

به نام خدا

# سلول‌های بنیادی گیاهی

**مؤلفان :**

علی اصغر معیری

مهدی احمدی افشار

سجاد طاوسی

مهناز فرخنده نژاد

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

این اثر صرفاً الکترونیکی منتشر شده و نسخه اصلی آن در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان به نشانی زیر موجود می باشد.

[www.chaponashr.ir/arastu](http://www.chaponashr.ir/arastu)



نام کتاب: سلول‌های بنیادی گیاهی  
مولفان: علی اصغر معیری - مهدی احمدی افشار - سجاد طاوسی - مهناز فرخنده نژاد  
ناشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)  
صفحه آرای، تنظیم و طرح جلد: الهام غفاری  
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد  
نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۵  
چاپ: زبرجد

فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :  
<https://chaponashr.ir/ketabresan>  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۲۵۶-۱  
تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵  
[www.chaponashr.ir](http://www.chaponashr.ir)



## فهرست

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| مقدمه .....                      | ۱۱ |
| ساختار سلول .....                | ۱۴ |
| غشا سلولی .....                  | ۱۴ |
| اندامک های سلولی .....           | ۱۴ |
| دیواره سلول .....                | ۱۴ |
| ساختار سلول .....                | ۱۴ |
| غشا سلولی .....                  | ۱۵ |
| اندامک های سلولی .....           | ۱۵ |
| دیواره سلول .....                | ۱۵ |
| دیواره سلولی .....               | ۱۶ |
| ساختار دیواره سلولی .....        | ۱۶ |
| سنتز دیواره سلولی .....          | ۱۶ |
| عملکرد دیواره سلولی .....        | ۱۶ |
| پلاسمودسماتا .....               | ۱۶ |
| ساختار دیواره سلول .....         | ۱۷ |
| سنتز دیواره سلولی .....          | ۱۷ |
| عملکرد دیواره سلولی .....        | ۱۷ |
| پلاسمودسماتا .....               | ۱۸ |
| پلاستید و میتوکندری .....        | ۱۸ |
| پلاستید .....                    | ۱۸ |
| ساختار و خاستگاه کلروپلاست ..... | ۱۹ |
| میتوکندری .....                  | ۱۹ |

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| ۱۹..... | ساختار میتوکندری.....           |
| ۱۹..... | پلاستید.....                    |
| ۲۰..... | ساختار و خاستگاه کلروپلاست..... |
| ۲۰..... | میتوکندری.....                  |
| ۲۰..... | ساختار میتوکندری.....           |
| ۲۱..... | غشا.....                        |
| ۲۱..... | شبکه آندوپلاسمی.....            |
| ۲۱..... | دستگاه گلژی.....                |
| ۲۱..... | غشای پلازما.....                |
| ۲۱..... | تونوپلاست.....                  |
| ۲۲..... | غشاها.....                      |
| ۲۲..... | شبکه آندوپلاسمی.....            |
| ۲۳..... | دستگاه گلژی.....                |
| ۲۳..... | غشای پلازما.....                |
| ۲۴..... | تونوپلاست.....                  |
| ۲۴..... | هسته و ژنوم.....                |
| ۲۴..... | ساختار هسته.....                |
| ۲۵..... | ساختار و عملکرد کروماتین.....   |
| ۲۵..... | کروموزومهای گیاهی.....          |
| ۲۵..... | ساختار هسته.....                |
| ۲۶..... | ساختار و عملکرد کروماتین.....   |
| ۲۶..... | کروموزومهای گیاهی.....          |
| ۲۷..... | تقسیم سلولی.....                |

|    |                        |
|----|------------------------|
| ۲۷ | چرخه سلولی             |
| ۲۷ | کنترل چرخه سلولی       |
| ۲۸ | میوز                   |
| ۲۸ | چرخه سلولی             |
| ۲۸ | کنترل چرخه سلولی       |
| ۲۹ | اتفاقات در میتوز       |
| ۳۱ | مریستم و بافتهای اولیه |
| ۳۱ | مریستم                 |
| ۳۱ | بافت و اندام           |
| ۳۲ | بافت زمینه             |
| ۳۲ | بافت پوست              |
| ۳۲ | بافت آوندی             |
| ۳۳ | بافت و اندام           |
| ۳۴ | بافتهای زمینه          |
| ۳۴ | بافت پوست              |
| ۳۵ | بافت آوندی             |
| ۳۶ | ریشه                   |
| ۳۶ | مریستم آپیکالی ریشه    |
| ۳۶ | کلاهدک ریشه            |
| ۳۶ | تارهای کشنده           |
| ۳۶ | ساختار ریشه            |
| ۳۷ | ساختار اولیه           |
| ۳۸ | مریستم آپیکالی ریشه    |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| کلاهک ریشه                      | ۳۹ |
| تارهای کشنده                    | ۳۹ |
| ساختار ریشه                     | ۴۰ |
| ساقه‌های علفی و رشد اولیه       | ۴۱ |
| مریستمها                        | ۴۱ |
| بافت آوندی                      | ۴۱ |
| معماری                          | ۴۲ |
| ساختار شاخه                     | ۴۲ |
| مریستم                          | ۴۲ |
| بافت آوندی                      | ۴۴ |
| معماری                          | ۴۴ |
| ساقه‌های چوبی و رشد ثانویه      | ۴۵ |
| رشد ثانویه                      | ۴۵ |
| کامبیوم آوندی و کامبیوم چوبپنبه | ۴۵ |
| آناتومی چوب                     | ۴۵ |
| رشد ثانویه                      | ۴۶ |
| کامبیوم آوندی و کامبیوم چوبپنبه | ۴۶ |
| آناتومی چوب                     | ۴۷ |
| برگ                             | ۴۸ |
| ساختار کلی برگ                  | ۴۹ |
| انواع دیگر برگ                  | ۴۹ |
| انواع برگ                       | ۴۹ |
| ساختار کلی برگ                  | ۵۱ |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| ۵۱ | .....انواع دیگر برگ        |
| ۵۳ | .....گل                    |
| ۵۳ | .....ساختار عمومی گل       |
| ۵۳ | .....ساختار کاسبرگ و گلبرگ |
| ۵۳ | .....پرچم                  |
| ۵۳ | .....برچه                  |
| ۵۴ | .....شهد                   |
| ۵۴ | .....ساختار عمومی گل       |
| ۵۵ | .....ساختار کاسبرگ و گلبرگ |
| ۵۶ | .....پرچم                  |
| ۵۶ | .....برچه                  |
| ۵۷ | .....شهد                   |
| ۵۸ | .....گرده و تخمک           |
| ۵۸ | .....ساختار گرده           |
| ۵۸ | .....تنوع در دانه‌های گرده |
| ۵۸ | .....کیسه جنین             |
| ۵۸ | .....گرده‌افشانی و لقاح    |
| ۵۹ | .....ساختار گرده           |
| ۵۹ | .....تنوع در دانه‌های گرده |
| ۶۰ | .....کیسه جنین             |
| ۶۰ | .....گرده افشانی و لقاح    |
| ۶۱ | .....دانه                  |
| ۶۱ | .....پوشش بذر              |

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| ۶۱ | اندوسپرم                                        |
| ۶۱ | جنین                                            |
| ۶۲ | دانه                                            |
| ۶۲ | پوشش دانه                                       |
| ۶۲ | اندوسپرم                                        |
| ۶۳ | جنین                                            |
| ۶۵ | میوه‌ها                                         |
| ۶۵ | ساختار میوه                                     |
| ۶۵ | میوه‌های ناشکופا                                |
| ۶۵ | پراکندگی                                        |
| ۶۵ | ساختار میوه                                     |
| ۶۶ | میوه‌های ناشکופا                                |
| ۶۷ | انتشار                                          |
| ۶۷ | نقش تنظیمی فیتوهورمون‌ها در حفظ سلول‌های بنیادی |
| ۶۷ | لانه‌های سلول‌های بنیادی ساقه                   |
| ۶۹ | ساختار مریستم رأسی شاخه                         |
| ۷۳ | لانه‌های سلول‌های بنیادی ریشه                   |
| ۷۵ | حفظ اکسین توسط سلول‌های بنیادی از طریق PLT      |
| ۸۱ | مواد و وسایل مورد نیاز                          |
| ۸۳ | روش کار                                         |
| ۸۳ | رشد                                             |
| ۸۳ | تلقیح                                           |
| ۸۴ | باکتریایی                                       |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| نکته.....                                                       | ۸۵  |
| روش‌ها.....                                                     | ۸۷  |
| مونتاژ توالی‌های کدکننده TALEN.....                             | ۸۸  |
| انتخاب پروموتورها و اسکلت TALEN.....                            | ۸۸  |
| کلونینگ.....                                                    | ۸۹  |
| گیاه.....                                                       | ۸۹  |
| غربالگری.....                                                   | ۸۹  |
| تایید.....                                                      | ۹۰  |
| حذف.....                                                        | ۹۰  |
| نکته.....                                                       | ۹۱  |
| مواد.....                                                       | ۹۵  |
| مواد گیاهی.....                                                 | ۹۵  |
| محیط‌های کشت درون شیشه‌ای.....                                  | ۹۵  |
| محلول‌ها محلول‌های ClearSee از پروتکل قبلی اصلاح شده‌اند.....   | ۹۶  |
| میکروسکوپی.....                                                 | ۹۷  |
| روش.....                                                        | ۹۷  |
| کشت گیاه.....                                                   | ۹۷  |
| باززایی.....                                                    | ۹۷  |
| الگوها توسط ۱ GUS.....                                          | ۹۸  |
| مشاهده الگوهای بیان ژن با روش رنگ‌آمیزی قرمز کنگو ClearSee..... | ۹۹  |
| تثبیت و شفاف‌سازی بافت.....                                     | ۹۹  |
| رنگ‌آمیزی قرمز کنگو.....                                        | ۱۰۰ |
| نکات.....                                                       | ۱۰۱ |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| مواد                                                                          | ۱۰۳ |
| روش                                                                           | ۱۰۴ |
| یادداشت‌ها                                                                    | ۱۰۷ |
| میکروب‌های مرتبط با گیاه با تنظیم مریستم رأسی ریشه، رشد ریشه را تغییر می‌دهند | ۱۰۹ |
| مواد بیولوژیکی                                                                | ۱۱۰ |
| مواد شیمیایی                                                                  | ۱۱۱ |
| ابزار                                                                         | ۱۱۱ |
| روش‌ها                                                                        | ۱۱۱ |
| انتخاب                                                                        | ۱۱۲ |
| غربالگری ریزوباکتری‌ها برای تولید CK و IAA در گیاه Planta                     | ۱۱۳ |
| کنترل سلول                                                                    | ۱۱۳ |
| مولکولی                                                                       | ۱۱۴ |
| بافت‌ها                                                                       | ۱۱۵ |
| برش ریشه                                                                      | ۱۱۵ |
| تصویربرداری لیزری                                                             | ۱۱۵ |
| جداسازی RNA                                                                   | ۱۱۷ |
| نکته                                                                          | ۱۱۸ |
| منابع                                                                         | ۱۲۰ |

## مقدمه

گیاهان به دلیل ماهیت بی حرکت خود، فاقد مفصل بندی مکانیکی در بخش هایی از بدن خود هستند و از این رو در مقایسه با تنش های محیطی زیستی و غیرزیستی آسیب پذیرترند. به طور پیش فرض، آنها همچنین طوری برنامه ریزی شده اند که اندام های از دست رفته بدن مانند برگ ها و گل ها را به طور منظم در طول زندگی خود جایگزین کنند. سلول های بنیادی پرتوان در گیاهان دائماً سلول های پیش ساز را برای تشکیل بافت ها و اندام های بدن متمایز فراهم می کنند. در گیاهان، مریستم رأسی شاخه (SAM)، مریستم رأسی ریشه (RAM) و مریستم آوندی متولیان سلول های بنیادی هستند. این جایگاه های سلول های بنیادی یک محیط سیگنال دهی خاص را حفظ می کنند تا از ورود آنها به مرحله تمایز به طور همزمان جلوگیری شود. با این حال، تعداد مورد نیاز سلول های بنیادی تمایز نیافته واقعاً از طریق فرآیند خودنوسازی جذب می شوند. جایگاه های سلول های بنیادی به عنوان متولی نسل بعدی گیاهان از طریق بذرها و گل ها، دائماً سلول ها را برای برآورده کردن نیازهای برنامه ریزی و احتمالی تأمین می کنند. با توجه به پیشرفت مداوم فناوری و ظهور روش های با توان عملیاتی بالا، ما در حال کسب بینش عمیق تری در مورد مکانیسم هایی هستیم که جنبه های رویدادهای سیگنالینگ سلول های بنیادی گیاه را در حوزه های مربوطه کنترل می کنند. این پیشرفت های مفهومی به طور دقیق در مجلات اصلی علوم زیستی پوشش داده شده اند. با این حال، رویکردهای روش شناختی از نظر پروتکل های آزمایشگاهی و مشکلات تجربی مرتبط، به دلیل محدودیت های فضا، همیشه با جزئیات کمی در مجلات معتبر شرح داده می شوند. برای پرداختن به این موضوع و ارائه پروتکل های آزمایشگاهی در زمان واقعی به محققان با بینش شخصی تر از گروه های مختلفی که به طور فعال روی تحقیقات سلول های بنیادی گیاه کار می کنند، هدف ما جمع آوری این روش های مهم است. این مجموعه از پروتکل های حیاتی برای رفع نیازهای دانشجویان، تکنسین ها و همچنین محققان پیشرفته که به موضوع تحقیق سلول های بنیادی در زیست شناسی گیاه می پردازند، از اهمیت عملی برخوردار خواهد بود.





## ساختار سلول

سلول گیاهی، دارای دیواره سلولی و غشای پلاسمایی است که سیتوپلاسم را محاصره می‌کنند. اندامک‌ها، توسط غشا محصور شده و در داخل سیتوپلاسم قرار دارند و توسط اسکلت سلولی پشتیبانی و منتقل می‌شود. هسته شامل دی‌ان‌ای و هستک است. بسیاری از سلول‌های گیاهی دارای یک واکوئل بزرگ هستند.

## غشا سلولی

دستگاه غشای درونی سلول، در ساخت و انتقال مواد دخیل است. هسته توسط پوشش هسته‌ای احاطه شده است. شبکه آندوپلاسمی به شبکه آندوپلاسمی درون هسته‌ای و شبکه آندوپلاسمی کورتونی بیرونی تقسیم می‌شود و ممکن است صاف یا خشن (با ریبوزوم پوشانده شده) باشد. مواد شبکه آندوپلاسمی در دستگاه گلژی تغییر شکل یافته و طبقه‌بندی می‌شوند و غشای پلاسمایی یا به واکوئل از طریق ویزیکول منتقل می‌شوند.

## اندامک‌های سلولی

میتوکندری، آدنوزین‌تری‌فسفات را از ذخایر غذایی، تولید می‌کند. کلروپلاست‌ها فتوسنتز را انجام می‌دهند. میکروبادی‌ها شامل پراکسیدوزهای حاوی کاتالاز و گلیوکسیوم‌های حاوی آنزیم‌های بیوسنتز لیپیدها هستند.

## دیواره سلول

دیواره سلول یک ساختار پویا و متابولیکی است که عمدتاً از کربوهیدرات تشکیل شده است. سلول‌های مجاور به وسیله پلاسمودسماتا به هم متصل شده‌اند، که غشاها را به دیواره وصل می‌کنند. همه چیز در غشای پلاسمای سیمپلاست است؛ در خارج از آن آپوپلاست است، که یک فضای نفوذپذیر به آب است و در آن مولکول‌های هیدروفیلکی (آب‌دوست) حل شده‌اند.

## ساختار سلول

سلول‌های گیاهی طیف وسیعی از اشکال و ساختارهای داخلی را بسته به عملکردشان نشان می‌دهند. سلول‌های دیگر مانند سلول‌های زایشی و سلول‌های آوندی ممکن است در ظاهر بسیار متفاوت باشند. ساختار سلول شامل یک دیواره سلولی در تماس نزدیک با غشای پلاسمای است که سیتوپلاسم را احاطه کرده، که از سیتوزول مایع و بسیاری از اندامک‌ها ساخته شده است. این اندام‌ها توسط یک شبکه‌ای از رشته‌های پروتئین ظریف (اسکلت سلولی) حمایت و منتقل می‌شوند، که شامل ریزلوله‌های

ساخته شده از پروتئین توبولین و میکروفیبرهای ساخته شده از پروتئین آتین هستند. هسته، شامل اطلاعات ژنتیکی در کروموزوم و هستک که حاوی تشکیلات برای تولید ریبوزوم است. در اغلب سلول-های گیاهی، یک واکوئل وجود دارد که می‌تواند تا ۹۰٪ حجم سلول را اشغال کند که توسط یک غشا تونوپلاست احاطه شده است. واکوئل شامل مواد قابل انحلال در آب است و در ذخیره سازی و تنظیم اسمزی اهمیت دارد.

### غشا سلولی

سلول حاوی یک سیستم غشایی است که سیستم غشایی درونی نام دارد و در سنتز و انتقال مواد درگیر است. هسته توسط دو غشاء، پوشش داخلی و بیرونی هسته‌ای، با منافذ هسته‌ای برای انتقال مواد، محصور شده است. پوشش خارجی هسته ممکن است به یک سیستم غشایی، شبکه‌ی آندوپلاسمی صاف (محل سنتز لیپیدها) یا خشن (پوشش داده شده با ریبوزوم‌ها، محل سنتز پروتئین)، متصل باشد. در سلول‌های گیاهی، شبکه‌ی آندوپلاسمی اغلب به شبکه‌ی آندوپلاسمی هسته‌ای (در اطراف هسته) و شبکه‌ی آندوپلاسمی پوششی (در محیط پیرامون سلول) تقسیم می‌شود. ماده از شبکه‌ی آندوپلاسمی به دستگاه گلژی، یک مجموعه از غشایی انباشته (سیترونا) که در آن تغییرات توسط آنزیم انجام می‌شود، منتقل می‌شود. ماده ساخته شده از دستگاه گلژی از طریق ویزیکول یا غشای پلازما یا تونوپلاست (غشای واکوئل) به مقصدشان می‌روند.

### اندامک‌های سلولی

سلول‌های گیاهی دارای دو اندام بزرگ سوخت و ساز انرژی هستند، یکی کلروپلاست، که در سلول-های حیوانی یافت نمی‌شود. دیگری میتوکندری توسط غشای دوگانه محصور شده و آدنوزین‌تری‌فسفات از ذخایر موادغذایی را تولید می‌کند. کلروپلاست‌ها متعلق به گروهی از اندامک‌های شناخته شده به عنوان پلاستیدها هستند. کلروپلاست‌ها فتوسنتزی با استفاده از انرژی نور خورشید و کربن از دی-اکسید کربن، کربوهیدرات را تولید می‌کنند. آمیلوپلاست، پلاستیدهای تغییر شکل یافته برای ذخیره نشاسته هستند. سلول‌های گیاهی همچنین حاوی میکروبادی‌هایی که اندام‌های کوچک متصل به غشا هستند. پراکسیزوم‌ها حاوی کاتالاز برای حذف پراکسید هیدروژن سمی تولید شده در متابولیسم هستند و گلیوکسیسوم‌ها حاوی برخی از آنزیم‌های بیوسنتز لیپیدها هستند.

### دیواره سلول

در اطراف سلول، دیوار سلولی وجود دارد که یک ساختار متابولیکی فعال و به طور مداوم تغییرپذیر است که عمدتاً از ساختار قوی از پلی‌ساکارید پیچیده تشکیل شده است. سلول‌های مجاور ممکن است توسط پلاسمودسماتا، اتصال درونی داشته باشند که منافذی در دیواره هستند در جایی که غشای