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

سخنی با دانش‌آموزان عزیز

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

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

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

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

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

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

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

گروه زیست‌شناسی
دفتر تألیف کتاب‌های درسی ابتدایی و متوسطه نظری

توجه :

۱ــ در آزمون‌های پایانی و کنکور طرح سؤال از بخش‌های «بیشتر بدانید» این کتاب مجاز نیست.

۲ــ کلیهٔ جدول‌ها و پیوست‌های این کتاب صرفاً به‌عنوان منبع اطلاعات برای دانش‌آموزان درج شده‌اند و طرح سؤال از آنها در آزمون‌های پایانی و کنکوری به هیچ‌وجه مجاز نیست.

بخش اول

گوناگونی و تغییر رمزهای زندگی

۱ پروتئین‌سازی

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

پیش نیازها

پیش از مطالعهٔ این فصل باید بتوانید :

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

۱ از ژن تا پروتئین

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

در سال ۱۹۴۰ دو محقق به نام‌های جورج بیدل[۴] و ادوارد تِیتوم[۵] آزمایشی انجام دادند که منجر به ارایهٔ نظریهٔ **یک ژن ــ یک آنزیم** شد.

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

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

۱ــ a kaptonur a
۲ــ homogent s c ac d
۳ــ Arch bo d Garrod
۴ــ George Bead e
۵ــ Edward Tatum
۶ــ Neurospora crassa

می‌شد (محیط کشت غنی شده). آنان هاگ‌هایی را که نمی‌توانستند روی محیط کشت حداقل رشد کنند **جهش یافته** نامیدند (شکل ۱ــ۱).

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

$$X \xrightarrow{\text{آنزیم ۱}} \text{اُرنیتین} \xrightarrow{\text{آنزیم ۲}} \text{سیترولین} \xrightarrow{\text{آنزیم ۳}} \text{آرژینین}$$

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

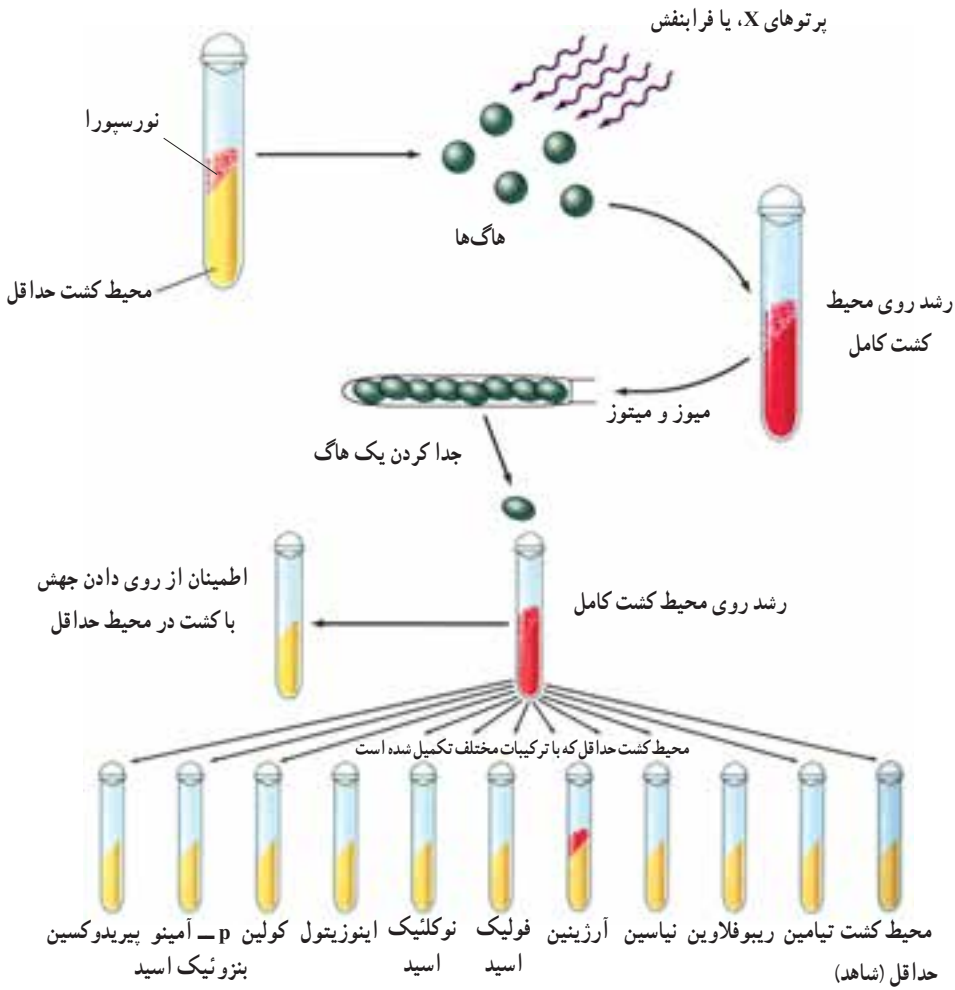
مسیر ساختن آرژینین با حذف هر یک از آنزیم‌ها متوقف می‌شود (چرا؟). بر همین اساس می‌توان گفت که در جهش یافته‌های گروه اول که قادر به ساختن اُرنیتین نیستند، آنزیم ۱ وجود ندارد. در جهش یافته‌های گروه دوم آنزیم ۲ وجود ندارد، به همین دلیل در این جهش یافته‌ها سیترولین به آرژینین تبدیل می‌شود، اما اُرنیتین نمی‌تواند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

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

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

۱ــ Arg n ne ۲ــ Orn th ne ۳ــ C tru ne

را یک ژن خاص رهبری کرده است. حاصل این یافته‌ها منجر به تبدیل نظریهٔ یک ژن ــ یک آنزیم به نظریهٔ **یک ژن ــ یک زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی** شد.



شکل ۱ــ۱ــ خلاصهٔ آزمایش‌های بیدل و تیتوم روی کپک نوروسپورا کراسا. هنگامی که هاگ‌های هاپلوئید در معرض پرتو X قرار می‌گیرند، بعضی از آنها قادر به رویش در محیط حداقل نیستند؛ بلکه فقط در محیط‌های غنی شده می‌رویند.

رمزهای وراثتی

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

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

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

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

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

RNA رابطهٔ بین DNA و پروتئین را برقرار می‌کند.

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

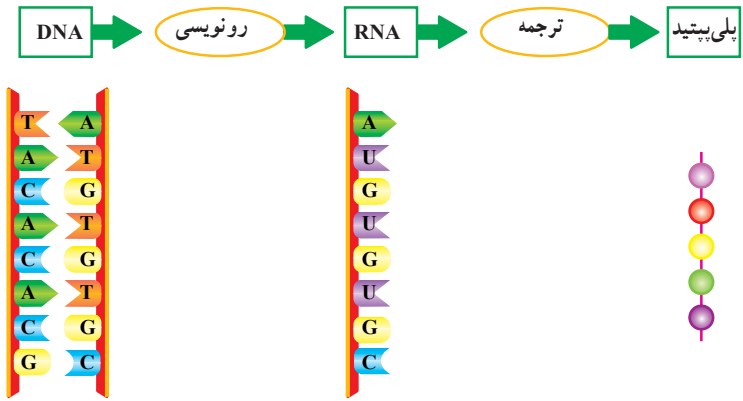
اندازه‌گیری‌های گوناگون نشان داده‌اند که در سلول‌هایی که در آنها فعالیت پروتئین‌سازی شدید است، RNA فراوانی هم یافت می‌شود. برعکس، در سلول‌هایی که فرآیند پروتئین‌سازی در آنها چندان شدید نیست، مقدار RNA نیز کم است. از طرف دیگر، RNA هم در هسته یافت می‌شود و هم در سیتوپلاسم. بر این اساس و نیز براساس آزمایش‌ها و مشاهدات دیگر، دانشمندان به این نتیجه رسیدند که این مولکول میانجی، RNA است. به این نوع RNA که اطلاعات را از DNA به ریبوزوم‌ها حمل می‌کند، **RNA پیک** می‌گویند و آن را با **mRNA**[۱] نشان می‌دهند. دو نوع RNA دیگر نیز در سلول

۱ــ messenger RNA

وجود دارند که در فرآیند پروتئین‌سازی نقش‌های مهمی برعهده دارند. یکی **RNA ناقل** است که آن را با **tRNA**[1] نشان می‌دهند. این مولکول آمینواسیدها را به ریبوزوم منتقل می‌کند، تا ریبوزوم آمینواسیدها را براساس اطلاعات موجود در mRNA کنار یک‌دیگر ردیف کند. دیگری **RNA ریبوزومی** است که آن را با **rRNA**[2] نمایش می‌دهند. rRNA در ساختار ریبوزوم‌ها شرکت دارد.

RNA از روی DNA ساخته می‌شود.

ساخته شدن RNA از روی DNA را **رونویسی** می‌گویند (شکل ۲ــ۱). رونویسی اولین قدم برای ساختن پروتئین‌هاست. رونویسی با کمک آنزیم **RNA پلی‌مراز** انجام می‌شود.



شکل ۲ــ۱ــ از ژن تا پلی‌پپتید

سلول‌های پروکاریوتی فقط یک نوع آنزیم RNA پلی‌مراز دارند. در سلول‌های یوکاریوتی سه نوع آنزیم RNA پلی‌مراز یافت شده است که آنها را با علامت‌های I، II و III مشخص می‌کنند.

RNA پلی‌مراز I فقط رونویسی ژن‌های rRNA و RNA پلی‌مراز II رونویسی پیش‌سازهای mRNAها و نیز برخی از RNAهای کوچک را انجام می‌دهند. RNAپلی‌مراز III رونویسی ژن‌های tRNA و نیز بعضی دیگر از RNAهای کوچک را کاتالیز می‌کند. شکل ۳ــ۱ مراحل رونویسی پروکاریوت‌ها را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

مرحلهٔ ۱ : رونویسی با اتصال RNA پلی‌مراز به قسمتی از ژن به‌نام راه‌انداز ژن شروع می‌شود. **راه‌انداز**، قسمتی از DNA است که به RNA پلی‌مراز امکان می‌دهد رونویسی را از محل صحیح آغاز کند و مثلاً این کار را از وسط ژن شروع نکند. راه‌انداز در نزدیکی **جایگاه آغاز رونویسی** قرار دارد.

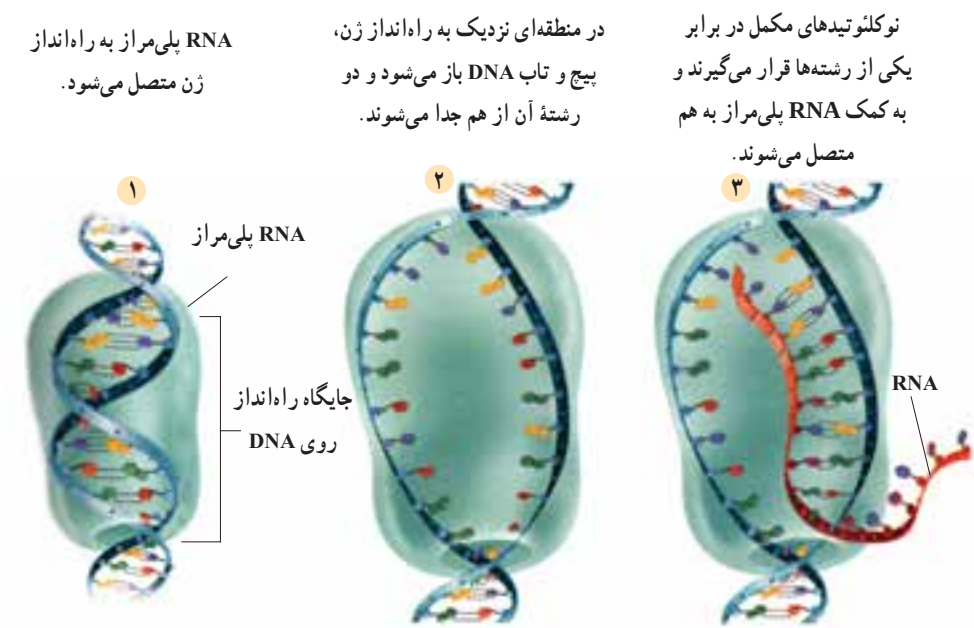
---

۱ ــ transfer RNA ۲ ــ r bosoma RNA

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

مرحلهٔ ۲ : RNA پلی‌مراز دو رشتهٔ DNA را از یک‌دیگر باز می‌کند.

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

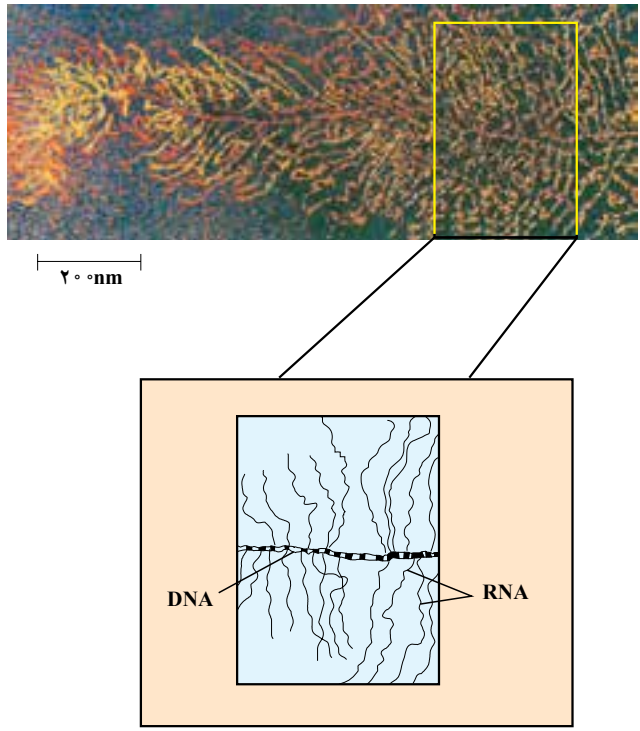


شکل ۳ــ۱ــ رونویسی. ساخته شدن mRNA براساس قسمتی از DNA.
RNA پلی‌مراز نوکلئوتیدهای مکمل را از روی الگوی ژن، در RNA جای می‌دهد.

چنان‌که مشاهده می‌شود رونویسی نیز، مانند همانندسازی DNA از نوکلئوتیدها به عنوان الگو برای ساختن یک مولکول جدید، بهره می‌برد. البته در همانندسازی DNA مولکول جدیدی که ساخته

می‌شود، DNA است؛ در حالی که در رونویسی مولکول ساخته شده از جنس RNA است. تفاوت دیگر این است که در همانندسازی DNA هر دو رشته، به عنوان الگو عمل می‌کنند، در صورتی‌که در رونویسی یکی از دو رشتهٔ DNA به عنوان الگو عمل می‌کند.

همان‌گونه که در شکل ۴ ــ۱ نشان داده شده است، RNAهای ساخته شده از روی ژن، ساختار پرمانندی را به نمایش می‌گذارند. در این شکل خط افقی میانی، DNAای است که از روی آن رونویسی در حال انجام است. رشته‌های منشعب، RNAهایی هستند که در حال ساخته شدن‌اند.



شکل ۴ ــ۱ــ رونویسی یک ژن در سلول تخم یک دوزیست

بیشتر بدانید

اگر رونویسی از روی هر دو رشتهٔ DNA انجام شود چه روی می‌دهد؟ بدیهی است در این صورت دو نوع mRNA برای ساخته شدن دو نوع پلی‌پپتید مختلف به‌وجود می‌آید، یعنی ممکن است دو نوع پلی‌پپتید به‌طور همزمان ساخته شود

مطابق نظریهٔ یک ژن ــ یک پلی‌پپتید، این امر به وقوع نمی‌پیوندد، بلکه هر ژن فقط ساخته‌شدن یک نوع پلی‌پپتید را تنظیم می‌کند به عبارت دیگر فقط یکی از دو رشتهٔ DNA الگوی رونویسی قرار می‌گیرد

پژوهش‌ها نشان داده است که در بعضی مناطق DNA، رونویسی از روی یکی از رشته‌ها صورت می‌گیرد، در حالی که در منطقه‌ای دیگر از همان DNA ممکن است رشتهٔ دیگر الگوی رونویسی قرار گیرد؛ اما معمولاً در یک منطقه از DNA هر دو رشته‌ای که از یک‌دیگر فاصله گرفته‌اند، رونویسی نمی‌شوند

رمز DNA چگونه شناخته شد؟

نیرنبرگ[1] و همکاران او اولین گروهی بودند که موفق به کشف رمز DNA شدند. آنها از mRNA برای شناسایی رمز DNA استفاده کردند.

آنان انواع خاصی از مولکول‌های mRNA را ساختند. در لولهٔ آزمایشی که آمینواسیدها و تعدادی آنزیم وجود داشته باشد، mRNA می‌تواند زنجیره‌ای از آمینواسیدها را بسازد. هر نوع mRNA با پیام رمزی که دارد باعث تولید نوع خاصی رشتهٔ پلی‌پپتیدی می‌شود. حال در صورتی که نوع mRNA و رشتهٔ پلی‌پپتیدی که ساخته شده است مشخص باشد، پیام mRNA معلوم می‌شود. نیرنبرگ و همکاران او بر این اساس رشته‌ای mRNA ساختند که فقط نوکلئوتید **یوراسیل**[2]دار (U) داشت. مولکول RNA ساخته شده را در لولهٔ آزمایشی قرار دادند که دارای بیست نوع آمینواسید و مایع استخراج شده از سیتوپلاسم سلولی بود. تجزیهٔ رشتهٔ پلی‌پپتیدی ساخته‌شده، نشان داد که از بین ۲۰ نوع آمینواسید فقط یک نوع آمینواسید به نام **فنیل‌آلانین** در این رشته به‌کار رفته است. با توجه به این که از قبل به‌وسیلهٔ آزمایش‌هایی مشخص شده بود که رمزهای DNA و درنتیجه رمزهای RNA سه نوکلئوتیدی هستند، بنابراین نتیجه گرفته شد که UUU، رمز قرار گرفتن آمینواسید فنیل‌آلانین در یک رشتهٔ پلی‌پپتیدی است.

بعداً، محققان دیگر توانستند با انجام آزمایش‌هایی شبیه آزمایش نیرنبرگ، رمزهای هر یک از ۲۰ نوع آمینواسید را شناسایی کنند. هر رمز سه نوکلئوتیدی mRNA را یک **کدون** می‌نامند. کدون‌ها عمومی هستند، یعنی در جانداران یکسان‌اند.

۱ــ Marsha N renberg ۲ــ Urac

بیشتر بدانید

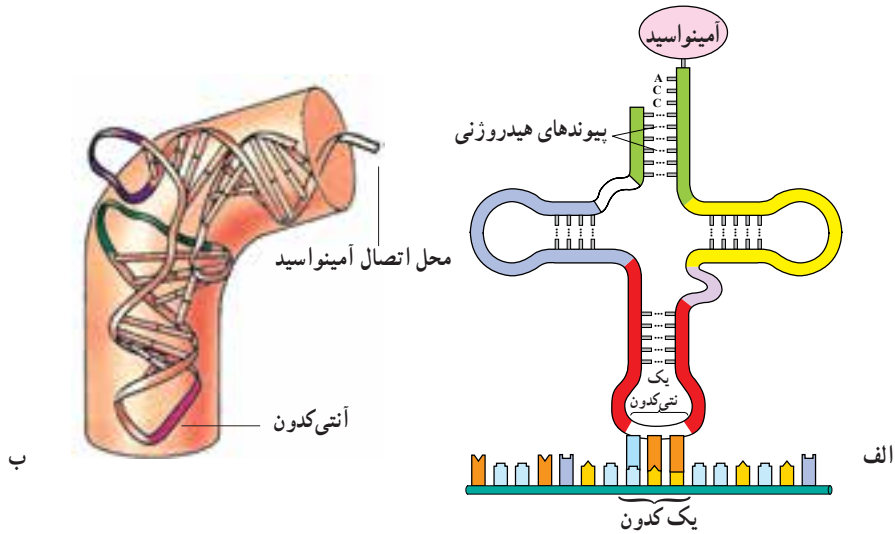
کدون‌های mRNA				
اولین باز	دومین باز			سومین باز
U	C	A	G	
U	فنیل‌آلانین: UUU, UUC لوسین: UUA, UUG	سرین: UCU, UCC, UCA, UCG	تیروزین: UAU, UAC پایان: UAA, UAG	سیستئین: UGU, UGC پایان: UGA تریپتوفان: UGG	U
C	لوسین: CUU, CUC, CUA, CUG	پرولین: CCU, CCC, CCA, CCG	هیستیدین: CAU, CAC گلوتامین: CAA, CAG	آرژنین: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

در فرآیند ترجمه، از روی mRNA پروتئین ساخته می‌شود.

در فرآیند ترجمه، توالی نوکلئوتیدها در mRNA به توالی آمینواسیدها در پروتئین ترجمه می‌شود. در این فرآیند، در واقع زبان نوکلئیک اسیدی که با حروف نوکلئوتیدی است به زبان پروتئین که با حروف آمینواسیدی است، ترجمه می‌شود.

پروتئین‌سازی در ریبوزوم‌ها انجام می‌شود. بنابراین باید آمینواسیدها به ریبوزوم‌ها آورده شوند.

tRNAها آمینواسیدها را به ریبوزوم‌ها می‌آورند. ساختار tRNA در شکل ۵ــ۱ نشان داده شده است. همان‌طورکه می‌بینید، مولکول tRNA ساختاری شبیه برگ گیاه شبدر دارد. از این‌رو به‌چنین ساختاری **برگ شبدری** گفته می‌شود. دقت کنید که مولکول tRNA تک‌رشته‌ای است و بخش‌های دورشته‌ای موجود در شکل، درنتیجهٔ تاخوردگی‌های مولکول tRNA روی خود حاصل شده‌اند. در برگ میانی، سه باز می‌بینید که با هیچ باز دیگری از tRNA جفت نشده‌اند. این سه باز را **آنتی‌کدون** می‌نامند. آنتی‌کدون تعیین می‌کند که آن tRNA چه آمینواسیدی را باید حمل کند. برای هر یک از ۲۰ آمینواسید، حداقل یک نوع tRNA وجود دارد. در آن سوی مولکول tRNA جایگاه پذیرندهٔ آمینواسید قرار دارد. آمینواسید، در این جایگاه به tRNA ویژه خود متصل می‌شود.



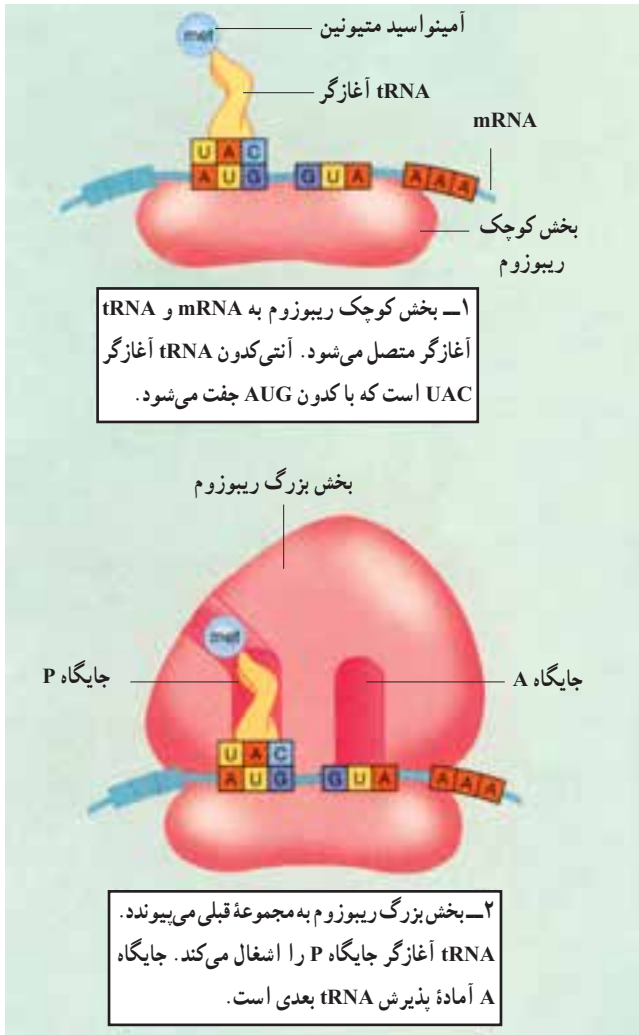
شکل ۵ ــ۱ــ ساختار یک مولکول tRNA. الف) رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهای موجود در این مولکول موجب ایجاد چنین ساختاری شده است. بخش آنتی‌کدون این مولکول که در یکی از حلقه‌ها قرار دارد، مکمل کدون مولکول mRNA است. دو حلقهٔ دیگر به نگهداری آن روی ریبوزوم کمک می‌کنند. در قسمت بالایی آن جایگاه CCA، یعنی جایگاه اتصال آمینواسید اختصاصی دیده می‌شود. ب) ساختار سه بعدی tRNA در سلول شبیه حرف L است.

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

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

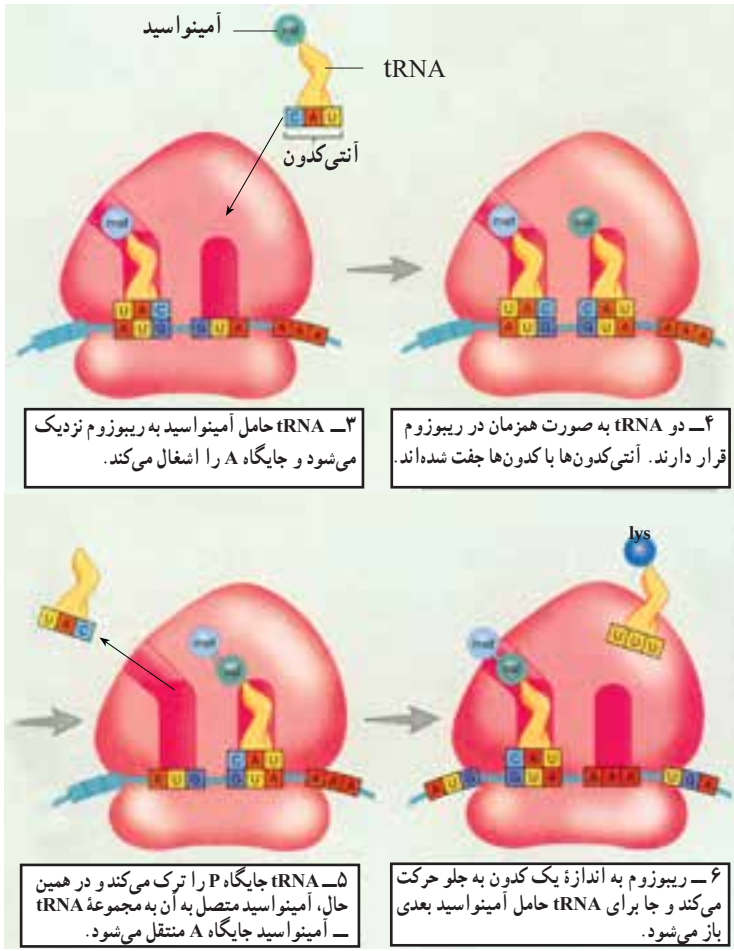
مرحلهٔ آغاز : بخش کوچک‌تر ریبوزوم در مجاورت **کدون آغاز** به mRNA متصل می‌شود. کدون آغاز، AUG است و متیونین را رمز می‌کند. اولین tRNA که **tRNA آغازگر** نام دارد، با کدونِ آغاز رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند. سپس بخش بزرگ ریبوزوم به بخش کوچک می‌پیوندد و ساختار ریبوزوم برای ترجمه کامل می‌شود.

هر ریبوزوم دو جایگاه دارد : یکی جایگاه P (برای پلی‌پپتید درحال ساخت) و دیگری جایگاه A (برای آمینواسید). در مرحلهٔ آغاز، tRNA آغازگر، که ناقل متیونین است، به جایگاه P وارد می‌شود و در آن‌جا با کدون آغاز رابطهٔ مکملی برقرار می‌کند (شکل ۶ــ۱).



شکل ۶ــ۱ــ آغاز پروتئین‌سازی

مرحلهٔ ادامه : با ورود tRNA حامل دومین آمینواسید به جایگاه A، مرحلهٔ ادامه شروع می‌شود. در این مرحله، آمینواسید موجود در جایگاه P از tRNA جدا می‌شود و با آمینواسید موجود در جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می‌کند. به این ترتیب tRNA موجود در جایگاه P، دیگر آمینواسیدی نخواهد داشت و باید ریبوزوم را ترک کند. در این هنگام، **جابه‌جایی** رخ می‌دهد و ریبوزوم به اندازهٔ یک کدون در طول mRNA به پیش می‌رود. در حین این جابه‌جایی، tRNA موجود در جایگاه P، ریبوزوم را ترک می‌کند، tRNA موجود در جایگاه A همراه با پلی‌پپتیدی که حمل می‌کند، به جایگاه P منتقل می‌شود. درنتیجه، جایگاه A که سومین کدون در آن قرار دارد، خالی می‌شود و آمادگی پذیرش tRNA حامل آمینواسید سوم را کسب می‌کند. با ورود tRNA حامل سومین آمینواسید به جایگاه A، چرخهٔ فوق دوباره تکرار می‌شود (شکل ۷ــ۱).



۳ــ tRNA حامل آمینواسید به ریبوزوم نزدیک می‌شود و جایگاه A را اشغال می‌کند.

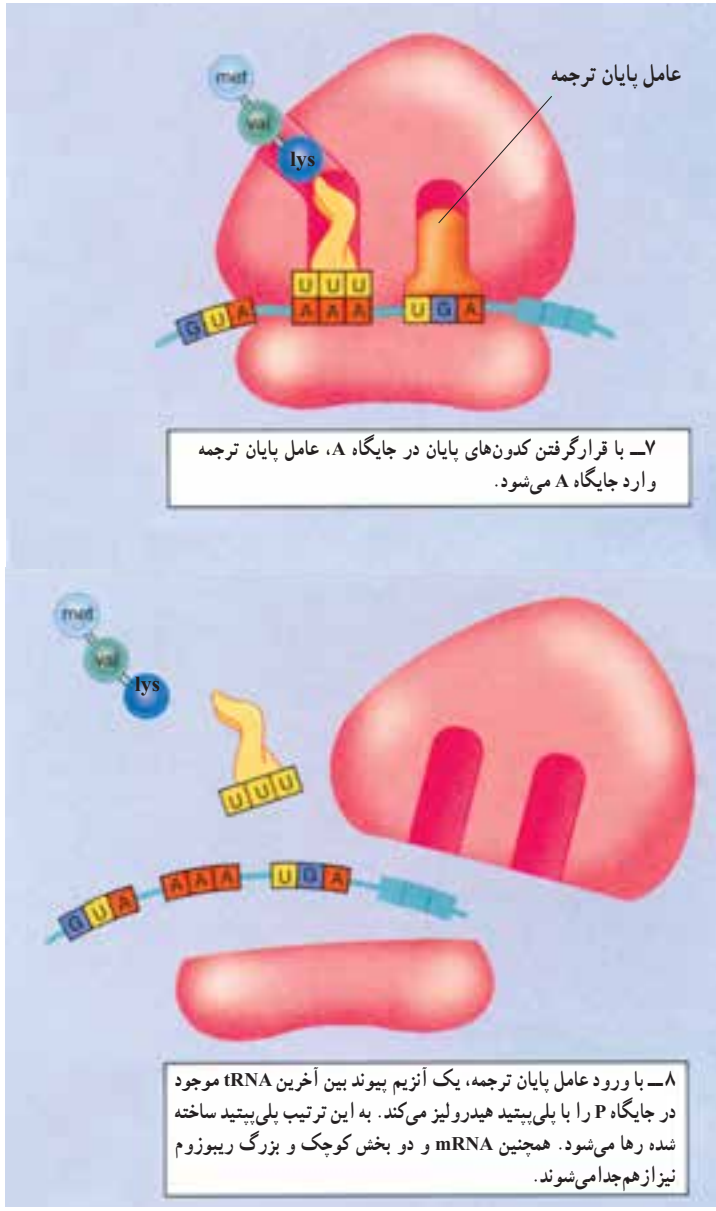
۴ــ دو tRNA به صورت همزمان در ریبوزوم قرار دارند. آنتی‌کدون‌ها با کدون‌ها جفت شده‌اند.

۵ــ tRNA جایگاه P را ترک می‌کند و در همین حال، آمینواسید متصل به آن به مجموعهٔ tRNA ــ آمینواسید جایگاه A منتقل می‌شود.

۶ ــ ریبوزوم به اندازهٔ یک کدون به جلو حرکت می‌کند و جا برای tRNA حامل آمینواسید بعدی باز می‌شود.

شکل ۷ــ۱ــ ادامهٔ پروتئین‌سازی

مرحلهٔ پایان ترجمه : وقتی یکی از کدون‌های پایان درون جایگاه A قرار گیرد، ترجمه پایان می‌پذیرد. چون هیچ tRNAای برای کدون‌های پایان وجود ندارد. در این حالت دو بخش ریبوزوم، mRNA و پروتئین ساخته شده از یک‌دیگر جدا می‌شوند (شکل ۸ــ۱).



۷ــ با قرارگرفتن کدون‌های پایان در جایگاه A، عامل پایان ترجمه وارد جایگاه A می‌شود.

۸ــ با ورود عامل پایان ترجمه، یک آنزیم پیوند بین آخرین tRNA موجود در جایگاه P را با پلی‌پپتید هیدرولیز می‌کند. به این ترتیب پلی‌پپتید ساخته شده رها می‌شود. همچنین mRNA و دو بخش کوچک و بزرگ ریبوزوم نیز از هم جدا می‌شوند.

شکل ۸ــ۱ــ پایان پروتئین‌سازی

تفکر نقادانه

فرضیه‌ای در زیست‌شناسی وجود دارد مبنی بر این که «جهت جریان اطلاعات ژنی در سلول‌ها همیشه یک طرفه و از DNA به سوی پروتئین‌هاست » این جریان هرگز در جهت مخالف برقرار نمی‌شود با توجه به شکل‌های ۶ــ۱، ۷ــ۱ و ۸ــ۱؛ در گروه‌های ۲ یا ۳ نفری این فرضیه را مورد بحث قرار دهید و خلاصهٔ مذاکرات خود را در کلاس مطرح کنید

ژن‌های یوکاریوتی، گسسته‌اند.

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

در mRNA اولیه مناطقی وجود دارد که در RNA بالغ وجود ندارد و بنابراین ترجمه نمی‌شوند. مناطقی از DNA که رونوشت آنها در mRNA بالغ باقی می‌ماند، **اگزون**[1] و مناطقی که رونوشت آنها حذف می‌شود، **اینترون**[2] نامیده می‌شوند. درنتیجهٔ حذف رونوشت اینترون‌ها، mRNA بالغ نسبت به mRNA اولیه کوتاه‌تر می‌شود. به این‌گونه ژن‌ها، ژن‌های گسسته می‌گویند.

فعالیت

آزمایش سریع

چگونه می‌توانید اینترون‌ها و اگزون‌ها را نمایش دهید؟

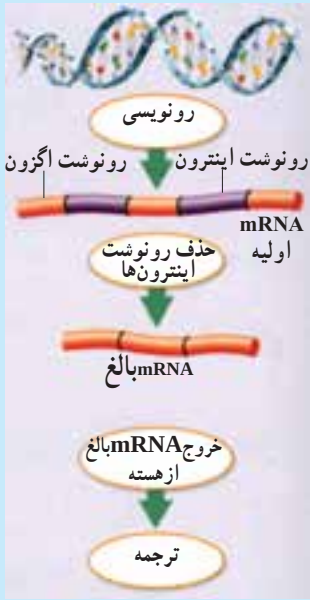
مواد اولیه

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

روش کار

۱ــ نوار را روی میز قرار دهید این نوار نمایندهٔ یک ژن است

۱ــ exon ۲ــ ntron



۲ــ حروف پ ت ل خ ر غ د و ا ز ت ص ر ئ ـ ط ق ی ش ن را شبیه شکل زیر با دو رنگ روی نوار، بنویسید و فواصل بین حروف را به گونه‌ای رعایت کنید که نوار همهٔ حروف را دربربگیرد حروفی که با رنگ آبی نوشته‌اید، نمایندهٔ اینترون‌ها و حروف دیگر با رنگ دوم نشانهٔ اگزون‌هاست

۳ــ نوار را بردارید و از راست به چپ حروف هم‌رنگ را قیچی کنید و در دو گروه بچسبانید و با این‌کار دو نوار هم‌رنگ ایجاد می‌شود که یکی مبیّن اینترون‌ها و دیگری مبیّن اگزون‌هاست کدام‌یک برای شما معنی‌دارتر است؟

پیش‌بینی کنید : پیش‌بینی کنید در صورتی‌که یک اینترون جدا نشود چه اتفاقی در پروتئین حاصل رخ می‌دهد

فعالیت

رمز گشایی مادهٔ وراثتی

کراتین[۱] یکی از پروتئین‌های موست ژن این پروتئین در سلول‌های خاصی از پوست، بیان می‌شود در شکل زیر حروف بخشی از نوکلئوتیدهای مولکول mRNA مربوط به ژن کراتین نوشته شده است با کمک این رشتهٔ mRNA و نیز با استفاده از جدول کدون‌های RNA بعضی از آمینواسیدهای کراتین را پیدا کنید جهت ترجمه را از چپ به راست شکل در نظر بگیرید

۱ــ Kerat n

۱ــ آمینواسیدهای مربوطه را تعیین کنید
۲ــ آنتی‌کدون‌های tRNAهایی که با این‌کدون‌ها پیوند برقرار کرده‌اند، تعیین کنید
۳ــ ردیف DNAای را که این mRNA از روی آن رونویسی شده است، تعیین کنید
۴ــ رشتهٔ مکمل این DNA را مشخص کنید

بیشتر بدانید

چرا بعضی از قارچ‌ها کشنده‌اند؟

یکی از سمومی که در قارچ کشندهٔ **آمانیتا فالوئیدز**[1] وجود دارد و **آمانیتین** نامیده می‌شود، یکی از RNA پلی‌مرازها را مهار می‌کند و از ساخته شدن RNA و به دنبال آن از پروتئین‌سازی جلوگیری می‌کند این اختلال ممکن است باعث مرگ شود

خودآزمایی

۱ــ رابطهٔ بین DNA و آنزیم‌ها را شرح دهید
۲ــ آزمایش‌های بیدل و تیتوم و نتایج آنها را شرح دهید
۳ــ چرا نظریهٔ یک ژن ــ یک آنزیم به نظریهٔ یک ژن ــ یک پلی‌پپتید تغییر یافت؟
۴ــ چرا ممکن نیست رمزهای وراثتی کمتر از سه حرف داشته باشند؟
۵ــ پژوهش‌های گروه نیرنبرگ و حاصل کار این گروه را شرح دهید
۶ ــ چه اطلاعات دیگری به جز رمز مربوط به آمینواسیدها روی رمزهای وراثتی DNA وجود دارد؟
۷ــ نقش آنزیم RNA پلی‌مراز را در رونویسی شرح دهید
۸ــ مراحل رونویسی را شرح دهید
۹ــ نقش راه‌انداز در رونویسی چیست؟
۱۰ــ ساختار tRNA را متناسب با کاری که انجام می‌دهد، شرح دهید
۱۱ــ گسستگی ژن‌های یوکاریوتی را توضیح دهید

۱ـ Aman ta pha o des

۲ تنظیم بیان ژن

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

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

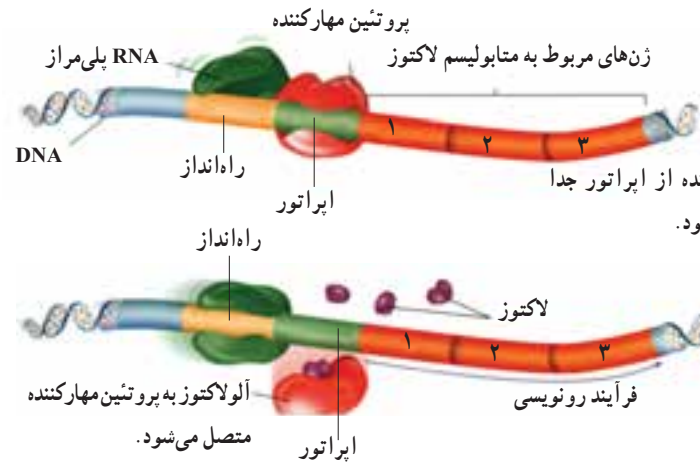
۱ـ Escher ch a co

تنظیم بیان ژن‌ها در پروکاریوت‌ها بر عهدهٔ اپران‌هاست.

در پروکاریوت‌ها، تنظیم بیان ژن ممکن است در سطوح مختلفی از جمله رونویسی، ترجمه، یا پس از ترجمه صورت گیرد. ولی عمدتاً هنگام رونویسی انجام می‌شود، یعنی اگر نیازی به محصول ژن نباشد، از آن ژن رونویسی صورت نمی‌گیرد. چگونه می‌توان از رونویسی یک ژن جلوگیری کرد؟ به یاد بیاورید که RNA پلی‌مراز به قسمتی از DNA که راه‌انداز نام دارد، متصل و همانند قطاری که روی ریل حرکت می‌کند، رونویسی را انجام می‌دهد. بدیهی است اگر سدی بر سر راه RNA پلی‌مراز قرار بگیرد که مانع حرکت آن روی ژن شود، آن ژن رونویسی نخواهد شد. این سدها، در واقع پروتئین‌های بزرگی هستند به نام **مهارکننده** که به توالی‌های مخصوصی از DNA به نام **اپراتور**[1] متصل می‌شوند. اپراتور مجاور راه‌انداز قرار دارد و بنابراین وقتی پروتئین مهارکننده به توالی اپراتور متصل می‌شود، سدی پدید می‌آید که جلوی حرکت RNA پلی‌مراز را می‌گیرد و به این ترتیب ژن را خاموش می‌کند. رمزهای پروتئین مهارکننده روی ژنی به نام **ژن تنظیم‌کننده**[2] قرار دارد.

بیایید دوباره به مثال متابولیسم لاکتوز باکتری اِ. **کلای** توجه کنیم. این باکتری برای آن‌که بتواند از لاکتوز استفاده کند، به سه آنزیم نیاز دارد. ژن‌های این سه آنزیم در شکل **۹ــ۱** با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. دانشمندان دریافتند که وقتی لاکتوز در محیط نیست، غلظت هر سه آنزیم اندک است، اما پس از حضور لاکتوز در محیط غلظت هر سه آنزیم یاد شده، هماهنگ باهم افزایش می‌یابد.

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



وجود لاکتوز : پروتئین مهارکننده از اپراتور جدا می‌شود و اپران لک روشن می‌شود.

شکل ۹ ــ۱ــ خاموش و روشن کردن ژن‌های پروکاریوتی

۱ــ Operator ۲ــ regu ator gene

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

اپرانی که متابولیسم لاکتوز را تنظیم می‌کند. **اپران لَک**[۴] نام دارد. اپران لک از سه ژن ساختاری به نام‌های ژن‌های ۱، ۲ و ۳ (در شکل ۹ــ۱)، اپراتور و راه‌انداز ساخته شده است. اپراتور و راه‌انداز بخش تنظیم‌کنندهٔ ژن را تشکیل می‌دهند. دقت کنید که هر سه ژن ۱، ۲ و ۳ تحت کنترل یک بخش تنظیم‌کننده هستند و همگی یک راه‌انداز دارند. بنابراین از روی هر سه ژن، یک mRNA،ساخته می‌شود. به این نوع mRNA ،**mRNA چند ژنی** می‌گویند. اگر اپران فقط از یک ژن ساختاری تشکیل شده باشد آنگاه mRNA حاصل **تک‌ژنی** خواهد بود.

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

تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها پیچیده‌تر است.

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

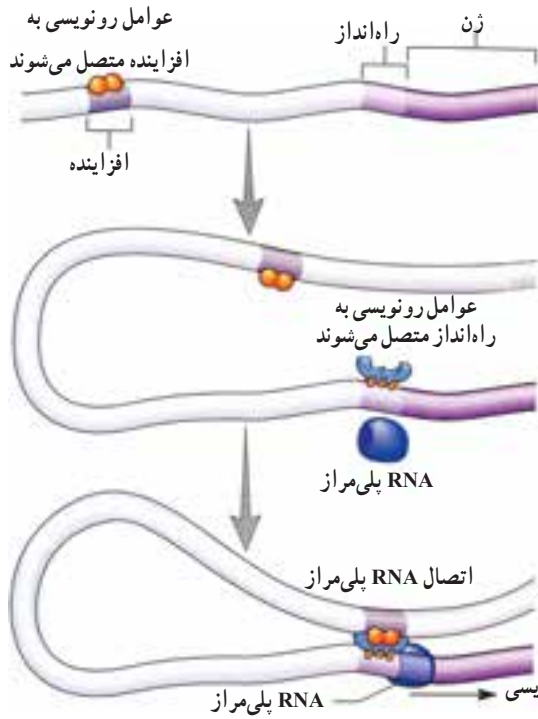
در سلول‌های یوکاریوتی، به دلیل وجود غشای هسته، پدیدهٔ رونویسی از پدیدهٔ ترجمه جداست و درنتیجه فرصت بیشتری برای تنظیم بیان ژن وجود دارد. مثلاً، تنظیم بیان ژن ممکن است قبل از رونویسی، هنگام رونویسی، یا بعد از آن صورت گیرد. همچنین این تنظیم بعد از خروج mRNA از هسته، هنگام ترجمه یا بعد از عمل ترجمه، نیز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

۱ــ Franço s Jacob
۲ــ Jacqes Monod
۳ــ operon
۴ــ ac operon

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

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

افزاینده و عوامل رونویسی متّصل به آن (موسوم به فعال‌کننده) با تشکیل یک حلقه در DNA در کنار RNA پلی‌مراز و سایر عوامل رونویسی روی راه‌انداز قرار می‌گیرند. با قرار گرفتن کلیّهٔ این عوامل در کنار هم، عوامل رونویسی که به توالی افزاینده متصل هستند، می‌توانند عوامل رونویسی متّصل به راه‌انداز را فعال کنند (شکل ۱۰ــ۱).



شکل ۱۰ــ۱ــ تنظیم رونویسی در یوکاریوت‌ها، عوامل رونویسی به افزاینده و RNA پلی‌مراز متصل می‌شوند. این اتصال، عواملِ رونویسیِ متصل به راه‌انداز را فعال می‌کند.

فعالیت

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

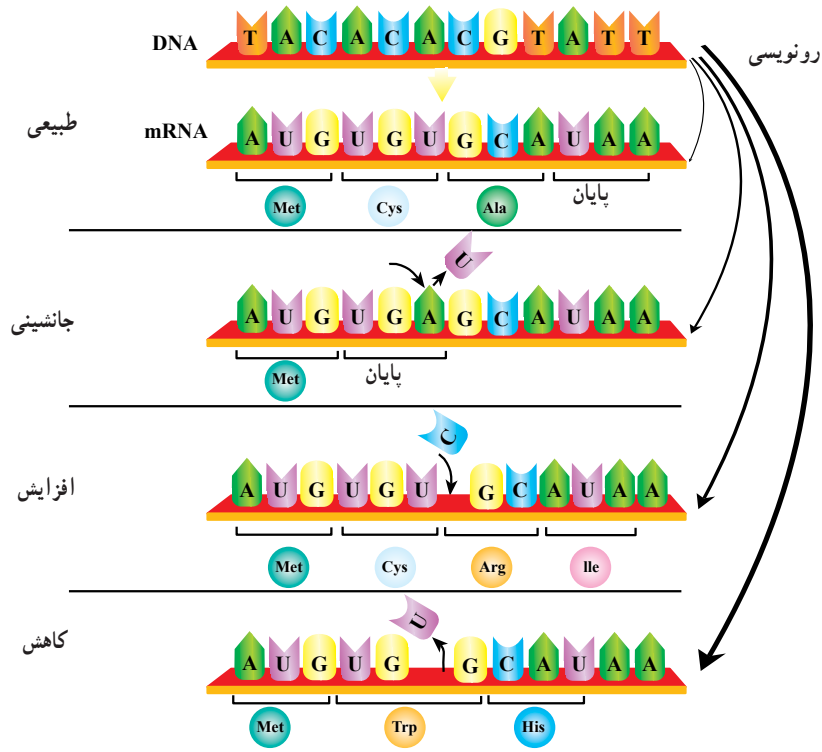
جهش‌ها پروتئین‌های غیرطبیعی ایجاد می‌کنند.

تغییر در اطلاعات ژنتیک موجود زنده، نادر، اما انجام‌شدنی است. هرگونه تغییر در ساختار DNA را **جهش** می‌نامند. جهشی که در سلول‌های جنسی افراد روی می‌دهد، ممکن است به زاده‌ها منتقل شود؛ اما جهش در سلول‌های بدنی، فقط خود فردی را که در او جهش رخ داده است، متأثر می‌کند. جهش‌هایی که یک یا چند نوکلئوتید ژن را، روی یک کروموزوم، تغییر می‌دهد به **جهش‌های نقطه‌ای** موسوم‌اند. به‌طور عمده دو نوع جهش نقطه‌ای وجود دارد. در نوع اوّل یک نوکلئوتید یک ژن با نوکلئوتید نوع دیگری عوض می‌شود به چنین جهشی که از نوع نقطه‌ای است، **جانشینی** گفته می‌شود (شکل ۱۱ــ۱).

در جهش‌های نقطه‌ای نوع دوم ممکن است، افزایش، یا کاهش یک یا چند نوکلئوتیدِ ژن رخ‌دهد. چون پیام ژنتیکی به شکل نوکلئوتیدهای سه‌حرفی خوانده می‌شود، افزایش، یا کاهش نوکلئوتیدها رمز سه‌حرفی‌ها را به‌هم می‌ریزد. تصور کنید از جملهٔ :

ا ی ن م ر د ر ف ت حرف م حذف شود. در این‌صورت این جمله با حفظ کلمات سه‌حرفی به این شکل : ا ی ن ر د ر ف ت خوانده می‌شود که بی‌معناست. چنین جهشی که باعث اشتباه خوانده شدن حروف سه نوکلئوتیدی می‌شود، به **جهش تغییر چارچوب** معروف است. زیرا، طی آن چارچوب الگوی خواندن در یک یا دو موضع جابه‌جا می‌شود.

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



شکل ۱۱ــ۱ــ انواع جهش‌های نقطه‌ای

خودآزمایی

۱ــ اثر یک مهارکننده را بر اُپران لک به هنگام حضور لاکتوز توضیح دهید

۲ــ اثر عوامل رونویسی و افزاینده‌ها را در بیان ژن‌های یوکاریوتی تشریح کنید

۳ــ تفاوت اگزون و اینترون را توضیح دهید

۴ــ توضیح دهید کدام‌یک از انواع جهش‌ها اثر شدیدتری روی ترتیب آمینواسیدهای یک پروتئین خواهد داشت : جهشی از نوع جانشینی و یا از نوع تغییر چارچوب؟