

دانشگاه ساری
پایه

مبانی بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی

دکتر محسن فرشادفر دکتر غلامرضا بخشی خانیکی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست

۱	فصل اول - تعاریف و کلیات
۱	۱-۱. تعریف بیوتکنولوژی گیاهی
۲	۲-۱. کاربرد فنی بیوتکنولوژی
۲	۳-۱. موضوع بیوتکنولوژی
۳	۴-۱. ژنوم گیاه
۳	۱-۴-۱. ژنوم هسته‌ای
۴	۲-۴-۱. ژنوم اندامک‌ها
۵	۵-۱. هدف بیوتکنولوژی
۵	۶-۱. اقسام بیوتکنولوژی
۶	۱-۶-۱. بیوتکنولوژی تولید مثل
۶	۲-۶-۱. ژنتیک سلول‌های سماتیکی
۷	۷-۱. ژنومیکس
۷	۱-۷-۱. نشانگرهای مولکولی
۷	۲-۷-۱. مهندسی ژنتیک (انتقال ژن)
۸	۸-۱. پروتئومیکس
۸	۱-۸-۱. پروتئومیکس چیست؟
۸	۲-۸-۱. اهداف پروتئومیکس
۹	۳-۸-۱. تاریخچه پروتئومیکس
۱۰	۴-۸-۱. اهمیت و کاربرد پروتئومیکس
۱۰	۵-۸-۱. انواع پروتئومیکس
۱۱	۶-۸-۱. تکنولوژی پروتئومیکس
۱۲	۹-۱. تاریخچه بیوتکنولوژی گیاهی
۱۵	۱۰-۱. تعریف کشت بافت گیاهی
۱۶	۱-۱۰-۱. اهمیت کشت بافت
۱۶	۱۱-۱. سلول گیاهی

۱۸	۱-۱۱-۱. اجزاء سلول گیاهی
۲۵	۱-۱۲. رشد و نمو و تمایز

۳۱ فصل دوم - انواع کشت بافت اندام‌های جنسی گیاهان

۳۱	۱-۲. بیوتکنولوژی اندام‌های جنسی
۳۲	۲-۲. کشت گل
۳۲	۳-۲. کشت تخمدان
۳۴	۴-۲. کشت تخمک
۳۵	۵-۲. کشت آندوسپرم
۳۶	۶-۲. کشت بافت نوسل (خورش)
۳۶	۷-۲. کشت بساک
۴۳	۸-۲. کشت میکروسپور
۴۵	۱-۸-۲. مزایای کشت میکروسپور
۴۵	۲-۸-۲. کشت گامت‌های منفرد جدا شده
۴۶	۹-۲. کشت جنین
۴۸	۱-۹-۲. روش کشت جنین
۴۹	۲-۹-۲. کاربرد کشت جنین
۴۹	۳-۹-۲. اصول روش بلبوزوم
۵۰	۱۰-۲. گرده‌افشانی و لقاح در شیشه
۵۲	۱-۱۰-۲. تولید گیاهان تتراپلوئید و تریپلوئید، القای حذف کروموزومی
۵۴	۱۱-۲. کلیات کاربرد کشت بافت گیاهی در بیماری شناسی گیاهی
۵۶	۱-۱۱-۲. حمل و نقل مواد گیاهی عاری از بیماری
۵۸	۱۲-۲. بانک ژن درون شیشه
۶۲	۱-۱۲-۲. روش نگهداری کشت بافت
۶۲	۲-۱۲-۲. مزایای نگهداری به‌صورت درون شیشه
۶۳	۳-۱۲-۲. نگهداری به‌صورت فرا سرد
۶۸	۴-۱۲. تکثیر انبوه و تجاری سیب‌زمینی

۷۳ فصل سوم - آزمایشگاه کشت بافت و تکنیک‌های عمومی

۷۳	۱-۳. مقدمه
۷۴	۲-۳. ظروف کشت
۷۶	۳-۳. اتاق کشت
۷۸	۴-۳. تکنیک‌های موردنیاز در کشت بافت گیاهی
۷۸	۱-۴-۳. شستشوی ظروف
۷۸	۲-۴-۳. استریل کردن
۷۹	۳-۴-۳. استریل کردن با اتوکلاو
۸۳	۴-۴-۳. استریل کردن با تابش
۸۳	۵-۴-۳. استریل کردن با فیلتر
۸۴	۶-۴-۳. استریل کردن در مکان‌های کوچک (مدرسه یا منزل)

۸۹	فصل چهارم - آماده سازی و ترکیب محیط کشت
۸۹	۱-۴. مقدمه
۹۰	۲-۴. ساختار ژنتیکی
۹۰	۳-۴. عناصر غذایی
۹۰	۱-۳-۴. عوامل فیزیکی
۹۰	۲-۳-۴. مواد آلی
۹۳	۴-۴. آماده سازی
۹۵	۵-۴. عوامل مؤثر در انتخاب محیط کشت،
۹۶	۶-۴. ترکیب محیط کشت
۹۷	۲-۶-۴. آگار
۱۰۲	۳-۶-۴. قند
۱۰۳	۷-۴. مواد معدنی غذایی
۱۰۵	۱-۷-۴. اسیدیته (pH)
۱۰۷	۲-۷-۴. پتانسیل اسمزی
۱۰۸	۸-۴. تنظیم کننده های رشد و هورمون های گیاهی
۱۱۱	۱-۸-۴. اثرات فیزیولوژیکی آبسیزیک اسید
۱۱۵	۸-۴. اثر اکسین بر رشد سلول
۱۱۸	۱-۸-۴. اکسین های سنتتیک
۱۱۹	۲-۸-۴. جایگاه های عمل اکسین
۱۱۹	۳-۸-۴. اثرات اکسین بر نوکلئیک اسید و متابولیسم پروتئین
۱۲۰	۴-۸-۴. واکنش های سریع به اکسین
۱۲۱	۹-۴. سیتوکینین
۱۲۱	۱-۹-۴. اثرات فیزیولوژیکی سیتوکینین ها
۱۲۲	۲-۹-۴. مکانیسم عمل سیتوکینین ها
۱۲۳	۱۰-۴. جیبرلین ها
۱۲۳	۱-۱۰-۴. اثرات فیزیولوژیکی جیبرلین
۱۲۷	۱۱-۴. سایر تنظیم کننده ها
۱۲۸	۲-۱۱-۴. اتیلن
۱۳۱	۱۲-۴. ویتامین ها
۱۳۲	۱۳-۴. سایر مواد متفرقه
۱۳۲	۱-۱۳-۴. پلی آمین ها
۱۳۳	۲-۱۳-۴. فنیل اوره و مشتقات آن
۱۳۳	۳-۱۳-۴. ترکیباتی که منشأ گیاهی دارند
۱۳۴	۴-۱۳-۴. مخلوط ترکیبات ازت دار، و حاوی ویتامین ها
۱۳۴	۵-۱۳-۴. اسیدهای آمینه، به عنوان منبع ازت
۱۳۵	۶-۱۳-۴. آدنین (سولفات)
۱۳۵	۷-۱۳-۴. زغال فعال
۱۳۸	۱۴-۴. نگهداری محیط کشت ماده غذایی

۱۴۳	فصل پنجم - ریزازدیادی (تولیدمثل غیرجنسی)
۱۴۳	۱-۵. مقدمه
۱۴۴	۲-۵. ریزازدیادی (تکثیر کلونی در شیشه)
۱۴۶	۳-۵. روش‌های تکثیر گیاهان به‌وسیله کشت بافت
۱۴۶	۱-۳-۵. جوانه جانبی
۱۴۶	۲-۳-۵. کشت جوانه انتهایی
۱۴۷	۳-۳-۵. کشت گره (کشت اندام هوایی)
۱۴۷	۴-۳-۵. اندام‌های هوایی نابجا
۱۴۸	۵-۳-۵. بذر مصنوعی یا جنین‌های سماتیکی
۱۴۸	۶-۳-۵. پایداری ژنتیکی
۱۴۹	۷-۳-۵. شیشه‌ای شدن
۱۴۹	۴-۵. روش‌های تجاری ریزازدیادی رویشی
۱۵۰	۱-۴-۵. مراحل ریزازدیادی
۱۶۰	۵-۵. ریز ازدیادی تجارتي
۱۶۱	۱-۵-۵. مثال‌هایی از ریزازدیادی تجارتي گیاهان

۱۶۹	فصل ششم - تولید گیاهان عاری از بیماری
۱۶۹	۱-۶. مقدمه
۱۷۰	۲-۶. روش‌های تولید گیاهان عاری از ویروس
۱۷۰	۱-۲-۶. انتخاب. انتخاب مشاهده‌ای گیاهان عاری از علائم ویروسی
۱۷۰	۲-۲-۶. تیمار حرارتی (شوگ حرارتی).
۱۷۱	۳-۲-۶. تیمار سرما (شوگ سرما).
۱۷۱	۴-۲-۶. الکتروتراپی و شیموتراپی
۱۷۲	۵-۲-۶. تشکیل اندام هوایی نابجا، و سپس کشت مریستم
۱۷۲	۶-۲-۶. پیوند مریستم روی پایه‌های عاری از ویروس (ریزپیوندی)
۱۷۴	۷-۲-۶. کشت مریستم
۱۸۰	۸-۲-۶. استفاده از گرما و کشت مریستم
۱۸۲	۹-۲-۶. تولید گیاهان عاری از ویروس، به‌وسیله کشت کالوس و پروتوپلاست
۱۸۳	۱۰-۲-۶. پیوند مریستم روی پایه‌ها (گیاهچه‌های) عاری از ویروس (ریزپیوندی)
۱۸۴	۱۱-۲-۶. شیمی درمانی ضدویروس
۱۸۴	۱۲-۲-۶. شناسایی ویروس
۱۸۶	۱۳-۲-۶. تولید گیاهان عاری از باکتری و قارچ به‌وسیله کشت مریستم

۱۹۱	فصل هفتم - کلیات مهندسی ژنتیک
۱۹۱	۱-۷. مقدمه
۱۹۲	۲-۷. انتقال ژن
۱۹۴	۳-۷. روش‌های انتقال ژن
۱۹۶	۴-۷. انتقال ژن با استفاده از سیستم بیولوژیکی آگروباکتریوم
۲۰۱	۵-۷. انتقال ژن با استفاده از بمباران ذره‌ای

۲۰۳	۶-۷. انتقال ژن با استفاده از ریزتزریقی
۲۰۴	۷-۷. انتقال ژن با استفاده از لیپوزومها
۲۰۴	۸-۷. الکتروپوریشن
۲۰۵	۹-۷. جذب مستقیم DNA
۲۰۵	۱۰-۷. درشت تزریقی
۲۰۵	۱۱-۷. نقش بیوتکنولوژی در اصلاح نباتات
۲۰۵	۱-۱۱-۷. انواع گیاهان تراریخته
۲۰۶	۲-۱۱-۷. مقاومت به تنش های زیستی نظیر آفات و بیماری ها
۲۰۷	۳-۱۱-۷. مقاومت به ویروس ها
۲۱۰	۴-۱۱-۷. مقاومت به قارچ ها
۲۱۲	۵-۱۱-۷. مقاومت به باکتری ها
۲۱۳	۶-۱۱-۷. مقاومت به آفات
۲۱۶	۷-۱۱-۷. مقاومت به نماتدها
۲۱۷	۸-۱۱-۷. مقاومت به علف کش ها
۲۱۹	۱۲-۷. مقاومت به تنش های غیرزیستی
۲۲۱	۱۳-۷. کاربرد مهندسی ژنتیک برای افزایش عملکرد و بهبود راندمان گیاهی
۲۲۳	۱۴-۷. کاربرد مهندسی ژنتیک برای افزایش کیفیت
۲۲۸	۱۵-۷. کاربرد مهندسی ژنتیک برای تولید فراورده های تجاری و صنعتی
۲۳۱	۱۶-۷. کاربرد بیوتکنولوژی برای تولید فراورده های دارویی و واکسن های خوراکی
۲۳۴	۱۷-۷. کاربرد بیوتکنولوژی برای پالایش محیط زیست و حفاظت از آن

۲۴۱ فصل هشتم - جنبه های اخلاقی و زیست محیطی بیوتکنولوژی

۲۴۱	۱-۸. مقدمه
۲۴۲	۲-۸. تولید آفات مقاوم
۲۴۲	۳-۸. تأثیر بر تنوع زیستی
۲۴۳	۴-۸. تبادل ژنتیکی گیاه زراعی با علف هرز و تولید ابر علف هرزها
۲۴۴	۵-۸. گیاهان تراریخته و امنیت غذایی
۲۴۴	۶-۸. اثرات اجتماعی و اقتصادی

۲۴۷ منابع

پیشگفتار

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 آل‌محمد (عج)، تأمین استقلال علمی جامعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل بر عهده کارشناسان، متخصصان و اساتید 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 منبع معتبر به رشته تحریر در آورند تا مورد استفاده دانش‌پژوهان، دانشجویان، محققان و اساتید 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، زیست فناوری (بیوتکنولوژی) و نانوتکنولوژی مبنای پیشرفت کشاورزی، دامپروری، زیست‌شناسی و پزشکی است، بنابراین اهمیت دانستن این علوم و استفاده کاربردی از آنها برای توسعه پایدار و دستیابی به خودکفایی علمی که زیر بنای استقلال کشور است، بر کسی پوشیده نیست. کتاب مبانی بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی از جمله کتاب‌هایی است که به‌عنوان منبع درسی برای دانشجویان دانشگاه پیام‌نور به رشته

تحریر درآمده است. در این کتاب سعی شده است مطالب مربوط به بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی در حد دو واحد درسی مورد بحث قرار گیرد. دانشجویان در این کتاب با تقسیم‌بندی‌های بیوتکنولوژی، جایگاه کشت بافت و مهندسی ژنتیک، تعریف اصطلاحات، کاربرد بخش‌های مختلف کشت بافت و مهندسی ژنتیک در کشاورزی، با آزمایشگاه‌های کشت بافت، تهیه مواد کشت بافت و در نهایت مبانی اخلاق در بیوتکنولوژی آشنا خواهند شد. این کتاب برای دانشجویان رشته‌های مختلف کشاورزی، زیست‌شناسی، بیوتکنولوژی و پزشکی نیز قابل استفاده می‌باشد. با توجه به این که کتاب حاضر عاری از نقص نیست، بنابراین از کلیه کسانی که با پیشنهادات سازنده خود ما را در رفع این نواقص یاری نمایند، سپاسگزاری می‌نماییم. در پایان از کلیه کسانی که در تهیه، تدوین، حروف‌چینی، چاپ و انتشارات دانشگاه پیام‌نور، که مؤلفین را یاری نمودند 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: استادیار دانشگاه پیام‌نور
غلامرضا بخشی خانیکی: استاد دانشگاه پیام‌نور

فصل اول

تعاریف و کلیات

اهداف یادگیری

بیوتکنولوژی گیاهی یا زیست فناوری گیاهی با توجه به اینکه علم جدیدی می باشد و دامنه فعالیت های آن بسیار وسیع می باشد. لذا در این علم اصطلاحات جدید و اختصاصی به وفور وجود دارد. که جهت فعالیت در این حوزه محقق باید با معانی اصطلاحات و حوزه های آن آشنایی کافی داشته باشد. اهداف این بخش عبارتند از:

۱. تعریف بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی

۲. انواع بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی

۳. تاریخچه بیوتکنولوژی و کشت بافت گیاهی

۵. آشنایی با ژنومیکس و پروتئومیکس

۴. اجزاء سلول

۱-۱. تعریف بیوتکنولوژی گیاهی^۱

برطبق تعریف سازمان خواربار جهانی (فائو)، بیوتکنولوژی شامل هر نوع استفاده تکنیکی از سیستم های بیولوژیکی، ارگانیسم های زنده و یا مشتقات آنها، به منظور ایجاد و تغییر فرآورده ها جهت مصارف خاص می باشد.

تعریف فدراسیون بیوتکنولوژی اروپا از بیوتکنولوژی شامل استفاده تلفیقی از علوم بیوشیمی، میکروبیولوژی و مهندسی به منظور نائل شدن به استفاده صنعتی از

قابلیت میکروارگانیسم‌ها، سلول‌های کشت شده و اجزای متعلق به آنها می‌باشد. فرهنگستان علوم ایالات متحده، بیوتکنولوژی را به‌عنوان استفاده کنترل شده از عوامل بیولوژیکی نظیر میکروارگانیسم‌ها یا اجزای سلولی برای استفاده مفید از آنها تعریف می‌کند. در مجموع می‌توان گفت بیوتکنولوژی شامل هر تکنیکی است که از ارگانیسم‌های زنده و یا بخشی از آنها برای تولید و تغییر فرآورده‌های خاص استفاده می‌کند، تا حیوانات و گیاهان را بهبود بخشیده و یا میکروارگانیسم‌ها را برای مصارف خاص توسعه دهد.

بیوتکنولوژی گیاهی عبارت از تغییر در اطلاعات ژنتیکی گیاهان، سلول‌ها یا اندام‌های گیاهی و استفاده کاربردی از ظرفیت‌های به‌دست آمده می‌باشد. طبق تعریف مذکور بیوتکنولوژی شامل دو قسمت دستکاری ژنتیکی^۱ و کاربرد فنی آن^۲ می‌باشد.

۲-۱. کاربرد فنی بیوتکنولوژی

از بیوتکنولوژی در اصلاح نباتات، حفظ نباتات و تکثیر نباتات استفاده می‌شود که بعداً به‌طور مفصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۳-۱. موضوع بیوتکنولوژی

علم بیوتکنولوژی روی سلول گیاه و اسیدهای نوکلئیک آن (هسته‌ای، اورگانل‌ها) بحث می‌کند. سلول کوچک‌ترین جزء گیاه است که دارای قدرت توتی‌پوتنسی^۳ است. اصطلاح توتی‌پوتنسی دارای دو معنی زیر است.

الف) در ژنتیک: منظور کلیه اطلاعات ژنتیکی است که یک گیاه کامل را نشان می‌دهد.

ب) در بیوتکنولوژی: منظور از توتی‌پوتنسی ظرفیت تولید یک گیاه کامل است (شکل‌زایی)^۴.

تذکر این نکته لازم است که گاهی اوقات به علم بیوتکنولوژی مهندسی ژنتیک

1. Genetic manipulation
2. Technological utilization
3. Totipotency
4. Morphogenesis

تعاریف و کلیات ۳

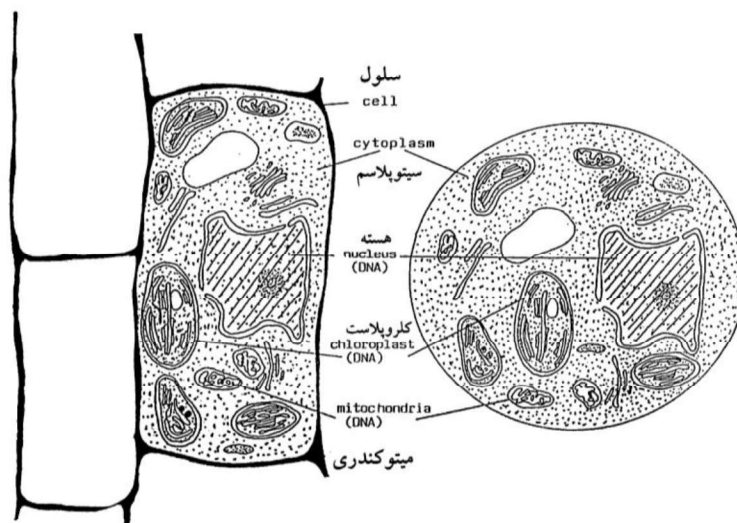
گفته می‌شود که می‌توان آن را مهندسی ژنتیک به معنی عام کلمه در نظر گرفت و با مهندسی ژنتیک به معنی خاص که روی اسیدهای نوکلئیک (DNA و RNA) کار می‌کند فرق دارد و در واقع باید گفت که مهندسی ژنتیک به معنی خاص جزئی از مهندسی ژنتیک به معنی عام یعنی بیوتکنولوژی است. جزئیات بیشتر و تقسیم بندی‌های مختلف از دیدگاههای متفاوت جمع‌بندی شده است (آنیان‌اسریک ۲۰۱۲).

۴-۱. ژنوم گیاه

از نظر ژنتیکی، ژنوم گیاه بسیار پیچیده است و شامل سه نوع ژنوم است که با یکدیگر کنش و واکنش دارند (شکل ۱-۱). علاوه بر ژنوم هسته، سیستم‌های کامل ژنتیکی در پلاستیدها و میتوکندری نیز قرار دارند. این اندامک‌ها اجسام غیریکنواختی هستند و هر یک دارای ساختار و کارکرد ویژه‌ای است. این اندامک‌ها قادر نیستند که کل پروتئین خود را بسازند. ژنوم هسته اهمیت زیادی در بیوسنتز اندامک‌ها دارد. اندازه ژنوم گیاهان بین 5×10^5 تا 5×10^7 kbp (کیلوباز است (هسکی، ۱۹۹۴).

۱-۴-۱. ژنوم هسته‌ای^۱

ژنوم یک مجموعه کامل کروموزوم است که در هسته یک گونه 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. ژنوم یک گیاه عالی معمولاً دارای 5×10^9 (bp) جفت باز DNA در یک مجموعه کروموزومی هاپلوئید است. این مقدار حدود ۳۰۰۰۰ برابر DNA موجود در ژنوم کلروپلاست و ۱۰۰۰۰ برابر DNA ژنوم میتوکندری است و به علاوه ۱۰۰۰ برابر بیشتر از DNA موجود در باکتری E. coli است. اگر ژنوم یک گیاه عالی با 5×10^9 جفت باز را باز کنیم حدود ۳ 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 هستند.



شکل ۱-۱ واکنش انواع ژنوم با یکدیگر
(نمای سلول گیاه و پروتوپلاست با توجه به DNA)

ژنوم هسته شامل اینترون (توالی بدون رمز) و آگزون (توالی رمزکننده) است. فقط ۵ درصد از DNA موجود در هسته در یک زمان و برای تولید پروتئین به کار می‌رود. بنابراین مقدار کمی DNA دارای فعالیت ژنتیکی در یک گیاه کامل است. وضعیت ژنوم گیاهان را می‌توان در شکل‌های ۱-۲ و ۱-۳ مشاهده کرد.

۱-۴-۲. ژنوم اندامک‌ها

DNA موجود در اندامک‌ها دایره‌ای است و معمولاً از هر ژنوم ۱۰-۵ نسخه وجود دارد. نسخه اورگانل‌ها با سطح پلوئیدی آنها ارتباطی ندارد و طول آنها بین ۲۰۰-۵ kb است که تعداد ژن‌های آن ۲۰۰-۱۰۰ می‌باشد. از اندامک‌های موجود در سلول ۲۰۰-۱۰۰ عدد آن میتوکندری و ۵۰-۲۰ عدد آن کلروپلاست است. بیشتر پروتئین‌های کلروپلاست توسط DNA هسته سنتز می‌شود و حدود ۱۰۰ پروتئین مخصوص کلروپلاست توسط DNA کلروپلاست ساخته می‌شود. ژنوم میتوکندری‌های گیاهی خیلی بزرگ است و بیشتر ژنوم میتوکندری DNA ی است که کد نمی‌کند. میتوکندری گیاهی tRNA و rRNA خود را کد می‌کند.

۵-۱. هدف بیوتکنولوژی

هدف از بیوتکنولوژی تولید ژنوتیپ‌های جدید دارای ارزش اقتصادی با استفاده از روش‌های مختلف دستکاری ژن‌ها می‌باشد. منظور از دستکاری ژنتیکی روش‌های انتقال ژن، ژنتیک سلولی و تولیدمثل است که بایستی در تغییر یا تثبیت اطلاعات ژنتیکی DNA گیاه به کار گرفته شود.

۶-۱. اقسام بیوتکنولوژی

به طور کلی می‌توان روش‌های مختلف بیوتکنولوژی را به پنج قسم تقسیم نمود:

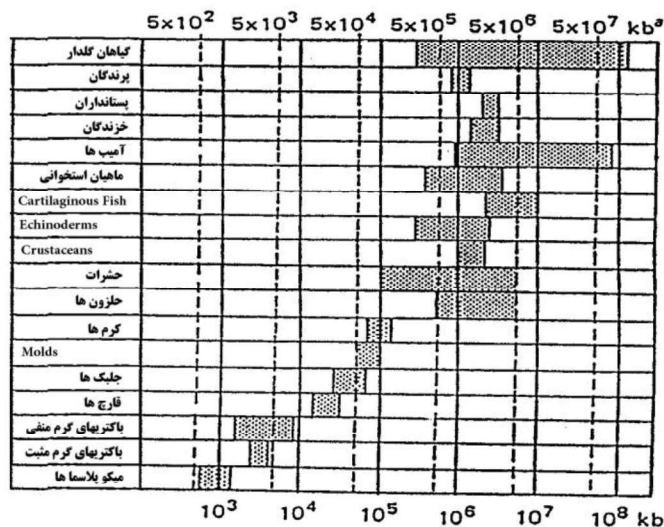
الف) بیوتکنولوژی تولیدمثل (جنسی، غیرجنسی)

ب) ژنتیک سلول‌های بدنی (سماتیکی)

ج) مهندسی ژنتیک

د) ژنومیکس^۱

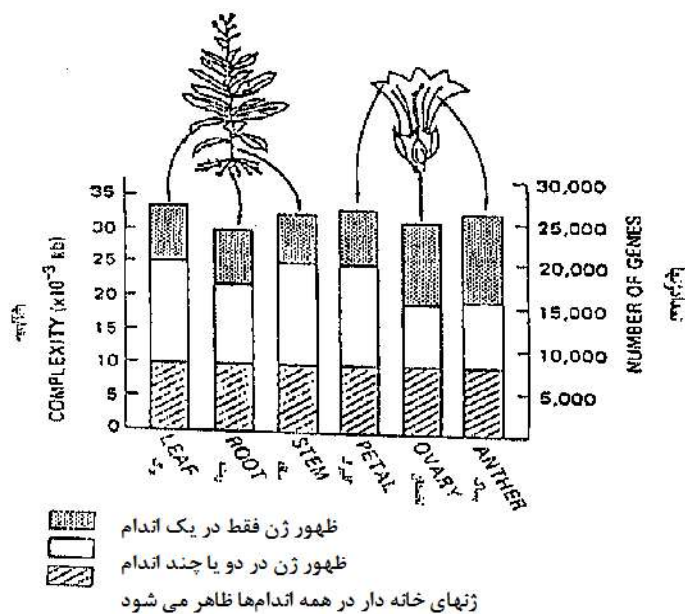
ه) پروتئومیکس^۲



شکل ۱-۲ مقایسه اندازه ژنوم گیاهی ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ برابر بزرگ‌تر از ژنوم‌های باکتریایی هستند (هسکی ۱۹۹۴).

1. Genomics

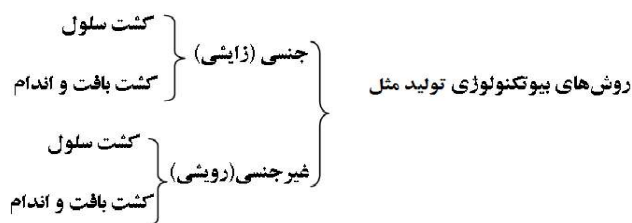
2. Proteomics



شکل ۳-۱ ظهور ژن در گیاهان عالی (بعضی از ژن‌ها در اعضاء به خصوصی از گیاهان ظاهر می شود و بعضی دیگر در کلیه اعضاء گیاه ظاهر می شوند). (هسکی، ۱۹۹۴).

۱-۶-۱. بیوتکنولوژی تولید مثل

بیوتکنولوژی تولید مثل از دستکاری گیاه در جریان تولیدمثل به وسیله کشت بافت و اندام در شیشه می باشد. این دستکاری در واقع یک دستکاری غیرمستقیم است زیرا در سطح بافت و سایر اندامهای گیاه کاری انجام می گیرد، و مستقیماً با خود DNA سر و کار ندارد. روش های بیوتکنولوژی تولیدمثل را می توان به صورت زیر خلاصه نمود.



۱-۶-۲. ژنتیک سلول های سماتیکی

ژنتیک سلول های سماتیکی: دستکاری گیاه در سطح سلول در کشت های سلولی و

تعاریف و کلیات ۷

پروتوپلاست^۱ در شیشه می‌باشد. این روش نیز یک روش غیرمستقیم است زیرا با سلول سر و کار دارد و مستقیماً با خود DNA کاری دارد. روش‌های ژنتیک سلول‌های سماتیکی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد.



۷-۱. ژنومیکس

۱-۷-۱. نشانگرهای مولکولی^۲

در برنامه‌های اصلاح نباتات معمولاً انتخاب براساس فنوتیپ صورت می‌گیرد. به دلیل تغییر عوامل محیطی و پیچیدگی وراثت صفات چندژنی، اگر انتخاب صرفاً براساس ارزیابی‌های فنوتیپی صورت گیرد، ممکن است سودمندی عمل انتخاب کاهش یابد. در اوایل قرن بیستم استفاده از چندشکلی ژن‌ها به منظور آسان‌سازی برنامه‌های اصلاحی پیشنهاد گردید. پژوهشگران اصلاح نباتات در پی یافتن نشانگرهای ژنتیکی بودند که با صفات مورد نظر پیوستگی نشان دهند. از این نشانگرها می‌توان به عنوان معیارهای غیرمستقیم انتخاب استفاده کرد. به طور کلی برای تعیین چندشکلی از نشانگرهای زیر استفاده می‌شود که هر یک دارای محاسن و معایب خاص خود هستند.

- نشانگرهای مرفولوژیکی
- نشانگرهای سیتوژنتیکی
- نشانگرهای بیوشیمیایی
- نشانگرهای مولکولی

۱-۷-۲. مهندسی ژنتیک (انتقال ژن)

دستکاری گیاه در سطح مولکولی (DNA) به وسیله مهندسی ژنتیک می‌باشد. این روش

1. Protoplast culture
2. Molecular markers

یک روش مستقیم است، زیرا مستقیماً با خود DNA سر و کار دارد. تکنیک‌های مهندسی ژنتیک را با عناوین مختلفی از قبیل: نوترکیبی^۱، مهندسی ژنتیک^۲، دستکاری ژن^۳، تکنولوژی ژن نامگذاری کرده‌اند که همگی به مصداق واحدی اشاره دارند.

۸-۱. پروتئومیکس

۱-۸-۱. پروتئومیکس^۴ چیست؟

پروتئومیکس عبارت از تجزیه کل پروتئین‌های بیان شده به وسیله یک ژنوم یا یک نوع سلول یا بافت، کلمه پروتئومیکس از کلمه پروتئوم که با کلمه ژنوم همخوانی دارد تشکیل شده است.

کلمه پروتئوم، برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ به عنوان یک معادل زبانی با مفهوم ژنوم، برای توصیف کل پروتئین‌هایی که به وسیله ژنوم در طول زندگی یک سلول بیان می‌شوند و سپس به دنبال بیان، اصلاح می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین در یک مقیاس کوچک‌تر برای توصیف کل پروتئین‌های بیان شده به وسیله یک سلول در یک زمان واحد مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف پروتئومیکس شرحی جامع و کمی از بیان پروتئین و تغییرات آن تحت تأثیر اختلالات بیولوژیکی همچون بیماری و یا تیمارهای دارویی می‌باشد. آنالیز کمی داده‌های حاصل از بیان پروتئین با استفاده از روش دقیق، منجر به ایجاد کلمه همولوژی شده است، این کلمه در روشن شدن ساختار اساسی کنترل و تنظیم بیان ژن در شرایط زنده کمک می‌کند. اصطلاح پروتئومیکس توسط یاتس در سال ۲۰۰۱ برای تحلیل و شناسایی پروتئین‌ها و برهم کنش‌های پروتئین و تغییرات پروتئینی در یک اورگانیزم به کار رفت (فرشادفر، ۱۳۸۹).

۲-۸-۱. اهداف پروتئومیکس

پروتئومیکس قادر به فراهم‌آوری توضیحات مولکولی بسیار دقیق و با جزئیات زیاد از وضعیت یک سلول یا بافت باشد. پروتئومیکس حالتی را فراهم می‌آورد که شرایط خارجی

1. Recombination
2. Genetic engineering
3. Gene manipulation
۴-Proteomics

تعاریف و کلیات ۹

تعیین‌کننده این وضعیت، به‌دقت مشخص شوند. در جواب به این سؤال که آیا مطالعه پروتئوم‌ها برای آنالیز سیستم‌های مولکولی زیستی ضروری است، مدارکی وجود دارد که آنالیز فرآورده‌های پروتئینی بالغ، در سلول‌ها ضروری است چون سطوح متعددی از کنترل سنتز پروتئین، تجزیه، پردازش و اصلاح وجود دارند که تنها به‌وسیله آنالیز پروتئین ظاهر می‌شوند. اهداف کلی در سه دسته خلاصه شده‌اند:

- به‌دست آوردن یک دیدگاه جامع و کامل‌تر از حیات به‌وسیله مطالعه پروتئین‌های یک سلول به جای بررسی تک‌تک آنها به‌صورت جداگانه است.
- پروتئومیکس امکان شناسایی مکانیزم‌های تحمل در گیاهان زراعی و وحشی را از طریق شناسایی پروتئین‌های دخیل در این مکانیزم‌ها فراهم می‌آورد. با جمع‌آوری مکانیزم‌های تحمل در گیاهان زراعی مطلوب می‌توان در جهت ایجاد گیاهان متحمل به تنش‌های محیطی مختلف گام برداشت.
- پروتئومیکس نه تنها به شناسایی همه پروتئین‌ها در یک سلول کمک می‌کند، بلکه به ایجاد یک نقشه سه‌بعدی از سلول می‌انجامد که مشخص می‌کند هر پروتئین در کجا به چه مقدار و در همسایگی چه پروتئین‌های دیگری قرار گرفته است.

۱-۸-۳. تاریخچه پروتئومیکس

اولین مطالعات پروتئین که پروتئومیکس نامیده شد از سال ۱۹۷۵ با معرفی الکتروفورز دو بعدی که به ترتیب بر روی نقشه‌برداری از پروتئین‌های *E. coli* موش و خوکچه هندی آغاز شد. با وجود اینکه تعداد زیادی پروتئین در این روش از هم جدا می‌گردید ولی امکان شناسایی آنها وجود نداشت. همچنین این تکنیک از تکرارپذیری مناسبی برخوردار نبود. بنابراین هر چند توسعه تکنیک الکتروفورز دو بعدی گام مهمی به جلو بود ولی علم پروتئومیکس تا زمانی که دانشمندان قادر به شناسایی پروتئین‌های جدا شده نبودند توسعه نیافت. یکی از مهمترین پیشرفت‌هایی که در شناسایی پروتئین‌ها صورت گرفت تکنولوژی MS بود. در سال ۱۹۸۴، جرج و همکاران با ایجاد اصلاحات مهمی در بعد اول الکتروفورز دو بعدی (2DE) پروتکل پایه‌ای را برای استفاده از شیب‌های pH ثابت شده یا IPGs ارائه دادند. این روش به‌طور قابل ملاحظه‌ای قدرت تفکیک‌پذیری و تکرارپذیری 2DE را بالا برده و امکان بارگیری مقادیر بیشتری پروتئین

را بر روی هر ژل فراهم ساخته است.

۱-۸-۴. اهمیت و کاربرد پروتئومیکس

بسیاری از اطلاعات را نمی‌توان تنها با مطالعه بر روی ژنها به‌دست آورد. پروتئین‌ها (و نه ژن‌ها) مسئول ایجاد فنوتیپ سلولی هستند و مکانیسم امراض، پیری و اثرات محیطی را مستقیماً از داده‌های ژنومی نمی‌توان استنباط کرد بنابراین از طریق مطالعه پروتئین‌ها است که می‌توان تغییرات پروتئینی را مطالعه کرده و خصوصیات آنها بررسی و هدف‌های دارویی را از طریق آنها مشخص کرد. در بسیاری از موارد نمی‌توان سطح بیان یک پروتئین را روی سطح بیان mRNA آن پیش‌بینی کرد. مطالعات نشان داده که در بعضی موارد بین میزان بیان یک ژن mRNA حاصل از آن و میزان پروتئین تولید شده رابطه مستقیمی وجود ندارد. به عبارت دیگر ممکن است میزان mRNA تولید شده کم باشد ولی میزان پروتئین تولیدشده از آن بالا باشد. تفسیر ژنوم، مطالعه پروتئین، شناسایی عملکرد پروتئین، شناسایی تغییرات پروتئین، استقرار پروتئین و شناسایی اثر متقابل پروتئین - پروتئین از جمله کاربردهای پروتئومیکس می‌باشد (فرشادفر، ۱۳۸۹).

۱-۸-۵. انواع پروتئومیکس

- پروتئومیکس ساختاری: مطالعاتی که هدف آن نقشه‌برداری سه بعدی از ساختار مجموعه‌های پروتئینی با پروتئین‌های حاضر در یک اندامک ویژه سلولی است به‌عنوان پروتئومیکس ساختاری یا نقشه سلولی شناخته شده است. تلاش پروتئومیکس ساختاری بر روی شناسایی همه پروتئین‌های داخل یک کمپلکس یا اندامک و تعیین موقعیت قرارگیری آنها و خصوصیات برمکنش‌های آنها با دیگر پروتئین‌ها متمرکز شده است. نمونه‌ای از این کار مطالعه‌ای بود که اخیراً بر روی کمپلکس‌های پروتئینی منافذ هسته انجام شد و با استفاده از خالص‌سازی و جداسازی اختصاصی اندامک درون سلولی یا کمپلکس‌های پروتئینی درون سلول می‌توان مطالعات پروتئومیکس را تا حدی زیادی آسان کرد. اطلاعات به‌دست آمده از این مطالعات به ما کمک می‌کند تا با کنار هم چیدن آنها به درک بهتری از یک معماری پی ببریم و مطلع شویم چگونه بیان یک پروتئین ویژه به سلول یک ویژگی خاص و منحصر به فرد می‌بخشد.

- پروتئومیکس بیان پروتئین: مطالعه تفاوت بین پروتئین‌ها از نظر کمی در دونه نمونه مختلف که بر اثر شرایط متفاوتی مانند بیماری، تاثیر تیمار، شرایط محیطی و غیره ایجاد شده است را پروتئومیکس بیان پروتئین می‌گویند. که شامل شناسایی و مطالعه تمام پروتئین‌های کد شده در ژنوم از لحاظ کمی و ارزیابی پروتئین‌ها از نظر محل و تغییرات پس از ترجمه می‌باشد. اطلاعات حاصله از این روش می‌تواند موجب شناسایی پروتئین‌های جدید بشود که در فرایندهای مختلفی مانند انتقال اطلاعات نقش دارند. همچنین از این روش می‌توان برای شناسایی پروتئین‌های اختصاصی بیماری‌ها و استفاده از آنها به عنوان مارکر تشخیصی بهره برد.

- پروتئومیکس کارکردی: پروتئومیکس کارکردی یک اصطلاح عام و کلی برای اطلاق به بسیاری از مطالعات پروتئینی است که در آن از روش‌های ویژه و هدفمند برای جداسازی قسمت‌های خاص یک پروتئوم و مطالعه آن استفاده می‌شود. برای مثال می‌توان بخش‌هایی از یک پروتئوم را با استفاده از کروماتوگرافی از هم تفکیک کرد که این بخش‌ها می‌تواند یک کمپلکس پروتئینی، پروتئینی‌هایی با یک خاصیت مشترک فیزیوشیمیایی و یا پروتئین‌هایی که با یک لیگاند یا داروی خاص واکنش می‌دهند باشد. داده‌های حاصل از این مطالعات می‌توانند اطلاعات بسیار مفیدی از نحوه انتقال اطلاعات، سیگنال تک پروتئینی، مکانیسم‌های بیماری‌ها واکنش‌های بین دارو و پروتئین در اختیار ما قرار دهد.

۱-۸-۶. تکنولوژی پروتئومیکس

اساس یک پروژه پروتئومیکس تبدیل یک پروتئین به پپتید، به دست آوردن توالی و وزن مولکولی پپتیدها و شناسایی پروتئین مربوطه از طریق تطابق نتایج با داده‌های بانک‌های اطلاعاتی می‌باشد. با توجه به آنچه گفته شد ما برای انجام کار به این ابزار و تکنیک‌ها- ی زیر نیازمندیم:

- ابزارهای جداسازی پروتئین‌های
- ابزارها یا تکنیک‌های مورد نیاز برای شناسایی پروتئین‌ها
- پایگاه‌های اطلاعاتی به توالی ژنوم و پروتئوم

- نرم‌افزارهایی که بتوانند داده‌های ناشی از تکنیک‌های گروه اول و دوم را با اطلاعات موجود در بانک‌های اطلاعاتی مقایسه و تفسیر کنند.

۱-۹. تاریخچه بیوتکنولوژی گیاهی

اکثر منابع تاریخچه بیوتکنولوژی توسط هسکی (۱۹۹۴) گردآوری و ارائه شده است. در سال ۱۸۳۸ شوان و شلیدن، تئوری توتیپوتنسی^۱ را ارائه نمودند، براساس این تئوری، هر سلول، مستقل بوده و در اصل، قادر به تولید یک گیاه کامل است. در واقع، تئوری آنها، پایه و اساس کشت بافت و سلول گیاهی بود. اولین تلاش بوسیله هابرلند در سال ۱۹۰۲ انجام شد ولی او در روش کشت بافت ناموفق بود. معذک بین سال‌های ۱۹۰۷ و ۱۹۰۹ هاریون، باروز و کارل، موفق به کشت بافت‌های حیوانی و انسانی شدند. در سال ۱۹۳۹ نوبکرت، گوستریت و وایت، برای اولین بار موفق به تولید گیاه حاصل از کشت بافت شدند.

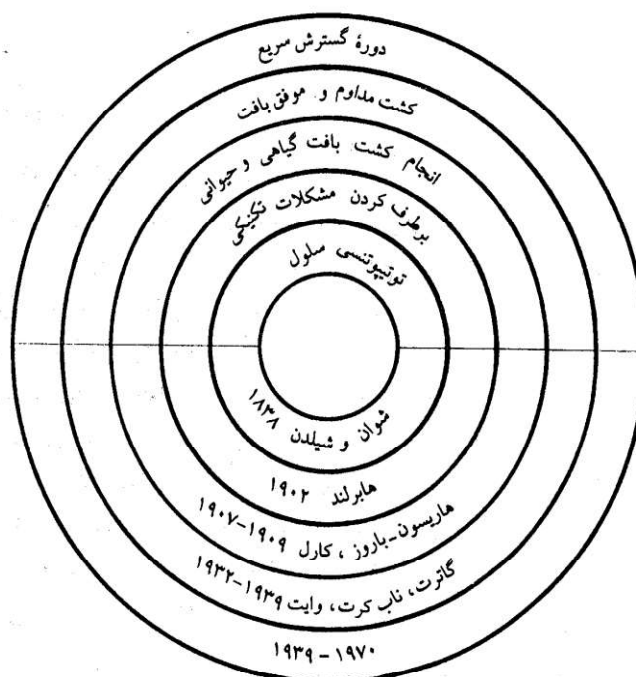
به دلیل تأخیر در کشف هورمون‌های گیاهی، کشت بافت گیاهی، پس از کشت بافت حیوانی و انسانی، شروع شد. اولین هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد که کشف شد، اکسین IAA بود که موفقیت بزرگی را برای کشت بافت در شرایط درون شیشه، به وجود آورد. کشف تنظیم‌کننده رشد کینتین (نوعی سیتوکینین) در سال ۱۹۵۵ انگیزه بیشتری حاصل نمود. از آن زمان به بعد، پیشرفت‌های همه جانبه‌ای اتفاق افتاد. افزایش چشمگیر تعداد محققین شاغل در این رشته در سالهای اخیر، دلیلی بر اهمیت استفاده از تکنیک کشت در شیشه گیاهان عالی برای متخصصین بیماری‌های گیاهی است. از آنجا که هنوز دستیابی به نتایج عملی در کشت بافت، برای متخصصین زراعت و اصلاح نباتات به سهولت امکان‌پذیر نیست، تعداد متخصصین شاغل در این رشته، به تبع آن، و تعداد کارهای تحقیقاتی، یقیناً در آینده افزایش خواهد یافت. شکل ۱-۴، شمایی از تاریخچه کشت سلول و بافت گیاهی را نشان می‌دهد (هسکی ۱۹۹۳).

برای جزئیات بیشتر در مورد تاریخچه کشت بافت، خوانندگان می‌توانند به کتاب‌ها و مقالات گوتریت (۱۹۳۰، ۱۹۴۰)، گمبورگ و وتر (۱۹۷۵) مراجعه نمایند. در ذیل، فقط به ذکر چندین مورد مهم، پرداخته می‌شود:

1. Totipotency

تعاریف و کلیات ۱۳

- ۱۹۰۲: اولین کوشش در کشت بافت گیاهی (هابرلانت).
 ۱۹۰۴: اولین کوشش، برای کشت جنین از بعضی گیاهان خانواده شب‌بو (هانینگ).
 ۱۹۰۹: امتزاج پروتوپلاست‌های گیاهی، که البته محصولات حاصله، نتوانستند زنده بمانند (کاستر).
 ۱۹۲۲: جوانه‌زنی غیرهمزیستی بذور ارکیده، در شرایط درون شیشه (نادسون).



شکل ۱-۴: شمایی از تاریخچه کشت سلول و بافت گیاهی

- ۱۹۲۵: کاربرد عملی کشت جنین، در تلاقی‌های بین گونه‌ای کتان (لی باچ).
 ۱۹۳۴: کشت بافت لایه زاینده چندین درخت و درختچه در شرایط درون شیشه، که به دلیل عدم کشف اکسین در آن کشت موفقیت‌آمیز نبود. (گوتریت).
 ۱۹۳۴: کشت بافت موفقیت‌آمیز ریشه‌های گوجه‌فرنگی (وایت).
 ۱۹۳۶: کشت بافت بازدانگان مختلف (دارو).
 ۱۹۳۹: کشت موفق و مداوم کالوس (گوتریت، نابکرت و وایت).

- ۱۹۴۰: کشت درون شیشه بافت زاینده نارون، به منظور مطالعه تشکیل ساقه‌های نابجا (گوتریت).
- ۱۹۴۴: اولین کشت درون شیشه توتون، به منظور مطالعه تشکیل ساقه‌های نابجا (اسکوگ).
- ۱۹۵۲: تولید گیاه کوکب عاری از ویروس، به وسیله کشت مریستم (مورن و مارتین).
- ۱۹۵۳: تولید کالوس‌های هاپلوئید گونه *Ginkgo biloba* از دانه گرده (تولک).
- ۱۹۵۴: تولید اولین گیاه از یک سلول ساده (مویر و همکاران).
- ۱۹۵۵: کشف کینتین، هورمون تقسیم سلولی (میلرو همکاران).
- ۱۹۶۴: تکثیر رویشی ارکیده، به وسیله کشت مریستم (مورل).
- ۱۹۶۲: تولید محیط کشت معروف موراشی واسکوگ (موراشی و اسکوگ).
- ۱۹۶۴: تولید اولین گیاه تاتوره‌هاپلوئید، از کشت دانه گرده (گوها و محشواری).
- ۱۹۶۷: تولید گیاهان هاپلوئید از دانه گرده تنباکو (بورگین و نیچ).
- ۱۹۷۰: استفاده از کشت جنین، در تولید مونوپلوئید در جو (کاشا و کاؤو).
- ۱۹۷۰: اولین امتزاج موفقیت‌آمیز پروتوپلاست (یاور و همکاران).
- ۱۹۷۱: اولین گیاهان باززایی شده از پروتوپلاست (تاکب و همکاران).
- ۱۹۷۴: تولید هیبرید از امتزاج پروتوپلاست‌های هاپلوئید (ملچر و لایب).
- ۱۹۷۶: دورگ‌گیری بین گونه‌ای به وسیله امتزاج پروتوپلاست گونه‌های *Petunia hybrida* و *P. parodii* (یاور و همکاران).
- ۱۹۷۷: ادغام موفقیت‌آمیز DNA پلاسمید-Ti از *Agrobacterium tumefaciens* به گیاهان (چلتون و همکاران).
- ۱۹۷۸: دورگ‌گیری سوماتیکی گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی (ملجر و همکاران).
- ۱۹۸۱: استفاده از اصطلاح تغییرات بدنی همانند (تنوع سوماکلونال) (لارکین و سکوکروفت).
- ۱۹۸۲: امتزاج پروتوپلاست‌ها، به وسیله محرک‌های الکتریکی (زیمین).
- ۱۹۸۳: دورگ‌گیری سیتوپلاسمی بین جنس‌های تربچه و شلغم (بلیتر و همکاران).

۱۹۸۴: انتقال سلول‌های گیاهی، به وسیله DNA پلاسمید (بازکوسکی و همکاران).

۱۹۸۵: آلودگی وانتقال قطعات برگ، به وسیله آگروباکتریوم و باززایی گیاهان انتقال یافته (هدرچ و همکاران).

۱-۱۰. تعریف کشت بافت گیاهی

کشت بافت گیاهی اصطلاحی برای کشت پروتوپلاست^۱، کشت سلول^۲، کشت بافت^۳ و کشت اندام گیاه^۴ می‌باشد. این انواع مختلف کشت، به عنوان یک عامل عمومی، شامل رشد مواد گیاهی عاری از میکروب در یک محیط گندزدایی شده، مانند محیط کشت غذایی ضد عفونی شده درون لوله آزمایش می‌باشد. در سال‌های اخیر روش‌های کشت بافت گیاهی به یک ابزار بسیار قوی برای تکثیر و به نژادی بسیاری از گونه‌های گیاهی تبدیل شده است.

کشت بافت مبتنی سه توانایی اصلی گیاه تبدیل شده است:

الف) توانمندی^۵، قابلیت یا توانایی ارثی یک سلول گیاهی برای رشد و تبدیل به گیاهی کامل در صورت تحریک مناسب است، یعنی تمام اطلاعات مورد نیاز برای رشد و تولید مثل موجود در داخل یک سلول قرار دارد. اگرچه به لحاظ تئوری تمام سلول‌های گیاهی دارای توانمندی هستند، ولی سلول‌های مریستمی بهترین سلول‌هایی هستند که قادر به بروز این توانمندی می‌باشند.

ب) عدم تمایز^۶، به معنی ظرفیت سلول‌های بالغ، برای برگشت به شرایط مریستمی و تولید یک نقطه رشد جدید می‌باشد، که با تمایز مجدد که قدرت سازمان‌دهی و تشکیل اندام جدید می‌باشد، ادامه می‌یابد.

ج) قابلیت یا آمادگی^۷، قابلیت درون‌زاد یک سلول یا بافت مشخص به رشد در مسیری ویژه را توصیف می‌کند. مانند سلول‌هایی که از نظر جنین‌زایی دارای شایستگی

1. Protoplast
2. Cell culture
3. Tissue culture
4. Organ culture
5. Totipotency
6. Dedifferentiation
7. Competency