



دانشگاه سindh
پم

سیتورنٹیک

(کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی)

دکتر محسن فرشادفر دکتر غلامرضا بخشی خانیکی

«امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.»^۱

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار سیزده

فصل اول. تعاریف و کلیات سیتوژنتیک ۱

هدف کلی ۱

هدف‌های یادگیری ۱

مقدمه ۱

۱-۱ موضوع و تاریخچه سیتوژنتیک ۲

۲-۱ وظایف سیتوژنتیک ۳

۳-۱ ژنوم گیاه ۴

۴-۱ ژنوم هسته‌ای ۵

۵-۱ ژنوم اندامک‌ها ۵

خلاصه فصل اول ۶

خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول ۷

خودآزمایی تشریحی فصل اول ۸

فصل دوم. چرخه و تقسیم سلولی ۹

هدف کلی ۹

هدف‌های یادگیری ۹

مقدمه ۹

۱-۲ چرخه سلولی ۱۰

۱-۱-۲ مدت زمان تقسیم سلولی و میتوز ۱۰

۲-۲ تقسیم میتوز ۱۳

۱۳	۱-۲-۲ فرایند میتوز
۱۳	۲-۲-۲ ایتترفاز
۱۴	۳-۲-۲ پروفاز
۱۶	۴-۲-۲ متافاز
۱۶	۵-۲-۲ آنافاز
۱۷	۶-۲-۲ تلوفاز
۱۷	۷-۲-۲ سیتوکینز
۱۸	۳-۲ تقسیم میوز
۱۹	۱-۳-۲ ایتترفاز
۲۰	۲-۳-۲ پروفاز I
۲۰	۱-۲-۳-۲ لپتوتن
۲۲	۲-۲-۳-۲ زیگوتن
۲۶	۳-۲-۳-۲ پاکیتن
۲۶	۴-۲-۳-۲ دیپلوتن
۲۸	۵-۲-۳-۲ دیاکینز
۲۹	۳-۳-۲ متافاز میوز I (آرایش مستقل کروموزوم‌های همتا)
۲۹	۴-۳-۲ آنافاز میوز I
۳۰	۵-۳-۲ تلوفاز میوز I
۳۰	۴-۲ میوز II
۳۱	۵-۲ گامتوزنر (گامت زایی، اسپورزایی)
۳۳	۶-۲ کنترل ژنتیکی میوز
۳۴	۷-۲ جهش‌های سیناپسی
۳۵	۸-۲ عوامل مؤثر بر جفت شدن کروموزوم‌ها در موتانت‌های سیناپسی
۳۶	۹-۲ هاپلوئیدی
۳۷	۱-۹-۲ سازوکار تکنیک حذف کروموزومی
۳۷	۱۰-۲ نرعیمی
۴۰	خلاصه فصل دوم
۴۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۴۳	خودآزمایی تشریحی فصل دوم
۴۵	فصل سوم. ساختمان داخلی کروموزوم و تجزیه کاریوتیپ
۴۵	هدف کلی
۴۵	هدف‌های یادگیری
۴۵	مقدمه
۴۶	۱-۳ مراحل تشکیل کروموزوم
۴۶	۲-۳ بسته‌بندی مولکول DNA

۳-۳ کروماتین.....	۴۷
۳-۴ نوکلئوزوم.....	۴۸
۳-۴-۱ پروتئین‌های هیستونی.....	۴۹
۳-۴-۲ پروتئین‌های غیرهیستونی.....	۵۱
۳-۵ نام‌گذاری بخش‌های مختلف کروموزوم.....	۵۲
۳-۵-۱ کروماتید.....	۵۲
۳-۵-۲ کرومونما.....	۵۴
۳-۵-۳ کرومومر.....	۵۴
۳-۵-۴ سانترومر.....	۵۵
۳-۵-۵ کینتوکور.....	۵۷
۳-۵-۶ تلومر.....	۵۸
۳-۵-۷ فرورفتگی ثانویه.....	۵۹
۳-۵-۸ سازمان دهنده هستکی.....	۶۰
۳-۵-۹ ماهواره.....	۶۱
۳-۶ هستک.....	۶۲
۳-۷ هتروکروماتین.....	۶۴
۳-۸ فرضیه‌های موجود در مورد DNA کروموزوم یوکاریوت‌ها.....	۶۷
۳-۹ روش‌های رنگ‌آمیزی کروموزوم‌ها.....	۶۸
۳-۱۰ کاریوتیپ.....	۷۰
۳-۱۰-۱ جهت تحولی کاریوتیپ.....	۷۱
۳-۱۰-۲ تجزیه و تحلیل شاخص‌های کاریوتیپ.....	۷۲
۳-۱۱ نواریندی کروموزومی.....	۷۸
۳-۱۱-۱ بندهای کروموزومی.....	۷۸
۳-۱۱-۲ کاربردهای نواریندی کروموزومی.....	۷۹
۳-۱۱-۳ تکنیک‌های نواریندی.....	۷۹
۳-۱۱-۳ Q بندینگ.....	۷۹
۳-۱۱-۳ N بندینگ.....	۸۱
۳-۱۱-۳ N بندینگ (توسط نترات نقره) ← Ag-NoR بندینگ.....	۸۲
۳-۱۱-۳ C نواریندی.....	۸۳
۳-۱۱-۳ کاربرد بندینگ C.....	۸۴
۳-۱۱-۳ G نواریندی.....	۸۶
۳-۱۱-۳ R نواریندی.....	۸۸
۳-۱۱-۳ T نواریندی.....	۸۹
۳-۱۱-۳ کروموزوم‌های نشانگر (Mar).....	۸۹
۳-۱۱-۳ کروموزوم‌های فرعی (Der).....	۹۰
۳-۱۲ سینتوزتیک مولکولی.....	۹۱

۹۱	 FISH ۱-۱۲-۳ روش
۹۶	 CGH (تکنیک هیبریداسیون ژنومی مقایسه‌ای) ۲-۱۲-۳ روش
۹۷	 GISH (تکنیک هیبریداسیون DNA ژنومی در محل) ۳-۱۲-۳ تکنیک
۹۸	 GISH ۱-۳-۱۲-۳ کاربردهای
۹۹	 ۴-۱۲-۳ فلوسیتومتری
۱۰۱	 (CHIAS) ۵-۱۲-۳ روش تجزیه تصاویر
۱۰۲	 ۱۳-۳ آشنایی با میکروسکوپ و انواع آن
۱۰۲	 ۱-۱۳-۳ میکروسکوپ نوری
۱۰۳	 ۲-۱۳-۳ میکروسکوپ ماورابنفش
۱۰۳	 ۳-۱۳-۳ میکروسکوپ فلورسانس
۱۰۵	 ۴-۱۳-۳ میکروسکوپ زمینه سیاه
۱۰۵	 ۵-۱۳-۳ میکروسکوپ اختلاف فاز
۱۰۷	 ۶-۱۳-۳ میکروسکوپ الکترونی
۱۰۷	 ۷-۱۳-۳ میکروسکوپ کانفوکال لیزر اسکن (CLSM)
۱۰۹	 ۸-۱۳-۳ اجزای میکروسکوپ نوری
۱۱۰	 خلاصه فصل سوم
۱۱۳	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۱۵	 خودآزمایی تشریحی فصل سوم
۱۱۷	 فصل چهارم. کروموزوم‌های ویژه
۱۱۷	 هدف کلی
۱۱۷	 هدف‌های یادگیری
۱۱۷	 مقدمه
۱۱۸	 ۱-۴ کروموزوم‌های غول‌پیکر (پلی‌تن)
۱۲۰	 ۲-۴ کروموزوم‌های بطری شوی
۱۲۲	 ۳-۴ کروموزوم‌های اضافی (B)
۱۲۴	 ۴-۴ کروموزوم‌های حلقوی
۱۲۵	 ۵-۴ کروموزوم تلوستریک و ایزوکروموزوم
۱۲۶	 ۶-۴ کروموزوم دو سانترومری
۱۲۷	 ۷-۴ کروموزوم‌های چند سانترومری
۱۲۷	 ۸-۴ کروموزوم سانترومر ممتد (پخش)
۱۲۷	 ۹-۴ کروموزوم‌های جنسی
۱۳۲	 ۱۰-۴ تمایز یابی کروموزوم‌های جنسی گیاهان
۱۳۳	 خلاصه فصل چهارم
۱۳۴	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۳۸	 خودآزمایی تشریحی فصل چهارم

فصل پنجم. ناهنجاری‌های ساختاری کروموزومی.....	۱۳۹
هدف کلی.....	۱۳۹
هدف‌های یادگیری.....	۱۳۹
مقدمه.....	۱۳۹
۱-۵ حذف کروموزومی (نقصان کروموزومی).....	۱۴۲
۱-۱-۵ کاربرد حذف‌های کروموزومی در مطالعات ژنتیکی.....	۱۴۶
۲-۵ مضاعف‌شدن (اضافه‌داشت).....	۱۴۸
۳-۵ منشأ حذف و مضاعف‌شدن (اضافه داشت).....	۱۵۰
۱-۳-۵ شناسایی و تعیین محل اضافه‌داشت.....	۱۵۱
۲-۳-۵ اثرات فنوتیپی اضافه‌داشت (مضاعف).....	۱۵۱
۴-۵ وارونگی.....	۱۵۲
۱-۴-۵ انواع وارونگی.....	۱۵۳
۲-۴-۵ وارونگی پاراستریک.....	۱۵۳
۱-۲-۴-۵ باروری در پاراستریک.....	۱۵۵
۳-۴-۵ وارونگی پری‌ستریک.....	۱۵۵
۱-۳-۴-۵ منشأ تولید وارونگی.....	۱۵۶
۲-۳-۴-۵ باروری.....	۱۵۶
۵-۵ جابه‌جایی (انتقال-تبادل).....	۱۵۷
۱-۵-۵ انواع و منشأ جابه‌جایی.....	۱۵۹
۲-۵-۵ تبادلات B-A.....	۱۵۹
۳-۵-۵ نقش و اهمیت جابه‌جایی در اصلاح نباتات.....	۱۶۰
خلاصه فصل پنجم.....	۱۶۱
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم.....	۱۶۳
خودآزمایی تشریحی فصل پنجم.....	۱۶۵
فصل ششم. ناهنجاری‌های کروموزومی (تغییرات عددی).....	۱۶۷
هدف کلی.....	۱۶۷
هدف‌های یادگیری.....	۱۶۷
مقدمه.....	۱۶۷
۱-۶ یپلوئیدی.....	۱۶۸
۱-۱-۶ طبقه‌بندی یپلوئیدها.....	۱۶۹
۲-۶ شبه پلی‌پلوئیدی.....	۱۷۰
۳-۶ انواع آلوپلی‌پلوئیدها.....	۱۷۲
۱-۳-۶ آلوپلوئیدژنومی یا اتوماکوپلوئیدی.....	۱۷۲
۲-۳-۶ آلوپلوئید قطعه‌ای یا اکوپلوئیدی قطعه‌ای.....	۱۷۲
۴-۶ اتوپلی‌پلوئیدی در سیتوژنتیک.....	۱۷۳

- ۵-۶ مواد القاکننده پلی پلوئیدی ۱۷۴
- ۶-۶ آمفی پلوئیدی ۱۷۵
- ۶-۶ ۱-آمفی پلوئیدی قطعه ای ۱۷۶
- ۶-۶ ۲-شناخت آمفی پلوئیدی ۱۷۶
- ۷-۶ دیپلوئید شدن طبیعی و مصنوعی پلی پلوئیدها ۱۷۷
- ۸-۶ تطابق و گونه زایی پلی پلوئیدها ۱۷۸
- ۹-۶ اتوپلی پلوئیدی ۱۷۹
- ۹-۶ ۱-اتوتریپلوئیدی ۱۷۹
- ۹-۶ ۲-رفتار سیتولوژیکی اتوتریپلوئیدها ۱۸۱
- ۹-۶ ۳-باروری در اتوتریپلوئیدها ۱۸۲
- ۱۰-۶ ۱۰-اتوتتراپلوئیدها (AAAA, 4x) ۱۸۴
- ۱۰-۶ ۱-۱۰-منشأ اتوتتراپلوئیدها ۱۸۴
- ۱۰-۶ ۲-ویژگی های مورفولوژیکی اتوتتراپلوئیدها ۱۸۵
- ۱۰-۶ ۳-رفتار سیتولوژیکی در اتوتتراپلوئیدها ۱۸۵
- ۱۰-۶ ۴-تفرق ژنتیکی در اتوتتراپلوئیدها ۱۸۷
- ۱۱-۶ ۱۱-مزایای اتوپلوئیدی ۱۸۷
- ۱۲-۶ ۱۲-آلویلی پلوئیدی ۱۸۸
- ۱۳-۶ ۱۳-تربیتیکاله ۱۸۹
- ۱۴-۶ ۱۴-آنیوپلوئیدی ۱۹۱
- ۱۴-۶ ۱-۱۴-انواع هیپوآنیوپلوئید ۱۹۱
- ۱۴-۶ ۱-۱-۱-مونوسومی $(2n-1)$ ۱۹۱
- ۱۴-۶ ۲-۱-۱-نولی زومی $(2n-2)$ ۱۹۲
- ۱۴-۶ ۳-۱-۱-مونوسومی مضاعف $(2n-1-1)$ ۱۹۲
- ۱۴-۶ ۲-۱۴-انواع هیپرپلوئید ۱۹۳
- ۱۴-۶ ۱-۲-۱۴-تری سومی $(2n+1)$ ۱۹۳
- ۱۴-۶ ۲-۲-۱۴-تترازومی $(2n+2)$ ۱۹۶
- ۱۴-۶ ۳-۲-۱۴-تری سومی مضاعف $(2n+1+1)$ ۱۹۶
- ۱۵-۶ ۱۵-طریقه ایجاد آنیوپلوئیدی ۱۹۷
- ۱۵-۶ ۱-۱۵-سیتوژنتیک آنیوپلوئیدها ۱۹۷
- ۱۶-۶ ۱۶-سری های رابرت سونین ۱ ۱۹۹
- ۱۷-۶ ۱۷-منابع تری زومی های اولیه ۲۰۰
- ۱۸-۶ ۱۸-تشخیص تری زومی براساس صفات مورفولوژی ۲۰۱
- ۱۹-۶ ۱۹-انتقال کروموزوم اضافی در تریزومی های نوع اول به نسل های بعد ۲۰۷
- ۲۰-۶ ۲۰-انتقال کروموزوم اضافی تریزومی های نوع اول به نسل های بعد از طریق دانه گرده ۲۰۹
- ۲۱-۶ ۲۱-تغییرات کروموزومی در گیاهان حاصل از کشت سلول و بافت ۲۱۰
- ۲۱-۶ ۱-۲۱-تغییرات کروموزومی در کالوس ۲۱۰

۲۱۰	۶-۲۱-۲ ترکیبات بستر کشت
۲۱۱	۶-۲۱-۳ مدت عمر کالوس
۲۱۱	۶-۲۱-۴ ماهیت کالوس (مورفوژنیک و غیرمورفوژنیک)
۲۱۱	۶-۲۱-۵ زمینه (پایه) ژنتیکی جدا کشت ها
۲۱۲	۶-۲۱-۶ انواع بسترهای کشت (جامد و مایع)
۲۱۳	۲-۲۱-۷ مکانیسم تغییرات کروموزومی در کشت بافت
۲۱۳	۶-۲۱-۸ تغییرات کروموزومی در گیاهان باززایی شده از کشت ها
۲۱۴	۶-۲۱-۹ گونه های دیپلوئید و پلی پلوئید
۲۱۴	۶-۲۱-۱۰ سن کالوس
۲۱۵	۶-۲۱-۱۱ منبع مواد
۲۱۵	۶-۲۱-۱۲ وضعیت و شرایط کشت
۲۱۶	۶-۲۱-۱۳ کشت فرعی
۲۱۶	خلاصه فصل ششم
۲۱۸	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل ششم
۲۲۰	خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۲۲۳	فصل هفتم. مهندسی کروموزوم (دورگ گیری بین گونه ای و بین جنسی)
۲۲۳	هدف کلی
۲۲۳	هدف های یادگیری
۲۲۳	مقدمه
۲۲۵	۷-۱ انواع خزانه های ژنی
۲۲۵	۷-۱-۱ ذخایر ژنتیکی درجه اول
۲۲۶	۷-۱-۲ ذخایر ژنتیکی درجه دوم
۲۲۶	۷-۱-۳ ذخایر ژنتیکی درجه سوم
۲۲۷	۷-۲ انواع دورگ گیری با گونه های وحشی
۲۲۷	۷-۲-۱ تلاقی درون گونه ای
۲۲۷	۷-۲-۲ تلاقی بین گونه ای
۲۲۷	۷-۲-۳ تلاقی بین جنسی
۲۲۷	۷-۳ روش های انتقال مواد ژنتیکی
۲۲۷	۷-۳-۱ تولید لاین های نو ترکیب
۲۲۸	۷-۳-۲ انتقال کل ژنوم و تولید گیاهان آمفی پلوئید
۲۲۹	۷-۳-۳ انتقال کروموزوم کامل
۲۲۹	۷-۳-۳-۱ تولید لاین های افزایشی
۲۲۹	۷-۳-۳-۲ تولید لاین های جایگزین
۲۳۳	۷-۴ انتقال قطعه ای از کروموزوم
۲۳۴	۷-۴ شناسایی لاین های تولید شده دورگ (انواع نشانگرها)

۲۳۵	۱-۴-۷ نشانگرهای مورفولوژیکی و زراعی
۲۳۶	۲-۴-۷ نشانگرهای سیتوژنتیکی
۲۳۷	۳-۴-۷ نشانگرهای بیوشیمیایی مولکولی
۲۳۹	۵-۷ موانع و مشکلات دورگ‌گیری بین‌گونه‌ای و بین‌جنسی
۲۴۰	۶-۷ موانع موجود در انتقال ژن‌های بیگانه
۲۴۰	۱-۶-۷ موانع زادآوری
۲۴۰	۱-۶-۷ موانع قبل از تلقیح
۲۴۰	۲-۶-۷ موانع بعد از تلقیح
۲۴۱	۷-۷ روش‌های غلبه بر موانع انتقال ژن بیگانه
۲۴۱	۱-۷-۷ غلبه بر موانع قبل از تلقیح
۲۴۲	۲-۷-۷ روش‌های غلبه بر موانع بعد از تلقیح
۲۴۵	خلاصه فصل هفتم
۲۴۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم
۲۴۸	خودآزمایی تشریحی فصل هفتم
۲۴۹	فصل هشتم. روش‌های آزمایشگاهی مطالعات سیتوژنتیکی
۲۴۹	هدف کلی
۲۴۹	هدف‌های یادگیری
۲۴۹	مقدمه
۲۵۰	۱-۸ روش‌های مطالعه تقسیم سلولی
۲۵۰	۱-۱-۸ روش سکواش (مطالعه تقسیم میتوز و میوز)
۲۷۲	۲-۸ دورگ‌گیری (در محل) در آزمایشگاه
۲۷۹	۳-۸ رنگ‌آمیزی دانه گرده
۲۸۰	۴-۸ ناسازگاری کالاه - دانه گرده
۲۸۱	خلاصه فصل هشتم
۲۸۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۲۸۷	پاسخنامه
۲۸۹	منابع

پیشگفتار

بنام آنکه جان را فکرت آموخت چراغ دل به نور جان برافروخت

«قال رسول الله (ص): كَيْسَ الْعِلْمِ بِكَثْرَةِ التَّعْلِيمِ وَأَمَّا هُوَ نُورٌ يَقْدِفُهُ اللَّهُ فِي قَلْبِ مَنْ يَشَاءُ»

امروز بر کسی پوشیده نیست که برای دفاع از ارزش‌های انقلاب اسلامی، گسترش فرهنگ اسلام ناب محمدی در پرتو اندیشه‌های امام راحل (ره) و رهبر معظم انقلاب اسلامی حضرت آیت‌الله خامنه‌ای (مدظله) و زمینه‌سازی برای حاکمیت مطلق قرآن و برقراری حکومت جهانی اسلام به رهبری مهدی آل محمد (عج)، تأمین استقلال علمی جامعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل بر عهده کارشناسان، متخصصان و استادان دانشگاه‌ها است که برای ادای دین خود به نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران، که یادگار گران‌قدر بزرگ پرچمدار اسلام ناب محمدی حضرت امام خمینی (قدس ره) و شهیدان انقلاب اسلامی، در سنگر علم و دانشگاه به پاسداری از دستاوردهای انقلاب اسلامی بپردازند و علوم و فنون روز را با استفاده از منابع معتبر به رشته تحریر درآورند تا مورد استفاده دانش‌پژوهان، دانشجویان، محققان و استادان فن قرار گیرد.

با پیشرفت علم و فناوری در ایران اسلامی، پژوهش‌های علمی روزبه‌روز ارزش بیشتری پیدا کرده است. از آنجایی که علم ژنتیک، زیست‌شناسی مولکولی، زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی) و نانوتکنولوژی مبنای پیشرفت کشاورزی، زیست‌شناسی و پزشکی است، بنابراین اهمیت دانستن این علوم و استفاده کاربردی از آن‌ها برای توسعه پایدار و دستیابی به خودکفایی علمی که زیربنای استقلال کشور است، بر کسی پوشیده نیست.

کتاب سیتوژنتیک از جمله کتاب‌هایی است که به‌عنوان منبع درسی برای دانشجویان دانشگاه پیام نور به رشته تحریر درآمده است. در این کتاب سعی شده است مطالب مربوط به سیتوژنتیک در حد سه واحد درسی برای دانشجویان کارشناسی ارشد مورد بحث قرار گیرد. دانشجویان در این کتاب انواع تقسیم سلولی، انواع کروموزوم و رفتار آن‌ها در گیاهان، انواع ناهنجاری‌های کروموزومی، کروموزوم‌های ویژه و در نهایت کاربرد گیاهان وحشی به‌عنوان دورگ‌گیری بین گونه‌ای و بین جنسی (مهندسی کروموزوم) در اصلاح گیاهان زراعی آشنا خواهند شد. این کتاب برای دانشجویان رشته‌های مختلف زیست‌شناسی، کشاورزی، بیوتکنولوژی و پزشکی قابل استفاده هست. با توجه به اینکه کتاب حاضر عاری از نقص نیست، بنابراین از کلیه کسانی که با پیشنهادهای سازنده خود ما را در رفع این نواقص یاری کنند، سپاسگزاری می‌نماییم. در پایان از کلیه کسانی که در تهیه، تدوین، حروف‌چینی، چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور که مؤلفین را یاری کردند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود. از خداوند متعال مسئلت می‌نماییم که به ما توفیق خدمتگزاری به اسلام و مسلمین را در پرتو رهنمودهای امام راحل (ره) و مقام معظم رهبری حضرت آیت‌الله خامنه‌ای عنایت فرماید.

والعلم عندالله

محسن فرشادفر

غلامرضا بخشی‌خانیکی

فصل اول

تعاریف و کلیات سیتوژنتیک

هدف کلی

آشنایی با تاریخچه، موضوع علم سیتوژنتیک و کلیات ساختمان داخلی سلول هدف کلی این فصل است.

هدف‌های یادگیری

۱. تعریف سیتوژنتیک و وظایف آن توضیح داده می‌شود.
۲. ژنوم گیاه و ژنوم هسته‌ای تشریح خواهد شد.
۳. سلول و ساختمان داخلی آن بیان می‌شود.

مقدمه

سیتوژنتیک^۱ علمی است بین‌رشته‌ای که از ترکیب سیتولوژی (مطالعه کروموزوم‌ها و اجزای دیگر سلول) و ژنتیک (مطالعه توارث)، به وجود آمده است. این علم شامل کار با کروموزوم‌ها (روش‌های رنگ‌آمیزی کروموزوم‌ها)، عمل و حرکت کروموزوم‌ها (تقسیم سلولی میتوز و میوز)، تعداد و شکل ظاهری کروموزوم‌ها (تجزیه کاریوتیپ)، تغییرات ساختمانی و عددی، رفتارهای مربوط به نوترکیبی، انتقال و بیان ژن‌ها است. بعد از کشف مجدد قوانین وراثتی مندل، ساتون و بوری در سال ۱۹۰۳ مستقلاً گزارش کردند که «فاکتورهای وراثتی» (اکنون به‌عنوان ژن‌ها شناخته شده‌اند) روی

کروموزوم قرار دارند (فرضیه ساتون - بوری و تئوری کروموزومی وراثت) و بدین ترتیب سیتوژنتیک متولد شد. سیتوژنتیک علمی قدیمی و همچنین جدید است و زمانی به شکوفایی رسید که مشخص شد کروموزوم‌ها حامل ژن‌ها هستند. مطالعات سریع کلاسیک سیتوژنتیک در گیاهان و حیوانات منجر به تفسیر و گسترش زیاد اطلاعات ژنتیکی شد. مطالعات سیتوژنتیک نقش بارزی در افزایش دانش زیست‌شناسی دارد که در آن مباحث اولیه سلول و کروموزوم تا روش‌های جدید سیتوژنتیک مولکولی بحث می‌شود (سینگ^۱ ۲۰۰۳).

آشنایی با انواع کروموزوم‌ها و رفتارهای آن‌ها طی تقسیم میتوز و میوز، انواع ناهنجاری‌ها و نقش آن‌ها در تکامل موجودات زنده در فعالیت‌های به‌نژادی گیاهان بسیار مهم است. بر این اساس، ضروری به‌نظر می‌رسد تا متخصصین مربوطه با اصول و پایه‌های این علم آشنا شوند.

۱-۱ موضوع و تاریخچه سیتوژنتیک

سیتوژنتیک شاخه‌ای از علم ژنتیک است که به مطالعه شکل، تعداد، ساختار، عمل و رفتار کروموزوم‌ها و ناهنجاری‌های کروموزومی می‌پردازد. سیتوژنتیک درواقع تلفیقی از علوم ژنتیک و سلول‌شناسی است که ویژگی‌های میکروسکوپی و مولکولی کروموزوم‌ها و نیز رفتار آن‌ها طی مراحل رویشی و زایشی را بررسی می‌کند.

بررسی سلول از زمان اختراع اولین میکروسکوپ (۱۶۳۵)، توسط هوک^۲ آغاز شد. گریو^۳ و مالپیگی^۴ (۱۶۲۸-۱۹۶۴) کارهای هوک را دنبال و برخلاف او، روی سلول‌های زنده کارکردند. نتیجه کارهای گریو و مالپیگی منجر به ایجاد فرضیه شیدا و شوان^۵ (۱۸۳۸-۱۸۳۹) شد. این فرضیه بیان می‌کند که موجودات از پهلوی هم قرار گرفتن سلول‌ها تحت قوانین به‌خصوصی ایجاد شده‌اند. درنتیجه، سلول به‌عنوان واحد ساختمان و عملکرد موجودات زنده شناخته شد. اولین کارها در ژنتیک به‌وسیله کارلوتر^۶ در سال (۱۷۶۱-۱۷۶۶) صورت گرفت. او در گیاهان آمیزش‌های زیادی انجام داد و اظهار داشت که فرزندان معمولاً حد واسط والدین هستند، ولی به‌دلیل اینکه

1. Singh

2. Hooke

3. Grew

4. Malpighi

5. Sheida & Schewann

6. Kölreuter

صفات زیادی را باهم بررسی می‌کرد، نتیجه منسجمی به‌دست نیاورد. تا اینکه کارهای مندل^۱ (۱۸۶۵)، قوانین مشخصی را برای صفات مختلف تدوین کرد. اساس علم ژنتیک در سال ۱۸۶۵ به‌وسیله مندل پایه‌گذاری شد. او اصول تفرق و قانون عدم وابستگی ژن‌ها را براساس انتخاب هفت صفت مختلف که در یک آزمایشی با دورگه‌گیری بین نخودهای سبز انجام داد، بیان کرد. متأسفانه اهمیت مقاله مندل تا سال ۱۹۰۰ به میزان زیادی ناشناخته باقی ماند تا اینکه سه نفر گیاه‌شناس به نام‌های دوریس، کورنس و شرمارک قوانین وراثت مندلی را دوباره به‌عنوان نتایج تحقیقات مندل معرفی کردند. روش کار مندل احتمالاً انتخاب صفات کاملاً مشخص و محدود کردن آن‌ها طی مطالعات بود. جمع‌بندی داده‌ها درزمینه زیست‌شناسی و ژنتیک، درنهایت منجر به نتیجه‌گیری‌های داروین^۲ (۱۸۵۹) درزمینه تحول موجودات شد. همچنین فرضیه اطلاعات درزمینه قوانین انتقال صفات، مجموعه اطلاعات درزمینه تقسیم سلولی و انطباق این دو مجموعه، منجر به ارائه فرضیه کروموزومی وراثت شد. ظهور علم ژنتیک را به زمان افلاطون و ارسطو نیز نسبت می‌دهند؛ چراکه در آن زمان نحوه انتقال برخی از صفات به‌خصوص صفاتی که ما در حال حاضر به‌عنوان صفات وابسته به جنس می‌شناسیم و نیز ارثی نبودن خصوصیات اکتسابی (مانند قطع عضو) به‌صورت مطلق، مشخص شده بود (سینگ^۳ ۲۰۰۳، فرهیخته ۱۳۶۳).

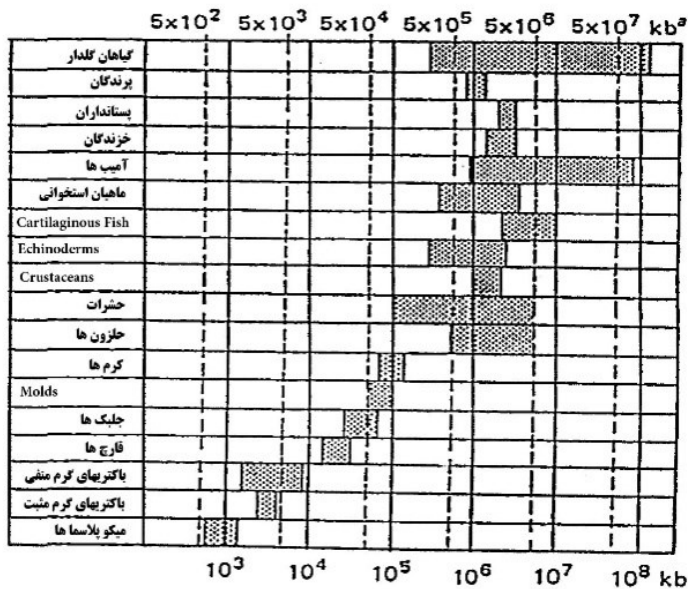
۲-۱ وظایف سیتوژنتیک

سیتوژنتیک هم‌اکنون به‌عنوان یک علم مستقل محسوب شده و موضوعات زیر را بررسی می‌کند (شوٹکا ۱۹۹۱، رام^۴ ۲۰۱۰).

۱. بررسی ساختار طبیعی و رفتار کروموزوم‌ها در فعل‌وانفعالات تقسیم سلولی.
۲. مطالعه انواع تغییراتی که در ساختار و تعداد کروموزوم‌ها در موجود زنده ایجاد می‌شود.
۳. بررسی نقش تغییرات کروموزوم‌ها در تحول گونه‌ها و گونه‌زایی.
۴. تهیه نقشه کروموزومی و جایگاه ژن‌ها و کاربرد آن در علوم زیستی.

۳-۱ ژنوم گیاه

با توجه به موضوع علم سیتوژنتیک که کل ژنوم گیاه (کروموزوم‌ها) را مورد مطالعه قرار می‌دهد، آگاهی از مقدار و انواع ژنوم در گیاهان مفید است (شکل ۱). از نظر ژنتیکی، ژنوم گیاه بسیار پیچیده است و شامل دو نوع ژنوم است که شامل ژنوم هسته و سیستم‌های کامل ژنتیکی در پلاستیدها و میتوکندری است. این ژنوم‌ها بر روی هم اثر متقابل دارند. اندامک‌های دارای ژنوم، اجسام غیریکنواختی هستند که هر یک دارای ساختار و کارکرد ویژه‌ای هستند. همچنین این اندامک‌ها قادر نیستند که کل پروتئین خود را بسازند، به همین خاطر ارتباط دوطرفه دارند. ژنوم هسته اهمیت زیادی در بیوسنتز اندامک‌ها دارد.



شکل ۱-۱. مقایسه اندازه ژنوم گیاهی با سایر ژنوم‌ها. (kb=کیلوباز)

ژنوم‌های گیاهی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر بزرگ‌تر از ژنوم‌های باکتریایی هستند (هسکی^۱ ۱۹۹۰).

۴-۱ ژنوم هسته‌ای

ژنوم هسته‌ای^۱ یک مجموعه کامل کروموزوم است که در هسته یک‌گونه معین یافت می‌شود و دارای تمام اطلاعات ژنتیکی است. بزرگ‌ترین ژنوم در یک سلول گیاهی ژنوم هسته‌ای است که هم از نظر مقدار DNA و هم از نظر تعداد ژن‌ها از بقیه بزرگ‌تر است. معمولاً کروموزوم‌های گیاهان از کروموزوم‌های جانوران بزرگ‌تر است. اندازه آن‌ها از ۰/۲ میکرون (در قارچ‌ها) تا ۳۵ میکرون تغییر می‌کند ولی معمولاً بین ۱ تا ۱۰ میکرون هستند. ژنوم (مجموعه کروموزومی هاپلوئید) یک گیاه عالی معمولاً دارای 5×10^9 (bp) جفت باز DNA است. این مقدار حدود ۳۰۰۰۰ برابر DNA موجود در ژنوم کلروپلاست و ۱۰۰۰۰ برابر DNA ژنوم میتوکندری است و به‌علاوه ۱۰۰۰ برابر بیشتر از DNA موجود در باکتری *E.coli* است. اگر ژنوم یک گیاه عالی با 5×10^9 جفت باز را بازکنیم حدود سه متر طول آن خواهد بود. در چرخه زندگی گیاه ۱۰۰ هزار ژن فعال وجود دارد که حدود ۹۹-۹۰ درصد آن در هسته و ۱۰-۱ درصد ژن‌ها در اندامک‌ها قرار دارند. ژنوم هسته شامل اینترون^۲ (توالی بدون رمز) و اگزون^۳ (توالی رمزکننده) است. فقط ۵ درصد از DNA موجود در هسته در یک‌زمان و برای تولید پروتئین به کار می‌رود؛ بنابراین مقدار کمی DNA دارای فعالیت ژنتیکی در یک گیاه کامل است (هسکی^۴ ۱۹۹۰، ژنتیک مدرسان شریف <http://www.modaresanesharif.ac.ir/>).

۵-۱ ژنوم اندامک‌ها

DNA موجود در اندامک‌ها حلقوی است و معمولاً از هر ژنوم ۱۰-۵ نسخه وجود دارد. نسخه اندامک‌ها با سطح پلوئیدی آن‌ها ارتباطی ندارد و طول آن‌ها بین ۲۰۰ kb-۵ است که تعداد ژن‌های آن ۲۰۰-۱۰۰ است. از اندامک‌های موجود در سلول ۲۰۰-۱۰۰ عدد آن میتوکندری و ۵۰-۲۰ عدد آن، کلروپلاست هستند. بیشتر پروتئین‌های کلروپلاست توسط DNA هسته تولید می‌شود و حدود ۱۰۰ پروتئین مخصوص کلروپلاست توسط DNA کلروپلاست ساخته می‌شود. ژنوم میتوکندری گیاهی خیلی بزرگ است و بیشتر ژنوم میتوکندری DNA ای است که کد نمی‌کند. میتوکندری گیاهی tRNA و rRNA خود را کد می‌کند (هسکی ۱۹۹۰).

1. Nuclear Genome

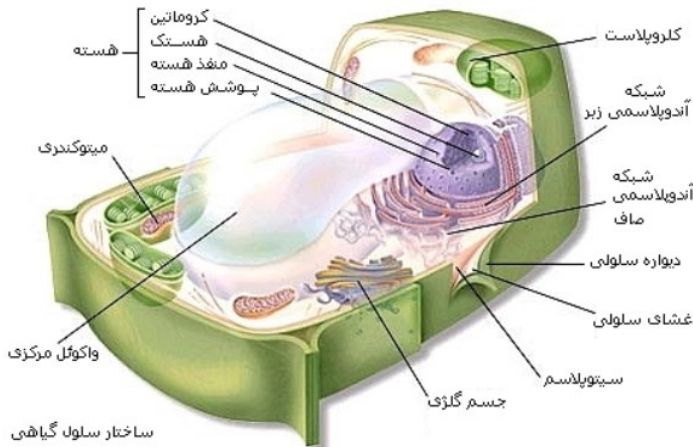
2. Intron

3. Exon

4. Helszky

روش‌های معمولی که با استفاده از آن‌ها مراحل تشکیل کروموزوم را بررسی کرده‌اند شامل روش‌های مختلف الکتروفورز، میکروسکوپ الکترونی و عکس‌برداری با اشعه ایکس است. نمای کلی از یک سلول گیاهی در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

<http://akbio.blogfa.com/category/66>



شکل ۱-۲. نمای سلول گیاه و ساختمان داخلی آن

خلاصه فصل اول

سیتوژنتیک شاخه‌ای از علم ژنتیک است که به مطالعه شکل، تعداد، ساختار، عمل و رفتار کروموزوم‌ها و ناهنجاری‌های کروموزومی می‌پردازد. سیتوژنتیک در واقع تلفیقی از علوم ژنتیک و سلول‌شناسی است که ویژگی‌های میکروسکوپی و مولکولی کروموزوم‌ها و نیز رفتار آن‌ها طی مراحل رویشی و زایشی را بررسی می‌کند. سیتوژنتیک موضوعات زیر را بررسی می‌کند:

۱. بررسی ساختار طبیعی و رفتار کروموزوم‌ها در فعل‌وانفعالات حیاتی،
۲. مطالعه تمامی تغییراتی که در سطح کروموزوم می‌تواند ایجاد شود (تغییر در ساختار و تغییر در تعداد کروموزوم‌ها)،
۳. بررسی نقش این تغییرات در تحول گونه‌ها و گونه‌زایی،
۴. تهیه نقشه کروموزومی و جایگاه ژن‌ها. از نظر ژنتیکی، ژنوم گیاه دو نوع است، که شامل ژنوم هسته و سیستم‌های کامل ژنتیکی در پلاستیدها و میتوکندری است. این ژنوم‌ها با یکدیگر واکنش دوطرفه دارند. اندامک‌های دارای ژنوم، اجسام

غیریکنواختی هستند و هر یک دارای ساختار و کارکرد ویژه‌ای هستند. همچنین این اندامک‌ها قادر نیستند که کل پروتئین خود را بسازند. ژنوم هسته اهمیت زیادی در بیوسنتز اندامک‌ها دارد و اندازه آن بین 5×10^5 (kbp) تا 5×10^7 کیلو جفت باز است. اگر ژنوم یک گیاه عالی با 5×10^9 جفت باز را بازکنیم حدود سه متر طول آن خواهد بود. در چرخه زندگی گیاه به‌طور متوسط ۱۰۰ هزار ژن فعال وجود دارد که حدود ۹۹-۹۰ درصد آن در هسته و ۱۰-۱ درصد ژن‌ها در اندامک‌ها قرار دارند. ژنوم هسته شامل اینترون (توالی بدون رمز) و اگزون (توالی رمزکننده) است. فقط ۵ درصد از DNA موجود در هسته در یک‌زمان و برای تولید پروتئین به‌کار می‌رود؛ بنابراین مقدار به‌نسبت کمی از DNA، در یک گیاه کامل، دارای فعالیت ژنتیکی است.

خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول

۱. سیتوژنتیک تلفیقی از کدام علوم زیر است؟

الف) ژنتیک و سلول‌شناسی	ب) سلول‌شناسی و بیوشیمی
ج) بیوفیزیک	د) ژنتیک و اصلاح نباتات
۲. کدام گزینه از وظایف علم سیتوژنتیک است؟

الف) بررسی ساختار طبیعی و رفتار کروموزوم‌ها در فعل‌وانفعالات تقسیم سلولی.	ب) مطالعه انواع تغییراتی که در ساختار و تعداد کروموزوم‌ها در موجود زنده ایجاد می‌شود.
ج) بررسی نقش تغییرات کروموزوم‌ها در تحول گونه‌ها و گونه‌زایی.	د) هر سه مورد بالا
۳. کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

الف) ژنوم هسته شامل اینترون (توالی بدون رمز) و اگزون (توالی رمزکننده) است.	ب) ژنوم هسته شامل اینترون (توالی رمزکننده) و اگزون (توالی بدون رمز) است.
ج) ژنوم سیتوپلاسم شامل اینترون و اگزون است.	د) ژنوم هسته شامل بخشی از اینترون و تمامی اگزون است.
۴. بزرگ‌ترین ژنوم در یک سلول گیاهی کدام نوع ژنوم است؟

الف) ژنوم میتوکندری	ب) ژنوم هسته
ج) ژنوم کلروپلاست	د) ژنوم قارچ‌ها

۵. در مطالعه مراحل تشکیل کروموزوم کدام روش معمول نیست؟
 الف) میکروسکوپ نوری
 ب) میکروسکوپ الکترونی
 ج) عکس برداری با اشعه ایکس
 د) روش های مختلف الکتروفورز
۶. چند درصد از DNA موجود در هسته در یک زمان و برای تولید پروتئین به کار می رود؟
 الف) ده درصد
 ب) پنج درصد
 ج) بیست درصد
 د) یک درصد
۷. ژنوم گیاه عالی چند برابر بیشتر از DNA موجود در باکتری *E. coli* است؟
 الف) ۱۰۰ برابر
 ب) ۵۰۰۰ برابر
 ج) ۱۰۰۰۰ برابر
 د) ۱۰۰۰۰۰۰ برابر
۸. از اندامک های موجود در سلول ۲۰۰-۱۰۰ عدد آن ... و ۵۰-۲۰ عدد آن است.
 الف) میتوکندری-کلروپلاست
 ب) کلروپلاست-میتوکندری
 ج) کلروپلاست-واکوئل
 د) میتوکندری-واکوئل
۹. DNA موجود در اندامک ها چه شکلی است؟
 الف) خطی
 ب) لوله ای
 ج) حلقوی
 د) مارپیچ
۱۰. میتوکندری کدام فعالیت گیاهی را انجام می دهد؟
 الف. tRNA و rRNA خود را کد نمی کند.
 ب. tRNA و rRNA خود را کد می کند.
 ج. tRNA و rRNA پلاستید را کد می کند.
 د. mRNA و DNA خود را کد می کند.

خودآزمایی تشریحی فصل اول

۱. وظایف سیتوژنتیک را نام ببرید؟
۲. اینترون و آگزون در ژنوم هسته چه تفاوتی دارند؟
۳. موجودات پروکاریوت و یوکاریوت چه تفاوتی دارند؟
۴. در کدام قسمت های سلول مواد ژنتیکی وجود دارد؟
۵. شکل DNA در موجودات پروکاریوت چگونه است؟ و دلیل آن چیست؟