

ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی

تألیف

اریش گروتولد

جوزف چاپل

الیزابت ا. کلاگ

ترجمه

دکتر سیداحمد سادات نوری

(استاد دانشگاه تهران)

مهندس محمد سبزه‌زاری



شماره مسلسل ۹۲۲۳

شماره انتشار ۳۸۶۹

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	: گروتولد، اریش Grotewold, Erich
عنوان و نام پدیدآور	: ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی / تألیف اریش گروتولد، جوزف چاپل، الیزابت ا. کلاگ؛ ترجمه سید احمد سادات نوری، محمد سبزه‌زاری.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۴۳۶ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۸۶۹.
شابک	: 978-964-03-7114-5
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Plant Genes, Genomes, and Genetics, 2015.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: ژنتیک مولکولی گیاهان
موضوع	: گیاهان -- بیان ژن
موضوع	: ژنگان‌شناسی
شناسه افزوده	: چاپل، جوزف Chappel, Joseph
شناسه افزوده	: کلاگ، الیزابت آن Kellogg, Elizabeth Anne
شناسه افزوده	: سادات نوری، سیداحمد، ۱۳۳۷-، مترجم
شناسه افزوده	: سبزه‌زاری، محمد، ۱۳۶۱-، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶ ژ۹/۴/۹۸۱ QK
رده‌بندی دیویی	: ۵۷۲/۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۳۶۵۸۸

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

ISBN:978-964-03-7114-5



9 789640 371145

عنوان: ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی
تألیف: اریش گروتولد - جوزف چاپل - الیزابت ا. کلاگ
ترجمه: دکتر سیداحمد سادات نوری - مهندس محمد سبزه‌زاری
ویرایش ادبی: مهرناز بوجاری صفت
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۳۹۶
شمارگان: ۵۰۰ نسخه
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

بها: ۳۰۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

تقدیم به

نوه‌های عزیزم

حسنا سادات و سیدحسین

سیداحمد سادات نوری

تقدیم به

استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پرمهر پدرم
زیباترین نگاه زندگیم، چشمان زیبای مادرم
همراهان همیشگی و پشتوانه‌های زندگیم، برادران و خواهرانم

محمد سبزه‌زاری

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمان.....	ض
مقدمه.....	ظ
گیاه.....	ظ
کلمه گیاه معانی مختلفی دارد.....	ظ
ساختار پایه یک گیاه به شکل فریبنده ای ساده است.....	ق
منبع.....	و
بخش ۱.....	۱
ژن و ژنوم گیاهی.....	۱
فصل ۱.....	۳
ماده ژنتیکی گیاهان.....	۳
۱-۱- DNA، ماده ژنتیکی تمامی سازواره‌ها (مثل گیاهان) را تشکیل می دهد.....	۳
کار با DNA: زیست فناوری از خصوصیات ساختاری DNA بهره می برد.....	۶
۱-۲- سلول های گیاهی دارای سه ژنوم مستقل اند.....	۱۱
۱-۳- ژن یک مجموعه کامل از دستورالعمل های لازم برای ساخت یک مولکول RNA است.....	۱۴
۱-۴- ژن ها حاوی توالی رمزگردان و توالی تنظیمی هستند.....	۱۵
۱-۵- اندازه ژنوم هسته ای در گیاهان متفاوت است اما تعداد ژن های رمزگردان پروتئین.....	۱۶
۱-۶- DNA ژنومی در قالب کروموزوم بسته بندی می شود.....	۲۱
۱-۷- خلاصه.....	۲۱
۱-۸- مسائل.....	۲۲
منابع.....	۲۳
فصل ۲.....	۲۵
چشم اندازی از پویایی ژنوم.....	۲۵
۲-۱- ژنوم گیاهان مختلف با هم تفاوت دارند.....	۲۶
۲-۲- تفاوت توالی ها در DNA گیاهان، سرنخ هایی درباره کارکرد ژن ها به ما می دهد.....	۳۰
۲-۳- SNP ها و SSR ها ابزار مفیدی برای نقشه یابی ژنومی و انتخاب به کمک نشانگر هستند.....	۳۲
نقشه یابی پیوستگی.....	۳۳
از متخصصان.....	۳۸

۳۸	آنالیز QTL و نقشه‌یابی ارتباطی.....
۴۱	۴-۲- اندازه ژنوم و تعداد کروموزوم‌های آن متغیرند.....
۴۵	۵-۲- قطعات DNA اغلب مضاعف شده‌اند و قادر به نوترکیبی هستند.....
۴۷	۶-۲- برخی ژن‌ها دچار مضاعف‌شدگی متوالی می‌شوند.....
۴۷	۶-۲-۱- مضاعف‌شدگی متوالی - ژن‌های RNA ریپوزومی.....
۵۰	۶-۲-۲- مضاعف‌شدگی متوالی - ژن‌های رمزگردان پروتئین‌های دفاعی، کینازهای شبه‌گیرنده
۵۱	۶-۲-۳- مضاعف‌شدگی قطعه‌ای.....
۵۲	۶-۲-۷- مضاعف شدن کل ژنوم در گیاهان معمول است.....
۵۷	۶-۲-۸- مضاعف شدن کل ژنوم، بر ژنوم و کارکرد ژن‌های آن اثر می‌گذارد.....
۶۰	از متخصصان.....
۶۰	مضاعف شدن ژن‌های آنتوسیانین.....
۶۵	۶-۲-۹- خلاصه.....
۶۵	۶-۲-۱۰- مسائل.....
۶۶	مطالعه بیشتر.....
۶۷	منابع.....
۷۱	فصل ۳
۷۱	عناصر متحرک (ترانسپوزون‌ها).....
۷۱	۳-۱- عناصر متحرک در ژنوم سازواره‌های مختلف معمول‌اند.....
۷۳	۳-۲- رتروترانسپوزون‌ها بیشتر مسئول افزایش اندازه ژنوم هستند.....
۷۷	۳-۲-۱- رتروترانسپوزون‌های LTR دار.....
۸۲	۳-۲-۲- رتروترانسپوزون‌های بدون LTR.....
۸۳	۳-۳- درج و خروج ترانسپوزون‌های DNA سبب تولید جهش‌های کوچک در ژنوم می‌شود.....
۸۳	۳-۳-۱- عناصر hAT.....
۸۷	۳-۳-۲- عناصر شبه‌میوتیتور (MULE).....
۸۸	۳-۳-۳- عناصر CACTA.....
۸۹	۳-۳-۴- MITE ها.....
۸۹	ترانسپوزون‌های DNA در ژنتیک مستقیم و معکوس.....
۹۲	۳-۴- ترانسپوزون‌ها سبب حرکت ژن‌ها و تغییر بیان آنها می‌شوند.....
۹۲	۳-۴-۱- اختلال در ژن‌ها و توالی‌های تنظیمی.....

فهرست □ خ

۹۳	۳-۴-۲- حرکت ژن‌ها و قطعات ژنی.....
۹۶	۳-۴-۳- تعدیل بیان ژن.....
۹۷	۳-۵- چگونه عناصر متحرک کنترل می‌شوند؟.....
۹۹	۳-۶- خلاصه.....
۹۹	۳-۷- مسائل.....
۱۰۱	منابع.....
۱۰۳	فصل ۴.....
۱۰۳	کروماتین، سانترومر و تلومر.....
۱۰۳	۴-۱- کروموزوم‌ها از کروماتین (کمپلکسی متشکل از DNA و پروتئین) ساخته شده‌اند.....
۱۱۲	۴-۲- تلومرها، پایانه‌های کروموزوم‌ها را تشکیل می‌دهند.....
۱۱۷	۴-۳- میانه‌های کروموزومی - سانترومرها.....
۱۱۹	پارادوکس سانترومر.....
۱۲۲	۴-۳-۱- نوکلئوزوم‌های سانترومری دارای یک هیستون اختصاصی سانترومر هستند.....
۱۲۵	۴-۳-۲- DNA سانترومری حاوی توالی‌های تکراری و چند عدد ژن است.....
۱۲۸	۴-۴- خلاصه.....
۱۲۹	۴-۵- مسائل.....
۱۲۹	مطالعه بیشتر.....
۱۳۰	منابع.....
۱۳۳	فصل ۵.....
۱۳۳	ژنوم اندامک‌ها.....
۱۳۳	۵-۱- پلاستیدها و میتوکندری‌ها، پسینیان باکتری‌های آزادی هستند.....
۱۳۵	۵-۲- ژن‌های اندامکی به ژنوم هسته‌ای منتقل شده‌اند.....
۱۳۸	۵-۳- گاهی اوقات ژن‌های اندامکی حاوی انیترن هستند.....
۱۳۹	۵-۴- mRNA اندامکی اغلب ویرایش می‌شود.....
۱۴۲	۵-۵- ژنوم میتوکندریایی دارای ژن‌های کمتری نسبت به کلروپلاست است.....
۱۴۴	اکسیداز آلترنیتو.....
۱۴۶	۵-۶- ژنوم‌های میتوکندریایی بزرگ هستند و به‌طور مکرر نوترکیبی را پشت‌سر گذاشته‌اند.....
۱۴۸	نر عقیمی سیتوپلاسمی.....
۱۵۳	۵-۷- تمام ژنوم‌های پلاستییدی موجود در یک سلول یکسان هستند.....

۱۵۵	۸-۵- پلاستیدها دارای ژنوم‌های مشابه، اما با قدری نوآرایی ساختاری هستند.....
۱۵۶	از متخصصان.....
۱۵۶	دست‌ورزی کلروپلاست.....
۱۵۹	۹-۵- خلاصه.....
۱۵۹	۱۰-۵- مسائل.....
۱۵۹	مطالعه بیشتر.....
۱۶۰	منابع.....
۱۶۳	بخش ۲
۱۶۳	رونویسی ژن‌های گیاهی.....
۱۶۵	فصل ۶
۱۶۵	RNA.....
۱۶۵	۱-۶- RNA، تمام اجزای قضیه بنیادی زیست‌شناسی را به هم مرتبط می‌کند.....
۱۷۰	RNA و بحث درباره منشأ حیات.....
۱۷۱	۲-۶- خصوصیات ویژه RNA ها وابسته به ساختار آنهاست.....
۱۷۴	۳-۶- RNA دارای چندین فعالیت تنظیمی است.....
۱۷۸	از متخصصان.....
۱۷۷	ویروئیدها: RNA های غیر کدینگ چندکارکردی، واحدهای همانندسازی کمینه را ارائه می‌دهند.....
۱۸۱	۴-۶- خلاصه.....
۱۸۰	۵-۶- مسائل.....
۱۸۳	منابع.....
۱۸۶	فصل ۷
۱۸۶	RNA پلیمرزهای گیاهی.....
۱۸۶	۱-۷- ساخت RNA از روی DNA براساس فرایند رونویسی.....
۱۸۸	۲-۷- تعداد RNA پلیمرزها در قلمروهای مختلف حیات، متفاوت است.....
۱۹۱	۳-۷- RNP-I مسئول رونویسی ژن‌های rRNA است.....
۱۹۴	۴-۷- راه‌اندازهای RNP-III به شکل درونی و بالادست هستند.....
۱۹۴	۵-۷- RNP های IV و V گیاهی در TGS (خاموشی ژن در سطح رونویسی) مشارکت می‌کنند.....
۱۹۶	۶-۷- اندامک‌ها دارای RNA پلیمرزهای ویژه خود هستند.....

۱۹۷	..... خلاصه ۷-۷
۱۹۸	..... مسائل ۸-۷
۱۹۹	..... منابع
۲۰۱	..... فصل ۸
۲۰۱	..... ساخت mRNA- کنترل رونویسی توسط RNA پلیمراز II
۲۰۱	..... ۱-۸ RNA پلیمراز II، ژن‌های رمزگردان پروتئین را رونویسی می‌کند
۲۰۱	..... ۲-۸ ساختار RNP-II گویای نحوه کار این آنزیم است
۲۰۴	..... ۳-۸ هسته (بدنه) راه‌انداز
۲۰۷	..... ۴-۸ شروع رونویسی
۲۰۹	..... TFIIID - ۱-۴-۸
۲۰۹	..... TFIIA - ۲-۴-۸
۲۱۰	..... TFIIIB - ۳-۴-۸
۲۱۰	..... TFIIIF - ۴-۴-۸
۲۱۰	..... TFIIIE - ۵-۴-۸
۲۱۰	..... TFIIH - ۶-۴-۸
۲۱۱	..... ۵-۸ کمپلکس میانجیگر
۲۱۲	..... ۶-۸ گسترش رونویسی: نقش فسفریلاسیون RNP-II
۲۱۶	..... ۷-۸ مکث و خاتمه کار RNP-II
۲۱۸	..... ۸-۸ شروع مجدد رونویسی
۲۱۹	..... ۹-۸ خلاصه
۲۱۹	..... ۱۰-۸ مسائل
۲۲۰	..... منابع
۲۲۳	..... فصل ۹
۲۲۳	..... فاکتورهای رونویسی، اطلاعات عناصر تنظیمی سیس را تفسیر می‌کنند
۲۲۳	..... ۱-۹ نواحی تنظیمی ژن، زمان و مکان و همچنین میزان بیان ژن را تعیین می‌کنند
۲۲۵	..... ۲-۹ شناسایی نواحی تنظیمی نیازمند استفاده از ژن‌های گزارشگر است
۲۲۸	..... ۳-۹ نواحی تنظیمی ژن دارای یک ساختار مدولار است
۲۳۱	..... ۴-۹ تشدیدکننده‌ها: مدول یا عناصر سیس که به شکل فاصله‌دار عمل می‌کنند
۲۳۱	..... ۵-۹ فاکتورهای رونویسی، کد تنظیمی ژن را تفسیر می‌کنند

۲۳۳	۶-۹- فاکتورهای رونویسی به چند خانواده تقسیم می‌شوند.....
۲۳۴	۷-۹- چگونه فاکتورهای رونویسی به DNA وصل می‌شوند.....
۲۳۹	از متخصصان.....
۲۳۹	دست‌ورزی ژن و ژنوم با TALE ها.....
۲۴۰	۸-۹- ساختار مدولار فاکتورهای رونویسی.....
۲۴۵	۹-۹- فاکتورهای رونویسی در گریدها و شبکه‌های تنظیمی سازماندهی می‌شوند.....
۲۴۶	۱۰-۹- خلاصه.....
۲۴۸	۱۱-۹- مسائل.....
۲۴۸	مسائل پیچیده‌تر.....
۲۵۰	منابع.....
۲۵۱	فصل ۱۰
۲۵۱	کنترل فعالیت فاکتورهای رونویسی.....
۲۵۱	۱-۱۰- فسفریلاسیون فاکتورهای رونویسی.....
۲۵۴	۲-۱۰- میانکنش‌های پروتئین - پروتئین.....
۲۵۵	از متخصصان.....
۲۵۵	مدل BC/E (A) برای هویت گل.....
۲۶۰	از متخصصان.....
۲۶۰	ساعت شبانه‌روزی گیاهی: همبستگی لوپ‌های فیدبکی ناشی از میانکنش بین فاکتورهای رونویسی.....
۲۶۲	۳-۱۰- منع دسترسی فاکتورهای رونویسی به هسته.....
۲۶۵	۴-۱۰- حرکت فاکتورهای رونویسی بین سلول‌ها.....
۲۶۶	۵-۱۰- خلاصه.....
۲۶۸	۶-۱۰- مسائل.....
۲۶۹	منابع.....
۲۷۳	فصل ۱۱
۲۷۳	RNA های کوچک.....
۲۷۳	۱-۱۱- پدیده کوسوپراسیون یا خاموشی ژن.....
۲۷۵	۲-۱۱- کشف sRNA ها.....
۲۷۸	۳-۱۱- مسیرهای تولید و عمل miRNA.....
۲۸۱	۴-۱۱- siRNA های گیاهی از انواع مختلف dsRNA ها نشأت می‌گیرند.....

۲۸۶	۵-۱۱- حرکت بین سلولی و سیستماتیک sRNA ها در گیاهان.....
۲۸۸	از متخصصان.....
۲۸۸	کنترل ترانسپوزون‌ها در سلول‌های جنسی گیاهان از طریق sRNA ها.....
۲۹۱	۶-۱۱- نقش miRNA ها د فیزیولوژی و نمو گیاهان.....
۲۹۱	۷-۱۱- خلاصه.....
۲۹۳	۸-۱۱- مسائل.....
۲۹۳	منابع.....
۲۹۵	فصل ۱۲.....
۲۹۵	کروماتین و بیان ژن.....
۲۹۵	۱-۱۲- بسته‌بندی مولکول بلند DNA در یک فضای کوچک: کارکرد کروماتین.....
۲۹۵	۲-۱۲- هتروکروماتین و یوکروماتین.....
۲۹۶	۳-۱۲- تعدیلات هیستونی.....
۲۹۸	۴-۱۲- تعدیلات هیستونی بر بیان ژن اثر می‌گذارند.....
۳۰۰	۵-۱۲- درج و حذف نشانه‌های هیستونی: رایتر و اریزرها.....
۳۰۰	۱-۵-۱۲- استیلاسیون هیستون.....
۳۰۰	۲-۵-۱۲- متیلاسیون هیستون.....
۳۰۱	۶-۱۲- ریدرها، تعدیلات هیستونی را تشخیص می‌دهند.....
۳۰۲	۷-۱۲- موضع‌گیری نوکلئوزوم.....
۳۰۳	۸-۱۲- متیلاسیون DNA.....
۳۰۷	۹-۱۲- متیلاسیون DNA وابسته به RNA (RdDM).....
۳۰۹	۱۰-۱۲- کنترل گلدھی توسط تعدیلات هیستونی.....
۳۱۱	۱۱-۱۲- خلاصه.....
۳۱۱	۱۲-۱۲- مسائل.....
۳۱۲	منابع.....
۳۱۳	بخش ۳.....
۳۱۳	از RNA تا پروتئین‌ها.....
۳۱۵	فصل ۱۳.....
۳۱۵	پردازش و انتقال RNA.....

۳۱۵	۱-۱۳- پردازش RNA شامل چندین مرحله است.....
۳۱۷	۲-۱۳- کلاهک‌گذاری RNA سبب شکل‌گیری یک انتهای ۵' متمایز برای mRNA می‌شود.....
۳۲۱	۳-۱۳- خاتمه رونویسی شامل شکل‌گیری انتهای ۳' و پلی‌آدنیلایسیون است.....
۳۲۳	۱-۳-۱۳- پلی‌آدنیلایسیون متناوب سبب حصول تنوع اضافی mRNA ها می‌شود.....
۳۲۷	۴-۱۳- پیرایش RNA منبع مهم دیگری برای تنوع ژنتیکی است.....
۳۲۸	۵-۱۳- خروج mRNA از هسته، گذرگاه تنظیمی برای mRNA هایی که در نهایت ترجمه می‌شوند
۳۳۱	.....
۳۳۳	۶-۱۳- خلاصه.....
۳۳۴	۷-۱۳- مسائل.....
۳۳۵	منابع.....
۳۳۷	فصل ۱۴.....
۳۳۷	رونوشت RNA.....
۳۳۷	۱-۱۴- کنترل RNA حتی پس از مرحله صدور هسته‌ای نیز ادامه دارد.....
۳۳۷	۲-۱۴- سازوکارهای بازدهی RNA.....
۳۴۱	۳-۱۴- سازوکارهای نظارت بر RNA.....
۳۴۳	۴-۱۴- دسته‌بندی RNA.....
۳۴۴	۵-۱۴- حرکت RNA.....
۳۴۶	۶-۱۴- خلاصه.....
۳۴۷	۷-۱۴- مسائل.....
۳۴۷	مطالعه بیشتر.....
۳۴۹	منابع.....
۳۵۱	فصل ۱۵.....
۳۵۱	ترجمه RNA.....
۳۵۱	۱-۱۵- ترجمه: جنبه کلیدی بیان ژن.....
۳۵۵	۲-۱۵- شروع.....
۳۵۶	۳-۱۵- طویل شدن.....
۳۵۷	۴-۱۵- خاتمه.....
۳۵۹	۵-۱۵- ابزارهای مطالعه تنظیم فرایند ترجمه.....
۳۵۹	۶-۱۵- سازوکارهای خاص کنترل ترجمه.....

فهرست □ ش

۳۶۳	۱۵-۷- خلاصه.....
۳۶۴	۱۵-۸- مسائل.....
۳۶۴	مطالعه بیشتر.....
۳۶۵	منابع.....
۳۶۷	فصل ۱۶.....
۳۶۷	تاخوردن و انتقال پروتئین.....
۳۶۷	۱-۱۶- مسیر تولید پروتئین های کارکردی پیچیده است.....
۳۶۹	۲-۱۶- تاخوردن و چینش پروتئین ها.....
۳۷۳	۳-۱۶- هدف گیری پروتئین.....
۳۷۳	۴-۱۶- هدف گیری همزمان با ترجمه.....
۳۷۵	۵-۱۶- هدف گیری پساترجمه ای.....
۳۷۶	۶-۱۶- تعدیلات پساترجمه ای، کارکرد پروتئین را تنظیم می کنند.....
۳۸۰	۱۶-۷- خلاصه.....
۳۸۱	۱۶-۸- مسائل.....
۳۸۱	مطالعه بیشتر.....
۳۸۲	منابع.....
۳۸۳	فصل ۱۷.....
۳۸۳	تجزیه پروتئین.....
۳۸۳	۱-۱۷- دو لبه بیان ژن: سنتز و تجزیه.....
۳۸۴	۲-۱۷- آتوفاژی، پیری و آپوپتوز.....
۳۸۶	۳-۱۷- سازوکارهای برچسب زنی پروتئین.....
۳۸۸	۴-۱۷- سامانه یوبی کوئیتین - پروتئازوم با رونویسی ژن رقابت می کند.....
۳۹۳	۱۷-۵- خلاصه.....
۳۹۳	۱۷-۶- مسائل.....
۳۹۴	مطالعه بیشتر.....
۳۹۵	منابع.....
۳۹۷	نمایه.....

نویسندگان

اریش گروتولد

وی عضو گروه ژنتیک مولکولی (دانشکده علم و هنر) و گروه باغبانی و علوم گیاهان زراعی (دانشکده علوم غذایی، کشاورزی و محیطی) در دانشگاه ایالتی اوهایو، آمریکاست. تحقیقات او متمرکز بر زیست‌شناسی سامانه‌ای گیاهان است.

جوزف چاپل

در سال ۱۹۸۵ به عضویت هیأت علمی دانشگاه کنتاکی، آمریکا درآمد. در آنجا، وی یک برنامه تحقیقاتی بین‌المللی برای مطالعه ژنتیک مولکولی و بیوشیمی ترکیبات گیاهی راه‌اندازی کرد.

الیزابت ا. کلاگ

عضو مرکز علوم گیاهی دونالد دانفورت، سنت لوئیس، میسوری، آمریکاست. تحقیقات او متمرکز بر تکامل ژن‌های گیاهی، ژنوم و نمو (تکوین) گیاهان به‌ویژه غلات و خویشاوندان آنهاست.

اریش گروتولد - دانشگاه ایالتی اوهایو، آمریکا

جوزف چاپل - دانشگاه کنتاکی، آمریکا

الیزابت ا. کلاگ - مرکز علوم گیاهی دونالد دانفورت، سنت لوئیس، میسوری، آمریکا

پیشگفتار مترجمان

گیاهان برای تأمین نیازهای مختلف انسان منابعی ارزشمندند. برای مثال، غذایی که می‌خوریم، اکسیژنی که تنفس می‌کنیم، پوشاکی که می‌پوشیم، الواری که برای خانه‌سازی استفاده می‌کنیم، دارویی که برای درمان مصرف می‌کنیم، پالایش آلاینده‌هایی که انجام می‌دهیم، تزییناتی که از آن لذت می‌بریم و در نهایت سوختی که برای وسایل نقلیهٔ خویش مصرف می‌کنیم. با توجه به افزایش جمعیت، تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی، مشکلاتی همانند تولید ناکافی محصولات کشاورزی پیش‌روی ما قرار دارد؛ از این‌رو دست‌ورزی گیاهان برای اهداف گوناگونی همچون افزایش تولید از جمله اولویت‌های تحقیقاتی دانشمندان علوم گیاهی به‌شمار می‌آید. به‌منظور نیل به این هدف، از رشته‌های علمی مختلفی همچون ژنتیک (ژنتیک مولکولی، مهندسی ژنتیک، ژنتیک کمی، ژنتیک جمعیت، سیتوژنتیک)، به‌نژادی، زیست‌فناوری و غیره استفاده می‌شود. دانشمندان، استادان و دانشجویان به‌واسطهٔ پویایی و گسترش دائمی یافته‌های علمی در زمینه‌های تحقیقاتی فوق، نیازمند دسترسی به منابع علمی معتبر و جدیدند. در میان علوم ژنتیکی مختلف، ژنتیک مولکولی اهمیت بسزایی دارد؛ چراکه پایه و اساس سایر علوم ژنتیک، به‌نژادی و زیست‌فناوری را تشکیل می‌دهد. با وجود کتاب‌های گوناگون در زمینهٔ ژنتیک مولکولی، هنوز کتابی جامع در زمینهٔ ژنتیک مولکولی گیاهی به رشتهٔ تحریر درنیامده است. لذا، با توجه به ویژگی‌های برجستهٔ کتاب درسی ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی، بر آن شدیم تا آن را ترجمه کنیم.

این ویژگی‌ها عبارتند از ۱. پوشش جامع جنبه‌های ژنتیک مولکولی گیاهی؛ ۲. تنها کتاب جامع دربارهٔ ژنتیک مولکولی گیاهی در دنیا؛ ۳. داشتن جدیدترین مباحث ژنتیک مولکولی گیاهی؛ ۴. ارائه مباحث ژنتیک مولکولی گیاهی به شکل گام به گام و مفهومی به‌همراه تصاویر گیرا؛ ۵. ارائه کاربردهای عملی ژنتیک مولکولی گیاهی در زیست‌فناوری؛ ۶. ارائهٔ سؤالات در آخر هر فصل به‌منظور ارزیابی پیشرفت یادگیری خوانندگان؛ ۷. درس‌نامهٔ جامعی برای دروس ژنتیک عمومی (کارشناسی)، ژنتیک مولکولی مقدماتی (ارشد) و ژنتیک مولکولی پیشرفته (دکتر) گیاهی؛ ۸. نوشته سه تن از دانشمندان معروف ژنتیک مولکولی گیاهی.

با توجه به اینکه اقتصاد کشورهای در حال توسعه (مثل کشور عزیزمان ایران) وابسته به کشاورزی (و به‌عبارت دقیق‌تر زراعت و باغبانی) است، امید وافر داریم که تلاش ما برای ترجمهٔ کتاب ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی اثری هرچند کوچک بر پیشرفت علمی - اقتصادی کشور و رفاه ملت ایران داشته باشد.

دکتر سیداحمد سادات نوری - استاد دانشگاه تهران

مهندس محمد سبزه‌زاری - کارشناسی ارشد اصلاح نباتات

مقدمه

گیاه

کلمه گیاه معانی مختلفی دارد

در این کتاب با مباحث زیست‌شناسی مولکولی و سازوکارهایی زیست‌شناختی در گیاهان آشنا خواهیم شد که با مطالعه حیوانات، مخمر و باکتری‌ها قابل درک نیست. بنابراین، لازم است زمانی را برای آشنایی با معنای کلمه گیاه صرف کنیم، کلمه‌ای که شاید تعریف ساده و مقبولی در جامعه علمی ندارد.

اغلب مردم زمانی که به کلمه گیاه فکر می‌کنند، تصویر یک گوجه‌فرنگی، ذرت یا گل اطلسی در ذهنشان تجسم می‌یابد. تصور یک دانشمند از گیاه آراییدوپسیس تالیانا به شکل یک علف هرز کوچک است که توسط زیست‌شناسان مولکولی اهلی^۱ شده است. همه این گیاهان متعلق به گیاهان گلدارند (نهان‌دانگان)، که شکل غالب گیاهان خشکی‌زی واقع بر کره خاکی ما را تشکیل می‌دهند. گیاهان گلدار، گروه بزرگی از سازواره‌ها (موجودات زنده) را تشکیل می‌دهند که در عصر اولیه کرتاسه (حدود ۱۴۰ میلیون سال پیش) پا به عرصه حیات گذاشتند و سپس با پشت سر گذاشتن تنوع‌زایی^۲ موجبات تولید درخت‌ها، درختچه‌ها و دیگر گیاهان را به وجود آوردند. گیاهان گلدار شامل ۳۰۰۰۰۰ گونه هستند که کمتر از چند هزار آنها کشت‌وکار می‌شود و کمتر از ۲۰ گیاه از آنها غذای عمده جامعه بشری را تشکیل می‌دهد.

کلمه گیاه^۳ اغلب برای اشاره به گیاهان خشکی^۴ استفاده می‌شود. گیاهان خشکی شامل گیاهان گلدار و همچنین بازدانگان^۵، سرخس^۶، خزه^۷، لیکوفیت^۸، هورن ورت^۹ و لیور ورت^{۱۰} هستند. این گروه بزرگ از گیاهان تک‌نیا (اشاره به تمام نتاج یک جد مشترک) هستند و به رویان‌داران^{۱۱} شهرت دارند؛ از

۱. تکامل مصنوعی سازواره‌ها (گیاهان یا حیوانات) به قصد مفیدتر کردن آنها برای بشر را گویند؛ مثل تولید گیاهان اهلی فاقد ریزش بذر که در گیاهان وحشی مشاهده می‌شود. م. (مترجم)

۲. تمایز بین نتاج یک آمیزش (خودباروری یا دگرباروری) طی فرایند تکامل را گویند. م.

3. Plant
4. Land Plant
5. Gymnosperms
6. Ferns
7. Mosses
8. Lycophytes
9. Hornworts
10. Liverworts
11. Embryophytes

این رو به آنها رویان دار گویند که تمام اعضای این گروه تولید جنین می کنند. فیلوژنی^۱ رویان داران در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است. فیلوژنی فوق بر مبنای خصوصیات مهمی به دست آمده است که با استفاده از آنها می توان گروه های اصلی گیاهان را تعریف کرد. کلادها^۲ یا گروه های مربوط به گیاهان خشکی عبارت اند از گیاهان بذری^۴ (شامل گیاهان گلدار و بازدانگان که بر مبنای چگونگی دربر گرفتن بذر از یکدیگر متمایز می شوند) و دیگر گیاهان آوندی^۵ (شامل خزه (پتریدوفیت^۶) و لیکوفیت) که در آنها مرحله اسپورفیت دیپلوئید بر مرحله گامتوفیت هاپلوئید غالب است و پراکنش آنها نیز از طریق اسپور روی می دهد. در مقابل، گیاهان غیر آوندی (هورن ورت و لیور ورت) بافت آوندی آبکش و چوب ندارند و همچنین مرحله گامتوفیت هاپلوئید آنها بر مرحله اسپورفیت دیپلوئیدشان غالب است.

تعریف احتمالی دیگر برای کلمه گیاه شامل استرپتوفیتها^۷ است که گیاهان خشکی و خویشاوندان نزدیک آنها یعنی Chara و Coleochaete (در گذشته، جلبک سبز^۸ نامیده می شدند) را دربر می گیرد. استرپتوفیتها در دو مورد باهم اشتراک دارند: ۱. شیوه تقسیم سلولی (وجود فراگموپلاست^۹)؛ ۲. ساختار منحصر به فرد پروتئین های درگیر در تولید سلولاز (روزت سلولزی^{۱۰}).

تعریف سوم کلمه گیاه شامل سازواره های کلروپلاست داری است که کلروفیل آ و بی^{۱۱} را تولید می کنند و به گیاهان سبز^{۱۲} شهرت دارند. این گروه شامل استرپتوفیتها (گیاهان خشکی به همراه Chara و Coleochaete) به علاوه جلبک های سبز هستند. کلامیدوموناس^{۱۳} یک سازواره تک سلولی است که عضو شناخته شده جلبک های سبز به شمار می آید.

۱. تاریخ تکامل گونه و یا جنس را گویند. م.

2. Clades

۳. گروهی از موجودات با یک جد مشترک را گویند. م.

4. Seed plants

5. Vascular plants

6. Pteridophytes

7. Streptophytes

8. Green algae

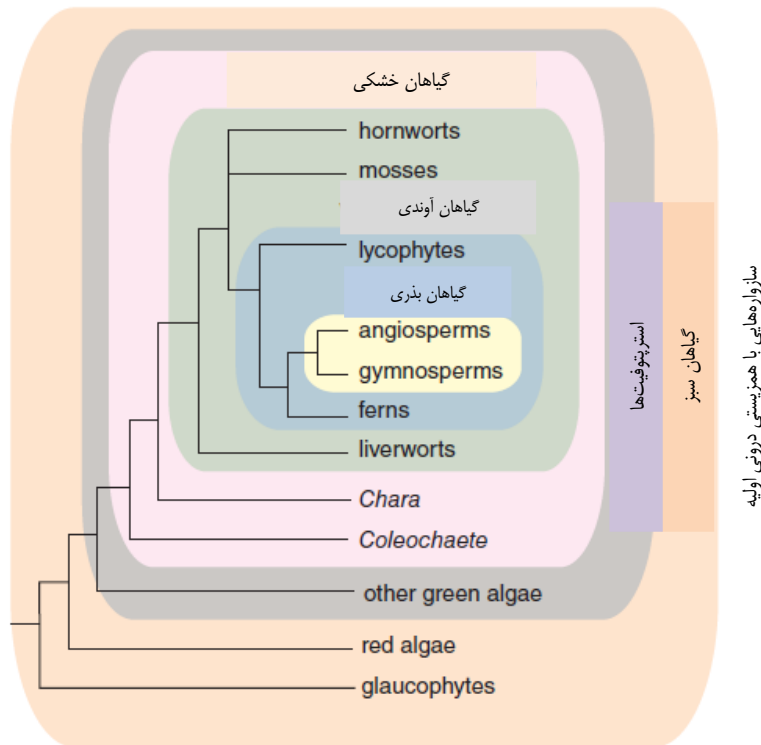
۹. فراگموپلاست: ساختاری اختصاصی در سلول های گیاهی است که طی سیتوکیز تولید می شود و به مثابه اسکافلدی برای چینش صفحه سلولی و سپس تولید دیواره جدید عمل می کند. م.

۱۰. سلولز نوعی پلیمر قندی است که ترکیب اصلی دیواره سلولی گیاهان را تشکیل می دهد. ن. (نویسنده)

11. Chlorophyll a and b

12. Viridiplantae

13. Chlamydomonas



شکل ۱. فیلوژنی سازواره‌هایی که بر اثر همزیستی درونی اولیه^۱ (فرایندی که طی آن یک یوکاریوت یک سیانوباکتر را در درون خود جا داده است) نشئت گرفته‌اند. بر روی فیلوژنی، نمودار ون^۲ مربوط به گروه‌های عمده گیاهی به‌نمایش گذاشته شده است. گیاهان سبز و استرپتوفیت‌ها گاهی با کلمه گیاه شناخته می‌شوند، اما ما در این کتاب از کلمه گیاه برای اشاره به گیاهان خشکی استفاده می‌کنیم که در داشتن رنگ سبز با یکدیگر مشترک‌اند. زیرگروه‌های مربوط به گیاهان خشکی نیز در شکل به نمایش گذاشته شده است.

تعریف چهارم کلمه گیاه شامل سازواره‌های کلروپلاست‌داری است که کلروپلاست خود را طی فرایند همزیستی درونی اولیه^۳ اکتساب کرده‌اند (فصل ۵). اعضای این گروه شامل گیاهان سبز، جلبک‌های قرمز^۴ (رودوفیت^۵) و گلوکوفیت‌ها^۶ هستند. برخی گزارش‌ها حاکی از رخداد فرایند

1. Primary endosymbiosis

2. Venn diagram

۳. فرایندی که طی آن، یک سازواره با جذب مستقیم یک سیانوباکتر، موجبات پیدایش کلروپلاست را در درون خود به‌وجود می‌آورد. ن.

4. Red algae

5. Rhodophyta

6. Glaucophytes

همزیستی درونی اولیه به تعداد یکبار در جد مشترک گیاهان سبز، جلبک‌های قرمز و گلوکوفیت‌هاست. در حال حاضر، اطلاعات رو به افزایش نشان می‌دهد که گیاهان سبز، جلبک‌های قرمز و گلوکوفیت‌ها، یک گروه تک‌نیا به نام آرکی پلاستید^۱ را تشکیل می‌دهند. هر فرایند همزیستی درونی اولیه می‌تواند مستقل از دیگری رخ دهد و همچنین اکتساب یک سیانوباکتر می‌تواند چندین بار در طول زمان به‌طور مستقل رخ دهد. از سوی دیگر، منشأ گرفتن پلاستیدها از سیانوباکتر به‌ندرت در طول تاریخچه زندگی این سیاره خاکی به چشم می‌خورد.

در حدود یک میلیارد سال پیش، سازواره‌های دارای پلاستید از دیگر نیاهای یوکاریوتی همچون حیوانات و قارچ‌ها نشئت گرفتند (Knoll, 2003). با توجه به این دوره زمانی طولانی برای تکامل، وجود شباهت دستگاه‌های سلولی حیوانات (مثل شما)، قارچ‌ها (مثل مخمر) و گیاهان جالب به‌نظر می‌رسد. هرچند شباهت‌هایی از این قبیل دارند، باید دانست که این موارد نیازمند مشاهده‌اند و نه فرض. به‌عبارت دیگر، این حقیقت که ماشین رونویسی بین حیوانات و قارچ‌ها مشابه است دال بر این مطلب نیست که لزوماً بین آنها و گیاهان نیز مشابه باشد. به‌علاوه، عبارت مشابهت به معنای یکسانی نیست. فرایندهای مشترک شاید به‌دلیل نیروهای همگرا^۲ شکل گرفته‌اند؛ به این گونه، معیار مشابهت همان حفاظت‌شدگی DNA رمزگردان مربوط به این فرایندهای مشترک در نظر گرفته می‌شود.

گاهی در گذشته از کلمه گیاه برای اشاره به تمام سازواره‌های فتوسنتزکننده استفاده می‌شد. با این حال، چنین تعریف گسترده‌ای از کلمه گیاه تاکنون رد نشده است. بسیاری از سازواره‌های فتوسنتزکننده فعالیت فتوسنتزی خود را از طریق اکتساب جلبک‌های قرمز به‌همراه پلاستیدهای آنها کسب کرده‌اند. به‌عبارتی، پلاستید در جلبک قرمز و جلبک قرمز در سازواره دیگر (قبلاً غیرفتوسنتزکننده) همزیست شده‌اند. برای تمیز این نوع همزیستی از همزیستی درونی اولیه (که در آرکی پلاستید رخ داده است)، به آن همزیستی درونی ثانویه^۳ گویند. در سازواره‌هایی با همزیستی درونی ثانویه، ساختار غشا اطراف آن نشان می‌دهد که این سازواره همزیست قبلاً به شکل یک سازواره جداگانه بوده و بعداً از طریق میزبان جذب شده است. سازواره‌هایی با همزیستی درونی ثانویه شامل استرامنوفیل‌ها^۴ (شامل جلبک قهوه‌ای (مثل *Fucus*) و جلبک قهوه‌ای طلایی که بیشتر در آب‌های آزاد به چشم می‌خورند)، دینوفلاژلات‌ها^۵ و کینتوپلاستیدها^۶ (شامل *Euglena*، هاگداران^۷ و تریپانوزوم‌ها^۸ که

-
1. Archaeplastida
 2. Convergent forces
 3. Secondary endosymbioses
 4. Stramenopiles
 5. Dinoflagellates
 6. Kinetoplastids
 7. Apicomplexans
 8. Trypanosomes

موجب مالاریا^۱ می‌شوند) هستند. تنوع سازواره‌هایی با همزیستی درونی اولیه بسیار متنوع و نامرتبط است. بنابراین، در صورتی که کلمه گیاه برای اشاره به تمام سازواره‌های فتوسنتزی استفاده شود، دیگر تعریف مزبور معنای خود را از دست می‌دهد. با توجه به خویشاوندی سازواره‌ها، محققان به دنبال ژن‌ها، پروتئین‌ها و سازوکارهای سلولی جدید هستند.

به‌طور خلاصه، کلمه گیاه برای اشاره به مجموعه‌های متنوعی از سازواره‌ها از کوچک‌ترین آنها گرفته (گیاهان خشکی) تا بزرگ‌ترین آنها (سازواره‌های فتوسنتزکننده^۲) استفاده می‌شود. با این حال، این کلمه بیشتر برای اشاره به گیاهان سبز یا گیاهان خشکی استفاده می‌شود. کلمه گیاه حتی به مجموعه محدودتری از سازواره‌ها به نام گیاهان گلدار محدود می‌شود. اما در این کتاب از کلمه گیاه برای توصیف گیاهان خشکی استفاده خواهیم کرد. اکثر اطلاعات این کتاب مربوط به گیاهان گلدار است؛ چراکه حجم اطلاعات درباره تعریف گسترده‌تری از گیاهان، آنچنان زیاد است که جمع‌بندی آن غیرممکن به نظر می‌رسد. هر جا از اطلاعات مربوط به گیاهان غیرخشکی در این کتاب استفاده شود، به‌طور صریح خاطر نشان خواهد شد.

ساختار پایه یک گیاه به شکل فریبنده‌ای ساده است

فرض بر این است که فرایندهای بحث‌شده در این کتاب در تمامی سلول‌های گیاه رخ می‌دهند. به هر حال، آشنایی کلی با مورفولوژی^۳ (ریخت‌شناسی) پایه گیاهی مفید خواهد بود. رشد گیاهان از طریق مجموعه‌ای از سلول‌های بنیادین به نام مریستم‌ها^۴ رخ می‌دهد. این مریستم‌ها در سرتاسر زندگی گیاه فعال‌اند و لذا نمو گیاهان، فرایندی پیوسته و مرحله‌ای است. وضعیت نمو گیاهان کاملاً از حیوانات متفاوت است؛ به‌طوری که سازواره‌های حیوانی به شکل منسجم نمو می‌یابند و سپس نمو آنها در زمان بلوغ به‌طور کامل متوقف می‌شود. اگر رشد انسان همانند یک گیاه بود، انگشتان دست و پای وی در طول زندگی به رشد خود ادامه می‌داد تا جایی که برای وی بسیار مشکل‌ساز می‌شد. مریستم‌ها طی نمو جنین گیاه سازماندهی می‌شوند. این مریستم‌ها در گیاهان بذری شامل دو خوشه سلولی یعنی مریستم نوک ریشه^۵ و مریستم نوک ساقه^۶ هستند که در دو پایانه مخالف گیاه قرار گرفته‌اند. مریستم‌های نوک ریشه و ساقه اساس شکل‌گیری جنین دوقطبی^۷ را تشکیل می‌دهند که فقط در گیاهان بذری به‌چشم می‌خورد. مریستم‌های متعلق به گیاهان آوندی بی‌دانه (سرخس و

1. Malaria
2. Photosynthetic organisms
3. Morphology
4. Meristems
5. Root apical meristem
6. Shoot apical meristem
7. Bipolar embryo

ک □ ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی

لیکوفیت) فقط شامل چند سلول اند و در آنها مریستم نوک ریشه با تأخیر روی یک طرف محور جنین شکل می‌گیرد.

گیاهان گلدار دارای یک بخش هوایی به نام ساقه^۱ و یک بخش زیرزمینی به نام ریشه^۲ اند (شکل ۲). مریستم نوک ساقه، برگ‌ها^۳ را بر روی طرفین ساقه به وجود می‌آورد. در زاویهٔ برگی، مریستم جانبی^۴ وجود دارد که اغلب در حالت سکون به سر می‌برد. مریستم جانبی به هنگام فعال شدن، تولید انشعاب‌های اندام هوایی می‌کند. مریستم نوک ریشه، ریشه اولیه^۵ (یا ریشه جنینی م.) را به وجود می‌آورد و نه ریشه‌های جانبی^۶. ریشه‌های جانبی از مریستم‌هایی تولید می‌شوند که در قسمت بیرونی بافت آوندی تظاهر می‌یابند. در اکثر دولپه‌ای‌ها (مثل هویج)، ریشهٔ اولیه پابرجاست و یک ساختار زیرزمینی مهم را تولید می‌کند، در حالی که در تک‌لپه‌ای‌ها (مثل پیاز) ریشهٔ اولیه فقط برای چند ماه فعالیت می‌کند و سپس با ریشه‌های ثانویه (یا ریشهٔ تاجی م.)^۷ جایگزین می‌شود. بافت آوندی^۸ تمام اجزای گیاه را به هم مرتبط می‌کند. همچنین، بافت فوق، آب و مواد غذایی (و همچنین هورمون‌ها) را از ریشه به برگ‌ها و ساقه منتقل می‌کند. در حالی که کربوهیدرات‌ها و هورمون‌ها در هر دو جهت طولی گیاه (بالا به پایین و برعکس) جابه‌جا می‌شوند.

ساختارهای پایهٔ گیاه را می‌توان در برشی عرضی از برگ و ریشه مشاهده کرد (شکل ۲). برخلاف حیوانات که دارای مجموعهٔ پیچیده‌ای از بافت‌ها هستند، گیاهان فقط دارای سه بافت پایه هستند: اپیدرم^۹ (که تمام اجزای گیاه را پوشش می‌دهد)، بافت آوندی (چوبی و آبکش) و بافت زمینه‌ای^{۱۰} (که شامل هر چیز دیگر است). اپیدرم برگ شامل سلول‌های تراوا و مسطح است و با یک لایهٔ مومی به نام کوتیکول^{۱۱} (عامل مهارکنندهٔ خشک‌شدگی برگ) پوشیده شده است. در داخل اپیدرم، حفره‌هایی به نام روزنه^{۱۲} وجود دارد که امکان ورود CO₂ (برای فتوسنتز) و خروج O₂ (محصول فرعی فتوسنتز) را فراهم می‌کنند. همچنین، روزنه‌ها امکان خروج آب از گیاه را فراهم می‌کنند. خروج آب از روزنه سبب ایجاد یک شیب فشار آب می‌شود که به نوبهٔ خود موجب راندن آب از ریشه به سامانه آوندی و بعد از آن آبیگری تمام سلول‌های گیاه می‌شود. در صورتی که گیاه با کمبود آب مواجه شود روزنه بسته می‌شود و

1. Shoot
2. Root
3. Leaf
4. Axillary meristem
5. Primary root
6. Lateral roots

۷. ریشه‌هایی که بر روی ساقهٔ تک‌لپه‌ای‌ها و در نزدیکی سطح خاک تولید می‌شوند. م.

8. Vascular tissue
9. Epidermis
10. Ground Tissue
11. Cuticle
12. Stomata

مقدمه □ ل

از خشک شدن گیاه جلوگیری می‌کند. باز و بسته شدن روزنه‌ها از طریق تغییر فشار تورژسانس در سلول‌های محافظ^۱ روزنه رخ می‌دهد که در دو سوی روزنه قرار گرفته‌اند. به‌علاوه، اپیدرم برگ‌ها دارای مو (یا کرک^۲) و غده^۳ است که بسته به گونه گیاهی ممکن است تک‌سلولی (مثل آرابیدوپسیس^۴) یا چند سلولی (مثل غده‌های روغن نعناع در *Mentha piperita*) باشند.

اپیدرم ریشه شامل سلول‌هایی است که برآمدگی‌های بلندی به نام ریشه‌های مویی^۵ را به‌وجود می‌آورند. ریشه‌های مویی دارای دیواره نازک‌اند و در جذب آب و مواد غذایی از خاک نقش مهمی را بر عهده دارند. علاوه بر این، ریشه‌های مویی محل میانکنش گیاه با باکتری‌های خاک‌اند که با برخی گیاهان ایجاد همزیستی^۶ می‌کنند (مثل ریزوبیا^۷). سلول‌های ریشه‌های مویی در کنار سلول‌های غیرمویی^۸ قرار می‌گیرند. الگوی توزیع سلول‌های ریشه‌های مویی و غیرمویی در گونه‌های مختلف متنوع است؛ با این حال به‌خوبی می‌توان در گیاه آرابیدوپسیس یک الگوی توزیع کمی برای آنها مشاهده کرد. زمانی که ریشه‌ها در خاک به جلو می‌روند، به‌تدریج اپیدرم نازک‌تر می‌شود و جای خود را به سلول‌های داخلی‌تر ریشه می‌دهد. از این رو، ریشه‌های مویی فقط در ریشه‌های جوان (و نه در ریشه‌های مسن) مشاهده می‌شوند.

بافت آوندی به شکل دسته‌هایی از سلول‌های هدایت‌کننده، سازماندهی شده است که در سرتاسر گیاه امتداد دارد. بافت هدایت‌کننده آب، آوند چوبی^۹ است که سلول‌های آن عمدتاً در مرحله بلوغ مرده‌اند. در بافت آوندی یک برگ، آوند چوبی به‌طور معمول به شکل محور سو^{۱۰} واقع شده است. از آنجا که کشش آب سبب ایجاد یک شیب فشار از ریشه به ساقه می‌شود، لذا سلول‌های آوند چوبی بایستی به اندازه کافی قوی باشند تا بتوانند فشار ناشی از ستون آب را تحمل کنند. بنابراین، سلول‌های آوند چوبی در مرحله بلوغ به‌شدت سخت (لیگنینه) می‌شوند. انتقال کربوهیدرات‌ها از طریق آوند آبکش^{۱۱} صورت می‌گیرد. سلول‌های این بافت در مرحله بلوغ زنده هستند و به شکل محور ناسو^{۱۲} قرار گرفته‌اند. برخلاف آب که از طریق کشش حرکت می‌کند، شیرۀ حاوی کربوهیدرات از طریق فشار حرکت می‌کند. از آنجا که بسیاری از مولکول‌ها در شیرۀ آبکش حل می‌شوند، لذا شیرۀ نسبت به

1. Guard Cells
2. Trichomes
3. Glands
4. Arabidopsis
5. Root Hairs
6. Symbiose

۷. نوعی باکتری که از طریق تولید گره بر روی ریشه خانواده بقولات، نیتروژن هوا را تثبیت می‌کند. م.

8. Non-root-hair cells
9. Xylem
10. Adaxial
11. Phloem
12. Abaxial

بافت‌های اطراف به شکل هیپراسمتیک^۱ است و به این ترتیب آب را از اطراف جذب می‌کند. سلول‌های داخل اپیدرم و خارج بافت آوندی جزو بافت زمینه‌ای به‌شمار می‌روند. بسته به اندام و بافت نموی، این سلول‌ها به شکل درخور توجهی در سرتاسر گیاه متنوع‌اند. در برش عرضی برگ (شکل ۲)، بافت زمینه‌ای به شکل مزوفیل^۳ است. در برگ بسیاری از نهادانگان، سلول‌های بالایی مزوفیل به شکل مستطیل‌های طویل به هم فشرده قرار دارند که به‌خاطر ظاهر خود در برش عرضی برگ، به لایه نردبان^۵ شهرت دارند. در مقابل، سلول‌های پایینی مزوفیل، فاصله‌دارتر و هم‌قطرترند و به نام لایه اسفنجی^۶ شناخته می‌شوند. قبل از لایه اسفنجی، تقسیم سلولی در لایه نردبان متوقف می‌شود و لذا فضاهایی خالی بین آن به‌وجود می‌آورند.

بافت آوندی در ریشه، یک استوانه یکپارچه را در مرکز آن به‌وجود می‌آورد. بافت آوندی فوق توسط لایه‌ای از سلول‌ها به نام آندودرم^۷ احاطه شده است. آندودرم، جریان آب به داخل و خارج بافت آوندی را کنترل می‌کند. آب در ریشه‌ها می‌تواند هم از طریق ورود به سیتوپلاسم و هم از طریق حرکت از میان فواصل بین سلولی حرکت کند و در ادامه از میان یا از پیرامون سلول‌های کورتکس^۸ به راه خود ادامه دهد. مسیر درون سلولی سیمپلاستیک^۹ و مسیر بین سلولی آپوپلاستیک^{۱۰} نامیده می‌شود. زمانی که آب (به‌همراه یون‌ها یا سایر سوبستراها^{۱۱}) به آندودرم برسد بایستی از درون سلول عبور کند و به عبارتی مسیر سیمپلاستیک را پشت سر بگذارد. سلول‌های آندودرم توسط لایه‌ای از سوبرین^{۱۲} (نوار کاسپرین^{۱۳}) به شدت در کنار هم قرار گرفته و تولید یک حلقه فشرده می‌کنند که مانع عبور آب و هر چیز دیگری از پیرامون سلول می‌شود. به عبارتی، نوار کاسپرین بر سر راه مسیر آپوپلاستیک می‌ایستد و

1. Hyperosmotic

۲. اصطلاحات هیپراسموتیک و هیپواسموتیک برای اشاره به محلول‌هایی استفاده می‌شوند که به ترتیب اسمولاریته (غلظت به صورت اسمول، معادل یک مول از ذرات حل شده، در هر لیتر محلول را گویند) بیشتر یا کمتری نسبت به مایع طبیعی خارج سلولی دارند. م.

3. Mesophyll

۴. کلمه مزوفیل (مزو: میانه؛ فیل: برگ) به یونانی معنای میانه برگ را می‌دهد. ن.

5. Palisade layer

6. Spongy mesophyll

7. Endodermis

8. Cortex

9. Symplastic

10. Apoplastic

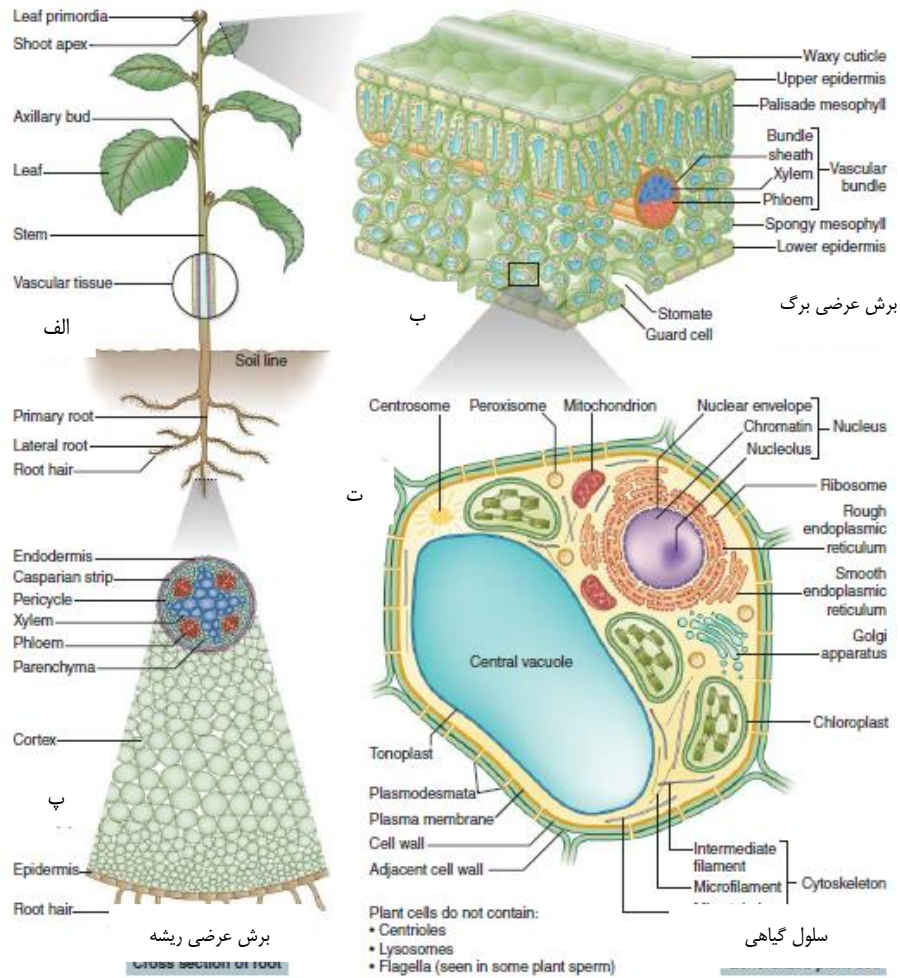
۱۱. پیش ماده یا سوبسترا، ماده‌ای است که تحت تأثیر آنزیم به یک یا تعدادی محصول تبدیل می‌شود. م.

12. Suberin

13. Casparian strip

مقدمه □ ن

از تداوم حرکت آب در این مسیر جلوگیری می‌کند. آندودرم از طریق کنترل انتقال‌دهنده‌ها^۱ (ترانسپورترها)^۲ و نیروی اسمزی^۳ قادر است تا تردد سوبستراها را به داخل و خارج کنترل کند.



شکل ۲. ساختار یک گیاه گلدار^۴ که اندامها، بافتها و سلولهای مختلف را به نمایش گذاشته است. الف) (Taiz and Zeigler 1991؛ ب) (<http://tpsbiology student.wikispaces.com>)؛ پ) (Taiz and Zeigler 1991؛ ت) (<http://turfgrass.cas.psu.edu>) (1991).

۱. انتقال‌دهنده‌ها (معروف به پمپ‌های یونی)، پروتئین‌های ترا غشایی هستند که یون‌ها را از عرض غشای پلاسمایی و برخلاف شیب غلظت انتقال می‌دهند. م.

2. Transporters

۳. به انتشار آب از یک ناحیه غلیظ به ناحیه‌ای با غلظت کمتر در آب را اسمز گویند. م.

4. Flowering plant

سلول‌های گیاهی دارای ساختارهای یکسانی با سلول‌های یوکاریوتی دیگرند (شکل ۲). همانند سایر سلول‌های زنده (همچون باکتری و آرکی‌آ^۱)، سلول‌های گیاهی توسط غشاهای پلاسمائی^۲ احاطه شده‌اند، از DNA به‌مثابه ماده ژنتیکی استفاده می‌کنند و برای ساخت پروتئین از ریبوزوم^۳ بهره می‌برند. همانند دیگر یوکاریوت‌ها، سلول‌های گیاهی دارای یک هسته^۴ با غشای هسته‌ای^۵ (متصل به شبکه آندوپلاسمی^۶) و همچنین میتوکندری^۷، پراکسی‌زوم^۸ و دستگاه گلژی^۹ هستند. شبکه آندوپلاسمی بسته به داشتن یا نداشتن ریبوزوم بر روی سطح خود، به ترتیب به دو شکل خشن^{۱۰} و صاف^{۱۱} مشاهده می‌شود. اسکلت سلولی^{۱۲} از میکروفیلانمت‌ها^{۱۳} (متشکل از منومرهای اکتین^{۱۴})، میکروتوبول‌ها^{۱۵} (متشکل از منومرهای توبولین^{۱۶}) و فیلامنت‌های حد واسط^{۱۷} ساخته شده است.

گیاهان دارای ساختارهای دیگری هستند که در برخی یوکاریوت‌ها مشاهده شده‌اند، ولی در حیوانات دیده نشده‌اند. برخلاف اکثر حیوانات (مثل پستانداران)، سلول‌های گیاهی توسط یک دیواره سلولی از جنس سلولز^{۱۸} احاطه شده‌اند. دیواره سلولی علی‌رغم سخت بودن، توسط تونل‌های خاصی به نام پلاسمودسماتا^{۱۹} نفوذپذیر شده است. غشاهای پلاسمایی از طریق پلاسمودسماتا به هم مرتبط می‌شوند. قطر این تونل‌ها توسط پروتئین‌های غشایی کنترل می‌شود. سلول‌های گیاهی دارای اندامک ویژه‌ای به نام کلروپلاست^{۲۰} هستند. در واقع، کلروپلاست یک باکتری همزیست^{۲۱} است که وظیفه فتوسنتز^{۲۲} گیاه را بر عهده گرفته است. سلول‌های گیاهی دارای اندامکی به نام واکوئل^{۲۳} نیز هستند که

۱. آرکی‌آ، گروه بزرگی از پروکاریوت‌ها هستند که با وجود شباهت‌های ظاهری با باکتری‌ها، دارای ساختارها و عملکردهای فیزیولوژیک کاملاً متفاوتی از باکتری‌ها هستند. برای مثال، سیستم همانندسازی آرکی‌آ شباهت بیشتری به یوکاریوت‌ها دارد تا باکتری. م.

2. Plasma membrane
3. Ribosomes
4. Nucleus
5. Nuclear membrane
6. Endoplasmic reticulum
7. Mitochondria
8. Peroxisomes
9. Golgi apparatus
10. Rough
11. Smooth
12. Cytoskeleton
13. Microfilaments
14. Actin
15. Microtubules
16. Tubulin
17. Intermediate filaments
18. Cellulose
19. Plasmodesmata
20. Chloroplasts
21. Symbiotic bacteria
22. Photosynthesis
23. Vacuole

توسط غشایی مستقل به نام تونوپلاست^۱ احاطه شده است. واکوئل در سلول‌های مزوفیل به اندازه‌های بزرگ است که سیتوپلاسم یا اندامک‌های سلولی را به‌سوی غشای پلاسمایی می‌فشارد. در مقایسه با چنین واکوئل مرکزی بزرگی، واکوئل رسم‌شده در شکل ۲ بسیار کوچک به‌نظر خواهد رسید. آنچه در مقدمه این فصل برای توصیف ساختار و تاریخچهٔ تکامل گیاهان ذکر شد بی‌شک یادگیری بقیهٔ کتاب را تسهیل می‌کند. در ادامهٔ کتاب به شما کمک خواهیم کرد تا با دید متفاوتی از قبل، با مباحث زیست‌شناسی گیاهی آشنا شوید. احتمالاً شما تاکنون با کتاب‌های درسی مختلفی در زمینهٔ زیست‌شناسی آشنا شده‌اید که بر انسان (به‌مثابهٔ یک پستاندار) متمرکز شده، اما به خاطر داشته باشید که ما فقط ۵۰۰۰ گونه پستاندار داریم که در میان آنها انسان تنوع ژنتیکی^۲ بسیار کمی دارد. در مقابل، تعداد گونه‌های مربوط به گیاهان خشکی ۷۰ الی ۱۰۰ برابر این مقدار است (هرچند تعداد دقیق آن هنوز معلوم نشده است). گیاهان شکل غالب حیات در این سیاره‌اند و برای ما غذا، پوشاک، پناهگاه و هوا برای تنفس را فراهم می‌کنند؛ بدون گیاهان، حیوانات و به‌ویژه انسانی وجود نخواهد داشت و این‌گونه گیاهان تمام جنبه‌های حیات را پوشش می‌دهند. ما در این کتاب به شما کمک خواهیم کرد تا آشنایی کافی با مبانی ژن، ژنوم و ژنتیک گیاهی پیدا کنید.

منبع

Knoll, A.H. (2003). *Life on a Young Planet: The First Three Billion Years*, Princeton University Press.

1. Tonoplast
2. Genetic diversity

۳. گوناگونی بین افراد یک جمعیت را گویند. م.