا

با توجه به این‌که دِنا به عنوان ماده وراثتی، حاوی اطلاعات یاخته است، این پرسش مطرح می‌شود که هنگام تقسیم یاخته، این اطلاعات، چگونه بدون کم و کاست به دو یاخته حاصل از تقسیم می‌رسند؟

این کار با همانندسازی دِنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول دِنای جدید از روی دِنای قدیمی همانندسازی گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دِنا قابل توضیح است ولی با این وجود طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دِنا پیشنهاد شده بود (شکل۹).



شکل ۹- طرح‌های مختلف برای همانندسازی

۱- همانندسازی حفاظتی: در این طرح هر دو رشتهٔ دِنای قبلی (اولیه) به‌صورت دست‌نخورده باقی‌مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دو رشته دِنای جدید هم وارد یاختهٔ دیگر می‌شوند. چون دِنای اولیه به‌صورت دست‌نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.

۲- همانندسازی نیمه حفاظتی: در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشته دِنا مربوط به دِنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاختهٔ حاصل،

تمرین ۱۳: با توجه به انواع مدل همانندسازی دنا، کروماتیدهای خواهری یک فام‌تن از نظر رشته‌های جدید چگونه‌اند؟

الف) حفاظتی

ب) نیمه‌حفاظتی

پ) غیرحفاظتی

پاسخ:

تمرین ۱۴: اگر دنا اولیه دارای ^{15}N باشد و بخواهد با نوکلئوتیدهای دارای ^{14}N با مدل‌های زیر همانندسازی کند پس از یکبار همانندسازی از نظر چگالی مولکول‌های حاصل چگونه‌اند؟

الف) حفاظتی

ب) نیمه‌حفاظتی

پ) غیرحفاظتی

پاسخ:

تمرین ۱۵: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) در کدام مدل همانندسازی هر یک از DNA ها نوکلئوتید جدید دارند؟

ب) در کدام مدل همانندسازی هیچ یک از رشته‌های DNA ها نمی‌توانند فقط نوکلئوتید قدیمی داشته باشند؟

پ) در کدام مدل همانندسازی بین رشته‌های جدید و قدیم دنا پیوند هیدروژنی تشکیل نمی‌شود؟

ت) در کدام مدل همانندسازی پیوند فسفو دی‌استر دنا اولیه می‌شکند؟

پاسخ:

فقط یکی از دو رشته دِنای قبلی وجود دارد به آن نیمه حفاظتی می‌گویند.

۳- همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده): در این طرح هر کدام از دِناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.

کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون و استال با به‌کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به‌دست آوردند. آن‌ها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آن‌ها باید بتوانند رشته‌های دِنای نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آن‌ها با این هدف دِنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) دارند، نشانه‌گذاری کردند.

دِناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند نسبت به دنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود ^{14}N دارد چگالی بیش‌تری دارند. بنابراین با ابزارهایی مثل فراگریزانه (سانتریفیوژ سرعت بالا) می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد.

آن‌ها ابتدا باکتری‌ها را در محیطی حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N کشت دادند. ^{15}N در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار که در ساخت دِنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N منتقل کردند. با توجه به این‌که تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند.

برای سنجش چگالی دِناها در هر فاصلهٔ زمانی، دِنای باکتری‌ها را استخراج و در محلولی از سزیم کلرید در سرعتی بسیار بالا گریز می دادند.

با توجه به این‌که در گریزانه میزان حرکت مواد در محلول براساس چگالی است و مواد سنگین‌تر تندتر حرکت می‌کنند، توانستند براساس میزان حرکت، نوع دِنای تشکیل شده در هر مرحله را تشخیص دهند.

مراحل آزمایش مزلسون و استال و نتایج آن را در شکل ۱۰ می بینید.

تست ۸: اگر دنای ^{15}N بخواهد با نوکلئوتیدهای ^{14}N به روش ..... همانندسازی کند، انتظار می‌رود پس از یک بار همانندسازی، در لوله‌های آزمایش خارج شده از دستگاه فراگریزانه .....

۱) حفاظتی- یک نوار در وسط لوله تشکیل شود.

۲) پراکنده - یک نوار در وسط لوله تشکیل شود.

۳) حفاظتی - دو نوار یکی در وسط و دیگری در پایین لوله تشکیل شود.

۴) پراکنده- دو نوار یکی در وسط و دیگری در پایین لوله تشکیل شود.

پاسخ:

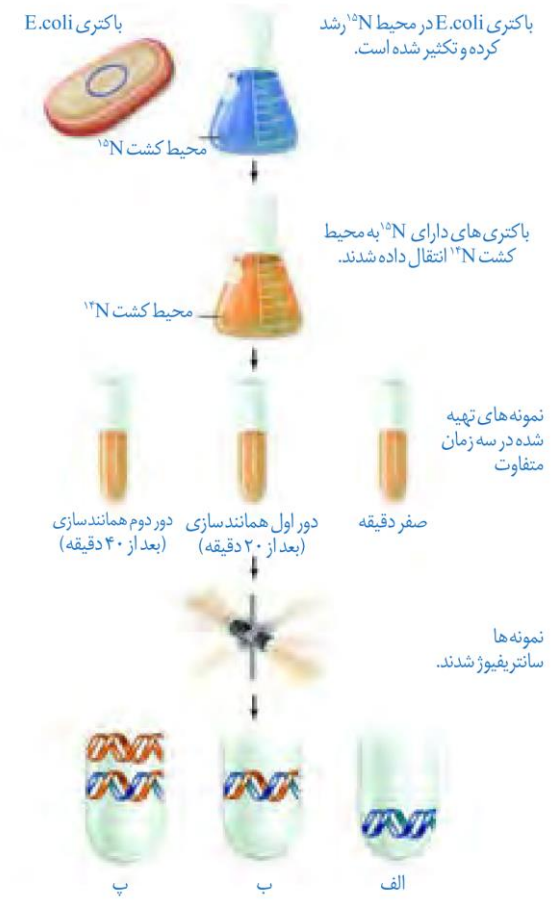
تست ۹: در ارتباط با آزمایش مزلسون و استال چند مورد صحیح است؟

* دناهای به‌دست آمده پس از ۲۰ دقیقه نسبت به دناهای صفر دقیقه، در دستگاه فراگریزانه حرکت کندتری دارند.
* بعد از ۲۰ دقیقه همانندسازی همهٔ دناها در دستگاه فراگریزانه سرعت حرکت برابری داشتند.
* همه دناهای به‌دست آمده پس از ۴۰ دقیقه در دستگاه فراگریزانه سرعت متفاوت با دناهای صفر دقیقه داشتند.
* نیمی از دناهای به‌دست آمده پس از ۴۰ دقیقه در دستگاه فراگریزانه سرعت مشابه با دناهای ۲۰ دقیقه داشتند.

۴(۱ ۱(۲ ۲(۳ ۳(۴

پاسخ:

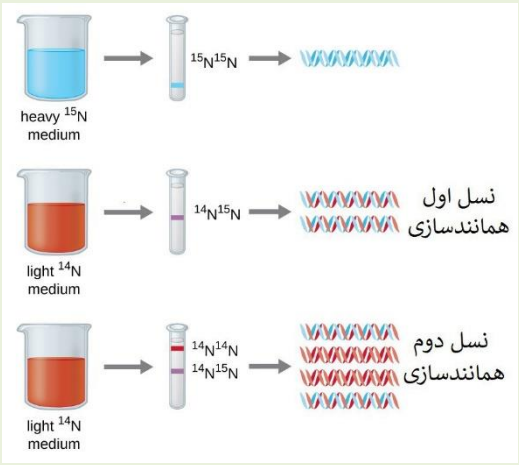
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .



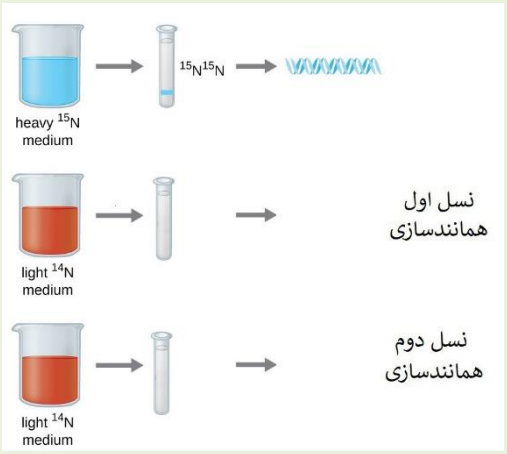
شکل ۱۰- آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به‌دست آمده:
الف) دِنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دِنای آن‌ها ^{15}N و چگالی سنگینی داشت.
ب) دِنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی ^{14}N (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن نواری در میانه لوله تشکیل دادند .پس دِنای آن‌ها چگالی متوسط داشت.
پ) دِنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی(بعد از ۴۰دقیقه) پس از گریز دادن دو نوار، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند. پس نیمی از آن‌ها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند .چرا؟

همان طور که مشاهده می‌کنید نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دِنا، نیمه حفاظتی است.
با مشخص شدن اینکه همانندسازی به‌صورت نیمه حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دِنا چگونه از یک‌دیگر باز می‌شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یک‌دیگر جدا می‌شوند و سپس

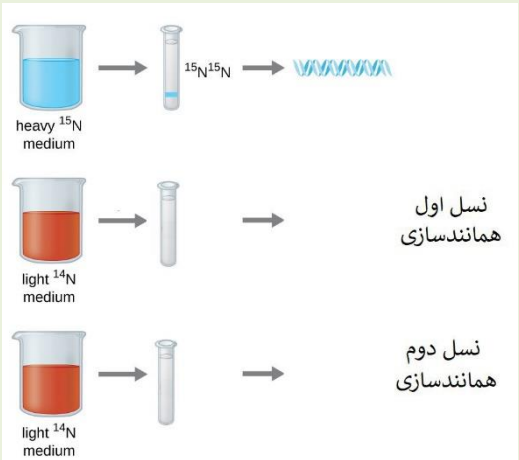
تمرین ۱۶: اگر شکل زیر نمونه آزمایش مزلسون و استال برای مدل نیمه حفاظت شده برای دنا باشد به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:



الف) اگر مدل همانندسازی با مدل پراکنده مطابقت داشت دناها چگونه و نوارها در کجا تشکیل می‌شوند؟



ب) اگر مدل همانندسازی با مدل حفاظت شده مطابقت داشت دناها چگونه و نوارها در کجا تشکیل می‌شوند؟



پاسخ:

همانندسازی انجام می‌شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود؟

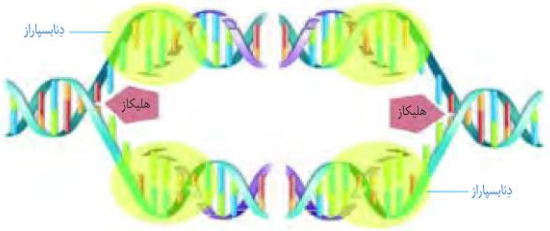
تحقیقات نشان داده است که در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم بازمی‌شوند. بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند.

عوامل و مراحل همانندسازی

در همانندسازی عوامل متعددی مؤثرند که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

- مولکول دِنا به عنوان الگو
- واحدهای سازندهٔ دِنا که بتوانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفاته هستند که در لحظهٔ اتصال به رشته پلی‌نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.
- آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها را به‌صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی استر به هم وصل می‌کند.

مراحل همانندسازی: قبل از همانندسازی دِنا باید پیچ وتاب دِنا باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. پس از آن، دو رشته الگو هم باید از هم باز شوند. آنزیم هلیکاز این کارها را انجام می‌دهد. این آنزیم ابتدا مارپیچ دِنا را باز می‌کند سپس دو رشته دِنا را در محلی از هم فاصله می‌دهد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- همانندسازی دِنا

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دِنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می‌کند؟

انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشته دِنا در مقابل رشته الگو ساخته شود.

یکی از مهم‌ترین آن‌ها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند دِنابسپاراز (**DNA** پلی‌مراز) است.

دوراهی همانندسازی: در محلی که دو رشتهٔ دِنا از هم جدا می شوند، دو ساختار **Y** مانندی به‌وجود می‌آید که به هر یک از آن‌ها دوراهی همانندسازی می‌گویند. در فاصلهٔ بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یک‌دیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دِنا بسپار از نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه می‌کند.

تست ۱۰: چند مورد به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در همانندسازی دنا شناخته می شود؟

- وجود نوکلئوتیدهای آزاد سه فسفاته در یاخته
- وجود دو رشته پلی نوکلئوتیدی به عنوان الگو
- وجود آنزیمی برای باز کردن دو رشته از هم
- وجود مولکولی که دستورالعمل‌های دنا را اجرا کند.

۱(۱ ۲(۲ ۳(۳ ۴(۴

پاسخ:

تمرین ۱۷: ترتیب مراحل همانندسازی را مشخص کنید:

الف) تشکیل پیوند فسفو دی‌استر

ب) گسیخته شدن پیوندهای هیدروژنی

پ) جفت شدن بازهای مکمل

ت) ناپدید شدن هسته‌تن

پاسخ:

تمرین ۱۸: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) در هر دو راهی همانندسازی (یک- دو) ..... آنزیم هلیکاز فعالیت دارد.

ب) در هر دو راهی همانندسازی (دو- چهار) .....آنزیم دنابسپاراز شرکت دارند.

پ) سر زنجیره در حال تشکیل به سمت دوراهی همانندسازی دارای (فسفات- هیدروکسیل) ..... است.

ت) دنابسپاراز با جدا کردن (یک- دو) ..... فسفات نوکلئوتید آزاد آن را به زنجیره متصل می‌کند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روی رشته الگو مکمل باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته به انتهای رشته پلی‌نوکلئوتید دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به‌صورت تک فسفاته به رشته متصل می‌شود (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- همانندسازی دِنا

فعالیت‌های آنزیم دِنابسپاراز:

همانندسازی دِنا با دقت زیادی انجام می‌شود؛ این دقت تاحدود زیادی مربوط به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگر چه آنزیم دِنابسپاراز نوکلئوتیدها را براساس رابطهٔ مکملی مقابل هم قرار می دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد؛ مثلاً اگر در مقابل **A** به‌جای **T**، **C** قرار گیرد، برای جلوگیری از این اشتباه آنزیم دِنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی استر، برمی گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطهٔ آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دِنا جدا کند. توانایی بریدن دِنا را فعالیت نوکلئازی گویند که در آن پیوند فسفودی استر می‌شکند. بنابراین آنزیم دِنابسپاراز هم فعالیت بسپارازی (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی استر را تشکیل می‌دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی استر را برای رفع اشتباه می‌شکند. فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود، ویرایش می‌گویند.

همانندسازی در پیش هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) و هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها)

در پیش‌هسته‌ای‌ها که شامل همهٔ باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراثتی آن‌ها در غشا محصور نشده و فام‌تن اصلی به‌صورت یک مولکول دِنای حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای پلاسمایی یاخته متصل است. پیش هسته‌ای‌ها علاوه بر دِنای اصلی ممکن است مولکول‌هایی از دِنای دیگر به نام دیسَک (پلازمید) در اختیار داشته باشند. اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر آنتی بیوتیک‌ها.

در هوهسته‌ای‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دِنا در هر فام‌تن به‌صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها

تمرین ۱۹: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) رشته جدید در حال تشکیل مقابل رشته الگو ۱ دنا، با رشته الگو ۲ دنا یکسان است.

ب) در همانندسازی تعداد پیوندهای هیدروژنی تشکیل شده دو برابر پیوندهای هیدروژن شکسته شده است.

پ) در محل دوراهی همانندسازی نوکلئوتیدهای یوراسیل‌دار حضور دارند.

ت) کل دقت همانندسازی به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها وابسته است.

پاسخ:

تست ۱۱: چند مورد در ارتباط با فعالیت آنزیم دنا بسپاراز نادرست است؟

- پس از هر فعالیت نوکلئازی برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتیدها را بررسی می‌کند.
- برای عمل ویرایش به همکاری هلیکاز نیاز دارد.
- می‌تواند مهم‌ترین پروتئین‌های فام‌تن‌ها را از آن دنا جدا کند.
- برای اضافه کردن **ATP** به زنجیره جدید ابتدا دو فسفاته آن را آزاد می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

هستند همراه آن قرار دارند. فام‌تن‌ها و بیش‌تر دِنا درون هسته قرار دارد که به آن دِنایِ هسته‌ای گفته می‌شود.

در هوهسته‌ای‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دِنا وجود دارد که به آن دِنای سیتوپلاسمی گفته می‌شود. این نوع از دِنا که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و سبزدیسه (کلروپلاست) دیده می‌شود.

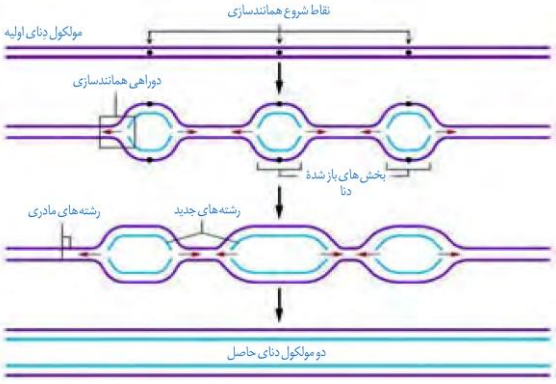
اغلب پیش هسته‌ای‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دِنای خود دارند. این نقطه در بخش خاصی از دِنا قرار دارد، در این جایگاه دو رشته دِنا از هم باز می‌شوند. پژوهش‌ها نشان داده است همانندسازی دو جهتی در باکتری‌ها هم وجود دارد یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- همانندسازی دو جهتی دِنا در پیش‌هسته‌ای‌ها با یک نقطهٔ آغاز

همانندسازی در هوهسته‌ای‌ها بسیار پیچیده‌تر از پیش‌هسته‌ای‌ها است. علت این مسئله وجود مقدار زیاد دِنا و قرار داشتن در چندین فام‌تن است که هر کدام از آن‌ها چندین برابر دِنای باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام‌تن داشته باشند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است.

به همین علت در هو هسته‌ای‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام تن انجام می‌شود.

تعداد نقطه‌های آغاز همانندسازی در هوهسته‌ای‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در ابتدای تقسیمات یاخته‌ای تعداد جایگاه آغاز همانندسازی کم‌تر و هنگامی که سرعت تقسیم یاخته زیاد می‌شود تعداد جایگاه آغاز همانندسازی نیز افزایش می‌یابد. پس از آن اگر سرعت تقسیم بخواهد کاهش یابد تعداد جایگاه آغاز هم کاهش می‌یابد؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و تعداد نقاط آغاز مورد استفاده هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز کم می‌شوند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- همانندسازی در هوهسته‌ای‌ها

تمرین ۲۰: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف- در **E.Coli**، فام‌تن اصلی به ساختاری با تراوایی نسبی در تماس است.

ب- اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها فقط یک جایگاه همانندسازی دارند.

پ- برخلاف همانندسازی دناهای هسته، در پیش هسته ای ها دو راهی‌ها همانندسازی ایجاد شده در یک جایگاه آغاز، به هم می‌رسند.

ت- هر اندامک دارای دنا حلقوی در یوکاریوت‌ها، توانایی تولید آدنوزین تری فسفات را دارد.

پاسخ:

تمرین ۲۱: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک در باکتری‌ها بر روی (فام‌تن اصلی- دیسک) ..... قرار دارد.

ب) در تارهای ماهیچه‌ای تند نسبت ماهیچه‌های کند، تعداد دناهای حلقوی (کم‌تر- بیش‌تر) ..... است.

پ) تنوع اندامک‌های دارای دنا حلقوی در یاخته‌های نگهبان روزنه (کم‌تر- بیش‌تر) .....از یاخته‌های پارانشیم خورش است.

ت) در هوهسته‌ای‌ها سرعت همانندسازی در بخش‌های باز شده بر روی یک مولکول دنا الزاماً یکسان (است- نیست) .....

پاسخ:

تست ۱۲: کدام عبارت نادرست است؟

۱) تعداد نقطه آغاز همانندسازی در یاخته‌های ترشح‌کننده **HCG** زیاد است.

۲) تعداد نقطه همانندسازی در یاخته‌های ملانوما همانند لیپوما زیاد است.

۳) با تزریق واکسن تعداد نقاط اغاز همانندسازی یاخته‌های پادتن‌ساز زیاد می‌شود.

۴) یاخته G_0 ممکن است از نقطهٔ آغاز همانندسازی خود استفاده کند.

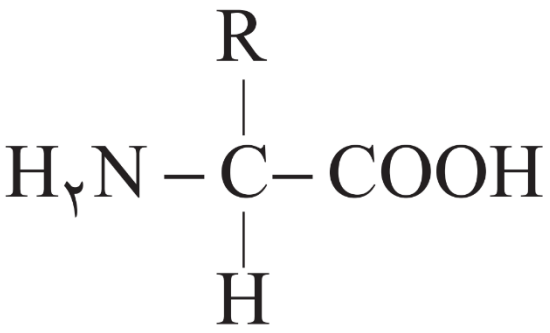
پاسخ:

گفتار ۳: پروتئین‌ها

علاوه بر دِنا و رِنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند مولکول‌های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند. از جملهٔ این مولکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند.

ساختار آمینواسیدها

پروتئین‌ها بَسپارهای خطی از آمینواسیدها هستند. نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن‌ها را مشخص می کند. آمینواسیدها همان طور که از نامشان برمی‌آید یک گروه آمین $(-NH_2)$ و یک گروه اسیدی کربوکسیل $(-COOH)$ دارند. همان طور که در شکل می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.



شکل ۱۵- ساختار عمومی یک آمینواسید

هر آمینواسید می‌تواند در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد و تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R بستگی دارد.

پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یک‌دیگر متصل می‌کند

هنگامی که آمینواسیدی در محیط آبی (یاخته) قرار می‌گیرد، گروه آمین بارمثبت (+) و گروه کربوکسیل بار منفی (-) به خود می‌گیرد. این دو گروه در آمینواسیدهای مختلف می‌توانند به همدیگر نزدیک شوند و با حضور آنزیم واکنش سنتزآبدهی را انجام دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب، یک آمینواسید با آمینواسید یا رشتهٔ آمینواسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را پیوند پپتیدی می‌گویند. شکل ۱۶ الگوی ساده‌ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می‌دهد.

تست ۱۳: چند مورد صحیح است؟

- در ساختار هیچ آمینواسیدی ممکن نیست R با هیچ یک از گروه‌های ساختار عمومی شبیه باشد.
- گروهی که ویژگی منحصر به فرد هر آمینواسید را تعیین می‌کند ممکن نیست در تشکیل پیوند پپتیدی شرکت داشته باشد.
- در ساختار عمومی آمینواسیدها به غیر از R، تعداد کربن با تعداد اکسیژن برابر است.
- در بدن هر انسان سالم، ۱۲ آمینواسید ساخته می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

تمرین ۲۲: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

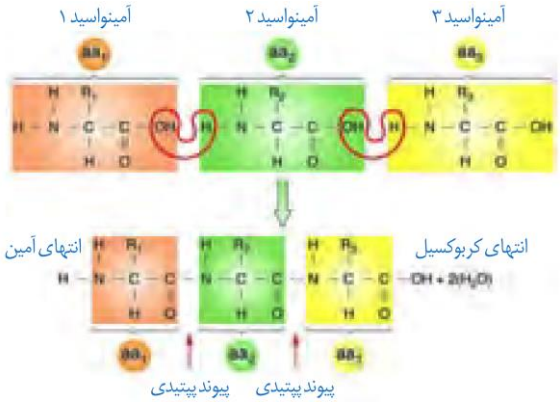
الف) پیوند فسفو دی‌استر (همانند- برخلاف) ..... پیوندهای پپتیدی نوعی پیوند اشتراکی است.

ب) هر گاه تیروزین در میان یاخته قرار می‌گیرد گروه (کربوکسیل- آمین) ..... آن بار مثبت به خود می‌گیرد.

پ) ساختار اکسی‌توسین (همانند- برخلاف) ..... عمل اکسی‌توسین به ترتیب آمینواسید بستگی دارد.

ت) برای تشکیل یک زنجیره پلی‌پپتیدی با همه انواع آمینواسیدهای طبیعی حداقل (۱۹-۲۰) ..... مولکول آب خارج می‌شود.

پاسخ:



شکل ۱۶- تشکیل پیوند پپتیدی

وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام پلی‌پپتید تشکیل می‌شود. پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند.

هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آن‌ها را شناسایی می‌کنند. اگر چه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آن‌ها در ساختار پروتئین‌ها به‌کار می‌روند. از این ۲۰ نوع، ۸ مورد آن‌ها را در انسان بالغ ضروری (اساسی) می دانند؛ یعنی بدن انسان نمی‌تواند آن‌ها را بسازد؛ بنابراین باید این آمینواسیدها را به همراه مواد غذایی دریافت کند.

سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند. یکی از راه‌های پی بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است. با استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر، محققین به ساختار سه بعدی پروتئین‌ها پی می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.

اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. آیا به یاد می‌آورید میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد؟ این پروتئین از یک رشتهٔ پلی‌پپتید تشکیل شده است.

ساختار پروتئین‌ها در چهار سطح بررسی می‌شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است(شکل ۱۷).

تمرین ۲۳: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- اگر شکل زیر مربوط به یک زنجیره پلی‌نوکلئوتیدی باشد، نوکلئوتید آزاد به کدام سر زنجیره اضافه می‌شود؟

(الف) P----------OH(ب

۲- اگر شکل زیر مربوط به یک زنجیره پلی‌پپتیدی باشد، آمینواسید جدید به کدام سر زنجیره اضافه می‌شود؟

الف) COOH----------NH۲(ب

پاسخ:

تمرین ۲۴: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) **H** مولکول آب خارج شده به عامل (کربوکسیل- آمینی) ..... آمینواسید شماره (۱۵- ۱۴) ..... بوده است.

ب) **OH** مولکول آب خارج شده مربوط به عامل (کربوکسیل- آمین) ..... آمینواسید شماره (۱۴-۱۵) .....بوده است.

پاسخ:

تست ۱۳: برای شناسایی ترتیب خاص آمینواسیدهای میوگلوبین از روش‌های ..... استفاده می‌شود و برای این کار پیوندهای پپتیدی ..... می‌شوند.

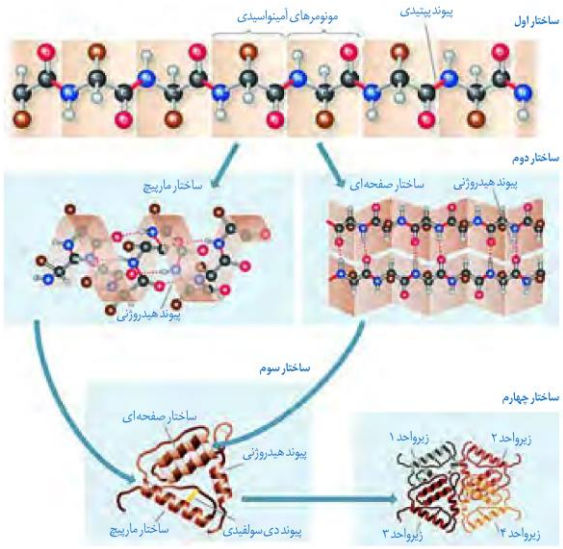
۱) شیمیایی- آب‌کافت

۲) پرتو ایکس- آب‌کافت

۳) شیمیایی- سنتز آبدهی

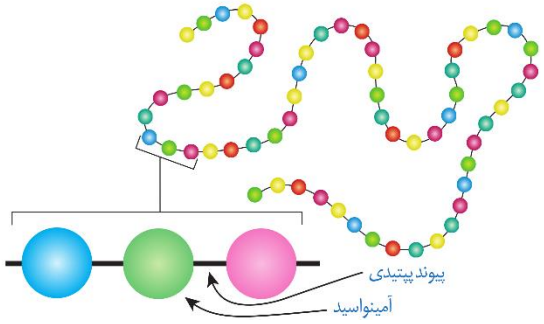
۴) پرتو ایکس- سنتز آبدهی

پاسخ:



شکل ۱۷- ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.

ساختار اول پروتئین- توالی آمینواسیدها: ترتیب قرار گرفتن آمینواسیدها به‌صورت خطی، ساختار اول پروتئین‌ها را مشخص می‌کند، نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، در ساختار اول هر پروتئین مطرح است. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پپتیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می‌شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید و این‌که محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل می‌توانند بسیار متنوع باشند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند (شکل۱۸).



شکل ۱۸- ساختار اول پروتئین‌ها

ساختار دوم- الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی: بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود. این پیوندها منشأ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها

تمرین ۲۵: در ارتباط با ساختار اول پروتئین‌ها درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف) همه پیوندهای آن از نوع اشتراکی است.

ب) برای تشکیل این ساختار گروه **R** آمینواسید هیچ دخالتی ندارد.

پ) این ساختار توسط توالی نوکلئوتیدی ژن تعیین می‌شود.

ت) در این ساختار دو نوع آمینواسید می‌توانند تکرار یکسانی داشته باشند.

پاسخ:

تست ۱۴: چند مورد جملهٔ زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

در ارتباط با ساختار اول پروتئین‌ها .....

- هیچ محدودیتی در توالی آمینواسیدها وجود ندارد.
- هر تغییری موجب تغییر فعالیت آن می‌شود.
- سه نوع رنا فعالیت داشته‌اند.
- توالی آمینواسیدها اهمیت دارد چرا که سطح چهارم همه پروتئین‌ها به آن وابسته است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

تمرین ۲۶: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف)در پروتئین دارای ساختار اول، همانند پروتئین ساختار دوم، پیوند پپتیدی وجود دارد.

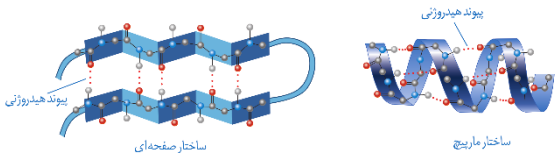
ب) ساختار دوم پروتئین همانند ساختار اول پروتئین از طریق پیوند پپتیدی ایجاد می شود.

پ) برای ایجاد ساختار دوم پیوند بین گروه‌های **R** آمینواسیدها ضروری است.

ت) پیوندی که منشأ ساختار دوم میوگلوبین می‌شود ممکن نیست در بین نوکلئوتیدهای یک زنجیره اسید نوکلئیک تشکیل شود.

پاسخ:

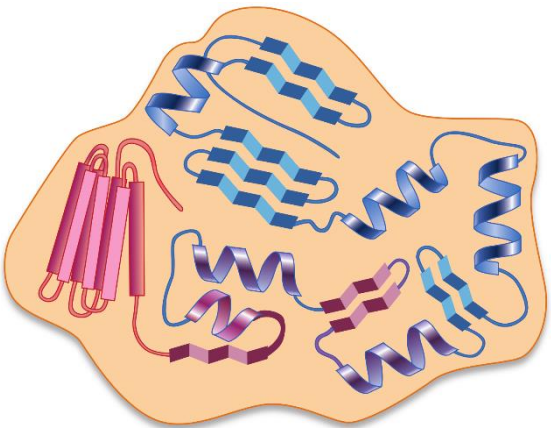
هستند که به دو صورت مارپیچ و صفحه‌ای دیده می‌شوند. ساختار نهایی بعضی از پروتئین‌ها می‌تواند همین ساختار دوم باشد. منافذ غشایی، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار صفحه‌ای هستند که در کنار هم منظم شده‌اند. در هموگلوبین زنجیره‌های پپتیدی مارپیچی با همکاری همدیگر مولکول هموگلوبین را می‌سازند که هر کدامشان خصوصیات ساختار دوم را دارند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- ساختار دوم پروتئین‌ها وجود پیوندهای هیدروژنی بین بخش‌های مختلف زنجیره این ساختارها را به وجود می آورد.

ساختار سوم- تاخورده و متصل به هم: ساختار سوم، ساختار سه بعدی پروتئین‌هاست که در آن با تاخوردگی بیش‌تر صفحات و مارپیچ‌های ساختار دوم به شکل کروی در می‌آیند. تشکیل این ساختار در اثر پیوندهای آب‌گریز است؛ به این صورت که گروه‌های R آمینواسیدهایی که آب‌گریزند، به یک‌دیگر نزدیک می‌شوند تا در معرض آب نباشند. سپس با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم پروتئین تثبیت می‌شود. مجموعهٔ این نیروها قسمت‌های مختلف پروتئین را به‌صورت به هم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند. بنابراین با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند. ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید هم می‌تواند ساختار و عملکرد آن‌ها را به شدت تغییر دهد.

شکل ۲۰ نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار سوم، میوگلوبین است.



شکل ۲۰- ساختار سوم پروتئین‌ها

تمرین ۲۷: جملات زیر را با کلمات داخل پرانتز کامل کنید:

الف) ساختار نهایی آکواپورین با کانال نشتی سدیمی (مشابه- متفاوت) ..... است.

ب) برای ساختار صفحه‌ای حداکثر (یک- دو) ..... زنجیره پلی‌پپتیدی شرکت دارد.

پ) یک زنجیره پلی‌پپتیدی (می‌تواند- نمی‌تواند) ..... همزمان هر دو ساختار مارپیچی و صفحه‌ای را داشته باشد.

ت) هر نوع آمینواسیدی در پروتئینی با ساختار اول (همانند- برخلاف) ..... پروتئینی با ساختار دوم حداکثر توانایی تشکیل (یک- دو) ..... پیوند پپتیدی را دارد.

پاسخ:

تمرین ۲۸: موارد ستون «الف» را با ستون «ب» ارتباط دهید.

ساختار پروتئین	شکل پروتئین
۱) اول	**a)** تاخورده و متصل به هم
۲) دوم	**b)** آرایش زیرواحدها
۳) سوم	**c)** الگوهای از پیوند هیدروژنی
۴) چهارم	**d)** توالی آمینواسیدها

پاسخ:

تمرین ۲۹: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف) شکل سه بعدی پروتئین همانند شکل صفحه‌ای دارای پیوندهای هیدروژنی است.

ب) هر پروتئین دارای شکل سه بعدی دارای آمینواسیدهای با گروه‌های R آب‌گریز است.

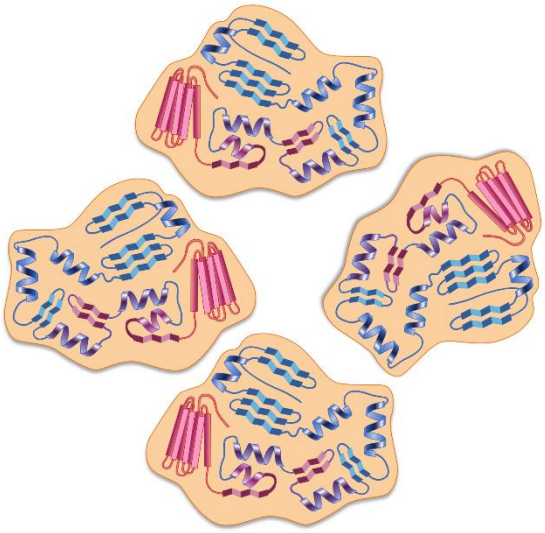
پ) برای ایجاد شکل کروی در پروتئین‌ها لازم است تاخوردگی‌ها و مارپیچ‌های ساختار دوم بیش‌تر شود.

ت) ثبات نسبی میوگلوبین از آکواپورین بیش‌تر است.

پاسخ:

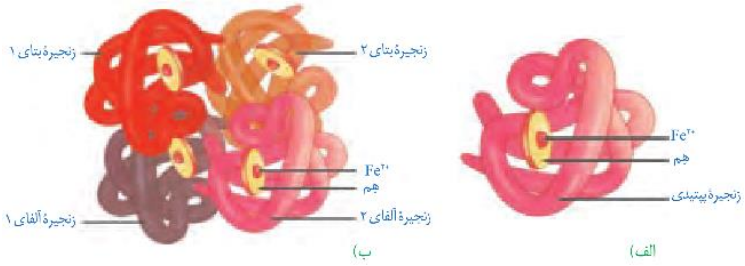
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

ساختار چهارم- آرایش زیر واحدها: بعضی از پروتئین‌ها ساختار چهارم دارند، این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پپتید در کنار یک‌دیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هر یک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل‌گیری پروتئین دارند. نحوهٔ آرایش این زیر واحدها در کنار هم ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- ساختار چهارم پروتئین‌ها

هموگلوبین چهار زنجیره از دو نوع متفاوت دارد. هر زنجیره، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند. در ساختار دوم به شکل مارپیچ در می‌آیند. در ساختار سوم هر یک از زنجیره‌ها به‌صورت یک زیر واحد تاخورده و شکل خاصی پیدا می‌کنند. در نهایت در ساختار چهارم این چهار زیر واحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند. برای پروتئین‌هایی که فقط یک زنجیره پلی‌پپتید دارند ساختار نهایی می‌تواند ساختار دوم یا سوم باشد، مثل میوگلوبین که ساختار نهایی آن سوم است (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- الف) میوگلوبین با ساختارسوم
ب) هموگلوبین با ساختار چهارم

فعالیت ۱: با استفاده از دو یا چند مفتول فلزی ساختار دوم، سوم و چهارم پروتئین‌ها را مدل‌سازی کنید.

تست ۱۵: چند مورد در ارتباط با پروتئینی با ساختار سوم صحیح است؟

- هر نوع تغییر در ساختار و عمل آن وابسته به تغییر در ساختار اول است.
- برای پیدایش آن حداقل یک زنجیره پلی‌پپتیدی شرکت دارد.
- یک آمینو اسید در ساختار خطی می‌تواند با یک آمینواسید در ساختار مارپیچی پیوند دی‌سولفید تشکیل دهد.
- بخش‌های صفحه‌ای آن می‌تواند سه رشته‌ای یا دو رشته‌ای به نظر برسند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

تست ۱۶: چند مورد جملهٔ زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

پروتئینی با ساختار سوم نسبت به پروتئینی با ساختار دوم می‌تواند از نظر ..... تفاوت داشته باشد.

- داشتن پیوند هیدروژنی
- نوع پیوند کووالانسی
- داشتن پیوند یونی
- تعداد زنجیره پلی‌پپتیدی

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

تست ۱۷: هر زنجیره هموگلوبین ..... زنجیره میوگلوبین دارای ..... است.

۱) برخلاف – ساختار چهارم ۲) همانند – Fe^{3+}
۳) برخلاف – Fe^{2+} ۴) همانند – آمینواسید آبگریز

نقش پروتئین‌ها

پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند.

پروتئین‌ها در فرایندها و فعالیت‌های متفاوتی شرکت دارند از جمله فعالیت آنزیمی که در آن به‌صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به‌صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند و میکروب‌های خارجی، یاخته‌های سرطانی یا مولکول‌های دیگر را تشخیص می‌دهند. گلوبولین‌های دفاعی هم که پادتن‌ها را می‌سازند مثالی از این نوع پروتئین هستند. برخی پروتئین‌ها مثل هموگلوبین گازهای تنفسی را در خون منتقل می‌کنند. پمپ سدیم- پتاسیم نیز که با آن آشنا هستید پروتئینی است که در ساختار غشا شرکت دارد. این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابه جا می‌کند و فعالیت آنزیمی هم دارد. آیا محل‌های فعالیت و نقش آنزیمی این پمپ را به یاد دارید؟

پروتئین‌هایی مثل فیبرین و کلاژن در بافت‌های پیوندی از بخش‌های مختلف بدن حفاظت می‌کنند. زردپی، رباط، استخوان و پوست مقدار فراوانی از پروتئین کلاژن دارند.

انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یک‌دیگر یعنی اکتین و میوزین است. از دیگر پروتئین‌ها می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد. بیش‌تر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند. همچنین پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها که بعداً با آن‌ها آشنا خواهید شد، نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

آنزیم‌ها

واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال‌سازی گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت‌وساز مطرح می‌شوند همین طور هستند. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد. همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود.

تست ۱۸: چند مورد صحیح است؟

- هر عاملی که در تنظیم بیان ژن دخالت دارد از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی جزو متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی‌اند.
- حاصل تأثیر ترومبین بر فیبرینوژن، پیدایش پروتئینی است که در حفاظت از بدن نقش دارد.
- هر پیک شیمیایی دوربردی، حداقل دارای ساختار دوم پروتئین‌هاست.
- پروتئین‌هایی که سبب افزایش فاگوسیتوز ماکروفاژ می‌شوند، می‌توانند از گروه گلوبولین‌ها باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

تمرین ۳۰: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید:

الف) زردپی‌ها (همانند- برخلاف) ..... پوست مقداری فراوانی کلاژن دارند.

ب) (بیش‌تر- بعضی) ..... هورمون‌ها پروتئین هستند.

پ) پمپ سدیم- پتاسیم (برخلاف- همانند) ..... فاکتور داخلی معده جزو کاتالیزورهای زیستی است.

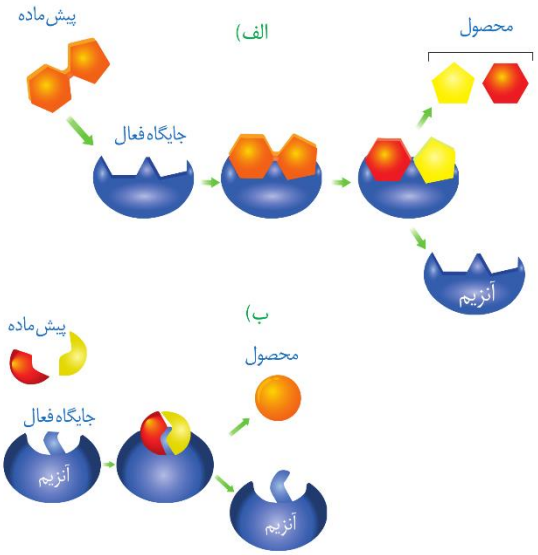
ت) هلیکاز انرژی فعال‌سازی را (کاهش- افزایش) ..... می‌دهد.

پاسخ:

آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند. البته گروهی از آنزیم‌هایی مثل پمپ سدیم- پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

ساختار آنزیم‌ها

بیش‌تر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال** دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که **پیش‌ماده** در آن قرار می‌گیرد. ترکیباتی که آنزیم روی آن‌ها عمل می‌کند، پیش ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، فراورده یا محصول خوانده می‌شوند (شکل ۲۳).



شکل۲۳- طرز عمل آنزیم در واکنش‌های الف) سوخت و سازی تجزیه، ب) ترکیب

بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند که به این مواد کوآنزیم (کمک کننده به آنزیم) گفته می‌شود. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.

عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

هر آنزیم روی یک یا چند پیش‌ماده خاص مؤثر است. بنابراین گفته می‌شود که آنزیم‌ها عمل اختصاصی دارند. شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یک‌دیگرند.

اگر چه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آن‌ها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند.

تمرین ۳۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) هر کاتالیزور زیستی درون یاخته فعالیت می‌کند.

ب) هر آنزیمی انرژی فعال‌سازی درون میان‌یاخته را کاهش می‌دهد.

پ) بدون آنزیم‌ها، سوخت و ساز یاخته‌ها در بدن قطعاً کاهش می‌یابد.

ت) آنزیم پروترومبیناز همانند لیپاز صفرا، در خارج یاخته عمل می‌کند.

پاسخ:

تمرین ۳۲: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید:

الف) (بیش‌تر- بعضی) ..... آنزیم‌ها پروتئینی است و (بعضی- بیش‌تر) ..... آنزیم به کوآنزیم نیاز دارند.

ب)

پ) کوآنزیم‌ها همگی (همانند آنزیم نوعی ماده آلی- کمک‌کننده به آنزیم) ..... هستند.

ت) بخش اختصاصی هر آنزیمی (مکمل- مشابه) .....پیش‌ماده است.

پاسخ:

تمرین ۳۳: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) هر آنزیمی روی یک پیش‌ماده خاص مؤثر است.

ب) هر آنزیمی فقط یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشد.

پ) سیانید همانند آرسنیک می‌تواند به بخش اختصاصی هر آنزیم متصل شود.

ت) بعضی کوآنزیم‌ها از طریق انتقال فعال جذب روده می‌شوند.

پاسخ:

آیا می‌توانید مثالی از این نوع آنزیم‌ها بیاورید؟

آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می‌کنند امّا در پایان واکنش‌ها دست نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آن‌ها استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آن‌ها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.

pH محیط: pH بیش‌تر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است مثلاً pH خون حدود ۷/۴ است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد.

هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند؛ مثلاً pH بهینه پپسین که از یاخته‌های معده ترشح می‌شود حدود ۲ است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بهینه حدود ۸ دارند. تغییر pH با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

دما: آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیر طبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیرفعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می توانند به حالت فعال برگردند.

فعالیت ۲: الف) گفته می‌شود تب بالا خطرناک است، بین این مسئله و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی می‌بینید؟

ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟

غلظت آنزیم و پیش‌ماده: مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فراورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

تمرین ۳۴: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) در(همه- بیش‌تر) ..... واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران، کاتالیزورهای زیستی دخالت دارند.

ب) یاخته‌ها به مقدار (کم- زیاد) ..... به آنزیم‌ها نیاز دارند چون (به‌طور پیوسته آن‌ها را تولید می‌کنند- در پایان واکنش‌ها دست نخورده باقی می‌ماند) ..... .

پ) لیزوزیم (همانند- برخلاف) ..... میوزین نقش آنزیمی دارد.

ت) عامل حفاظتی ویتامین B_{12} در pH (۸-۲) ..... می‌تواند فعالیت کند.

پاسخ:

تمرین ۳۵: منحنی فعالیت هر یک از آنزیم‌های پپسین، تریپسین و پروترومبیناز با توجه به تغییر pH رسم کنید:

پاسخ:

تمرین ۳۶: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) افزایش مقدار آنزیم همواره سرعت واکنش را زیاد می‌کند.

ب) افزایش غلظت پیش‌ماده همواره سرعت واکنش را زیاد می‌کند.

پ) آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما می‌توانند به حالت فعال برگردند.

ت) هر آنزیمی که در اثر دما به‌طور برگشت‌ناپذیری غیرفعال می‌شوند شکل فضایی پروتئینی خود را از دست داده‌اند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

جریان اطلاعات در یاخته

تصویر بالا دو گویچه قرمز را نشان می‌دهد. گویچهٔ سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارثی به نام کم خونی داسی شکل است. علت این بیماری نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین حاصل از آن دچار تغییر شود که نتیجه آن تغییر شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل است. این تغییر ژنی، بسیار جزئی است و در آن تنها یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است. همچنین این بیماری به نوعی، رابطهٔ بین ژن و پروتئین را نشان می‌دهد. به نظر شما اطلاعات ژن‌ها چگونه در یاخته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ آیا این اطلاعات در سایر یاخته‌ها نیز وجود دارد؟ چرا بعضی ژن‌ها مانند ژن سازنده هموگلوبین فقط در گویچه‌های قرمز بروز می‌کنند و مثلاً در یاخته‌های بافت پوششی پوست بروز نمی‌کنند؟ این موارد نمونهٔ پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آن‌ها پاسخ داده می‌شود.

گفتار ۱: رونویسی

در فصل گذشته دیدید که واحد سازندهٔ مولکول دنا، نوکلئوتید است ولی پلی‌پپتیدها از آمینواسید تشکیل شده‌اند. چون دستورالعمل ساخت پلی‌پپتیدها در مولکول دنا قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای ژن و آمینواسیدهای پلی‌پپتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلی‌پپتید را تعیین می‌کند؟

آموختید که، در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند.

درحالی که، پلی‌پپتیدها از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده‌اند. پس از پژوهش‌هایی مشخص شد که هر توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا، بیانگر نوعی آمینواسید است. با ۴ نوع نوکلئوتید به‌کار رفته در دنا، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود، که می‌توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند.

نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می‌دانید که پلی‌پپتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رناتن‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. در یاخته‌های دارای هسته، چون رِناتَن‌ها درون هسته حضور ندارند، فرایند ساخت پلی‌پپتید در آن انجام نمی‌شود. با توجه به این‌که اطلاعات دنا برای ساخت پلی‌پپتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی‌شود این سؤال پیش می آید

تمرین ۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) ژن سازندهٔ هموگلوبین فقط در گویچه‌های قرمز وجود دارد.

ب) در بیماری کم‌خونی داسی شکل پروتئین تغییر شکل‌یافته است که با یون هیدروژن ترکیب می‌شود.

پ) در کم‌خونی داسی شکل پروتئینی تغییر شکل‌یافته است که هر زنجیره پلی‌پپتیدی آن می‌تواند حداکثر تا ساختار سوم پروتئین برسد.

ت) در کم‌خونی داسی شکل یک تغییر بسیار جزئی در ژن رخ داده است.

ث) در کم‌خونی داسی‌شکل قطعاً یک نوکلئوتید پورین‌دار و یک نوکلئوتید پیریمیدین‌دار تغییر یافته‌اند.

پاسخ:

تمرین ۲: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید:

الف) رمز آمینواسیدها بیش از (۴-۲) ..... برابر انواع آمینواسیدها می‌باشد.

ب) تفاوت رمزهای ژنتیکی قطعاً در (نوع بازهای آلی- تعداد بازهای آلی- نوع، تعداد و ترتیب بازهای آلی- نوع و ترتیب بازهای آلی) ..... است.

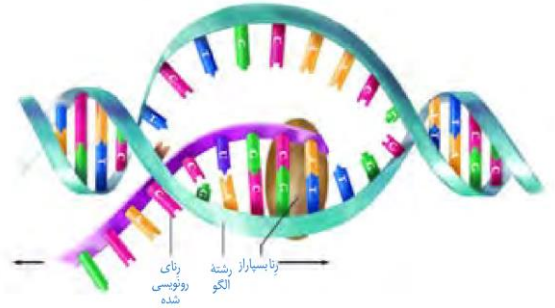
پ) برای آمینواسیدهای اساسی بدن (هیچ- حداقل هشت- حداکثر هشت) ..... توالی ۳ تایی از نوکلئوتیدهای دنا نقش (دارند- ندارند) .....

ت) محلی که (کروماتین- دیسک) ..... وجود دارد رناتن حضور ندارد.

پاسخ:

که دستورات ساخت پلی‌پپتید چگونه به بیرون هسته منتقل می شود؟

پاسخ در مولکول رنا است. همان‌طور که دیدید انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی نقش دارند. این رناها از روی مولکول دنا ساخته می‌شوند. به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از یک رشته دنا، رونویسی گفته می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند. برخلاف همانندسازی که در هر چرخهٔ یاخته‌ای یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود. آیا می توانید تفاوت‌های دیگری برای این دو فرایند بیان کنید؟

آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می‌کنند

در یاخته انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی رِنابسپاراز نام‌گذاری می‌کنند.

در پیش‌هسته‌ای‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفهٔ ساخت انواع رنا را بر عهده دارد. در هوهسته‌ای‌ها، انواعی از رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند؛ مثلاً رنای پیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط رنابسپاراز ۳ و رنای رِناتَنی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می شود.

مراحل رونویسی

رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحلهٔ آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند. در این مراحل، آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می‌دهد.

مرحله آغاز: در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می شود و دو رشتهٔ آن را از هم باز می‌کند. به نظر شما برای باز شدن دو رشته کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای این‌که

تست ۱: در چرخهٔ یاخته‌ای یاخته سرلادی، در نوعی فرآیند که در مرحله S رخ می‌دهد ..... فرآیند رونویسی .....

۱) همانند- مقابل نوکلئوتید تیمین‌دار رشتهٔ الگو، نوکلئوتید آدنین دار قرار می‌گیرد.

۲) برخلاف- رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید توسط هلیکاز از رشتهٔ الگو جدا می‌شود.

۳) همانند- آنزیم سازندهٔ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید توانایی ویرایش دارد.

۴) برخلاف- ریبونوکلئوتیدها توسط **DNA** پلیمراز به هم می پیوندند.

پاسخ:

تست ۲: کدام عبارت جمله زیر را به نادرستی تکمیل می کند؟

« ریبونوکلئیک اسیدهای .....»

۱) ساخته شده توسط رنا بسپاراز ۳، در یک انتهای خود دارای توالی یکسانی‌اند.

۲) ساخته شده توسط رنا بسپاراز ، در یک انتهای خود دارای توالی یکسانی‌اند.

۳) شرکت‌کننده در ساختار هر رناتنی، توسط رنا بسپاراز ساخته می‌شوند.

۴) دارای رونوشت اینترون، قبل از جداشدن رنا بسپاراز ۲ از رشته الگو از آنزیم جدا می‌شوند.

پاسخ:

تست ۳: کدام مورد بین مراحل دوم و سوم رونویسی از یک ژن E.Coli مشترک است؟

الف- تشکیل پیوند هیدروژنی

ب- شکسته شدن پیوند هیدروژنی

ج- تشکیل پیوند فسفودی استر

۱) فقط ب ۲) الف و ج

۳) الف و ب ۴) هیچکدام

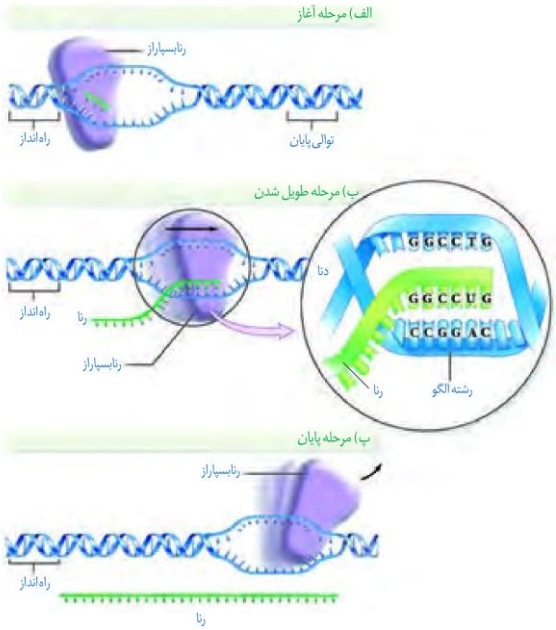
پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می‌کند. به این توالی‌ها، راه‌انداز گفته می‌شود. راه‌انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین نوکلئوتید مناسب را به‌طور دقیق پیدا و رونویسی را از آن‌جا آغاز کند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲- الف). نحوهٔ عمل رنابسپاراز به این صورت است که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می‌کند. در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیل‌دار رنا به‌عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین دار دنا قرار می‌گیرد.

مرحله طویل شدن: در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجهٔ آن، رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و دو رشتهٔ دنا مجدداً به هم می‌پیوندند. بنابراین در محل رونویسی و نواحی مجاور آن‌ها حالتی شبیه حباب ایجاد می‌شود که به سوی انتهای ژن پیش می‌رود (شکل ۲- ب).

مرحله پایان: در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز می‌شوند. در این محل‌ها، آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشتهٔ دنا به هم متصل می شوند. (شکل ۳- پ).



شکل ۲- مراحل مختلف رونویسی

تست ۴: کدام عبارت در مورد استرپتوکوکوس نومونیا نادرست است؟ **(سراسری ۹۳)**

«در مرحلهٔ ..... »

۱) آغاز رونویسی، آنزیم رونویسی‌کننده، نوکلئوتید مناسبی را برای جایگاه آغاز انتخاب می‌کند.

۲) آغاز رونویسی، پیوند بین بازهای آلی دو رشتهٔ الگو و غیرالگوی، گسسته می‌شود.

۳) طویل شدن همانند مرحله پایان پیوند هیدروژنی بین رشته الگو و رنا شکسته می‌شود.

۴) پایان رونویسی همانند مرحله آغاز پیوند هیدروژنی بین رشته الگو و رمز گذار شکسته تشکیل می‌شود.

پاسخ:

تست ۵: در فرایند رونویسی به‌طور معمول امکان ندارد .....

۱) هر یک از واحدهای سازندهٔ ژن به‌عنوان الگو مورد استفاده قرار نگیرد.

۲) مقابل ریبونوکلئوتید آدنین‌دار در رشتهٔ الگو، ریبونوکلئوتید یوراسل‌دار قرار گیرد.

۳) در منطقه‌ای نزدیک به راه‌انداز ژن، پیچ و تاب **DNA** باز و دو رشته از هم جدا شوند.

۴) در محل ژن، یکی از رشته‌های **DNA** به‌عنوان الگو عمل کند و رشتهٔ دیگر **DNA** استفاده نشود.

پاسخ:

تست ۶: اگر در رشتهٔ الگو **DNA**، نوکلئوتید گوانین‌دار باشد، .....

۱) در طی رونویسی نوکلئوتیدی پورین‌دار با همان نوع قند استفاده می‌شود.

۲) در طی رونویسی نوکلئوتیدی پیریمیدین‌دار با قندی متفاوت استفاده می‌شود.

۳) در طی همانندسازی نوکلئوتیدی پورین‌دار با همان نوع قند استفاده می‌شود.

۴) در طی همانندسازی نوکلئوتیدی پیریمیدین‌دار با قندی متفاوت استفاده می‌شود.

پاسخ:

فقط یکی از دو رشتهٔ دنا در هر ژن رونویسی می‌شود

همان طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنای دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی هر دو رشته یک ژن انجام نمی‌شود. به نظر شما اگر از روی دو رشتهٔ یک ژن رونویسی انجام می‌شد، محصولات این دو رشتهٔ مکمل نسبت به هم چگونه می‌شدند؟ مسلماً رنا و پلی‌پپتید ساخته شده از روی دو رشتهٔ مکمل دنا بسیار متفاوت می‌شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته رونویسی می‌شود.

به بخشی از رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است رشته الگو می‌گویند (شکل ۲- الف). به رشته مکمل همین بخش در مولکول دنا، رشته رمزگذار گفته می‌شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنایی است که از روی رشته الگوی آن ساخته می‌شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوت‌هایی می‌تواند داشته باشد؟ پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به جای نوکلئوتید تیمین‌دار در دنا، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در رنا قرار دارد.

رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن مجاور خود یکسان یا متفاوت باشد. همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید رشته دنای مورد رونویسی برای سه ژن نشان داده شده یکسان نیست.

شکل ۳- همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می‌شود.

رناهای ساخته شده دچار تغییر می‌شوند

در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافتند که در یاخته‌های یوکاریوتی، رنای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد. بعدها مشخص شد که این تغییرات در بسیاری از رناها انجام می‌شود و این مولکول‌ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می‌شوند.

تغییرات رنای پیک

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. یکی از تغییراتی که در یوکاریوت‌ها و پس از رونویسی متداول است، حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی ژن‌ها، توالی‌های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک رنای پیک یکپارچه می‌سازند. به این فرایند پیرایش گفته می‌شود (شکل ۴).

تمرین ۳: جدول زیر را کامل کنید.

مراحل رونویسی	آغاز	طویل‌شدن	پایان
پیوند هیدروژنی بین دو رشته دنا			
پیوند هیدروژنی بین رنا و دنا			
پیوند فسفو دی‌استر			

پاسخ:

تمرین ۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) بین دو ژن روی یک دنا حداقل یک راه‌انداز وجود دارد.

ب) روی یک دنا بین دو راه‌انداز حداقل یک ژن وجود دارد.

پ) اگر بین دو راه‌انداز دو ژن وجود داشته باشد همیشه موقع رونویسی حرکت رنا بسپارازها همواره به سوی هم است.

ت) اگر رشته الگوی دو ژن روی یک دنا، یکسان باشد قطعاً هنگام رونویسی رنابسپارازها حرکت هم‌جهت خواهند داشت

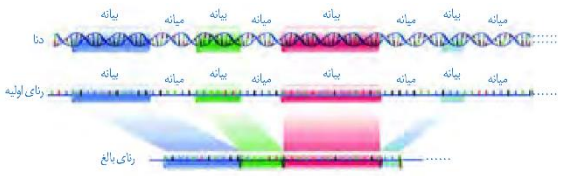
پاسخ:

تمرین ۵: جدول زیر را کامل کنید.

فرایند	ویرایش	پیرایش
نوع یاخته		
محل		
فسفو دی‌استر		
موقع		
آنزیم		

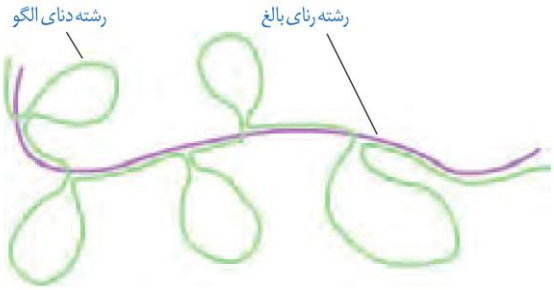
پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .



شکل ۴- پیرایش در بخشی از رنای یک ژن

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشتهٔ الگوی ژن آن در دنا مجاورت دادند. آن‌ها دریافتند که بخش‌هایی از دنای الگو با رنای رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به‌صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند. به این نواحی که درمولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده **میانه (اینترون)** می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول دنا، که رونوشت آن‌ها حذف نمی‌شوند **بیانه (اگزون)** گفته می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵- طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن. به نظر شما حلقه‌های سبز میانه هستند یا بیانه؟

در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانهٔ دنا است. به این رنا، **رنای نابالغ** یا **اولیه** گفته می‌شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم، **رنای بالغ** ساخته می‌شود.

شدت و میزان رونویسی

به‌طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فراورده‌های آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رِناتَنی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رِنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، همزمان تعداد زیادی رنابسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنابسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناها از اندازهٔ کوتاه به بلند دیده

تست ۷: کدام تعریف برای «اینترون‌ها» مناسب‌تر است؟

۱) توالی‌هایی از **DNA**اند که پس از رونویسی، از ژن جدا می‌شوند.

۲) بخشی از ژن هستند که رمزهای آمینواسیدها را در خود جای داده‌اند.

۳) توالی‌های بین ژنی هستند که پس از رونویسی به پروتئین ترجمه نمی‌شوند.

۴) از راه‌انداز فاصله دارند و نمی‌توانند دارای جایگاه آغاز رونویسی باشند.

پاسخ:

تست ۸: هر مولکول **RNA**ای که از هستهٔ یاخته‌های هوهسته‌ای خارج شود، .....

۱) نسبت به **RNA**ی اولیه تعداد نوکلئوتید کم‌تری دارد.

۲) یک **RNA**ی بالغ است و توسط رناتن ترجمه می‌شود.

۳) تک‌رشته‌ای بوده و فاقد پیوند هیدروژنی در بین نوکلئوتیدهای خود است.

۴) تک ژنی بوده و نسبت به ژن سازندهٔ خود همواره نوکلئوتیدهای کم‌تری دارد.

پاسخ:

تست ۹: در یاخته‌های مورلا هنگام رونویسی، هر ساختار پرمانند، معرف .....

۱) فعالیت هم‌زمان چندین رنا بسپاراز برای تولید یک مولکول **RNA** است.

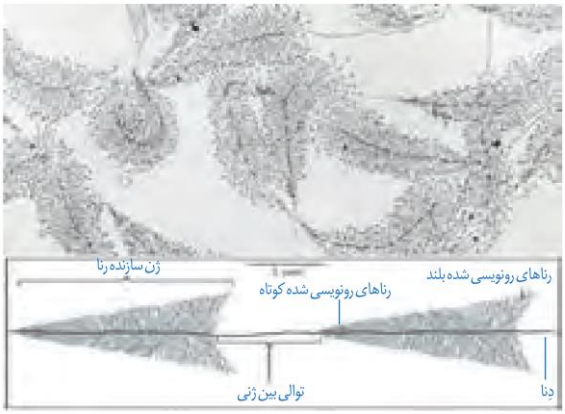
۲) شروع رونویسی یک آنزیم قبل از اتمام رونویسی آنزیم‌های دیگر است.

۳) بیان هم‌زمان چندین ژن در تولید چندین **RNA**ی یکسان است.

۴) وجود چندین جایگاه شروع رونویسی برای تولید چندین **RNA** است.

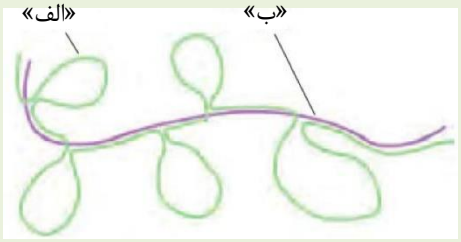
پاسخ:

می‌شود (شکل ۶). با توجه به شکل آیا می‌توانید جهت رونویسی هر ژن را مشخص کنید؟



شکل ۶- ساخته شدن هم زمان چندین رنا از روی ژن

تمرین ۶: برای شکل زیر کدام کلمات برای موارد «الف» و «ب» مناسب‌تراند؟



* میانه * رونوشت میانه
* بیانه * رونوشت بیانه

پاسخ:

تمرین ۷: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) هر نوع تغییری در رنا پیک هوسته‌ای‌ها پیرایش نام دارد.

ب) فرایند پیرایش زمانی کشف شد که دانشمندان رنا پیک بالغ را در مجاورت رنای اولیه قرار دادند.

پ) همه ژن‌های یوکاریوتی دارای میانه و بیانه‌اند.

ت) رنا پیک سیتوپلاسمی در یوکاریوت قطعاً فاقد رونوشت‌های میانه است.

پاسخ:

تمرین ۸: با توجه به شکل زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

الف) در توالی بین ژنی، راه‌انداز کدام ژن قرار دارد؟

ب) جهت رونویسی ژن **A** با جهت رونویسی ژن **B** هم‌سو است یا ناهم‌سو؟

پ) آیا در ژن **B**، رشته‌های رنای در حال ساخت می‌توانند هم‌اندازه باشند؟

ت) آیا رنا بسپارازهای فعال در ژن **B** می‌توانند آمینواسیدهای متفاوتی داشته باشند؟

پاسخ:

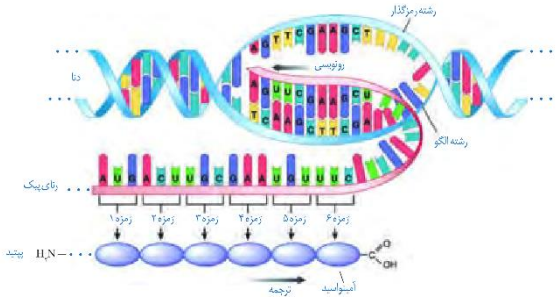
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گفتار ۲: به سوی پروتئین

پلی‌پپتیدها از مهم‌ترین فراورده‌های ژن‌ها هستند. پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند که پیش از این با برخی از آن‌ها آشنا شده‌اید. این‌که چگونه ژن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن، صفات را ایجاد می‌کنند در آینده مورد بحث قرار می‌گیرند. در این گفتار به نحوهٔ تبدیل اطلاعات وراثتیِ رنا، به پروتئین می پردازیم.

تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به پلی‌پپتیدی

دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی‌پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه گفته می‌شود. طرح ساده‌ای از ژن تا پلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).



شکل ۷- طرح ساده‌ای از رونویسی تا ترجمه

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد. به این توالی‌ها، رَمزه (کُدون) گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رَمزه وجود دارد. نکته قابل توجه این است که رَمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

رَمزه‌های **UAA**، **UGA** و **UAG** هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آن‌ها رَمزهٔ پایان می‌گویند، زیرا حضور این رَمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. رَمزهٔ آغاز یا **AUG** رَمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معرف آمینواسید متیونین نیز است.

عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرایند آشپزی از روی کتاب آن تشبیه کرد. براساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست می‌شود. در ترجمه هم براساس رَمزه‌های رنای

تست ۱۰: اگر یک مولکول **mRNA** از مکمل رشتهٔ **DNA** با توالی **GTA – AAA – TGA** رونویسی شود، آنتی‌کدون‌هایی که برای ترجمه مورد استفاده قرار می‌گیرند، به ترتیب کدام است؟ **(سراسری خارج کشور ۸۸)**

۱) **AAA** و **GUA**

۲) **UUU** و **CAU**

۳) **UGA**، **AAA** و **GUA**

۴) **ACU**، **UUU** و **CAU**

پاسخ:

تمرین ۹: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز کنید.

الف) مهم‌ترین فراورده ژن‌ها (رناها- پلی‌پپتیدها) ..... هستند.

ب) به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی محصول رنا بسپاراز (۲-۳) ..... ترجمه گفته می‌شود.

پ) در یاخته یوکاریوتی رمزه در (هسته- سیتوپلاسم) ..... ساخته و در (هسته- سیتوپلاسم) ..... استفاده می‌شود.

ت) رمزه متیونین در هوهسته‌ای‌ها با پیش‌هسته‌ای (متفاوت- یکسان) ..... است.

پاسخ:

تست ۱۱: فرایندی که در یاخته‌ها به فرایند آشپزی تشبیه می‌شود، در مرحله آغاز .....

۱) رنا بسپاراز به راه‌انداز متصل می‌شود.

۲) قطعاً بین رمزه و پاد رمزه پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

۳) ممکن نیست رنای در حال ساخت دچار تغییر شود.

۴) ممکن نیست جایگاه **P** رناتن توسط رنای ناقل اشغال شود.

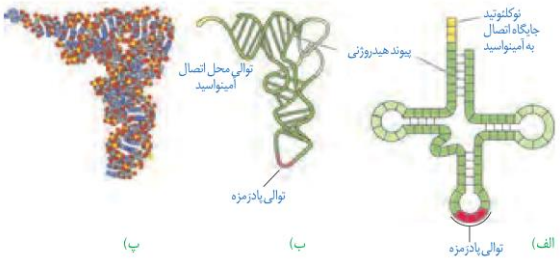
پاسخ:

پیک، پلی‌پپتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمینواسیدها هستند. رِناتَن‌ها و رناهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای تهیه پلی‌پپتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند **ATP** به‌دست می‌آید.

ساختار رنای ناقل

رنای ناقل مانند سایر رناها پس از رونویسی دچار تغییراتی می شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (شکل ۸- الف). رنای ناقل در حالت فعال تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه بعدی را به وجود می‌آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام پادرمزه (آنتی کدون) است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام گذاری چیست؟ هنگام ترجمه، این توالی با توالی رمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می‌کند.

رناهای ناقل به جز در ناحیه پادرَمزه‌ای، در همه انواع توالی‌های مشابهی دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رمزه‌ها، پاد رمزه وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرَمزه‌ها کم‌تر از رَمزه‌ها است؛ مثلاً برای رمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد.



شکل ۸- رنای ناقل

الف) تاخوردگی اولیه

ب) ساختار سه بعدی

پ) مدل مولکولی رنای ناقل

نحوهٔ عمل رنای ناقل: همان‌طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می‌شود. حال پرسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادَرمزه‌ای در این اتصال چیست؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادَرمزه، آمینواسید مناسب را به رنای ناقل متصل می‌کند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادَرمزه در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته و به آن وصل می‌کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۹).

تست ۱۲: کدام عبارت در مورد یک یاخته فعال پانکراس، درست است؟ **(سراسری ۹۴)**

۱) هر رمزه توسط یک پاد رمزه شناسایی می‌شود.

۲) تنوع آمینواسیدها کم‌تر از تنوع **tRNA**ها است.

۳) هر آمینواسید، بیش از یک رمزه سه نوکلئوتیدی دارد.

۴) هر **RNA** مورد نیاز برای پروتئین‌سازی، رمزه آغاز دارد.

پاسخ:

تست ۱۳: ساختار برگ شبدری در **tRNA** به چه عاملی بستگی دارد؟

۱) رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهای پاد رمزه با رمزه

۲) رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهای موجود در این مولکول

۳) نوع بازهای شرکت‌کننده در بخش پاد رمزه این مولکول

۴) نوع بازهای شرکت‌کننده در ساختار جایگاه اتصال آمینواسید

پاسخ:

تست ۱۴: چند مورد جملهٔ زیر را به‌طور نادرستی تکمیل می‌کند؟

«هر مولکول دارای پاد رمزه .....»

الف) توسط رنا بسپاراز ۳ ساخته می‌شود.

ب) به واسطهٔ نوکلئوتید آدنین‌دار خود به آمینواسید خاص وصل می‌شود.

پ) ساختار سه بعدی برگ شبدری دارد.

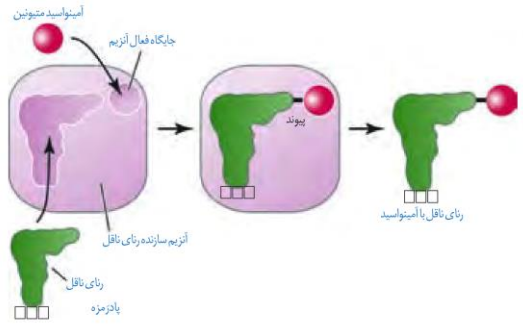
ت) دو حلقه‌ای است و با این حلقه‌ها روی رناتن نگه داشته می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

حال بر اساس آنچه تاکنون دربارهٔ رمزه‌ها خوانده‌اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی پادرَمزه‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟



شکل ۹- نحوهٔ پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن

ساختار رِناتَن

دانستید که رِناتَن در ساخت پلی‌پپتید نقش دارد. رِناتَن‌ها از دو زیر واحد تشکیل شده است (شکل ۱۰). هر زیر واحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می‌آورید که رنای رِناتَنی به وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می‌شود؟ در یاخته، پروتئین‌های رِناتَنی ساخته شده و رنای مربوط به آن‌ها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ رِناتَن را می‌سازد. رِناتَن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام **A**، **P** و **E** دارد که با آن‌ها در ادامه آشنا خواهیم شد.

شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیرواحدهای رِناتَن

تمرین ۱۰: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) آنزیم سازندهٔ رنای ناقل در کجا فعالیت دارد؟

ب) در جایگاه فعال آنزیم سازنده رنای ناقل آمینواسید با عامل آمینی خود به جایگاه اتصال رنای ناقل می‌پیوندد یا با عامل کربوکسیل؟

پ) جایگاه فعال آنزیم سازندهٔ رنای ناقل برای آمینواسید و **tRNA** یکی است یا متفاوت؟

ت) **tRNA** قبل از ورود به آنزیم سازنده رنای ناقل ساختار سه بعدی دارد یا تاخورده؟

پاسخ:

تمرین ۱۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در لنفوسیت **B** حداکثر ۲۰ نوع آنزیم سازندهٔ رنای ناقل وجود دارد.

ب) آنزیم سازندهٔ رنای ناقل مصرف‌کننده **ATP** است.

پ) شکل **tRNA** بعد از خروج از جایگاه فعال خود در آنزیم سازندهٔ رنای ناقل، تاخورده است.

ت) زیر واحد کوچک رناتن همانند زیر واحد بزرگ از جنس پروتئین و رنای ناتنی است.

پاسخ:

مراحل ترجمه

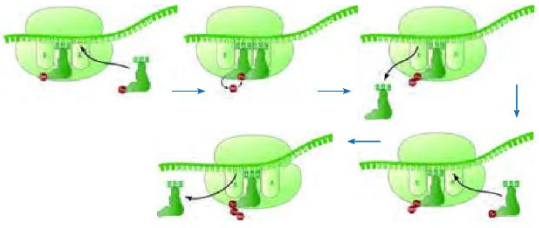
ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحلهٔ آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند.

مرحله آغاز: در این مرحله بخش‌هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک رِناتَن را به سوی رمزهٔ آغاز، هدایت می‌کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می‌شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رِناتَن به این مجموعه، ساختار رِناتَن کامل می‌شود.

در این مرحله جایگاه **P** در رِناتَن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می‌شود. جایگاه **A** محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید متصل به آن خواهد بود. پیوند پپتیدی در جایگاه **A** برقرار می‌شود. جایگاه **E** محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه **P** پر می‌شود و جایگاه **A** و **E** خالی می‌ماند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱- مرحله آغاز ترجمه

مرحلهٔ طویل شدن: در این مرحله ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه **A** رناتن شوند ولی فقط رنایی که مکمل رمزهٔ جایگاه **A** است، استقرار پیدا می‌کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می‌کند. سپس آمینواسیدِ جایگاه **P** از رنای ناقل خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه **A** پیوند برقرار می‌کند. آیا می‌دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پس از آن رِناتَن به اندازهٔ یک رمزه به سوی رمزه پایان پیش می‌رود. در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پپتیدی در حال ساخت است در جایگاه **P** قرار می‌گیرد (علت نام‌گذاری جایگاه **P**) و جایگاه **A** خالی می‌شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید نیز در جایگاه **E** قرار می‌گیرد و سپس از این جایگاه خارج می‌شود. این فرایند بارها تکرار می‌شود و طول زنجیرهٔ آمینواسیدی بیش‌تر می‌شود تا رِناتَن به یکی از رمزه‌های پایان برسد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- مرحله طویل شدن ترجمه

تست ۱۵: در استرپتوکوکوس نومونیا، بلافاصله پس از آن‌که ساختار رناتن برای ترجمه کامل گردید، .....

(خارج کشور ۹۳)

۱) tRNAی مربوط به رمزه دوم، جایگاه **A** می‌شود.

۲) پیوند بین متیونین و tRNAی آغازگر گسسته می‌شود.

۳) tRNAی آغازگر با رمزه آغاز، رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند.

۴) پیوند پپتیدی بین متیونین و دومین آمینواسید ایجاد می‌شود.

پاسخ:

تست ۱۶: در فرایند ترجمه اکتین (نوعی پروتئین تک رشته‌ای) در یاخته‌های عضلانی انسان و در حین جابه‌جایی رناتن روی mRNA، ..... **(سراسری ۸۹)**

۱) جایگاه **A** همواره پذیرندهٔ tRNA حامل آمینواسید است.

۲) tRNA موجود در جایگاه **P**، وارد جایگاه **E** می‌شود.

۳) پیوند پپتیدی بین آمینواسیدها در جایگاه **A** برقرار می‌شود.

۴) tRNA حامل یک آمینواسید خاص وارد جایگاه **P** می‌شود.

پاسخ:

تست ۱۷: در mRNA فرضی زیر، پس از خروج tRNA حاوی پاد رمزه CUC از جایگاه **P** رناتن، tRNA حاوی کدام پاد رمزه وارد جایگاه **A** رناتن می‌شود؟

(خارج کشور ۹۰)

AUG.CCA.CCC.GAG.UUC.UCC.AUC

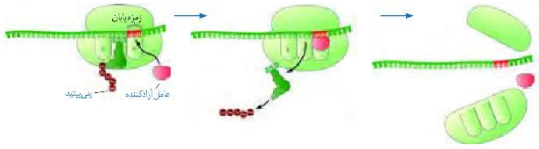
۱) UCC ۲) UUC

۳) AAG ۴) AGG

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

مرحلهٔ پایان: با ورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه **A** ، چون رنای ناقل مکمل آن وجود ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود. این پروتئین‌ها باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند. همچنین این پروتئین‌ها باعث جدا شدن زیرواحدهای رِناتَن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رِناتَن‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود (شکل ۱۳).

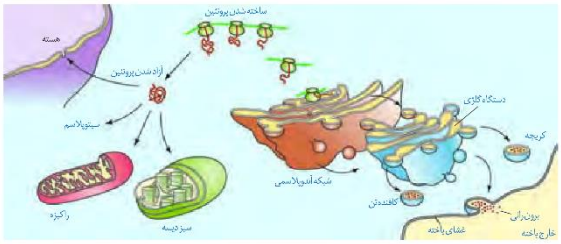


شکل ۱۳- مرحله پایان ترجمه

محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آن‌ها

ممکن است پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته شوند. به‌طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رِناتَن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود.

همان طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. بعضی از این پروتئین‌ها به شبکهٔ آندوپلاسمی و دستگاه گلژی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل کریچه و کافندتن بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا این‌که به راکیزه، هسته و یا دیسه‌ها می‌روند. در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می کند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- سرنوشت پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم

سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

به‌طور کلی سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود. در پیش‌هسته‌ای‌ها پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است.

تست ۱۸: در فرایند ترجمهٔ یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی از پروتئینی که مسؤل انتقال گازهای تنفسی در خون انسان است، ممکن نیست .....

۱) tRNAی که از جایگاه **A** به **P** وارد می‌شود، دارای پاد رمزه **UAC** باشد.

۲) در حین آخرین جابه‌جایی رناتن، tRNAی وارد جایگاه آمینواسید شود.

۳) در جایگاه پپتیدی رناتن آب مصرف و در جایگاه آمینواسید آب تولید شود.

۴) در شروع ترجمه، بخش بزرگ رناتن بعد از بخش کوچک رناتن به **mRNA** وصل شود.

پاسخ:

تست ۱۹: چند مورد زیر جملهٔ زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

«در مراحل ساخت پپسینوژن در یاخته‌های پپتیک .....»

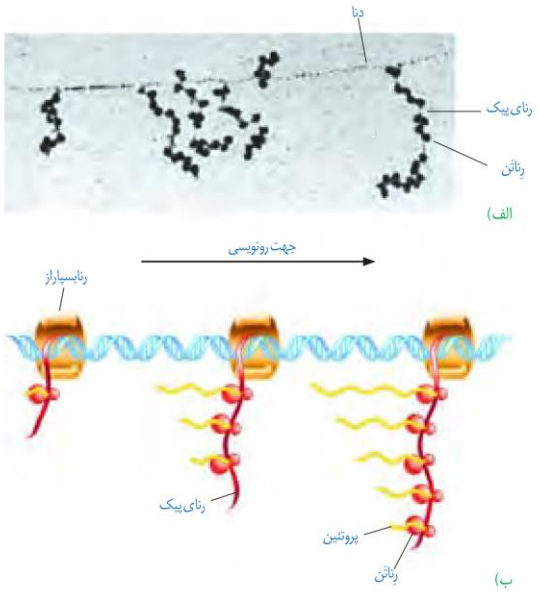
- پس از اتصال زیرواحدهای بزرگ و کوچک رناتن، اولین آمینواسید ترجمه می‌شود.
- پس از سنتز آخرین پیوند پپتیدی، آخرین جابه‌جایی رناتن رخ می‌دهد.
- هر tRNAی که از جایگاه **A** رناتن وارد جایگاه **P** می‌شود که به یک پلی‌پپتیدی متصل است.
- به دنبال ورود عامل آزادکننده به جایگاه **A**، یک آنزیم پیوند پپتیدی در جایگاه **P** را هیدرولیز می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ:

برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیش‌تری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به‌طور هم زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رِناتَن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیش‌تری در واحد زمان ساخته شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، رِناتَن‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخی است که از درون این دانه‌ها می گذرد. همکاری جمعی رِناتَن‌ها به پروتئین‌سازی سرعت بیش‌تری می‌دهد.

تجمع رِناتَن‌ها در یاخته‌های هوسته‌ای نیز دیده می‌شوند. البته در این یاخته‌ها ساز و کارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیش‌تری برای پروتئین‌سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود.



شکل ۱۵- الف) تصویر میکروسکوپی مجموعهٔ رِناتَن‌ها
ب) طرحی ساده از رِناتَن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند

فعالیت ۱: الف) چه رابطه‌ای بین طول عمر رنای پیک یاخته‌ها با میزان پروتئین‌سازی آن‌ها برقرار است؟
ب) رونویسی و ترجمه در پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۱۲: اگر رنا پیک با ۱۰ رمزه مفروض باشد در پایان ترجمه مشخص کنید در هر یک از جایگاه‌های رناتن چند رمزه و پاد رمزه وارد شده‌اند؟

تعداد	A	P	E
رمزه			
پادرمزه			

پاسخ:

تمرین 13: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در هر بخش از یاخته اگر رناتن حضور داشته باشد پروتئین هم ساخته می‌شود.

ب) برای ساخت هر پروتئین با ساختار چهارم قطعاً بیش از یک **mRNA** نیاز است.

پ) برای ساختار هر میوگلوبین یک رناتن و یک **mRNA** فعالیت دارد.

ت) آرایش تسبیح مانند رناتن هم در هر هسته‌ای‌ها و هم در پیش‌هسته‌ای‌ها دیده می‌شود.

پاسخ:

تست ۲۰: چند پروتئین زیر برای رسیدن به مقصد از دستگاه گلژی عبور می‌کند؟

* گلوتن * هیستون
* لیزوزیم * سازندهٔ **ATP** در راکیزه

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) ۱ ۴) ۳

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گفتار ۳: تنظیم بیان ژن

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم رشتمان یاخته تخم ایجاد می‌شوند. یاخته‌های حاصل، از نظر فام تنی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال در ادامهٔ تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که اعمال مختلفی انجام می دهند؛ مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند. حال این سؤال مطرح می‌شود که چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟

پاسخ این است که در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیر فعال هستند. هرگاه اطلاعات ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش است و به اصطلاح بیان نشده. مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد. به فرایندهایی که تعیین می کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند، فرایندهای تنظیم بیان ژن می‌گویند. تنظیم بیان ژن فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند. تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً در گیاه، نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازندهٔ آنزیمی‌شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود. همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند، مثالی مناسب در این مورد هستند. در مورد این یاخته‌ها در کتاب دهم مطالبی را فرا گرفتید. آیا می‌توانید برخی یاخته‌های حاصل از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان را نام ببرید؟

تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

محصول ژن، رنا و پروتئین است. بنابراین، تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد. تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به‌طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ رونویسی انجام می‌شود. در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

تست ۲۱: کدام عبارت، دربارهٔ هر یاخته‌ای که سانتریول‌های آن مضاعف می‌شوند، درست است؟**(سراسری ۹۵)**

۱) در صورت لزوم، هر واحد سازندهٔ ژن‌های آن مورد رونویسی قرار می‌گیرد.

۲) بیان هر ژن آن، مستلزم استفاده از آنزیم‌های درون یاخته‌ای متفاوتی است.

۳) در کنار هر هستهٔ دولادی آن، رشته‌های دوک شکل می‌گیرند.

۴) محصول نهایی هر ژن آن، یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی است.

پاسخ:

تست ۲۲: کدام عبارت، دربارهٔ یاخته‌های مختلف ریشهٔ گیاه نخودفرنگی، درست است؟ **(خارج کشور ۹۶)**

۱) تنها در یاخته‌های نرم‌آکنه زنده، بعضی از ژن‌ها غیرفعال‌اند.

۲) در یاخته‌های فعال آندودرمی و نرم‌آکنه، فقط ژن‌های غیریکسان بیان می‌شود.

۳) فقط بعضی از ژن‌های یاخته‌های مریستمی در یاخته‌های فعال پوست وجود دارد.

۴) محصول بعضی از ژن‌های موجود در یاخته‌های آندودرمی و تار کشنده یکسان است.

پاسخ:

تمرین ۱۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) یاخته‌هایی که از نظر ژن‌ها و فام‌تن‌ها یکسان‌اند نمی‌توانند شکل و کار متفاوتی داشته باشند.

ب) تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود.

پ) محصول مستقیم هر ژنی همواره رنا است.

ت) تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها معمولاً در مرحلهٔ که معروف به فرایند آشپزی است، رخ می‌دهد.

پاسخ:

تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه‌انداز کمک و یا از این کار جلوگیری می‌کنند. در نتیجه، رونویسی ژن تسهیل یا ممانعت می‌شود؛ مثلاً با اتصال پروتئین‌های خاصی به بخشی از دنا که سر راه رنابسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونهٔ این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام اشرشیا کلای شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است. مراحل تجزیهٔ قند گلوکز در یاخته را در فصول بعد خواهید آموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام لاکتوز در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می‌تواند از این قند استفاده کند. این قند متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم‌های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است. بنابراین وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد باکتری باید آنزیم‌های تجزیه کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می‌آید که باکتری چگونه می‌تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن را بسازد؟ ژن‌هایی که این آنزیم‌ها را می‌سازند چگونه روشن و یا خاموش می‌شوند؟ در پیش‌هسته‌ای‌ها بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می‌شود.

تنظیم منفی رونویسی: در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه‌انداز ژن شروع می‌شود. حال اگر مانعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی‌شود. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می‌شود. مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام **مهارکننده** است. این پروتئین به توالی خاصی از دنا به نام **اپراتور** متصل می‌شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می‌گیرد (شکل ۱۶- الف). لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می‌شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد. تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می‌کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می‌شود. با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد (شکل ۱۶- ب). محصولات این ژن‌ها تجزیه لاکتوز را ممکن می کند.

تست ۲۳: کدام عبارت، دربارهٔ تنظیم بیان ژن‌های مربوط به متابولیسم لاکتوز اشریشیاکلای، درست است؟

۱) توالی واحدهای سازندهٔ عامل روشن‌کننده این ژن‌ها، توسط یکی از ژن تباکتری تعیین می‌گردد.

۲) در حضور لاکتوز، پروتئین مهارکننده تغییر شکل‌یافته و به توالی اپراتور متصل می‌شود.

۳) توالی اپراتور، بر فرایند رونویسی بعضی از ژن‌های شرکت‌کننده در متابولیسم لاکتوز تأثیرگذار است.

۴) در پی اتصال لاکتوز، به پروتئین مهارکننده، گلوکز بیش‌تری در اختیار یاخته قرار می‌گیرد.

پاسخ:

تست ۲۴: پس از افزودن لاکتوز به محیط کشت باکتری اشریشیاکلای، کدام عبارت دربارهٔ عامل روشن‌کنندهٔ ژن‌های درگیر در متابولیسم لاکتوز درست است؟ **(سراسری ۹۶)**

۱) پس از آب‌کافت به درون باکتری منتقل می‌شود.

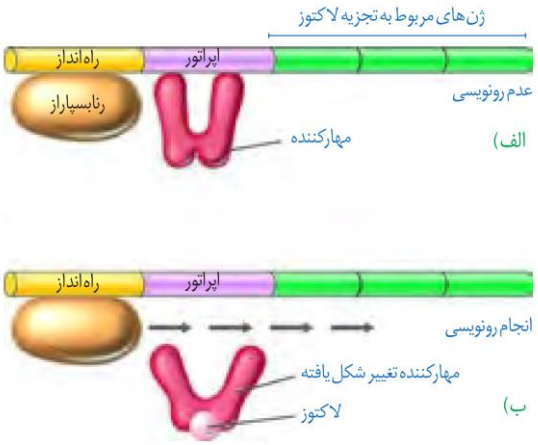
۲) همانند مهارکننده می‌تواند به اپراتور متصل گردد.

۳) سبب می‌شود تا ژن سازندهٔ پروتئین رنا بسپاراز روشن شود.

۴) تغییری در شکل سه بعدی پروتئین مهار کننده ایجاد می‌کند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

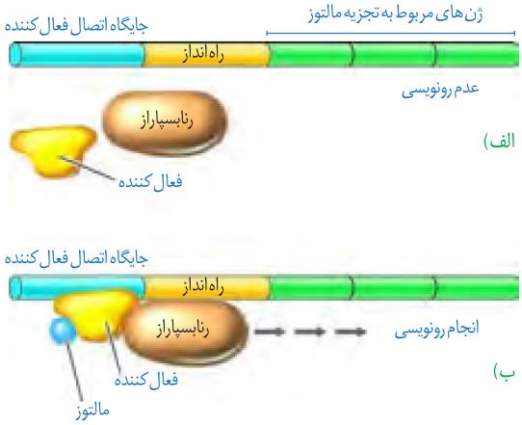


شکل ۱۶- الف) عدم رونویسی ژن‌ها در غیاب لاکتوز

ب) رونویسی ژن‌ها در حضور لاکتوز

تنظیم مثبت رونویسی: در این نوع تنظیم، پروتئین‌های خاصی به رنابسپاراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیاکلای وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، قند مالتوز وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیهٔ آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم‌ها ساخته نمی‌شوند چون باکتری نیازی به آن‌ها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن‌ها به‌صورت مثبت انجام می‌شود. در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام **فعال‌کننده** وجود دارند که به توالی‌های خاصی از دنا متصل می‌شوند. به این توالی‌ها **جایگاه اتصال فعال‌کننده** گفته می‌شود (شکل۱۷- الف). در حضور مالتوز در محیط، پروتئین فعال‌کننده به جایگاه خود متصل می‌شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می‌شود که فعال‌کننده به جایگاه خود بچسبد؟ این عامل مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می شود. (شکل ۱۷- ب).



شکل ۱۷- تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز

تمرین ۱۵: در ارتباط با متابولیسم لاکتوز در باکتری **E.Coli** به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) اپراتور قبل از راه‌انداز قرار دارد یا بعد از راه‌انداز؟

ب) پروتئین مهارکننده مانع از حرکت رنا بسپاراز بر روی اپراتور می‌شود یا مانع از اتصال رنا بسپاراز به راه‌انداز؟

پ) لاکتوز مانع از اتصال مهارکننده به اپراتور می‌شود یا سبب جدا شدن آن از اپراتور می‌گردد؟

ت) **mRNA** که رنا بسپاراز بعد از عبور از اپراتور می‌سازد اتصالات یک ژن را دارد یا چند ژن؟

پاسخ:

تست ۲۵: در باکتری ایشریشیاکلی در تنظیم ..... رونویسی با ورود ..... به یاخته، امکان اتصال ..... وجود دارد.

۱) مثبت- لاکتوز- رنا بسپاراز به راه‌انداز

۲) مثبت- مالتوز- فعال‌کننده به جایگاه اتصال خود

۳) منفی- لاکتوز- مهارکننده به اپراتور

۴) منفی- مالتوز- رنا بسپاراز به فعال‌کننده

پاسخ:

تمرین ۱۶: در ارتباط با متابولیسم مالتوز در باکتری **E.Coli** به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) جایگاه اتصال فعال‌کننده قبل از راه‌انداز قرار دارد یا بعد از راه‌انداز؟

ب) فعال‌کننده پس از اتصال به مالتوز ابتدا به رنا بسپاراز متصل می‌شود یا به جایگاه اتصال فعال‌کننده؟

پ) **mRNA**ای که رنا بسپاراز پس از فعال شدن توسط فعال‌کننده می‌سازد اطلاعات یک ژن را دارد یا چند ژن؟

ت) آیا پروتئین فعال‌کننده همانند مهارکننده پس از چسبیدن به دی‌ساکارید خود تغییر شکل می‌دهد یا خیر؟

پاسخ:

تنظیم بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها

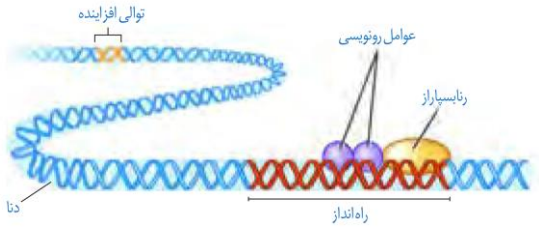
تنظیم بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها پیچیده‌تر از پیش‌هسته‌ای است و می‌تواند در مراحل بیش‌تری انجام شود. یاخته‌های هوهسته‌ای به وسیلهٔ غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند. بنابراین، اگر یاخته بخواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کنند و ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. در یاخته‌های هوهسته‌ای، بیش‌تر ژن‌ها در هسته و برخی در راکیزه و دیسه‌ها قرار دارند. در هر یک از این محل‌ها، یاخته می‌تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد. بنابراین تنظیم بیان ژن می‌تواند در مراحل متعددی انجام شود.

تنظیم بیان ژن در مرحلهٔ رونویسی

در هوهسته‌ای‌ها نیز مانند پیش‌هسته‌ای‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه‌انداز آغاز می‌شود.

در هوهسته‌ای‌ها رنابسپاراز نمی‌تواند به تنهایی راه‌انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به نام **عوامل رونویسی** هستند.

گروهی از این پروتئین‌ها با اتصال به نواحی خاصی از راه‌انداز، رنابسپاراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کنند، چون تمایل پیوستن این پروتئین‌ها به راه‌انداز در اثر عواملی تغییر می‌کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می‌کند (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- تنظیم بیان ژن در هوهسته‌ای‌ها

در هوهسته‌ای‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام **توالی افزاینده** متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند. کنار هم قرارگیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند. توالی‌های افزاینده متفاوت از راه‌انداز هستند و ممکن است در فاصلهٔ دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین‌ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است (شکل ۱۹).

تست ۲۶: نوعی جاندار تک یاخته‌ای می‌تواند طی چرخهٔ سلولی خود و با گذشت از نقاط وارسی، مواد آلی غیر زندهٔ محیط را تجزیه نماید. کدام عبارت، در مورد این جاندار درست است؟ (سراسری ۹۴)

۱) به‌طور معمول، هر ژن بیش از یک توالی تنظیمی دارد.

۲) تنظیم بیان هر ژن، همواره در سطح رونویسی انجام می‌گیرد.

۳) ممکن است در حین ساخت **mRNA**، ترجمه از روی آن هم صورت بگیرد.

۴) مسئولیت تنظیم بیان چند ژن مجاور بر عهدهٔ یک راه‌انداز می باشد.

پاسخ:

تست ۲۷: چند مورد برای تکمیل جمله زیر مناسب است؟

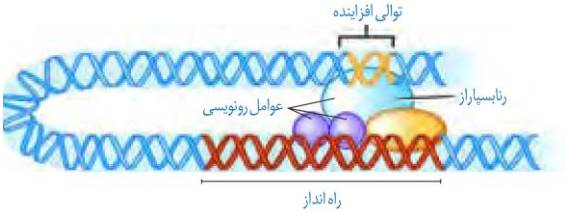
« هر بخش تنظیمی ژن .....»

* همواره در کنار جایگاه آغاز رونویسی است.
* در مرحله سوم رونویسی، رونویسی می‌شود.
* الگوی برای تولید یک نوع رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی است.
* محلی برای اتصال آنزیم رونویسی‌کننده است.

۱(۱ ۲(۲ ۳(۳ ۴(۴

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .



شکل۱۹- توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

تنظیم بیان ژن در مراحل غیررونویسی

در هوهسته‌ای‌ها تنظیم بیان ژن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این رناها، از کار رِناتَن جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

روش تنظیم دیگر در سطح فام‌تنی است. به‌طور معمول بخش‌های فشرده فام‌تن کم‌تر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی فام‌تن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنا بسپاراز را به ژن مورد نظر تنظیم کند. به نظر شما این تنظیم بیان ژن پیش از رونویسی است یا پس از آن؟

از روش‌های دیگر تنظیم بیان ژن طول عمر رنای پیک است. افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می‌شود. این فرایندها در میزان پروتئین‌سازی مؤثر خواهند بود. شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان ژن مؤثرند که نحوه عمل بسیاری از آن‌ها ناشناخته است.

تمرین ۱۷: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) در هوهسته‌ای‌ها (همانند- برخلاف) ..... پیش‌هسته‌ای‌ها فعال‌کننده وجود دارد.

ب) نقش توالی افزاینده مشابه تنظیم بیان ژن متابولیسم (لاکتوز- مالتوز) ..... در باکتری است.

پ) بدون (توالی افزاینده- عوامل رونویسی) ..... رونویسی ژن‌های هسته غیرممکن است.

ت) توالی افزاینده (مشابه- متفاوت از) ..... راه‌انداز است.

پاسخ:

تمرین ۱۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) همواره به دنبال اتصال فعال‌کننده به توالی افزاینده در دنا حلقه ایجاد می‌شود.

ب) هیستون‌ها می‌توانند روی تنظیم بیان ژن قبل از رونویسی مؤثر باشند.

پ) رشته الگوی ژن سازنده بعضی رناهای کوچک توالی یکسانی با رشته رمزگذار ژن سازندهٔ بعضی رنا پیک دارند.

ت) توالی افزاینده همانند اپراتور، خارج از ژن قرار دارد.

پاسخ:

انتقال اطلاعات در نسل‌ها

شباهت بین فرزندان و والدین، گویای آن است که ویژگی‌های والدین به نحوی به فرزندان منتقل می‌شود. همچنین می‌دانیم که در تولیدمثل جنسی ارتباط بین نسل‌ها را کامه‌ها (گامت‌ها) برقرار می کنند و ویژگی‌های هر یک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در دِنای موجود در کامه‌ها قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.

پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسطی از آن‌هاست. مثلاً اگر یکی از والدین بلندقد و دیگری کوتاه قد باشد، فرزند آنان قدی متوسط خواهد داشت. اما مشاهدات متعدد نشان داد که این تصور درست نیست.

در اواخر قرن نوزدهم، زمانی که هنوز ساختار و عمل دِنا و ژن‌ها معلوم نبود، دانشمندی به نام گریگور مندل توانست قوانین بنیادی وراثت را کشف کند. به کمک این قوانین، می‌شد صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد. با توجه به شناخت شما از ساختار و عمل دِنا، در این فصل با مفاهیم پایه وراثت به زبان امروزی آشنا می‌شویم.

گفتار ۱: مفاهیم پایه

هر یک از ما ویژگی‌هایی داریم که ما را با آن‌ها می‌شناسند. بعضی از این ویژگی‌ها را از والدین خود دریافت کرده‌ایم؛ مثل رنگ چشم، رنگ مو یا گروه خونی. ویژگی‌هایی را هم می‌شناسیم که ارثی نیستند؛ مثل تغییر تیره شدن رنگ پوست که به علت قرارگرفتن در معرض آفتاب ایجاد شده است.

در علم ژن شناسی، ویژگی‌های ارثی جانداران را صفت می‌نامند (شکل ۱). ژن‌شناسی، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.

شکل ۱- هر یک از افراد جمعیت، ویژگی‌هایی دارد که ممکن است این ویژگی‌ها به نسل بعد منتقل شوند.

تمرین ۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) همواره از لقاح دو کامه نر و ماده، صفات والدین به فرزندان منتقل می‌شود.

ب) دانشمندان قبل از گریگور مندل روابط بین الل‌ها را از نوع هم‌توانی تصور می‌کردند.

پ) هر ویژگی جانداری ارثی است.

ت) طبق قوانین وراثت، صفات فرزندان قابل پیش‌بینی است.

پاسخ:

تمرین ۲: صفتی تک‌ژنی با دو دگره مفروض است که روابط بین دگره‌ها از نوع غالب و مغلوبی می باشد، اگر صفت اتوزومی باشد، انواع ژن‌نمود و رخ‌نمود را در افراد زیر مشخص کنید:

افراد	ژن‌نمود	رخ‌نمود
تک‌لاد	**A**	**A**
	a	**a**
دو لاد	**AA** **Aa**	**A**
	aa	**a**
سه لاد	**AAA** **Aaa** AAa	**A**
	aaa	**a**

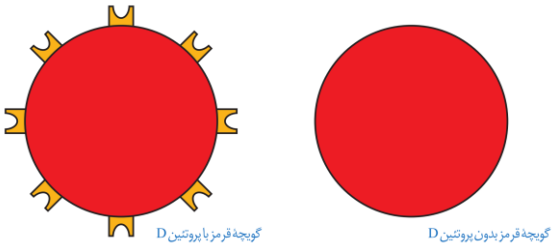
پاسخ:

هر یک از صفاتی که نام بردیم به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند. مثلاً رنگ چشم ممکن است به رنگ مشکی، قهوه‌ای، سبز یا آبی باشد. یا حالت مو ممکن است به شکل صاف، موج‌دار یا فر دیده شود. به انواع مختلف یک صفت، **شکل‌های آن صفت** می‌گویند.

گروه‌های خونی

آیا شما گروه خونی خود را می‌دانید؟ آیا می‌دانید منظور از گروه خونی مثلاً A^+ چیست؟ وقتی می‌گویند گروه خونی شخصی A^+ است در واقع «دو» گروه خونی را برای او مشخص کرده‌اند. یکی گروه خونی معروف به **ABO** و دیگری گروه خونی‌ای به نام **Rh**. در ادامه این دو گروه خونی را بررسی می‌کنیم. **Rh** ساده‌تر است و با آن آغاز می‌کنیم.

گروه خونی Rh: گروه خونی **Rh** بر اساس بودن یا نبودن پروتئینی است که در غشای گویچه‌های قرمز جای دارد و پروتئین **D** نامیده می‌شود. اگر این پروتئین وجود داشته باشد،گروه خونی **Rh** مثبت است و اگر وجود نداشته باشد گروه خونی **Rh** منفی خواهد شد (شکل ۲).



شکل ۲- مبنای گروه خونی **Rh** پروتئین **D**

بود و نبود پروتئین **D** به نوعی ژن بستگی دارد. دو ژن در ارتباط با این پروتئین، در میان مردم دیده می‌شود. ژنی که می‌تواند پروتئین **D** را بسازد و ژنی که نمی‌تواند پروتئین **D** را بسازد. این دو ژن را به ترتیب **D** و **d** می‌نامیم.

D و **d** جای مشخصی در فام‌تن دارند. هر دو، جای یکسانی از فام‌تن شمارهٔ ۱ را به خود اختصاص داده‌اند. توجه داشته باشید که هر فام‌تن شماره ۱ در این جایگاه ژن **D** یا **d** را دارد و نه هر دو را. به این جایگاه از فام‌تن شماره ۱، جایگاه ژن‌های **Rh** می‌گویند (شکل ۳).

تمرین ۳: ژن‌نمود و رخ‌نمود هر یک از افراد زیر را مشخص کنید.

الف) گروه خونی فردی که با پادتن ضد **Rh**، لخته می‌شود.

ب) گروه خونی فردی که با پادتن ضد **A**، لخته می‌شود.

پ) افرادی که توانایی ساخت پادتن **Rh** را دارند.

ت) افرادی که توانایی ساخت پادگن **A** را ندارند.

پاسخ:

الف) ژن‌نمود: **DD** یا **Dd**

رخ‌نمود: Rh^+

ب) ژن‌نمود: **AA** یا **AO** یا **AB**

رخ‌نمود: **A** یا **AB**

پ) ژن‌نمود: **dd**

رخ‌نمود: Rh^-

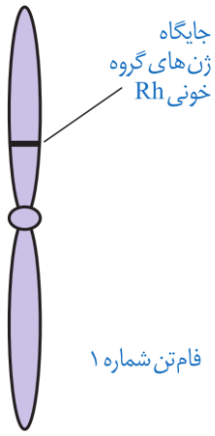
ت) ژن‌نمود: **OO** یا **BO** یا **BB**

رخ‌نمود: **O** یا **B**

یادآوری فصل ۵ زیست یازدهم

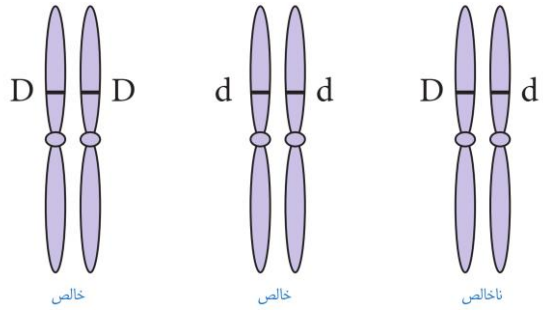
پادزهر= پادتن پادگن= آنتی‌ژن

گروه خونی	آنتی‌ژن	پادتن
Rh^+	**D**	-
Rh^-	-	ضد **D**
A	**A**	ضد **B**
B	**B**	ضد **A**
AB	**A** و **B**	-
O	-	ضد **A** و **B**



شکل ۳- جایگاه ژن‌های Rh

به **D** و **d** که شکل‌های مختلف صفت **Rh** را تعیین می‌کنند و هر دو جایگاه ژنی یکسانی دارند؛ **دگره (الل)** می‌گویند. از آن‌جا که هر یک از ما دو فام‌تن ۱ داریم، پس دو دگره هم برای **Rh** را داریم. بنابراین ممکن است هر دو فام‌تن شمارهٔ ۱، **D** یا هر دو **d** را داشته باشند. در این صورت می‌گویند فرد برای این صفت خالص است. اما اگر یک فام‌تن **D** و دیگری **d** را داشته باشد می‌گویند فرد برای این صفت، ناخالص است (شکل ۴).



شکل ۴- ژن نمودهای خالص و ناخالص

گروه خونی فردی که **DD** است، مثبت و گروه خونی فرد **dd**، منفی است. اما گروه خونی فردی که **Dd** است؛ چگونه می‌شود؟ برای پاسخ به این سؤال باید رابطهٔ بین این دو دگره را دانست.

مشاهدات نشان می‌دهند که افراد ناخالص، گروه خونی مثبت را خواهند داشت. بنابراین اگر دو دگرهٔ **D** و **d** کنار هم قرار بگیرند، این آلل **D** است که بروز می‌کند. در چنین حالتی گفته می‌شود که دگره **D** بارز و دگرهٔ **d** نهفته است و بین دگره‌ها رابطهٔ بارز و نهفتگی برقرار است. طبق قرارداد، دگره بارز را با حرف بزرگ و دگرهٔ نهفته را با حرف کوچک آن نشان می‌دهیم.

توضیح علت رابطهٔ بارز و نهفتگی دگره‌های گروه خونی **Rh** کار آسانی است. داشتن تنها یک دگره **D** است تا در غشای گویچه‌های قرمز پروتئین **D** مشاهده شود به همین علت، گروه خونی فردی که برای این صفت ناخالص است، مثبت خواهد شد (شکل ۵).

تمرین ۴: رخ‌نمود و ژن‌نمود والدین زیر را مشخص کنید.

الف) یکی از فرزندان **AB** و دیگری **O** است.

ب) همه فرزندان، صفت هم‌توانی را نشان می‌دهند.

پ) احتمال تولد فرزند Rh^-، ۲۵٪ است.

ت) احتمال تولد فرزند **Rh** ناخالص، ۵۰٪ است.

پاسخ:

الف) **AO** و **BO**

ب) **AA** و **BB**

پ) **Dd** و **Dd**

ت) **Dd** و **Dd** یا **DD** و **Dd** یا **dd** و **Dd**

تمرین ۵: هر یک از رخ‌نمودهای زیر، حداکثر چند نوع ژن‌نمود می‌توانند نشان دهند؟

الف) A^+ ب) AB^-

پ) O^+ ت) B^-

پاسخ:

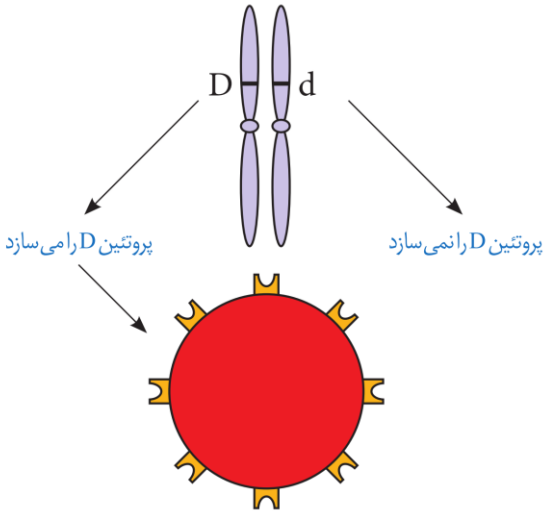
الف) **AODd** یا **AADd** یا **AODD** یا **AADD**

ب) **ABdd**

پ) **OODd** یا **OODD**

ت) **BOdd** یا **BBdd**

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .



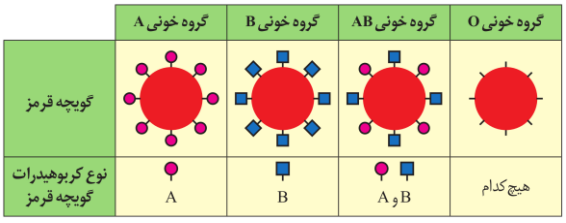
شکل ۵- توضیح رابطهٔ بارز و نهفتگی بین آلل‌های گروه خونی Rh

ترکیب دگره‌ها را در فرد، ژن نمود (ژنوتیپ) و شکل ظاهری یا حالت بروز یافته صفت را رخ نمود (فنوتیپ) می‌نامیم. جدول ۱ انواع ژن نمود و رخ نمود را درمورد این گروه خونی نشان می‌دهد.

ژن‌نمود	رخ‌نمود
DD	گروه خونی +
Dd	گروه خونی+
dd	گروه خونی-

نوع دیگری از رابطهٔ بین دگره‌ها را در صفت گروه خونی **ABO** می‌توانیم ببینیم.

گروه خونی **ABO** : در گروه خونی **ABO** خون به چهار گروه **A** ، **B**، **AB** و **O** گروه بندی می‌شود. این گروه‌بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات به نام‌های **A** و **B** در غشای گویچه‌های قرمز است. (شکل ۶).



شکل ۶- مبنای گروه خونی

برای گروه خونی **ABO** چه دگره‌هایی وجود دارد؟ اضافه شدن کربوهیدرات‌های **A** و **B** به غشای گلبول قرمز، یک واکنش

تمرین ۶: پرسش‌های زیر را پاسخ دهید.

«فردی با گروه خونی **ABO** و **Rh** مفروض است.»

الف) اگر این فرد روی کروموزوم شماره «۱» خالص و «۹» ناخالص باشد. چند نوع ژن‌نمود و رخ‌نمود نشان می‌دهد؟

ب) اگر این فرد روی کروموزوم شماره «۱» ناخالص و «۹» خالص باشد. چند نوع ژن‌نمود و رخ‌نمود نشان می‌دهد؟

پاسخ:

الف)

ژن‌نمود	رخ‌نمود
AODd	A^+
AOdd	A^-
BODD	B^+
BOdd	B^-
ABDD	AB^+
ABdd	AB^-

ب)

ژن‌نمود	رخ‌نمود
AADd	A^+
BBDd	B^+
OODd	O^+

آنزیمی است. دو نوع آنزیم وجود دارد. یکی آنزیم **A**، که کربوهیدرات **A** را به غشا اضافه می‌کند و دیگری آنزیم **B** که کربوهیدرات **B** را اضافه می‌کند. اگر هیچ‌یک از این دو آنزیم وجود نداشته باشند، آن گاه هیچ کربوهیدراتی اضافه نخواهد شد. بنابراین برای این صفت، سه دگره وجود دارد. دگره‌ای که آنزیم **A** را می‌سازد، دگره‌ای که آنزیم **B** را می‌سازد و دگره‌ای که هیچ آنزیمی نمی‌سازد. جایگاه ژن‌های گروه خونی **ABO** در فام‌تن شمارهٔ ۹ است.

برای سادگی، این سه دگره را به ترتیب **A**، **B** و **O** می‌نامیم. در اینجا تشخیص رخ نمود برای ژن نمودهای خالص **AA**، **BB** یا **OO** آسان است: گروه خونی به ترتیب **A**، **B** یا **O** می‌شود. اما، رخ نمود ژن نمودهای ناخالص چیست؟ رابطهٔ بارز و نهفتگی بین دگره‌ها چگونه است؟

ژن نمودهای ناخالص برای این دگره‌ها عبارت‌اند از **AO**، **BO** و **AB**. آیا می‌توانید حدس بزنید گروه خونی فردی که **AO** است چیست؟ دگره **A** آنزیم **A** را می‌سازد اما دگره **O** هیچ آنزیمی نمی‌سازد. پس گروه خونی این فرد **A** خواهد شد. به همین علت گفته می‌شود **A** نسبت به **O** بارز است. همین استدلال را می‌توان برای ژن نمود **BO** به کار برد. دگره **B** هم نسبت به دگره **O** بارز است. در ژن نمود **AB** هر دو آنزیم ساخته می‌شوند و به همین علت گلبول قرمز هر دو کربوهیدرات **A** و **B** را خواهد داشت. در اینجا رابطه بین دو دگره **A** و **B**، دیگر از نوع بارز و نهفتگی نیست. چنین رابطه‌ای را هم توانی می‌نامیم و می‌گوییم دگره‌های **A** و **B** نسبت به هم هم توان هستند.

ژن‌شناسان دگره‌های **A**، **B** و **O** را به ترتیب با I^A، I^B و **i** نشان می‌دهند. این نوع نام‌گذاری به روشنی نشان می‌دهد که دگره I^A و I^B نسبت به هم هم‌توان اما نسبت به **i** بارزند.

بارزیت ناقص

تا این‌جا با دو نوع رابطهٔ دگره‌ای آشنا شدیم: یکی بارز و نهفتگی و دیگری هم‌توانی. رابطهٔ دیگری نیز بین دگره‌ها برقرار است و آن موقعی است که صفت در حالت ناخالص، به‌صورت حدواسط حالت‌های خالص مشاهده می‌شود. این بار مثالی از گیاهان بیاوریم. رنگ گل میمونی مثال خوبی است (شکل ۷).

تمرین ۷: جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف) رخ‌نمودی که در غشای گلبول قرمز هر دو نوع کربوهیدرات را دارد و پروتئین **D** را نیز دارد، فام‌تن‌های «۹» آن (قطعاً ناخالص- شاید ناخالص) ..... باشد و فام‌تن‌های «۱» آن (قطعاً خالص- شاید خالص) ..... باشد.

ب) اگر افراد روی کروموزوم‌های «۹» دگره‌های متفاوت داشته باشند (همانند- برخلاف) ..... افرادی که روی کروموزوم‌های «۹» خود دگره‌های یکسانی دارند (۳ نوع ژن‌نمود- ۳ نوع رخ‌نمود) ..... نشان می‌دهند.

پاسخ:

تمرین ۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) اگر احتمال تولد همه انواع گروه خونی **ABO** بین فرزندان ممکن باشد هر یک از والدین فقط توانایی ساخت یک نوع کربوهیدرات را در غشای گلبول قرمز خون دارد.

ب) اگر هر دو والد توانایی تولید پروتئین **D** را داشته باشند، احتمال تولد فرزندی با گلبول قرمز فاقد پروتئین **d**، صفر است.

پ) اگر والدین روی غشای گلبول قرمز خود دو نوع کربوهیدرات را داشته باشند احتمال تولد فرزندی با گروه خونی متفاوت از والدین، ۵۰٪ است.

ت) اگر فرزندی با گلبول قرمز فاقد پروتئین **D** به دنیا آید، حداقل یکی از والدین روی کروموزوم‌های «۱» خود فاقد دگره بارز است.

ث) اگر فرزندی با گلبول قرمز فاقد پروتئین **D** به دنیا آید، هر والد حداقل روی یکی از کروموزوم‌های «۱» خود فاقد دگره بارز است.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

شکل ۷- گل میمونی

دو دگره برای رنگ گل میمونی وجود دارد که یکی قرمز و دیگری سفید است. این دو را به ترتیب با **R** و **W** نشان می‌دهیم. در حالت **RR** رنگ گل قرمز و در حالت **WW** رنگ گل سفید است. رنگ گل **RW** چگونه است؟ این گل، صورتی است. رنگ صورتی، حالت حد واسط قرمز و سفید است. در این حالت گفته می‌شود که رابطهٔ **بارزیت ناقص** برقرار است.

تست ۱: کامل‌ترین گزینه برای پر کردن جمله زیر کدام است؟ (آزمون مدارس برتر)

«قوانین بنیادی وراثت ..... از معلوم شدن ..... دنا کشف شد.»

۱) پس- ساختار و عمل ۲) پس- عمل

۳) قبل- ساختار و عمل ۴) قبل- عمل

پاسخ:

تست ۲: جایگاه ژن‌های گروه خونی ..... روی بزرگ‌ترین فام‌تن قرار دارد و دارای ..... دگره است. (آزمون مدارس برتر)

۱) **ABO** - دو ۲) **ABO** - سه

۳) **Rh** - سه ۴) **Rh** - دو

پاسخ:

تست ۳: آنتی‌ژن **A** آنتی‌ژن **Rh** از جنس ..... است. (آزمون مدارس برتر)

۱) همانند- پروتئین ۲) برخلاف- پروتئین

۳) همانند- کربوهیدرات ۴) برخلاف- کربوهیدرات

پاسخ:

تست ۴: اگر هر چهار نوع گروه خونی **ABO** در بین زاده‌ها امکان‌پذیر باشد، والدین قطعاً از نظر ..... (آزمون مدارس برتر)

۱) ژنوتیپ و فنوتیپ متفاوت هستند.

۲) ژنوتیپ متفاوت ولی از نظر فنوتیپ ممکن است، مشابه باشند.

۳) ژنوتیپ و فنوتیپ مشابه هستند.

۴) ژنوتیپ متفاوت و دارای دگره‌های با رابطه هم‌توانی هستند.

پاسخ:

تست ۵: تنوع ژن نمود کدام گروه خونی در یک جامعه بیش‌تر است؟ (آزمون مدارس برتر)

۱) AB^+ ۲) AB^-

۳) O^- ۴) A^+

پاسخ:

گفتار ۲: انواع صفات

به یاد دارید که فام‌تن‌ها به دو دستهٔ غیرجنسی و جنسی تقسیم می شوند. فام‌تن‌های جنسی انسان **X** و **Y** هستند. صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از فام‌تن‌های غیرجنسی قرار داشته باشد صفت مستقل از جنس و صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از دو فام‌تن جنسی قرار داشته باشد وابسته به جنس می‌گویند.

وراثت صفات مستقل از جنس

صفات اتوزومی چگونه به ارث می‌رسند؟ **Rh** یک صفت مستقل از جنس است. اگر پدر و مادری هر دو ژن نمود **Dd** داشته باشند، چه ژن نمود یا ژن نمودهایی برای فرزندان آن‌ها مورد انتظار است؟ می‌دانیم هر یک از پدر و مادر، از هر جفت فام‌تن همتا تنها یکی را از طریق کامه‌ها به نسل بعد منتقل می‌کنند. در این مثال، هم پدر و هم مادر از نظر **Rh** دو نوع کامه تولید می‌کنند: یکی کامه‌ای که **D** دارد و دیگری کامه‌ای که **d** دارد. ژن نمود فرزندان به این بستگی دارد که کدام کامه‌ها با یکدیگر لقاح پیدا کنند. ژن نمود فرزندان را می‌توان با روشی به نام مربع پانت به دست آورد. پانت نام دانشمندی است که این روش را پیشنهاد کرده است. در روش مربع پانت، گامت‌های والدین را به طور جداگانه در سطر و ستون یک جدول می‌نویسیم و بعد خانه‌های جدول را با کنار هم قرار دادن کامه‌های سطر و ستون متناظر هم پر می‌کنیم (جدول ۲).

کامه‌ها	**D**	**d**
D	**DD**	**Dd**
d	**DD**	**dd**

جدول ۲- مربع پانت

باید توجه داشت که ژن نمودهای **Dd** و **dD** یکسان‌اند. بنابراین هر فرزندی که متولد می‌شود می‌تواند یکی از ژن نمودهای **DD**، **Dd** و **dd** را داشته باشد.

فعّالیت ۱: پدری گروه خونی **O** و مادری گروه خونی **AB** دارد. چه ژن نمود و رخ نمودهایی برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟

صفت وابسته به X

گاهی ژنِ صفتی که بررسی می‌شود در فام‌تن **X** قرار دارد. به این صفات، وابسته به **X** می‌گویند. هموفیلی، یک بیماری وابسته به **X** و نهفته است یا به عبارتی دیگر، دگرهٔ این بیماری که روی فام‌تن **X** قرار دارد نهفته است. در این بیماری، فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می‌شود. شایع‌ترین نوع هموفیلی مربوط است به فقدان عامل انعقادی **VIII** (هشت).

تست ۶: کدام گزینه جمله زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟ (آزمون مدارس برتر)

«یک دگره نهفته در هر یاخته‌ای .....»

۱) فقط به‌صورت خالص می‌تواند صفت خود را ظاهر کند.

۲) همواره کم‌تر از دگره بارز رونویسی می‌شود.

۳) فقط توسط یک نوع رنابسپاراز می‌تواند رونویسی شود.

۴) همواره مستقل از دگره بارز به یاخته‌های جدید منتقل می‌شود.

پاسخ:

تست ۷: از ازدواج دو فرد با گروه خونی **Rh** ناخالص، با توجه به جدول پانت می‌توان نتیجه گرفت ..... (آزمون مدارس برتر)

۱) $\frac{۱}{۴}$ از زاده‌های با رخ‌نمود بارز، خالص هستند.

۲) $\frac{۱}{۴}$ افراد خالص، رخ‌نمود نهفته دارند.

۳) $\frac{۳}{۴}$ زاده‌ها از نظر رخ‌نمود و ژن‌نمود به والد خود شباهت دارند.

۴) $\frac{۲}{۳}$ از زاده‌هایی که رخ‌نمود بارز دارند، ناخالص می‌باشند.

پاسخ:

تست ۸: فرزندی با گروه خونی **O** متولد شده است. احتمال این گروه ۲۵٪ است، چقدر احتمال دارد دختر بعدی این خانواده گروه خونی متفاوتی با بقیه افراد خانواده داشته باشد؟ (آزمون مدارس برتر)

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۸}$

۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۱۶}$

پاسخ:

تست ۹: از آمیزش دو گل میمونی صورتی با توجه به جدول پانت چند نوع رخ‌نمود و چند نوع ژن‌نمود در بین زاده‌ها دیده می‌شود؟ (آزمون مدارس برتر)

۱) ۲- ۳ ۲) ۳- ۳

۳) ۳- ۴ ۴) ۳- ۲

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

دگرهٔ بیماری هموفیلی را h می‌نامیم (دگرهٔ سالم ژن H نامیده می‌شود) و برای آنکه نشان دهیم وابسته به X است. دگره‌ها را به صورت بالانویس X می‌نویسیم: X^H و X^h

جدول ۳ انواع ژن نمودها و رخ نمودها را برای هموفیلی نشان می‌دهد. دقت کنید که در فام‌تن Y جایگاهی برای دگره‌های هموفیلی وجود ندارد.

	زن	مرد
سالم	X^HX^H	X^HY
ناقل	X^HX^h	-
هموفیل	X^hX^h	X^hY

جدول ۳- انواع ژن نمودها و رخ نمودها برای هموفیلی

منظور از ناقل در جدول ۳، فردی است که بیمار نیست اما ژن بیماری را دارد و می‌تواند به نسل بعد منتقل کند. برای پیش‌بینی ژن نمودها و رخ نمودهای صفات وابسته به X در نسل‌های بعد، می‌توان همچنان از مربع پانت استفاده کرد. به مثال زیر توجه کنید.

مثال: مردی هموفیل قصد دارد با زنی ازدواج کند که سالم است و ناقل هم نیست. زن می‌خواهد بداند آیا ممکن است فرزند حاصل از این ازدواج، هموفیل باشد؟

ژن نمود مرد هموفیل X^hY و گامت‌هایی که تولید می‌کند X^h و Y است. ژن نمود زن سالم X^HX^H است و برای این صفت فقط یک نوع گامت تولید می‌کند: X^H

ژن نمودها و رخ نمودهای نسل‌های بعد را می‌توان به کمک مربع پانت یافت.

گامت‌ها	X^h	Y
X^H	X^HX^h دختر ناقل	X^HY پسر سالم

جدول ۴- ژن نمود و رخ نمود نسل بعد

بنابراین فرزندان حاصل از این ازدواج هموفیل نخواهند بود.

فعالیت ۲: مردی سالم قصد دارد با زنی هموفیل ازدواج کند. چه ژن نمود و رخ نمودهایی برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟

صفات پیوسته و گسسته

اندازهٔ قد شما چقدر است؟ اگر از هم‌کلاسی‌های خود اندازهٔ قدشان را بپرسید، اعداد گوناگونی را خواهید شنید. اندازه قد صفتی پیوسته است به این معنی که هر عددی بین یک حداقل و یک حداکثر، ممکن است باشد. آیا می‌توان گفت که Rh هم چنین است؟ در میان انسان‌ها، صفت Rh تنها به دو شکل مثبت و منفی دیده می‌شود؛ بنابراین Rh صفتی گسسته است.

تست ۱۰: فردی فاقد توانایی تبدیل فیبرینوژن به فیبرین است، اگر این فرد شایع‌ترین نوع حالت این بیماری را داشته باشد با قاطعیت می‌توان گفت .....این فرد دارای دگره ..... این بیماری است. (آزمون مدارس برتر)

۱) مادر- نهفته ۲) پدر- نهفته

۳) مادر- بارز ۴) پدر – بارز

پاسخ:

تست ۱۱: بیماری هموفیلی هیچ‌گاه از ..... منتقل نمی‌شود. (آزمون مدارس برتر)

۱) مادر سالم و پدر بیمار به فرزند دختر

۲) مادر بیمار و پدر سالم به فرزند پسر

۳) پدر سالم و مادر بیمار به فرزند دختر

۴) پدر بیمار و مادر سالم به فرزند پسر

پاسخ:

تست ۱۲: کدام عبارت نادرست است؟(آزمون مدارس برتر)

۱) برای رنگ گل میمونی تعداد انواع رخ‌نمود با انواع ژن‌نمود برابر است.

۲) دو برابر تعداد دگره‌های i، I^B و I^A در جمعیت انسان ژن‌نمود وجود دارد.

۳) برای هر صفتی دو دگره‌ای، تعداد انواع ژن‌نمودها، در زن و مرد برابر است.

۴) در حالت هم‌توانی همانند بارزیت ناقص، فرد ناخالص رخ نمود متفاوت با افراد خالص دارد.

پاسخ:

صفات تک جایگاهی و چند جایگاهی

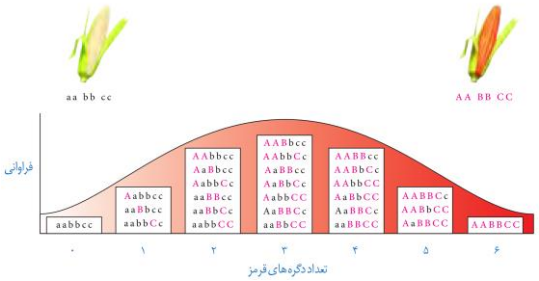
صفاتی که تا این‌جا بررسی کردیم، صفاتی هستند که یک جایگاه ژن در فام‌تن دارند. برای مثال، دگره صفت گروه‌های خونی **ABO** یک جایگاه مشخص از فام‌تن ۹ را به خود اختصاص داده‌اند. چنین صفاتی را تک جایگاهی می‌نامیم.

در مقابل، صفاتی هستند که در بروز آن‌ها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد. رنگ نوعی ذرت مثالی از صفات چند جایگاهی است. رنگ این ذرت طیفی از سفید تا قرمز است (شکل ۸).

شکل ۸- رنگ‌های متفاوت ذرت

صفت رنگ در این نوع ذرت صفتی با سه جایگاه ژنی است که هر کدام دو دگره دارند. برای نشان دادن ژن‌ها در این سه جایگاه، از حروف بزرگ و کوچک **A**، **B** و **C** استفاده می‌کنیم. برحسب نوع ترکیب دگره‌ها، رنگ‌های مختلفی ایجاد می‌شود. دگره‌های بارز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته رنگ سفید را به وجود می‌آورند. بنابراین رخ نمودهای دو آستانهٔ طیف، یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژن نمودهای **AABBCC** و **aabbcc** را دارند. در رخ نمودهای ناخالص، هر چه تعداد دگره‌های بارز بیش‌تر باشد، مقدار رنگ قرمز بیش‌تر است.

چنان که می‌بینیم صفات چند جایگاهی رخ نمودهای پیوسته‌ای دارند. یعنی افراد جمعیت این ذرت، در مجموع طیف پیوسته‌ای بین سفید و قرمز را به نمایش می‌گذارند. به همین علت، نمودار توزیع فراوانی این رخ نمودها شبیه زنگوله است. توجه داشته باشیم که رخ نمود صفات تک جایگاهی، غیرپیوسته است. مثلاً رنگ گل میمونی یا سفید، یا قرمز یا صورتی (بدون طیف) است.



شکل۹- چگونگی تعیین رنگ در ذرت

تست ۱۳: برای صفت رنگ در ذرت اگر فقط یکی از ژن‌ها ژن‌نمود ناخالص داشته باشد، در این‌صورت می‌توان ..... نوع رخ‌نمود و ..... ژن نمود تصور کرد. (آزمون مدارس برتر)

۱) ۳- ۹ ۲) ۲- ۶

۳) ۳- ۱۲ ۴) ۴- ۲۴

پاسخ:

تست ۱۴: ذرتی با ژنوتیپ **aa––bb**، برای جایگاه دوم ژنی خود حداکثر چند نوع رخ‌نمود و چند نوع ژن‌نمود می‌تواند داشته باشد؟ (آزمون مدارس برتر)

۱) ۲- ۲ ۲) ۲- ۳

۳) ۳- ۳ ۴) ۱- ۱

پاسخ:

تست ۱۵: در گیاه ذرت کدام ژن‌نمودها، رخ‌نمود متفاوتی نیبت به هم دارند؟ (آزمون مدارس برتر)

۱) **aaBBCc - AaBbCc**

۲) **aabbCC - AAbbcc**

۳) **AaBBCC - AABbCC**

۴) **AABbcc - aaBbCc**

پاسخ:

تست ۱۶: از آمیزش ذرت سفید با ذرت قرمز، ذرتی به‌وجود می‌آید که از نظر رخ‌نمود با ذرتی با ژنوتیپ ..... تفاوت دارد. (آزمون مدارس برتر)

۱) **AABbcc** ۲) **AabbCC**

۳) **aaBBCc** ۴) **AAbbCC**

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

اثر محیط

گاهی برای بروز یک رخ نمود تنها وجود ژن کافی نیست. برای مثال در گیاهان، ساخته شدن سبزینه علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد. محیط انسان، شامل عوامل متعددی است. تغذیه و ورزش عواملی محیطی‌اند که می‌توانند بر ظهور رخ نمود اثر بگذارند. به عنوان مثال، قد انسان به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد. بنابراین نمی‌توان تنها از روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد.

مهار بیماری‌های ژنتیک

گر چه نمی‌توان بیماری‌های ژنتیک را در حال حاضر درمان کرد (مگر در موارد معدود) اما گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، بروز اثر ژن‌ها را مهار کرد. مثال این موضوع، بیماری فنیل کتونوری **(PUK)** است. در این بیماری آنزیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را می‌تواند تجزیه کند وجود ندارد. تجمع فنیل‌آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می‌شود. در این بیماری، مغز آسیب می‌بیند. خوشبختانه می‌توان از بروز این بیماری جلوگیری کرد. اما چگونه؟ علت این بیماری، تغذیه از پروتئین‌های حاوی فنیل‌آلانین است. پس با تغذیه نکردن از خوراکی‌هایی که فنیل آلانین دارند، می‌توان مانع بروز اثرات این بیماری شد.

فنیل کتونوری یک بیماری نهفته است. وقتی نوزاد متولد می‌شود، علائم آشکاری ندارد. در عین حال، تغذیه نوزاد مبتلا به فنیل‌کتونوری با شیر مادر(که حاوی فنیل‌آلانین است) به آسیب یاخته‌های مغزی او می‌انجامد. به همین علت، نوزادان را در بدو تولد از نظر ابتلای احتمالی به این بیماری، با انجام آزمایش خون بررسی می‌کنند. در صورت ابتلا، نوزاد با شیرخشک‌هایی که فاقد فنیل آلانین است تغذیه می‌شود و در رژیم غذایی او برای آینده، از رژیم‌های بدون (یا کم) فنیل‌آلانین استفاده می‌شود (شکل ۱۰)

شکل ۱۰- خون‌گیری از نوزاد برای انجام آزمایش‌های بدو تولد

تست ۱۷: صفات تک جایگاهی ..... صفات چند جایگاهی می‌توانند .....باشند. (آزمون مدارس برتر)

۱) همانند- چند دگره‌ای ۲) برخلاف- صفاتی پیوسته

۳) برخلاف- وابسته به جنس ۴) همانند- صفاتی پیوسته

پاسخ:

تست ۱۸: کدام عبارت صحیح است؟ (آزمون مدارس برتر)

۱) برای بروز هر رخ نمودی فقط ژن‌ها دخالت دارند.

۲) در حال حاضر امکان درمان هیچ یک از بیماری‌های ژنتیکی وجود ندارد.

۳) صفات چند دگره‌ای همگی چند جایگاه ژنی روی فام‌تن‌ها دارند.

۴) صفات مستقل از جنس می‌توانند بیش از دو نوع دگره‌ها داشته باشند.

پاسخ:

تست ۱۹: PKU بیماری است که فرد از بدو تولد علایم آشکار آن را نشان ..... و این فرد توانایی ..... آمینواسید فنیل‌آلانین را ندارد. (آزمون مدارس برتر)

۱) می‌دهد- جذب ۲) نمی‌دهد- جذب

۳) می‌دهد- تجزیه ۴) نمی‌دهد- تجزیه

تست ۲۰: PKU یک بیماری ..... است که فرد رمزهٔ آمینواسید فنیل‌آلانین را ..... (آزمون مدارس برتر)

۱) نهفته- دارد ۲) بارز- دارد

۳) نهفته- ندارد ۴) بارز- ندارد

پاسخ:

تغییر در اطلاعات وراثتی

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های مادهٔ وراثتی است اما در عین حال، مادهٔ وراثتی به طور محدود تغییرپذیر است. این تغییرپذیری باعث ایجاد گوناگونی می‌شود و چنان که خواهیم دید توان بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و زمینهٔ تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند. در این فصل با انواع تغییرات مادهٔ وراثتی و اثرات آن بر فرد، جمعیت و گونه آشنا خواهیم شد.

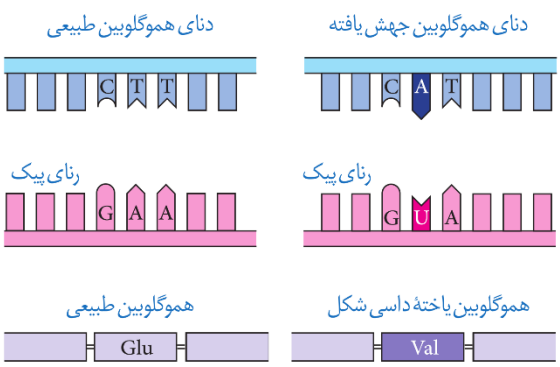
گفتار ۱: تغییر در مادهٔ وراثتی جانداران

تغییرپذیری مادهٔ وراثتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است« مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد. تغییر در مادهٔ وراثتی چگونه رخ می‌دهد و چه چیزی پیامد آن را تعیین می‌کند؟ در ادامه به این سؤالات پاسخ خواهیم داد.

جهش

در فصل ۲ با کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل آشنا شدیم و دیدیم که علت این بیماری، تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است. علت این تغییر شکل چیست؟ دانشمندان با مقایسهٔ آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل یافته، دریافتند که این دو پروتئین فقط در یک آمینو اسید با هم تفاوت دارند.

این‌که چرا چنین شده است، سؤالی است که باید پاسخ آن را در ژن‌ها بیابیم. مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به این آمینواسید، نوکلئوتید **A** به جای **T** قرار گرفته است (شکل ۱). شگفتا که تغییر در یک نوکلئوتید از میلیون‌ها نوکلئوتید انسان، می‌تواند پیامدی این چنین وخیم را به دنبال داشته باشد. تغییر دائمی در نوکلئوتیدهای مادهٔ وراثتی را جهش می‌نامند.



شکل ۱- مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است.

تمرین ۱: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

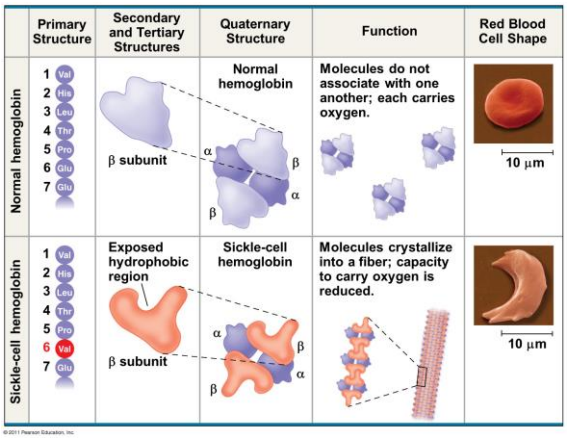
الف) ماده وراثتی به‌طور (محدود- نامحدود) ..... تغییرپذیر است.

ب) دانشمندان با مقایسه (ژنی- آمینواسیدی) ..... افراد سالم و افراد مبتلا به کم‌خونی داسی شکل متوجه جهش از نوع جانشینی شده‌اند.

پ) هر نوع تغییر در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی جهش نامبرده (می‌شود- نمی‌شود) .....

ت) در افراد مبتلا به کم‌خونی داسی شکل در (یک- دو) ..... ژن رخ داده و اثر آن روی (یک- دو) ..... زنجیره پلی‌پپتیدی ظاهر شده است.

پاسخ:



تست ۱: در ارتباط با کم‌خونی داسی شکل جهش از نوع ..... در حرف ..... یکی از رمزهای ژنتیکی رخ داده است.

۱) جانشینی- دوم ۲) تغییر چارچوب- اول

۳) تغییر چارچوب- دوم ۴) جانشینی- اول

پاسخ: گزینهٔ «۱»

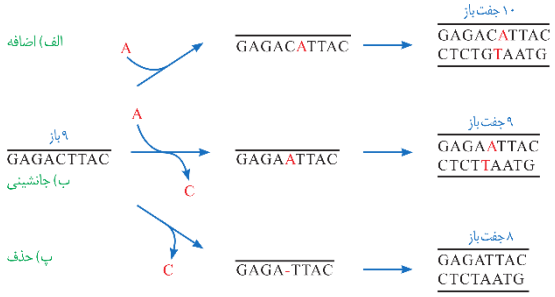
با توجه به شکل ۱، صفحهٔ ۴۸ کتاب زیست‌شناسی ۳، در دنای هموگلوبین جهش‌یافته در حرف دوم رمز ژنتیک، جهش جانشینی رخ داده است.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

انواع جهش

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

جهش‌های کوچک: این جهش‌ها یک یا چند نوکلئوتید را در برمی گیرند. انواع جهش‌های کوچک در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. مثالِ یاخته‌های داسی شکل، نمونه‌ای از جهش کوچک است. در این‌جا یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری شده است. این نوع جهش را **جانشینی** می‌نامند. به علت وجود رابطهٔ مکملی بین بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشتهٔ دنا، نوکلئوتید مقابل آن را در رشتهٔ دیگر تغییر می‌دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.



شکل ۲- انواع جهش‌های کوچک

نباید تصور کرد که جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها می‌شود. می‌دانید چرا؟ پاسخ این است که گاهی جهش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند. این نوع جهش تأثیری بر پروتئین نخواهد گذاشت. چنین جهشی را **جهش خاموش** می‌نامند. این امکان وجود دارد که جهش جانشینی رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلی پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد (شکل ۳).

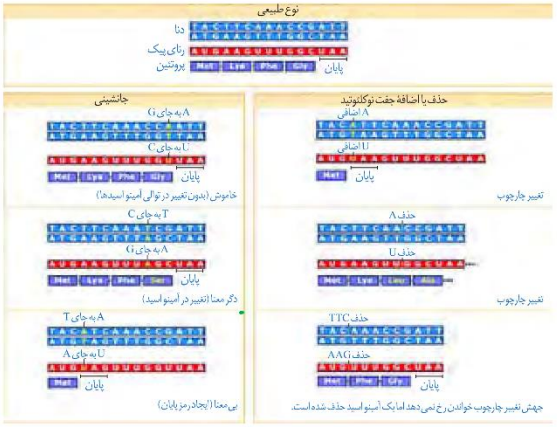
نکته:

تقسیم‌بندی انواع جهش	I) براساس ماده وراثتی
	II) براساس نوع یاخته
	III) براساس وراثت یا اکتسابی

I) جهش براساس ماده وراثتی	کوچک ← تغییر نوکلئوتیدی (غیرقابل رویت با کاریوتیپ)	درون ژنی
		بین‌ژنی
	بزرگ (قابل رویت با کاریوتیپ)	تغییر فام‌تنی

انواع جهش کوچک	بدون تغییر تعداد نوکلئوتید	جانشینی (نوعی نقطه ای)
		دایمرتیمین
	با تغییر تعداد نوکلئوتید	با تغییر چارچوب خواندن
		بدون تغییر چارچوب خواندن

انواع جهش‌های درون ژنی مربوط به	mRNA	خاموش: $a.a_1 \rightarrow a.a_1$
		خاموش: پایان → پایان
		دگر معنا: $a.a_1 \rightarrow a.a_2$
		دگر معنا: $a.a \rightarrow$ پایان
		بی‌معنا: پایان → $a.a_1$
	tRNA	
	rRNA	
	sRNA	



شکل ۳- تأثیر جهش بر پروتئین

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

ا ی ن / س ی ب / س ر خ / ا س ت

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

ا ی ن / ر س ی / ب س ر / خ ا س / ت

می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد. جهش‌هایی را که باعث چنین تغییری در خواندن می‌شوند، جهش **تغییر چارچوب خواندن** می‌نامند. در شکل ۳، تأثیر این جهش بر توالی یک پروتئین فرضی نشان داده شده است.

فعالیت ۱: الف) در چه صورت طول یک رشتهٔ پلی‌پپتیدی ممکن است طویل‌تر شود؟

ب) اگر تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده مضربی از سه باشد، چه پیامدی مورد انتظار است؟

جهش‌های بزرگ (ناهنجاری‌های فام‌تنی): جهش ممکن است در مقیاس وسیع‌تری رخ دهد تا جایی که به ناهنجاری‌های فام‌تنی منجر شود. زیست شناسان با مشاهدهٔ کاریوتیپ می‌توانند از وجود چنین ناهنجاری‌هایی آگاه شوند.

تمرین ۲: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) هر جهشی که مانع از ادامه ترجمه بعد از رمزهٔ آغاز شود از نوع جانشینی است.

ب) در هر حذف یا اضافه شدن نوکلئوتید که منجر به تغییر رمزه‌های **mRNA** شود، جهش تغییر چارچوب خواندن رخ می‌دهد.

پ) برای ایجاد تغییر در ساختار اول پروتئین جهش جانشینی الزامی است.

ت) هر نوع جهش بدون تغییر در توالی آمینواسیدها از نوع خاموش و بی‌تأثیر است.

ث) هر نوع جهش که منجر به پیدایش یک رمزه پایان قبل از رمز پایان اصلی شود از نوع جانشینی و بی‌معنا است.

پاسخ:

تمرین ۳: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) چه نوع حذف یا اضافه شدن نوکلئوتید در ساختار یک ژن پروتئین‌ساز، جهش تغییر چارچوب خواندن رخ نمی‌دهد؟

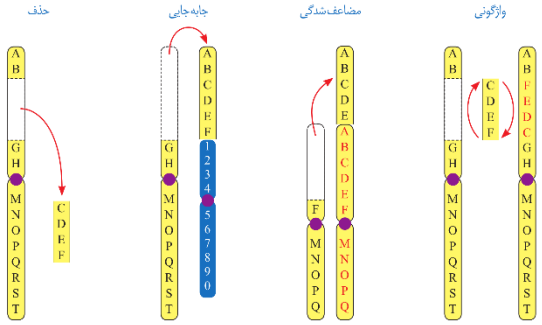
ب) تفاوت جهش بی‌معنا با جهش خاموش چیست؟

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

در سال گذشته با نشانگان داون آشنا شدید. می‌دانید که مبتلایان به این بیماری یک فام‌تن ۲۱ اضافی دارند. تغییر در تعداد فام‌تن‌ها را ناهنجاری عددی در فام‌تن‌ها می‌نامند.

نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی، ناهنجاری ساختاری است. انواع این جهش‌ها در شکل ۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۴- انواع ناهنجاری‌های ساختاری در فام‌تن‌ها

همان طور که در شکل می‌بینید، ممکن است قسمتی از فام‌تن از دست برود که به آن **حذف** می‌گویند.

جهش‌های فام‌تنی حذفی غالباً باعث مرگ می‌شوند. **جابه‌جایی**، نوع دیگری از ناهنجاری فام‌تنی است که در آن قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن غیرهمتا یا حتی بخش دیگری از همان فام‌تن منتقل می‌شود.

اگر قسمتی از یک فام‌تن به فام‌تن همتا جابه‌جا شود، آن گاه در فام‌تن همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می‌شود. به این جهش، **مضاعف‌شدگی** می‌گویند. نوع دیگری از ناهنجاری‌های فام‌تنی، **واژگونی** است که در آن جهت قرارگیری قسمتی از یک فام‌تن در جای خود معکوس می‌شود.

پیامدهای جهش بر عملکرد

این‌که جهش چه تأثیری بر عملکرد محصول خود دارد به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در ژنگان (ژنوم) است. ژنگان به کل محتوای مادهٔ وراثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای مادهٔ وراثتی هسته‌ای و سیتوپلاسمی. طبق قرارداد، ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام‌تن‌ها در نظر می‌گیرند. ژنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فام‌تن غیرجنسی و فام‌تن‌های جنسی **X** و **Y** است. دنای راکیزه، ژنگان سیتوپلاسمی را در ژنگان انسان تشکیل می‌دهد.

ژن‌ها فقط بخشی از ژنگان‌اند. ممکن است جهش در توالی‌های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت. اگر جهش درون ژن رخ دهد، آن‌گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در ژن آن جهش جانشینی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده

نکته:

انواع جهش‌های فام‌تنی	ساختاری	حذف
		جابه‌جایی
		مضاعف‌شدن
		واژگونی
	تعداد	مثل تریزومی $(2n+1)$
		مثل پلی‌پلوئیدی $(2n \rightarrow 4n)$

بخشی از یک کروموزومی از ساختار کروموزوم جدا می‌شود:

الف) به هیچ کروموزومی وصل نمی‌شود	⇐ حذف
ب) به همان کروموزوم متصل شود	در همان محل به‌صورت معکوس = واژگونی
	در محل دیگر = جابه‌جایی
پ) به کروموزوم غیرهمتا متصل شود	= جابه‌جایی
ت) به کروموزوم همتا متصل شود	=مضاعف شدن

II) جهش‌های یاخته‌ای	پیکری	قابل انتقال به همه یاخته‌ها ⇐ جهش در یاخته تخم
		قابل انتقال به یاخته‌های دختری ⇐ جهش لنفوسیت
		غیرقابل انتقال به یاخته دیگر ⇐ جهش نورونی
	کامه‌ای	⇐ قابل انتقال به نسل بعد

تست ۲: کدام جهش در فام‌تن‌های یاخته‌های پیکری زنبور عسل غیرممکن است؟

۱) حذف ۲) مضاعف‌شدگی
۳) جابه‌جایی ۴) واژگونی

پاسخ: گزینهٔ «۲»

زنبورهای عسل نر همگی هاپلوئید هستند، پس امکان جهش مضاعف‌شدگی برای آن‌ها وجود ندارد.

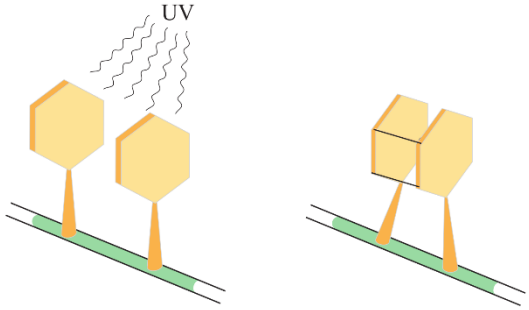
است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

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

علت جهش

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

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



شکل ۵- تشکیل دوپار تیمین

نکته:

پیامدهای جهش روی ژنگان	درون ژنی	تأثیر روی ساختار پلی‌پپتید	بی‌تأثیر روی ساختار پلی‌پپتید
			تغییر طول پلی‌پپتید: تأثیرگذاری روی عملکرد پروتئین
			تغییر در یک یا چند آمینواسید: بی‌تأثیر روی عملکرد پروتئین
			تغییر در یک یا چند آمینواسید: تأثیرگذار روی عملکرد پروتئین
	بیرون ژن	توالی افزاینده / اپراتور / راه‌انداز	مقدار رونویسی و مقدار پروتئین

علت جهش	مستقل از عوامل محیطی	ارثی	یک والد / دو والد
			خطا در همانندسازی و عدم پروتئین
	وابسته به محیط (اکتسابی)	عوامل فیزیکی	اثر پرتو فرابنفش بر ایجاد دوپار تیمین
		عوامل شیمیایی	بنزوپیرن و نیتریت سدیم

تست ۳: جهش دوپار تیمین به علت پیوند بین دو باز تیمین ..... رخ می‌دهد که علت آن به‌طور معمول قرار گرفتن در معرض ..... است.

۱) روی یکی از رشته‌های الگو یا رمزگذار دنا- بنزوپیرن

۲) بین رشته‌های الگو و رمزگذار دنا- UV

۳) روی یکی از رشته‌های الگو یا رمزگذار دنا- UV

۴) بین رشته‌های الگو و رمزگذار دنا- بنزوپیرن

پاسخ: گزینهٔ «۳»

پرتو فرابنفش باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور (دو تیمین روی یکی از رشته‌های الگو یا رمزگذار دنا) رخ می‌دهد.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند. در سال‌های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاد اکسنده و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. در عین حال، شیوهٔ فراوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد.

تحقیقات نشان داده است در مناطقی که مصرف غذاهای نمک‌سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیش‌تری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان‌ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است. گزارش‌های متعددی در دست است که نشان می‌دهد ترکیبات نیتریت‌دار مانند سدیم نیتریت، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آن‌ها اضافه می‌شود، در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زایی دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.

نکته:

پیامد جهش	مفید ← Hb^A ← Hb^S (افزایش مقاومت به مالاریا)
	مضر ← سرطان
	خنثی

سرطان	عوامل مهم پیشگیری کننده سرطان	تغذیه سالم	سبک زندگی	
		پاد اکسنده	آنتوسیانین	
			کاروتنوئیدها	لیکوپن
				گزانتوفیل
				کاروتن
			برخی آلکالوئیدها	
		الیاف	فیبر	
	یاخته‌های مبارزه کننده	یاخته‌های کشنده طبیعی	اینترفرون II پرفورین و آنزیم	
		لنفوسیت T		

گفتار ۲: تغییر در جمعیت‌ها

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

تغییر در گذر زمان

به انسان‌های اطراف خود نگاه کنید. همهٔ انسان‌ها ویژگی‌های مشترکی دارند که باعث می‌شود آنان را در گروهی به نام «انسان‌ها» قرار دهیم. در عین حال، در میان انسان‌ها «تفاوت‌های فردی» نیز وجود دارد که باعث شناخت آن‌ها از یک‌دیگر می‌شود. تفاوت‌های فردی منحصر به انسان نیست. در میان افراد گونه‌های دیگر هم تفاوت‌های فردی مشاهده می‌شود.

تفاوت‌های فردی چگونه می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد؟ این سؤال را با ذکر مثالی پاسخ می‌دهیم. فرض کنید در نوعی از جانوران، افراد تحمل متفاوتی نسبت به سرما دارند؛ یعنی بعضی‌ها می‌توانند سرما را تحمل کنند. اگر سرمای شدیدی رخ دهد، آنان که سرما را تحمل می‌کنند شانس بیش‌تری برای زنده ماندن دارند. بنابراین، این افراد، بیش‌تر از دیگران تولیدمثل می‌کنند و در نتیجه صفت تحمل سرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می‌شود. اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آن‌ها که سرما را تحمل می‌کنند، شانس بیش‌تری برای تولیدمثل و انتقال صفت به نسل‌های بعد را خواهند داشت. بنابراین، بعد از مدتی با جمعیتی روبه‌رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می‌کنند در مقایسه با جمعیت اول، بیش‌تر است و این یعنی تغییر در جمعیت.

مثال ساده‌ای که در بالا عنوان شد، نشان می‌دهد که برای تغییر، شرایطی لازم است. یکی از این شرایط، وجود تفاوت‌های فردی است. وقتی تفاوت فردی هست، این سؤال پیش می‌آید که کدام تفاوت‌ها بهترند. در مثال ما، آن‌ها که سرما را تحمل می‌کردند، در مقایسه با بقیه، شانس بهتری برای زنده ماندن داشتند. با کمی‌دقت متوجه

نکته:

جمعیت متعادل

↓

تغییر فراوانی ← دگره یا ژن‌نمود

↓

تغییر در جمعیت

۱- تغییر فراوانی ژن‌نمود به همراه تغییر در فراوانی دگره	جهش
	انتخاب طبیعی
	رانش
	شارش

۲- تغییر فراوانی ژن بدون تغییر در فراوانی دگره ← آمیزش غیرتصادفی مثل خودلقاحی

عوامل تغییردهنده فراوانی دگره‌ها	۱- جهش	ایجاد دگره جدید
		کم کردن از فراوانی یک دگره و افزایش فراوانی دگره دیگر
	۲- انتخاب طبیعی: افزایش فراوانی دگره‌های سازگارتر	
	۳- رانش: افزایش فراوانی دگره‌ها براساس شانس	
	۴- شارش: کاهش فراوانی دگره از جمعیت مبدأ و افزایش آن در جمعیت مقصد	

تمرین ۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) تفاوت‌های فردی می‌تواند در پایداری گونه مؤثر باشد.

ب) فقط انتخاب طبیعی است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیش‌تری به نسل بعد منتقل شود.

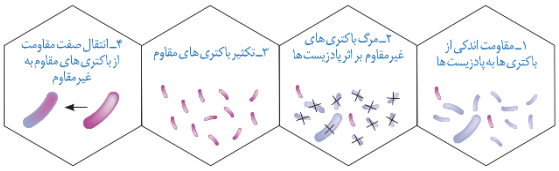
پ) مقاوم شدن باکتری‌ها نسبت به داروها مثالی از انتخاب طبیعی است.

ت) انتخاب طبیعی علاوه بر تغییر فرد موجب تغییر جمعیت نیز می‌شود.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

می‌شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست بلکه شرایط محیط تعیین‌کنندهٔ صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می‌شد، آن گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. بنابراین، زیست شناسان از واژهٔ «صفت بهتر» استفاده نمی‌کنند بلکه به جای آن می‌گویند «صفت سازگارتر با محیط». به روشنی دیده می‌شود این، «محیط» است که تعیین می‌کند کدام صفات با فراوانی بیش‌تری به نسل بعد منتقل شوند. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آن‌هایی که شانس بیش‌تری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، **انتخاب طبیعی** می‌نامند.



شکل ۶- چگونگی مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست

انتخاب طبیعی می‌تواند علت مقاوم شدن باکتری‌ها به پادزیست‌ها را نیز توضیح دهد (شکل ۶).

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

خزانهٔ ژن

قبل از کشف مفاهیم پایهٔ ژنتیک، زیست شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می‌کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی. با شناخت ژن‌ها، این امکان فراهم شد که زیست شناسان، جمعیت را بر اساس ژن‌های آن توصیف کنند. مجموع همهٔ دگره‌های موجود در همهٔ جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را **خزانهٔ ژن** آن جمعیت می‌نامند.

جمعیت در حال تعادل

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است. تا وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست. اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است. عوامل زیر باعث می‌شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود.

تست ۴: کدام معرف یک جمعیت است؟

۱) مجموعه درخت شهر شما در سال گذشته

۲) همه موجوداتی که در یک زیست بوم با هم در ارتباط‌اند.

۳) همه گل‌مغربی‌ها مورد مطالعه هوگو دوری در اوایل دهه ۱۹۰۰

۴) همه درختان گیسو سال ۲۰۱۸ فرانسه

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در ارتباط با جمعیت باید اسم گونه، مکان و زمان مورد توجه قرار گیرد.

تمرین ۵: دو راه افزایش جمعیت باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک را بنویسید.

پاسخ:

۱) از طریق تقسیم شدن

۲) انتقال دیسک‌ها (پلازمیدها) از باکتری مقاوم به باکتری غیر مقاوم

تست ۵: کدام گزینه معرف خزانهٔ ژنی یک جمعیت است؟

۱) کل محتوای ژنی و غیرژنی همهٔ افراد یک جمعیت

۲) کل محتوای ژنی و غیرژنی همهٔ افراد یک جمعیت در حال تعادل ژنی

۳) مجموع همهٔ شکل‌های مختلف همهٔ جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت

۴) مجموع همهٔ دگره‌های همهٔ جایگاه‌های ژنی جمعیت در حال تعادل ژنی

پاسخ: گزینهٔ «۳»

مجموع همهٔ دگره‌های موجود در همهٔ جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانهٔ ژنی آن جمعیت می‌نامند.

الف) جهش: یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می‌شود. اگر جهش رخ دهد، آن گاه دگره‌های جدیدی ایجاد می شوند که این یعنی تغییر در فراوانی دگره‌ها.

جهش، با افزودن دگره‌های جدید، خزانهٔ ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد. بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر رخ نمود ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط محیط ممکن است دگرهٔ جدید، سازگارتر از دگره یا دگره‌های قبلی عمل کند.

ب) رانش دگره‌ای: در هر جمعیتی، بعضی از افراد ممکن است فرزندان بیش‌تری نسبت به بقیه داشته باشند یا این‌که اصلاً فرزندی نداشته باشند. بنابراین ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند لزوماً ژن‌های سازگارتر نیستند بلکه **ژن‌های خوش‌شانس‌ترند**! به مثال دیگری توجه کنید. فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات‌اند. حین عبور، دو گوسفند به پایین سقوط می‌کنند. اگر این دو گوسفند پیش از رسیدن به سن تولیدمثل مرده باشند، شانس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد نداشته‌اند. به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره‌ای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگره‌ای می‌گویند. رانش دگره‌ای گر چه فراوانی دگره‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

به مثال دیگری توجه کنید. گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش سوزی و نظایر آن، تعداد آن‌هایی که می‌میرند ممکن است بیش از آن‌هایی باشند که زنده می‌مانند. بنابراین فقط بخشی از دگره‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین دگره‌های برجای مانده تشکیل خواهند شد (شکل ۷). در این صورت نیز فراوانی دگره‌ها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آن‌ها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.

هر چه اندازهٔ یک جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش دگره‌ای اثر بیش‌تری دارد. به همین علت، برای آن‌که جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازهٔ بزرگی داشته باشد. منظور از اندازهٔ جمعیت، تعداد افراد آن است.

تست ۶: از عوامل مؤثر در برقرار ماندن تعادل ژنی در یک جمعیت، این است که .....

۱) انتخاب طبیعی رخ دهد.

۲) آمیزش‌ها غیرتصادفی باشد.

۳) فراوانی دگره‌ها نسبتاً ثابت بماند.

۴) شارش ژن به‌طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگره‌ها یا ژن‌نمودها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود، آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است.

تست ۷: هر عاملی که بر ..... جمعیت مؤثر است، قطعاً .....

(سراسری خارج کشور ۸۸)

۱) فراوانی الل‌های ناسازگار- می‌تواند باعث پیدایش الل‌های جدید شود.

۲) تغییر ساختار ژنی- در تعیین جهت تغییر گونه‌ها بی‌تأثیر می‌باشد.

۳) تنوع افراد- در تغییر خزانهٔ ژنی جمعیت، نقش اساسی دارد.

۴) تغییر چهرهٔ- باعث حذف کامل الل‌های نامطلوب می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۸: کدام عبارت، دربارهٔ جمعیت‌های کوچک طبیعی نادرست است؟ (سراسری خارج کشور ۹۵)

۱) نیروهای تغییردهندهٔ گونه‌ها فعال می‌باشند.

۲) امکان آمیزش میان افرادی با فنوتیپ یکسان وجود دارد.

۳) احتمال وقوع تغییرات شدید در فراوانی نسبی الل‌ها وجود دارد.

۴) در پاسخ به هر تغییر محیطی، شانس بقا و زادآوری افراد افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

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

پ) شارش ژن: وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از دگره‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند. به این پدیده، شارش ژن می‌گویند. اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به طور پیوسته و دوسویه ادامه یابد، سرانجام خزانهٔ ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.

ت) آمیزش غیرتصادفی: برای آن‌که جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزش‌ها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست. برای مثال، جانوران جفت خود را براساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند (فصل ۸).

ث) انتخاب طبیعی: انتخاب طبیعی فراوانی دگره‌ها را در خزانهٔ ژنی تغییر می‌دهد. انتخاب طبیعی افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. به این ترتیب، خزانهٔ ژن نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود. در مثال ابتدای این گفتار، دیدیم که چگونه در نتیجهٔ انتخاب طبیعی، بعضی از باکتری‌ها نسبت به تغییر شرایط (حضور پادزیست‌ها) سازش پیدا کرده‌اند.

حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها

دانستیم که نتیجهٔ انتخاب طبیعی، سازگاری بیش‌تر جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، دیدیم که گوناگونی در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد. از این رو به سازوکارهایی نیاز است که بتوانند در عین وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی را حفظ کند. در ادامه، این سازوکارها را بررسی می‌کنیم.

تست ۹: کدام عبارت، دربارهٔ یک جمعیت طبیعی نادرست است؟ (سراسری ۹۶)

۱) بیش از یک عامل می‌تواند سبب افزایش تنوع الل‌های آن شود.

۲) انتخاب طبیعی می‌تواند در جهت افزایش نوعی از الل‌های آن عمل نماید.

۳) کاهش توان زیستی افراد می‌تواند ناشی از افزایش تنوع الل‌های آن باشد.

۴) هر عامل تغییردهندهٔ فراوانی الل‌ها، بر کاهش الل‌های نامطلوب آن مؤثر است.

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۱۰: همهٔ سلول‌های تشکیل‌دهندهٔ خزانهٔ ژنی انسان سالم .....

۱) برای همهٔ انواع بیماری‌ها یک الل دارند.

۲) برای همهٔ انواع بیماری‌ها دو نوع الل دارند.

۳) درون خود ساختارهای چهار کروماتیدی ایجاد می‌کنند.

۴) دارای یک مجموعه ۲۳ کروموزومی می‌باشند.

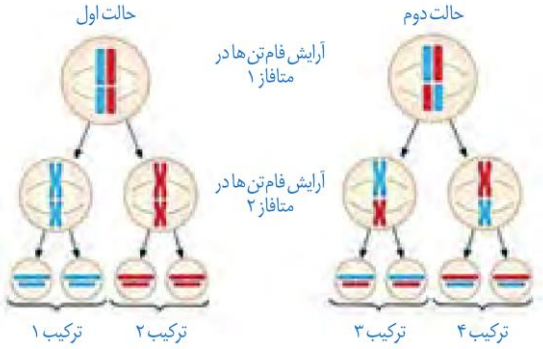
پاسخ: گزینهٔ «۴»

در ارتباط با جمعیت باید اسم گونه، مکان و زمان مورد توجه قرار گیرد.

نکته:

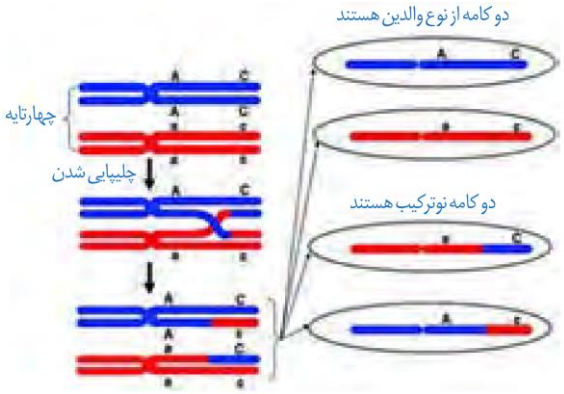
حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها	گوناگونی دگره‌ای در کامه‌ها
	نوترکیبی
	اهمیت ناخالص‌ها

الف) گوناگونی دگره‌ای در کامه‌ها: در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق کامه‌هایی که می‌سازد، نیمی‌از فام‌تن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. این‌که هر کامه کدام‌یک از فام‌تن‌ها را منتقل می‌کند به آرایش چهار تایه‌ها (تترادها) در کاستمان ۱ بستگی دارد. در متافاز کاستمان ۱، فام‌تن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد کامه‌های مختلف می انجامد. در شکل ۸ نحوهٔ توزیع فام‌تن‌ها طی کاستمان نشان داده شده است.



شکل ۸- نحوهٔ توزیع فام‌تن‌ها طی کاستمان

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



شکل ۹- نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن

پ) اهمیت ناخالص‌ها: اهمیت ناخالص‌ها در حفظ گوناگونی را می توان به وسیلهٔ بیماری کم خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی

تست ۱۱: کدام مورد نمی‌تواند جزئی از مکانیسم‌هایی باشد که منجر به حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها می‌شود؟

۱) آرایش چهار تایه‌ها در کاستمان ۱

۲) جابه‌جایی قطعات بین فامینک‌های غیرخواهری در ساختار ترادی

۳) پیدایش افرادی با دگره‌های متفاوت در ژن‌نمود خود

۴) تغییر فراوانی دگره‌ها بر اثر رویدادهای تصادفی

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تغییر فراوانی دگره‌ها بر اثر رویدادهای تصادفی، رانش دگره‌ای است که سبب کاهش گوناگونی در جمعیت‌ها می‌شود.

تست ۱۲: فردی با ژنوتیپ مقابل ($2n = 4$ کروموزوم)، بعد از کراسینگ‌اور و تبادل قطعات **B** و **b**، حداکثر چند نوع گامت جدید می‌تواند تولید کند؟ (سراسری ۸۴)

$$\frac{A}{B}\left|\frac{a}{b}\right. \quad C||c$$

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۱۳: چند مورد، عبارت زیر را به درستی تکمیل می‌نماید؟ (سراسری ۹۴)

«در جانوران، هر نوع .....»

الف) تبادل قطعه بین دو کروموزوم، جهش نام دارد.

ب) لقاح تصادفی، به بروز فنوتیپ جدید زاده‌ها می‌انجامد.

پ) تغییری در عدد کروموزومی سلول‌ها، جهش محسوب می‌شود.

ت) تفکیک کروموزومی در والدین، باعث نوترکیبی گامت‌ها می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی شکل ژن نمود Hb^SHb^S دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند. ژن نمود ناخالص‌ها Hb^AHb^S است و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

ژن شناسان با مطالعهٔ توزیع این بیماری در جهان دریافته‌اند که فراوانی دگرهٔ Hb^S در مناطقی که مالاریا شایع است بسیار بیش‌تر از سایر مناطق است. بیماری مالاریا به وسیلهٔ نوعی انگل تک‌یاخته‌ای ایجاد می‌شود که بخشی از چرخهٔ زندگی خود را در گویچه‌های قرمز می‌گذراند. افرادی که گویچه سالم دارند، یعنی Hb^AHb^A هستند، در معرض خطر ابتلا به مالاریا قرار دارند. این انگل نمی‌تواند در افراد Hb^AHb^S سبب بیماری شود چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، شکل آن‌ها داسی شکل می‌شود و انگل می‌میرد. پس افراد Hb^AHb^S در برابر مالاریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود دگرهٔ Hb^S در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود. حال آن‌که در سایر مناطق دگرهٔ مطلوبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کنندهٔ صفتی است که حفظ می شود.

تست ۱۴: کدام عبارت، دربارهٔ ملخ‌های یک جمعیت درست است؟ (سراسری ۹۵)

۱) هر صفت جهش‌یافته‌ای، از والدین به همهٔ زاده‌ها منتقل می‌شود.

۲) فرایند کراسینگ‌اور می‌تواند منجر به عدم تولید گامت نوترکیب شود.

۳) به دنبال هر جهش، تغییری در تعداد نوکلئوتیدهای یک ژن رخ می‌دهد.

۴) هر سلول با داشتن دو مجموعه کروموزوم، می‌تواند گامت نوترکیب ایجاد کند.

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۱۵: کدام عبارت صحیح است؟

۱) رانش ژن برخلاف جهش فراوانی الل‌ها را در خزانهٔ ژنی یک جمعیت تغییر می‌دهد.

۲) آمیزش‌های غیرتصادفی برخلاف انتخاب طبیعی، منجر به افزایش فراوانی افراد می‌شود.

۳) جهش برخلاف شارش ژن، با تغییر در مادهٔ ژنتیک جمعیت، خزانه ژنی را دستخوش تغییر می‌نماید.

۴) بعضی از افراد با رخ‌نمود طبیعی به دنبال تغییر محیط می‌توانند رخ‌نمود افراد مبتلا به بیماری ژنتیکی نهفته را نشان دهند.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در افراد Hb^sHb^A که رخ‌نمود سالم دارند با کاهش اکسیژن محیط (تغییر محیطی) گویچه‌های قرمز داسی شکل شده و رخ‌نمود افراد مبتلا به بیماری ژنتیکی نهفته یا Hb^sHb^s را نشان می‌دهند.

تست ۱۶: در مناطقی که عارضهٔ گلبول‌های قرمز داسی شکل شایع است، فراوانی فنوتیپ ..... در هنگام شیوع مالاریا نسبت به قبل از آن .....

۱) مغلوب- بیش‌تر می‌شود. ۲) غالب- بیش‌تر می‌شود.

۳) غالب- تغییر نمی‌کند. ۴) مغلوب- تغییر نمی‌کند.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در ارتباط با جمعیت باید اسم گونه، مکان و زمان مورد توجه قرار گیرد. زیست دوازدهم، فصل ۴، صفحه‌های ۵۴ تا ۵۶)

تمرین ۶: با علامت + و – مشخص کنید که برای هر ژن‌نمود زیر کدام حالت امکان‌پذیر است؟

ژن‌نمود	$X_B^AX_b^a$	$X_B^AX_B^a$	$X_B^AX_B^A$
کراسینگ‌اور			
نوترکیبی			

پاسخ:

گفتار ۳: تغییر در گونه‌ها

گونه‌های بسیاری روی کرهٔ زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه‌ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا این‌که در طول زمان پدید آمده‌اند؟ در این گفتار، شواهدی را خواهیم دید که نشان می‌دهد گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند.

سنگواره‌ها

در سال‌های قبل، با انواع سنگواره‌ها و نحوهٔ تشکیل آن‌ها آشنا شده‌اید. به یاد دارید که سنگواره عبارت بود از بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداری که در گذشتهٔ دور زندگی می‌کرده است. سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران (مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی) است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همهٔ قسمت‌های بدن آن‌ها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

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

شکل ۱۰- برگ درخت گیسو و سنگوارهٔ آن

دیرینه‌شناسان قادرند عمر یک سنگواره را تعیین کنند. آنان اکنون می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند. در مجموع، سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.

تشریح مقایسه‌ای

در تشریح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یک دیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی

نکته:

شواهد تغییر گونه‌ها	۱- سنگواره‌ها
	۲- تشریح مقایسه‌ای
	۳- مطالعات مولکولی

اطلاعات سنگواره‌ها	۱- انقراض گونه‌ها: دایناسورها
	۲- پیدایش گونه‌های جدید: لاله یا گربه
	۳- ثبات گونه‌ها: درخت گیسو

تمرین ۷: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) بعضی از سنگواره‌ها در پاسخ گیاه به زخم ایجاد می‌شوند.

ب) مقایسهٔ برگ درخت گیسو با آثار سنگواره‌های آن نشان می‌دهد که این گیاه دچار تغییرات شدیدی شده است.

پ) دیرینه‌شناسان می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند.

ت) سنگواره‌ها نشان می‌دهد که در زمان‌های مختلف با توجه به شرایط متفاوت محیطی، زندگی به شکل‌های مشابهی جریان داشته است.

پاسخ:

تست ۱۷: دو اندام ..... در دو گونهٔ مختلف نمی‌توانند .....

۱) وستیجیال- با یک‌دیگر همولوگ باشند.

۲) همولوگ- اندام وستیجیال باشند.

۳) همولوگ- دارای نقش‌های مهم و متفاوت باشند.

۴) وستیجیال- دارای نقش‌های مهم و مشابه باشند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسهٔ اندام حرکت جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آن‌ها یکسان است، با این‌که کار متفاوتی دارند « اندام‌ها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرنده، بالهٔ دلفین و دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند.

علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت چیست؟

زیست‌شناسان بر این باورند که این گونه‌ها، **نیای مشترکی** دارند یعنی این‌که در گذشته از گونهٔ مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱۱)، به همین علت این شباهت‌ها میان آن‌ها دیده می‌شود. گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند **گونه‌های خویشاوند** می‌گویند.

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

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

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

تشریح مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری را نیز فراهم می‌کند. وقتی گونه‌های مختلف را مقایسه می کنیم، گاهی به ساختارهایی برمی‌خوریم که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عدهٔ دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را **ساختارهای وستیجیال** (به معنی ردپا) می‌نامیم.

نکته:

اطلاعات حاصل از تشریح مقایسه‌ای	۱- شناخت گونه‌های خویشاوند علی‌رغم داشتن اندام‌های با ظاهر متفاوت ولی طرح ساختاری یکسان بر مبنای اندام‌های همتا
	۲- شناخت روش‌های مختلف سازش برای پاسخ به یک نیاز در گونه‌های مختلف بر مبنای اندام‌های آنالوگ
	۳- شناخت اندام‌های با کارایی بالا یا کم یا فاقد نقش بر مبنای اندام‌های وستیجیال

تمرین ۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در دو گونهٔ مختلف، اندام‌هایی که کار یکسانی انجام می‌دهند، قطعاً همتا اند.

ب) در دو گونهٔ مختلف، اندام‌ها یا ساختارهای همتا، قطعاً از لحاظ شکل و کار متفاوت اند.

پ) نیای مشترک شیر کوهی و کوسه می‌تواند نیای مشترک شیرکوهی و دلفین باشد.

ت) دلفین و کوسه نسبت به شیرکوهی و دلفین، نیاهای مشترک بیش‌تری دارند.

پاسخ:

تمرین ۹: جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف) خویشاوندی کوسه و دلفین (بیش‌تر- کم‌تر) ..... از خویشاوندی شیرکوهی و دلفین است.

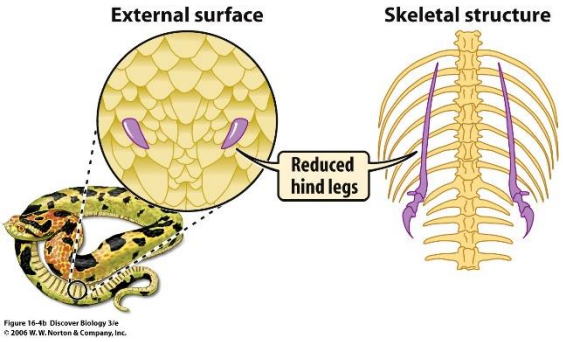
ب) غضروف ماهیان و پستانداران (فاقد- دارای) ..... نیای مشترک‌اند.

پ) دو جانوری که اندام (آنالوگ- همتا) ..... دارند خویشاوندی نزدیک‌تری به هم دارند.

ت) بال خفاش و بال کبوتر (آنالوگ- همتا) ..... هم هستند.

پاسخ:

مار پیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به‌صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است (شکل ۱۲).

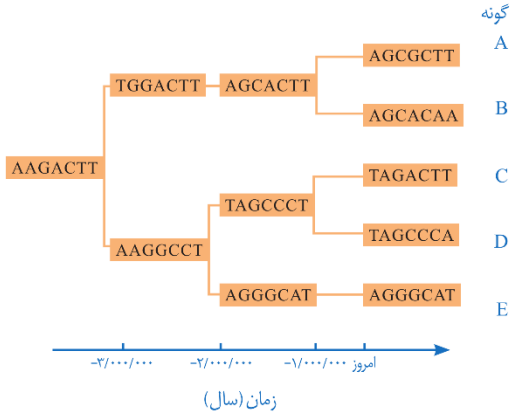


شکل ۱۲- بقایای پا در مار پیتون

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

مطالعات مولکولی

مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان هم انجام داد. در ژنگان شناسی مقایسه‌ای، ژنگان گونه‌های مختلف با یک‌دیگر مقایسه می شود. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به‌دست می‌آید. مثلاً اینکه کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند. همچنین، زیست‌شناسان از مقایسهٔ بین دنای جانداران مختلف برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هر چه دنای دو جاندار شباهت بیش‌تری داشته باشد، خویشاوندی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توانند به تاریخچهٔ تغییر آن‌ها پی ببرند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- چگونگی مشتق‌شدن پنج گونه فرضی از یک نیای مشترک

توالی‌هایی از دنا را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند **توالی‌های حفظ شده** می‌نامند.

تمرین ۱۰: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) سوسمار (برخلاف- همانند) ..... مار پیتون لگن دارد.

ب) سوسمارها نسبت به مارها از نظر زمانی- دایناسورها (نزدیک‌تراند- دورتراند)

پاسخ:

تست ۱۸: دلفین ..... کوسه دارای گردش خون ..... است.

۱) همانند- ساده ۲) برخلاف- مضاعف

۳) همانند- مضاعف ۴) برخلاف- ساده

پاسخ: گزینهٔ «۲»

دلفین پستاندار است؛ اما کوسه نوعی ماهی است. پستانداران برخلاف ماهی‌ها گردش خون مضاعف دارند.

تست ۱۹: کدام تعریف برای ژنگان درخت زیتون مناسب است؟

۱) شامل کل اسیدهای نوکلئیک درون هسته، سیتوپلاسم، راکیزه‌ها و سبز دیسه‌ها است.

۲) به کل محتوای ژنتیکی قابل انتقال از نسلی به نسل دیگر گفته می‌شود.

۳) شامل ۴۶ فام‌تن هسته و دناهای حلقوی راکیزه‌ها و سبزدیسه‌ها است.

۴) برابر با مجموع نوکلئیک اسیدهای هسته‌ای و سیتوپلاسمی است.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

ژنگان به کل محتوای مادهٔ واثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای مادهٔ وراثتی هسته‌ای از سیتوپلاسمی. ژنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هر یک از انواع فام‌تن‌ها در نظر می‌گیرند.

تست ۲۰: در ژنگان‌شناسی، اهمیت توالی‌های حفظ شده چیست؟

«قوانین بنیادی وراثت ..... از معلوم شدن ..... دنا کشف شد.»

۱) مشخص می‌کند چرا یک اندام وستیجیال بسیار کارآمد شده است.

۲) دلیل یکسان بودن کار اندام‌های آنالوگ را توضیح می‌دهد.

۳) دلیلی بر وجود صفات مشترک بین گونه‌های اشتقاق یافته از یک نیای مشترک است.

۴) مشخص می‌کند به چه دلیل اندام‌های همتا، طرح ساختاری متفاوت دارند.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

توالی‌های حفظ شده توالی‌هایی از دنا هستند که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند و برای تشخیص خویشاوندی آن‌ها استفاده می‌شوند، پس دلیلی بر وجود صفات مشترک بین گونه‌های اشتقاق‌یافته از یک نیای مشترک می‌باشند.

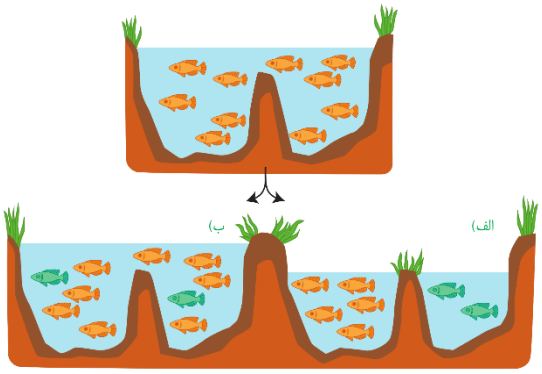
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گونه زایی

تعاریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدودهٔ مشخصی کارآمدند. یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که ارنست مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولیدمثل جنسی دارند: « گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند »

زیستا در تعریف بالا، به جانداری گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد. همچنین، منظور از آمیزش موفقیت‌آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیستا و زایا منجر شود.

اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن گاه خزانه ژنی آن‌ها از یک‌دیگر جدا و احتمال تشکیل گونهٔ جدید فراهم می شود. منظور از جدایی تولیدمثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند. به‌طور کلی ساز وکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند: گونه‌زایی دگرمیهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی هم‌میهنی که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد. در شکل ۱۴ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۱۴- الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی

گونه‌زایی دگرمیهنی: گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و وقوع سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. مثلاً در نتیجه پدیده کوه‌زایی، ممکن است در یک منطقه مثلاً کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود و یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند.

این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را - که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند- قطع می‌کنند و بین آن‌ها دیگر شارش ژن صورت

تست ۲۱: جدا بودن خزانهٔژنی دو گونهٔ مختلف همواره ..... آن‌ها، تأیید می‌شود.

۱) با عدم آمیزش

۲) با عدم تقسیم زیگوت حاصل از

۳) با عدم توانایی تشکیل زیگوت از

۴) با عدم انتقال ژن به نسل‌های متعددی

پاسخ:

تست ۲۲: در گذشته به منظور اشتقاق دو گونهٔ ماهی، که در یک زیستگاه زندگی می‌کردندولی بعد با احداث یک سد از هم جدا شدند، ابتدا ..... . (سراسری ۹۳)

۱) تنها، عامل تغییر دهندهٔ دگره‌ها فعال گردید.

۲) همهٔ عوامل مؤثر بر تغییر فراوانی دگره‌ها دست به کار شدند.

۳) بعضی از اعضای جمعیت متحمل تغییرات ناگهانی و جدایی تولیدمثلی شدند.

۴) یکی از نیروهای مؤثر بر تغییر ساختار ژنی جمعیت، متوقف گردید.

پاسخ:

تمرین ۱۱: با علامت‌های + و – مشخص کنید کدام موارد در گونه‌زایی‌های مشابه یا متفاوت است؟

گونه‌زایی	هم‌میهنی	دگر میهنی
جهش		
انتخاب طبیعی		
رانش		
شارش منفی		
نوترکیبی		

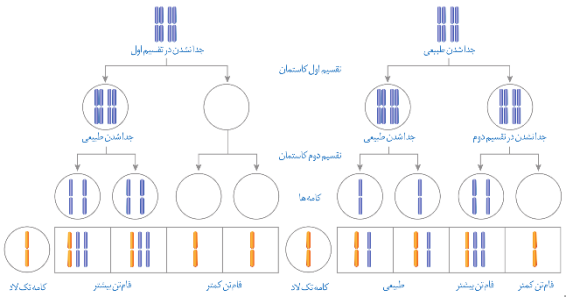
پاسخ:

نمی‌گیرد. بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به‌تدریج دو جمعیت یاد شده با یک‌دیگر متفاوت می‌شوند. از آن‌جا که شارش ژن میان آن‌ها وجود ندارد، این تفاوت بیش‌تر و بیش‌تر می‌شود تا جایی که حتی اگر این دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین آن‌ها رخ نخواهد داد و بنابراین می‌توان آن‌ها را دوگونه مجزا به شمار آورد. اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آن وقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

گونه‌زایی هم‌میهنی: گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را گونه‌زایی هم‌میهنی می‌نامند. در گونه‌زایی هم‌میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگرمیهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

پیدایش گیاهان چندلادی (پلی‌پلوییدی)، مثال خوبی از گونه‌زایی هم‌میهنی است. چندلادی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیستا و زایا هستند اما نمی‌توانند در نتیجهٔ آمیزش با افراد گونهٔ نیایی خود، زاده‌های زیستا و زایا پدید آورند و بنابراین گونه‌ای جدید به شمار می‌روند.

گیاهان چندلادی بر اثر خطای کاستمانی ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدانشدن فام‌تن‌ها در کاستمان به تشکیل کامه‌هایی با عدد فام‌تنی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این کامه‌ها با کامه طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نتیجهٔ آمیزش کامه‌های حاصل از خطای کاستمانی با کامه سالم

در اوایل دههٔ ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دووری که با گیاهان گل مغربی **(۲n = ۱۴)** کار می‌کرد، متوجه شد که یکی از گل‌های مغربی ظاهری متفاوت با بقیه دارد. وی با بررسی فام‌تن‌های آن دریافت که این گیاه به جای ۱۴ فام‌تن، ۲۸ فام‌تن دارد و بنابراین چارلاد (تتراپلوئید) **(۴n)** است. گامت‌هایی که گیاه چارلاد ایجاد می‌کند، دولاد **(۲n)** اند نه تک لاد **(n)**.

تست ۲۳: هر جانور دو رگهٔ ..... ، قطعاً ..... .
(سراسری ۹۴)
۱) زیستا- روند تبادل ژن بین گونه‌های نزدیک را پایدار می‌کند.
۲) نازا- توانایی تکثیر اطلاعات ژنتیکی والدین خود را دارد.
۳) زیستا- زاده‌هایی ضعیف یا نازا تولید می‌کند.
۴) نازا- با فاصلهٔ کوتاهی پس از تولد می‌میرد.
پاسخ:

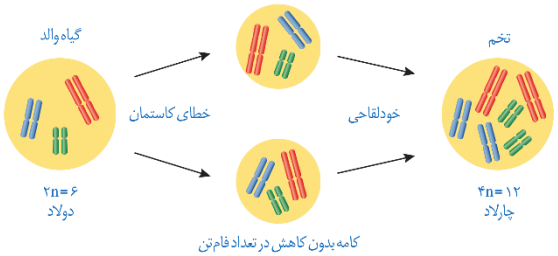
تمرین۱۲: اگر فردی $2n = 8$ در کاستمان ۱ خود دچار خطا میوزی شود و یک جفت کروموزوم‌های همتا از هم جدا شوند. در صورت لقاح کامه‌های آن با کامه‌های طبیعی، یاخته‌های تخم حاصل چند فام‌تنی خواهند بود؟
پاسخ:

تمرین ۱۳: اگر فردی $2n = 8$ در کاستمان ۲ خود دچار خطای میوزی شود و کروموزوم‌های دختری یک کروموزوم به یک کامه منتقل شوند، در صورت لقاح کامه‌های آن با کامه‌های طبیعی، یاخته‌های تخم حاصل چند فام‌تنی خواهند بود؟
پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

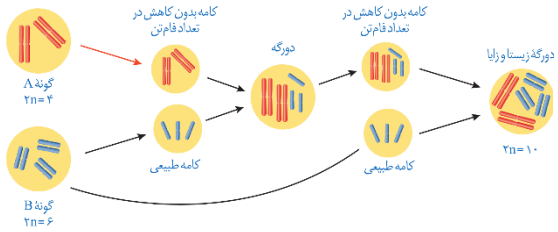
اگر کامه‌های این گیاه با کامه‌های گیاهان طبیعی، که تک لادند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه لاد (تریپلوئید) **(۳n)** خواهند شد. گیاه سه لادِ حاصل از نمو این تخم، نازاست.

اما اگر گیاه چارلاد بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارلاد مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم **۴n** خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به کاستمان بوده، بنابراین زایاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که **۲n** بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونهٔ جدیدی تعلق دارد که افراد آن **۴n** هستند. شکل ۱۶ این ساز وکار را برای گیاهی با ۶ فام‌تن نشان می‌دهد.



شکل ۱۶- چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد

یکی دیگر از ساز وکارهای گونه‌زایی هم‌میهنی، آمیزش بین افراد متعلق به دو گونه مختلف است. اگر چه زاده‌های حاصل از آمیزش بین گونه‌ای، زیستا و زایا نیستند اما گاهی به لطف خطای کاستمانی، امکان ایجاد گونه جدید، به خصوص در گیاهان، فراهم می‌شود. شکل ۱۷ ساز وکار این نوع گونه‌زایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷- ساز وکار ایجاد گونه جدید در نتیجه خطای میوزی و آمیزش بین گونه‌ای

تست ۲۴: گل مغربی سه‌لاد ..... گل مغربی تتراپلوئید .....

۱) همانند- دارای فام‌تن‌های همتا است.

۲) همانند- زیستا و زایا است.

۳) برخلاف- فاقد توانایی تکثیر ژن‌های والدی خود است.

۴) برخلاف- نشان‌دهندهٔ گونه‌زایی دگر میهنی است.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

در گل مغربی سه لاد، از هر کروموزوم ۳ عدد و در گل مغربی تتراپلوئید از هر کروموزوم ۴ عدد موجود است، پس در هر دو کروموزوم همتا یافت می‌شود.

تست ۲۵: از آمیزش بین گیاهان گل مغربی تتراپلوئید و دیپلوئید، آلبومن از سلول تخمی با .....

۱) ۲۱ یا ۳۵ ۲) ۲۸ یا ۳۵

۳) ۳۵ یا ۴۳ ۴) ۲۸ یا ۴۲

پاسخ:

تمرین ۱۴: برای ایجاد دو رگه زیستا و زایا **۲n = ۱۰** از دو گونهٔ **(۲n = ۴) A** و گونه **(۲n = ۶) B** نیاز است که:

۱- گونه **(B – A)** .....با خطای کاستمانی، کامه **۲n** تولید کند.

۲- از لقاح کامه جهش‌یافته با کامه طبیعی، دو رگه (۷- ۵) ..... فام‌تنی پدید آید.

۳- دو رگه کامه‌ای (با - بدون) ..... کاهش تعداد فام‌تنی تولید کند.

۴- دو رگه با گونه نیایی **(B – A)** ... خود آمیزش کند.

۵- در دو رگه زیستا و زایا (همانند- برخلاف) ..... دو رگه اولیه فام‌تن‌های نیایی **(B – A)** ..... دو به دو همتا هستند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

از ماده به انرژی

اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته‌های بدنتان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی از کجا و چگونه تأمین می‌شود؟

چرا ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، سبب می‌شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدهیم؟

با همه تفاوت‌هایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد؛ انرژی مورد نیاز ما به شیوهٔ یکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از مادهٔ مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم.

گفتار ۱: تأمین انرژی

تنفس یاخته‌ای

به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟ در کتاب زیست شناسی ۱، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است؛ زیرا در این فرایند **ATP** تولید می‌شود. مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوکز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول **ATP** به کار می‌رود (واکنش ۱).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + ADP + P \xrightarrow{\text{(فسفات)}} 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

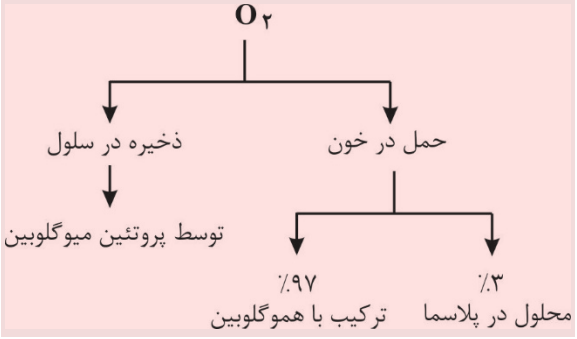
این واکنش تنفس یاخته‌ای هوازی را نشان می‌دهد؛ زیرا تجزیهٔ ماده مغذی و تولید **ATP** با حضور اکسیژن انجام می‌شود. تجزیهٔ ماده مغذی و تولید **ATP** بدون نیاز به اکسیژن نیز انجام می‌شود که در گفتار ۳ به آن می‌پردازیم.

مولکول پرانرژی ATP

هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هر یک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولیدمثل به در اختیار داشتن **ATP** وابسته است.

ATP یا آدنوزین تری فسفات، شکل رایج و قابل استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها و نوکلئوتیدی تشکیل شده از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (که با هم آدنوزین نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا **AMP** (آدنوزین مونو فسفات)، سپس **ADP** (آدنوزین دی فسفات) و در نهایت **ATP** (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود (شکل ۱).

نکته:



تمرین ۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) یاخته پوششی هیدر از لحاظ شیوهٔ کسب انرژی از غذا متفاوت با نورون پروانه مونارک عمل می‌کند.

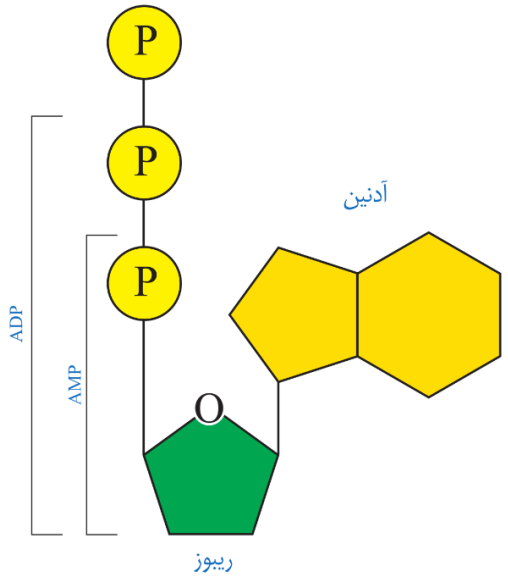
ب) دومین ویژگی همهٔ جانداران همانند سومین ویژگی آنها نیازمند مصرف انرژی است.

پ) میزان انحلال‌پذیری گازی که در اثر تنفس یاخته‌ای هوازی تولید می‌شود در پلاسما، بیش از دو برابر انحلال‌پذیری پذیرندهٔ نهایی الکترون در راکیزه است.

ت) تجزیهٔ مادهٔ مغذی در بدن انسان بدون فعالیت هموگلوبین غیرممکن است.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .



شکل ۱- ساخته شدن ATP

به‌طور معمول **ATP** از **ADP** تشکیل می‌شود و این دو مولکول به هم تبدیل می‌شوند. هنگام تشکیل مولکول **ATP** از **ADP**، پیوندهای پرانرژی بین گروه‌های فسفات ایجاد و با شکسته شدن این پیوندها، انرژی ذخیره شده در آن‌ها آزاد می‌شود (شکل ۲).

شکل ۲- تبدیل ATP و ADP به یک‌دیگر

روش‌های ساخته شدن **ATP**: دیدیم که برای ساخته شدن **ATP** به فسفات نیاز هست. یکی از روش‌های ساخته شدنِ **ATP** برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات‌دار (پیش‌ماده) افزودن آن به **ADP** است. به همین علت، این روش را ساخته شدن **ATP** در سطح پیش ماده می‌نامند.

در کتاب « زیست شناسی ۲ » با نمونه‌ای از ساخته شدن **ATP** در سطح پیش ماده آشنا شده‌اید، آیا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه‌ها برای انقباض به **ATP** نیاز دارند و یکی از راه‌های تأمین آن در ماهیچه‌ها، برداشتِ فسفات از مولکولِ کرآتین فسفات و انتقال آن به **ADP** است (شکل ۳). در این مثال کرآتین فسفات، پیش ماده‌ای است که فسفات آن برای ساخته شدن **ATP** به‌کار می‌رود.

تمرین ۲: در مورد **ATP** به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) نوکلئوتید دنایی است یا رنایی؟

ب) چرا آدنوزین نوکلئوتید نیست؟

پ) آدنین با کدام حلقهٔ خود با قند پیوند اشتراکی می‌دهد؟

ت) **ATP** چند پیوند پرانرژی دارد؟

پاسخ:

نکته:

۱- در سطح پیش‌ماده	میان‌یاخته	کراتین فسفات
		گلیکولیز
	بستره راکیزه	چرخهٔ کربس
۲- در سطح اکسایش	غشای باکتری	
	غشای درونی راکیزه	
۳- در سطح نوری	غشای سیانوباکتری	
	غشای تیلاکوئید سبزدیسه	

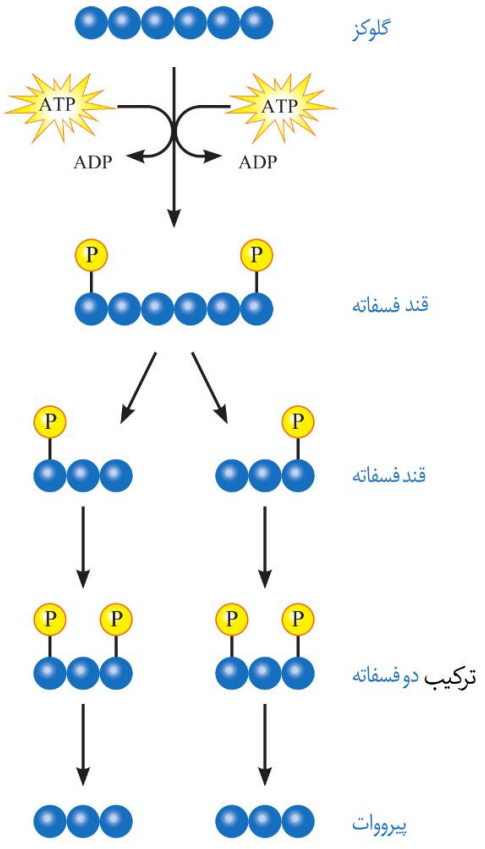
شکل ۳- ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده

ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری **ATP**، دو روش دیگرند. در ساخته شدن اکسایشی، **ATP** از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها در راکیزه ساخته می‌شود که در ادامهٔ این فصل با آن آشنا می‌شوید. روش دیگر ساخته شدن **ATP**، ساخته شدن نوری است که در سبزدیسه انجام می‌شود (فصل ۶).

زیستن با اکسیژن

اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به‌کار می برند. در این‌جا ما نیز تنفس یاخته‌ای را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به‌کار می‌بریم.

قندکافت (گلیکولیز): اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیهٔ گلوکز است که در مادهٔ زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوکز در قندکافت، نه به‌صورت یک باره، بلکه به‌صورت مرحله ای انجام می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- مراحل قندکافت

تمرین ۳: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید:

الف) آنزیم درون (تار- تارچه) ..... ماهیچه چهار سر ران می‌تواند از روی کراتین فسفات در (یک- سه) ..... مرحله **ATP** بسازد.

ب) هر یاخته‌ای که توانایی تولید **ATP** در سطح اکسایش را دارد توانایی (ساخت نوری **ATP** - ساخت **ATP** پیش‌ماده‌ای) ..... را نیز دارد.

پ) ساخته شدن **ATP** از طریق کراتین فسفات (برخلاف- همانند) ..... تولید **ATP** در قندکافت وابسته به اکسیژن (است- نیست) ..... .

ت) هیچ جانداری بدون (تنفس یاخته‌ای- انرژی) ..... قادر به ادامه حیات نیست.

پاسخ:

تست ۱: کدام مورد جمله زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟
«در اولین مرحلهٔ تنفس یاخته‌ای .....»
۱) در اولین واکنش یک مادهٔ آلی دو فسفاته تولید می‌شود.
۲) هر واکنشی که با مادهٔ آلی بدون فسفات شروع شود، انرژی‌خواه است.
۳) هر واکنشی که منجر به تولید مادهٔ آلی بدون فسفات شود، مصرف‌کنندهٔ قند است.
۴) هر واکنشی که با مصرف قند فسفات‌دار شروع شود، گیرندهٔ الکترون از **NADH** است.

پاسخ: گزینهٔ «»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست. این انرژی از **ATP** تأمین می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۴ می‌بینید، گلوکز با گرفتن فسفات‌های **ATP**، به قند فسفات‌دار یا اصطلاحاً فسفاته می‌شود. از تجزیه قند فسفاته شده، دو قند سه کربنیِ فسفاته ایجاد می‌شود. سپس هر یک از این قندها یک گروه فسفات می‌گیرند و به این ترتیب دارای دو گروه فسفات می‌شوند. هر یک از قندها بعد از طی مراحلی، به مولکولی سه کربنی به نام پیرووات (بنیان پیرووئیک اسید) تبدیل می‌شوند (شکل ۴). در قندکافت، مولکول‌های **ATP** و **NADH** نیز تشکیل می‌شوند.

NADH حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از NAD^+ به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود. NAD^+ و **NADH** با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند (واکنش ۲). NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش و **NADH** با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.

$$NAD^+ + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons NADH + H^+$$

واکنش ۲- یک الکترون برای خنثی کردن NAD^+ به‌کار می‌رود. بنابراین محصول به‌صورت $NADH + H^+$ نوشته می‌شود.

فعالیت ۱: گفت وگو کنید

همان طور که دیدید، در قندکافت **ATP** ساخته می‌شود. براساس روش‌هایی که دربارهٔ تولید **ATP** گفتیم، ساخته شدن **ATP** در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟

راکیزه مقصد پیرووات

مرحلهٔ دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در هوهسته‌ای‌ها در راکیزه انجام می‌شود.

راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین‌خورده است. در نتیجه، فضای درون راکیزه به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌شود (شکل ۵).

راکیزه‌ها دارای دنای مستقل از هسته و رِناتَن مخصوص به خود هستند و پروتئین‌سازی در آن‌ها انجام می‌شود. در دنای راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدنِ انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند.

راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. به نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟

تمرین ۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف) در واکنش پایانی قندکافت، هر ترکیب دو فسفاته به پیرووئیک اسید تبدیل می‌شود.

ب) در قندکافت، هر قند سه کربنه فسفات‌دار است.

پ) در قندکافت، **ADP** هم تولید و هم مصرف می‌شود.

ت) در قندکافت، هر ترکیب آلی شش‌کربنه دو فسفاته برخلاف هر ترکیب آلی دو فسفاته نوعی قند است.

پاسخ:

تمرین ۵: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید:

الف) مولکولی که شکل رایج انرژی یاخته‌هاست (برخلاف- همانند) ..... **NADH**، فسفات (دارد- ندارد) .....

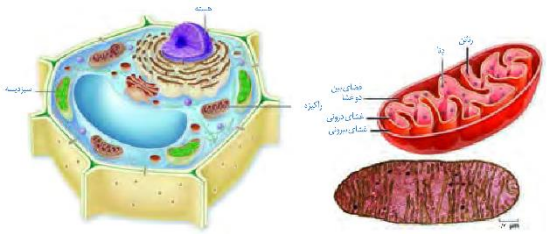
ب) NAD^+ با (یک- دو) ..... الکترون خنثی می‌شود.

پ) حامل الکترونی که در قندکافت تولید می‌شود (یک- دو) ..... قند دارد.

ت) **NADH** شکل (اکسایش‌یافته- کاهش‌یافته) ..... NAD^+ است.

پاسخ:

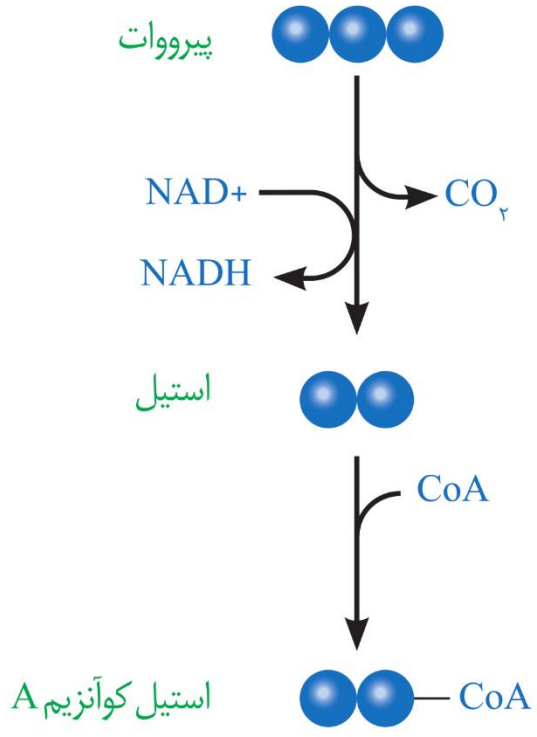
به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های آن‌ها در هسته قرار دارند و به وسیلهٔ رِناتَن‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.



شکل ۵- راکیزه. الف) راکیزه و ترسیمی از آن

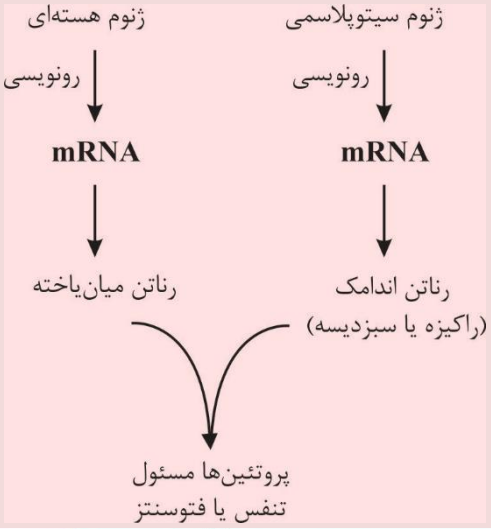
اکسایش پیرووات: گفتیم که در انتهای قندکافت، پیرووات به‌وجود می‌آید. این مولکول از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می‌شود و در آن جا اکسایش می‌یابد. پیرووات در راکیزه یک کربن دی اکسید از دست می‌دهد و به بنیان استیل تبدیل می‌شود. استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم **A**، استیل کوآنزیم **A** را تشکیل می‌دهد. در این واکنش **NADH** نیز به وجود می‌آید (شکل ۶). مجموعهٔ آنزیمی که اکسایش پیرووات را انجام می‌دهد در غشای درونی راکیزه قرار دارد.

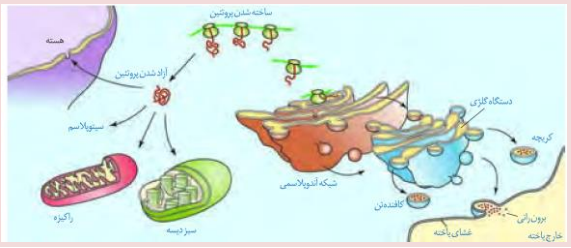
اکسایش استیل کوآنزیم **A** در چرخه‌ای از واکنش‌های آنزیمی، به نام چرخهٔ کِربس، در بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.



شکل ۶- اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

نکته:





تمرین ۶: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) روش ورود پیرووات به درون راکیزه مشابه روش خروج سدیم از نورون است.

ب) برای ورود هر پروتئین به راکیزه شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی دخالت دارد.

پ) در هر یاخته‌ای با قدرت تقسیم، قطعاً راکیزه تقسیم می‌شود.

ت) دنای راکیزه می‌تواند در خارج از مرحلهٔ **S** همانندسازی کند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گفتار ۲: اکسایش بیش‌تر

مولکول گلوکز در تنفس هوازی باید تا حد تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه شود. بخشی از این تجزیه در قندکافت و بخش دیگر آن در چرخهٔ کربس انجام می‌شود.

چرخه کربس

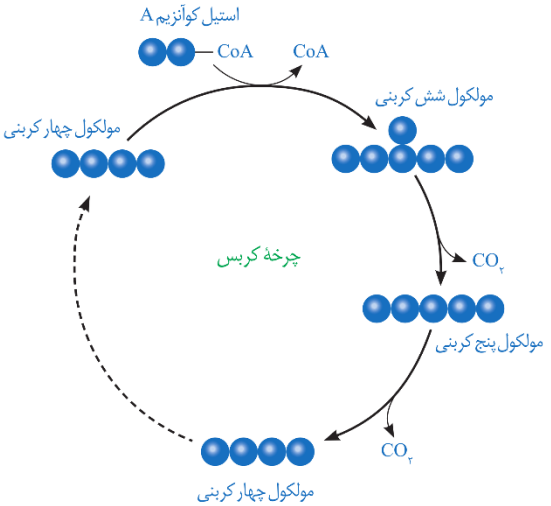
شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخهٔ کربس را نشان می‌دهد. در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخهٔ کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت CO_2 آزاد و مولکول چهار کربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود.

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، مولکول‌های NADH، $FADH_2$ و ATP در محل‌های متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند.

$FADH_2$ ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند NADH حامل الکترون است. $FADH_2$ از FAD ساخته می‌شود (واکنش ۳).

$$FAD + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons FADH_2$$

به این ترتیب با انجام قندکافت و چرخهٔ کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های CO_2 تجزیه و انرژی آن صرف ساخته شدنِ ATP و مولکول‌های حامل الکترون (NADH و $FADH_2$) می‌شود.



شکل ۷- طرح ساده‌ای از چرخهٔ کربس

تشکیل ATP بیش‌تر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای ATP به وجود می‌آید. جالب است بدانیم که مولکول‌های NADH و $FADH_2$ نیز برای تولید

تست ۲: چند مورد در ارتباط با تنفس یاخته‌ای هوازی در یاخته دارینه‌ای درست است؟

* اولین آزاد شدن CO_2 همراه با تولید NADH است.
* اولین مصرف NAD^+ همراه با تولید CO_2 است.
* اولین ترکیب دوکربنه درون بستره راکیزه تولید می‌شود.
* آخرین CO_2 از ترکیب پنج کربنه آزاد می‌شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۳: چند مورد بین چرخهٔ کربس و قندکافت مشترک است؟

* مصرف ADP
* تولید NADH
* مصرف ماده آلی شش کربنه
* تولید ماده آلی سه کربنه

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «»

تمرین ۷: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در چرخهٔ کربس تولید ATP و NADH می‌تواند در یک محل رخ دهد.

ب) شروع چرخهٔ کربس با آزاد شدن مولکولی همراه است که در واکنش های های اکسایش پیرووات استفاده می‌شود.

پ) در چرخهٔ کربس مولکول شش کربنی دارای ساختار خطی و بدون انشعاب است.

ت) از چرخهٔ کربس سه نوع ترکیب فسفات‌دار خارج می‌شوند.

پاسخ:

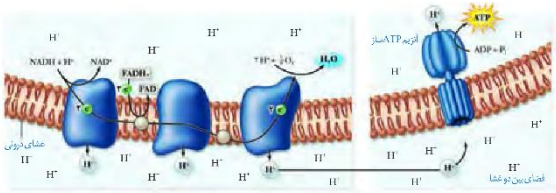
ATP مصرف می‌شوند. چگونه انرژی مولکول‌های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می‌رود؟

همچنین براساس رابطهٔ کلی تنفس یاخته‌ای می‌دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می‌شود. آب چگونه در این فرایند تولید می شود ؟ پاسخ این پرسش‌ها در زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای درونی راکیزه نهفته است.

زنجیره انتقال الکترون

این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

در این زنجیره می‌بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (اتم اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.



شکل ۸- زنجیره انتقال الکترون در راکیزه

یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بستره قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل می‌دهند (واکنش ۴).

واکنش ۴- تشکیل آب

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow O^{--}$$

$$O^{--} + 2H^+ \rightarrow H_2O$$

اگر به شکل ۸ توجه کنید، می‌بینید که پروتون‌ها (یون‌های H^+) در سه محل از زنجیرهٔ انتقال الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از الکترون‌های پرانرژی NADH و $FADH_2$ فراهم می‌شود.

انتظار دارید ادامه ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا چه نتیجه‌ای در پی داشته باشد؟

با ورود پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها راه پیش‌روی پروتون‌ها برای برگشتن به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است. پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات فراهم می‌شود.

تمرین ۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) نیکوتین آمید آدنین دی‌نوکلئوتید همانند فلاوین آدنین دی‌نوکلئوتید دارای بار الکتریکی است.

ب) در راکیزه آنزیم‌های مسئول اکسایش پیرووات در محلی قرار دارند که چرخهٔ کربس رخ می‌دهد.

پ) بعد از آزاد شدن اولین CO_2 در تنفس یاخته‌ای، FAD کاهش(احیا) می‌یابد.

ت) به دنبال اکسایش پیرووات در راکیزه، فعالیت آنزیم انیدراز کربنیک زیاد می‌شود.

پاسخ:

تمرین ۹: در ارتباط با زنجیره انتقال الکترون راکیزه به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) محل آن در کجای راکیزه است؟

ب) چند عضو دارد؟

پ) چند عضو آن توانایی انتقال فعال H^+ را دارند؟

ت) محل اکسید شدن NADH کجاست؟

ث) محل اکسید شدن $FADH_2$ کجاست؟

ج) الکترون NADH موجب انتقال فعال بیش‌تر H^+ می‌شود یا الکترون $FADH_2$؟

چ) آخرین واکنش در زنجیره انتقال الکترون منجر به تولید چه چیزی می‌شود؟

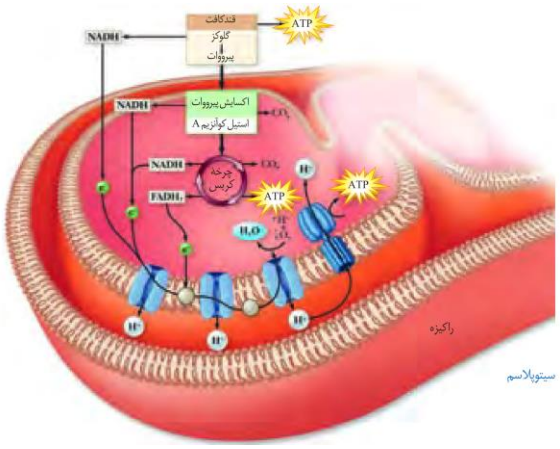
پاسخ:

فعالت ۲: الف) توضیح دهید چرا ساخته شدن **ATP** در زنجیرهٔ انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی **ATP** است؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟

مروری بر تنفس یاخته‌ای

خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای را در شکل ۹ مشاهده می‌کنید. همان طور که می‌بینید در فرایند قندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می‌شود. پیرووات به راکیزه می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم **A** اکسایش می‌یابد. استیل کوآنزیم **A** وارد چرخهٔ کربس می‌شود. در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های کربن دی‌اکسید، **ATP**، **NADH** و $FADH_2$ تولید می‌شوند.



شکل ۹- خلاصه‌ای از تنفس هوازی

فعالیت ۳: ارائه دهید با استفاده از شکل ۹، به‌طور گروهی طرحی تصویری و نوشتاری از تنفس یاخته‌ای تولید و سعی کنید حداقل واژه‌ها را به‌کار برید. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد. این طرح را می‌توانید با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای، نقاشی و به صورت‌های متفاوت تولید کنید.

بازده انرژیایی تنفس یاخته‌ای

دانستیم که از مولکول‌های **NADH** و $FADH_2$ در زنجیرهٔ انتقال الکترون **ATP** تولید می‌شود.

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار **ATP** تولید شده در ازای تجزیهٔ کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداکثر **۳۰ATP** است. باید توجه داشت که تولید **ATP** در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند. بنابراین، نمی‌توان به سادگی به این پرسش پاسخ داد که در ازای تجزیهٔ هر مقدار گلوکز چه مقدار **ATP** در یاخته‌ها تولید می‌شود.

تمرین ۱۰: در ارتباط با پروتئین **ATP**ساز راکیزه به پرسش‌های زیر پاسخ دهید؟

الف) محل آن در کدام بخش راکیزه است؟

ب) بخش کانالی آن، H^+ را در چه جهتی منتشر می‌کند؟

پ) تولید **ATP** آن در سطح پیش ماده است یا اکسایشی؟

ت) ساختار نهایی آن از نوع تاخورده و به هم متصل است یا از نوع آرایش زیرواحدها؟

پاسخ:

تمرین ۱۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در تنفس یاخته‌ای هر ترکیبی که از قندکافت وارد راکیزه می‌شود بدون فسفات است.

ب) در قندکافت همانند چرخهٔ کربس، **ATP** پیش‌ماده‌ای تولید می‌شود.

پ) اولین CO_2 در تنفس یاخته‌ای حاصل فعالیت آنزیم‌های غشای چین‌خورده راکیزه است.

ت) غشای صاف راکیزه به H^+ نفوذناپذیر است.

پاسخ:

تمرین ۱۲: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) از تجزیه کامل گلوکز در بهترین شرایط در یاخته دارای (توالی افزاینده- اپراتور) ..... حداکثر **۳۰ATP** است.

ب) تولید **ATP** در گیرندهٔ استوانه‌ای چشم با یاخته ماهیچه‌ای (یکسان- متفاوت) ..... است.

پاسخ:

تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

به نظر شما اگر مقدار **ATP** در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های قندکافت و چرخهٔ کربس، به همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمبود **ATP** است؟ مشخص شده که تولید **ATP** تحت کنترل میزان **ATP** و **ADP** است. اگر **ATP** زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخهٔ کربس مهار می‌شوند تا تولید **ATP** کم شود. در صورتی که مقدار **ATP** کم و **ADP** زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید **ATP** افزایش می‌یابد. این تنظیم مانع از هدر رفتن منابع می‌شود.

یاخته‌های بدن ما به طور معمول از گلوکز و ذخیرهٔ قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند. درصورتی که این منابع کافی نباشند، آن‌ها برای تولید **ATP** به سراغ تجزیهٔ چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند. به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت غذای کافی دراختیار ندارند.

فعالیت ۴: گفت وگو کنید

شاید دیده باشید که در دانه‌های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا، حشرات و لارو آن‌ها رشد ونمو می‌کند. با توجه به این‌که این دانه‌ها خشک‌اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تأمین می‌شود؟

تمرین ۱۳: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) فعالیت آنزیم‌های قندکافت با افزایش **ATP** یاخته مهار می‌شود.

ب) فعالیت آنزیم‌های چرخهٔ کربس با افزایش **ADP** یاخته زیاد می‌شود.

پ) در غیاب گلوکز، دفع H^+ توسط کلیه‌ها زیاد می‌شود.

ت) در غیاب گلوکز، واکنش آمونیاک با CO_2 در کبد افزایش می‌یابد.

پاسخ:

تست ۳: با فرض این‌که در یک یاخته سالم مشیمهٔ انسان، نوعی مادهٔ شیمیایی بتواند مانع ورود H^+ به بستره راکیزه شود، در این صورت، ابتدا ..... متوقف خواهد شد.

۱) تشکیل مولکول آب

۲) بازسازی **FAD**

۳) بازسازی NAD^+

۴) تشکیل مولکول **ATP**

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۴: انرژی لازم برای پیوستن یک گروه فسفات به مولکول **ADP** در میتوکندری، به‌طور مستقیم از انرژی ناشی از حرکت ..... تأمین می‌شود. (سراسری خارج کشور ۸۴)

۱) الکترون‌ها در پمپ‌های موجود در غشا

۲) پروتون‌ها در جهت شیب غلظت خود

۳) الکترون‌ها از **NADH** به سوی اکسیژن

۴) پروتون‌ها در خلاف جهت شیب غلظت خود

پاسخ: گزینهٔ «»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گفتار ۳: زیستن مستقل از اکسیژن

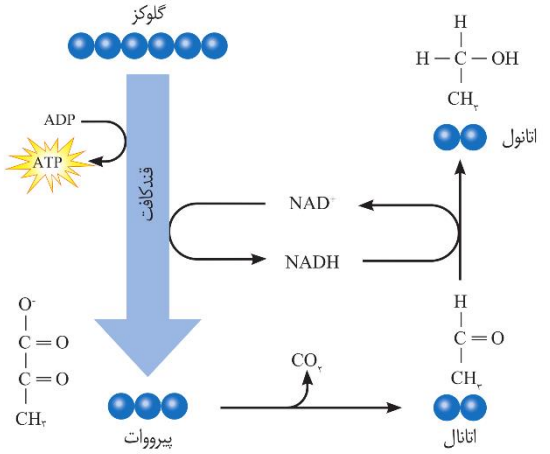
تخمیر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرندهٔ نهایی الکترون است. آیا تجزیهٔ گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند، حیات وجود ندارد؟ در این صورت **ATP** مورد نیاز چگونه تأمین می شود؟

تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آن‌ها بهره می‌بریم.

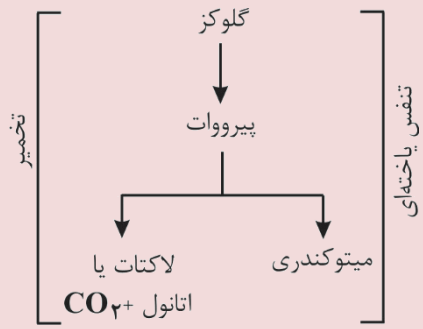
تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفاته همراه با ایجاد **NADH** از NAD^+ است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت، NAD^+ ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود. در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آن‌ها NAD^+ به وجود می‌آید. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیش‌تر آشنا می‌شویم.

تخمیر الکلی: ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن CO_2، به اتانال تبدیل می‌شود. اتانال با گرفتن الکترون‌های **NADH** اتانول ایجادمی‌کند.

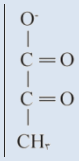


شکل ۱۰- تخمیر الکلی

نکته:



تست ۵: ترکیب مقابل ..... و ..... ماهیچه‌ای عضله چهار سر ران پدید آمده است.



۱) در آخرین واکنش گلیکولیز- تارچه‌های

۲) به دنبال تولید NAD^+ - تارچه های

۳) در آخرین واکنش گلیکولیز- تارچه‌های

۴) به دنبال تولید NAD^+ - تارهای

پاسخ: گزینهٔ «»

تمرین ۱۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) جانداری که برای تولید خیارشور فعالیت دارد، فاقد تنوع رناتن است.

ب) برای تولید خیار شور، ATP فقط در سطح پیش ماده تولید می شود.

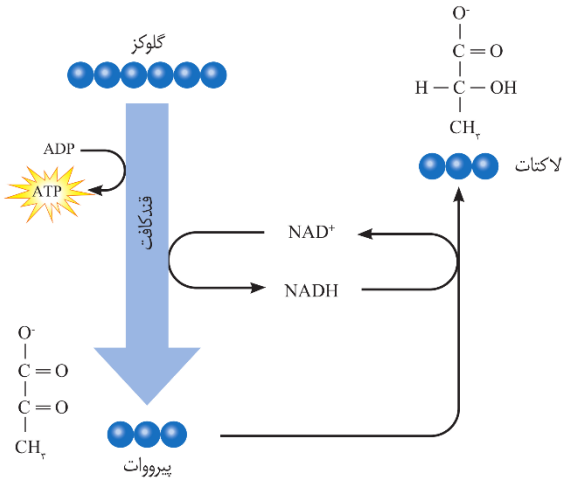
پ) در تولید خیار شور درون میان یاخته، پیرووات موجب اکسایش NADH می شود.

ت) همه یاخته های بدن انسان توانایی تولید ATP در هر دو سطح اکسایشی و پیش ماده ای را دارند.

پاسخ:

تخمیر لاکتیکی: در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. اما لاکتات با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟

فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد راکیزه‌ها نمی‌شود،بلکه با گرفتن الکترون‌های **NADH** به لاکتات تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

انواعی از باکتری‌ها تخمیرلاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آن‌چه در ترش شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آن‌ها در تولید فراورده‌های غذایی به کار می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیر و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

تخمیر در گیاهان: گیاهانی که به‌طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت نرم‌آکنه‌ایِ هوادار در گیاهان آبزی و شُش‌ریشه در درخت حَرّا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.

به هر حال، اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود. هر دو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

تست ۶: در زنجیرهٔ انتقال الکترون، هنگام ..... یون‌های هیدروژن از طریق کانال پروتئینی به بخش ..... میتوکندری، **ATP** ساخته می‌شود. (سراسری خارج کشور ۸۴)

۱) تلمبه کردن- داخلی ۲) انتشار – داخلی
۳) انتشار- خارجی ۴) تلمبه کردن- خارجی

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۷: در مسیر آزادسازی انرژی از گلوکز، در صورت فقدان آخرین پذیرندهٔ الکترون در زنجیرهٔ انتقال، کدام فرایند متوقف نمی‌شود؟

۱) بازسازی NAD^+ به طریق هوازی
۲) تولید **FADH**
۳) تشکیل استیل کوآنزیم **A**
۴) تبدیل گلوکز به پیرووات

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۸: در فرایندهای ..... دی‌اکسید کربن تولید نمی‌شود.

۱) فتوسنتز و تنفس بی‌هوازی
۲) فتوسنتز و تخمیر لاکتیکی
۳) تخمیر لاکتیکی و تخمیر الکلی
۴) تنفس بی‌هوازی و تنفس نوری

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۹: در شرایطی که یک سلول با مصرف گلوکز، ..... بسازد، توانایی تولید ..... را ندارد. (سراسری خارج کشور ۹۰)

۱) لاکتات- **ATP**
۲) اتانول- **NADH**
۳) پیرووات- دی‌اکسید کربن
۴) استیل کوآنزیم **A** - لاکتات

پاسخ: گزینهٔ «»

سلامت بدن: پاداکسنده‌ها

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل‌دهندهٔ بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوازی، وجود دارد. اما چگونه؟

دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیرهٔ انتقال الکترون، به یون اکسید (O^{--}) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن (H^{+}) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به‌صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان‌اند.

راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتنوئیدها هستند. پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آن‌ها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.

تجمع رادیکال‌های آزاد: آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آن‌ها بیش‌تر باشد، چه اتفاقی را پیش‌بینی می‌کنید؟

مشخص است که در چنین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود.

عوامل فراوانی می‌توانند، راکیزه را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل روبه‌رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

اثر الکل: مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آن‌ها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

تست ۱۰: در تخمیر لاکتیکی، ..... نمی‌شود.
(سراسری خارج کشور ۹۰)

۱) $NADH$ به NAD^{+} تبدیل
۲) ترکیب ۳ کربنه، احیا
۳) دی‌اکسید کربن از ترکیب ۳ کربنه، تولید
۴) ترکیب ۳ کربنه از ترکیب ۳ کربنه، تولید

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۱۱: در یک سلول استوانه‌ای موجود در شبکیهٔ انسان، ..... نمی‌شود.
(سراسری ۹۳)

۱) پیرووات به کمک NADH، احیاء
۲) NAD^{+} در غشای داخلی میتوکندی، بازسازی
۳) انرژی ذخیره شده در NADH صرف تولید ATP
۴) NADH درون مادهٔ زمینهٔ سیتوپلاسم، تولید

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۱۲: چند مورد جملهٔ زیر را به نادرستی تکمیل می‌نماید؟
(سراسری ۹۳)

«در انسان، مولکول‌های گلوکز می‌توانند در سلول‌های .....»
الف) دیافراگم، به یک‌دیگر بپیوندند و پلی‌مر بسازند.
ب) غضروف بین مهره‌ای، تولید لاکتات را افزایش می‌دهد.
پ) پوشش روده، دی‌اکسید کربن و آب تولید نمایند.
ت) استخوانی، به ترکیبی شش کربنی و فسفات‌دار تبدیل شوند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «»

نقص ژنی: گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

توقف انتقال الکترون: مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. سیانید یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به O_2 را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

از زیست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید مونواکسیدکربن‌اند.

اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوکز چیست؟ چه فرایندهایی در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آن‌ها ذخیره می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟

مسیر	ATP	ADP	H_2O	CO_2	NAD	NADH	FAD	$FADH_2$
گلیکولیز								
اکسایش پیروات								
چرخهٔ کربس								
زنجیره انتقال الکترون								
آنزیم ATP ساز								
پیروات به لاکتات								
پیروات به اتانول								

تست ۱۳: در پی مصرف گلوکز در نوعی سلول، پیروات به‌طور مستقیم توسط مولکولی پرانرژی احیا می‌شود. کدام عبارت دربارهٔ این نوع تنفس صحیح است؟
(سراسری ۹۶)

۱) به دنبال آزاد شدن CO_2، یک مولکول NAD^+ مصرف می‌گردد.
۲) الکترون‌های یک مولکول NADH به ترکیب دو کربنی انتقال می‌یابد.
۳) تولید مولکول‌های پرانرژی سه فسفاته در غیاب اکسیژن صورت می‌گیرد.
۴) هم‌زمان با تولید ترکیب شش کربنی از ترکیب چهار کربنی، NADH تولید می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «»

تست ۱۳: هر سلول موجود در خون که از تقسیم سلول‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شود، توانایی تولید و مصرف کدام دو ماده را دارد؟
(سراسری ۹۴)

۱) پیروات و NADH
۲) NADH و $FADH_2$
۳) استیل کوآنزیم A و لاکتات
۴) $FADH_2$ و گلوکز

پاسخ: گزینهٔ «»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

از انرژی به ماده

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت‌های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوکز تأمین می‌شود. اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوکز چیست؟ چه فرایند یا فرایندهایی در دنیای حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آن‌ها ذخیره می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟

گفتار ۱: فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می‌دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز CO_2 را با استفاده از انرژی نور خورشید به مادهٔ آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می‌کنند (واکنش ۱). بر این اساس می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.

$$۶CO_2 + ۶H_2O \xrightarrow{\text{نور خورشید}} C_6H_{12}O_6 + ۶O_2$$

واکنش ۱- واکنش کلی فتوسنتز

برای این‌که جانداری بتواند فتوسنتز انجام دهد، چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی‌ها داشتن مولکول‌های رنگیزه‌ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنین، باید سامانه‌ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوسنتز می‌کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می‌پردازیم.

برگ ساختار تخصص‌یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزدیسه دارد. همان‌طور که می‌دانید، فتوسنتز در سبزدیسه‌ها انجام می‌شود.

برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دمبرگ است. پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته‌های آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویی و زیرین به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنک برگ قرار دارند.

میانبرگ شامل یاخته‌های نرم آکنه است. در شکل ۱- الف میانبرگ از یاخته‌های نرم آکنه‌ای نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست رویی قرار دارند و به هم فشرده‌اند، در حالی که یاخته‌های اسفنجی به سمت روپوست زیرین قراردارند. میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ۱- ب)

تمرین ۱: با علامت + و – مشخص کنید کدام موارد زیر توانایی انجام واکنش زیر را دارد:

$$۶CO_2 + ۶H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + ۶O_2$$

الف) لپه لوبیا

ب) لپه ذرت

پ) گل جالیز

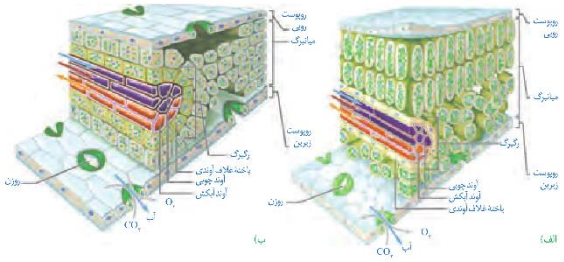
ت) گیاه سس

پاسخ:

تمرین ۲: هر یک از موارد زیر را در برگ‌های ذرت و لوبیا مقایسه کنید.

ساختار	ذرت	لوبیا
پهنک		
دمبرگ		
رگبرگ		
روزنه هوایی		

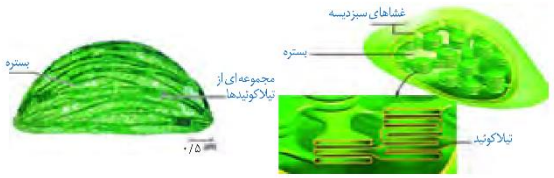
پاسخ:



شکل ۱- ترسیمی از برگ
الف) گیاه دولپه
ب) گیاه تک لپه

سبزدیسه: سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام تیلاکوئید به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و بستره تقسیم شده است. تیلاکوئیدها ساختارهای غشایی و کیسه مانند و به هم متصل هستند (شکل ۲).

بستره دارای دنا، رنا و رِناتَن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به‌طور مستقل تقسیم شود.



الف) ترسیمی ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

شکل ۲- ساختار سبزدیسه

فعّالیت ۱: طراحی آزمایش

سبزینه همان‌طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز دیده می‌شود. با توجه به آن‌چه در سال گذشته دربارهٔ بینایی آموختید، توضیح دهید این رنگیزه چرا به رنگ سبز دیده می‌شود؟

رنگیزه‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر سبزینه که بیش‌ترین رنگیزه در سبزدیسه‌هاست، کاروتنوئیدها نیز در غشای تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.

در گیاهان سبزینه‌های **a** و **b** وجود دارند. بیش‌ترین جذب هر دو نوع سبزینه در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش- آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی- قرمز) است. گر چه حداکثر جذب آن‌ها در هر یک از این محدوده‌ها با هم فرق می‌کند. کاروتنوئیدها به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند و بیش‌ترین جذب آن‌ها در بخش آبی و سبز نور مرئی است (شکل ۳).

تمرین ۳: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید:

الف) یاخته‌های غلاف آوندی جزو رگبرگ‌اند.

ب) رناتن‌های درون تیلاکوئید می‌توانند بعضی از پروتئین‌های مورد نیاز کلروپلاست را بسازند.

پ) هر اندامک دارای ژنگان سیتوپلاسمی در میانبرگ نرده‌ای دارای غشای بیرونی و غشای درونی است.

ت) در بستره راکیزه همانند بستره سبزدیسه انواعی از نوکلئیک اسید وجود دارد.

پاسخ:

تمرین ۴: در مورد رنگیزه‌های فتوسنتزی به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) هر یک از رنگیزه‌های زیر در چه طیف نوری کم‌ترین جذب را دارند:

*کلروفیل

*گزانتوفیل

*کاروتن

*لیکوپن

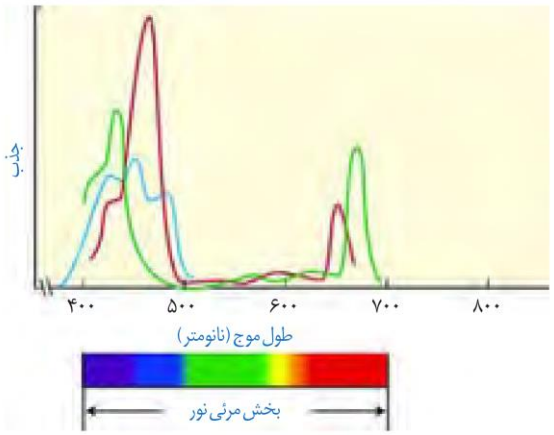
ب) رنگیزه‌های فتوسنتزی در کدام بخش کلروپلاست قرار دارند؟

پ) علت کارایی بالای گیاه در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور چیست؟

ت) چرا این جمله درست نیست؟

«بیش‌ترین رنگیزه در هر نوع دیسه‌ای، کلروفیل است.»

پاسخ:



شکل ۳- طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی. سبزینهٔ a (سبز)، سبزینهٔ b (قرمز) و کاروتنوئیدها (آبی)

فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه‌هایی به نام فتوسیستم ۱ و ۲ قرار دارند. هر فتوسیستم شامل آنتن‌های گیرنده نور و یک مرکز واکنش است. هر آنتن که از رنگیزه‌های متفاوت (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش منتقل می‌کند. مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل **a** است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

حداکثر جذب سبزینه **a** در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج ۷۰۰ نانومتر و حداکثر جذب آن در فتوسیستم ۲ در طول موج ۶۸۰ نانومتر است. بر همین اساس، به سبزینه **a** در فتوسیستم ۱، **P۷۰۰** و در فتوسیستم ۲، **P۶۸۰** می‌گویند.

فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام ناقل الکترون به هم مرتبط می‌شوند. این مولکول‌ها می‌توانند الکترون بگیرند یا این‌که الکترون از دست بدهند (کاهش و اکسایش).

تمرین ۵: جدول زیر در ارتباط با طیف جذب نوری رنگیزهٔ گیاهی است. آن را کامل کنید:

رنگیزه	بیش‌ترین جذب نوری	کم‌ترین جذب نوری
کلروفیل **a**		
کلروفیل **b**		
کاروتنوئید		

پاسخ:

تمرین ۶: در ارتباط با فتوسیستم‌ها جدول زیر را کامل کنید.

فتوسیستم	۱	۲
تعداد مرکز واکنش		
تعداد آنتن		
جنس مرکز واکنش		
جنس آنتن		
نوع و تعداد رنگیزه مرکز واکنش		
نوع رنگیزه آنتن		

پاسخ:

فعّالیت ۲ ارائه دلیل

نمودار زیر میزان فتوسنتز یک گیاه را نشان می‌دهد. این نمودار را با نمودار شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به‌دست می‌آورید، بنویسید.

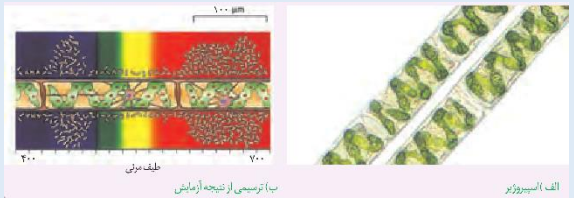
فعّالیت ۳ گفت وگو کنید

آیا همهٔ طول موج‌های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ می‌توان با استفاده از اسپیروژیر (جلبک سبز رشته‌ای)، نوعی باکتری هوازی، چشمه نور و منشور- برای تجزیه نور - آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش انجام داد. اسپیروژیر سبزدیسه‌های نواری و دراز دارد (شکل الف). اگر همهٔ طول موج‌های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثرباشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته‌ای یکسان باشد.

در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لولهٔ آزمایشی شامل آب و باکتری‌های هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف‌های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری‌ها در بعضی قسمت‌ها تجمع یافته‌اند (شکل ب).

الف) چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ با چه آزمایشی می‌توانید درستی این توضیح را بررسی کنید؟

ب) آیا از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که سبزینه، رنگیزه اصلی در فتوسنتز است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.



تمرین ۷: در ارتباط با زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) زنجیره‌ای که بین فتوسیستم‌های ۱ و ۲ قرار دارد چند عضو دارد محل دقیق هر یک از اعضای آن را در غشای تیلاکوئید مشخص کنید.

ب) زنجیره‌ای که بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$ قرار دارد چند عضو داشته محل دقیق هر یک از اعضای آن را در غشای تیلاکوئید مشخص کنید.

پ) کدام زنجیره موجب ورود H^+ از بستره به درون تیلاکوئید می‌شود و در این انتقال چند عضو دخالت دارند؟

پاسخ:

تمرین ۸: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) هم در مرکز واکنش و هم در آنتن‌ها، الکترون‌ها مدار خود را پس از گرفتن انرژی انرژی تحرک می‌کنند.

ب) در آنتن‌ها همانند مرکز واکنش الکترون‌ها پس از برنگیخته شدن، رنگیزه‌ها را ترک می‌کنند.

پ) آب در فتوسیستم ۲ تجزیه می‌شود.

ت) پمپ برخلاف پروتئین ATP ساز، اکسایش و کاهش می‌یابد.

پاسخ:

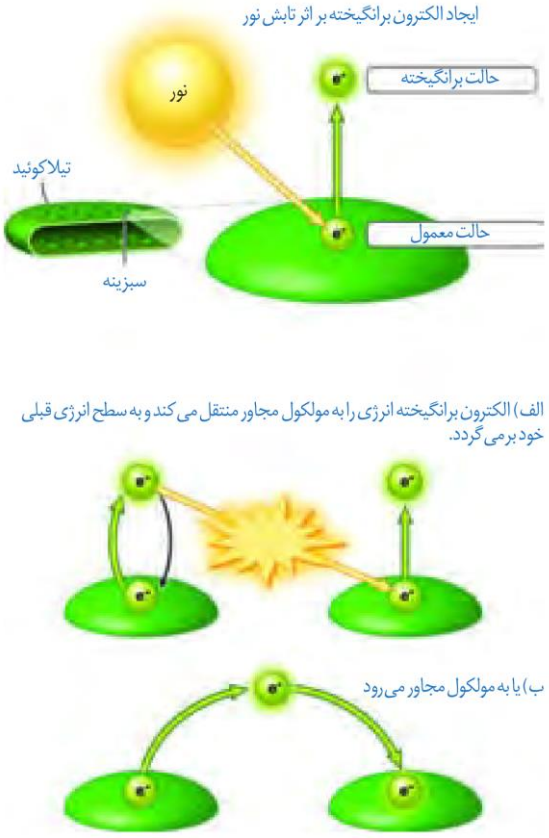
هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

گفتار ۲: واکنش‌های فتوسنتزی

واکنش‌های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش‌های وابسته به نور و مستقل از نور قرار می‌دهند. در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می‌پردازیم.

واکنش‌های وابسته به نور: واکنش‌های تیلاکوئیدی

وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، الکترون انرژی می‌گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، الکترون برانگیخته می‌گویند، زیرا پرانرژی و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به وسیلهٔ رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).



شکل ۴- ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن

در فتوسنتز، انرژی الکترون‌های برانگیخته در رنگیزه‌های موجود در آنتن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می‌رود و در آن‌جا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینهٔ a و خروج الکترون از آن می‌شود (شکل ۵).

تست ۱: الکترون‌های خارج شده از ·····ابتدا ····· را احیا می‌کند.

۱) آب- کلروفیل P۷۰۰

۲) کلروفیل P۶۸۰ - $NADP^+$

۳) پمپ غشایی- یکی از گروه‌های مولکولی زنجیرهٔ انتقال الکترون

۴) NADPH - قند سه کربنه تک فسفاته

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۲: در فتوسنتز، ..... (سراسری ۸۸)

۱) خروج پروتون از تیلاکوئیدها، منجر به هیدرولیز ATP می‌شود.

۲) غشای تیلاکوئیدها، محل مناسبی برای ایجاد $NADP^+$ می‌باشد.

۳) بستره، محل مناسبی برای استقرار آنزیم تجزیه‌کننده‌ی آب می‌باشد.

۴) ورود و خروج H^+ در تیلاکوئیدها، بدون مصرف ATP صورت می‌گیرد.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۳: با حرکت الکترون‌ها در طول زنجیرهٔ انتقال الکترون در بین فتوسیستم های غشای تیلاکوئیدها، ابتدا ... (سراسری خارج کشور ۸۸)

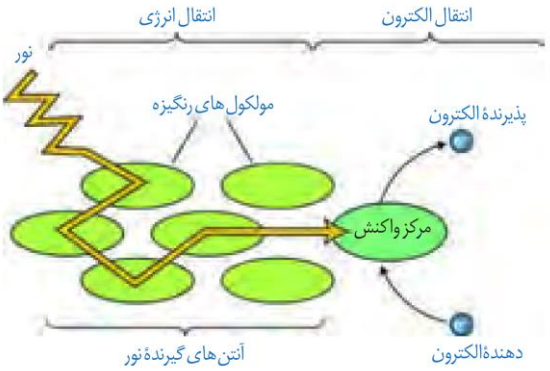
۱) $NADP^+$ به NADPH تبدیل می‌شود.

۲) انرژی لازم برای فعالیت پمپ فراهم می‌شود.

۳) یون‌های هیدروژن از بستره به تیلاکوئید وارد می‌شوند.

۴) انرژی لازم برای ساخته شدن ATP فراهم می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۲»



شکل ۵- انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱در نهایت به مولکول $NADP^+$ می‌رسد (شکل ۶).

دو نوع زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ و دیگری بین فتوسیستم ۱ و $NADP^+$ قراردارد.

$NADP^+$ با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH تبدیل می‌شود (واکنش۲).

$$NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow NADPH + H^+$$

واکنش ۲- تشکیل NADPH

با توجه به شکل ۶ درمی‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینهٔ a در فتوسیستم ۱ را جبران می‌کند، اما کمبود الکترون سبزینهٔ a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می‌شود؟

تجزیه نوری آب: به شکل ۶ نگاه کنید: در این شکل می‌بینید، مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند و الکترون‌های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می‌روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مربوط می‌شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می‌گویند.

تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون‌ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

واکنش ۳- تجزیه آب $H_2O \rightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2$

تست ۴: پروتئین کاهنده پروتون موجود در غشای تیلاکوئید حُسن یوسف، با صرف انرژی ..... می‌کنند.
(سراسری ۹۱)

۱) ATP را به ADP تبدیل
۲) ADP را به ATP تبدیل
۳) یون‌های هیدروژن را به تیلاکوئید وارد
۴) یون‌های هیدروژن را از تیلاکوئید خارج

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۵: کدام عبارت، دربارهٔ واکنش‌های وابسته به نور در سلول‌های برگ یک گیاه علفی، نادرست است؟
(سراسری ۹۴)

۱) انتقال الکترون‌های تحریک شده از P۶۸۰ به P۷۰۰، تولید ATP را به دنبال دارد.
۲) انرژی الکترون‌های برانگیخته از P۷۰۰، پمپ غشایی تیلاکوئید را فعال می‌کند.
۳) پروتئین ATP ساز، در کاهش تراکم H^+ درون تیلاکوئید مؤثر می‌باشد.
۴) کمبود الکترون‌های P۶۸۰، با تجزیهٔ مولکول آب جبران می‌گردد.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

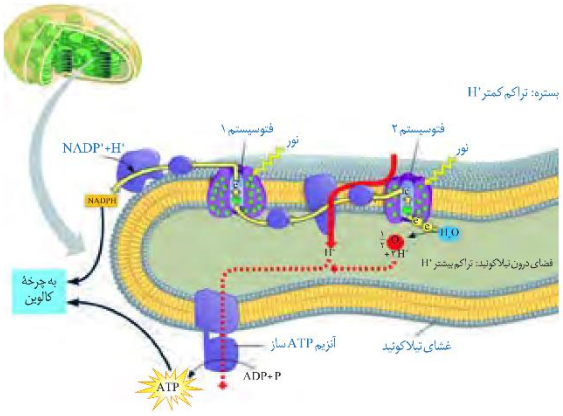
تست ۸: چند مورد، در ارتباط با واکنش‌های نوری فتوسنتز یک گیاه علفی، درست است؟ (سراسری خارج کشور ۹۴)

الف) پمپ غشایی تنها عامل مؤثر در افزایش تراکم H^+ درون تیلاکوئیدهاست.
ب) الکترون‌های پرانرژی P۶۸۰، با از دست دادن انرژی به P۷۰۰ منتقل می‌شوند.
پ) الکترون‌های برانگیخته کلروفیل P۷۰۰، پمپ غشایی تیلاکوئیدها را فعال می‌کند.
ت) یک زنجیرهٔ انتقال الکترون، انرژی لازم برای تولید ATP و NADPH را فراهم می‌کند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۱»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.



شکل۶- طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری

ساخته شدن ATP در فتوسنتز

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، پروتئینی است که یون‌های H^+ را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می‌کند. بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می‌شود.

همچنین دانستیم که تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به‌وجود می‌آید. درنتیجه، به تدریج تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزایش می‌یابد و شیبی از غلظت پروتون از فضای درون تیلاکوئیدها به سمت بستره ایجاد می شود.

پروتون‌ها بر اساس شیب غلظت خود می‌خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی‌توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون‌ها از چه راهی به بستره می‌روند؟ در غشای تیلاکوئید مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم **ATP** ساز وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم **ATP** ساز در راکیزه است. پروتون‌ها فقط از طریق این آنزیم می‌توانند به بستره منتشر شوند. همانند آنچه در راکیزه رخ می‌دهد، همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، **ATP** ساخته می‌شود.

به ساخته شدن **ATP** در واکنش‌های نوری، ساخته شدن نوری **ATP** می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.

واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های تثبیت کربن

می‌دانیم که در فتوسنتز، مولکول‌های CO_2، به قند تبدیل می شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به یکباره رخ نمی دهد.

عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در مولکول CO_2 کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و

تست ۹: در هر زنجیرهٔ انتقال الکترون غشای تیلاکوئیدهای گیاه بنت قنسول، کدام اتفاق روی می‌دهد؟ (سراسری ۹۵)

۱) یون‌های هیدروژن برخلاف شیب غلظت خود، از هر پروتئین غشایی عبور می‌کنند.

۲) عدد اکسایشی کربن دی اکسید به کمک الکترون‌های پرانرژی تغییر یابد.

۳) الکترون‌های پرانرژی به یون‌های هیدروژن می‌پیوندند.

۴) انرژی به‌طور موقت در نوعی ترکیب ذخیره می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۱۰: کدام عبارت، در ارتباط با هر فتوسیستم موجود در غشای تیلاکوئید گیاه آفتابگردان، صحیح است؟ (سراسری ۹۷)

۱) با دارا بودن کلروفیل‌های **P۷۰۰** و **P۶۸۰**، حداکثر جذب نوری را دارد.

۲) کمبود الکترونی آن، از طریق الکترون‌های حاصل از تجزیهٔ آب جبران می‌گردد.

۳) انرژی جذب شده در آن، باعث می‌شود تا الکترون‌ها از کلروفیل‌های **a** آزاد شوند.

۴) الکترون‌های خارج شده از آن، با عبور از پمپ غشایی، مقداری انرژی از دست می‌دهند.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

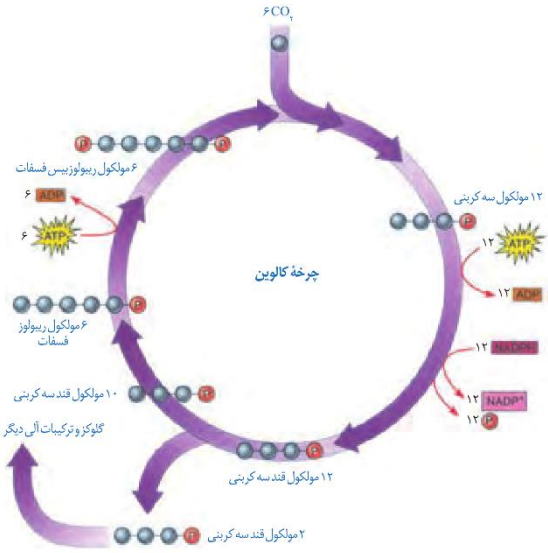
تست ۱۱: دو ترکیبی که در یک مرحله از مراحل فتوسنتز تولید نمی‌شوند، ..... است. (سراسری خارج کشور ۸۹)

۱) **ADP** و $NADP^+$
۲) قند سه کربنه و $NADP^+$
۳) **ATP** و **NADPH**
۴) قند سه کربنه و **ATP**

پاسخ: گزینهٔ «۴»

منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش‌های وابسته به نور تأمین می‌شوند.

ساخته شدن قند در چرخه‌ای از واکنش‌ها، به نام چرخهٔ کالوین رخ می‌دهد (شکل ۷). این واکنش‌ها در بستره سبزدیسه انجام می‌شوند.



شکل ۷- چرخهٔ کالوین

در چرخهٔ کالوین CO_2 با قندی پنج کربنی به نام ریبولوزبیس فسفات ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن CO_2 به مولکول پنج کربنی، با آنزیم روبیسکو (ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز- اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می‌شود. هر مولکول شش کربنی که ناپایدار است، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی تبدیل می‌شوند.

همان‌طور که در شکل ۷ می‌بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزبیس فسفات به مصرف می‌رسند.

گرچه واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری است.

در چرخهٔ کالوین دیدیم که CO_2 برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می‌رود. به فرایند استفاده از CO_2 برای تشکیل ترکیب‌های آلی تثبیت کربن می‌گویند.

دیدیم اولین مادهٔ آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آن‌ها فقط با چرخهٔ کالوین انجام می‌شود، گیاهان C_3 می‌گویند. اکثر گیاهان C_3

تست ۱۲: نقش اصلی NADPH در فتوسنتز چیست؟

۱) تأمین الکترون پرانرژی و پروتون برای مرحله روشنایی

۲) مبدل انرژی نوری به انرژی شیمیایی در واکنش‌های نوری فتوسنتز

۳) تأمین الکترون‌های پرانرژی برای کاهش عدد اکسایش کربن در مرحلهٔ مستقل از نور

۴) تأمین الکترون‌های پرانرژی برای برای کاهش عدد اکسایش کربن در اولین واکنش چرخه کالوین

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۱۳: $NADP^+$ ..... (سراسری ۹۰)

۱) به‌عنوان عضوی از زنجیرهٔ انتقال الکترون بر تولید ATP بی‌تأثیر است.

۲) به کلروفیل در به دام انداختن نور کمک می‌کند و در تجزیهٔ آب توسط فتوسیستم I نقش دارد.

۳) در رایج‌ترین روش تثبیت دی‌اکسید کربن، به هنگام تشکیل قند سه کربنی از مولکول سه کربنی تولید می‌شود.

۴) الکترون‌ها را به چرخهٔ کالوین منتقل می‌کند و در تشکیل ترکیب چهار کربنی از ترکیب پنج کربنی نقش دارد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

$NADP^+$ در رایج‌ترین روش تثبیت دی‌اکسید کربن یعنی چرخهٔ کالوین، در گام ۲ به هنگام تشکیل قند سه کربنی از مولکول سه کربنی تولید می‌شود.

تست ۱۴: در برگ درخت بید، در گامی از چرخهٔ کالوین که ..... می‌شود، ..... می‌گردد. (سراسری ۹۱)

۱) ATP ساخته- ترکیب ۵ کربنی تجزیه

۲) ATP مصرف- ترکیب شش کربنی ناپایدار تولید

۳) قند سه کربنی ساخته - $NADP^+$ تولید

۴) NADPH مصرف- ATP تولید

پاسخ: گزینهٔ «۳»

ATP و NADPH در مرحلهٔ نوری فتوسنتز تولید و در چرخه کالوین فتوسنتز مصرف می‌شوند. در مرحله مستقل از نور فتوسنتز قند سه کربنی، ADP و $NADP^+$ تولید می‌شود.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

هستند؛ گر چه انواع دیگری از تثبیت کربن در طول حیات گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آن‌ها می‌پردازیم.

اثر محیط بر فتوسنتز

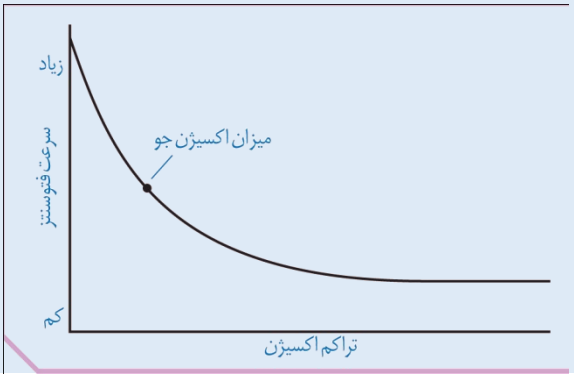
بدیهی است فرایندی مانند فتوسنتز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنتز اثر می‌گذارند؟

با توجه به واکنش کلی فتوسنتز، انتظار داریم نور و CO_2 از عوامل مؤثر بر فتوسنتز باشند. مشاهدات نشان می‌دهد، میزان CO_2، طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنتز اثر می‌گذارند.

از طرفی فتوسنتز فرایندی آنزیمی است و می‌دانیم بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌ها در گسترهٔ دمایی خاص انجام می‌شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنتز اثر می‌گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد.

فعّالیت ۴ تفسیر کنید

در گفتار بعد خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنتز اثر دارد. نمودار مقابل تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنتز گیاهی C_3 را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، ارتباط بین میزان اکسیژن و فتوسنتز این گیاه را توضیح دهید.



تست ۱۵: در جانداران حاوی کلروپلاست، با سه بار گردش متوالیِ چرخهٔ کالوین .....

۱) ۳ مولکول قند ۶ کربنی حاصل می‌شود.

۲) ۹ مولکول دی‌اکسید کربن مصرف می‌شود.

۳) ۳ مولکول ترکیب ۶ کربنی ناپایدار تجزیه می‌شود.

۴) ۹ گروه فسفات به ۹ مولکول ADP متصل می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در جانداران حاوی کلروپلاست، با سه بار گردش متوالی چرخهٔ کالوین، ۳ مولکول ترکیب ۶ کربنی ناپایدار تجزیه می‌شود. در این سه بار گردش چرخهٔ کالوین $3CO_2$، ۶NADPH و ۹ATP مصرف می‌شوند.

تست ۱۶: با توجه به یک سلول فتوسنتزکننده در برگ عشقه، کدام گزینه عبارت زیر را به‌طور مناسب کامل می‌کند؟ (سراسری خارج کشور ۹۴)

۱) فضای- همانند فضای میان دو غشتی- آنزیم تجزیه‌کنندهٔ مولکول آب فعالیت می‌نماید.

۲) غشای- برخلاف غشای درونی- مولکول‌های جاذب نور به همراه تعدادی پروتئین وجود دارند.

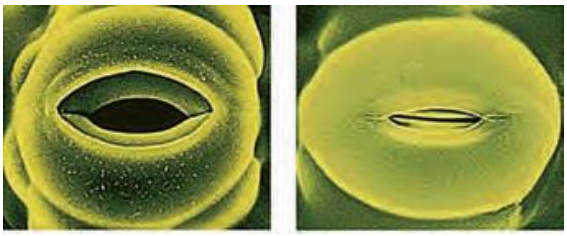
۳) فضای- همانند فضای محصور شده توسط غشای درونی- ترکیب شش کربنی ناپایدار تولید می‌شود.

۴) غشای- برخلاف غشای بیرونی- انرژی الکترون‌های برانگیخته در پیوندهای کربن- هیدروژن ذخیره می‌گردد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

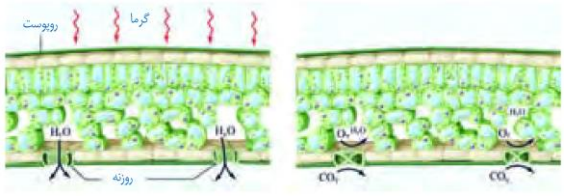
گفتار ۳: فتوسنتز در شرایط دشوار

شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟



شکل ۸- روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که میزان CO_2 برگ کم می‌شود، میزان اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).



شکل ۹- افزایش میزان اکسیژن در اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن روزنه‌ها.

الف) روزنه‌های باز. روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته می‌شوند.

ب) وقتی روزنه‌ها باز هستند میزان CO_2 بیش‌تر است.

در چنین حالتی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به میزان CO_2 و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن با ریبولوزبیس فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ریبولوزبیس فسفات می‌رسد.

مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آن‌ها در راکیزه انجام می‌گیرد، از آن مولکول CO_2 آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن CO_2 و همراه با فتوسنتز است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

تست ۱۷: هر جاندار دارای ....

۱) تنفس نوری، اتوتروف است.

۲) تنفس سلولی، هتروتروف است.

۳) چرخهٔ کالوین، دارای سامانه تیلاکوئیدی است.

۴) چرخهٔ کربس، دارای میتوکندری با غشای درونی چین خورده است.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

هر جاندار دارای تنفس نوری، اتوتروف است چون کلروپلاست دارد. تنفس سلولی هم در هتروتروف‌ها و هم در اتوتروف‌ها دیده می‌شود. چرخهٔ کالوین در باکتری‌های کلروفیل‌دار که فاقد کلروپلاست‌اند دیده می‌شود. چرخهٔ کربس در باکتری‌های هوازی که فاقد میتوکندری‌اند رخ می‌دهد.

تست ۱۸: کدام عبارت جملهٔ مقابل را به‌طور نادرستی تکمیل می‌کند؟

«وقتی سلول شروع به تنفس نوری می‌کند .....»

۱) بازده واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز کم می‌شود.

۲) تولید $NADP^+$ در کلروپلاست کاهش می‌یابد.

۳) سلول‌های نگهبان روزنه در حال پلاسمولیز قرار دارند.

۴) فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو در محل تولید کربن دی اکسید متوقف می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

وقتی سلول شروع به تنفس نوری می‌کند فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو در بستره کلروپلاست نه میتوکندری متوقف می‌شود. در نتیجه واکنش‌های تاریکی فتوسنتز متوقف شده و تولید $NADP^+$ در کلروپلاست کاهش می‌یابد. سلول‌های نگهبان روزنه در حالت پلاسمولیز قرار دارند و در نتیجه روزنه‌های هوایی بسته‌اند.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

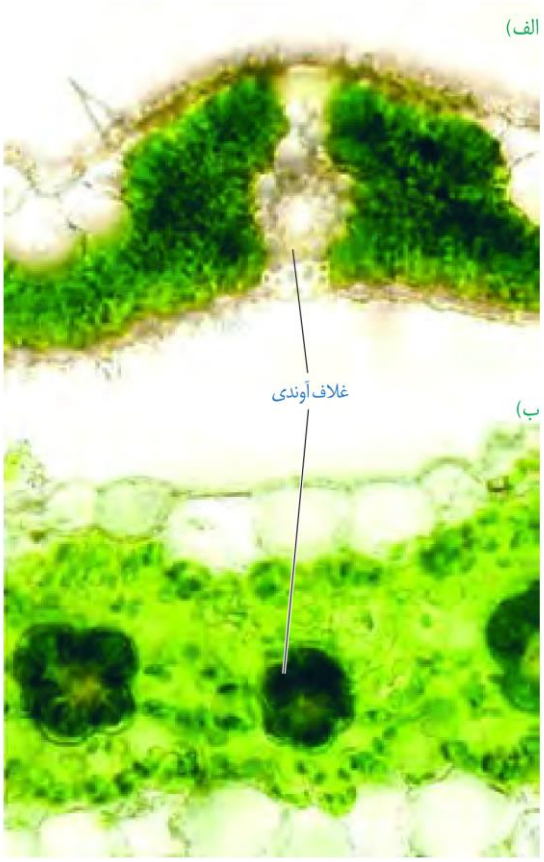
در تنفس نوری گر چه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوسنتز می‌شود.

به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته‌اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

فتوسنتز در گیاهان C_4

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C_4 معروف‌اند.

یاخته‌های غلاف آوندی در این گیاهان سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند، در حالی که یاخته‌هایی که در اطراف دسته آوندی در گیاهان C_3 دیده می‌شوند، سبزدیسه ندارند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- الف) برگ گیاه C_3

ب) برگ گیاه C_4

تثبیت کربن در این گیاهان در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های میانبرگ و سپس در یاخته‌های غلاف آوندی انجام می‌شود که در ادامه به آن می‌پردازیم.

در گیاهان C_4، CO_2 در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهار کربنی ایجاد می‌شود. به همین علت

تست ۱۹: در مقایسهٔ تنفس نوری و تنفس سلولی کدام عبارت صحیح است؟ (سراسری خارج کشور ۸۵)

۱) هر دو فرایند وابسته به نوراند.

۲) ATP محصول مشترک هر دو فرایند است.

۳) هر دو فرایند با فتوسنتز رابطهٔ مستقیم دارد.

۴) بخشی از هر دو فرایند در میتوکندری انجام می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در مقایسهٔ تنفس نوری و تنفس سلولی بخشی از هر دو فرایند در میتوکندری انجام می‌شود.

مقایسه	تنفس سلولی	تنفس نوری
نور	در مستقل	وابسته
سلول	همهٔ سلول‌ها	سلول‌های کلروپلاست‌دار گیاهان
ATP	تولید می‌شود.	تولید نمی‌شود.
اکسیژن	در نوع هوازی مصرف می‌شود.	در کلروپلاست مصرف
دی‌اکسید کربن	در نوع هوازی و تخمیر الکلی تولید می‌شود	در میتوکندری تولید
اندامک	میتوکندری	میتوکندری- کلروپلاست- پراکسی زوم

تست ۲۰: گیاهی که در شب روزنه‌های خود را باز می‌کند. نمی‌تواند طی ..... (سراسری خارج کشور ۹۰)

۱) شب، CO_2 را جذب و تثبیت کند.

۲) شب، در واکوئل‌های خود اسیدهای آلی بسازد.

۳) روز، CO_2 جو را در اسیدهای آلی تثبیت کند.

۴) روز، واکنش‌های چرخهٔ کالوین را انجام دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

گیاهی که در شب روزنه‌های خود را باز می‌کند فتوسنتز CAM دارد لذا طی روز، نمی‌تواند CO_2 جو را در اسیدهای آلی تثبیت کند.

به این گیاهان، گیاهان C_4 می‌گویند؛ زیرا اولین مادهٔ پایدار حاصل از تثبیت کربن، ترکیبی چهار کربنی است.

آنزیمی که در ترکیب CO_2 با اسید سه کربنی و تشکیل اسید چهار کربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به‌طور اختصاصی با CO_2 عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

اسید چهار کربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسم‌ها به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود. در این یاخته‌ها، مولکول CO_2 از اسید چهار کربنی آزاد و وارد چرخهٔ کالوین می‌شود. اسید سه کربنی باقی‌مانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.

در گیاهان C_4 با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته، میزان CO_2 در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارندهٔ تنفس نوری است. بنابراین، تنفس نوری به ندرت در این گیاهان روی می دهد.

این گیاهان در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، در حالی که روزنه‌ها بسته شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود، همچنان میزان CO_2 را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند. به همین علت کارایی آن‌ها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C_3 است.

فتوسنتز در گیاهان CAM

بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئله دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه‌اند. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند. برگ، ساقه یا هر دوی آن‌ها در چنین گیاهانی گوشتی و پرآب است. این گیاهان در کریچه‌های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان C_4 است، با این تفاوت که تثبیت کربن در آن‌ها در یاخته‌های متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم‌بندی مکانی نشده، بلکه در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود. تثبیت اولیهٔ کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخهٔ کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند. آناناس از گیاهان CAM (کَم) است.

تست ۲۱: کدام عبارت درست است؟ (سراسری ۸۷)

۱) در گیاهان CAM تجزیهٔ اسید چهار کربنی در طی روز انجام می‌شود.

۲) هنگام عبور H^+ از بستره به درون تیلاکوییید، پروتئین کانالی، ATP می‌سازد.

۳) در گیاهان C_4، دی‌اکسید کربن فقط از طریق چرخهٔ کالوین تثبیت می‌شود.

۴) در تنفس نوری، آنزیم روبیسکو سبب شکسته شدن ترکیب شش کربنی ناپایدار می‌گردد.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

گزینهٔ «۱»: در گیاهان CAM، اسید کراسولاسه در شب سنتز و تجزیهٔ اسید چهار کربنی در طی روز انجام می‌شود.

گزینهٔ «۲»: هنگام عبور H^+ از تیلاکوییید به درون بستره، پروتئین کانالی، ATP می‌سازد.

گزینهٔ «۳»: در گیاهان C_4، دی‌اکسید کربن در دو مرحله تثبیت می‌شود.

گزینهٔ «۴»: در تنفس نوری، آنزیم روبیسکو سبب شکسته شدن ترکیب پنج کربنی می‌گردد.

تست ۲۲: در روند تثبیت CO_2 و تشکیل قند سه کربنی در نیشکر، کدام عبارت نادرست است؟ (سراسری ۸۶)

۱) تشکیل ترکیب چهار کربنی در سلول میانبرگ

۲) آزاد شدن CO_2 از اسید در سلول غلاف آوندی

۳) ورود CO_2 به چرخهٔ کالوین در سلول غلاف آوندی

۴) تشکیل ترکیب چهار کربنی به کمک آنزیم روبیسکو

پاسخ: گزینهٔ «۴»

نیشکر یک گیاه C_4 است و تشکیل ترکیب چهار کربنی به کمک یک آنزیم غیر روبیسکویی رخ می‌دهد.

تست ۲۳: پس از فعال شدن آنزیم روبیسکو در جهت کربوکسیلازی ..... (سراسری ۸۳)

۱) ATP تولید شدهٔ قبلی مصرف می‌شود.

۲) واکنش‌های تنفس نوری در گیاه آغاز می‌شود.

۳) مولکول‌های $NADP^+$ به NADPH تبدیل می‌شوند.

۴) با پیوستن گروه فسفات به ADP، ATP ساخته می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

پس از فعال شدن آنزیم روبیسکو در جهت کربوکسیلازی، چرخهٔ کالوین (مرحلهٔ ۳ فتوسنتز) رخ داده در نتیجه ATP تولید شدهٔ قبلی مصرف می‌شود.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

شکل ۱۱- مقایسه فتوسنتز در گیاهان الف) C_3، ب) C_4 و پ) CAM

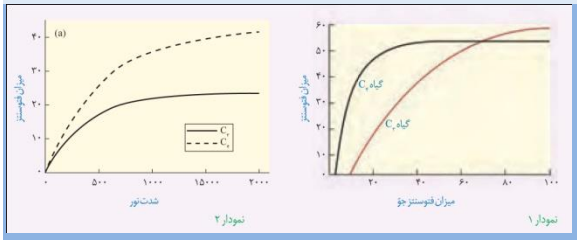
فعّالیت ۵: گفت وگو کنید

سه گیاه الف، ب و پ داریم. با فرض این‌که فتوسنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- الف) عصارهٔ برگ هر یک از این گیاهان در دو زمان، یکی در آغاز تاریکی (شب) و دیگری در آغاز روشنایی (صبح) استخراج و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. pH عصارهٔ گیاه «ب» در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود. گیاه «ب» چه نوع فتوسنتزی دارد؟

ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه «الف» و «پ» چه راهی پیشنهاد می‌دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می‌کند؟

۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی اکسید جوّ و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه C_3 و C_4 نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟



جانداران فتوسنتزکنندهٔ دیگر

بخش عمدهٔ فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند. انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می‌کنند که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم.

تست ۲۴: در گیاه ..... هم در شب و هم در روز انجام می‌شود. (سراسری خارج کشور ۸۶)

۱) کاکتوس، تثبیت CO_2 ۲) کاکتوس، جذب CO_2 جو

۳) ذرت، تثبیت CO_2 ۴) ذرت، جذب CO_2 جو

پاسخ: گزینهٔ «۱»

کاکتوس یک گیاه CAM است CO_2 را فقط در شب جذب می‌کند ولی عمل تثبیت هم در شب و هم در روز انجام می‌شود.

تست ۲۵: در گیاهان CAM، ممکن نیست .....

۱) هم‌زمان با تثبیت دی‌اکسید کربن، روزنه‌های هوایی بسته باشند.

۲) دی‌اکسید کربن جو مستقیماً درون اندامک تک غشایی تثبیت شود.

۳) بدون جذب دی‌اکسید کربن جو، روبیسکو عمل کربوکسیلازی انجام دهد.

۴) هم‌زمان با تولید $NADP^+$، دی‌اکسید کربن جو جذب شود.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در گیاهان CAM، ممکن نیست هم‌زمان با تولید $NADP^+$، دی‌اکسید کربن جو جذب شود چون جذب دی‌اکسید کربن جو در شب صورت می‌گیرد ولی چرخهٔ کالوین در روز انجام می‌گیرد.

تست ۲۶: در گیاهان C_4، اسیدهای آلی چهارکربنه در سلولی ..... می‌شوند که .....

۱) ساخته- آنزیم روبیسکو بیش‌ترین نقش را در فعالیت کربوکسیلازی دارد.

۲) تجزیه- آنزیم روبیسکو بیش‌ترین نقش را در فعالیت کربوکسیلازی دارد.

۳) ساخته- در صورت بسته شدن روزنه‌ها وارد تنفس نوری می‌شود.

۴) تجزیه- در صورت بسته شدن روزنه‌ها وارد تنفس نوری می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

در گیاهان C_4، اسیدهای آلی چهارکربنه در میانبرگ اسفنجی ساخته شده و در سلول غلاف آوندی تجزیه می‌شوند که آنزیم روبیسکو بیش‌ترین نقش را در کربوکسیلازی دارد.

باکتری‌ها: باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب‌کنندهٔ نورند.

بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها سبزینه **a** دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO_2 و نور ماده آلی می‌سازند؛ و چون همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتزکنندهٔ اکسیژن‌زا نامیده می‌شوند.

گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتزکنندهٔ غیراکسیژن‌زا هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزهٔ فتوسنتزی این باکتری‌ها، باکتریوکلروفیل است. این باکتری‌ها کربن دی اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آن‌ها ترکیبی به غیر از آب است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون H_2S است و به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیهٔ فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند. هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

واکنش ۴- فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی

$$6CO_2 + 12H_2S + \text{نور} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12S + 6H_2O$$

آغازیان: آغازیان نقش مهمی در تولید مادهٔ آلی از ماده معدنی دارند. می‌دانید که جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای از آغازیان هستند و فتوسنتز می‌کنند. اوگلنایی که در شکل ۱۲ می‌بینید، جانداری تک یاخته‌ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتزکننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به‌دست می‌آورد.

شکل ۱۲- اوگلنا

تست ۲۷: هر گیاهی که در دمای بالا و شدت زیاد نور ..... قطعاً ..... (سراسری ۹۴)

۱) از افزایش دفع آب جلوگیری می‌کند- در هنگام شب روزنه‌های خود را کاملاً باز می‌نماید.

۲) فرایند فتوسنتز را متوقف می‌سازد- می‌تواند به تولید **ATP** در غیاب اکسیژن بپردازد.

۳) به کندی رشد می‌کند- دی‌اکسید کربن را در دو نوع سلول خود تثبیت می‌کند.

۴) بر تنفس نوری غلبه می‌نماید- فتوسنتز را با کارایی بسیار پایینی انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

مثل گیاهان C_3 که روزنه‌های خود را می‌بندند و وارد مسیر تخمیر می‌شوند.

گزینهٔ «۱»: گیاهان C_4 و **CAM** می‌توانند در دمای بالا و نور زیاد، با بستن روزنه‌های هوایی، از دفع آب جلوگیری کنند ولی برخلاف گیاهان **CAM**، روزنه‌های هوایی گیاهان C_4 در شب بسته است.

گزینهٔ «۳»: مثل گیاهان C_3 و **CAM** که در دمای بالا به کندی رشد می‌کنند ولی دی‌اکسید کربن را در یک نوع سلول خود تثبیت می‌کنند.

گزینهٔ «۴»: برای گیاه C_4 صادق نیست.

تست ۲۸: در همهٔ گیاهان آوندی، هر سلول تمایزیافتهٔ روپوست برگ، قادر به انجام کدام عمل زیر است؟

۱) در پی تثبیت دی‌اکسید کربن جو، یک اسید سه کربنی می‌سازد.

۲) با تولید نوعی آلکالوئید، همواره حشرات مزاحم را دور می‌نماید.

۳) باعث فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو می‌شود.

۴) در مرحلهٔ اول تنفس، $2H^+$ تولید می‌نماید.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در گلیکولیز به دنبال تولید **NADH**ها، دو H^+ تولید می‌شود.

گزینهٔ «۱»: هر سلول روپوستی برگ فتوسنتز ندارد ولی سلول‌های نگهبان روزنه فتوسنتز دارند.

گزینهٔ «۲»: اولاً هر سلول روپوستی برگ توانایی تولید آلکالوئید را ندارد. دوماً هر الکالوئیدی نمی‌تواند همواره حشرات مزاحم را دور کند مثل نوزاد کرمی شکل که از برگ گیاه تنباکو تغذیه می‌کند.

گزینهٔ «۳»: هر سلول روپوستی کلروپلاست ندارد تا تنفس نوری انجام دهد.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

شیمیوسنتز

آیا ساختن مادهٔ آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتز و جاندارانی است که از انرژی نور استفاده می‌کنند؟ آیا تولیدکنندگان در اعماق تاریک وجود ندارند؟

امروزه می‌دانیم انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانهٔ آتشفشان‌های زیرآب وجود دارند که می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی اکسید مادهٔ آلی بسازند. زیستن در چنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیرممکن است. دانشمندان بر اساس وضعیت زمین در آغاز شکل‌گیری حیات، بر این باورند که باکتری‌های شیمیوسنتزکننده از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند. چنین باکتری‌هایی، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های شیمیایی، به ویژه اکسایش ترکیبات معدنی (غیرآلی) به‌دست می‌آورند. به این فرایند شیمیوسنتز می‌گویند.

باکتری‌های نیتراتساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتزکننده‌اند.

<table>
<tr><td rowspan="10">جانداران</td><td rowspan="5">هتروتروف</td><td colspan="4">جانوران</td></tr>
<tr><td colspan="4">قارچ‌ها</td></tr>
<tr><td colspan="4">بیش‌تر آغازیان</td></tr>
<tr><td colspan="4">بیش‌تر باکتری‌ها</td></tr>
<tr><td colspan="4">بعضی گیاهان (گیاه سس- گل جالیز)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">اتوتروف</td><td rowspan="4">فتوسنتزکنندگان</td><td rowspan="2">اکسیژن‌زا</td><td>دارای کلروپلاست</td><td>گیاهان</td></tr>
<tr><td>آغازیان</td></tr>
<tr><td>بدون کلروپلاست</td><td>سیانوباکتری‌ها</td></tr>
<tr><td>غیر اکسیژن‌زا</td><td>بدون کلروپلاست</td><td>باکتری‌های گوگردی</td></tr>
<tr><td>شیمیوسنتزکنندگان</td><td colspan="3">باکتری‌های نیتراتساز</td></tr>
</table>

تست ۲۹: در سلول‌های نگهبان روزنهٔ گیاه C_3، لازم است در گام ..... از واکنش‌های تثبیت دی‌اکسید کربن بر خلاف گام ..... از واکنش‌های مرحلهٔ اول تنفس سلولی، **ADP** ..... شود.

۱) چهارم- چهارم- تولید ۲) سوم- اول- مصرف
۳) سوم- چهارم- مصرف ۴) دوم- اول- تولید

پاسخ: گزینهٔ «۱»

در گام ۴ چرخهٔ کالوین برخلاف گام ۴ گلیکولیز، **ATP** مصرف و **ADP** تولید می‌شود.

تست ۳۰: در سلول‌های میانبرگ گیاه ، در گام ..... از واکنش‌های تثبیت دی‌اکسید کربن برخلاف گام ..... از واکنش‌های مرحله هوازی تنفس، **ADP** ..... می‌شود.

(سراسری خارج کشور ۹۴)

۱) اول- چهارم- تولید ۲) چهارم- سوم- تولید
۳) دوم- سوم- مصرف ۴) چهارم- اول- مصرف

پاسخ: گزینهٔ «۲»

در گام چهارم چرخهٔ کالوین **ADP** تولید می‌شود.

تست ۳۱: هر گیاهی که قادر است دی‌اکسید کربن را فقط ..... تثبیت کند، در نور و گرمای زیاد ..... (سراسری ۹۵)

۱) هنگام شب- اسیدهای آلی را به درون کلروپلاست‌ها انتشار می‌دهد.
۲) در ترکیب چهار کربنی- به کمک **NADH**، **ATP** تولید می‌نماید.
۳) توسط چرخهٔ کالوین- بدون حضور اکسیژن، **NADH** می‌سازد.
۴) هنگام روز- فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو را افزایش می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در گلیکولیز **NADH** می‌سازد و از طریق تخمیر آن را بازسازی می‌کند.

تست ۳۲: کدام عبارت دربارهٔ سازگاری گیاهان ساکن اکوسیستم‌های بیابانی در پاسخ به گرما و خشکی زیاد نادرست است؟ (سراسری ۹۶)

۱) در هنگام شب، دی‌اکسید کربن از طریق روزنه ها وارد گیاه می‌شود.

۲) در هنگام روز، فرایندی مانع انجام واکنش‌های چرخهٔ کالوین می‌شود.

۳) در هنگام روز، دی‌اکسید کربن آزاد شده به درون کلروپلاست‌ها انتشار می‌یابد.

۴) در هنگام شب، اسیدهای آلی ناشی از تثبیت دی‌اکسید کربن، در واکوئل‌ها ذخیره می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۳۳: کدام عبارت در مورد پاسخ گیاهان C_4 به آب و هوای گرم و خشک درست است؟ (سراسری ۹۷)

۱) همانند گیاهان C_3، در پی خروج مولکول دو کربنی از کلروپلاست، CO_2 آزاد می‌کنند.

۲) برخلاف گیاهان CAM، دی‌اکسید کربن جو را به‌صورت اسیدهای آلی تثبیت می‌نمایند.

۳) همانند گیاهان CAM، با اضافه کردن CO_2، به ترکیب پنج کربنی، ترکیبی ناپایدار می‌سازد.

۴) برخلاف گیاهان C_3، آنزیم تثبیت‌کنندهٔ دی‌اکسید کربن آن‌ها به میزان زیاد فعالیت اکسیژنازی انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۳۴: کدام عبارت، در مورد پاسخ گیاهان C_4 به آب و هوای گرم و خشک صادق است؟ (سراسری خارج کشور ۹۷)

۱) همانند گیاهان CAM، آنزیم تثبیت‌کنندهٔ دی‌اکسید کربن آن‌ها به میزان زیاد فعالیت اکسیژنازی هم انجام می‌دهد.

۲) برخلاف گیاهان C_3، اسیدهای آلی حاصل از تثبیت دی‌اکسید کربن جو را در واکوئل‌های خود ذخیره می‌کنند.

۳) برخلاف گیاهان C_3، با تجزیهٔ یک ترکیب دو کربنی در خارج از کلروپلاست CO_2 تولید می‌کنند.

۴) همانند گیاهان CAM، توانایی انجام واکنش‌های مستقل از نور فتوسنتز را دارند.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

تست ۳۵: کدام عبارت دربارهٔ همهٔ باکتری‌هایی درست است که ضمن مصرف یک مولکول گلوکز، دی‌اکسید کربن آزاد می‌کنند؟ (سراسری ۹۵)

۱) انتقال الکترون‌های یک مولکول NADH، به ترکیب دو کربنی

۲) استفاده از انرژی ذخیره شده در مولکول NADH برای تولید ATP

۳) تولید یک مولکول NADH، همزمان با تجزیهٔ یک مولکول پیرویک اسید

۴) تولید یک مولکول NADH، در مرحلهٔ دو فسفاته شدن یک ترکیب سه کربنی

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در مرحله سوم گلیکولیز ترکیب سه کربنی دو فسفاته می‌شود و NADH پدید می‌آید. مورد «۱» فقط برای حالت تخمیر الکلی صادق است و برای حالت هوازی نادرست می‌باشد. گزینهٔ «۲»، برای تخمیر الکلی صادق نیست.

تست ۳۶: همهٔ باکتری‌ها ..... می‌توانند، ..... نمایند. (سراسری با تغییر)

۱) نیترات ساز- در غیاب اکسیژن، ATP تولید

۲) تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن- دی‌اکسید کربن جو را تثبیت

۳) فتوسنتز کننده ارغوانی- برای تولید مادهٔ آلی، سولفید هیدروژن را تولید

۴) فتوسنتز کننده با رنگ سبز- از سولفید هیدروژن به‌عنوان منبع الکترون برای فتوسنتز، استفاده

پاسخ: گزینهٔ «۱»

باکتری‌های نیترات ساز در غیاب اکسیژن می‌توانند با عمل تخمیر ATP برسند.

گزینهٔ «۲»: ریزوبیوم‌ها هتروتروف‌اند و این توانمندی را ندارند.

گزینهٔ «۳»: سولفید هیدروژن را مصرف می کنند.

گزینهٔ «۴»: به‌عنوان مثال سیانوباکتری‌های غیرگوگردی‌اند و از آب به‌عنوان منبع الکترون استفاده می‌کنند.

تست ۳۷: هر باکتریی که بتواند برای ساختن ترکیبات آلی خود، از ..... به‌عنوان منبع الکترون استفاده نماید، ..... (سراسری خارج کشور ۹۴)

۱) ترکیبات گوگردی- انرژی زیستی قابل استفاده خود را تنها در حضور اکسیژن به‌دست می‌آورد.

۲) ترکیبات آلی- بازسازی NAD^+ را با استفاده از یک پذیرنده آلی هیدروژن انجام می‌دهد.

۳) ترکیبات غیرگوگردی- در غشاء خود رنگیزه‌های فتوسنتزی دارد.

۴) آب- در پی تولید NAD^+، به‌طور مداوم ATP می‌سازد.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

گزینهٔ «۱»: باکتری‌های گوگردی می توانند تخمیر کنند.

گزینهٔ «۲»: برای باکتری‌های تجزیه‌کننده هوازی صادق نیست.

گزینهٔ «۳»: برای باکتری‌های شیمیوسنتزکننده صادق نیست.

گزینهٔ «۴»: هم در مسیر هوازی و هم در مسیر بی‌هوازی به دنبال بازسازی NAD^+، **ATP** ساخته می‌شود.

تست ۳۸: هر باکتری .....، می‌تواند .....

۱) فتوسنتزکننده ای- از میزان سولفید هیدروژن محیط بکاهد.

۲) نیترات ساز- پیرووِیک اسید را تولید و مصرف نماید.

۳) غیرفتوسنتزکننده ای- از طریق زنجیرهٔ انتقال الکترون، NAD^+ را بازسازی نماید.

۴) تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن- با استفاده از کربن غیرآلی، ترکیبات آلی متنوعی بسازد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

پیرووِیک اسید در فرایند گلیکولیز تولید و در فرایند تنفس هوازی یا بی‌هوازی مصرف می‌شود.

گزینهٔ «۱»: برای باکتری‌های غیرگوگردی صادق نیست.

گزینهٔ «۳»: برای باکتری‌های بی‌هوازی صادق نیست.

گزینهٔ «۴»: برای ریزوبیوم صادق نیست.

تست ۳۹: کمبود ..... محیط، بر فعالیت‌های متابولیسمی ..... تأثیرگذار است. (سراسری ۹۲ با تغییر)

۱) نور- هر باکتری تثبیت کننده نیتروژن

۲) هیدروژن سولفید- بعضی از ریزوبیوم‌ها

۳) دی‌اکسید کربن- سیانوباکتری‌ها

۴) نور- هر آغازی برای فتوسنتز کننده ای برای تولید ATP اکسایشی

پاسخ: گزینهٔ «۳»

سیانوباکتری‌ها، باکتری‌ها فتوسنتزکننده‌اند. کمبود دی‌اکسید کربن بر فعالیت‌های متابولیسمی آن تأثیرگذار است.

گزینهٔ «۱»: برای ریزوبیوم صادق نیست

گزینهٔ «۲»: هیدروژن سولفید ماده مورد استفاده برای باکتری‌های گوگردی و برخی شیمیوسنتزکنندگان است در حالی‌که ریزوبیوم‌ها باکتری‌های هتروتروف‌اند و انرژی خود را از مواد آلی به‌دست می‌آورند.

گزینهٔ «۴»: برای اوگلنا صادق نیست

رفتارهای جانوران

هزاران سال است که انسان رفتارهای جانوران را مشاهده می‌کند و در پی یافتن علت این رفتارها و چگونگی بروز آن‌هاست. زندگی انسان به داشتن اطلاعات دربارهٔ رفتار جانوران وابسته است. دانستن دربارهٔ چگونگی زادآوری یک حشره آفت، می‌تواند به یافتن راه‌هایی برای مبارزه با آن منجر شود. دانستن دربارهٔ مهاجرت یا تغذیهٔ یک جانور در معرض خطر انقراض، می‌تواند به راه‌هایی برای حفظ آن گونه و حفاظت از تنوع زیستی بینجامد. در این فصل انواعی از رفتارهای جانوران، چگونگی انجام آن‌ها و علت این رفتارها را از دیدگاه انتخاب طبیعی بررسی می‌کنیم.

گفتار ۱: اساس رفتار

قمری‌های خانگی با جمع‌آوری شاخه‌های نازک درختان برای خود لانه ساخته و زادآوری می‌کنند. گوزن‌ها از شکارچی‌ها می‌گریزند. خرس‌های قطبی خواب زمستانی دارند. سارها برای زمستان‌گذرانی به مناطق گرم‌تر مهاجرت می‌کنند. این‌ها نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران است. رفتار، واکنش یا مجموعه واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به محرک یا محرک‌ها انجام می‌دهد. محرک‌هایی مانند بو، رنگ، صدا، تغییر میزان هورمون‌ها یا گلوکز در بدن جانور، تغییر دمای محیط و تغییر طول روز موجب بروز رفتارهای گوناگون در جانوران می‌شوند.

رفتار غریزی

جوجه‌های برخی از پرندگان برای غذای مورد نیازشان به والد (یا والدین) خود متکی هستند. مثلاً جوجه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرنده والد نوک می‌زند و والد بخشی از غذای خورده شده را برمی‌گرداند تا جوجه آن را بخورد. دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجه اهمّیت دارد. جوجه پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند به منقار والد نوک بزند (شکل ۱).

شکل ۱- رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی

نکته:

رفتار	غریزی (ژنی)	
	یادگیری	خوگیری (عادی شدن)
		شرطی شدن کلاسیک
		شرطی شدن فعال
		حل مسئله
		نقش‌پذیری

تمرین ۱: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) برای بروز هر رفتاری در بدن انسان، دستگاه عصبی مرکزی نقش دارد.

ب) برای بروز هر رفتاری در بدن انسان، دستگاه عصبی محیطی نقش دارد.

پ) برای بروز هر رفتاری تحریک نوعی گیرنده یا گیرنده‌ها ضرورت دارد.

ت) ممکن نیست محرک‌های متفاوت پاسخ رفتاری مشابه‌ای در یک جانور ایجاد کنند.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

منشأ رفتار جوجه کاکایی چیست؟ جوجه پرنده پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند رفتار درخواست غذا را انجام دهد، پس آیا این رفتار همانند ویژگی‌های بدنی جانور ژنی است؟ برای پاسخ به این سؤال یک پژوهش را بررسی می‌کنیم.

پژوهشگران ارتباط یک ژن را با رفتار مراقبت از زاده‌ها در موش ماده بررسی کرده‌اند. این ژن را ژن **B** می‌نامیم. موش ماده طبیعی اجازه نمی‌دهد بچه موش‌ها از او دور شوند؛ اگر بچه موش‌ها دور شوند، مادر آن‌ها را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد (شکل ۲). موش مادر ابتدا نوزادان را وارسی می‌کند و اطلاعاتی از راه حواس به مغز آن ارسال می‌شود؛ درنتیجه ژن **B** در یاخته‌هایی در مغز موش مادر فعال می‌شود و دستور ساخت پروتئینی را می‌دهد که آنزیم‌ها و ژن‌های دیگری را فعال می‌کند. در مغز جانور فرایندهای پیچیده‌ای به راه می‌افتد که در نتیجهٔ آن‌ها، موش ماده رفتار مراقبت مادری را نشان می‌دهد. پژوهشگران با ایجاد جهش در ژن **B** آن را غیرفعال کردند. موش‌های ماده‌ای که ژن‌های جهش‌یافته داشتند، ابتدا بچه موش‌های تازه متولد شده را وارسی کردند ولی بعد آن‌ها را نادیده گرفتند و رفتار مراقبت نشان ندادند. به این ترتیب، مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش اساس ژنی دارد.

شکل ۲- الف) مراقبت مادری موش مادر دارای ژن طبیعی

ب) نبود مراقبت مادری در موش مادر دارای ژن جهش‌یافته B

رفتار موش مادر در مراقبت از فرزندان رفتاری غریزی است. اساس رفتار غریزی در همهٔ افراد یک گونه یکسان است، زیرا ژنی و ارثی است. رفتار جوجه کاکایی برای به‌دست آوردن غذا، لانه‌سازی پرنده‌ها و رفتار مکیدن در شیرخواران نمونه‌های دیگری از رفتارهای غریزی اند. خواهید دید همهٔ رفتارهای غریزی به‌طور کامل هنگام تولّد در جانور ایجاد نشده‌اند.

تمرین ۲: جاهای خالی را با کلمات مناسب درون پرانتز پر کنید.

الف) جوجه‌های (بسیاری- برخی- همه) ..... پرندگان به والد (یا والدین) خود متکی هستند.

ب) رفتار نوک زدن جوجه کاکایی برای دریافت غذا از مادر قابل یادگیری (است- نیست) .....

پ) زندگی انسان به داشتن اطلاعات در مورد رفتار (جانداران- جانوران) ..... وابسته است.

ت) اساس رفتار غریزی در همهٔ افراد یک گونه یکسان (است- نیست) .....

پاسخ:

تمرین ۳: در ارتباط با ژن **B** به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) در کدام یاخته‌های موش مادر وجود دارد؟

ب) در کدام یاخته‌های موش مادر بیان می‌شود.

پ) محصول نهایی این ژن چیست و چه عملی انجام می‌دهد؟

ت) اگر این ژن در موش مادر جهش یابد، آیا موش مادر بچه‌های تازه متولد شده خود را وارسی می‌کند؟

پاسخ:

ادگیری و رفتار

در رفتار درخواست غذا، نوک زدن‌های جوجه کاکایی به منقار والد در ابتدا دقیق نیست ولی به‌تدریج و با تمرین، این رفتار دقیق‌تر می شود. هر چه جوجه دقیق‌تر نوک بزند، والد سریع‌تر به درخواست آن برای غذا پاسخ می‌دهد. به این ترتیب جوجه می‌آموزد تا دقیق‌تر نوک بزند (شکل ۳). بنابراین، جوجه کاکایی تجربه به‌دست می‌آورد و رفتارغریزی آن تغییر می‌کند و اصلاح می‌شود.

شکل ۳- اصلاح رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی: پس از دو روز جوجه می‌آموزد تا دقیق‌تر نوک بزند. نقطه‌های سیاه رنگ محل نوک زدن را نشان می‌دهند.

جانوران در محیط تجربه‌های گوناگونی پیدا می‌کنند که رفتارهای آن‌ها را تغییر می‌دهد. تغییر نسبتاً پایدار در رفتار که در اثر تجربه به وجود می‌آید یادگیری نام دارد. یادگیری انواع گوناگونی دارد که با آن‌ها آشنا می‌شوید.

خوگیری (عادی شدن): جوجهٔ پرندگان اجسام گوناگونی مانند برگ‌های در حال افتادن را در بالای سر خود می‌بینند. در ابتدا جوجه‌ها با پایین آوردن سر خود و آرام ماندن به این محرک‌ها پاسخ می‌دهند، امّا با دیدن مکرر اجسام در حال حرکت، یاد می‌گیرند آن‌ها برایشان خطر یا فایده‌ای ندارند. در نتیجه، جوجه‌ها دیگر به این محرک‌ها پاسخ نمی‌دهند. این یادگیری را خوگیری می‌نامند. در این یادگیری، پاسخ جانور به یک محرک تکراری که سود یا زیانی برای آن ندارد، کاهش پیدا می‌کند و جانور می‌آموزد به برخی محرک‌ها پاسخ ندهد. جانوران در معرض محرک‌های متعددی قرار دارند که پاسخ به همهٔ آن‌ها، نیازمند صرف انرژی زیادی است. خوگیری موجب می‌شود جانور با چشم‌پوشی از محرک‌های بی‌اهمّیت، انرژی خود را برای انجام فعالیت‌های حیاتی حفظ کند.

تست ۱: رفتار جوجه کاکایی که بلافاصله از تخم خارج می‌شود و نوک مادر خود را لمس می‌کند .....

۱) همیشه به یک شکل انجام نمی‌گیرد.

۲) صرفاً غریزی محسوب نمی‌شود.

۳) در اثر تجربه حاصل نشده است.

۴) هیچ‌گاه به زاده‌هایش منتقل نمی‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

تست ۲: چند عبارت در ارتباط با رفتار عادی شدن صحیح است؟

الف) هر موقع جانور از پاسخ به یک محرک صرف‌نظر کند، آن رفتار عادی شدن است.

ب) نوعی تغییر شکل رفتار غریزی است که می‌تواند سبب کاهش ترس در جانوران شود.

پ) برای هر محرکی که هیچ سود یا زیانی برای جانور نداشته باشد این رفتار شکل می‌گیرد.

ت) این نوع رفتار فقط برای تغییر رفتارهای بسیار ساده مانند انعکاس‌ها صادق است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۱»

عبارت «الف»: نادرست است. مثلاً در حالت شرطی شدن فعال جانور یاد می‌گیرد که به بعضی محرک‌ها پاسخ ندهد.

عبارت «ب»: صحیح است مثل رفتار پرنده در قبال مترسک

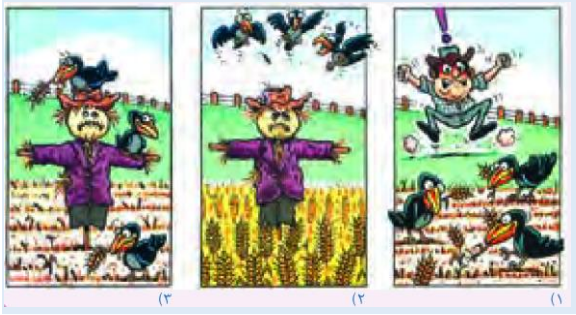
عبارت «پ»: نادرست است، چون محرک باید دائمی باشد.

عبارت «ت»: نادرست است، چون این نوع رفتار فقط برای تغییر رفتارهای بسیار ساده مانند انعکاس‌ها صادق نیست و می‌تواند رفتارهای پیچیده‌تر را هم شامل شود.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

فعّالیت ۱: الف) شکل روبه‌رو یادگیری خوگیری را نشان می‌دهد. آن را توضیح دهید.

ب) در برخی کشتزارها قوطی‌های فلزی را به مترسک آویزان می کنند، این کار چه فایده‌ای دارد؟



شرطی شدن کلاسیک: وقتی جانوری مانند سگ غذا می‌بیند و یا بوی آن را احساس می‌کند، بزاق او ترشح می‌شود. غذا محرک و ترشح بزاق، پاسخی غریزی و یک بازتاب طبیعی است. دانشمندی به نام پاولوف آزمایش‌های متعددی در این باره انجام داد. او متوجه شد بزاق سگ، با دیدن فرد غذادهنده و قبل از دریافت غذا نیز ترشح می شود. پاولف آزمایشی طراحی کرد و در آن هم زمان با دادن پودر گوشت به سگ گرسنه، زنگی را به صدا درآورد. با تکرار این کار، سگ بین صدای زنگ و غذا ارتباط برقرار کرد، طوری که بزاق آن با شنیدن صدای زنگ و حتی بدون دریافت غذا نیز ترشح می‌شد. صدای زنگ در ابتدا یک محرک بی‌اثر بود ولی وقتی با محرک طبیعی یعنی غذا همراه شد، سبب بروز پاسخ ترشح بزاق شد (شکل ۴). صدای زنگ یک محرک شرطی است زیرا درصورتی می‌تواند موجب بروز پاسخ شود که با یک محرک طبیعی همراه شود. این نوع یادگیری **شرطی شدن کلاسیک** نام دارد.

شکل ۴- الف) وقتی محرک شرطی (صدای زنگ) با محرک طبیعی (غذا) همراه شود.

ب) محرک شرطی به تنهایی می‌تواند سبب پاسخ ترشح بزاق شود.

شرطی شدن فعال: نوعی دیگر از شرطی شدن، شرطی شدن فعال یا یادگیری با آزمون و خطا نام دارد. در نخستین آزمایش‌های مربوط به این نوع یادگیری، دانشمندی به نام اسکینر موش گرسنه‌ای را در جعبه‌ای قرار داد که درون آن اهرمی وجود داشت و موش می‌توانست آن را فشار دهد (شکل ۵).

تست ۳: در شرطی شدن کلاسیک بعد از مدتی، محرک ..... (سراسری ۸۸)

۱) غیرشرطی، به جای محرک شرطی قرار می‌گیرد.

۲) غیرشرطی، پاسخی متفاوت با پاسخ محرک شرطی ایجاد می‌کند.

۳) شرطی، برای بروز پاسخ مناسب، نیازمند محرک شرطی دیگر است.

۴) شرطی، برای بروز پاسخ مناسب، مستقل از محرک غیرشرطی عمل می‌کند.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

در شرطی شدن کلاسیک بعد از مدتی، محرک شرطی، برای بروز پاسخ مناسب، مستقل از محرک غیرشرطی عمل می‌کند.

تست ۴: در رفتار مورد مطالعهٔ آزمایش ایوان پاولف، مشخص شد .....

۱) محرک غیرشرطی برای ایجاد پاسخ وابسته به محرک شرطی است.

۲) محرک شرطی برای ایجاد پاسخ همواره به محرک غیرشرطی نیاز دارد.

۳) پاسخ غیرشرطی مشابه همان پاسخی است که محرک شرطی ایجاد می‌کند.

۴) پاسخ غیرشرطی زمانی ایجاد می‌شود که محرک بی‌اثر به‌طور مستقل عمل کند.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

منظور از محرک غیرشرطی یعنی همان محرک طبیعی(غذا) است که موجب پاسخ غیرشرطی (ترشح بزاق سگ) می‌شود. محرک شرطی (بی‌اثر) مثل صدای زنگ بعد از مدتی می‌تواند به‌طور مستقل همان پاسخ غیرشرطی را سبب شود.

دلیل نادرست بودن سایر گزینه‌ها:

گزینهٔ «۱»: محرک غیرشرطی (غذا) همواره مستقل از محرک شرطی (صدای زنگ) موجب پاسخ می‌شود.

گزینهٔ «۲»: محرک شرطی پس از مدتی می‌تواند مستقل از محرک غیرشرطی، پاسخ ایجاد کند.

گزینهٔ «۴»: پاسخ غیرشرطی وقتی ایجاد می‌شود که محرک طبیعی (غیرشرطی) باشد.

شکل ۵- موش در جعبه اسکینر

موش درون جعبه حرکت می‌کرد و به‌طور تصادفی اهرم درون جعبه را فشار می‌داد. در نتیجه، تکه‌ای غذا به درون جعبه می‌افتاد و موش غذا دریافت می‌کرد. پس از چندبار تکرار این رفتار، موش به ارتباط بین فشار دادن اهرم و پاداش یعنی به‌دست آوردن غذا پی برد. موش پس از آن به‌طور عمدی، اهرم را فشار می‌داد تا غذا به‌دست آورد. در شرطی شدن فعال، جانور می‌آموزد بین رفتار خود با پاداش یا تنبیهی که دریافت می‌کند، ارتباط برقرار کرده و در آینده رفتاری را تکرار یا از انجام آن خودداری می‌کند.

فعّالیت ۲: پرنده‌ای که در شکل زیر می‌بینید، پروانه مونارک را بلعیده و دچار تهوع شده است. پس از چنین تجربه‌هایی پرنده می آموزد، این حشره را نباید بخورد. چگونگی آموختن این رفتار را بر اساس یادگیری شرطی شدن توضیح دهید.

حل مسئله: برخی از جانوران می‌توانند از تجربه‌های قبلی خود برای حل مسئله‌ای که با آن روبه‌رو شده‌اند، استفاده کنند. در یکی از آزمایش‌های مربوط به این رفتار، شامپانزه‌ای را در اتاقی گذاشتند که تعدادی موز از سقف آن آویزان بود و چند جعبهٔ چوبی هم در اتاق وجود داشت. شامپانزه پس از چند بار بالا پریدن و تلاش ناموفق برای رسیدن به موزها، جعبه‌ها را روی هم قرار داد، از آن‌ها بالا رفت و به موزها دست یافت (شکل ۶). در رفتار حل مسئله، جانور بین تجربه‌های گذشته و موقعیت جدید ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آن‌ها برای حل مسئلهٔ جدید، آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.

تست ۵: در شرطی شدن فعال ..... شرطی شدن کلاسیک .....

۱) برخلاف- جانور یاد می‌گیرد رفتار غریزی خود را در برابر یک محرک غیرطبیعی تغییر دهد.

۲) همانند- جانور یاد می‌گیرد در موقعیتی خاص، رفتار مشخصی انجام دهد و یا این‌که آن را انجام ندهد.

۳) برخلاف- محرک سبب می‌شود یک رفتار غریزی بروز یافته در جانور، تقویت یا تضعیف شود.

۴) همانند- یک محرک بی‌اثر جایگزین محرک طبیعی شده و همواره سبب بروز آن رفتار در جانور می‌شود.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

یادگیری حاصل از شرطی شدن فعال یکی از انواع یادگیری است که در آن، برخلاف شرطی شدن کلاسیک، رفتارهای فعال، محصول محرک‌های فیزیولوژیک نیستند، بلکه موجود بدون این‌که به وسیلهٔ محرک شناخته شده‌ای تحریک شود. در محیط فعالیت می‌کند و فعالیت مورد نظر توسط تقویت‌کننده‌ای تقویت می‌شود و بر اثر تقویت، وسعت و احتمال وقوع آن افزایش می‌یابد. همچنین آن رفتار در اثر تنبیه تضعیف می‌شود و حتی بروز نمی‌کند.

تست ۶: رفتار شکار پروانه‌ها توسط پرندگان از نوع رفتار ..... بود که منجر به ..... تنوع در جمعیت پروانه‌های مونارک شد.

۱) شرطی شدن کلاسیک- حفظ

۲) شرطی شدن فعال- کاهش

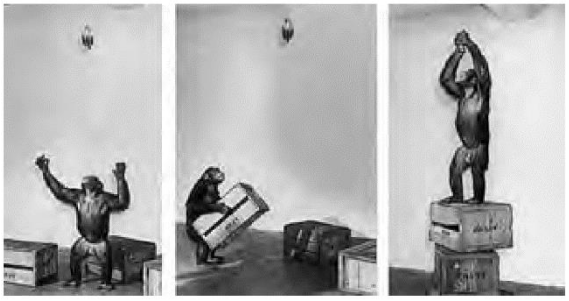
۳) شرطی شدن کلاسیک- کاهش

۴) شرطی شدن فعال- حفظ

پاسخ: گزینهٔ «۴»

پرندگان بعد از شکار پروانه‌های سمی از شکار هر پروانه‌ای که ظاهری شبیه پروانه‌های سمی دارند منصرف می‌شوند. در نتیجه تنوع در جمعیت‌ها حفظ می‌شود. چنین رفتاری در پرندگان از نوع یادگیری شرطی شدن فعال یا آزمون و خطا است.

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .



شکل ۶- حل مسئله در شامپانزه

رفتارشناسان حل مسئله جانوران را در محیط طبیعی نیز بررسی کرده‌اند. شامپانزه‌ها برگ‌های شاخهٔ نازک درختان را جدا می‌کنند و آن را درون لانهٔ موریانه‌ها فرو می‌برند تا موریانه‌ها را بیرون بیاورند و بخورند. این جانوران از تکه‌های چوب یا سنگ به شکل سندان و چکش استفاده می‌کنند تا پوستهٔ سخت میوه‌ها را بشکنند. کلاغ سیاهی که در شکل ۷ می‌بینید، کشف کرده است که چگونه تکه گوشت آویزان به انتهای نخ را به‌دست آورد. جانور هر بار بخشی از نخ را با منقار خود بالا می‌کشد و پنجهٔ پای خود را روی آن قرار داده و سرانجام به گوشت دست پیدا می‌کند.

شکل ۷- حل مسئله در کلاغ. کلاغ با جمع کردن نخ تکه گوشت را بالا می‌کشد.

نقش پذیری: جوجه غازها پس از بیرون آمدن از تخم، نخستین جسم متحرکی را که می‌بینند، دنبال می‌کنند. جسم متحرک معمولاً مادر آن‌هاست (شکل ۸). این دنبال کردن موجب پیوند جوجه‌ها با مادر می‌شود. پیوند جوجه غازها و مادرشان در نتیجهٔ نوعی یادگیری به نام نقش‌پذیری ایجاد می‌شود. نقش‌پذیری نوعی یادگیری است که در دورهٔ مشخصی از زندگی جانور انجام می‌شود. نقش‌پذیری جوجه غازها طی چند ساعت پس از خروج از تخم رخ می‌دهد. این زمان، دورهٔ حساسی است که در آن نقش‌پذیری با بیش‌ترین موفقیت انجام می‌شود. جوجه غازها با نقش‌پذیری مادر خود را می‌شناسند. این شناسایی برای بقای جوجه‌ها حیاتی است، بدون آن جوجه‌ها تحت مراقبت مادر قرار نمی‌گیرند و ممکن است بمیرند. افزون بر آن، جوجه‌ها با نقش‌پذیری، رفتارهای اساسی مانند جست‌وجوی غذا را

تست ۷: کدام عبارت نادرست است؟

(سراسری خارج کشور ۸۸)

۱) رفتار شرطی شدن فعال، نوعی یادگیری است که برای بروز آن زمان لازم است.

۲) شقایق دریایی شاخک‌های حسی خود را در برابر هر نوع تحریک مکانیکی، منقبض نمی‌کند.

۳) در رفتار حل مسئله، جانور از تجربه قبل همین مسئله‌ای که با آن روبه‌رو است، استفاده می‌کند.

۴) ترشح بزاق پس از ورود غذا به دهان؛ نوعی پاسخ غریزی است که یادگیری در بروز آن دخالتی ندارد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در رفتار حل مسئله، جانور از تجربه قبل همین مسئله‌ای که با آن روبه‌رو است، استفاده نمی‌کند، بلکه جانور در رفتار حل مسئله، بین تجارب گذشته که در مورد این موضوع نیست ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آن‌ها برای حل مسئلهٔ جدید استدلال می‌کند.

تست ۸: چند مورد در ارتباط با انواع تغییر رفتار غریزی در اثر تجربه نادرست است؟

الف) در رفتار حل مسئله، جاندار در موقعیت جدید با آزمون و خطا، رفتار مناسبی از خود نشان می‌دهد.

ب) یادگیری می‌تواند شامل تکرار بروز یک رفتار غریزی باشد بدون این‌که شکل رفتار غریزی تغییر کند.

پ) هر نوع تغییر رفتار غریزی در جانور بیان‌کنندهٔ نوعی رفتار یادگیری است.

ت) هیچ‌یک از تغییر رفتارهای غریزی که حاصل تجربه‌اند به نسل بعد منتقل نمی‌شوند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۲»

عبارت «الف»: نادرست است چون آزمون و خطا، برای شرطی شدن فعال است.

عبارت «ب»: صحیح است مثل شرطی فعال که در اثر پاداش تکرار رفتار غریزی افزایش می‌یابد، بدون این‌که شکل رفتار عوض شود.

عبارت «پ»: نادرست است،هر نوع رفتار غریزی که با تجربه حاصل شود بیان‌کنندهٔ نوعی رفتار یادگیری است.

عبارت «ت»: صحیح است چون این صفات اکتسابی‌اند.

نیز از مادر یاد می‌گیرند. نقش‌پذیری در پستانداران نیز دیده می شود، مثلاً بره‌هایی که مادر خود را از دست داده‌اند و انسان آن‌ها را پرورش داده است، دنبال او راه می‌افتند و تمایلی برای ارتباط با گوسفندهای دیگر نشان نمی‌دهند.

امروزه پژوهشگران می‌کوشند از نقش‌پذیری در حفظ گونه‌های جانوران در خطر انقراض استفاده کنند. مثلاً آن‌ها برای پرورش جوجه پرنده‌هایی که والدین خود را از دست داده و تحت مراقبت انسان به دنیا آمده‌اند، صدای پرندگان همان گونه را پخش می‌کنند. افرادی که از این جوجه‌ها نگهداری می‌کنند، ظاهر خود را شبیه آن پرنده کرده و مانند آن‌ها رفتار می‌کنند.

شکل ۸- نقش‌پذیری جوجه غازها نسبت به مادر خود

برهم کنش غریزه و یادگیری

بیش‌تر رفتارهای جانوران محصول برهم کنش ژن‌ها و اثرهای محیطی است که جانور در آن زندگی می‌کند. همان‌طور که در رفتار درخواست غذای جوجه کاکایی دیدیم، این رفتار غریزی به‌طور کامل در جوجه‌ای که از تخم بیرون می‌آید، بروز پیدا نمی‌کند. برای شکل گیری کامل آن، برهم کنش جوجه و والدین و کسب تجربه لازم است. جانور اساس ژنی لازم برای انجام این رفتار را دارد و همچنان که رشد می‌کند از آموخته‌های خود از محیط تجربه به‌دست می‌آورد و آن‌ها را برای تغییر و اصلاح رفتار قبلی به‌کار می‌برد. یادگیری برای بقای جانوران لازم است، زیرا محیط جانوران همواره در حال تغییر است. برای آن‌که جانوران بتوانند در این شرایط در حال تغییر زندگی کنند، باید بتوانند به تغییرات پاسخ‌های مناسبی بدهند. به این ترتیب، برهم کنش ژن‌ها و یادگیری امکان سازگار شدن جانور با این تغییرات را فراهم می‌آورد.

تست ۹: کدام عبارت صحیح است؟ (سراسری ۹۱)

۱) در بروز برخی رفتارهای یادگیری، وراثت فاقد نقش است.

۲) در معدودی از رفتارها، وراثت نقش تعیین‌کننده دارد.

۳) در بروز یک رفتار غریزی، آموزش و تجربه فاقد نقش است.

۴) در شکل‌گیری معدودی از رفتارها، دو عامل وراثت و محیط نقش دارد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در بروز یک رفتار غریزی، آموزش و تجربه فاقد نقش است چون این رفتار دارای برنامه‌های ژنی هستند مثل رفتار جوجهٔ کوکو در بیرون انداختن تخم پرندهٔ میزبان از لانه.

تست ۱۰: کدام عمل دربارهٔ «نقش‌پذیری» نادرست است؟ (سراسری ۸۸)

۱) در حفظ و بقای جاندار ارزش زیادی دارد.

۲) منحصر به تشخیص و شناسایی مادر است.

۳) نقش مهمی در شکل‌گیری رفتار غریزی دارد.

۴) در دورهٔ مشخصی از زندگی یک جاندار رخ می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۱۱: کدام عبارت، دربارهٔ رفتار نقش‌پذیری درست است؟ (سراسری ۹۷)

۱) همانند رفتار حل مسئله، تحت تأثیر یک محرک نشانه شروع می‌شود.

۲) همانند رفتار شرطی شدن فعال، بدون استفاده از آزمون و خطا بروز می‌کند.

۳) برخلاف خوگیری، در دورهٔ مشخصی از زندگی یک جانور رخ می‌دهد.

۴) برخلاف رفتار شرطی شدن کلاسیک، محصول برهم‌کنش اطلاعات ژنی و یادگیری است.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

فعّالیت ۳: الف) شقایق دریایی با تحریک مکانیکی (تماس)، بازوهای خود را منقبض می‌کند اما به حرکت مداوم آب پاسخی نمی‌دهد. چرا؟

ب) رام کنندگان جانوران چگونه انجام حرکات نمایشی در سیرک را به آن‌ها می‌آموزند؟

تست ۱۲: کدام گزینه صحیح است؟ (سراسری ۹۵)

۱) جانداری با دستگاه گردش آب، فاقد هر گونه تغییر رفتار ژنتیکی است.

۲) در مواردی، محرک شرطی می‌تواند پاسخ مناسبی را در جانور ایجاد نماید.

۳) بروز رفتار در هر جانور، مستلزم صدور پیام عصبی از سمت مغز است.

۴) در تغییر هر رفتار ژنتیکی، آزمون و خطا نقش مؤثری دارد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

گزینهٔ «۱»: مثل عادی شدن در شقایق دریایی.

گزینهٔ «۳»: مرجانیان مغز ندارند ولی رفتار غریزی و یادگیری دارند.

گزینهٔ «۴»: فقط برای رفتار شرطی شدن و فعال صادق است.

تست ۱۳: در جانوران، رفتار شرطی شدن فعال برخلاف رفتار حل مسئله، ..... (سراسری ۹۳)

۱) محصول برهم‌کنش اطلاعات ژنتیکی و یادگیری است.

۲) با استفاده از تجارب گذشته به انجام می‌رسد.

۳) با استفاده از آزمون و خطا انجام می‌گیرد.

۴) فقط دارای برنامه‌ریزی ژنی است.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در رفتار حل مسئله آزمون و خطا رخ نمی‌دهد ولی برای رفتار شرطی شدن فعال (تنبیه و پاداش) آزمون و خطا در یادگیری نقش دارد.

تست ۱۴: هر رفتار غریزی، ..... (سراسری خارج کشور ۸۹)

۱) می‌تواند تحت تأثیر تجربه قرار گیرد.

۲) فقط با حضور یک محرک بیرونی شروع می‌شود.

۳) در افراد گونه‌های مختلف، به یک شکل ظاهر می‌شود.

۴) بر طبق دستورالعمل‌های وراثتی خاصی انجام می‌گیرد.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

هر رفتار غریزی، ژنی بوده و بر طبق دستورالعمل‌های وراثتی خاصی انجام می‌گیرد.

تست ۱۵: از آزمایش پاولوف، چنین برداشت می‌شود که محرک غیرشرطی، ..... (سراسری خارج کشور ۹۳)

۱) پس از مدتی جایگزین محرک بی‌اثر اولیه خواهد شد.

۲) تنها هنگامی مؤثر است که با محرک شرطی همراه شود.

۳) می‌تواند به تنهایی پاسخ مناسبی را در جانور ایجاد نماید.

۴) پس از عادی شدن، نمی‌تواند واکنش خاصی را در جانور برانگیزد.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

در شرطی شدن کلاسک، محرک غیرشرطی همان محرک طبیعی است و می‌تواند به تنهایی پاسخ مناسبی را در جانور ایجاد نماید.

گفتار ۲: انتخاب طبیعی و رفتار

پژوهشگران در بررسی یک رفتار تلاش می‌کنند به دو نوع پرسش پاسخ دهند. پرسش نوع اول این‌که جانور چگونه رفتاری را انجام می دهد؟ برای پاسخ به این پرسش پژوهشگران فرایندهای ژنی، رشد و نمو و عملکرد بدن جانور را بررسی می‌کنند. پرسش نوع دوم این است که چرا جانور رفتاری را انجام می‌دهد؟ پرسش دوم به دیدگاه انتخاب طبیعی مربوط است. مثال زیر را بخوانید.

پرنده کاکایی پس از آن‌که جوجه‌هایش از تخم بیرون می‌آیند، پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند. جوجه‌ها و تخم‌های کاکایی در میان علف‌های اطراف آشیانه به خوبی استتار می‌شوند (شکل ۹). البته رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته بسیار مشخص است.

الف) ب)

شکل ۹- الف) جوجه‌های کاکایی ب) تخم‌های کاکایی

چرا کاکایی پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش، پژوهشگری آزمایشی را طراحی کرد. او تخم‌های مرغ خانگی را شبیه تخم‌های کاکایی رنگ‌آمیزی کرد و آن‌ها را در محل آشیانه‌سازی کاکایی‌ها، قرار داد. پژوهشگر در کنار تعدادی از این تخم‌ها، پوسته تخم‌های شکسته کاکایی را نیز قرار داد. او مشاهده کرد کلاغ‌ها بیش‌تر تخم‌مرغ‌هایی را که کنار پوسته‌های تخم کاکایی قرار داشتند، پیدا کرده و آن‌ها را خوردند. رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته، راهنمای کلاغ‌ها بود. پژوهشگر نتیجه گرفت کاکایی‌ها رفتار دور انداختن پوسته تخم‌های شکسته از لانه را برای کاهش احتمال شکار شدن و افزایش احتمال بقای جوجه‌ها انجام می دهند. کاکایی‌ها زمان بسیار کوتاهی را برای بیرون بردن پوسته تخم‌ها صرف می‌کنند اما این رفتار در بقای زاده‌های آن‌ها نقشی حیاتی دارد. این رفتارِ کاکایی‌ها سازگارکننده است زیرا احتمال دسترسی شکارچی به زاده‌ها کاهش و احتمال بقای آن‌ها را افزایش می‌دهد و به سود پرنده و زاده‌های آن است. رفتارهای سازگارکننده با سازوکار انتخاب طبیعی، برگزیده می‌شوند.

در رفتارشناسی با دیدگاه انتخاب طبیعی، پژوهشگران برای پاسخ به پرسش چرایی رفتارها و اثر انتخاب طبیعی در شکل دادن به آن‌ها پژوهش می‌کنند. آن‌ها نقش سازگارکنندگی رفتارهای گوناگون و به عبارتی نقش رفتارها را در بقا و زادآوری بیش‌تر جانوران بررسی

تست ۱۶: کدام عبارت، در مورد رفتارشناسان درست است؟ (سراسری ۹۷)

۱) از نظر پاسخ به پرسش‌های مربوط به تکامل یک رفتار ناتوان هستند.

۲) دریافتند که فهم و درک انتخاب طبیعی در پاسخ به پرسش‌های چرایی کمک می‌کند.

۳) در بروز شکل نهایی هر رفتار، همواره سهم بخش ژنی و بخش یادگیری را برابر می‌دانند.

۴) معتقدند، رفتارهای متنوع جانوران فقط به هدف موفقیت در حفظ بقای آن‌ها انجام می‌گیرد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۱۷: کدام عبارت، در ارتباط با جانوران مهره‌دار صحیح است؟ (سراسری ۹۷)

۱) انتخاب طبیعی، به رفتارهای در ارتباط با زندگی گروهی هر گونه شکل می‌دهد.

۲) انتخاب طبیعی، صفاتی را برمی‌گزیند که همواره به نفع بقای هر گونه است.

۳) نظام جفت‌گیری، همواره باعث ازدیاد صفات چشم‌گیر در نرهای هر گونه می‌شود.

۴) انتخاب جفت، از عواملی است که سهم هر فرد را در ایجاد خزانهٔ ژنی نسل بعد مشخص می‌کند.

پاسخ: گزینهٔ «۴»

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

می‌کنند. این کار با بررسی سود و هزینهٔ رفتار برای جانور، انجام می شود.

فعّالیت ۴: در پژوهش دربارهٔ رفتار بیرون انداختن پوسته تخم در کاکایی‌ها:

الف) پژوهشگر چه فرضیه‌ای را دنبال می‌کرد؟

ب) چرا پژوهشگر فقط در کنار تعدادی از تخم‌مرغ‌های رنگ‌آمیزی شده، پوسته تخم کاکایی قرار داد؟

زادآوری (تولیدمثل)

داشتن بیش‌ترین تعداد زاده‌های سالم، معیاری برای موفقیت زادآوری در جانوران است. جانوران برای دستیابی به موفقیت در زادآوری (تولیدمثل)، رفتارهای زادآوری انجام می‌دهند. انتخاب جفت یکی از این رفتارهاست. در رفتار انتخاب جفت، جانور ابتدا ویژگی‌های جفت را بررسی می‌کند و بعد تصمیم می‌گیرد با آن جفت گیری کند یا نه. برای مثال انتخاب جفت را در طاووس بررسی می کنیم. ویژگی‌های ظاهری طاووس‌های نر و ماده متفاوت است. در فصل زادآوری دم طاووس نر، پرهای پرنقش و نگاری پیدا می‌کند. طاووس نر برای جلب جفت، دم خود را مانند بادبزن می‌گستراند تا بهتر در معرض دید جانور ماده قرار گیرد. طاووس ماده دم طاووس‌های نر را بررسی می‌کند و نری را به عنوان جفت انتخاب می کند که رنگ درخشان و لکه‌های چشم مانند بیش‌تری روی پرهای دم خود داشته باشد (شکل ۱۰).

شکل ۱۰- لکه‌های چشم مانند دم طاووس نر

در جانوران، ماده‌ها بیش‌تر از نرها رفتار انتخاب جفت را انجام می دهند. چرا چنین است؟ در جانوران هر یک از والدین باید انرژی و مدت زمانی را برای زادآوری و پرورش زاده‌ها صرف کنند. جانوران ماده معمولاً زمان و انرژی بیش‌تری صرف می‌کنند. برای مثال نگهداری از تخم‌ها و جوجه‌ها در پرندگان و بارداری و شیردادن به نوزادان در پستانداران فعالیت‌های پرهزینه‌ای هستند که جانوران ماده آن‌ها را انجام می‌دهند. بنابراین، تولیدمثل برای آن‌ها هزینهٔ بیش‌تری دارد. پس جانوران ماده باید جفت انتخاب کنند تا موفقیت تولیدمثلی آن‌ها تضمین شود.

تست ۱۸: می‌توان گفت که ..... در بروز رفتار ..... بی‌تأثیر است. (سراسری ۹۲)

۱) غریزه- نقش‌پذیری

۲) تجربه- جوجهٔ کاکایی

۳) محرک بی‌اثر- شرطی‌شدن کلاسیک

۴) وراثت- مهاجرت پروانه‌های مونارک

پاسخ: گزینهٔ «۲»

تست ۱۹: به‌طور معمول طاووس ماده در فصل تولیدمثل ..... (سراسری ۹۲)

۱) ابتدا توسط نرها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲) محدودیت زیادی در امر تولیدمثل دارد.

۳) در جبران هزینه‌های مصرفی ناتوان است.

۴) همهٔ هزینه‌های لازم برای پرورش نوزادان را برعهده می‌گیرد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

برخی پرندگان مثل طاووس چون ماده‌ها سهم بیش‌تری در پرورش فرزندان دارند. انرژی بیش‌تری برای تولیدمثل صرف می‌کند و محدودیت بیش‌تری در تولیدمثل دارند به همین دلیل نرها دارای سیستم چند همسری‌اند.

تست ۲۰: به‌طور معمول صفات چشم‌گیر در جانوران نر ..... (سراسری ۸۹)

۱) احتمال بقای جاندار را کاهش می‌دهد و کم هزینه است.

۲) ضامن بقای ژن‌های فرد و جبران‌کنندهٔ هزینهٔ مصرفی است.

۳) احتمال تولیدمثل را افزایش می‌دهد و برای بقای جاندار الزامی است.

۴) رقابت بین نرها را افزایش می‌دهد و در جلب نظر ماده‌ها مؤثر می‌باشد.

پاسخ: گزینهٔ «۲»

به‌طور معمول صفات چشم‌گیر در جانوران نر، ضامن بقای ژن‌های فرد جبران‌کنندهٔ هزینهٔ مصرفی است.

شاید برای شما این پرسش مطرح شده باشد که پرهای زینتی دم طاووس نر با موفقیت زادآوری جانور ماده چه ارتباطی دارد؟ پژوهش‌ها نشان داده‌اند، جانوران ماده در انتخاب جفت به ویژگی‌های ظاهری نرها توجه می‌کنند. درخشان بودن رنگ پرنده یکی از این ویژگی‌هایی است که نشانهٔ سلامت و کیفیت رژیم غذایی آن است. جفت‌گیری با نری که این نشانه را دارد، سلامت جانور ماده و زاده‌هایش را تضمین می‌کند. ویژگی‌های ظاهری جانور نر نشانه‌ای از داشتن ژن‌های مربوط به صفات سازگارکننده نیز هستند؛ یعنی گر چه دم بلند و زینتی طاووس نر ممکن است حرکت جانور را دشوار و آن را در مقابل شکارچی‌ها آسیب‌پذیرتر کند و احتمال بقای آن را کاهش دهد، اما بقای جانوری با این ویژگی هنگام تولید مثل، سازگارتر بودن آن را نشان می‌دهد. در نتیجه در صورت انتخاب آن، زاده‌ها علاوه بر ویژگی ظاهری، ژن‌های صفات سازگارتر را نیز به ارث می‌برند. ویژگی‌های ظاهری مانند دم زینتی طاووس نر یا شاخ گوزن نر از صفات ثانویهٔ جنسی جانوران نر هستند که هنگام جفت‌یابی و رقابت با نرهای دیگر به‌کار می‌روند.

البته در گونه‌های مختلف جانوران، انتخاب جفت را فقط جانوران ماده انجام نمی‌دهند. در نوعی جیرجیرک، جانور نر هزینهٔ بیش‌تری در تولیدمثل می‌پردازد و بنابراین جفت را انتخاب می‌کند. جیرجیرک نر زامه‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده منتقل می‌کند. جانور ماده هنگام تشکیل تخم و برای رشدونمو جنین به مواد مغذی درون کیسه نیاز دارد (شکل ۱۱). این کیسه بخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد. جانور نر، جیرجیرک ماده‌ای را انتخاب می‌کند که بزرگ‌تر باشد، زیرا بزرگ‌تر بودن جیرجیرک ماده نشانهٔ آن است که تخمک‌های بیش‌تری دارد و می‌تواند زاده‌های بیش‌تری تولید کند. در این جانوران جیرجیرک‌های ماده برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.

شکل ۱۱- جیرجیرک ماده‌ای که کیسه دارای اسپرم و مواد مغذی (بخش سفیدرنگ) را دریافت کرده است.

رفتار تولیدمثلی دیگر در جانوران، نوع نظام جفت‌گیری آن‌هاست. طاووس نر نظام جفت‌گیری چند همسری دارد. در این نظام یکی از والدین پرورش و نگهداری زاده‌ها را انجام می‌دهد. طاووس نر در

تمرین ۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) رفتار کاکائی‌ها در دور انداختن پوسته تخم شکسته شده از لانه، با سازوکار انتخاب طبیعی مطابقت دارد.

ب) در جانوران، نرها بیش‌تر از ماده‌ها رفتار انتخاب جفت را انجام می‌دهند.

پ) در کانگروها همانند پلاتی‌پوس، جانور ماده برای تضمین موفقیت تولیدمثل خود، انتخاب جفت انجام می‌دهد.

ت) دم زینتی طاووس از صفات ثانویه جنس نر است.

پاسخ:

تمرین ۵: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) نظام جفت‌گیری در (بیش‌تر- بعضی) ..... پرندگان (تک همسری- چند همسری) ..... است.

ب) نظام جفت‌گیری در جانوران کیسه‌دار (همانند- برخلاف) ..... جانوران جفت‌دار (تک همسری- چند همسری) ..... است.

پ) در جیرجیرک (نرها- ماده‌ها) ..... برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.

ت) در جانوری که اسپرم ها همراه مواد مغذی از طریق کیسه‌ای به جنس مخالف منتقل می‌شوند، دستگاهی دفعی از نوع (متانفریدی- لوله‌های مالپیگی) .....است.

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

نگهداری زاده‌ها نقشی ندارد، البته می‌تواند با نگهداری از قلمرو، منابع غذایی، محل لانه و پناهگاه ایمن از شکارچی‌ها، به‌طور غیرمستقیم به ماده‌ها کمک کند. در نتیجه، موفقیت تولیدمثلی هر دو جانور نر و ماده افزایش می‌یابد. بیش‌تر پستانداران نظام چندهمسری دارند و بیش‌تر پرندگان مثل قمری خانگی تک همسراند. در این نظام هر دو والد هزینه‌های پرورش زاده‌ها را می‌پردازند. همچنین، در این نظام جانور نر و ماده در انتخاب جفت سهم مساوی دارند.

غذایابی

رفتار غذایابی مجموعهٔ رفتارهای جانور برای جست‌وجو و به‌دست آوردن غذاست. غذاهایی که جانوران می‌خورند معمولاً اندازه‌های متفاوتی دارند. غذاهای بزرگ‌تر انرژی بیش‌تری دارند امّا ممکن است فراوانی آن‌ها کم‌تر و به‌دست آوردن آن‌ها دشوارتر باشد. بنابراین، برای جانوران میزان سود یعنی میزان انرژی موجود در غذا و هزینهٔ به‌دست آوردن غذا و مصرف آن اهمیت دارد. موازنه بین محتوای انرژی غذا و هزینهٔ به‌دست آوردن آن، **غذایابی بهینه** نام دارد.

براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایابی‌ای برگزیده می‌شود که از نظر میزان انرژی دریافتی کارآمدتر باشد یعنی این‌که جانور در هر بار غذایابی، بیش‌ترین انرژی خالص را دریافت کند. برای مثال خرچنگ‌های ساحلی صدف‌های با اندازه متوسط را ترجیح می‌دهند زیرا آن‌ها بیش‌ترین انرژی خالص را تأمین می‌کنند. صدف‌های بزرگ‌تر انرژی بیش‌تری دارند امّا برای شکستن آن‌ها باید انرژی بیش‌تری صرف شود.

هنگام غذایابی ممکن است جانور خود در خطر شکار شدن یا آسیب دیدن قرار گیرد. بنابراین رفتار برگزیده باید موازنه‌ای بین کسب بیش‌ترین انرژی و کم‌ترین خطر را نیز نشان دهد. به همین علت است که هنگام وجود شکارچی یا رقیب، جانوران رفتارهای غذایابی خود را تغییر می‌دهند و در حالتی آماده و گوش به زنگ به غذایابی مشغول می‌شوند.

گاهی جانوران غذایی را مصرف می‌کنند که محتوای انرژی چندانی ندارد اما مواد مورد نیاز آن‌ها را تأمین می‌کند. برای مثال طوطی‌هایی که در شکل ۱۲ می‌بینید خاک رس می‌خورند تا مواد سمی حاصل از غذاهای گیاهی را در لولهٔ گوارش آن‌ها خنثی کند.

تمرین ۶: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در هر نوع لقاح داخلی، جنین قبل از هر گونه ارتباط غذایی با مادر فقط از اندوختهٔ تخمک تغذیه می‌کند.

ب) طاووس نر در پرورش و نگهداری از فرزندان هیچ سهمی ندارد.

پ) قمری خانگی نر سهم برابری با قمری خانگی ماده در پرورش زاده‌ها دارد.

ت) براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایابی برگزیده می‌شود که از نظر میزان انرژی دریافتی، سریع‌تر باشد.

پاسخ:

تمرین ۷: با علامت + و – مشخص کنید کدام غذایابی بهینه است؟

الف) موازنه بین بیش‌ترین انرژی و کم‌ترین خطر

ب) موازنه بین محتوای انرژی غذا و هزینه به‌دست آوردن آن.

پ) تغذیه طوطی‌ها از خاک رس

ت) تغذیه خرچنگ‌های ساحلی از صدف‌های با اندازه بزرگ

پاسخ:

شکل ۱۲- تغذیه طوطی‌ها از خاک رس در ساحل رود آمازون

قلمروخواهی: قلمرو یک جانور، بخشی از محدودهٔ جغرافیایی است که جانور در آن زندگی می‌کند. جانوران در برابر افراد هم‌گونه یا افراد گونه‌های دیگر از قلمرو خود دفاع می‌کنند. این رفتار قلمروخواهی نام دارد. جانور با رفتارهایی مانند اجرای نمایش و یا تهاجم به جانوران دیگر اعلام می‌کند که قلمرو متعلق به آن است. مثلاً یک پرنده با آواز خواندن سعی می‌کند از ورود پرندهٔ مزاحم به قلمرو خود جلوگیری کند. اگر آواز مؤثر نباشد، ممکن است پرندهٔ صاحب قلمرو برای بیرون راندن مزاحم به آن حمله کند (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- قلمروخواهی در قو، سرخرود مازندران

این فعالیت‌ها نیازمند صرف زمان و مصرف انرژی است. تهاجم ممکن است به آسیب‌دیدن پرندهٔ صاحب قلمرو هم بینجامد. آواز خواندن ممکن است موقعیت پرنده را برای شکارچی آشکار کند. چرا پرنده هزینه‌های دفاع از قلمرو را می‌پذیرد؟

قلمروخواهی برای جانوران فایده‌هایی دارد: استفادهٔ اختصاصی از منابع قلمرو می‌تواند غذا و انرژی دریافتی جانور را افزایش دهد. امکان جفت‌یابی جانور و دسترسی به پناهگاه برای در امان ماندن از شکارچی نیز افزایش می‌یابد.

مهاجرت: هر ساله با آغاز فصل پاییز پرندگان مهاجر از سیبری و اروپا به تالاب‌ها و آبگیرهای شمال ایران مهاجرت می‌کنند. این پرنده‌ها پس از زمستان‌گذرانی، در اوایل بهار به سرزمین خود باز می گردند.

جابه‌جایی طولانی و رفت و برگشتی جانوران مهاجرت نام دارد. تغییر فصل و نامساعد شدن شرایط محیط و کاهش منابع مورد نیاز،

تمرین ۸: در مورد قلمروخواهی درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در قلمرو خواهی جانور فقط در برابر افراد هم‌گونه از قلمرو خود دفاع می‌کند.

ب) طاووس نر همانند قو رفتار قلمرو خواهی دارد.

پ) رفتار قلمروخواهی ممکن است شانس بقای جانور را کاهش دهد.

ت) قلمرو بخشی از زیستگاه جانور است.

پاسخ:

نکته:

فواید قلمروخواهی	افزایش استفاده از غذا و انرژی
	افزایش امکان جفت‌یابی
	افزایش دسترسی به پناهگاه

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

جانوران را وا می‌دارد به سوی زیستگاه‌های مناسب‌تر برای تغذیه، بقا و زادآوری مهاجرت کنند. مهاجرت رفتاری غریزی است که یادگیری نیز در آن نقش دارد. بررسی مهاجرت سارها نشان داده است سارهایی که تجربهٔ مهاجرت دارند بهتر از آن‌هایی که برای نخستین بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند.

شکل ۱۴- پرندگان مهاجر به پناهگاه حیات‌وحش میانکاله مازندران

در مسیر مهاجرت بسیاری از جانوران از جاهایی عبور می‌کنند که قبلاً در آن‌جاها نبوده‌اند. پس آن‌ها چگونه در این محیط‌های ناآشنا، راه خود را پیدا می‌کنند؟ جانوران برای جهت‌یابی از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند. مثلاً جهت‌یابی هنگام روز با استفاده از موقعیت خورشید و در شب با استفاده از موقعیت ستاره‌ها در آسمان انجام می‌شود.

وقتی هوا ابری است جانوران چگونه مسیر حرکت را تشخیص می‌دهند؟ آیا میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی جانوران نقش دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، پژوهشگران در یک روز ابری آهنربای کوچکی را روی سر کبوتر خانگی قرار دادند. با وجود این آهنربا، پرنده نتوانست مسیر درست را بیابد و به لانه باز گردد. پژوهشگران نتیجه گرفتند کبوتر خانگی می‌تواند موقعیت خود را نسبت به میدان مغناطیسی زمین احساس و با استفاده از آن جهت‌یابی کند. پژوهشگران در سر بعضی از پرنده‌ها ذرات آهن مغناطیسی شده نیز یافته‌اند. لاک‌پشت‌های دریایی ماده پس از طی مسافت‌های طولانی، برای تخم‌گذاری به ساحل دریا می‌آیند و پس از تخم‌گذاری دوباره به دریا باز می‌گردند. به نظر می‌رسد میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی لاک‌پشت‌ها نیز نقش دارد.

خواب زمستانی و رکود تابستانی

برخی جانوران برای بقا، در زمستان، خواب زمستانی دارند. در این حالت جانور به خواب عمیقی فرو می‌رود و یک دورهٔ کاهش فعالیت را طی می‌کند که در آن دمای بدن، مصرف اکسیژن، تعداد تنفس جانور و نیاز جانور به انرژی کاهش می‌یابد. پیش از ورود به خواب زمستانی، جانور مقدار زیادی غذا مصرف می‌کند و در بدن آن چربی لازم به مقدار کافی ذخیره می‌شود تا هنگام خواب به مصرف برسد. رکود تابستانی نیز یک دورهٔ کاهش فعالیت است که در آن

تمرین ۹: با علامت + و – مشخص کنید برای کدام موارد یادگیری و غریزه دخالت دارند؟

موارد	غریزی	یادگیری
درخواست غذا از مادر توسط جوجه کاکائی		
مهاجرت پرندگان		
انتخاب جفت		
رکود تابستانی لاک‌پشت		

پاسخ:

تمرین ۱۰: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) در مسیر مهاجرت بسیاری از جانوران از جاهایی عبور می‌کنند که قبلاً در آن‌ها (بوده‌اند- نبوده‌اند) .....

ب) میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی کبوتر خانگی (برخلاف- همانند) ..... لاک‌پشت دریایی ماده دخالت (دارد- ندارد) .....

پ) در خواب زمستانی (همانند- برخلاف) ..... رکود تابستانی مصرف اکسیژن در جانور (افزایش- کاهش) ..... می‌یابد.

ت) در سر (بعضی- بسیاری) ..... از پرنده‌ها (ذرات آهن مغناطیسی شده- آهن‌ربا) ... قرار دارد.

پاسخ:

سوخت‌وساز جانور کاهش پیدا می‌کند. رکود تابستانی در جانورانی دیده می‌شود که در جاهای به شدت گرم مانند بیابان زندگی می کنند. این جانوران در پاسخ به نبود غذا یا دوره‌های خشک‌سالی، رکود تابستانی انجام می‌دهند.

فعّالیت ۵: لاک‌پشتی که در شکل روبه‌رو می‌بینید، حتی وقتی در آزمایشگاه قرار دارد و غذا و آب کافی دریافت می‌کند، رکود تابستانی را نشان می‌دهد. چرا رکود تابستانی را رفتاری ژنی می‌دانند؟

تمرین ۱۱: به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) پژوهشگران با قرار دادن آهن‌ربا روی سر کبوتر خانگی چه نتیجه‌ای گرفته‌اند؟

ب) چرا جانوری که به خواب زمستانی رفته است نیازش به انرژی کاهش می‌یابد؟

پ) سه نشانه‌ای محیطی که جانوران برای مهاجرت از آن‌ها برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند را نام ببرید.

ت) به چه دلیل خرچنگ‌های ساحلی برای تغذیه صدف‌های متوسط را بر صدف‌های بزرگ ترجیح می‌دهند؟

پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

گفتار ۳: ارتباط و زندگی گروهی

برخی از جانوران زندگی گروهی دارند. برای زندگی در گروه، جانوران باید بتوانند با هم ارتباط برقرار کنند.

ارتباط بین جانوران

می‌دانید بعضی جانوران مانند زنبورها با استفاده از فرومون با یک دیگر ارتباط برقرار می‌کنند. جوجه کاکایی با لمس منقار والد با او ایجاد ارتباط و غذا درخواست می‌کند. جانوران از راه‌های گوناگون مانند تولید صدا، علامت‌های دیداری، بو و لمس کردن با یک‌دیگر ارتباط برقرار ساخته و اطلاعات مبادله می‌کنند. در نتیجهٔ این ارتباط، رفتار آن‌ها تغییر می‌کند. صدای جیرجیرک نر، اطلاعاتی مانند گونه و جنسیت را به اطلاع جیرجیرک ماده می‌رساند. برقراری ارتباط برای یافتن غذا را در زنبورهای عسل بررسی می‌کنیم.

ارتباط در زنبورهای عسل: زنبورهای کارگر شهد و گردهٔ گل‌ها را جمع‌آوری کرده و به کندو می‌آورند. وقتی زنبور کارگر منبع غذایی جدیدی پیدا می‌کند و به کندو باز می‌گردد، خیلی طول نمی‌کشد که تعداد زیادی زنبور کارگر در محل آن منبع غذایی دیده می‌شوند. چرا چنین است؟

زنبور یابنده پس از بازگشت، اطلاعات خود دربارهٔ منبع غذایی را به زنبورهای دیگر ارائه می‌کند. این زنبور با انجام حرکات ویژه‌ای اطلاعات خود را به زنبورهای دیگر نشان می‌دهد. زنبورهای کارگر با مشاهدهٔ این حرکات، فاصلهٔ تقریبی کندو تا محل منبع غذا و جهتی را که باید پرواز کنند، درمی‌یابند. برای مثال هر چه این حرکات طولانی‌تر باشد، منبع غذایی دورتر است. افزون بر آن هنگام انجام حرکات، زنبور یابنده صدای وز وز متفاوتی نیز دارد. زنبورهای کارگر با استفاده از اطلاعات کلی که از زنبور یابنده دربارهٔ منبع غذایی دریافت کرده‌اند، به سمت آن پرواز و به کمک بویایی خود، محل دقیق غذا را پیدا می‌کنند. این روش برقراری ارتباط چه مزیتی برای زنبورها دارد؟ وقتی زنبورهای کارگر قبل از جست‌وجو دربارهٔ محل منبع غذا اطلاعات داشته باشند، با صرف انرژی کم‌تر و در زمان کوتاه‌تری محل دقیق آن را پیدا می‌کنند.

زندگی گروهی

برخی جانوران مانند مورچه و گرگ به شکل گروهی زندگی می‌کنند و با هم همکاری دارند. زندگی گروهی برای این جانوران چه فایده‌ای دارد؟ جانوران از زندگی گروهی سود می‌برند. برای مثال احتمال شکار شدن جانور در گروه کم‌تر است زیرا نگهبان‌های گروه، محیط اطراف را زیر نظر می‌گیرند. دسترسی به منابع غذایی نیز ممکن است

تست ۲۱: هر زنبور ماده می‌تواند ..... (سراسری ۹۰)

۱) بقای ژن‌های خود را تضمین کند.

۲) تولیدمثل جنسی یا غیرجنسی داشته باشد.

۳) تخمک‌هایی با توانایی بارور شدن داشته باشد.

۴) غیرمستقیم ژن‌های خود را به نسل بعد منتقل سازد.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

هر زنبور ماده می‌تواند بقای ژن‌های خود را تضمین کند اگر ملکه باشد به‌طور مستقیم و اگر کارگر باشد به‌طور غیرمستقیم این کار را می‌کند.

تست ۲۲: زنبورهای عسل ماده، که توانایی بکرزایی ندارند، ..... (سراسری خارج کشور ۹۰)

۱) رفتاری به نفع خود دارند و به گونه نفعی نمی‌رساند.

۲) مستقیماً ژن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌سازند.

۳) به‌طور غیرمستقیم بقای ژن‌های خود را تضمین می‌کنند.

۴) انرژی خود را صرف نگه‌داری و تغذیهٔ زاده‌های خود می‌کنند.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

زنبورهای عسل ماده، که توانایی بکرزایی ندارند، یعنی کارگران این زنبورها به‌طور غیرمستقیم بقای ژن‌های خود را تضمین می‌کنند.

تست ۲۳: هر زنبور عسل دیپلوئید .....

۱) انرژی خود را صرف نگه‌داری و تغذیه زاده‌های خود می‌کند.

۲) ۵۰٪ ژن‌های خود را به‌طور مستقیم به نسل بعد منتقل می‌کند.

۳) همهٔ ژن‌های پدری و نیمی از ژن‌ها مادری را دریافت کرده است.

۴) با بکرزایی و تولید زنبورهای نر، بقای ژن‌های خود را تضمین می‌کند.

پاسخ: گزینهٔ «۳»

هر زنبور عسل دیپلوئید، ماده است. ماده‌ها اگر بارور باشند ملکه و اگر نازا باشند کارگرند. این زنبورها همهٔ ژن‌های پدری و نیمی از ژن‌های مادری را دریافت کرده‌اند. چون زنبور نر با میتوز گامت تولید می‌کند در حالی که زنبور ملکه این کار را با میوز انجام می‌دهد.

افزایش یابد زیرا همان طور که در زنبورهای عسل دیدید، جانور می تواند دربارهٔ محل منبع غذا از جانوران دیگر گروه اطلاعات کسب کند. شکار گروهی نیز موفقیت بیش‌تری دارد زیرا افراد یک گروه می توانند شکار بزرگ‌تری را به دام بیندازند.

اجتماع مورچه‌ها از گروه‌هایی تشکیل شده است که در اندازه، شکل و کارهایی که انجام می‌دهند تفاوت دارند. مثلاً در اجتماع مورچه‌های برگ بر، کارگرها اندازه‌های متفاوتی دارند. تعدادی از آن‌ها برگ‌ها را برش می‌دهند و به لانه حمل می‌کنند و گروهی دیگر کار دفاع را انجام می‌دهند (شکل ۱۵). این مورچه‌ها قطعه‌های برگ را به عنوان کود برای پرورش نوعی قارچ که از آن تغذیه می‌کنند، به‌کار می‌برند.

شکل ۱۵- مورچهٔ بزرگ‌تر کارگری است که برگ را به لانه حمل و مورچه‌های کوچک‌تر از آن دفاع می‌کنند.

رفتار دگرخواهی

در بین جانورانی که زندگی گروهی دارند، افراد نگهبانی هستند که با تولید صدا حضور شکارچی را به دیگران هشدار می‌دهند تا به موقع فرار کنند. البته آن‌ها با این کار توجه شکارچی را به خود جلب کرده، احتمال بقای خود را کاهش می‌دهند (شکل ۱۶). زنبورهای عسل کارگر، نازا هستند و نگهداری و پرورش زاده‌های ملکه را انجام می دهند. جانوران نگهبان و زنبورهای عسل کارگر رفتار دگرخواهی دارند. **دگرخواهی** رفتاری است که در آن یک جانور بقا و موفقیت تولیدمثلی جانور دیگری را با هزینهٔ کاسته شدن از احتمال بقا و تولیدمثل خود، افزایش می‌دهد. چرا جانوران رفتار دگرخواهی انجام می‌دهند؟

تمرین ۱۲: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) جیرجیرک ماده به کمک پاهای جلویی خود می‌تواند جنسیت و حتی نوع گونه جیرجیرک نر را تشخیص دهد.

ب) برخی از جانوران زندگی گروهی دارند.

پ) در اجتماع مورچه‌های برگ‌بر، کارگرها اندازه‌های برابر دارند.

ت) مورچه‌های برگ‌بر از کودهای حاصل از قطعات برگ تغذیه می‌کنند.

پاسخ:

تمرین ۱۳: جاهای خالی را با کلمات مناسب داخل پرانتز پر کنید.

الف) زنبورهای کارگر در نهایت به کمک حس (شنوایی- بینایی- بویایی) ..... خود محل دقیق منبع غذا را پیدا می‌کنند.

ب) meerkat برای هشدار شکارچی از (فرومون- صدا) ..... استفاده می‌کنند.

پ) جانورانی که رفتار دگر خواهی نشان می‌دهند لزوماً ژن‌های خویشاوند (دارند- ندارند) .....

ت) در رفتار دگرخواهی ممکن (است- نیست) ..... یادگیری نقش داشته باشد.

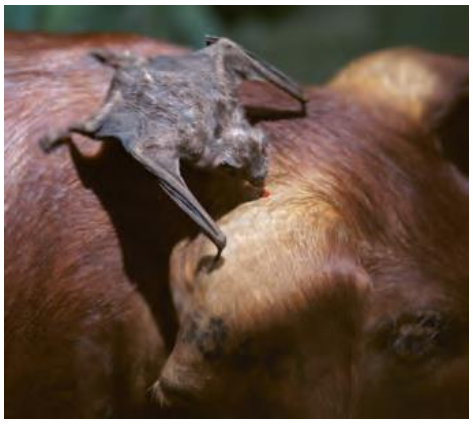
پاسخ:

هر گونه سوءاستفاده از این مجموعه و فروش آن از سوی هر فردی ممنوع است .

شکل ۱۶- این دم عصایی (meerkat) درحال نگهبانی است. او در هنگام احساس وجود شکارچی دیگران را با فریاد آگاه می‌کند.

افراد نگهبان در گروه جانوران و یا زنبورهای عسل، رفتار دگرخواهی را نسبت به خویشاوندان خود انجام می‌دهند. آن‌ها با خویشاوندانشان، ژن‌های مشترکی دارند. بنابراین اگر چه این جانوران خود زاده‌ای نخواهند داشت، ولی خویشاوندان آن‌ها می‌توانند زادآوری کرده و ژن‌های مشترک را به نسل بعد منتقل کنند. به همین علت است که براساس انتخاب طبیعی، رفتار دگرخواهی برگزیده شده است.

در نمونه‌ای دیگر از دگرخواهی جانوران با یک‌دیگر گروه همکاری تشکیل می‌دهند. برای مثال خفاش‌های خون‌آشام به‌طور گروهی درون غارها یا سوراخ درختان زندگی می‌کنند. غذای آن‌ها خون پستانداران بزرگ مثل دام‌هاست (شکل ۱۷). این خفاش‌ها خونی را که خورده‌اند با یک‌دیگر به اشتراک می‌گذارند. خفاشی که غذا خورده است کمی‌از خون خورده شده را برمی‌گرداند تا خفاش گرسنه آن را بخورد. در غیر این صورت خفاش گرسنه خواهد مرد. خفاشی که غذا دریافت کرده، کار خفاش دگرخواه را در آینده جبران می‌کند. اگر جبران انجام نشود، این خفاش از اشتراک غذا کنار گذاشته می‌شود.



شکل ۱۷- خفاش خون‌آشام از خون پستانداران تغذیه می‌کند.

تمرین ۱۴: درستی یا نادرستی هر یک از جملات زیر را مشخص کنید.

الف) در رفتار دگرخواهی همواره شانس بقا و موفقیت تولیدمثلی فرد دگرخواه کاهش می‌یابد.

ب) خفاش‌های خون‌آشام چه دارای ژن خویشاوند باشند یا نباشند می‌توانند رفتار دگرخواهی نشان دهند.

پ) رفتار دگرخواهی پرنده یاریگر به نفع خود فرد است.

ت) اگر تعداد افراد گروه کبوترهای خانگی به بیش از ۵۰ برسد شانس شکار شدن آن‌ها نزدیک به صفر است.

پاسخ:

خفاش‌هایی که دگرخواهی انجام می‌دهند، لزوماً خویشاوند نیستند.

در واقع، رفتار دگرخواهی که در اثر انتخاب طبیعی برگزیده شده، به بقای آن‌ها منجر می‌شود.

گاهی دگرخواهی، رفتاری به نفع خود فرد است. در میان پرندگان، افراد یاریگری هستند که در پرورش زاده‌ها به والدین آن‌ها یاری می رسانند. مشخص شده است وجود این یاریگرها احتمال بقای زاده‌ها را افزایش می‌دهد. یاریگرها اغلب پرنده‌های جوانی‌اند که با کمک به والدین صاحب لانه، تجربه کسب می‌کنند و هنگام زادآوری می‌توانند از این تجربه‌ها برای پرورش زاده‌های خود استفاده کنند یا با مرگ احتمالی جفت‌های زادآور، قلمرو آن‌ها را تصاحب و خود زادآوری کنند.

فعّالیت ۶: نمودار زیر مزیت زندگی گروهی را نشان می‌دهد، آن را تفسیر کنید.