بسم الله الرحمن الرحیم

# اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته

# اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته

## رویارویی با چالش امنیت غذایی


به کوشش

**دی. اِن. بهارادواج**

ترجمهٔ

**دکتر عباس سعیدی**

**دکتر زهرا حاجی‌برات**

**دکتر زهره حاجی‌برات**



**۱۴۰۵**

۹۴۲

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته: رویارویی با چالش امنیت غذایی

به کوشش دی. اِن. بهارادواج

D. N. Bharadwaj (Editor), *Advanced Molecular Plant Breeding: Meeting the Challenge of Food Security,* Apple Academic Press, 2019.

ترجمهٔ دکتر عباس سعیدی، دکتر زهرا حاجی‌برات، دکتر زهره حاجی‌برات

ویراستار: سمیرا فرهادی

طراح جلد: امیرشاهرخ فریوسفی

حروف‌نگار و صفحه‌آرا: سمیرا دهقان

ناظر چاپ: نوید سیفان

چاپ اول: ۱۴۰۵

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۲۵.۰۰۰.۰۰۰ ریال

کلیهٔ حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

«صحت مطالب کتاب به‌عهدهٔ مترجمان است»

| | |
|---|---|
| **عنوان و نام پدیدآور:** | اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته: رویارویی با چالش امنیت غذایی/ به کوشش [صحیح: ویراستار] دی ان بهارادواج؛ ترجمه عباس سعیدی، زهرا حاجی‌برات، زهره حاجی‌برات؛ ویراستار سمیرا فرهادی. |
| **مشخصات نشر:** | تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۴۰۵. |
| **مشخصات ظاهری:** | سی و سه، ۶۷۰ ص.: مصور، جدول، نمودار (بخشی رنگی). |
| **فروست:** | مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۹۴۲. |
| **شابک:** | ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۷-۶۸۲-۹ |
| **یادداشت:** | عنوان اصلی: Advanced molecular plant breeding : meeting the challenge of food security, [2019]. |
| **یادداشت:** | واژه‌نامه؛ کتابنامه؛ نمایه. |
| **موضوع:** | ژنتیک گیاهی -- مهندسی، Plant genetic engineering |
| | گیاهان -- اصلاح نژاد، Plant breeding |
| | فراورده‌های زراعی -- مهندسی ژنتیک، Crops -- Genetic engineering |
| **شناسنامه افزوده:** | بهارادواج، دینش نارایان؛ Bharadwaj, D. N. (Dinesh Narayan) |
| **شناسه افزوده:** | سعیدی، عباس، ۱۳۴۰ - ، مترجم |
| **شناسه افزوده:** | حاجی‌برات، زهرا، ۱۳۶۷ - ، مترجم |
| **شناسه افزوده:** | حاجی‌برات، زهره، ۱۳۶۷ - ، مترجم |
| **شناسه افزوده:** | دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات |
| **شناسه افزوده:** | Shahid Beheshti University. Printing & Publishing Center |
| **رده‌بندی کنگره:** | SB۱۲۳/۵۷ |
| **رده‌بندی دیویی:** | ۶۳۱/۵۲۳۳ |
| **شماره کتابشناسی ملی:** | ۱۰۵۹۴۴۵۲ |

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

unipress.sbu.ac.ir؛ press.sbu.ac.ir

unipress@mail.sbu.ac.ir

## فهرست مطالب

**فهرست مشارکت‌کنندگان ..... بیست‌ویک**
**فهرست کوته‌نوشت‌ها ..... بیست‌وهفت**
**پیشگفتار مترجمان ..... سی‌وپنج**
**سخن آغازین ..... سی‌وهفت**
**پیشگفتار ..... سی‌ونه**
**قدردانی ..... چهل‌ویک**

### بخش اول. مقدمه‌ای بر اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته

**فصل ۱. کشاورزی پایدار و امنیت غذایی: ۲۰۵۰ (چشم‌انداز اصلاح نباتات) ..... ۳**
خلاصه ..... ۳
۱.۱. مقدمه ..... ۳
۲.۱. مشکلات و خطرات پیش روی امنیت غذایی ۲۰۵۰ ..... ۶
۱.۲.۱. گرمایش جهانی، تهدیدی برای کشاورزی ..... ۷
۲.۲.۱. تغییر اقلیم، انتشار گلخانه‌ای ..... ۸
۳.۲.۱. امنیت غذایی و تغذیه ..... ۹
۴.۲.۱. تغییر محیط اجتماعی_اقتصادی ..... ۹
۵.۲.۱. توسعهٔ محیط‌زیست ..... ۹
۶.۲.۱. اساس منابع طبیعی ..... ۱۰
۷.۲.۱. تنوع ژنتیکی محصولات زراعی ..... ۱۱
۸.۲.۱. حیات‌وحش ..... ۱۲
۹.۲.۱. واریته‌های موروثی ..... ۱۲
۳.۱. کشاورزی پایدار ..... ۱۳
۱.۳.۱. منابع انرژی تجدیدپذیر پایدار ..... ۱۳
۲.۳.۱. پیرولیز ..... ۱۴
۴.۱. مدیریت منابع پایدار ..... ۱۴
۱.۴.۱. کشاورزان و مزارع هوشمندتر ..... ۱۵

۲.۴.۱. افزایش بازده کشاورزی ۱۵
۳.۴.۱. سیستم کشت چندگانه ۱۶
۴.۴.۱. حفظ محصولات در زمین‌های کم‌کربن و تخریب‌شده ۱۶
۵.۴.۱. افزایش بهره‌وری مراتع ۱۶
۶.۴.۱. اجتناب از تبدیل جنگل‌ها به اراضی کشاورزی ۱۶
۷.۴.۱. تنوع زیستی کشاورزی و امنیت غذایی ۱۶
۸.۴.۱. اصلاح بذرها برای تولید بذر بهتر ۱۷
۹.۴.۱. جلبک‌های خوراکی و گیاهان دریایی ۱۷
۱۰.۴.۱. افزایش بهره‌وری آبزی‌پروری ۱۷
۱۱.۴.۱. ذخیره‌سازی کربن ۱۸
۱۲.۴.۱. افزایش بهره‌وری مصرف نهاده‌ها ۱۸
۱۳.۴.۱. افزایش تولید محصولات بدون خاک ۱۹
۵.۱. مشکلات آینده ۱۹
۱.۵.۱. سرمایهٔ انسانی ۲۰
۶.۱. کشاورزی دقیق ۲۰
۷.۱. کشاورزی پایدار و فنّاوری‌های اصلاح مولکولی پیشرفته ۲۱
۸.۱. اصلاح نباتات در آینده ۲۱
۱.۸.۱. پیوندزدن ۲۲
۲.۸.۱. اصلاح معکوس و هاپلوئید مضاعف ۲۲
۳.۸.۱. اصلاح گیاهان به کمک نشانگر ۲۳
۴.۸.۱. اصلاح از طریق جهش ۲۳
۵.۸.۱. ژنتیک هیبرید ۲۴
۶.۸.۱. آگروباکتریوم ۲۴
۹.۱. محصولات آینده ۲۵
۱۰.۱. معرفی فنّاوری‌های کشت بافت برای تکثیر کلونال ۲۷
۱۱.۱. نتیجه‌گیری ۲۷
کلید واژه‌ها ۲۷
منابع فصل ۱ ۲۸

**فصل ۲. کاربرد برهم‌کنش‌های ژنوتیپ و محیط در اصلاح گیاهان ۳۱**
۱.۲. مقدمه ۳۱
۱.۱.۲. ژنوتیپ‌ها ۳۲
۲.۱.۲. محیط ۳۲
۲.۲. برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط ۳۳
۱.۲.۲. طبقه‌بندی برهم‌کنش‌های ژنوتیپ × محیط ۳۳

۲.۲.۲. بدون برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط ..... ۳۴
۳.۲.۲. برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط غیرمتقاطع (کمّی) ..... ۳۴
۴.۲.۲. برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط متقاطع (کیفی) ..... ۳۴
۳.۲. سازگاری ژنوتیپ‌ها براساس برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط ..... ۳۴
۱.۳.۲. سازگاری گسترده یا ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی ..... ۳۴
۲.۳.۲. سازگاری خاص یا ژنوتیپ‌های دارای سازگاری خاص ..... ۳۴
۴.۲. ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها ..... ۳۵
۵.۲. مدل‌های تحلیل پایداری ..... ۳۶
۱.۵.۲. مدل‌های رایج ..... ۳۶
۲.۵.۲. مدل‌های ضریب رگرسیون ..... ۳۷
۶.۲. کاوش چندمتغیره، رابطه بین محیط و ژنوتیپ‌ها ..... ۳۸
۷.۲. تحلیل مؤلفه‌های اصلی ..... ۳۹
۸.۲. تحلیل مختصات اصلی ژنوتیپ‌ها ..... ۳۹
۹.۲. تحلیل خوشه‌ای ..... ۴۰
۱۰.۲. تحلیل عاملی ..... ۴۱
۱۱.۲. مدل اثر اصلی افزایشی و برهم‌کنش ضربی ..... ۴۲
۱۲.۲. مدل ضربی جابه‌جاشده ..... ۴۵
۱۳.۲. بای‌پلات رگرسیون سایت ..... ۴۶
کلید واژه‌ها ..... ۴۸
منابع فصل ۲ ..... ۴۸

**فصل ۳. ژنتیک پیشرو و معکوس در اصلاح نباتات ..... ۵۱**
۱.۳. مقدمه ..... ۵۱
۲.۳. ابزارهای مطالعهٔ ژنتیک پیشرو ..... ۵۴
۱.۲.۳. تولید جهش‌یافته‌ها ..... ۵۵
۲.۲.۳. غربالگری ژنتیک پیشرو ..... ۵۶
۳.۲.۳. نقشه‌یابی ژنتیکی ..... ۵۸
۴.۲.۳. کلون‌سازی موضعی یا کلون‌سازی مبتنی بر نقشه ..... ۶۰
۵.۲.۳. نقشه‌برداری به روش توالی‌یابی ..... ۶۱
۶.۲.۳. تحلیل بیان ژن با استفاده از ریزآرایه ..... ۶۲
۷.۲.۳. رویکرد ژن کاندیدا ..... ۶۵
۳.۳. ابزارهای مطالعهٔ ژنتیک معکوس ..... ۶۶
۱.۳.۳. خاموش‌سازی ژن با تداخل آران‌ای ..... ۶۶
۲.۳.۳. ایجاد و هدف‌گذاری ضایعات موضعی القاشده در ژنوم (تیلینگ) ..... ۶۹
۳.۳.۳. کریسپر ..... ۷۰

۴.۳.۳. T-DNA ابزاری در ژنتیک معکوس ۷۳
۵.۳.۳. ترانسپوزون‌ها ۷۴
۴.۳. نتیجه‌گیری ۷۵
کلید واژه‌ها ۷۶
منابع فصل ۳ ۷۶

## بخش دوم. نقش تنوع زیستی در اصلاح گیاهان

**فصل ۴. تنوع زیستی و حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهی (در محیط طبیعی و خارج از محیط طبیعی) ۸۳**
۱.۴. مقدمه ۸۳
۲.۴. تنوع زیستی ۸۴
۳.۴. اهمیت تنوع ژنتیکی ۸۵
۴.۴. تهدیداتی علیه تنوع ژنتیکی ۸۵
۱.۴.۴. فرسایش ژنتیکی ۸۶
۲.۴.۴. آسیب‌پذیری ژنتیکی ۸۶
۳.۴.۴. نابودی ژنتیکی ۸۷
۵.۴. مقدار و توزیع تنوع ژنتیکی ۸۸
۱.۵.۴. عوامل اکولوژیکی-جغرافیایی ۸۸
۲.۵.۴. سیستم تولیدمثل ۸۸
۳.۵.۴. اندازهٔ جمعیت و مفهوم گلوگاه ژنتیکی ۸۹
۶.۴. منابع ژنتیکی گیاهی ۹۰
۱.۶.۴. خویشاوندان وحشی یا علف‌های هرز ۹۰
۲.۶.۴. گونه‌های بومی ۹۰
۳.۶.۴. ژرم‌پلاسم اصلاح‌شده ۹۰
۴.۶.۴. ژرم‌پلاسم پیشرفته (یا برتر) ۹۱
۵.۶.۴. ذخایر ژنتیکی ۹۱
۷.۴. نیاز به حفاظت از تنوع ژنتیکی/منابع ژنتیکی گیاهی ۹۱
۸.۴. حفاظت از منابع ژنتیکی گیاهی ۹۳
۱.۸.۴. حفاظت در محل ۹۳
۲.۸.۴. حفاظت خارج از محل ۹۳
کلید واژه‌ها ۱۰۵
منابع فصل ۴ ۱۰۵

**فصل ۵. کاربردها و اهمیت هیبریداسیون گسترده در اصلاح واریتهمحصولات کشاورزی.... ۱۱۱**
۱.۵. مقدمه ..... ۱۱۱
۲.۵. علت نیاز به هیبریداسیون گسترده ..... ۱۱۲
۳.۵. موانع تولید هیبریدهای گسترده ..... ۱۱۳
۱.۳.۵. موانع پیش‌تلاقی ..... ۱۱۴
۲.۳.۵. موانع پس‌تلاقی ..... ۱۱۴
۴.۵. غلبه بر موانع هیبریداسیون گسترده ..... ۱۱۷
۱.۴.۵. تکنیک‌های غلبه بر موانع پیش‌تلاقی ..... ۱۱۸
۲.۴.۵. تکنیک‌های غلبه بر موانع پس‌تلاقی ..... ۱۲۰
۵.۵. کاربرد تلاقی‌های گسترده در بهبود محصولات کشاورزی ..... ۱۲۵
۱.۵.۵. برنج ..... ۱۲۵
۲.۵.۵. گندم ..... ۱۲۷
۳.۵.۵. ذرت ..... ۱۲۹
۴.۵.۵. جو ..... ۱۳۰
۵.۵.۵. سیب‌زمینی ..... ۱۳۰
۶.۵.۵. گوجه‌فرنگی ..... ۱۳۱
۷.۵.۵. آفتاب‌گردان ..... ۱۳۲
۸.۵.۵. براسیکا ..... ۱۳۳
۹.۵.۵. پنبه ..... ۱۳۵
۱۰.۵.۵. ارزن ..... ۱۳۶
۱۱.۵.۵. حبوبات ..... ۱۳۷
۱۲.۵.۵. نیشکر ..... ۱۳۸
۶.۵. چشم‌انداز آینده ..... ۱۳۸
کلید واژه‌ها ..... ۱۳۹
منابع فصل ۵ ..... ۱۳۹

**فصل ۶. کاربرد اصلاح جهش در گیاهان ..... ۱۴۱**
خلاصه ..... ۱۴۱
۱.۶. مقدمه ..... ۱۴۱
۲.۶. تاریخچهٔ اصلاح با جهش‌زایی و کاربردهای آن ..... ۱۴۴
۱.۲.۶. اصلاح از طریق جهش در هند ..... ۱۴۸
۳.۶. اصلاح واریته از طریق جهش در عصر ژنومیک ..... ۲۰۳
۱.۳.۶. فنّاوری‌های پیشرفته ..... ۲۰۴
۲.۳.۶. فنّاوری‌های مولکولی ..... ۲۰۵
۴.۶. نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده ..... ۲۱۱

کلید واژه‌ها ..... ۲۱۱
منابع فصل ۶ ..... ۲۱۱

**فصل ۷. کاربردهای اصلاح گیاهی به کمک نشانگرهای مولکولی ..... ۲۱۵**
۱.۷. مقدمه ..... ۲۱۵
۲.۷. علت استفاده از روش انتخاب به کمک نشانگر در اصلاح سنتی ..... ۲۱۶
۳.۷. تاریخچهٔ اصلاح به کمک نشانگر ..... ۲۱۷
۴.۷. نشانگرهای ژنتیکی در اصلاح گیاهی: مفاهیم، انواع و کاربردها ..... ۲۱۸
۱.۴.۷. نشانگرهای کلاسیک ..... ۲۱۹
۲.۴.۷. نشانگرهای دی‌ان‌ای/ نشانگرهای مولکولی ..... ۲۲۰
۵.۷. روند انتخاب به کمک نشانگر ..... ۲۲۷
۶.۷. مراحل اصلاح گیاهان به کمک نشانگر ..... ۲۳۱
۷.۷. کاربرد انتخاب به کمک نشانگر ..... ۲۳۱
۱.۷.۷. اصلاح صفات کیفی ..... ۲۳۱
۲.۷.۷. اصلاح صفات کمی ..... ۲۳۲
۳.۷.۷. انتخاب به کمک نشانگر در اصلاح محصولات زراعی ..... ۲۳۳
۴.۷.۷. تلاقی معکوس به کمک نشانگر ..... ۲۳۵
۵.۷.۷. هرم‌سازی ژن به کمک نشانگر ..... ۲۴۰
۶.۷.۷. انتخاب تکراری مبتنی بر نشانگر ..... ۲۴۴
۷.۷.۷. انتخاب ژنومی/انتخاب گستردهٔ سراسر ژنوم ..... ۲۴۵
۸.۷. چالش‌ها و چشم‌اندازهای آینده ..... ۲۴۶
۹.۷. نکات پایانی ..... ۲۴۸
کلید واژه‌ها ..... ۲۴۹
منابع فصل ۷ ..... ۲۴۹

**فصل ۸. اهمیت انتخاب ژنومی در بهبود محصولات و چشم‌اندازهای آینده ..... ۲۵۷**
۱.۸. مقدمه ..... ۲۵۷
۲.۸. ابزارهای ژنومی برای مطالعات انتخاب ژنومی ..... ۲۶۱
۳.۸. روش‌های آماری ..... ۲۶۳
۱.۳.۸. بهترین پیش‌بینی خطی بدون سوگیری ..... ۲۶۳
۲.۳.۸. عامل کوچک‌سازی و انتخاب متغیر با استفاده از مقدار مطلق کمینه (لاسو) و شبکهٔ الاستیک ..... ۲۶۴
۳.۳.۸. روش‌های بیزی ..... ۲۶۷
۴.۳.۸. فضاهای هیلبرت با هستهٔ بازتولیدی ..... ۲۶۷
۵.۳.۸. جنگل تصادفی ..... ۲۶۷

۴.۸. وضعیت انتخاب ژنومی در گیاهان زراعی ۲۶۸
۱.۴.۸. برنج ۲۶۸
۲.۴.۸. گندم ۲۶۹
۳.۴.۸. ذرت ۲۷۰
۴.۴.۸. جو ۲۷۰
۵.۴.۸. سورگوم ۲۷۱
۵.۸. عوامل مؤثر بر دقت پیش‌بینی انتخاب ژنومی ۲۷۱
۶.۸. تحقیقات آینده ۲۷۲
کلید واژه‌ها ۲۷۲
منابع فصل ۸ ۲۷۳

## بخش سوم. ابزارهای انتخاب مولکولی در اصلاح نباتات

**فصل ۹. کاربردها و دستاوردهای فنّاوری دی‌ان‌ای نوترکیب در اصلاح محصولات کشاورزی .... ۲۷۹**
۱.۹. مقدمه ۲۷۹
۲.۹. فنّاوری‌های انتقال ژن در غلات ۲۸۰
۱.۲.۹. انتقال به‌واسطهٔ آگروباکتریوم ۲۸۰
۲.۲.۹. روش به واسطه کالوس ۲۸۱
۳.۲.۹. روش کاشت ۲۸۳
۴.۲.۹. روش غوطه‌وری گل ۲۸۳
۵.۲.۹. روش آگرواینفکشن ۲۸۴
۶.۲.۹. روش بیولستیک یا تفنگ ژنی یا میکروپروجکتایل ۲۸۴
۷.۲.۹. الکتروپوراسیون ۲۸۵
۳.۹. وضعیت کنونی تراریخته‌ها در غلات ۲۸۶
۱.۳.۹. برنج ۲۸۶
۲.۳.۹. گندم ۲۹۱
۳.۳.۹. ذرت ۲۹۶
۴.۳.۹. جو ۲۹۷
۵.۳.۹. سورگوم ۲۹۸
۴.۹. چشم انداز آینده ۲۹۹
کلید واژه‌ها ۲۹۹
منابع فصل ۹ ۲۹۹

**فصل ۱۰. فنّاوری کشت بافت گیاهی و دستاوردهای آن ..... ۳۰۹**
۱.۱۰. مقدمه ۳۰۹

۲.۱۰. نیازهای اساسی کشت بافت گیاهی ۳۱۰
۱.۲.۱۰. شرایط ضدعفونی (غیرآلوده) ۳۱۰
۲.۲.۱۰. کنترل دما ۳۱۰
۳.۲.۱۰. محیط کشت مناسب ۳۱۰
۴.۲.۱۰. زیرکشت ۳۱۱
۳.۱۰. اجزای غذایی مورد نیاز ۳۱۱
۴.۱۰. محیط‌های کشت سلول گیاهی ۳۱۲
۵.۱۰. اجزای محیط کشت بافت گیاهی ۳۱۳
۱.۵.۱۰. عناصر ماکرو ۳۱۳
۲.۵.۱۰. عناصر میکرو ۳۱۴
۳.۵.۱۰. مکمل‌های آلی ۳۱۴
۴.۵.۱۰. منبع کربن ۳۱۵
۵.۵.۱۰. عوامل ژل‌سازی ۳۱۵
۶.۵.۱۰. هورمون‌های رشد گیاهی ۳۱۵
۶.۱۰. مراحل مهم در فنّاوری کشت بافت ۳۱۶
۱.۶.۱۰. ایزولاسیون بافت‌ها ۳۱۷
۲.۶.۱۰. باززایی و تشکیل کالوس ۳۱۷
۳.۶.۱۰. جنین‌زایی ۳۱۷
۴.۶.۱۰. اندام‌زایی ۳۱۷
۷.۱۰. فنّاوری‌های کشت بافت گیاهی ۳۱۷
۱.۷.۱۰. میکروپروپگیشن ۳۱۷
۲.۷.۱۰. جنین‌زایی سوماتیک و اندام‌زایی ۳۱۹
۳.۷.۱۰. کشت تعلیق سلولی ۳۲۰
۴.۷.۱۰. کشت بذر گرده/بساک ۳۲۱
۵.۷.۱۰. کشت تخمک ۳۲۲
۶.۷.۱۰. کشت مریستم ۳۲۲
۷.۷.۱۰. کشت ریشه‌های مویین ۳۲۳
۸.۱۰. فنّاوری کشت بافت و انواع کاربردهای آن ۳۲۴
۹.۱۰. دامنه و اهمیت کشت بافت در بهبود محصولات کشاورزی ۳۲۶
۱.۹.۱۰. کشت بافت در کشاورزی ۳۲۷
۲.۹.۱۰. حفظ ژرم‌پلاسم ۳۲۷
۳.۹.۱۰. نجات جنین ۳۲۸
۴.۹.۱۰. انتقال ژنتیکی ۳۲۹
۵.۹.۱۰. ترکیب پروتوپلاست ۳۳۰
۶.۹.۱۰. تولید هاپلوئید ۳۳۱

۷.۹.۱۰. میکرپروپگیشن ۳۳۲
۸.۹.۱۰. تولید بذر مصنوعی ۳۳۲
۹.۹.۱۰. تولید متابولیت‌های ثانویه ۳۳۳
۱۰.۹.۱۰. تولید هیبریدهای سوماتیک و سایبریدها ۳۳۴
۱۱.۹.۱۰. توسعهٔ جهش‌یافته‌های مقاوم به آنالوگ‌های آمینواسید ۳۳۵
۱۲.۹.۱۰. تکامل واریته‌های جدید ۳۳۵
۱۰.۱۰. نتیجه‌گیری ۳۳۷
کلید واژه‌ها ۳۳۸
منابع فصل ۱۰ ۳۳۸

## بخش چهارم. مهندسی ژنتیک و کشت بافت در اصلاح گیاهان

**فصل ۱۱. استراتژی‌های اصلاحی برای تبدیل گیاهان C3 به گیاهان C4 ۳۴۹**
۱.۱۱. مقدمه ۳۴۹
۲.۱۱. فرصت‌ها برای افزایش سقف تبدیل انرژی خورشیدی ۳۵۲
۳.۱۱. پتانسیل اقتصادی برنج C4 ۳۵۳
۴.۱۱. صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی فتوسنتز C4 ۳۵۵
۵.۱۱. تفاوت‌های آناتومیکی ۳۵۷
۶.۱۱. تکامل گونه‌های C4 و واسطه‌های C3-C4 ۳۵۹
۷.۱۱. امکان‌سنجی مهندسی برنج C4 ۳۶۱
۸.۱۱. تلاش‌های اصلاحی برای تبدیل گیاهان C3 به C4 ۳۶۲
۹.۱۱. ابزارها و منابع بیوانفورماتیک ۳۶۳
۱۰.۱۱. مدل‌های ژنتیکی برای مطالعهٔ فتوسنتز C4 ۳۶۵
۱۱.۱۱. ابزارهای ژنتیکی موجود ۳۶۵
۱۲.۱۱. توسعهٔ پروتوتایپ C4 ۳۶۷
۱.۱۲.۱۱. مسیر بیوشیمیایی C4 ۳۶۷
۲.۱۲.۱۱. آناتومی کرانز ۳۶۹
۳.۱۲.۱۱. ترانسپورترها ۳۷۰
۴.۱۲.۱۱. بیوژنز پلاستید ۳۷۱
۱۳.۱۱. نتیجه‌گیری ۳۷۲
کلید واژه‌ها ۳۷۳
منابع فصل ۱۱ ۳۷۳

**فصل ۱۲. داروسازی مولکولی: متابولیت‌های اولیه و ثانویه در گیاهان ۳۷۹**
۱.۱۲. مقدمه ۳۷۹

۲.۱۲. کشاورزی مولکولی در گیاهان ۳۸۰
۳.۱۲. سیستم‌های تغییر ژن/ راهبردهای بیان در گیاهان ۳۸۴
۱.۳.۱۲. گیاهان برای کشت در فضای باز و یا گلخانه ۳۸۵
۲.۳.۱۲. انتقال پایدار ۳۸۷
۳.۳.۱۲. بیان موقت ۳۸۸
۴.۳.۱۲. سیستم‌های مبتنی بر بیوراکتور ۳۹۱
۴.۱۲. پروتئین‌های نوترکیب مشتق‌شده از گیاه ۳۹۷
۱.۴.۱۲. واکسن/ آنتی‌ژن مشتق از گیاه ۳۹۷
۲.۴.۱۲. آنتی‌بادی‌های مشتق‌شده از گیاه ۴۰۰
۳.۴.۱۲. دیگر عوامل درمانی/ غذادارو ۴۰۳
۵.۱۲. خطرات و نگرانی‌ها ۴۰۴
۱.۵.۱۲. آلودگی متقابل ۴۰۵
۲.۵.۱۲. اثرات بر تنوع زیستی ۴۰۵
۳.۵.۱۲. تأثیر بر فعالیت محصولات ۴۰۶
۶.۱۲. نتیجه‌گیری ۴۰۶
کلید واژه‌ها ۴۰۶
منابع فصل ۱۲ ۴۰۷

**فصل ۱۳. واکسن‌های خوراکی مبتنی بر گیاه: مفهومی نوآورانه برای ایمن‌سازی ۴۱۷**
۱.۱۳. مقدمه ۴۱۷
۲.۱۳. مزایای واکسن‌های خوراکی ۴۱۹
۳.۱۳. مکانیسم عمل ۴۱۹
۴.۱۳. انتخاب گیاهان و بافت‌های گیاهی ۴۲۲
۱.۴.۱۳. سبزیجات ۴۲۲
۲.۴.۱۳. میوه‌ها ۴۲۵
۳.۴.۱۳. محصولات زراعی ۴۲۶
۴.۴.۱۳. جلبک و غیره ۴۲۶
۵.۱۳. فنّاوری‌های تولید واکسن‌های مشتق از گیاهان ۴۲۷
۱.۵.۱۳. ناقل باکتریایی ۴۲۸
۲.۵.۱۳. ناقل‌های ویروسی ۴۳۱
۳.۵.۱۳. انتقال کلروپلاست ۴۳۴
۴.۵.۱۳. انتقال مستقیم ژن ۴۳۵
۶.۱۳. پیامدهای ایمنی‌شناختی در برابر ایمن‌سازی مبتنی بر گیاه ۴۳۵
۷.۱۳. عوامل مؤثر بر کارایی واکسن‌های گیاهی خوراکی ۴۳۹
۸.۱۳. کاربرد واکسن‌های خوراکی مشتق از گیاهان ۴۴۱

۱.۸.۱۳. هپاتیت B ۴۴۲
۲.۸.۱۳. مالاریا ۴۴۳
۳.۸.۱۳. سم کلرا ۴۴۴
۴.۸.۱۳. سیاه‌زخم ۴۴۶
۵.۸.۱۳. طاعون ۴۴۷
۶.۸.۱۳. سل ۴۴۸
۷.۸.۱۳. اپی‌توپ‌های ویروس نقص ایمنی انسانی ۴۴۹
۸.۸.۱۳. پروتئین پوششی VP1 ویروس تب و لک پا ۴۵۱
۹.۱۳. نتیجه‌گیری ۴۵۱
کلید واژه‌ها ۴۵۲
منابع فصل ۱۳ ۴۵۲

**فصل ۱۴. بهبود کیفیت تغذیه‌ای در محصولات کشاورزی ازطریق اصلاح واریته: زیست غنی‌سازی و کشاورزی مولکولی ۴۶۱**
خلاصه ۴۶۱
۱.۱۴. مقدمه ۴۶۱
۲.۱۴. فنّاوری‌های پیشرفته برای اندازه‌گیری غلظت ریزمغذی‌ها ۴۶۳
۳.۱۴. استراتژی‌های اصلی برای تسهیل زیست غنی‌سازی ۴۶۴
۱.۳.۱۴. اصلاح نباتات سنتی ۴۶۴
۲.۳.۱۴. کشت بافت ۴۶۵
۳.۳.۱۴. اصلاح به روش جهش‌زایی ۴۶۶
۴.۳.۱۴. اصلاح مولکولی ۴۶۶
۵.۳.۱۴. مهندسی ژنتیک برای توسعهٔ ژنوتیپ‌های غنی از مواد مغذی در محصولات زراعی ۴۶۷
۶.۳.۱۴. کشاورزی مولکولی ۴۶۷
۴.۱۴. وضعیت زیست غنی‌سازی محصولات غذایی ۴۶۸
۱.۴.۱۴. برنج زیست غنی‌شده ۴۶۸
۲.۴.۱۴. ذرت زیست‌غنی‌شده ۴۷۰
۳.۴.۱۴. گندم زیست‌غنی‌شده ۴۷۱
۴.۴.۱۴. ارزن مرواریدی زیست‌غنی‌شده ۴۷۲
۵.۴.۱۴. سورگوم زیست‌غنی‌شده ۴۷۳
۶.۴.۱۴. گوجه‌فرنگی زیست‌غنی‌سازی‌شده ۴۷۳
۷.۴.۱۴. لوبیا زیست‌غنی‌سازی‌شده ۴۷۴
۸.۴.۱۴. سیب‌زمینی شیرین گوشت‌نارنجی زیست‌غنی‌شده ۴۷۷
۹.۴.۱۴. کاساوا زیست‌غنی‌شده ۴۷۷
۱۰.۴.۱۴. سیب‌زمینی زیست‌غنی‌شده ۴۷۸

۱۱.۴.۱۴. سویا با روغن‌های اصلاح‌شده ۴۷۸
۱۲.۴.۱۴. نخود زیست‌غنی‌شده ۴۷۹
۱۳.۴.۱۴. موز زیست‌غنی‌شده ۴۷۹
۱۴.۴.۱۴. پرتقال زیست‌غنی‌شده ۴۸۰
۱۵.۴.۱۴. محصولات علوفه‌ای زیست‌غنی‌شده ۴۸۰
۱۶.۴.۱۴. کشاورزی مولکولی در گیاهان ۴۸۱
۵.۱۴. نتیجه‌گیری ۴۸۲
کلید واژه‌ها ۴۸۳
منابع فصل ۱۴ ۴۸۳

## بخش پنجم. فنّاوری‌های جدید در اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته

**فصل ۱۵. فنّاوری محدودسازی کاربرد ژنتیکی (گارت تکنولوژی) ۴۹۱**
۱.۱۵. مقدمه ۴۹۱
۲.۱۵. انواع فنّاوری محدودسازی کاربرد ژنتیکی ۴۹۵
۱.۲.۱۵. V-گارت ۴۹۶
۲.۲.۱۵. T-گارت ۴۹۹
۳.۱۵. مکانیسم‌های مربوط به فنّاوری ترمیناتور ۵۰۰
۴.۱۵. فنّاوری تولید بذرهای خالص ۵۰۱
۵.۱۵. ورمیناتور: جایگزینی برای «ترمیناتور» ۵۰۲
۶.۱۵. انگیزه‌های استفاده از گارت ۵۰۴
۱.۶.۱۵. منافع حفاظت از مالکیت ۵۰۴
۲.۶.۱۵. منافع زیست‌محیطی ۵۰۴
۳.۶.۱۵. منافع تولید ۵۰۵
۷.۱۵. گروه‌های تأثیرگذار و گارت‌ها ۵۰۵
۸.۱۵. تأثیر فنّاوری ترمیناتور بر سطوح مختلف ۵۰۸
۱.۸.۱۵. تأثیر فناوری ترمیناتور بر کشاورزان ۵۰۸
۲.۸.۱۵. تأثیر فنّاوری ترمیناتور بر محیط ۵۰۹
۳.۸.۱۵. تأثیر بر تنوع زیستی کشاورزی ۵۱۰
۹.۱۵. تأثیرهای اجتماعی‌اقتصادی فنّاوری ترمیناتور ۵۱۰
۱۰.۱۵. مزایا و معایب فنّاوری ترمیناتور ۵۱۲
۱.۱۰.۱۵. مزایای فنّاوری ترمیناتور ۵۱۲
۲.۱۰.۱۵. معایب فنّاوری ترمیناتور ۵۱۴
۱۱.۱۵. چه اقداماتی باید برای فنّاوری ترمیناتور انجام شود؟ ۵۱۵

۱۲.۱۵. نتیجه‌گیری ۵۱۶
کلید واژه‌ها ۵۱۷
منابع فصل ۱۵ ۵۱۷

**فصل ۱۶. اومیکس در اصلاح نباتات ۵۲۱**
۱.۱۶. مقدمه ۵۲۱
۲.۱۶. رویکردهای اومیکس ۵۲۲
۳.۱۶. ژنومیکس ۵۲۲
۱.۳.۱۶. توالی‌یابی دی‌ان‌ای ۵۲۴
۲.۳.۱۶. روش خاتمهٔ زنجیره یا سانگر ۵۲۶
۳.۳.۱۶. پایروسیکوئنسینگ ۴۵۴ ۵۲۸
۴.۳.۱۶. توالی‌یابی پل (آنالیزور ژنوم ایلومینا و سولکس) ۵۲۹
۵.۳.۱۶. محدودیت‌های روش‌های توالی‌یابی نسل جدید ۵۳۰
۶.۳.۱۶. ژنومیکس مقایسه‌ای ۵۳۱
۴.۱۶. ترنسکریپتومیکس ۵۳۱
۱.۴.۱۶. ساخت کتابخانه‌های cDNA برای توالی‌یابی برچسب‌های توالی بیان‌شده ۵۳۲
۲.۴.۱۶. هیبریداسیون کاهشی سرکوبگر ۵۳۲
۳.۴.۱۶. تحلیل سریال بیان ژن ۵۳۴
۴.۴.۱۶. ریزآرایه‌ها ۵۳۵
۵.۴.۱۶. RNA-SEQ ۵۳۵
۵.۱۶. پروتئومیکس ۵۳۶
۱.۵.۱۶. فنّاوری‌های استخراج پروتئین‌های کل ۵۳۷
۲.۵.۱۶. اصلاحات پس از ترجمه ۵۴۰
۳.۵.۱۶. پروتئومیکس کمّی ۵۴۰
۶.۱۶. متابولومیکس ۵۴۱
۷.۱۶. فیزیونومیکس ۵۴۳
۸.۱۶. فنومیکس ۵۴۳
۱.۸.۱۶. نمونه‌هایی از فنوتایپینگ در مقیاس بزرگ ۵۴۴
۹.۱۶. نتیجه‌گیری ۵۴۵
کلید واژه‌ها ۵۴۶
منابع فصل ۱۶ ۵۴۶

**فصل ۱۷. فنّاوری تداخل آران‌ای در زیست‌شناسی و اصلاح نباتات ۵۵۳**
۱.۱۷. مقدمه ۵۵۳
۲.۱۷. اصول تداخل آران‌ای ۵۵۵

۱.۲.۱۷. خاموشی ژن پس از رونویسی و کشف تداخل آران‌ای ۵۵۶
۳.۱۷. مکانیسم تداخل آران‌ای ۵۶۰
۴.۱۷. مسیرهای تداخل آران‌ای ۵۶۲
۵.۱۷. طراحی و سنتز آرن‌ای‌های مداخله‌گر کوچک ۵۶۲
۶.۱۷. ساخت پلاسمیدها و وکتورهای ویروسی برای مداخلهٔ آران‌ای ۵۶۳
۷.۱۷. روش‌های انتقال ۵۶۴
۸.۱۷. کاربردهای آران‌ای مداخله‌گر ۵۶۴
۱.۸.۱۷. استفاده از آران‌ای مداخله‌گر برای تعیین عملکرد ژن ۵۶۴
۲.۸.۱۷. انتقال سیگنال ۵۶۴
۳.۸.۱۷. تنظیم چرخهٔ سلولی ۵۶۵
۴.۸.۱۷. توسعهٔ ارگانیسم‌ها ۵۶۶
۵.۸.۱۷. سنتز و تجزیهٔ ماکرومولکول‌ها ۵۶۶
۶.۸.۱۷. تحرک سلولی ۵۶۶
۷.۸.۱۷. مرگ سلولی (آپوپتوز) ۵۶۷
۸.۸.۱۷. تهاجم یا تکثیر ویروسی ۵۶۷
۹.۱۷. کاربردهای درمانی فنّاوری مداخلهٔ آران‌ای ۵۶۸
۱.۹.۱۷. سرطان ۵۶۸
۲.۹.۱۷. بیماری‌های عفونی ۵۶۸
۳.۹.۱۷. بیماری‌های قلبی‌عروقی و مغزی‌عروقی ۵۶۹
۴.۹.۱۷. اختلالات نورودژنراتیو (تخریب‌کنندهٔ عصبی) ۵۶۹
۵.۹.۱۷. تداخل آران‌ای به‌منزلهٔ درمان بالقوه برای بیماری‌های ژنتیکی انسان ۵۶۹
۶.۹.۱۷. تداخل آران‌ای در تنظیم ژن و پاسخ‌های ضدویروسی ۵۷۰
۷.۹.۱۷. مداخله آران‌ای در کاهش بیان ژن ۵۷۰
۸.۹.۱۷. تداخل آران‌ای در پزشکی ۵۷۱
۹.۹.۱۷. محدودیت‌های تداخل آران‌ای ۵۷۱
۱۰.۱۷. کاربردهای تداخل آران‌ای در کشاورزی ۵۷۱
۱.۱۰.۱۷. مقاومت در برابر بیماری ۵۷۳
۲.۱۰.۱۷. کنترل آفت‌ها ۵۷۶
۳.۱۰.۱۷. تحمل خشکی ۵۷۷
۴.۱۰.۱۷. تداخل آران‌ای برای نرعقیمی ۵۷۷
۵.۱۰.۱۷. جوانه‌زنی بذر ۵۷۷
۶.۱۰.۱۷. تداخل آران‌ای در ژنومیک عملکردی گیاهی ۵۷۸
۷.۱۰.۱۷. کاربرد در مهندسی مسیرهای متابولیک گیاهی ۵۷۸
۸.۱۰.۱۷. بهبود ارزش غذایی در محصولات کشاورزی ۵۷۹
۱۱.۱۷. نتیجه‌گیری، چشم‌اندازهای آیندهٔ فنّاوری تداخل آران‌ای ۵۸۵

کلید واژه‌ها ..... ۵۸۶
منابع فصل ۱۷ ..... ۵۸۶

**فصل ۱۸. ویرایش ژنوم در اصلاح نباتات ..... ۵۹۵**
۱.۱۸. مقدمه ..... ۵۹۵
۲.۱۸. تفاوت بین گیاهان ویرایش‌شدهٔ ژنومی و گیاهان تغییریافته ژنتیکی ..... ۵۹۶
۳.۱۸. بهبود محصول با استفاده از فنّاوری‌های ویرایش ژنوم ..... ۵۹۶
۴.۱۸. برش‌های دورشته‌ای دی‌ان‌ای مکانیسم کلیدی در ویرایش ژنوم ..... ۵۹۷
۵.۱۸. انواع ویرایش ژنوم ..... ۵۹۹
۱.۵.۱۸. مگانوکلئازها ..... ۵۹۹
۲.۵.۱۸. جهش‌زایی هدایت‌شده با اولیگونوکلئوتید ..... ۶۰۶
۳.۵.۱۸. نوکلئازهای انگشت روی ..... ۶۰۷
۴.۵.۱۸. نوکلئازهای افکتور شبه‌فعال‌کنندهٔ رونویسی ..... ۶۱۲
۵.۵.۱۸. کریسپر- کاس ..... ۶۱۸
۶.۱۸. چرا کریسپر- کاس۹ نسبت به نوکلئازهای افکتور شبه‌فعال‌کنندهٔ رونویسیs و نوکلئاز انگشت رویs قابل اعتمادتر است؟ ..... ۶۲۵
۷.۱۸. آیا ویرایش ژنوم از نظر قانونی ممکن است یا نیاز به تغییر در قانون دارد؟ ..... ۶۲۶
۸.۱۸. نتیجه‌گیری ..... ۶۲۷
کلید واژه‌ها ..... ۶۲۸
منابع فصل ۱۸ ..... ۶۲۸

**فصل ۱۹. نانوبیوتکنولوژی در کشاورزی ..... ۶۳۹**
چکیده ..... ۶۳۹
۱.۱۹. نانوتکنولوژی و مقیاس نانو ..... ۶۴۰
۲.۱۹. نانوبیوتکنولوژی ..... ۶۴۰
۳.۱۹. کاربردهای نانوتکنولوژی در تولید کشاورزی ..... ۶۴۳
۴.۱۹. کشاورزی دقیق ..... ۶۴۴
۵.۱۹. کاربرد نانوتکنولوژی در علم بذر ..... ۶۴۴
۶.۱۹. نانوتکنولوژی در فراوری غذا ..... ۶۴۵
۷.۱۹. نانوتکنولوژی در بسته‌بندی غذا ..... ۶۴۶
۸.۱۹. صنعت آرایشی ..... ۶۴۶
۹.۱۹. ریزآرایه‌ها و پروفایل‌سازی بیان ..... ۶۴۷
۱۰.۱۹. نانوحسگرها برای نظارت بر وضعیت خاک، هورمون رشد و جذب مواد مغذی ..... ۶۴۷
۱۱.۱۹. نانوبیوسنسورها ..... ۶۴۸
۱۲.۱۹. نانوتکنولوژی در تصفیه آب آبیاری ..... ۶۴۹

۱۳.۱۹. سم‌زدایی یا ترمیم آلودگی‌های مضر ..... ۶۵۰
۱۴.۱۹. نانوکپسول‌ها در تحویل مؤثر مواد شیمیایی کشاورزی ..... ۶۵۰
۱۵.۱۹. سیستم‌های هوشمند تحویل دارو مبتنی بر نانو ..... ۶۵۱
۱۶.۱۹. زئولیت‌ها برای نگهداری آب ..... ۶۵۲
۱۷.۱۹. نانوپوشش‌ها و افزودنی‌های نانو به خوراک ..... ۶۵۲
۱۸.۱۹. نانوعلف‌کش‌ها ..... ۶۵۳
۱۹.۱۹. فنّاوری نانو در کشاورزی ارگانیک ..... ۶۵۴
۲۰.۱۹. نانوذرات و کنترل بیماری‌های گیاهی ..... ۶۵۴
۲۱.۱۹. نانوذرات به‌عنوان آفت‌کش‌ها ..... ۶۵۵
۲۲.۱۹. روش انتقال ژن میانجی‌گری‌شده با نانوذرات ..... ۶۵۵
۲۳.۱۹. نتیجه‌گیری‌ها و چشم‌اندازهای آینده ..... ۶۵۶
کلید واژه‌ها ..... ۶۵۷
منابع فصل ۱۹ ..... ۶۵۷

**واژه‌نامهٔ فارسی- انگلیسی ..... ۶۶۱**
**واژه‌نامهٔ انگلیسی- فارسی ..... ۶۶۵**
**نمایه ..... ۶۶۹**

## فهرست مشارکت‌کنندگان


ام. اچ. باشا

اصلاح‌کننده، Best Crop Science، گونتور_۵۲۲۰۰۷، (آندرا پرادش) هند

دینش نارایان بهارادواج

استاد بازنشسته و رئیس سابق، گروه ژنتیک و اصلاح گیاهی، دانشگاه کشاورزی و فنّاوری سی. اس. آزاد، کانپور_۲۰۸۰۰۲ (اوتار پرادش) هند

محمد یاسین بهت

پژوهشگر، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زندگی، دانشگاه حیدرآباد، گچی‌بولی، حیدرآباد، ۵۰۰۰۴۶، (تلانگانا) هند

مگها بهت

گروه زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشکده علوم پایه و علوم انسانی، دانشگاه کشاورزی و فنّاوری جی. بی. پانت، پانتنگار_۲۶۳۱۴۵، (اوتاراکند) هند

دوِو مانی بیند

پژوهشگر ارشد، ICAR_ مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال_ ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

آکشایا کومار بیسوال

پژوهشگر پسادکترا، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه کارولینای شمالی، چپل هیل، NC – 27599، ایالات متحده

میر زاهور گُل

پژوهشگر، گروه بیوشیمی، دانشکده علوم دانشگاه عثمانیا، حیدرآباد، ۵۰۰۰۰۷، (تلانگانا) هند

ویکاس گوپتا

دانشمند (اصلاح گیاهی)، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

انیرو د کومار

استاد دستیار، گروه گیاه‌شناسی، دانشگاه ملی ایندرا گاندی برای قبایل، آمارکانتاک- ۴۸۴۸۸۶، (مادیا پرادش) هند

راکش کومار

پژوهشگر ارشد، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

رامش کومار

پژوهشگر دکترا، گروه ژنتیک و اصلاح گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی جوناگاد، جوناجاد- ۳۶۲۰۰۱، (گجرات) هند

ساتیش کومار

دانشمند (اصلاح گیاهی)، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

پوشپا لوهانی

استاد، گروه زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشکده علوم پایه و علوم انسانی، دانشگاه کشاورزی و فنّاوری جی. بی. پانت، پانتنگار- ۲۶۳۱۴۵، (اوتاراکند) هند

اچ. ام. مامروتا

دانشمند (فیزیولوژی گیاهی)، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

ساتندرا کومار منگراوثیا

دانشمند، بخش بهبود محصولات، مؤسسه تحقیقاتی برنج هند، راجندرنگار، حیدرآباد- ۵۰۰۰۳۰، (تلانگانا) هند

دارمندرا راسیکلال مهتا
استاد همکار، گروه ژنتیک و اصلاح گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی جوناگاد، جوناجاد- ۳۶۲۰۰۱، (گجرات) هند

ای. کی. مهتا
دانشمند ارشد، گروه اصلاح گیاهی و ژنتیک، JNKVV، جابالپور- ۴۸۲۰۰۴، (مادیا پرادش) هند

چاندرا نات میشرا
دانشمند (اصلاح گیاهی)، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

نیشی مود
فلوشیپ DST Inspire، آزمایشگاه تحقیقاتی دارورسانی، گروه علوم دارویی، دانشگاه دکتر .H. S گور ویسواویدیالیایا، ساگر- ۴۷۰۰۰۳، (مادیا پرادش) هند

سنتیلکومار کی. موثوسامی
دانشمند (بیوتکنولوژی کشاورزی)، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

ابیجیت کی. نانده
پژوهشگر دکترا، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی جوناگاد، جوناجاد- ۳۶۲۰۰۱، (گجرات) هند

وی. سی. پانده
مدیر اجرایی، تحقیق و توسعه، هستر بیوساینسز محدود، احمدآباد- ۳۸۰۰۰۶، (گجرات) هند

سونیته پانده
دانشمند، مدیر اجرایی- تحقیق و توسعه، گروه اصلاح گیاهی و ژنتیک، JNKVV، جابالپور- ۴۸۲۰۰۴، (مادیا پرادش) هند

هیتندرا کومار پاتل
دانشمند ارشد، CSIR- مرکز زیست‌شناسی سلولی و مولکولی (CCMB)، جاده اوپال، حیدرآباد- ۵۰۰۰۰۷، (تلانگانا) هند

رواتی پونوسامی
دانشمند، بخش برنج هیبریدی، مؤسسه تحقیقاتی برنج هند، راجندرنگار، حیدرآباد- ۵۰۰۰۳۰، (تلانگانا) هند

راهول پریادیارشی
پژوهشگر ارشد، برنج هیبریدی، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی برنج هند، حیدرآباد- ۵۰۰۰۳۰، (تلانگانا) هند

ماسوچون رینگام
گروه زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشکده علوم پایه و علوم انسانی، دانشگاه کشاورزی و فنّاوری جی. بی. پانت، پانتنگار- ۲۶۳۱۴۵، (اوتاراکند) هند

چت رام
دانشمند، گروه منابع ژنومی، ICAR- مرکز ملی منابع ژنتیکی گیاهی، دهلی نو- ۱۱۰۰۰۱، هند

بی دو ساشیدار راو
استاد، گروه بیوشیمی، دانشکده علوم دانشگاه عثمانیا، حیدرآباد، ۵۰۰۰۰۷، (تلانگانا) هند

راجیو شارما
پژوهشگر ارشد (ICMR–SRF)، آزمایشگاه تحقیقاتی دارورسانی، گروه علوم دارویی، دانشگاه دکتر H. S. گور ویسواویدیالیایا، ساگر- ۴۷۰۰۰۳، (مادیا پرادش) هند

آرون کومار سینگ
پژوهشگر دکترا، بخش بهبود محصولات، IIRR، (مؤسسه تحقیقاتی برنج هند)، راجندرنگار، حیدرآباد- ۵۰۰۰۳۰، (تلانگانا) هند

آکاش سینها
گروه زیست‌شناسی مولکولی و مهندسی ژنتیک، دانشکده علوم پایه و علوم انسانی، دانشگاه کشاورزی و فنّاوری جی. بی. پانت، پانتنگار- ۲۶۳۱۴۵، (اوتاراکند) هند

ویوک تاکور
متخصص بیوانفورماتیک، مرکز برنج C4، مؤسسه بین‌المللی تحقیقاتی برنج، DAPO 7777، مترو مانیل، فیلیپین

کاشی نات تیواجی
پژوهشگر ارشد، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

کارنام وینکاتش
دانشمند (اصلاح گیاهی)، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

آجای ورما
دانشمند ارشد، ICAR- مؤسسه تحقیقاتی گندم و جو هند (IIWBR)، کارنال- ۱۳۲۰۰۱، (هاریانا) هند

سورش پی. ویاس
استاد، گروه علوم دارویی، دانشگاه دکتر H. S. گور ویسواویدیالیایا، ساگر- ۴۷۰۰۰۳، (مادیا پرادش) هند

دهماپرکاش پی. وانه‌کده
دانشمند، گروه منابع ژنومی، ICAR- مرکز ملی منابع ژنتیکی گیاهی، دهلی نو- ۱۱۰۰۰۱، هند

شییل یاداو
دانشمند، گروه منابع ژنومی، ICAR- مرکز ملی منابع ژنتیکی گیاهی، دهلی نو- ۱۱۰۰۰۱، هند

## فهرست کوته‌نوشت‌ها

| | |
|---|---|
| طیف‌سنجی جذب اتمی | AAS |
| اسید آبسیزیک | ABA |
| سورگوم غنی‌شده با بیوگرافی آفریقا | ABS |
| آمینو دئوکسی‌کوریسمات سنتاز | ADCS |
| محور متوسط آزمایش‌کننده | AEA |
| چندشکلی طول قطعهٔ تکثیرشده | AFLP |
| فاکتور القاکنندهٔ آپوپتوز | AIF |
| آرابینو-۱,۴-لاکتون اکسیداز | ALO |
| اثر اصلی افزایشی و تعامل چندگانه | AMMI |
| ارزش پایداری AMMI | ASV |
| بافت‌های لنفوییدی مرتبط با برونش | BALT |
| بنزیل‌آمین‌پورین | BAP |
| مرکز تحقیقات هسته‌ای بهبها | BARC |
| ویروس انتهای خوشهٔ موز | BBTV |
| بازگشت به والدین | BC |
| واکسن باسیل کالمت-گورین | BCG |
| بنیاد بیل و ملیندا گیتس | BMGF |
| ویروس موزائیک برومه | BMV |
| β-اکسالیل‌آمینوفنل‌آلانین | BOAA |
| رگرسیون خطی بیزی | BRR |
| غلاف | BS |
| بیوتکنولوژی | BT |
| ویروس موزائیک زرد لوبیا | BYMV |

| | |
|---|---|
| کربنیک انیدراز | CA |
| توالی چندشکلی برش‌خوردهٔ تکثیرشده | CAPS |
| آفت زخم لوبیا معمولی | CBB |
| مشابه کلسینورینB | CBL |
| سازمان بازرسی غذایی کانادا | CFIA |
| برنامهٔ عفونت مرغ و مرغی | CHIP |
| سنتاز چالکون | CHS |
| کینازهای پروتئینی در تعامل باCBL | CIPK |
| نرعقیمی سیتوپلاسمی | CMS |
| ویروس موزائیک لوبیای چشم‌بلبلی | CMV |
| نماتد کیستی | CN |
| پروتئین پوشش | CP |
| توکسین وبا | CT |
| زیر واحد توکسین وباB | CTB |
| ویروس تریستزای مرکبات | CTV |
| خویشاوندان وحشی محصولات کشاورزی | CWR |
| نمایی دوگانه | DE |
| دابل هاپلوئید | DH |
| شکست‌های دورشته‌ای | DSB |
| موزهای مرتفع شرق آفریقا | EAHB |
| اسید اتیلن دی‌آمین تترااستیک | EDTA |
| فاکتور ادم | EF |
| اتیل متان سولفونات | EMS |
| شبکهٔ الاستیک | EN |
| برچسب توالی بیان‌شده | EST |
| اشریشیاکلی انتروتوکسین‌زا | ETEC |
| سازمان غذا و داروی ایالات متحده | FDA |
| بلاست سر گندم فوزاریومی | FHB |
| بیماری شایع دهان و پا | FMD |

| | |
|---|---|
| ویروس بیماری شایع دهان و پا | FMDV |
| اسید جیبرلیک | GA |
| بافت‌های لنفوییدی مرتبط با روده | GALT |
| جی‌تی‌پی-سایکلوهیدرولاز I | GCHI |
| کمپلکس دکربوکسیلاز گلیسین | GDC |
| ارزش پیش‌بینی اصلاح ژنتیکی | GEBV |
| اصلاح‌شدهٔ ژنتیکی | GM |
| موجودات اصلاح شدهٔ ژنتیکی | GMO |
| سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی | GPS |
| پروژهٔ برنج طلایی | GRP |
| انتخاب ژنومی | GS |
| فنّاوری محدودیت استفادهٔ ژنتیکی | GURT |
| مطالعهٔ ارتباطات گستردهٔ ژنومی | GWAS |
| انتخاب گستردهٔ ژنومی | GWS |
| اسید هیدروسیانیک | HCN |
| ترمیم هدایت‌شده با همولوژی | HDR |
| تب هموراژیک با سندروم کلیوی | HFRS |
| فشار هیدرواستاتیک بالا | HHP |
| ویروس هپاتیت B | HPV |
| پاسخ فوق‌حساس | HR |
| ویروس هرپس سیمپلکس | HSV |
| اسید ایندول- ۳- استیک | IAA |
| مؤسسهٔ تحقیقات کشاورزی هند | IARI |
| فنّاوری پرتو یون | IBT |
| دانشگاه کشاورزی اندرا گاندی کریشی ویدیالایا | IGKV |
| مؤسسهٔ بین‌المللی کشاورزی استوایی | IITA |
| مؤلفهٔ اصلی تعامل | IPC |
| مدیریت یکپارچهٔ آفات | IPM |
| حقوق مالکیت معنوی | IPR |

| | |
|---|---|
| مؤسسهٔ بین‌المللی تحقیقاتی برنج | IRRI |
| مؤسسهٔ تغییرات اجتماعی و اقتصادی | ISEC |
| فعالیت دیررس جنینی | LEA |
| انتقال انرژی خطی | LET |
| فاکتور کشنده | LF |
| کشندگی دیررس | LL |
| توکسین ناپایدار | LT |
| اصلاح با کمک نشانگر | MAB |
| بازگشت به والدین با کمک نشانگر | MABC |
| عبور پیچیده یا همگرا با کمک نشانگر | MACC |
| فراوانی آلل جزئی | MAF |
| بافت‌های لنفوییدی مرتبط با غشا | MALT |
| انتخاب بازگشتی با کمک نشانگر | MARS |
| انتخاب با کمک نشانگر | MAS |
| چندتحولی خودکار | MAT |
| کلون‌سازی مبتنی بر نقشه | MBC |
| کشاورزی مولکولی | MF |
| میکروهمولوژی | MM |
| پیوست انتهای هدایت‌شده با میکروهمولوژی | MMEJ |
| ماگانوکلیاز | MN |
| مونکامپو | MO |
| موراشیگ و اسکوگ | MS |
| پروتئین سطحی مریوزوئیت | MSP |
| ویروس نوار ذرت | MSV |
| بافت‌های لنفوییدی مرتبط با بینی | NALT |
| سازمان تحقیقات کشاورزی ملی | NARO |
| مؤسسهٔ گیاه‌شناسی ملی | NBI |
| مؤسسهٔ تحقیقاتی گیاه‌شناسی ملی | NBRI |

| | |
|---|---|
| توالی‌یابی نسل بعد | NGS |
| پیوست انتهای غیرهمولوگ | NHEJ |
| مؤسسهٔ ملی علوم آگریبیولوژیک | NIAS |
| تجزیهٔ mRNA هدایت‌شده از طریق نادیده گرفتن رمزهای بی‌معنی | NMD |
| نوع جدید گیاه | NPT |
| اگزالواستات | OAA |
| جهش‌زایی هدایت‌شده توسط اولیگونوکلئوتید | ODM |
| سیب‌زمینی شیرین با گوشت نارنجی | OFSP |
| اسید فیتیک | PA |
| موتیف مجاور پروتوسپیسار | PAM |
| تحلیل مولفه‌های اصلی | PCA |
| PEP کربوکسی‌کیناز | PCK |
| تحلیل مختصات اصلی ژنوتیپ‌ها | PCO |
| واکنش زنجیره‌ای پلیمراز | PCR |
| بانک DNA گیاهی در کره | PDBK |
| پروتئین دارویی مشتق از گیاه | PDP |
| پلی‌اتیلن گلیکول | PEG |
| فسفوانول‌پیرووات کربوکسیلاز | PEPC |
| منابع ژنتیکی گیاهی | PGR |
| ویروس پیچ‌خوردگی برگ سیب‌زمینی | PLRV |
| پچ‌های پیر | PP |
| پلی‌فنول(ها) | PP |
| پیرووات فسفوانول دی‌کیناز | PPDK |
| ویروس بیماری آلزای شفت | PPV |
| بیماری‌های مرتبط | PR |
| انتخاب فنوتیپی | PS |
| خاموشی ژن پس از رونویسی | PTGS |
| حمل‌کنندهٔ پپتید | PTR |
| ویروس سیب‌زمینی | PV |

| | |
|---|---|
| حفاظت از انواع گیاهی | PVP |
| پلی‌وینیل‌پیرولیدین | PVPP |
| ویروس سیب‌زمینی X | PVX |
| ویروس سیب‌زمینی Y | PVY |
| ذرت با پروتئین باکیفیت | QPM |
| مکان صفات کمّی | QTL |
| دانشگاه فنّاوری کوئینزلند | QUT |
| دی‌ان‌ای پلی‌مورفیک تصادفی تکثیرشده | RAPD |
| اصلاح معکوس | RB |
| اثر زیستی نسبی | RBE |
| جنگل تصادفی | RF |
| چندشکلی طول قطعهٔ محدودشده | RFLP |
| پروتئین غیرفعال‌کننده ریبوزومی | RIP |
| کمپلکس خاموشی القاشده توسط RNA | RISC |
| فضاهای هیلبرت هسته‌ای بازسازی‌شونده | RKHS |
| نماتد گره ریشه | RKN |
| والد بازگشتی | RP |
| ویروس تنگرو کروی برنج | RTSV |
| بهره‌وری استفاده از تابش | RUE |
| تحلیل سریالی بیان ژن | SAGE |
| ناحیهٔ تکثیرشدهٔ مشخص‌شده با توالی | SCAR |
| نماتد کیستی سویا | SCN |
| اسید استئاریدونیک دست‌کاری‌شده | SDA |
| نوکلئازهای هدایت‌شدهٔ سایت | SDN |
| هاپلوئید مصنوعی | SH |
| مدل تکثیری منتقل‌شده | SHMM |
| چندشکلی نوکلئوتیدی منفرد | SNP |
| تحلیل مؤلفه‌های اصلی نظارت‌شده | SPCA |
| تکرارهای کوتاه با فواصل منظم | SRSR |

| | |
|---|---|
| آفریقای جنوب صحرا | SSA |
| هیبریداسیون کاهشی سرکوب‌شده | SSH |
| تکرارهای توالی ساده | SSR |
| سایت‌های میکروماستریس دارای برچسب توالی | STMS |
| تجزیهٔ مقدار منفرد | SVD |
| سل | TB |
| بهره‌وری هدف‌گذاری | TE |
| خاموشی ژن ترنسکریپت | TGS |
| ژن کاهش‌دهندهٔ تری‌هیدروکسی نفتالین | THN |
| ویروس موزائیک تنباکو | TMV |
| دانشگاه کشاورزی تامیل نادو | TNAU |
| جمعیت آموزشی | TP |
| اتحادیهٔ حفاظت از دستاوردهای گیاهی | UPOV |
| میکوری‌یزاهای وزیکولی-آربوسکولار | VAM |
| کرم ریشهٔ ذرت غربی | WCR |
| ویروس کوتولگی گندم | WDV |
| توالی‌یابی کل ژنوم | WGS |
| سازمان بهداشت جهانی | WHO |
| توالی‌یابی شاتگان کل ترنسکریپتوم | WTSS |
| فلورسانس اشعهٔ ایکس | XRF |
| ویروس کوتولگی زرد | YDV |
| شاخص پایداری محصول | YSI |
| انگشت روی | ZF |
| فعال‌کننده‌های ترنسکریپتاسیون انگشت روی | ZFA |
| متیلازهای انگشت روی | ZFM |
| نوکلئازهای انگشت روی | ZFN |
| بازدارنده‌های ترنسکریپتاسیون انگشت روی | ZFR |
| مرکز منابع بین‌المللی ماهی زبرا | ZIRC |

## پیشگفتار مترجمان

ترجمهٔ آثار علمی تخصصی در حوزه‌های نوین زیست‌فنّاوری، ژنتیک و اصلاح نباتات، نقشی اساسی در گسترش مرزهای دانش و تسهیل دسترسی جامعهٔ علمی به تازه‌ترین دستاوردهای پژوهشی جهان ایفا می‌کند. در عصر حاضر که سرعت تولید علم به‌طور چشمگیری افزایش یافته است، انتقال دقیق و روان مفاهیم علمی به زبان فارسی می‌تواند سهم مهمی در ارتقای سطح آموزش، پژوهش و کاربرد فنّاوری‌های نوین در کشور داشته باشد. کتاب اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته در رویارویی با چالش امنیت غذایی از جمله آثار جامع و ارزشمند در حوزهٔ زیست‌فنّاوری کشاورزی است که با رویکردی چندبعدی به بررسی ابزارها، روش‌ها و فنّاوری‌های نوین اصلاح گیاهان می‌پردازد. در این اثر تلاش شده است تا پیوندی میان دانش بنیادی ژنتیک و کاربردهای عملی آن با هدف حل چالش‌های مهمی همچون امنیت غذایی، افزایش جمعیت جهان، محدودیت منابع طبیعی و اثرات تغییرات اقلیمی برقرار شود. با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت جهان در دهه‌های آینده و نیاز روزافزون به تولید پایدار و باکیفیت محصولات کشاورزی، اهمیت بهره‌گیری از فنّاوری‌های نوین ازجمله ژنومیکس، ویرایش ژنوم، انتخاب به کمک نشانگرهای مولکولی، فنّاوری‌های اومیکس، مهندسی ژنتیک و سایر رویکردهای پیشرفته بیش از پیش آشکار شده است. این کتاب با پوشش گستردهٔ این حوزه‌ها، منبعی غنی برای پژوهشگران، دانشجویان و متخصصان علوم گیاهی و کشاورزی محسوب می‌شود. در فرایند ترجمهٔ این اثر، تلاش شده است تا ضمن حفظ امانت‌داری نسبت به متن اصلی، مفاهیم پیچیده علمی با زبانی روان، دقیق و قابل فهم برای خوانندگان فارسی‌زبان ارائه شود. از آنجا که ماهیت این اثر کاملاً تخصصی است، احتمال وجود برخی کاستی‌ها در ترجمه دور از انتظار نیست و مترجمان با آغوش باز پذیرای نقدها و پیشنهادهای سازنده خواهند بود. بی‌تردید، ترجمه و انتشار چنین آثاری بدون همراهی و همکاری نویسندگان، ویراستاران علمی و مجموعه انتشارات دانشگاهی امکان‌پذیر نیست. ازاین‌رو، بر خود لازم می‌دانیم از نویسندهٔ اصلی اثر، استادان و پژوهشگرانی که در تدوین

این کتاب نقش داشته‌اند، و همچنین از مرکز نشر آثار علمی دانشگاه شهید بهشتی برای فراهم آوردن زمینهٔ انتشار این اثر ارزشمند صمیمانه قدردانی نماییم. امید است این ترجمه بتواند گامی هرچند کوچک در مسیر توسعهٔ دانش اصلاح نباتات مولکولی، ارتقای پژوهش‌های علمی و تقویت پیوند میان علم و کاربرد در حوزهٔ کشاورزی کشور باشد و مورد استفاده جامعهٔ علمی، به‌ویژه دانشجویان، استادان و پژوهشگران قرار گیرد.

**عباس سعیدی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی**

**زهرا حاجی‌برات**

**زهره حاجی‌برات**

**پاییز ۱۴۰۵**

## سخن آغازین

گیاهان بخش ضـروری زندگی ما هسـتند. آن‌ها از زمان پیدایش به ما غذا، خوراک، سـرپناه و هوای سـالم برای تنفس هدیه کرده‌اند. پنج دههٔ گذشـته به‌لطف «انقلاب سـبز» که حدود یک میلیارد انسـان را از گرسـنگی و قحطی نجات داد، پربارترین دوره در تاریخ کشـاورزی جهان بوده اسـت. افزایش تولید محصـولات کشـاورزی بر پایهٔ بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی و به‌کارگیری تکنولوژی پیشرفته بوده است. بااین‌حال، هنوز یک میلیارد نفر از گرسنگی مزمن رنج می‌برند و بیشتر آن‌ها ساکن کشورهای فقیرند؛ این افراد عمدتاً کارگران و کشاورزانی هستند که کشاورزی معیشتی دارند و در زمین‌های کوچک فعالیت می‌کنند.

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به حدود ۱۰ میلیارد نفر برسد که در پی آن تولید غذای بیشتر در جهان ضروری خواهد بود؛ تقریباً ۷۰٪ بیشتر از میزان تولید کنونی. مشکل بزرگ این اسـت که این هدف را باید از زمین‌های کشـاورزی محدود محقق کنیم که به این دلایل روزبه‌روز این زمین‌ها کوچک‌تر می‌شـوند: صـنعتی شـدن جوامع و شـهرنشـینی و نیز عوامل بروز گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع طبیعی. بنابراین، تولیدات کشـاورزی ممکن اسـت کاهش و قیمت غذا افزایش یابد، در نتیجه، مشـکلات بیشـتری برای چندین کشـور ایجاد می‌شـود. هرچند قیمت‌های بالاتر غذا بر همهٔ کشـورهای جهان تأثیر می‌گذارد، اما به‌ویژه فقرا را با مشکلات بیشتری مواجه می‌کند، زیرا مجبورند بخش زیادی از درآمد خود را صرف خرید غذا کنند.

با وجود این تهدیدها و مشـکلات جدی، امیدواریم به کمک علم و فنّاوری‌های نوظهور مانند زیست‌فنّاوری و مهندسـی ژنتیک که ظرفیت عظیمی دارند با ناامنی غذایی که بزرگ‌ترین چالش جهان اسـت مقابله کنیم. این فنّاوری‌های جدید روش‌های علمی بسـیار ارزشـمندی را برای تولید محصـولات غذایی کشـاورزی با بهره‌وری و ارزش افزودهٔ بیشـتر فراهم کرده‌اند که در گذشـته سـابقه نداشـته اسـت. سـفر اصـلاح‌گران گیاه همچنان ادامه دارد و از ژنوم به سـطح مولکولی سلول رسیده است. روش‌های توالی‌یابی مبتنی بر ژنوم دقت اصلاح‌گران را در انتخاب و

انتقال ژن‌های مفید از گونه‌های وحشی به گونه‌های اهلی با ارتباط خویشاوندی دور، بهره‌برداری از ژن‌ها بین حیوانات و گیاهان بدون رابطهٔ خویشاوندی و برعکس بسیار افزایش داده است. به‌علاوه، این فنّاوری‌ها زمان لازم برای حذف ژن‌های ناخواسته را نسبت به روش‌های سنتی بسیار کاهش داده است.

توسعهٔ علم و فنّاوری این امکان را فراهم کرده است که با خطرات محیط‌زیستی آینده در قرن بیست‌ویکم مقابله کنیم. با ابزارهای جدید ژنتیک مولکولی در آستانهٔ انقلابی دیگر در نوآوری‌های کشاورزی در زمینهٔ اصلاح گیاهان مولکولی قرار داریم. این ابزارهای جدید راه‌های جدیدی برای تولید غذاهای غنی‌شده با مواد مغذی به‌همراه محصولات کشاورزی با بازدهی بسیار زیاد پیش پای ما گذاشته‌اند. فنّاوری‌های جدید با موفقیت محصولات کشاورزی دست‌کاری‌شدهٔ ژنتیکی، واکسن‌های خوراکی مبتنی بر گیاه و کاربرد روش انتخاب مبتنی بر نشانگرهای مولکولی، مداخلهٔ آران‌ای برای روشن و خاموش‌کردن عملکرد ژن‌ها، زیست‌شناسی اومیکس و ویرایش ژنوم را ایجاد کرده‌اند.

کتاب حاضر، اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته: مواجهه با مشکلات امنیت غذایی که دکتر دینش ناریان بهارادواج، رئیس سابق دپارتمان ژنتیک و اصلاح گیاهان دانشگاه کشاورزی و فنّاوری سی.اس. آزاد کانپور، جمع‌آوری و ویرایش کرده است، مجموعهٔ ارزشمندی از تحقیقات در زمینه ژنتیک و ژنومیک است که راهنمایی مفصل برای پیشرفت در روش‌های پیشرفتهٔ اصلاح گیاهان به شمار می‌رود. هر فصل کتاب را چندین دانشمندِ اصلاح‌گر نوشته است که متخصصان حوزه‌های مختلف در زمینهٔ اصلاح نباتات هستند. این کتاب اثری عالی در یکپارچه‌سازی اطلاعات دربارهٔ روش‌های اصلاح سنتی و اصلاح مولکولی گیاهان است. امیدوارم این کتاب خوانندگان بسیار زیادی پیدا کند.

**ام. اس. سوامیناتان**

**بنیان‌گذار و رئیس سابق**

**عضو سابق پارلمان (راجیا سبها)**

**سه‌راهی کراس، منطقهٔ مؤسسات تارامانی، چنای (مدراس)- ۶۰۰۱۱۳ ، هند**

**تلفن: ۱۶۹۸-۲۲۵۴/۲۷۹۰-۲۲۵۴-۴۴-۹۱+**

**فکس: ۱۳۱۹-۲۲۵۴-۴۴-۹۱+**

**رایانامه: swami@mssrf.res.in ،founder@mssrf.res.in**

## پیشگفتار

گیاهان منبع طبیعی معیشت انسان هستند. گیاهان علاوه‌بر غذا، علوفه، سرپناه و محیط طبیعی را برای ما فراهم می‌کنند؛ بنابراین، درک بهتر زیست‌شناسی گیاهی از زمان‌های قدیم برای زیست‌شناسان بسیار پراهمیت بوده و همچنان هست. نیم‌قرن گذشته در تاریخ کشاورزی، به‌ویژه به‌دلیل انقلاب سبز، اهمیت بسیار زیادی دارد؛ مخصوصاً ۳۰ سال اخیر که زیست‌شناسان گیاهی موفق به حل چندین معما در زمینه‌های فیزیولوژی، بیوشیمی و ژنتیک ساختار و عملکرد سلول‌ها شده‌اند و پیشرفت‌های چشمگیری در شناسایی ساختارهای ژنتیکی از ژن تا ژنوم داشته‌اند. زیست‌شناسان این مسیر تحول دانش گیاهی را در گذر زمان در قالب کتاب‌های بی‌شماری معرفی کرده‌اند. در ادامهٔ این روند برای خوانندگان کنجکاو، کتاب حاضر، اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته: مقابله با مشکلات امنیت غذایی، تلاشی مشترک میان محققان، معلمان و دانشجویان برای مستندسازی دانش معاصر دربارهٔ ژنتیک گیاهی و تحقیقات در زمینهٔ اصلاح نباتات است.

آماده‌سازی این کتاب حدود پنج سال طول کشیده است. در واقع، در طول چهل سال حرفهٔ تدریس و تحقیقم، همواره نیاز به کتاب‌های جدید و به‌روز را حس کرده‌ام؛ بنابراین، ایدهٔ اولیه برای نوشتن این کتاب در جریان چند گفت‌وگو با همکاران و دانشجویانم در زمینهٔ اصلاح مولکولی گیاهان شکل گرفت. من به جد معتقدم که این کتاب دانش جامع و کاملی از زمینه‌های مرتبط را در اختیار نسل جدید اصلاح‌گران مولکولی گیاهان می‌گذارد.

این کتاب شامل پنج بخش است: مقدمه، نقش تنوع زیستی، ابزارهای انتخاب مولکولی، مهندسی ژنتیک و کشت بافت و جدیدترین فنّاوری‌هایی که امروزه برای حل مشکلات آیندهٔ غذا در قرن بیست‌ویکم به کار گرفته می‌شوند. درک بهتر اصلاح مولکولی گیاه برای ارتقای کیفیت تولیدات کشاورزی با نرخ‌های بالای تولید و تأمین غذای مغذی برای همه تا سال ۲۰۵۰، که جمعیت جهان به حدود ۱۰ میلیارد نفر می‌رسد، بسیار مفید خواهد بود. مشکل تأمین غذای باکیفیت برای همه تا سال ۲۰۵۰ کار دشواری است، زیرا با افزایش جمعیت،

کاهش منابع طبیعی و نیز کاهش اراضی قابل کشت نیز همراه است. می‌توان این مشکل عظیم را با اجرای روش‌ها و فنّاوری‌های نوین به‌نفع بشریت حل کرد، این فنّاوری‌ها عبارت‌اند از: وراثت صفات کمی برای ادغام ژنتیکی، زیست‌شناسی مولکولی، ابزارها و روش‌های مناسب برای تولید گیاهان اصلاح‌شده با مهندسی ژنتیک مقاوم در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، نشانگرهای مولکولی، فنّاوری‌های «اومیکس» و ویرایش ژنوم. دستاورد توالی‌یابی کامل ژنوم از آرابیدوپسیس تا برنج، شـواهد جدیدی برای ورود به عصـر ژنومیک عملکردی فراهم کرد که هدف آن تعیین عملکرد تمام ژن‌های شـناسـایی‌شـده در ژنوم‌هاسـت که منجر به بهبود گونه‌های گیاهی ازنظر کیفی و کمّی می‌شـود و می‌تواند مشـکلات پیش رو را برای افزایش تولید غذا در جهان تا سـال ۲۰۵۰ برطرف کند.

مؤلفان این کتاب از مجموعه‌ای گسـترده و متنوع از مؤسـسـه‌های تحقیقاتی انتخاب شـده‌اند. آن‌ها دانش، تخصـص و تجربهٔ فراوانی در این زمینه‌ها دارند و از دانش عمیق و پربار خود و اطلاعات گسـترده‌شـان بهره می‌برند که از منابع کلاسـیک تا منابع جدید را در بر می‌گیرد. هدف این کتاب ارائهٔ دانش پیشـرفته و روزآمد دربارهٔ ابزارهای اصـلاح گیاه اسـت تا دانش پژوهشگران، استادان، دانشجویان دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی در رشته‌های علوم گیـاهی، زیسـت‌فنّاوری گیـاهی، گیـاه‌شـنـاسـی کاربردی، علوم کشـاورزی، ژنتیـک گیـاهی و زیست‌شناسی مولکولی را به‌روزرسانی کند.

**دینش نارایان بهارادواج**
**گردآورنده**
**استاد بازنشسته و رئیس سابق، گروه ژنتیک و اصلاح گیاهی،**
**دانشگاه کشاورزی و فنّاوری سی. اس. آزاد، کانپور، هند،**
**تلفن: ۹۹۵۶۲۱۱۲۰۷، رایانامه: bharadwajdncsau@gmail.com**

**قدردانی**

قبل از همه، از والدین، برادران، خواهر و معلمانم بی‌نهایت سپاسگزارم که من را در مسیر موفقیت یاری کردند. از همهٔ نویسندگان همکار در این کتاب ممنونم که درخواست من را برای همکاری پذیرفتند. همچنین از دکتر م. س. سوامیناتان، مدیرکل سابق شورای تحقیقات کشاورزی هند و بنیان‌گذار و رئیس فعلی MSSRF سپاسگزارم که پذیرفت «پیشگفتار» این کتاب را بنویسد. لازم می‌دانم از چند تن از دوستان و همکارانم برای پیشنهادهای ارزشمندشان در روند آماده‌سازی نسخهٔ دست‌نویس کتاب تشکر کنم. همچنین از همکارم دکتر سانجی کمار سینگ برای کمک‌هایش در تهیه فهرست موضوعی سپاسگزارم.

قدردان کمک‌های خانم ساندرا سیکلز، آقای راکش کمار و آقای آشیش کمار، کارکنان انتشارات اپل آکادمیک پرس، برای همکاری و پیشنهادهای ارزشمندشان هستم. از همه مهم‌تر، باید بگویم مهارت بسیار ارزشمند و قابل‌تقدیر آن‌ها بود که باعث شد این کتاب به چاپ برسد.

در نهایت، از همسر عزیزم، خانم شوبها بهارادواج و دختر عزیزم، خانم سنه بهارادواج، برای حمایت و تشویق‌های بی‌پایانشان در روند آماده‌سازی نسخهٔ دست‌نویس صمیمانه تشکر می‌کنم، چراکه بدون آن‌ها این تکلیف چندبعدی به سرانجام نمی‌رسید.

**دینش ناریان بهارادواج، دکترای تخصصی**
**گردآورنده**

# بخش اول
# مقدمه‌ای بر اصلاح نباتات مولکولی پیشرفته

# فصل ۱

# کشاورزی پایدار و امنیت غذایی: ۲۰۵۰ (چشم‌انداز اصلاح نباتات)

دی. اِن. بهارادواج[1]

**خلاصه**

براساس برآورد فائو، جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹.۶ میلیارد نفر می‌رسد (۳۴٪ بیشتر از جمعیت امروز). این افزایش عمدتاً در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد و جمعیت شهرنشین جهان به ۷۰٪ خواهد رسید (این رقم در حال حاضر ۴۹٪ است). هم‌زمان با افزایش جمعیت، رشد درآمد نیز چندین برابر می‌شود؛ بنابراین، مصرف غذا و سوخت‌های زیستی بیش از ۷۰٪ افزایش می‌یابد (FAO, 2009). بنابراین برای تأمین نیازهای غذایی، تولید سالانهٔ غلات ۱.۵ برابر افزایش خواهد یافت، یعنی ۳ میلیارد تن؛ درحالی‌که این رقم اکنون ۲.۱ میلیارد تن است. به همین ترتیب، نیاز به گوشت نیز از ۲۷۰ میلیارد تن کنونی به حدود ۴۷۰ میلیارد تن می‌رسد. مسئلهٔ دیگر کاهش زمین‌های کشاورزی است و برای تولید غذایِ بیشتر باید از زمین‌های کمتری استفاده شود. علاوه‌براین، کمبود منابع آب و انرژی به عوامل محدودکننده‌ای برای تولید غذا تبدیل شده‌اند. روند افزایش بی‌رویهٔ کشاورزی در کشورهای ثروتمند و توسعهٔ زمین در کشورهای فقیر ادامه می‌یابد. در نتیجه، حدود ۱ میلیارد هکتار از اراضی جهان [برای فعالیت‌های کشاورزی] تا سال ۲۰۵۰ پاکسازی می‌شود. انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل دی‌اکسیدکربن به حدود ۳ گیگا تن در سال و استفاده از نیتروژن به حدود ۲۵۰ میلیون تن در سال خواهد رسید. اوضاع کاملاً متفاوت می‌شود و تقاضا برای منابع، بسیار بیشتر از امروز خواهد بود. تأمین این تقاضای مازاد برای غذای انسان و خوراک دام مسئولیت دشواری بر دوش چندین کشور می‌گذارد.

## ۱.۱. مقدمه

در طول اولین انقلاب سبز با توسعهٔ فنّاوری‌های پیشرفتهٔ کشاورزی، بذرهای پرمحصول جدید،

1. D. N. BHARADWAJ Ex-Professor and Head, Department of Genetics and Plant Breeding, C.S. Azad University of Agriculture and Technology, Kanpur, India, Tel.: 9956211207,