

# نانوتکنولوژی کشاورزی و محیط زیست

فناوری‌های نوین و تأثیرات زیست‌محیطی آنها

فایان فراندز-لیو کوئو

جایان کومار پاترا

مترجمان:

دکتر محمد کافی

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر محمد بهزاد امیری

دانشیار مجتمع آموزش عالی گناباد

مهندس نازنین میری

دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدیدآور:     | نانو تکنولوژی کشاورزی و محیط زیست / [ویراستاران] فایان فرناندز، جایانتا کومار پاترا؛ مترجمان محمد کافی، محمد بهزاد امیری، نازنین میری                                                                                                          |
| مشخصات نشر:              | مشهد: جهاد دانشگاهی، واحد مشهد، ۱۴۰۳.                                                                                                                                                                                                          |
| مشخصات ظاهری:            | ۶۹۹ص.                                                                                                                                                                                                                                          |
| شابک:                    | ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۵۵۱-۱                                                                                                                                                                                                                              |
| یادداشت:                 | عنوان اصلی: Agricultural Nanobiotechnology : Modern Agriculture for a Sustainable Future, 2018.                                                                                                                                                |
| یادداشت:                 | کتابنامه: ص. ۶۹۵ - ۶۹۹.                                                                                                                                                                                                                        |
| موضوع:                   | کشاورزی<br>Agriculture<br>تکنولوژی زیستی<br>Biotechnology<br>حقوق محیط زیست<br>Environmental law<br>سیاست محیط زیست<br>Environmental policy<br>مواد غذایی -- تکنولوژی زیستی<br>Food -- Biotechnology<br>گیاهان -- اصلاح نژاد<br>Plant breeding |
| شناسه افزوده:            | فرناندث-لوکهنو، فایان، ۱۹۷۶- م. Fernández-Luqueño, Fabián, 1976-                                                                                                                                                                               |
| شناسه افزوده:            | پاترا، جایانتا کومار Patra, Jayanta Kumar                                                                                                                                                                                                      |
| شناسه افزوده:            | کافی، محمد، ۱۳۳۶- مترجم                                                                                                                                                                                                                        |
| شناسه افزوده:            | امیری، محمد بهزاد، ۱۳۶۴- مترجم                                                                                                                                                                                                                 |
| شناسه افزوده:            | میری، نازنین، ۱۳۶۹- مترجم                                                                                                                                                                                                                      |
| رده بندی کنگره:          | S۴۹۳                                                                                                                                                                                                                                           |
| رده بندی دیویی:          | ۶۳۰                                                                                                                                                                                                                                            |
| شماره کتابشناسی ملی:     | ۹۸۲۴۶۵۶                                                                                                                                                                                                                                        |
| اطلاعات رکورد کتابشناسی: | فیبا                                                                                                                                                                                                                                           |



### انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه، سازمان مرکزی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی  
 ص.پ. ۱۳۷۶-۹۱۷۷۵ تلفن: ۳۱۹۹۷۳۲۲ دفتر پخش: ۳۱۹۹۷۳۲۶  
 کتابفروشی یک: ۳۸۴۱۸۰۷۰ کتابفروشی دو: ۳۱۹۹۷۳۲۷ کتابفروشی سه: ۳۱۹۹۷۲۲۰  
 خرید آنلاین آثار منتشره از: [www.jdmpress.com](http://www.jdmpress.com)

### نانو تکنولوژی کشاورزی و محیط زیست (فناوری های نوین و تأثیرات زیست محیطی آنها)

ویراستاران: فایان فرناندز-لیو کوئنو، جایانتا کومار پاترا

مترجمان: دکتر محمد کافی، دکتر محمد بهزاد امیری و مهندس نازنین میری

آماده سازی و ویراستاری: رضا نیک ذات؛ واحد فنی دفتر نشر / چاپ و صحافی: من چاپ

چاپ اول / پاییز ۱۴۰۳ / ۱۰۰ نسخه / شماره نشر ۶۱۴

ISBN: 978-964-324-551-1

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۲۴-۵۵۱-۱

تمامی حقوق نشر برای ناشر محفوظ است.

قیمت: ۵/۵۰۰/۰۰۰ ریال

## به نام خداوند جان و خرد

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد بر این باور است که نخستین گام در راه بهبود ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و توسعه کشور، دستیابی به تازه‌های دانش و نشر یافته‌های پژوهشگران است. کتاب حاضر ششصد و چهاردهمین اثری است که با همین رویکرد منتشر می‌شود. رهنمودهای خوانندگان فرهیخته می‌تواند ما را در ارتقاء سطح کیفی و کمی این آثار یاری نماید.

انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

# فهرست

|                                                                      |                                                                         |     |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| .....                                                                | سخن مترجمان                                                             | ۱۲  |
| .....                                                                | سخن ویراستاران                                                          | ۱۵  |
| بخش اول: معرفی نانو تکنولوژی، نانو بیو تکنولوژی کشاورزی و نانوپالایش |                                                                         |     |
| .....                                                                | ۱. کشاورزی نانو: مزایا و معایب                                          | ۱۹  |
| .....                                                                | ۱-۱ مقدمه                                                               | ۱۹  |
| .....                                                                | ۲-۱ مزایای نانو تکنولوژی در کشاورزی                                     | ۲۱  |
| .....                                                                | ۳-۱ ویژگی های نانو بیو حسگرهای مطلوب                                    | ۲۴  |
| .....                                                                | ۴-۱ معایب نانو تکنولوژی                                                 | ۴۷  |
| .....                                                                | ۵-۱ چشم انداز آینده                                                     | ۵۵  |
| .....                                                                | ۶-۱ نتیجه گیری                                                          | ۵۶  |
| .....                                                                | منابع                                                                   | ۵۶  |
| .....                                                                | ۲. نانو بیو تکنولوژی کشاورزی: عصر حاضر و چشم انداز آینده                | ۶۲  |
| .....                                                                | ۱-۲ مقدمه                                                               | ۶۲  |
| .....                                                                | ۲-۲ نانوذرات واسطه گر برای انتقال ژن                                    | ۸۰  |
| .....                                                                | ۳-۲ آلاینده های محیطی شناسایی شده توسط نانوذرات و نانو تکنولوژی درمانگر | ۸۱  |
| .....                                                                | ۴-۲ بهبود کیفیت و ایمنی مواد غذایی با نانوذرات واسطه                    | ۸۲  |
| .....                                                                | ۵-۲ تأثیر نانومواد بر سیستم خاک و گیاه                                  | ۸۴  |
| .....                                                                | ۶-۲ چشم انداز آینده نانو تکنولوژی                                       | ۹۰  |
| .....                                                                | ۷-۲ محدودیت ها                                                          | ۹۰  |
| .....                                                                | منابع                                                                   | ۹۱  |
| بخش دوم: نانو کشاورزی                                                |                                                                         |     |
| .....                                                                | ۳. رویکردها، چالش ها و چشم اندازهای نانو فناوری برای کشاورزی پایدار     | ۱۰۳ |
| .....                                                                | ۱-۳ مقدمه                                                               | ۱۰۳ |
| .....                                                                | ۲-۳ ساخت سبز ماده نانو                                                  | ۱۰۴ |
| .....                                                                | ۳-۳ مزایا و سودمندی نانو فناوری در کشاورزی                              | ۱۰۸ |
| .....                                                                | ۴-۳ سناریوی کشاورزی در هند                                              | ۱۱۵ |

|          |                                                                                       |          |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ۱۱۶..... | ۳-۵ چالش‌ها                                                                           | ۱۱۶..... |
| ۱۱۶..... | ۳-۶ چشم‌اندازهای آینده                                                                | ۱۱۶..... |
| ۱۱۷..... | ۳-۷ نتیجه‌گیری                                                                        | ۱۱۷..... |
| ۱۱۷..... | منابع                                                                                 | ۱۱۷..... |
| ۱۲۳..... | ۴. نانوفناوری در مدیریت آفت‌کش                                                        | ۱۲۳..... |
| ۱۲۳..... | ۴-۱ نانوفناوری در کشاورزی                                                             | ۱۲۳..... |
| ۱۲۴..... | ۴-۲ نانوفناوری و کشاورزی                                                              | ۱۲۴..... |
| ۱۲۵..... | ۴-۳ نانوفرمولاسیون آفت‌کش‌ها                                                          | ۱۲۵..... |
| ۱۳۰..... | ۴-۴ کاربردهای نانومواد برای شناسایی و حذف آفت‌کش‌ها                                   | ۱۳۰..... |
| ۱۳۸..... | ۴-۵ اثر آفت‌کش‌های مبتنی بر نانوفناوری بر گرده‌افشان‌ها و طبیعت                       | ۱۳۸..... |
| ۱۳۸..... | ۴-۶ نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده                                                   | ۱۳۸..... |
| ۱۳۸..... | منابع                                                                                 | ۱۳۸..... |
| ۱۴۲..... | ۵. نانوفناوری در تصفیه آب و فاضلاب                                                    | ۱۴۲..... |
| ۱۴۲..... | ۵-۱ مقدمه                                                                             | ۱۴۲..... |
| ۱۴۴..... | ۵-۲ نانوفناوری برای تصفیه فاضلاب                                                      | ۱۴۴..... |
| ۱۴۶..... | ۵-۳ نانوذرات فلز / اکسید فلز برای تصفیه آب از پسماندهای آلی و معدنی                   | ۱۴۶..... |
| ۱۴۹..... | ۵-۴ نانومواد کربنی                                                                    | ۱۴۹..... |
| ۱۵۲..... | ۵-۵ کیتوسان                                                                           | ۱۵۲..... |
| ۱۵۴..... | ۵-۶ چشم‌انداز آینده نانوفناوری در تصفیه فاضلاب                                        | ۱۵۴..... |
| ۱۵۴..... | ۵-۷ نتیجه‌گیری                                                                        | ۱۵۴..... |
| ۱۵۵..... | منابع                                                                                 | ۱۵۵..... |
| ۱۶۰..... | ۶. کاربرد نانوفناوری در رشد گیاهان و مدیریت بیماری‌ها: ابزاری برای کشاورزی پایدار     | ۱۶۰..... |
| ۱۶۰..... | ۶-۱ مقدمه                                                                             | ۱۶۰..... |
| ۱۶۲..... | ۶-۲ ساخت نانوذرات                                                                     | ۱۶۲..... |
| ۱۶۵..... | ۶-۳ عوامل مؤثر بر ساخت نانوذرات                                                       | ۱۶۵..... |
| ۱۶۸..... | ۶-۴ نانو کودها: منبعی کارآمد برای تغذیه گیاهی                                         | ۱۶۸..... |
| ۱۷۰..... | ۶-۵ نانو آفت‌کش‌ها: کنترل بیماری‌های گیاهی                                            | ۱۷۰..... |
| ۱۷۴..... | ۶-۶ نانوحسگرها: تشخیص بیماری‌های گیاهی                                                | ۱۷۴..... |
| ۱۷۵..... | ۶-۷ چالش‌های مربوط به نانوفناوری در کشاورزی                                           | ۱۷۵..... |
| ۱۷۷..... | ۶-۸ نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده                                                      | ۱۷۷..... |
| ۱۷۸..... | منابع                                                                                 | ۱۷۸..... |
| ۱۸۴..... | ۷. تعامل بین نانوذرات و پاتوژن‌های گیاهی                                              | ۱۸۴..... |
| ۱۸۴..... | ۷-۱ مقدمه                                                                             | ۱۸۴..... |
| ۱۸۵..... | ۷-۲ پاتوژن‌های گیاهی                                                                  | ۱۸۵..... |
| ۱۸۷..... | ۷-۳ ارتباط متقابل پاتوژن - گیاه                                                       | ۱۸۷..... |
| ۱۹۰..... | ۷-۴ مکانیسم‌های مولکولی مرتبط با بیماری‌زایی گیاهی توسط باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها | ۱۹۰..... |

|          |                                                                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۸..... | ۵-۷ راهبرد مرسوم برای مدیریت آلودگی‌ها و بیماری‌های گیاهی                                                   |
| ۲۰۹..... | ۶-۷ نانوفناوری و تأثیر آن بر تولید محصولات کشاورزی                                                          |
| ۲۱۰..... | ۷-۷ انواع نانوذرات و نقش آنها در سرکوب پاتوژن‌های گیاهی                                                     |
| ۲۱۷..... | ۸-۷ نانوذرات و مکانیسم‌های پیشگیری آنها از بیماری‌زایی گیاهی                                                |
| ۲۲۰..... | ۹-۷ نقش چندوجهی نانوذرات در کنترل برهمکنش گیاه و پاتوژن                                                     |
| ۲۲۲..... | ۱۰-۷ نانوفناوری و خطرات احتمالی                                                                             |
| ۲۲۵..... | ۱۱-۷ نتیجه‌گیری                                                                                             |
| ۲۲۵..... | منابع                                                                                                       |
| ۲۳۷..... | ۸ سنتز نانوذرات اکسید روی با استفاده از عصاره گیاهان علفی و کاربردهای آن                                    |
| ۲۳۷..... | ۱-۸ مقدمه                                                                                                   |
| ۲۳۹..... | ۲-۸ روش‌های مختلف مورداستفاده در ساخت نانوذرات                                                              |
| ۲۴۵..... | ۳-۸ ساخت نانوذرات اکسید روی از عصاره برگ                                                                    |
| ۲۵۰..... | ۴-۸ ساخت نانوذرات اکسید روی از عصاره‌های ساقه و ریشه                                                        |
| ۲۵۱..... | ۵-۸ ساخت نانوذرات اکسید روی از عصاره پوست، گل، میوه و شیره گیاهی                                            |
| ۲۵۳..... | ۶-۸ ساخت نانوذرات اکسید روی از عصاره‌های گیاه کامل                                                          |
| ۲۵۵..... | ۷-۸ کاربردهای نانوذرات اکسید روی                                                                            |
| ۲۵۹..... | منابع                                                                                                       |
| ۲۶۷..... | ۹. نانو ساختارهای تلفیق شده با مولکول زیستی برای سیستم‌های تشخیص پیشرفته در مدیریت بیماری‌های ویروسی گیاهان |
| ۲۶۷..... | ۱-۹ مقدمه                                                                                                   |
| ۲۷۳..... | ۲-۹ نانوحسگرهای زیستی به‌عنوان یک سیستم تشخیصی                                                              |
| ۲۷۹..... | ۳-۹ حسگر مبتنی بر عوامل بیولوژیکی                                                                           |
| ۳۰۲..... | ۴-۹ نتیجه‌گیری                                                                                              |
| ۳۰۳..... | منابع                                                                                                       |
| ۳۰۸..... | ۱۰. انتقال نانو کامپوزیت‌های مبتنی بر پلیمر در کشاورزی: پیشرفت‌های اخیر، چالش‌ها و چشم‌انداز                |
| ۳۰۸..... | ۱-۱۰ مقدمه                                                                                                  |
| ۳۰۹..... | ۲-۱۰ پیدایش نانومواد مصنوعی                                                                                 |
| ۳۱۲..... | ۳-۱۰ انواع نانومواد و عملکردهای آنها                                                                        |
| ۳۲۲..... | ۴-۱۰ ترکیبات پلیمری                                                                                         |
| ۳۲۸..... | ۵-۱۰ ارتباط نانو کامپوزیت‌های پلیمری با گیاهان                                                              |
| ۳۲۹..... | ۶-۱۰ نانومواد پلیمری طراحی قابل توارث را بهبود داده است                                                     |
| ۳۳۱..... | ۷-۱۰ نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده                                                                        |
| ۳۳۲..... | منابع                                                                                                       |
|          | بخش سوم: نانویست‌فناوری کشاورزی                                                                             |
| ۳۳۹..... | ۱۱. نانوفناوری: ابزاری برای توسعه صنعت کشاورزی پایدار                                                       |
| ۳۳۹..... | ۱-۱۱ مقدمه                                                                                                  |

|          |                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۴۰..... | ۲-۱۱ نانوکودها .....                                                                    |
| ۳۴۱..... | ۳-۱۱ نانوآفت کش ها .....                                                                |
| ۳۴۱..... | ۴-۱۱ نانوعلف کش ها .....                                                                |
| ۳۴۲..... | ۵-۱۱ نانوحشره کش ها .....                                                               |
| ۳۴۳..... | ۶-۱۱ نانوحسگر .....                                                                     |
| ۳۴۴..... | ۷-۱۱ انتقال مواد مغذی .....                                                             |
| ۳۴۴..... | ۸-۱۱ جوانه زنی بذر، رشد و نمو گیاه، متابولیسم ثانویه .....                              |
| ۳۴۸..... | ۹-۱۱ دگرگونی ژنتیکی .....                                                               |
| ۳۴۸..... | ۱۰-۱۱ خواص ضد میکروبی نانوذرات .....                                                    |
| ۳۴۹..... | ۱۱-۱۱ خواص آنتی اکسیدانی نانومواد .....                                                 |
| ۳۵۰..... | ۱۲-۱۱ فرآوری مواد غذایی، بسته بندی و حمل و نقل .....                                    |
| ۳۵۱..... | ۱۳-۱۱ نانوپالایش .....                                                                  |
| ۳۵۲..... | ۱۴-۱۱ سم شناسی نانومواد .....                                                           |
| ۳۵۳..... | ۱۵-۱۱ مقررات و قانون گذاری برای ملاحظات ایمنی نانوذرات .....                            |
| ۳۵۵..... | ۱۶-۱۱ آگاهی عمومی و پذیرش .....                                                         |
| ۳۵۶..... | ۱۷-۱۱ اظهارات پایانی و چشم اندازهای آینده .....                                         |
| ۳۵۶..... | منابع .....                                                                             |
| ۳۶۲..... | ۱۲. نانوفناوری و رویکرد آمیکس در زیست فناوری کشاورزی .....                              |
| ۳۶۲..... | ۱-۱۲ مقدمه .....                                                                        |
| ۳۶۴..... | ۲-۱۲ نانوذرات مختلف در عملیات کشاورزی برای بهبود رشد گیاه و سلامت خاک .....             |
| ۳۶۶..... | ۳-۱۲ متاژنومیکس برای مطالعه اثر نانوذرات بر پویایی میکروبی خاک .....                    |
| ۳۶۷..... | ۴-۱۲ پروتئومیکس برای مطالعه فلور میکروبی گیاه و خاک .....                               |
| ۳۶۸..... | ۵-۱۲ متابولومیکس برای مطالعه فلور میکروبی گیاه و خاک .....                              |
| ۳۶۹..... | ۶-۱۲ نتیجه گیری .....                                                                   |
| ۳۷۰..... | منابع .....                                                                             |
| ۳۷۴..... | ۱۳. تعاملات بین نانومواد و همکاری گیاه- میکروب .....                                    |
| ۳۷۴..... | ۱-۱۳ مقدمه .....                                                                        |
| ۳۷۵..... | ۲-۱۳ گیاهان و محیط های میکروبی .....                                                    |
| ۳۸۵..... | ۳-۱۳ نانومواد (فلزی، اکسیدها، لیاف مبتنی بر کربن، مسیرهای انتشار به گیاهان و خاک) ..... |
| ۳۸۶..... | ۴-۱۳ تعامل نانومواد با گیاهان (سمیت و فواید) .....                                      |
| ۳۹۶..... | ۵-۱۳ برهمکنش نانومواد با میکروب ها (سمیت و فواید) .....                                 |
| ۴۰۵..... | ۶-۱۳ نتیجه گیری .....                                                                   |
| ۴۰۶..... | منابع .....                                                                             |
| ۴۱۳..... | ۱۴. نانوفناوری برای کنترل آفات و کنترل میکروبیولوژیکی .....                             |
| ۴۱۳..... | ۱-۱۴ مشکلات آفات و کنترل آنها در مکزیک .....                                            |
| ۴۱۴..... | ۲-۱۴ پتانسیل های نانوفناوری در کشاورزی .....                                            |

|          |                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| ۴۱۷..... | ۳-۱۴ نانوآفت کش ها                                                          |
| ۴۱۸..... | ۴-۱۴ فرآیند آزادسازی نانوآفت کش                                             |
| ۴۱۸..... | ۵-۱۴ مواد شیمیایی گیاهی در نانو فرمولاسیون                                  |
| ۴۲۰..... | ۶-۱۴ نانوپوشش ها                                                            |
| ۴۲۵..... | ۷-۱۴ پیشرفت های جدید: نانوقارچ کش در لباس ها و مواد طبی التیام دهنده زخم ها |
| ۴۲۶..... | ۸-۱۴ نتیجه گیری                                                             |
| ۴۲۸..... | منابع                                                                       |

بخش چهارم: نانوپالایی

|          |                                                                 |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| ۴۳۳..... | ۱۵. نانوپالایی                                                  |
| ۴۳۳..... | ۱-۱۵ مقدمه                                                      |
| ۴۳۴..... | ۲-۱۵ آلودگی زیست محیطی                                          |
| ۴۳۶..... | ۳-۱۵ مدیریت آلودگی محیطی                                        |
| ۴۳۸..... | ۴-۱۵ عملکرد گیاه و محیط آلوده                                   |
| ۴۳۹..... | ۵-۱۵ نانو تکنولوژی در کنترل آلودگی                              |
| ۴۴۱..... | ۶-۱۵ تولید محصولات زراعی و نانوپالایی در اراضی آلوده            |
| ۴۴۵..... | ۷-۱۵ معایب و خطرات نانوذرات آهن                                 |
| ۴۴۶..... | ۸-۱۵ راه حل هایی برای معایب نانوپالایی                          |
| ۴۴۷..... | ۹-۱۵ نتیجه گیری                                                 |
| ۴۴۸..... | منابع                                                           |
| ۴۵۳..... | ۱۶. نانوپالایی فلزات سنگین در خاک کشاورزی                       |
| ۴۵۳..... | ۱-۱۶ مقدمه                                                      |
| ۴۵۴..... | ۲-۱۶ فلزات سنگین و خطرات ناشی از آنها                           |
| ۴۵۵..... | ۳-۱۶ نانوپالایش آب های زیرزمینی، فاضلاب و خاک                   |
| ۴۵۶..... | ۴-۱۶ نانوپالایی خاک                                             |
| ۴۵۷..... | ۵-۱۶ کاربرد نانو کربن ها در پالایش فلزات سنگین                  |
| ۴۶۳..... | ۶-۱۶ نانومواد غیر کربن                                          |
| ۴۶۵..... | ۷-۱۶ اثرات خودسمیتی نانومواد                                    |
| ۴۶۷..... | ۸-۱۶ کاربردهای واقعی نانوذرات ذکر شده در این فصل                |
| ۴۶۷..... | ۹-۱۶ نتیجه گیری                                                 |
| ۴۶۸..... | منابع                                                           |
| ۴۷۲..... | ۱۷. گیاه پالایی: روشی جدید برای پایداری زیست محیطی              |
| ۴۷۲..... | ۱-۱۷ مقدمه                                                      |
| ۴۷۴..... | ۲-۱۷ ساخت نانوذرات در گیاه                                      |
| ۴۷۶..... | ۳-۱۷ ویژگی های مخرب و مخاطرات گیاه پالایی نانومنا برای بوم نظام |
| ۴۷۸..... | ۴-۱۷ نانوذرات و تصفیه آب آشامیدنی                               |
| ۴۷۸..... | ۵-۱۷ نانو کودها                                                 |



|                            |                                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ۴۷۹.....                   | ۶-۱۷ تصفیه فاضلاب .....                                                             |
| ۴۸۱.....                   | ۷-۱۷ نتیجه گیری .....                                                               |
| ۴۸۲.....                   | منابع .....                                                                         |
| ۴۸۴.....                   | ۱۸. نانوزیست پالایی: فناوری های نوآورانه برای پالایش پایدار آلاینده های محیطی ..... |
| ۴۸۴.....                   | ۱-۱۸ مقدمه .....                                                                    |
| ۴۸۶.....                   | ۲-۱۸ اصول فناوری نانوزیست پالایی .....                                              |
| ۴۸۹.....                   | ۳-۱۸ زیست پالایی با نانومواد مبتنی بر آنزیم .....                                   |
| ۴۹۴.....                   | ۴-۱۸ نانوذرات بیولوژیکی تولیدشده در زیست پالایی .....                               |
| ۴۹۸.....                   | ۵-۱۸ میکروارگانسیم های همراه نانوذرات در زیست پالایی .....                          |
| ۵۰۰.....                   | ۶-۱۸ چشم انداز فعلی و آینده .....                                                   |
| ۵۰۱.....                   | ۷-۱۸ نتیجه گیری .....                                                               |
| ۵۰۲.....                   | منابع .....                                                                         |
| بخش پنجم: اثرات زیست محیطی |                                                                                     |
| ۵۱۱.....                   | ۱۹. نانومواد در زنجیره غذایی بشر .....                                              |
| ۵۱۱.....                   | ۱-۱۹ فرآوری و افزودنی ها: نگهدارنده ها، بهبوددهنده های تغذیه ای و چسبایی .....      |
| ۵۱۷.....                   | ۲-۱۹ کاربرد نانوتکنولوژی در آزمایشات تجزیه ای و کنترل کیفیت مواد غذایی .....        |
| ۵۲۶.....                   | ۳-۱۹ نانوتکنولوژی فعال و هوشمند در بسته بندی مواد غذایی .....                       |
| ۵۳۷.....                   | ۴-۱۹ محیط زیست، سلامتی و ایمنی .....                                                |
| ۵۴۰.....                   | منابع .....                                                                         |
| ۵۴۸.....                   | ۲۰. دستاوردهای نانوتکنولوژی و تخریب محیط زیست .....                                 |
| ۵۴۸.....                   | ۱-۲۰ مقدمه .....                                                                    |
| ۵۷۲.....                   | ۲-۲۰ نتیجه گیری .....                                                               |
| ۵۷۲.....                   | منابع .....                                                                         |
| ۵۷۵.....                   | ۲۱. تجمع نانومواد مهندسی شده در خاک، آب و هوا .....                                 |
| ۵۷۵.....                   | ۱-۲۱ مقدمه .....                                                                    |
| ۵۸۵.....                   | ۲-۲۱ اثر سمیت نانوذرات بر سلامت انسان .....                                         |
| ۵۸۷.....                   | ۳-۲۱ اثرات سمی نانومواد بر سیستم های آبی .....                                      |
| ۶۰۰.....                   | ۴-۲۱ حضور نانومواد مهندسی شده در هوا .....                                          |
| ۶۰۱.....                   | ۵-۲۱ نتیجه گیری .....                                                               |
| ۶۰۲.....                   | منابع .....                                                                         |
| ۶۰۹.....                   | ۲۲. نانومواد برای حذف آفت کش های ارگانوفسفره از فاضلاب .....                        |
| ۶۰۹.....                   | ۱-۲۲ مقدمه .....                                                                    |
| ۶۱۱.....                   | ۲-۲۲ منابع و نحوه حضور آفت کش های ارگانوفسفره .....                                 |
| ۶۱۸.....                   | ۳-۲۲ نانومواد .....                                                                 |
| ۶۳۲.....                   | ۴-۲۲ پارامترهای مؤثر بر فرآیند جذب آفت کش های ارگانوفسفره .....                     |
| ۶۳۴.....                   | ۵-۲۲ مکانیسم جذب .....                                                              |

|          |                                                                                       |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ۶۳۵..... | ۶-۲۲ چشم‌اندازهای آینده .....                                                         |
| ۶۳۶..... | منابع.....                                                                            |
| ۶۴۳..... | ۲۳. اثرات جانبی نانو آلودگی بر سلامت انسان و محیط‌زیست .....                          |
| ۶۴۳..... | ۱-۲۳ مقدمه .....                                                                      |
| ۶۴۵..... | ۲-۲۳ نانو آلودگی .....                                                                |
| ۶۵۴..... | ۳-۲۳ ملاحظات زیست‌محیطی در رابطه با فناوری نانو .....                                 |
| ۶۵۵..... | ۴-۲۳ مشکلات احتمالی نانو تکنولوژی برای زندگی انسان به‌عنوان خطری نوظهور .....         |
| ۶۶۲..... | ۵-۲۳ ارزیابی چرخه حیات نانو مواد .....                                                |
| ۶۶۶..... | ۶-۲۳ نتیجه‌گیری .....                                                                 |
| ۶۶۷..... | منابع.....                                                                            |
| ۶۷۲..... | ۲۴. ادغام راهبردهای زیستی و نانو تکنولوژی دوستدار محیط‌زیست برای پیشرفت کشاورزی ..... |
| ۶۷۲..... | ۱-۲۴ مقدمه .....                                                                      |
| ۶۷۴..... | ۲-۲۴ فناوری نانو برای مدیریت خاک .....                                                |
| ۶۷۴..... | ۳-۲۴ حاصلخیزی خاک .....                                                               |
| ۶۷۵..... | ۴-۲۴ کیفیت خاک .....                                                                  |
| ۶۷۵..... | ۵-۲۴ آلودگی‌زدایی .....                                                               |
| ۶۷۶..... | ۶-۲۴ سایر موارد .....                                                                 |
| ۶۷۶..... | ۷-۲۴ فناوری‌های مؤثر نانو در حفاظت از گیاه .....                                      |
| ۶۷۷..... | ۸-۲۴ تغذیه گیاهان زراعی .....                                                         |
| ۶۷۹..... | ۹-۲۴ کنترل آفات در گیاهان زراعی .....                                                 |
| ۶۸۰..... | ۱۰-۲۴ کنترل بیماری در گیاهان خوراکی و غیرخوراکی .....                                 |
| ۶۸۱..... | ۱۱-۲۴ آبیاری و نیاز آبی .....                                                         |
| ۶۸۲..... | ۱۲-۲۴ کنترل تنش‌های زنده و غیرزنده .....                                              |
| ۶۸۴..... | ۱۳-۲۴ برداشت، فرآوری مواد غذایی و ماندگاری .....                                      |
| ۶۸۶..... | ۱۴-۲۴ نانو بسته‌بندی بهبود یافته .....                                                |
| ۶۸۸..... | ۱۵-۲۴ نانو بسته‌بندی فعال .....                                                       |
| ۶۸۹..... | ۱۶-۲۴ نانو بسته‌بندی هوشمند .....                                                     |
| ۶۹۱..... | ۱۷-۲۴ امنیت سیستم نانو فناوری .....                                                   |
| ۶۹۴..... | ۱۸-۲۴ نتیجه‌گیری .....                                                                |
| ۶۹۵..... | منابع.....                                                                            |

## سخن مترجمان

جمعیت بشر روی کره زمین روز به روز در حال افزایش است و طبق پیش‌بینی‌های انجام‌شده تا سال ۲۰۵۰ میلادی به بیش از ده میلیارد نفر خواهد رسید. تأمین امنیت غذایی برای این جمعیت انبوه نه تنها از بُعد کمی مهم است بلکه الگوی تغذیه بشر امروزی نیز به شکلی تغییر نموده است که انرژی و منابع لازم برای تأمین غذای روزانه یک فرد در قرن بیست‌ویکم شاید دو برابر انرژی مورد نیاز یک فرد در یک قرن گذشته باشد. این در حالی است که منابع اصلی تولید بخش کشاورزی نه تنها افزایش نیافته بلکه روز به روز، هم از بُعد کمی و هم از بُعد کیفی، در حال کاهش است. خاک‌ها و آب‌های کشاورزی به سمت شور شدن و فرسایش حرکت می‌کنند. طغیان آفات و بیماری‌های گیاهی بیشتر می‌شود و تغییر اقلیم و گرمایش جهانی نیز بر علیه تولید بهینه محصولات زراعی و باغی در حال پیشرفت است. همه این عوامل، هشدار جدی برای اتخاذ تدابیر هوشمندانه و پایداری است که بتوان با همین منابع موجود در دسترس بشر، غذای با کیفیت و در دسترس تک‌تک آحاد بشری ساکن در کره زمین را تأمین نمود.

برای نیل به این هدف بزرگ، دانشمندان شاخه‌های مختلف علمی می‌باید دست در دست هم به دنبال یافتن راه‌حلهایی باشند که بدون آسیب به محیط زیست و سلامت انسان و گونه‌های حیوانی و گیاهی در قریب به سی سال آینده تولید محصولات کشاورزی را شصت درصد افزایش دهند. هر چند تحقق این ادعا مشکل به نظر می‌رسد ولی تجربه نیم قرن اخیر ثابت کرده است که دانشمندان حوزه زراعت، اصلاح نباتات، خاک و آب و گیاه‌پزشکان و متخصصین ماشین‌آلات کشاورزی توانسته‌اند بدون افزایش سطح زیر کشت عملکرد محصولات زراعی اصلی را تا بیش از دو برابر افزایش دهند. این افزایش مرهون علوم مختلف ژنتیک، بیوتکنولوژی، علوم زراعی، آب و خاک، گیاه‌پزشکی و مکانیزاسیون بوده است که ارقام زراعی پرمحصول و متحمل به آفات و بیماری‌های گیاهی و کودپذیر را اصلاح نموده و در اختیار کشاورزان گذاشته‌اند ولی اکنون، آمار تولید سال‌های

اخیر نشان می‌دهد که ظرفیت افزایش تولید بر اثر عوامل فوق‌الذکر به سقف خود نزدیک می‌شود و نیاز به ورود تکنولوژی‌های جدید در بخش کشاورزی روز به روز بیشتر احساس می‌شود.

در میان رویکردهای جدید علمی در بخش کشاورزی، می‌توان به کشاورزی دقیق، کشاورزی هوشمند و کاربرد نانو تکنولوژی اشاره کرد که هر کدام در جای خود می‌تواند بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی را افزایش داده و از آلایندگی محیط زیست نیز بکاهد. نانو تکنولوژی حوزه تحقیقاتی بین‌رشته‌ای بسیار امیدوارکننده‌ای است که هدف آن تولید موادی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر و در مقیاس اتم‌ها و مولکول‌هاست. نانوذرات و نانومواد در کلیه مراحل تولید محصولات زراعی از پوشش دادن بذر با نانوذرات تا کپسوله کردن و تحویل دقیق کودهای شیمیایی، کودهای میکروبی، علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها به محل دقیق عمل آنها ظرفیت کاربرد بالایی دارد. همچنین این فناوری پس از برداشت محصولات کشاورزی، در مراحل فرآوری و بسته‌بندی فرآورده‌های غذایی نیز کاربردهای فراوانی دارد و خوشبختانه کشور ما در این شاخه از تکنولوژی، جزو کشورهای پیشتاز جهان است.

کتاب «نانوفناوری کشاورزی و محیط زیست»، آخرین دستاوردهای تکنولوژیک و اثرات اکولوژیکی آنها را در مراحل مختلف زنجیره غذایی بشر به رشته تحریر درآورده است و نه تنها به بیان مزایای کاربرد این تکنولوژی در تولید محصولات زراعی و باغی پرداخته است بلکه ملاحظات لازم برای استفاده از این فناوری بر سلامت انسان در محیط زیست وی را نیز بیان کرده و آینده استفاده از هر کدام از نانوذرات و نانومواد را هم تا حد امکان پیش‌بینی نموده است.

این کتاب دارای پنج بخش است که در بخش اول مقدمه‌ای بر کشاورزی نانو و نانو بیوتکنولوژی کشاورزی در دو فصل ارائه شده و در بخش دوم با عنوان کشاورزی نانو مینا، در نه فصل از جنبه‌های مختلف تولید پایدار، مدیریت آب و پساب در کشاورزی، کنترل آفات و بیماری‌ها با استفاده از فناوری نانو و ساخت سبزی یا دوستدار محیط زیست هر کدام از نانوذرات، توضیح داده شده است. در بخش سوم در قالب چهار فصل تلفیقی از نانو و بیوتکنولوژی در بهبود تولید محصولات زراعی و حفاظت از منابع آب و خاک بیان شده و در بخش چهارم به اصلاح منابع تولیدات کشاورزی یعنی آب و خاک با استفاده از فناوری نانو پرداخته شده است. در بخش انتهایی کتاب نیز اثرات اکولوژیک استفاده از فناوری نانو در کشاورزی به رشته تحریر درآمده و ملاحظات و هشدارهای لازم نیز در استفاده از این نانومواد در هر بخش ذکر شده و تاکید شده است که قبل از کاربرد انبوه فرآورده‌های نانویی، ابتدا باید از اثرات مثبت آنها بر سلامت انسان و محیط زیست اطمینان حاصل کرد.

مطالعه کتاب حاضر با توجه به جامعیت آن، نه تنها برای محققین و کارشناسان رشته‌های مختلف کشاورزی و صنایع غذایی کاربرد دارد بلکه به دلیل بین‌رشته‌ای بودن، می‌تواند برای پژوهشگران حوزه بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک، اصلاح‌گران دام و گیاه، متخصصان محیط زیست، حوزه سلامت و درمان به ویژه زیست‌پزشکی نیز مورد استفاده قرار گیرد. لذا مطالعه آن برای تمامی دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترا در رشته‌های بیوتکنولوژی، نانوشیمی، مهندسی بیوشیمی و میکروبیولوژی، و پزشکی نیز بسیار سودمند خواهد بود.

لازم می‌دانیم از انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد به دلیل مساعدت‌ها و همراهی‌های بی‌دریغی که در انتشار کتاب نموده‌اند قدردانی نماییم. همچنین از سرکار خانم مهندس عاطفه میرزائیان و خانم اشرف کافی که با حوصله و دقت خط به خط کتاب را مطالعه و اشکالات تایپی و ویرایشی آن را برطرف نموده‌اند سپاسگزاری می‌کنیم. موجب امتنان خواهد بود اگر همکاران دانشگاهی و محققان، کارشناسان و دانشجویان ارجمند پیشنهادات و نقاط ضعف ترجمه این اثر را برای مترجمان ارسال نمایند تا در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

محمد کافی

محمد بهزاد امیری

نازنین میری

پاییز ۱۴۰۳

# سخن ویراستاران

کتاب «نانوتکنولوژی کشاورزی و محیط زیست: فناوری‌های نوین و تأثیرات زیست‌محیطی آنها»، کتابی تدوینی است که در ۲۴ فصل نوشته شده است و بهترین تجربیات موجود در زمینه نانوفناوری برای بخش کشاورزی و محیط زیست را به منظور معرفی ایده‌های پایدار زیست‌محیطی برای بهبود کمی و کیفی فرآورده‌های تولید بخش کشاورزی و کاهش اثرات نامطلوب مصرف نانوفناوری در کشاورزی معرفی می‌کند. علاوه بر این، به‌روزترین فناوری‌های نانو برای تضمین مدیریت بهتر منابع خاک و زیست‌بوم‌های کشاورزی را معرفی می‌کند. بنابراین، فناوری‌های نانو مانند نانوبیوتکنولوژی زراعی، کوددهی در مقیاس نانو، کنترل آفات، استفاده از نانومغناطیس در اصلاح نباتات، زراعت مولکولی گیاهان، فناوری‌های آمیکس، فناوری‌های نانو مبتنی بر گیاهان، اصلاح نانویی و دیگر شاخه‌های جدید و به‌روز علمی در هر یک از پنج بخش این اثر مورد توجه قرار گرفته است.

بدون شک این کتاب برای دانشجویان کارشناسی و تحصیلات تکمیلی و دانشمندان و پژوهشگران در ارتباط با حوزه علوم نانو و نانوفناوری، تولید محصولات زراعی و فناوری‌های اصلاحی و همچنین آن دسته از پژوهشگرانی که درگیر با حل مشکلات تکنیکی مربوط به محیط‌های زیست انسانی و سلامت آنهاست بدون ایجاد هیچ مانعی مفید و بی‌نظیر خواهد بود.

به‌عنوان ویراستار، از تک‌تک نویسندگان این کتاب که باعث به وجود آوردن این اثر شدند سپاسگزاریم. لازم می‌دانیم از دکتر امی لی، دستیار ویراستار نیچر اشپینگر کره جنوبی، به خاطر کمک‌های بی‌دریغ و خستگی‌ناپذیرش در نهایی کردن نسخه ویرایشی تقدیر کنیم.

سپاس ویژه‌ای از همکاران گرامی خود و مدیران دانشگاه به خاطر حمایت‌های فراوان و تشویق پیوسته آنها در طول تدوین این کتاب داریم. در انتها، از خانواده و دوستانمان برای حمایت‌ها و از خودگذشتگی‌های فراوانشان برای به ثمر رسیدن این اثر قدردانی می‌کنیم.

فایان فرناندز-لیوکوتنو

جایانتا کومار پاترا