

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



اندوفیت‌های بذر

زیست‌شناسی و زیست‌فناوری

ساتیش کومار ورما - جیمز فرانسیس وایت جی آر

ترجمه:

دکتر سعید طریقی

استاد دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر الهه طاهری

سرشناسه:	اندوفیت‌های بذر: زیست‌شناسی و زیست‌فناوری / [ویراستاران] ساتیش کومار ورما، جیمز فرانسیس وایت جی آر؛ ترجمه سعید طریقی، الهه طاهری؛ ویراستار علمی مجتبی ممرآبادی؛ ویراستار ادبی اعظم نیکخواه فاردقی.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری:	۵۰۴ ص.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۹۱۲.
شابک:	ISBN: 978-964-386-609-9
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا.
یادداشت:	عنوان اصلی: Seed endophytes : biology and biotechnology, 2019.
عنوان دیگر:	زیست‌شناسی و زیست‌فناوری.
موضوع:	ژنتیک میکربی اندوفیت‌ها گیاهان — اصلاح نژاد میکروب‌شناسی میکروب‌شناسی صنعتی بذرها -- میکروب‌شناسی ورما، ساتیش کومار، ویراستار وایت، جیمز فرانسیس، ویراستار طریقی، سعید، ۱۳۵۲- مترجم طاهری، الهه، ۱۳۶۹- مترجم ممرآبادی، مجتبی، ۱۳۴۹- ویراستار دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
شناسه افزوده:	Verma, Satish Kumar White, James Francis, Jr. Tarighi, Saeed Mamarabadi, Mojtaba
شناسه افزوده:	QH۴۳۴
رده‌بندی کنگره:	۵۷۲/۸۲۹۳
رده‌بندی دیوبی:	۹۵۵۸۸۰۱
شماره کتابشناسی ملی:	

اندوفیت‌های بذر؛ زیست‌شناسی و زیست‌فناوری

پدیدآورندگان: ساتیش کومار ورما - جیمز فرانسیس وایت جی آر
ترجمه: دکتر سعید طریقی، دکتر الهه طاهری
ویراستار علمی: دکتر مجتبی ممرآبادی
ویراستار ادبی: دکتر اعظم نیکخواه فاردقی
مشخصات: وزیری، ۱۵۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۴۰۳
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
بها: ۴/۳۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست
گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



انتشارات
۹۱۲

فهرست مطالب

پیش‌گفتار مترجمان	۱۳
مقدمه	۱۴

بخش ۱: اندوفیت‌های بذر: تعریف و روش‌هایی برای ارزیابی و مدیریت

فصل ۱. میکروب‌های حمل‌شده با بذر: نقش آنها در بهبود سازگاری گیاهچه و مقابله با عوامل بازدارنده رشد گیاه	۱۷
۱-۱- جامعه میکروبی بذر	۱۷
۱-۲- سازگاری بذرهای جهت حمل میکروب‌های همزیست	۱۸
۱-۳- نقش میکروب‌های حمل‌شده توسط بذر در گیاهچه‌ها	۱۸
۱-۴- چه اتفاقی برای میکروب‌های حمل‌شده توسط بذر می‌افتد؟	۲۰
۱-۵- مولکول‌های پیام‌رسان	۲۲
۱-۶- تداخل اندوبیوم	۲۳
۱-۷- راه ورود <i>Micrococcus luteus</i> به داخل سلول‌های ریشه	۲۸
۱-۸- فازهای درون سلولی <i>Aureobasidium pullulans</i> و <i>Rhodotorula</i> sp.	۲۹
۱-۹- آیا تداخل اندوبیوم بر ارتباط‌های گیاه-گیاه اثر می‌گذارد؟	۲۹
۱-۱۰- کاربردهای بالقوه تداخل اندوبیومی برای کنترل گونه‌های مهاجم گیاهی و علف هرز	۳۰
۱-۱۱- نتایج	۳۰

فصل ۲. بررسی باکتری‌های PPFM به‌عنوان یک مدل از اندوفیت‌های بذر: ماهیت آنها چیست؟ منشأ آنها	۳۵
کجاست؟ کاربردشان برای گیاه چیست؟ چه کاری برای ما انجام می‌دهند؟	۳۵
۲-۱- فریب یک باکتری را خوردن	۳۵
۲-۲- شناسایی نقش اصلی باکتری‌ها در متابولیسم گیاه	۳۶
۲-۳- مشاهده اندوفیت‌های بذر از طریق لنزهای متیلوتروفیک با رنگدانه صورتی اختیاری	۳۶
۲-۳-۱- این ارتباط از کجا آمده است؟	۳۷
۲-۳-۲- آنها چه کاری برای بذرهای انجام می‌دهند؟	۳۸
۲-۳-۳- آنها چه کاری برای گیاهان انجام می‌دهند؟	۳۹
۲-۴- نقش اندوفیت‌های بذر در بهبود رشد گیاه	۴۱
۲-۵- به‌عنوان نقش جانبی: اندوفیت‌ها بر کیفیت بذرهای به‌عنوان غذا برای ما اثرگذارند	۴۲
۲-۴- سوالات پاسخ داده نشده	۴۳
۲-۵- نتایج	۴۴

فصل ۳. اندوفیت‌های بذریه و کاربردهای بالقوه آنها.....	۴۹
۳-۱- پیش‌زمینه.....	۴۹
۳-۲- اندوفیت‌های بذریه.....	۵۱
۳-۳- ارزیابی جوامع اندوفیتی بذریه.....	۵۴
۳-۴- نقش‌های اندوفیت‌های بذریه.....	۵۶
۳-۴-۱- اندوفیت‌های بذریه و افزایش رشد گیاه.....	۵۶
۳-۴-۲- اندوفیت‌های بذریه، سمیت فلزات سنگین/تنش را کاهش می‌دهند.....	۵۷
۳-۵- مکانیسم افزایش رشد و تحمل تنش فلزات سنگین.....	۵۹
۳-۵-۱- ژن‌های مقاوم به فلزات سنگین مقاومت به فلزات را ایجاد می‌کنند.....	۶۱
۳-۶- چشم‌اندازهای آینده.....	۶۲

فصل ۴. کشف جوامع اندوفیتی گیاهان: روش‌هایی برای بررسی تنوع، اثر بر تکامل گیاه میزبان

و کاربردهای بالقوه از جنبه زیست‌فناوری.....	۶۹
۴-۱- مقدمه.....	۶۹
۴-۱-۱- ماهیت اندوفیت‌ها چیست؟.....	۶۹
۴-۱-۲- چالش‌های موجود در مطالعه اندوفیت‌ها.....	۷۰
۴-۲- جداسازی میکروب‌های اندوفیت.....	۷۱
۴-۲-۱- محیط‌های کشت برای جداسازی اندوفیت‌های قارچی.....	۷۲
۴-۲-۲- محیط‌های کشت برای جداسازی اندوفیت‌های باکتریایی.....	۷۲
۴-۳- شناسایی اندوفیت‌ها.....	۷۳
۴-۳-۱- روش‌های مولکولی برای شناسایی اندوفیت‌ها.....	۷۴
۴-۳-۲- نشانگرها و آغازگرهایی برای شناسایی اندوفیت.....	۷۶
۴-۴- روش‌هایی برای ارزیابی پراکندگی اندوفیت در گیاهان.....	۷۶
۴-۴-۱- دستورالعمل پوشش گذاشتن و نشان دادن رنگ‌آمیزی.....	۷۷
۴-۴-۲- کاوشگرهای فلورسنت برای مشاهده اندوفیت‌های قارچی و باکتریایی.....	۷۷
۴-۴-۳- رنگ‌آمیزی ROS برای مطالعه اندوفیت‌های باکتریایی.....	۷۹
۴-۵- تعدیل رشد گیاهچه با اندوفیت.....	۸۱
۴-۵-۱- بررسی تعدیل رشد گیاهچه در مواردی که اندوفیت‌ها قابل کشت نیستند.....	۸۲
۴-۶- کاربرد بوتیریک‌اسید برای تنظیم ورود باکتری‌ها به داخل سلول‌های ریشه گیاه.....	۸۲
۴-۷- استفاده از میزبان‌های جایگزین.....	۸۳
۴-۸- بررسی تنوع اندوفیت.....	۸۳
۴-۸-۱- روش‌های بدون کشت.....	۸۴
۴-۸-۲- متاژنومیکس و پائروسکوئنسینگ.....	۸۴
۴-۸-۳- ریزارایه: تراشه‌های ژن برای مطالعه بیان و مکانیسم‌های اثر متقابل.....	۸۶
۴-۹- روش‌هایی برای بررسی متابولیت زیست‌فعال.....	۸۸
۴-۱۰- نتایج.....	۸۹

فصل ۵. شناسایی مجموعه میکروارگانیسم‌های همزیست ذاتی بذر جهت طراحی تیمارهای

۹۶	باکتریایی بذر.....
۹۶	۱-۵- اثر اهلی‌سازی بر روی گیاهان و بذرها: از بین رفتن گوناگونی و تنوع.....
۹۸	۲-۵- جامعه میکروارگانیسم‌های بذر و گیاه و محرک‌های اصلی آنها.....
۹۸	۱-۲-۵- گیاهان دارای جامعه میکروبی اختصاصی-گونه و اختصاصی-زیستگاه هستند.....
۹۹	۲-۲-۵- جامعه میکروبی بذر و اثر میکروبی اختصاصی و محرک‌های آن.....
۱۰۲	۳-۵- تنوع میکروبی و مشکلات سلامت.....
۱۰۲	۱-۳-۵- ارتباط درونی جمعیت میکروبی موضوع سلامت را برجسته می‌کند.....
۱۰۵	۲-۳-۵- نقش جامعه میکروبی بذر و خاک در نگهداری تنوع میکروبی.....
۱۰۵	۴-۵- راه‌حل‌های زیست‌فناورانه برای کشاورزی پایدار.....
۱۰۷	۵-۵- نتایج.....

بخش ۲: اندوفیت‌های بذر: بوم‌شناسی، انتقال و سازگاری

فصل ۶. بوم‌شناسی جامعه میکروبی بذر..... ۱۱۳

۱۱۴	۱-۶- مقدمه.....
۱۱۵	۲-۶- جامعه میکروبی بذر.....
۱۱۵	۱-۲-۶- اندوفیت‌های قارچی بذر.....
۱۱۸	۲-۲-۶- اندوفیت‌های باکتریایی بذر.....
۱۲۰	۳-۶- فاکتورهای مؤثر بر اجتماع و ساختار جامعه میکروبی بذر.....
۱۲۱	۱-۳-۶- جامعه میکروبی بذر منشأگرفته از گیاهان میزبان.....
۱۲۳	۲-۳-۶- جامعه میکروبی با منشأ گل‌ها و زخم‌های میوه.....
۱۲۴	۳-۳-۶- جامعه میکروبی بذر جمع‌آوری شده طی انتشار.....
۱۲۵	۴-۳-۶- جامعه میکروبی اسپرموسفر خاک.....
۱۲۶	۴-۶- عملکردهای همزیستی اندوفیت‌های بذر.....
۱۲۶	۱-۴-۶- حل‌کنندگی فسفرهای معدنی و آلی.....
۱۲۸	۲-۴-۶- تولید زیستی و تغییر هورمون‌های گیاهی.....
۱۳۰	۳-۴-۶- متابولیت‌های ثانویه.....
۱۳۱	۴-۴-۶- ماشین چرخه سلولی میزبان.....
۱۳۲	۵-۶- چشم‌اندازهای آینده.....

فصل ۷. برنامه‌ریزی گیاهان برای تحمل شرایط آب‌وهوایی به‌واسطه همزیستی ذاتی..... ۱۳۷

۱۳۸	۱-۷- مقدمه.....
۱۳۹	۲-۷- تحمل تنش غیرزیستی ایجادشده توسط اندوفیت.....
۱۴۰	۳-۷- تغییر نوع زندگی همزیست توسط اندوفیت‌های قارچی.....
۱۴۲	۴-۷- تجاری‌سازی اندوفیت.....

- ۱۴۲-۷-۴-۱ اعمال بیوانشور در مزرعه.....
 ۱۴۶-۷-۵-۲ تعدیل اقلیم و آینده فقر، امنیت غذایی و پایداری سیاسی.....

فصل ۸. اندوفیت‌های آگاو: بوم‌شناسی و آثار آن بر روی ساختار ریشه، دریافت مواد غذایی

- و تحمل تنش سرما.....
 ۱۴۸-۸-۱-۱ مقدمه.....
 ۱۵۰-۸-۲-۲ اهمیت بوم‌شناسی جنس *Agave*.....
 ۱۵۲-۸-۲-۱ چرا انتشار آگاو از نظر بوم‌شناسی اهمیت دارد؟.....
 ۱۵۳-۸-۳-۱ اهمیت زیست‌فناورانه آگاوها: از پریبیوتیک‌ها تا سوخت‌های زیستی.....
 ۱۵۵-۸-۴-۱ جمعیت میکروبی آگاو تا کنون.....
 ۱۵۶-۸-۴-۱ میکروب‌های قابل کشت.....
 ۱۵۷-۸-۵-۱ جمعیت میکروبی اصلی بذرهای *Agave*: چه کسی آنجاست؟.....
 ۱۵۷-۸-۵-۱ چه میکروب‌هایی در داخل بذرهای *Agave* وجود دارند؟.....
 ۱۶۲-۸-۶-۱ پویایی باکتری‌های اندوفیت بذر از ظهور تا تشکیل گیاهچه *Agave marmorata* وحشی.....
 ۱۶۵-۸-۷-۱ آگاو از میکروب‌های اندوفیت «تغذیه می‌کند» تا در خاک‌های بدون نیتروژن زنده بماند.....
 ۱۶۷-۸-۷-۱ قارچ‌های اندوفیت بذر ممکن است نیتروژن آلی را انتقال دهند.....
 ۱۶۸-۸-۷-۲ اندوفیت‌های بذر می‌توانند ساختار ریشه را شکل دهند.....
 ۱۷۲-۸-۸-۱ اندوفیت‌های بذر سازگاری را به تنش سرما در گیاهچه‌های آگاو ایجاد می‌کنند: یک رهیافت متابولومیک.....
 ۱۷۲-۸-۸-۱ متابولیت‌های ثانویه همچنین تحت تنش سرمازگی شناسایی و به‌صورت بالقوه توسط باکتری‌های اندوفیت تحریک شدند.....
 ۱۷۴-۸-۹-۱ نتایج.....
 ۱۷۵-۸-۹-۱ نتایج.....

فصل ۹. نزاع شیمیایی در جمعیت میکروبی گیاه منجر به تعادل آنتاگونیسم‌ها و ایجاد یک

- گیاه سالم می‌شود.....
 ۱۸۱-۹-۱-۱ اکثر گیاهان اساساً سلامت هستند؛ اما چرا؟.....
 ۱۸۲-۹-۲-۱ ارتباطات گیاه-میکروب.....
 ۱۸۳-۹-۱-۲-۱ متابولیت‌های دخیل در ارتباطات گیاه-اندوفیت قارچی.....
 ۱۸۷-۹-۲-۲-۱ متابولیت‌های دخیل در ارتباطات میکوریزای آربوسکولار.....
 ۱۸۸-۹-۳-۱-۱ متابولیت‌های دخیل در ارتباطات میکروبی.....
 ۱۸۹-۹-۳-۱-۲-۱ متابولیت‌های دخیل در ارتباطات بین اندوفیت‌های قارچی و باکتریایی.....
 ۱۹۰-۹-۳-۲-۱-۲-۱ متابولیت‌های دخیل در ارتباطات قارچی-قارچی.....
 ۱۹۴-۹-۴-۱ نتایج.....

فصل ۱۰. ارتباطات قارچی و باکتریایی دانه ذرت با حالت اندوفیتی *Fusarium verticillioides* انتقال یافته

- به‌صورت عمودی.....
 ۲۰۰-۱۰-۱-۱ مقدمه.....
 ۲۰۱-۱۰-۱-۱ مقدمه.....

۲۰۴.....	۱۰-۲- تکامل اندوفیت‌های میکروبی اصلی و انتقال عمودی در بذر.....
۲۰۷.....	۱۰-۳- آناتومی آلودگی دانه ذرت با <i>Fusarium verticillioides</i>
۲۰۹.....	۱۰-۴- آلودگی هم‌زمان اندوفیتی ذرت با فوزاریوم‌ها و باکتری‌ها.....
۲۱۲.....	۱۰-۵- سیستم احساس حدنصاب و اندوفیت‌های بذر ذرت.....
۲۱۵.....	۱۰-۶- خلاصه.....

بخش ۳: اندوفیت‌های بذر: زیست‌شناسی و نقش عملکردی در توسعه گیاه

۲۲۳.....	فصل ۱۱. نقش عملکردی اندوفیت‌های موجود در بذر برنج.....
۲۲۳.....	۱۱-۱- مقدمه.....
۲۲۵.....	۱۱-۲- تنوع و انتشار اندوفیت‌های بذر برنج.....
۲۲۶.....	۱۱-۳- انتقال اندوفیت‌های بذر.....
۲۲۸.....	۱۱-۴- نقش عملکردی اندوفیت‌های بذر برنج.....
۲۲۹.....	۱۱-۴-۱- اندوفیت‌های بذر به عنوان عوامل افزایش دهنده رشد گیاه.....
۲۲۹.....	۱۱-۴-۲- تسهیل دریافت مواد غذایی.....
۲۳۴.....	۱۱-۵- اندوفیت‌های بذر به عنوان عوامل زیست‌مهارگر.....
۲۳۵.....	۱۱-۵-۱- تولید ترکیبات آللوپاتی.....
۲۳۶.....	۱۱-۵-۲- تولید آنتی‌بیوتیک.....
۲۳۶.....	۱۱-۵-۳- تولید آنزیم‌های لیتیک.....
۲۳۷.....	۱۱-۵-۴- احساس حد نصاب.....
۲۳۸.....	۱۱-۵-۵- مقاومت القایی سیستمیک.....
۲۳۸.....	۱۱-۶- کاربرد اندوفیت‌های بذر جهت بهبود گیاه پالایی خاک‌ها.....
۲۳۹.....	۱۱-۷- مطالعات متاژنومیک اندوفیت‌های برنج.....
۲۳۹.....	۱۱-۸- نتایج.....

۲۴۶.....	فصل ۱۲. مکانیسم ارتباط میکروب‌های اندوفیتی با گیاهان.....
۲۴۶.....	۱۲-۱- مقدمه.....
۲۴۸.....	۱۲-۲- اسپرموسفر.....
۲۴۸.....	۱۲-۲-۱- ناحیه اسپرموسفر.....
۲۴۹.....	۱۲-۲-۲- ترشحات بذر و مدت زمان رهاسازی آن.....
۲۴۹.....	۱۲-۲-۳- ترکیب ماده ترشحی.....
۲۵۰.....	۱۲-۳- میکروبیولوژی اسپرموسفر.....
۲۵۲.....	۱۲-۳-۱- پویایی اندوفیت‌های مرتبط با بذر.....
۲۵۴.....	۱۲-۴- مکانیسم ارتباط اندوفیت‌های بذر.....
۲۵۵.....	۱۲-۴-۱- بهبود رشد گیاه به واسطه تولید هورمون گیاهی.....
۲۵۵.....	۱۲-۴-۲- محلول کردن فسفات.....

۲۵۶.....	۱۲-۴-۳- تولید ACC دآمیناز.....
۲۵۷.....	۱۲-۴-۴- ویژگی‌های آنتاگونیستی به واسطه تولید آنزیم‌های لیتیک.....
۲۵۷.....	۱۲-۵- نقش اندوفیت‌های بذر در بهبود رشد گیاه.....
۲۵۹.....	۱۲-۶- اندوفیت‌های بذر به‌عنوان عوامل زیست‌مهارگر.....
۲۵۹.....	۱۲-۷- توصیف جوامع میکروبی بذر.....
۲۶۲.....	۱۲-۸- نتایج.....
۲۶۷.....	فصل ۱۳. سازگاری اندوفیت‌های قارچی و باکتریایی بذر علف فسکوی بلند.....
۲۶۸.....	۱۳-۱- مقدمه.....
۲۶۹.....	۱۳-۲- محافظت‌کننده‌های قارچی.....
۲۷۰.....	۱۳-۳- بررسی نقش باکتری‌های اندوفیت بذر بر سازگاری علف فسکوی بلند.....
۲۷۲.....	۱۳-۴- شرکای باکتریایی.....
۲۷۴.....	۱۳-۵- بهبود رشد گیاه با اندوفیت‌های باکتریایی.....
۲۷۴.....	۱۳-۵-۱- تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه.....
۲۷۴.....	۱۳-۵-۲- تنش‌های غیرزیستی.....
۲۷۶.....	۱۳-۵-۳- کمبودهای غذایی.....
۲۷۷.....	۱۳-۵-۴- مهارزیستی.....
۲۷۸.....	۱۳-۶- خلاصه.....
۲۸۱.....	فصل ۱۴. نقش جمعیت میکروبی ریشه گیاه در تحمل تنش غیرزیستی.....
۲۸۲.....	۱۴-۱- مقدمه.....
۲۸۵.....	۱۴-۲- خشکسالی در کشاورزی.....
۲۸۶.....	۱۴-۲-۱- آثار تنش خشکسالی بر گیاهان.....
۲۸۷.....	۱۴-۳- جمعیت میکروبی ریشه قادر به کاهش تنش خشکسالی گیاه است.....
۲۸۸.....	۱۴-۴- PGPM تحمل خشکسالی گیاهان را با شرکت در تنظیم هورمون‌ها بالا می‌برد.....
۲۹۰.....	۱۴-۵- PGPM تحمل خشکسالی را با تغییر فعالیت آنتی‌اکسیدانت گیاه بالا می‌برد.....
۲۹۲.....	۱۴-۶- شوری در کشاورزی.....
۲۹۳.....	۱۴-۶-۱- آثار تنش شوری بر گیاهان.....
۲۹۴.....	۱۴-۶-۲- جمعیت میکروبی ریشه قادر به کاهش تنش شوری گیاه است.....
۲۹۵.....	۱۴-۶-۳- PGPM میزان هورمون گیاه را طی تنش شوری کاهش می‌دهد.....
۲۹۷.....	۱۴-۶-۴- PGPM تغییرات فیزیولوژیکی و بیولوژیکی را طی تنش شوری تنظیم می‌کند.....
۲۹۹.....	۱۴-۷- تنوع و فراوانی میکروبی خاک طی تنش شوری تغییر می‌کند.....
۳۰۱.....	۱۴-۸- کمبود فسفر در کشاورزی.....
۳۰۲.....	۱۴-۸-۱- آثار تنش فسفات بر گیاهان.....
۳۰۳.....	۱۴-۸-۲- میکروب‌های حل‌کننده فسفات تنش فسفات را در گیاه کاهش می‌دهند.....
۳۰۴.....	۱۴-۹- شناسایی مولکولی ارتباط PGPM طی PSR.....
۳۰۶.....	۱۴-۱۰- نتایج و چشم‌انداز آینده.....

فصل ۱۵. جامعه میکروبی اندوفیتی: چشم اندازها و کاربردها در مدیریت تنش غیرزیستی و گیاه‌پالایی.....	۳۱۹
۱-۱۵- مقدمه.....	۳۲۰
۲-۱۵- اثر شرایط تنش بر گیاه.....	۳۲۱
۳-۱۵- اندوفیت‌ها و ورود آنها به داخل سیستم‌های گیاه.....	۳۲۲
۴-۱۵- نقش‌های اندوفیت‌ها در مدیریت تنش خشکسالی.....	۳۲۲
۵-۱۵- نقش اندوفیت‌ها در مدیریت تنش شوری.....	۳۲۶
۶-۱۵- نقش اندوفیت‌ها در گیاه‌پالایی.....	۳۲۷
۱-۶-۱۵- گیاه‌پالایی فلزات سنگین.....	۳۲۷
۲-۶-۱۵- نقش اندوفیت‌ها در گیاه‌پالایی خاک و آب آلوده‌شده به مواد آلی آلوده‌کننده.....	۳۲۸
۷-۱۵- چشم‌انداز آینده.....	۳۳۱

فصل ۱۶. بذرهای کاج همزیست‌ها را حمل می‌کنند: انتقال اندوفیت دوباره آزمایش شده است.....	۳۳۸
۱-۱۶- روش‌های ذکرشده برای مطالعه اندوفیت‌های مخروطیان.....	۳۳۹
۲-۱۶- اندوفیت‌های شاخ و برگ کاج.....	۳۴۰
۳-۱۶- اندوفیت‌های بذر کاج.....	۳۴۰
۴-۱۶- مقایسه زیست‌شناسی کاج‌های پاندروسا و پینون.....	۳۴۴
۵-۱۶- جمعیت میکروبی دو فوتوتیپ از <i>P. edulis</i>	۳۴۵
۶-۱۶- اندوفیت‌های بذر کاج پاندروسا (<i>Pinus ponderosa</i> ssp. <i>brachyptera</i>).....	۳۴۹
۷-۱۶- اندوفیت‌های بازیدیومیکوتا از بذر کاج پاندروسا.....	۳۵۱
۸-۱۶- انتقال اندوفیت.....	۳۵۳
۹-۱۶- انتقال عمودی.....	۳۵۳
۱۰-۱۶- انتقال افقی.....	۳۵۴
۱۱-۱۶- ترکیبی از روش‌های انتقال و مرزهای نامشخص.....	۳۵۴
۱۲-۱۶- انتقال مشبک همزیست‌های پاندروسا.....	۳۵۵
۱۳-۱۶- مسیرهای آینده.....	۳۵۸
۱۴-۱۶- نتایج.....	۳۵۹

بخش ۴: اندوفیت‌های بذر: کاربردهای کشاورزی و زیست‌فناوری

فصل ۱۷. اندوفیت‌های بذر <i>Jasione montana</i> : کارگرهای سم‌زدایی آرسنیک در یک کارخانهٔ دوستدار محیط زیست.....	۳۶۷
۱-۱۷- آرسنیک به‌عنوان یک آلودگی طبیعی و زئوبیوتیک.....	۳۶۸
۲-۱۷- گیاهان به‌عنوان متارگان‌سیسم‌ها.....	۳۶۸
۳-۱۷- ارگان‌سیسم‌های متحمل به آرسنیک.....	۳۷۰
۱-۳-۱۷- متابولیسم آرسنیک در پروکاریوت‌ها.....	۳۷۰
۲-۳-۱۷- متابولیسم آرسنیک در گیاهان.....	۳۷۲

- ۳-۳-۱۷ آیا شواهدی وجود دارد که جامعه میکروبی گیاه ممکن است تحمل به آرسنیک را در گیاهان ایجاد کند؟..... ۳۷۵
- ۴-۱۷ باکتری‌های اندوفیت بذرها..... ۳۷۶
- ۱-۴-۱۷ آیا مدرکی برای اثبات اینکه اندوفیت‌ها در بذرها، پاسخ گیاه را تحت شرایط تنش، بهبود می‌بخشند، وجود دارد؟..... ۳۷۷
- ۲-۴-۱۷ دستورالعمل جداسازی باکتری‌های اندوفیتی از بذر *J. montana*..... ۳۷۸
- ۳-۴-۱۷ شناسایی مولکولی و تشخیص سویه‌های جداشده..... ۳۸۰

فصل ۱۸. کاربردهای میکروفلور اندوفیتی در بخش کشاورزی..... ۳۸۷

- ۱-۱۸ مقدمه..... ۳۸۸
- ۲-۱۸ تنوع جامعه اندوفیتی..... ۳۸۹
- ۳-۱۸ متابولیت‌های ثانویه از منبع اندوفیتی با فعالیت‌های ضد میکروبی و حشره‌کشی..... ۳۹۰
- ۱-۳-۱۸ تریکودرمین..... ۳۹۰
- ۲-۳-۱۸ فومنون..... ۳۹۰
- ۳-۳-۱۸ ۳،۱۲-دی‌هیدروکسی کادالن..... ۳۹۲
- ۴-۳-۱۸ آمیونیک‌اسید..... ۳۹۲
- ۵-۳-۱۸ کریپتوسین..... ۳۹۲
- ۶-۳-۱۸ کوردیسیپسیدون..... ۳۹۲
- ۷-۳-۱۸ کولتوتریک‌اسید..... ۳۹۲
- ۸-۳-۱۸ کریپتوکندین..... ۳۹۳
- ۹-۳-۱۸ جسترون..... ۳۹۳
- ۱۰-۳-۱۸ گریزنوفولین..... ۳۹۳
- ۱۱-۳-۱۸ نودولیسپوریک‌اسید..... ۳۹۳
- ۱۲-۳-۱۸ روگولوزین..... ۳۹۳
- ۱۳-۳-۱۸ پرامین..... ۳۹۴
- ۱۴-۳-۱۸ لولین آلکالوئید..... ۳۹۴
- ۱۵-۳-۱۸ هپتیلیدیک‌اسید و هیدروهپتیلیدیک‌اسید..... ۳۹۴
- ۱۶-۳-۱۸ نفتالن..... ۳۹۴
- ۴-۱۸ اندوفیت‌ها با فعالیت بهبوددهندگی رشد گیاه..... ۳۹۴
- ۱-۴-۱۸ تثبیت نیتروژن..... ۳۹۵
- ۲-۴-۱۸ حل‌کنندگی و استفاده از فسفات..... ۳۹۵
- ۳-۴-۱۸ تنظیم هورمون‌های گیاهی..... ۳۹۶
- ۴-۴-۱۸ تولید سیدروفور..... ۳۹۶
- ۵-۴-۱۸ تعدیل تنش زیستی..... ۳۹۶
- ۶-۴-۱۸ تجزیه مولکول‌های سمی..... ۳۹۷
- ۵-۱۸ نقش اندوفیت‌ها در بهبود کارایی گیاه..... ۳۹۷
- ۶-۱۸ نتایج..... ۳۹۸

فصل ۱۹. اندوفیت‌های ریزوم: نقش‌ها و کاربردهایشان در کشاورزی پایدار.....	۴۰۵
۱-۱۹ مقدمه.....	۴۰۶
۲-۱۹ کلونیزاسیون گیاه با اندوفیت.....	۴۰۶
۳-۱۹ حرکت.....	۴۰۷
۴-۱۹ موضعی‌سازی.....	۴۰۸
۵-۱۹ تنوع میکروبی در ریزوم‌های گونه‌های مختلف گیاهی.....	۴۰۸
۶-۱۹ کاربردهای سویه‌های اندوفیت ریزوم.....	۴۱۲
۱-۶-۱۹ نقش اندوفیت ریزوم در بهبود رشد گیاه.....	۴۱۲
۲-۶-۱۹ اندوفیت ریزوم به‌عنوان عوامل زیست‌مهارگر.....	۴۱۳
۷-۱۹ نتایج.....	۴۱۵
فصل ۲۰. ویژگی‌های مهم تولیدات زیستی میکروارگانیسم‌های اندوفیتی از نظر کشاورزی.....	۴۲۱
۱-۲۰ مقدمه.....	۴۲۱
۲-۲۰ تنوع و کلونیزاسیون میکروب‌های اندوفیتی.....	۴۲۲
۳-۲۰ اندوفیت‌ها از بخش‌های مختلفی از گیاهان متفاوت جدا شده‌اند.....	۴۲۴
۱-۳-۲۰ اندوفیت‌های ریشه.....	۴۲۵
۲-۳-۲۰ اندوفیت‌های برگ و ساقه.....	۴۲۵
۳-۳-۲۰ اندوفیت‌های میوه و گل.....	۴۲۶
۴-۳-۲۰ اندوفیت‌های بذر.....	۴۲۶
۴-۲۰ انتظارها از میکروارگانیسم‌های اندوفیتی در بخش کشاورزی.....	۴۲۶
۵-۲۰ ویژگی‌های بهبوددهندگی رشد گیاه میکروارگانیسم‌های اندوفیتی.....	۴۲۸
۶-۲۰ میکروارگانیسم‌های اندوفیتی به‌عنوان عوامل زیست‌مهارگری.....	۴۳۱
۱-۶-۲۰ پپتیدهای ضد میکروبی.....	۴۳۲
۲-۶-۲۰ تولید هیدروژن سیانید.....	۴۳۴
۳-۶-۲۰ تولید آنزیم‌های لیتیک.....	۴۳۵
۷-۲۰ نتایج.....	۴۳۵
فصل ۲۱. اندوفیت‌های میکروبی بذرهای ذرت و کاربرد آنها در بهبود محصولات.....	۴۴۵
۱-۲۱ مقدمه.....	۴۴۵
۲-۲۱ ذرت.....	۴۴۶
۳-۲۱ تنوع میکروب‌های حمل‌شده در داخل بذرهای ذرت.....	۴۴۷
۴-۲۱ انتقال اندوفیت‌های ذرت.....	۴۴۸
۵-۲۱ نقش عملکردی اندوفیت‌های بذر ذرت.....	۴۵۲
۱-۵-۲۱ بهبود رشد گیاه.....	۴۵۲
۲-۵-۲۱ مقاومت در برابر بیماری.....	۴۵۳
۶-۲۱ نتایج.....	۴۵۴

فصل ۲۲. کلونیزاسیون بذر با قارچ‌های خاک‌زاد: ارتباط سندروم دفاع-خواب‌بذر، الزام تکاملی

و ویژگی‌های قارچی	۴۵۸
۱-۲۲ مقدمه	۴۵۹
۲-۲۲ مطالعه موردی	۴۶۲
۱-۲-۲۲ فرآیندهای تجربی	۴۶۳
۲-۲-۲۲ تجزیه و تحلیل داده‌ها	۴۶۴
۳-۲-۲۲ نتایج	۴۶۷
۴-۲-۲۲ چشم‌اندازها	۴۶۹
۳-۲-۲۲ دستورالعمل‌های آینده	۴۷۲

فصل ۲۳. اندوفیت‌های بذر در گیاهان زراعی: رویکردهای متاژنومیک برای بررسی نقش‌ها

و تعاملات عملکردی	۴۷۶
۱-۲۳ اندوفیت‌های بذر	۴۷۶
۲-۲۳ مکانیسم اندوفیت‌های ساکن درون بذر	۴۷۷
۳-۲۳ تعاملات اندوفیت‌های بذر	۴۷۹
۴-۲۳ شناسایی اندوفیت‌های قابل کشت	۴۸۱
۵-۲۳ مشخصات عملکردی	۴۸۲
۶-۲۳ آنالیز توالی ژنوم	۴۸۳
۱-۶-۲۳ متاژنوم	۴۸۴
۲-۶-۲۳ پروتئوم	۴۸۴
۳-۶-۲۳ ترنس کریپتوم	۴۸۵
۴-۶-۲۳ ریزارایه	۴۸۶
۵-۶-۲۳ متاپروتئوم‌نومیکس	۴۸۷
۷-۲۳ کاربردهای بالقوه اندوفیت‌ها	۴۸۸
۱-۷-۲۳ تحریک گیاهی	۴۸۸
۲-۷-۲۳ تولید رنگدانه	۴۸۸
۳-۷-۲۳ تولید آنزیم	۴۸۹
۴-۷-۲۳ فعالیت ضد میکروبی	۴۸۹
۵-۷-۲۳ منبع ترکیبات زیست‌فعال و جدید	۴۸۹
۶-۷-۲۳ تعاملات متقابل بین جوامع سطحی و زیرزمینی	۴۹۰
۷-۷-۲۳ عوامل زیست‌مهارگر	۴۹۱
۸-۷-۲۳ چرخه مواد مغذی	۴۹۱
۹-۷-۲۳ زیست‌پالایی/تخریب زیستی	۴۹۱
۱۰-۷-۲۳ تولید ترکیبات آلی فرار و فواید آنها	۴۹۲
۸-۲۳ نتایج	۴۹۳
نمایه	۴۹۹

پیش‌گفتار مترجمان

سپاس و حمد خالق جهانیان را که باری دیگر توفیق ژرف‌اندیشی در یکی از نشانه‌های عظمت او را به‌دست آوردیم. بذره‌های گیاه، جنین و مواد غذایی را برای مراحل اولیه رشد گیاهچه حمل می‌کنند. در برخی از گیاهان، بذرها جمعیت‌های کمی از میکروب‌های همزیست را حمل می‌کنند که برای مقابله با تنش‌های زیستی و غیرزیستی، تنظیم رشد گیاه و جذب مواد غذایی در گیاهچه مورد نیاز هستند.

کتاب *اندوفیت‌های بذر: زیست‌شناسی و زیست‌فناوری* را تیمی از پژوهشگران برجسته جهان تهیه و تدوین کرده‌اند. این کتاب چهار بخش و ۲۳ فصل دارد. بخش اول، فواید اندوفیت‌های بذر برای گیاهان و روش‌هایی برای ارزیابی و مدیریت آنها را بیان می‌کند. بخش دوم درباره بوم‌شناسی جامعه میکروبی اندوفیت‌ها، راه‌های انتقال آنها، چگونگی تجاری‌سازی و استفاده از آنها در کشاورزی اطلاعات ارزشمندی ارائه می‌کند. بخش سوم به مبحث مکانیسم‌های مورد استفاده اندوفیت‌ها برای بهبود رشد و سلامت گیاهان و کاربردهایشان در گیاه‌پالایی می‌پردازد. بخش آخر مطالبی در زمینه سم‌زدایی آرسنیک اندوفیت‌ها، متابولیت‌های تولیدشده توسط این میکروب‌ها و رویکردهای متاژنومی برای بررسی نقش آنها ارائه می‌دهد.

در ترجمه این کتاب سعی شده است تا با وفاداری کامل به متن اصلی، اطلاعات ارزشمندی درباره اندوفیت‌های بذر در دسترس محققان و دانشجویان کشور در رشته‌های مختلف علوم؛ مانند بیماری‌شناسی گیاهی، باکتری‌شناسی، زیست‌شناسی، ژنتیک و شاخه‌های مختلف زراعت و تکنولوژی بذر، کشاورزان، باغداران و عموم علاقه‌مندان قرار گیرد. امید داریم که پیشنهادهای ارزشمند خوانندگان عزیز به مترجمان، سبب ارتقای این کتاب در چاپ‌های بعدی شود.

دکتر سعید طریقی

دکتر الهه طاهری

زمستان ۱۴۰۲

مقدمه

ماهیت اندوفیت‌ها چیست؟

اندوفیت‌ها باکتری‌ها و قارچ‌هایی هستند که بدون ایجاد آثار منفی بر روی میزبان، در داخل بافت‌های گیاهان حضور دارند. آنها از تمام گیاهان مورد بررسی، گزارش شده‌اند. برخی از آنها بر روی سطح یا داخل بذور گیاهی حمل می‌شوند. بذرها گیاهان این میکروب‌ها را جذب می‌کنند و ممکن است برای رشد گیاهچه مهم باشند. میکروب‌های اندوفیت از طریق جذب مواد غذایی خاک، تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین، محافظت از گیاهان در برابر تنش‌های زیستی (بیمارگرهای قارچی و حشرات) و غیرزیستی به میزبان خود سود می‌رسانند. آنها در داخل گیاه حرکت و از گیاه در برابر بیماری محافظت کرده و میزان مواد غذایی را در کل گیاه افزایش می‌دهند. باکتری‌های اندوفیت باعث القای بیان ژن‌های میزبانی مرتبط با متابولیسم نیتروژن و تولید هورمون می‌شوند؛ علاوه بر این، ژن‌های دفاعی میزبان را در گیاهان تحریک می‌کنند و حساسیت آنها را نسبت به بیماری‌ها کاهش می‌دهند. این میکروب‌ها تعداد زیادی از متابولیت‌های مهم از نظر کشاورزی را تولید می‌کنند. این باور وجود دارد که میکروب‌های اندوفیت مرتبط با بذر، سازگاری بیشتری با گیاهان دارند و از نظر بوم‌شناسی بسیار مهم هستند. استفاده از جامعه میکروبی بذر در کشاورزی امروزی، امری ضروری است زیرا می‌توانند جایگزین استفاده از کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی شوند که ویرانگر محیط زیست هستند.

یک تعریف جدید برای بذرها: یک «کشتی نوح» مینیاتوری برای کلونیزاسیون گیاه

یک بذر معمولاً به عنوان یک جنین به خواب رفته گیاهی تعریف می‌شود که دارای یک پوشش سفت و مقدار کافی مواد غذایی است تا رشد اولیه گیاهچه را تأمین کند. ولی این تعریف کامل نیست. بذرها مجموعه‌ای از میکروب‌های اندوفیت را نیز حمل می‌کنند که عملکردهای چندگانه اساسی را برای رشد گیاهچه فراهم می‌آورند و بدون آنها، احتمال بقای گیاهچه به میزان زیادی کاهش می‌یابد. به این ترتیب، یک بذر به «کشتی نوح» شباهت دارد که حاوی گیاه و میکروب‌های مورد نیاز برای رشد و بقای گیاهچه است.