

# ژنتیک: اصول و آنالیز

## جلد اول

زیر نظر:

دکتر محمد خلیج کندی

عضو هیات علمی و دانشیار ژنتیک مولکولی دانشگاه تبریز

م. رحمین:

دکتر مسداج کندی

دکتر آسیه جلی

دکتری ژنتیک مولکولی، استادیار موسسه آموزش عالی، ربع رشید تبریز

دکتر فاطمه شجاعی جشقانی

دکتری ژنتیک مولکولی

سیده ناهید فتوحی

کارشناسی ارشد ژنتیک



انتشارات برای فردا

۶۶۹۵۲۶۴۱-۲

نام کتاب: ژنتیک: اصول و آنالیز (جلد اول)

زیر نظر: دکتر محمد خلیج کندی

مترجمین: دکتر محمد خلیج کندی، دکتر آسیه جلی، دکتر فاطمه شجاعی جشوقانی، دکتر سیده ناهید فتوحی

ناشر: برای فردا

چاپ: اول - ۱۳۸۸

چاپ: طهرانی

صحافی: طهرانی

شمارگان: ۲۰۰

قیمت: ۱۲۵۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۵۵-۱۲۳-۲

شابک دوره: ۹۷۸-۶۰۰-۱۵۵-۱۲۳-۹

نشانی: تهران - م انقلاب - خ کارگر - خ لاله زار شرقی - پلاک ۱۹۷ - واحد ۷ - طبقه اول تلفن: ۶۶۹۵۲۶۴۱-۲

|                     |                                                                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | بروکر، رابرت J. (Robert J. Brooker)                                                                     |
| عنوان و نام پدیدآور | ژنتیک: اصول و آنالیز / [رابرت J. بروکر]؛ زیر نظر محمد خلیج کندی؛ مترجمین محمد خلیج کندی ... [و دیگران]. |
| مشخصات نشر          | تهران: برای فردا، ۱۳۹۸-                                                                                 |
| مشخصات ظاهری        | ج: مصور، جدول                                                                                           |
| شابک                | دوره ۹-۱۲۳-۱۵۵-۶۰۰-۹۷۸، ج ۲-۱۲۳-۱۵۵-۶۰۰-۹۷۸                                                             |
| وضعیت فهرست نویسی   | فیا                                                                                                     |
| یادداشت             | عنوان اصلی: Genetics: analysis & Genetics, 6th ed, 2018.                                                |
| یادداشت             | مترجمین محمد خلیج کندی، آسیه جلی، فاطمه شجاعی جشوقانی، سیده ناهید فتوحی                                 |
| موضوع               | ژنتیک                                                                                                   |
| موضوع               | Genetics                                                                                                |
| شناسه افزوده        | خلیج کندی، محمد، ۱۳۴۹ - مترجم                                                                           |
| رده بندی کنگره      | ۴۳۰.QH                                                                                                  |
| رده بندی دیویی      | ۵۷۶/۵                                                                                                   |
| شماره کتابشناسی ملی | ۵۷۸۸۱۱۶                                                                                                 |

توجه: تمامی حقوق مادی و معنوی این اثر برای ناشر محفوظ است.

این کتاب مشمول قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۱/۱۱

و قانون ترجمه و تکثیر کتب، نشریات و آثار صوتی مصوب ۱۳۵۰/۱۰/۱۶ می باشد.

بازنویسی، خلاصه برداری یا برداشت بخشی از متن، شکل‌ها یا جدول‌های کتاب

و انتشار آن در قالب کتاب‌های ترجمه، تألیف، خلاصه، جزوه، تست یا نرم‌فزار

بدون اجازه کتبی از ناشر شرعاً حرام بوده منع قانونی دارد.

## پیش‌گفتار

امروزه دانش ژنتیک یکی از کاربردی‌ترین دانش‌های حوزه سلامت بشمار می‌آید، چراکه پیشرفتهای حاصل در حیطه‌های مختلف آن از قبیل ژنومیک، ترانسکریپتومیک، پروتئومیک و روشهای آنالیز آنها واقعاً خیره‌کننده است. گسترش روشهای نوین توالی‌یابی نسل جدید از قبیل RNA seq به همراه کاهش هزینه‌های آن امیدواری زیادی برای انجام اجرائی شدن درمان‌های فردمحور یا شخصی شده فراهم آورده است. در کنار این پیشرفتهای، معرفی روشهای سیراتی و مقرون به صرفه تغییر اطلاعات ژنتیکی و اصلاح خطاهای آن از قبیل سیستم CRISPR/Cas9، جلای این دانش را دوچندان کرده است.

برای توسعه و بهره‌مند شدن از قابلیت‌های این دانش، کتابهای زیادی توسط متخصصان این عرصه به نگارش در آمده است که هرکدام مزیت‌های خاص خود را دارند. یکی از کتابهای مذکور، کتاب "ژنتیک: اصول و آنالیز" تالیف پروفیسور Robert J. Brooker استاد ژنتیک دپارتمان ژنتیک، بیولوژی سلولی و تکوین دانشگاه مینه‌سوتا در شهر مینیاپولیس آمریکا می‌باشد. این کتاب بی‌شک یکی از جامع‌ترین، به‌روزترین و روان‌ترین کتابهای جامع ژنتیک است که تا به حال به دستم تحریر درآمده است و با توجه به ویژگیهای مذکور خیلی زود توانست مورد اقبال جامعه علمی قرار گرفته باشد. عنوان کتاب درسی ژنتیک در دانشگاههای مختلف جهان مورد تدریس قرار بگیرد. ویرایش اول این کتاب در سال ۱۹۹۹ توسط انتشارات McGraw-Hill انتشار یافت و بعد از آن به طور مرتب به‌روز شده است و جدیدترین ویرایش آن که ویرایش ششم می‌باشد در سال ۲۰۱۸ توسط آن انتشارات در دسترس جامعه علمی قرار گرفته است. ویرایش ششم شامل ۲۹ فصل می‌باشد که هرکدام با ظرافت و دقت خاص نگاشته شده است. پروفیسور بروکر می‌گوید "به عنوان یک نویسنده، محقق و مدرس، کتاب درسی را می‌خواهم که دانشجویان را فعالانه در یادگیری ژنتیک درگیر کند. برای رسیدن به این هدف، با تیمی نخبه شامل ویراستاران، تصویرسازان و متخصصان رسانه‌ای همکاری کردم تا این کتاب را به ابزاری مفرح برای یادگیری ژنتیک تبدیل کنیم". براستی نویسنده به این هدف خود رسیده است. در هر فصل و برای هر موضوع مهم از ابزارهای کمک آموزشی از قبیل تمرین‌های با اثر متقابل، انیمیشن و آزمایش استفاده شده است که به دانشجو در فهم موضوع ژنتیکی کمک شایانی می‌کند. در پایان هر فصل پرسشها و تمرینهای چهارگزینه‌ای و تشریحی متعددی آورده شده است که به غنای مطالب هر فصل افزوده است. رویهمرفته،

گردآوری و ارائه مطالب در کتاب حاضر از یک منطق ایده‌آل برای آموزش ژنتیک تبعیت می‌کند به طوری که آن را به یک کتاب درسی محبوب تبدیل کرده است.

ویژگیهای مذکور در بالا ما را متقاعد کرد تا با استعانت از خداوند متعال، این کتاب را به زبان فارسی ترجمه و در اختیار جامعه علمی ایران عزیز قرار دهیم. شروع کار با ترجمه ویرایش قبل آغاز و با منتشر شدن ویرایش ششم توسط ناشر، ترجمه‌ها با ویرایش ششم تطبیق و نهایی شد. در سرتاسر ترجمه سعی شده است ضمن حفظ کلیت جملات کتاب اصلی، ترجمه به شکل روان و قابل فهم ارائه شود. انتشار ترجمه کتاب حاضر در دو جلد انجام می‌شود. جلد اول، شامل ۱۵ فصل ابتدایی کتاب و جلد دوم شامل فصلهای ۱۶ تا انتهای کتاب است و در بردارنده فصلهای جدید در مورد موضوعات روز ژنتیک از قبیل RNAهای غیرکدکننده و سیستم ویرایش ژنومی CRISPR/Cas می‌باشد. لذا مطالعه کتاب حاضر را برای دانشجویان عزیز رشته‌های مختلف علوم زیستی و علوم پزشکی بویژه افرادی که برای آزمونهای تحصیلات تکمیلی وزارت بهداشت و وزارت علوم آماده می‌شوند، توصیه می‌نمایم. همچنین استفاده از این کتاب برای تدریس دروس مختلف ژنتیک توسط اساتید گرانقدر اکیدا توصیه می‌شود. هرچند سعی شده است با بازخوانی‌های متعدد و استاری علمی و ادبی، خطاهای تایپی و علمی تا حد ممکن برطرف شود اما این اثر خالی از خطا نخواهد بود لذا از خوانندگان و صاحب‌نظران ارجمند خواهشمند است با یادآوری و ذکر خطاهای احتمالی ما را در هر چه بدتر شدن اثر حاضر یاری فرمایند.

در پایان بر خود واجب می‌نمایم تا از زحمات کلیه افرادی که در به ثمر رسیدن اثر حاضر به هر طریقی سهمیم بوده‌اند به‌ویژه جناب آقای دکتر عبداللہ کاظمی که زحمات زیادی در ویرایش ترجمه‌ها و سرکار خانم دکتر الهه سلیمان‌پور که در تصحیح و تطبیق ویرایش‌ها متحمل شدند صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

دکتر محمد خلیج کندی

تیر ماه ۱۳۹۸

Khalaj@tabrizu.ac.ir

# فهرست

عنوان

صفحه

## بخش اول: مقدمه

|                          |    |
|--------------------------|----|
| فصل ۱: مروری بر ژنتیک    | ۱۳ |
| ۱-۱ بیان مولکولی ژن      | ۱۷ |
| ۲-۱ ارتباط بین ژن و صفات | ۲۱ |
| ۳-۱ گرایش‌های ژنتیک      | ۲۸ |
| ۴-۱ علم ژنتیک            | ۳۳ |
| خلاصه فصل                | ۳۶ |

## بخش دوم: الگوهای وراثت

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۲: وراثت مندلی                                         | ۴۳  |
| ۱-۲ مطالعات مندلی روی گیاه نخود قرنگی                      | ۴۴  |
| ۲-۲ قانون تفکیک                                            | ۴۹  |
| ۳-۲ قانون جور شدن مستقل                                    | ۵۵  |
| ۴-۲ مطالعه الگوی وراثت در انسان                            | ۶۳  |
| ۵-۲ آمار و احتمالات                                        | ۶۵  |
| خلاصه فصل                                                  | ۷۵  |
| فصل ۳: انتقال کروموزوم در طول تقسیم سلولی و تولید مثل جنسی | ۸۹  |
| ۱-۳ ویژگی‌های عمومی کروموزوم‌ها                            | ۹۰  |
| ۲-۳ تقسیم سلولی                                            | ۹۵  |
| ۳-۳ میوز و سیتوکینز                                        | ۱۰۰ |
| ۴-۳ میوز                                                   | ۱۰۶ |
| ۵-۳ تولید مثل جنسی                                         | ۱۱۲ |
| ۶-۳ تنوری کروموزومی وراثت و کروموزوم‌های جنسی              | ۱۱۷ |
| خلاصه فصل                                                  | ۱۲۶ |
| فصل ۴: گسترش وراثت مندلی                                   | ۱۳۵ |
| ۱-۴ مروری بر الگوی توارث ساده                              | ۱۳۶ |

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۱۳۸ | ۴-۴ آلل‌های غالب و مغلوب                                  |
| ۱۴۳ | ۴-۴ تأثیر محیط روی بیان ژن                                |
| ۱۴۴ | ۴-۴ غالبیت ناقص، فوق غالبیت و هم‌غالبی                    |
| ۱۵۲ | ۵-۴ ژن‌های روی کروموزوم جنسی                              |
| ۱۵۵ | ۶-۴ وراثت متأثر از جنس و محدود به جنس                     |
| ۱۵۷ | ۷-۴ آلل‌های کشنده                                         |
| ۱۵۹ | ۸-۴ چند اثری                                              |
| ۱۶۰ | ۹-۴ برهمکنش‌های ژنی                                       |
| ۱۶۶ | خلاصه فصل                                                 |
| ۱۷۷ | فصل ۵: وراثت غیر مندلی                                    |
| ۱۷۸ | ۱-۵ اثر مادری                                             |
| ۱۸۲ | ۲-۵ رت ای ژنتیک: جبران مقداری                             |
| ۱۹۱ | ۳-۵ وراثت ایی ژنتیک: نشانه‌گذاری ژنی                      |
| ۱۹۷ | ۴-۵ توارث بیرونی                                          |
| ۲۰۶ | خلاصه فصل                                                 |
| ۲۱۶ | فصل ۶: پیوستگی در یکى                                     |
| ۲۱۷ | ۱-۶ مروری بر پیوستگی                                      |
| ۲۱۹ | ۲-۶ ارتباط بین پیوستگی و برابرها                          |
| ۲۳۰ | ۳-۶ نقشه‌برداری ژنتیکی در گیاهان و انورا                  |
| ۲۴۰ | ۴-۶ نقشه‌برداری ژنتیکی در یوکاریوت‌ها: مایلو              |
| ۲۴۴ | ۵-۶ نوترکیبی مبتوزی                                       |
| ۲۴۷ | خلاصه فصل                                                 |
| ۲۶۱ | فصل ۷: انتقال ژنتیکی و نقشه‌برداری در باکتریها و اکتربو   |
| ۲۶۲ | ۱-۷ مروری بر انتقال ژنتیکی در باکتری‌ها                   |
| ۲۶۳ | ۲-۷ هم‌یوخی در باکتری‌ها                                  |
| ۲۶۹ | ۳-۷ هم‌یوخی و نقشه‌برداری از طریق نژادهای Hfr             |
| ۲۷۶ | ۴-۷ فازالایی باکتری                                       |
| ۲۸۰ | ۵-۷ تراریختی باکتری                                       |
| ۲۸۳ | ۶-۷ ارتباط پزشکی انتقال ژنتیکی در باکتری‌ها               |
| ۲۸۴ | خلاصه فصل                                                 |
| ۲۹۵ | فصل ۸: تنوع در تعداد و ساختار کروموزوم                    |
| ۲۹۶ | ۱-۸ آزمایش میکروسکوپی کروموزوم‌های یوکاریوتی              |
| ۲۹۹ | ۲-۸ مروری بر تغییرات ساختاری کروموزوم‌ها                  |
| ۳۰۰ | ۳-۸ حذف شدگی‌ها و مضاعف شدگی‌ها                           |
| ۳۰۹ | ۴-۸ وارونگی و جابجایی                                     |
| ۳۱۸ | ۵-۸ مروری بر تغییرات عددی کروموزوم‌ها                     |
| ۳۱۹ | ۶-۸ تغییر در تعداد کروموزوم‌های داخل یک دسته: آنیوپلوئیدی |
| ۳۲۳ | ۷-۸ تغییر در دسته‌ی کروموزومی                             |

|     |                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|
| ۳۲۷ | ۸-۸ راه‌های طبیعی و تجربی مورد استفاده برای تولید تنوع در تعداد کروموزوم‌ها |
| ۳۳۲ | خلاصه فصل                                                                   |

### بخش سوم: ساختار مولکولی و همانندسازی ماده ژنتیک

|     |                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۴۵ | فصل ۹: ساختار مولکولی DNA و RNA                                               |
| ۳۴۶ | ۹-۱ شناسایی DNA به عنوان ماده ژنتیکی                                          |
| ۳۵۰ | ۹-۲ مروری بر ساختار DNA و RNA                                                 |
| ۳۵۲ | ۹-۳ ساختار نوکلئوتید                                                          |
| ۳۵۴ | ۹-۴ ساختار رشته DNA                                                           |
| ۳۵۵ | ۹-۵ کشف مارپیچ دو رشته                                                        |
| ۳۶۰ | ۹-۶ ساختار مارپیچ دو رشته DNA                                                 |
| ۳۶۶ | ۹-۷ ساختار RNA                                                                |
| ۳۶۸ | خلاصه فصل                                                                     |
| ۳۷۵ | فصل ۱۰: زمان‌بندی کروموزوم و ساختار مولکولی                                   |
| ۳۷۶ | ۱۰-۱ سازمان‌بندی سایت‌ها در طول کروموزوم باکتری                               |
| ۳۷۷ | ۱۰-۲ ساختار کروموزوم‌های باکتری                                               |
| ۳۸۴ | ۱۰-۳ سازمان‌بندی سایت‌ها در طول کروموزوم یوکاریوتی                            |
| ۳۸۵ | ۱۰-۴ اندازه‌ی ژنوم یوکاریوت‌ها و توالی تکراری                                 |
| ۳۸۸ | ۱۰-۵ ساختار کروموزوم‌های یوکاریوتی در طول‌های غیر تقسیم‌شونده                 |
| ۳۹۸ | ۱۰-۶ ساختار کروموزوم‌های یوکاریوتی در طول تقسیم سلولی                         |
| ۴۰۳ | خلاصه فصل                                                                     |
| ۴۱۰ | فصل ۱۱: همانندسازی DNA                                                        |
| ۴۱۱ | ۱۱-۱ نگاه کلی به همانندسازی DNA                                               |
| ۴۱۶ | ۱۱-۲ همانندسازی DNA باکتریایی: شکل‌گیری دو جنگل همانندسازی در مبدأ همانندسازی |
| ۴۱۹ | ۱۱-۳ همانندسازی DNA باکتریایی: سنتز رشته‌ی جدید DNA                           |
| ۴۲۰ | ۱۱-۴ همانندسازی DNA باکتریایی: شیمی و سخت‌کار                                 |
| ۴۲۳ | ۱۱-۵ همانندسازی DNA یوکاریوتی                                                 |
| ۴۴۱ | خلاصه فصل                                                                     |

### بخش چهارم: خصوصیات مولکولی ژن‌ها

|     |                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------|
| ۴۵۲ | فصل ۱۲: رونویسی ژن‌ها و تغییرات RNA                          |
| ۴۵۳ | ۱۲-۱ نگاه کلی به رونویسی                                     |
| ۴۵۷ | ۱۲-۲ رونویسی در باکتری‌ها                                    |
| ۴۶۶ | ۱۲-۳ رونویسی در یوکاریوت‌ها                                  |
| ۴۷۳ | ۱۲-۴ تغییرات RNA                                             |
| ۴۸۷ | ۱۲-۵ مقایسه رونویسی و تغییرات RNA در یوکاریوت‌ها و باکتری‌ها |
| ۴۸۸ | خلاصه فصل                                                    |

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| ۴۹۸ | فصل ۱۳ : ترجمه mRNA                                               |
| ۴۹۹ | ۱-۱۳ اساس ژنتیکی سنتز پروتئین                                     |
| ۵۰۳ | ۲-۱۳ ارتباط بین کد ژنتیکی و سنتز پروتئین                          |
| ۵۱۳ | ۳-۱۳ تعیین کد ژنتیکی                                              |
| ۵۱۸ | ۴-۱۳ ساختار و عملکرد tRNA                                         |
| ۵۲۳ | ۵-۱۳ ساختار و تجمع ریبوزوم                                        |
| ۵۲۶ | ۶-۱۳ مراحل ترجمه                                                  |
| ۵۳۶ | خلاصه فصل                                                         |
| ۵۴۵ | فصل ۱۴ : تنظیم ژن در باکتریها                                     |
| ۵۴۶ | ۱-۱۴ مروری بر تنظیم رونویسی                                       |
| ۵۴۹ | ۲-۱۴ تنظیم اپرین lac                                              |
| ۵۶۳ | ۳-۱۴ تنظیم پرون trp                                               |
| ۵۶۸ | ۴-۱۴ تنظیمات ترجمه و پس از ترجمه                                  |
| ۵۷۳ | ۵-۱۴ ریبوزوم                                                      |
| ۵۷۵ | خلاصه فصل                                                         |
| ۵۸۴ | فصل ۱۵ : تنظیم ژن در یوکاریوتها : تنظیم رونویسی و ترجمه           |
| ۵۸۶ | ۱-۱۵ عامل های رونویسی تنظیمی                                      |
| ۵۹۶ | ۲-۱۵ تنوع و تغییرات همبستگی، سازگاری کروماتین و تغییر دادن هیستون |
| ۶۰۷ | ۳-۱۵ متیلاسیون DNA                                                |
| ۶۱۱ | ۴-۱۵ عایق ها                                                      |
| ۶۱۳ | ۵-۱۵ پروژه ENCODE                                                 |
| ۶۱۴ | ۶-۱۵ تنظیم ترجمه                                                  |
| ۶۱۶ | خلاصه فصل                                                         |
| ۶۲۷ | پاسخنامه                                                          |