

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انتشارات  
۸۱۴

## مایکوتوکسین‌ها

گونه‌های مهم قارچی تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها و روش‌های  
شناسایی، کنترل و سم‌زدایی آن‌ها

برای دریافت پیوست تصاویر رنگی، به پروفایل کتاب در سایت انتشارات دانشگاه  
فردوسی مشهد به آدرس زیر مراجعه فرمایید:

[press.um.ac.ir](http://press.um.ac.ir)

دکتر حسین جوینده

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی

و منابع طبیعی خوزستان

مهندس فاطمه مصلائی

سرشناسه:  
عنوان و نام پدیدآور:

جوینده، حسین، ۱۳۴۸-  
مایکوتوکسین‌ها: گونه‌های مهم قارچی تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها و روش‌های شناسایی، کنترل و سم‌زدایی آن‌ها/ حسین جوینده، فاطمه مصلائی؛ ویراستار علمی محمدرضا عدالتیان‌دوم؛ ویراستار ادبی هانیه اسدیپور فعال مشهد.

مشخصات نشر:

مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۰.

مشخصات ظاهری:

۴۸۰ ص. مصور، جدول، نمودار؛ ۲۹×۲۲ س.م.

فروست:

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۸۱۴.

شابک:

ISBN: 978-964-386-507-8

وضعیت فهرست‌نویسی:

فیبا.

یادداشت:

واژه‌نامه. کتابنامه. نمایه.

عنوان دیگر:

گونه‌های مهم قارچی تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها و روش‌های شناسایی، کنترل و سم‌زدایی آن‌ها.

موضوع:

Mycotoxins

Plants-- Effect of mycotoxins on

Mycotoxins-- Physiological effect

سم‌های قارچی

گیاهان -- اثر سمهای قارچی

سم‌های قارچی -- اثر فیزیولوژیکی

مصلائی، فاطمه، ۱۳۶۷-

شناسه افزوده:

عدالتیان دوم، محمدرضا، ۱۳۵۴- ویراستار

شناسه افزوده:

دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.

شناسه افزوده:

RA۱۲۴۲

رده‌بندی کنگره:

۶۱۵/۹۵۹۵

رده‌بندی دیویی:

۸۷۲۲۴۳۵

شماره کتاب‌شناسی ملی:

۸۷۲۲۴۳۵

## مایکوتوکسین‌ها

گونه‌های مهم قارچی تولیدکننده مایکوتوکسین‌ها و روش‌های شناسایی، کنترل و سم‌زدایی آن‌ها

پدیدآورندگان: دکتر حسین جوینده؛ مهندس فاطمه مصلائی

ویراستار علمی: دکتر محمدرضا عدالتیان دوم

ویراستار ادبی: هانیه اسدیپور فعال مشهد

مشخصات: رحلی، ۵۰ نسخه، چاپ اول، زمستان ۱۴۰۰

چاپ و صحافی: چاپخانه دقت

بها: ۳/۰۰۰/۰۰۰ 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، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،

شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - 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](mailto:press@um.ac.ir)



## فهرست مطالب

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| پیشگفتار.....                                                                       | ۱۲        |
| <b>فصل ۱. طبقه‌بندی، ساختار سلولی، شرایط رشد و متابولیت‌های ثانویه قارچ‌ها.....</b> | <b>۱۳</b> |
| ۱-۱ مقدمه و تاریخچه.....                                                            | ۱۳        |
| ۲-۱ طبقه‌بندی قارچ‌ها.....                                                          | ۱۴        |
| ۱-۲-۱ قارچ‌های حقیقی.....                                                           | ۲۰        |
| ۱-۲-۱-۱ قارچ‌های زئوسپوریک.....                                                     | ۲۰        |
| ۲-۱-۲-۱ قارچ‌های زیگومیسیت.....                                                     | ۲۶        |
| ۳-۱-۲-۱ دی‌کاریا.....                                                               | ۳۱        |
| ۲-۲-۱ قارچ‌های ناقص.....                                                            | ۳۷        |
| ۱-۲-۲-۱ اوومیسیت‌ها (اوومیکوتا).....                                                | ۳۸        |
| ۲-۲-۲-۱ بیگیرومونادها.....                                                          | ۳۹        |
| ۳-۲-۲-۱ هیفوکتیریدیومیست‌ها (هیفوکتیریدیومیکتوتا).....                              | ۳۹        |
| ۳-۱ اثرات سودمند و زیان‌بار قارچ‌ها.....                                            | ۴۱        |
| ۴-۱ ساختارهای قارچی.....                                                            | ۴۲        |
| ۱-۴-۱ میسلیوم.....                                                                  | ۴۲        |
| ۲-۴-۱ اسپورانژیوسپورها.....                                                         | ۴۳        |
| ۳-۴-۱ کنیدیوفورها و کنیدی.....                                                      | ۴۳        |
| ۴-۴-۱ آسکوماتا و بازیدیوماتا.....                                                   | ۴۴        |
| ۵-۴-۱ کلایدوسپورها.....                                                             | ۴۵        |
| ۶-۴-۱ اسکروتیا.....                                                                 | ۴۵        |
| ۵-۱ بیوسنتز متابولیت‌های قارچی.....                                                 | ۴۶        |
| ۱-۵-۱ متابولیت‌های اولیه قارچی.....                                                 | ۴۸        |
| ۲-۱-۵-۱ الکل‌ها.....                                                                | ۵۴        |
| ۳-۱-۵-۱ آمینواسیدها.....                                                            | ۵۵        |
| ۴-۱-۵-۱ ویتامین‌ها.....                                                             | ۵۶        |
| ۲-۵-۱ متابولیت‌های ثانویه قارچی.....                                                | ۶۰        |
| ۱-۲-۵-۱ آنزیم‌ها.....                                                               | ۶۱        |
| ۲-۲-۵-۱ رنگ‌دانه‌ها و رنگ‌دهنده‌ها.....                                             | ۷۱        |
| ۳-۲-۵-۱ مایکوتوکسین‌ها.....                                                         | ۷۴        |
| ۳-۵-۱ نتیجه‌گیری.....                                                               | ۸۶        |
| منابع.....                                                                          | ۸۷        |
| <b>فصل ۲. گونه‌های آسپرژیلوس و مایکوتوکسین‌های سنتزی آن‌ها.....</b>                 | <b>۹۵</b> |
| ۱-۲ مقدمه.....                                                                      | ۹۵        |

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۹۵  | ۲-۲ معرفی.....                                       |
| ۹۸  | ۳-۲ مهم‌ترین گونه‌های مایکوتوکسین‌زای آسپرژیلوس..... |
| ۹۸  | ۱-۳-۲ بخش سیرکومداتی.....                            |
| ۱۰۰ | ۲-۳-۲ بخش فلاوی.....                                 |
| ۱۰۳ | ۳-۳-۲ بخش نایجری.....                                |
| ۱۰۵ | ۴-۲ مهم‌ترین مایکوتوکسین‌های سنتزی آسپرژیلوس‌ها..... |
| ۱۰۵ | ۱-۴-۲ آسپرژیلیک‌اسید.....                            |
| ۱۰۶ | ۲-۴-۲ استریگماتوسیستین.....                          |
| ۱۰۷ | ۳-۴-۲ آفلاتوکسین‌ها.....                             |
| ۱۰۷ | ۴-۴-۲ اوفیوبولین‌ها.....                             |
| ۱۰۹ | ۵-۴-۲ اکراتوکسین‌ها.....                             |
| ۱۱۲ | ۶-۴-۲ اِکینولین.....                                 |
| ۱۱۳ | ۷-۴-۲ اگزالیک‌اسید.....                              |
| ۱۱۴ | ۸-۴-۲ اِمودین.....                                   |
| ۱۱۵ | ۹-۴-۲ تریک‌اسید.....                                 |
| ۱۱۶ | ۱۰-۴-۲ سروتین.....                                   |
| ۱۱۶ | ۱۱-۴-۲ سیتوکالازین‌ها.....                           |
| ۱۱۷ | ۱۲-۴-۲ فومازولین.....                                |
| ۱۱۸ | ۱۳-۴-۲ فومیگاتین.....                                |
| ۱۱۹ | ۱۴-۴-۲ فومیتروژین‌ها.....                            |
| ۱۱۹ | ۱۵-۴-۲ کوجیک‌اسید.....                               |
| ۱۲۰ | ۱۶-۴-۲ گلیوتوکسین.....                               |
| ۱۲۱ | ۱۷-۴-۲ مالتوریزین.....                               |
| ۱۲۱ | ۱۸-۴-۲ مونیولین.....                                 |
| ۱۲۲ | ۱۹-۴-۲ ۳-نیتروپروپیونیک‌اسید.....                    |
| ۱۲۴ | ۲۰-۴-۲ هلوولیک‌اسید.....                             |
| ۱۲۵ | ۵-۲ نتیجه‌گیری.....                                  |
| ۱۲۶ | منابع.....                                           |

|     |                                                                                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۳۱ | فصل ۳. آفلاتوکسین‌ها: شیمی، بیوسنتز و پتانسیل بالقوه آن‌ها در ابتلا به بیماری‌ها..... |
| ۱۳۱ | ۱-۳ مقدمه.....                                                                        |
| ۱۳۱ | ۲-۳ معرفی.....                                                                        |
| ۱۳۳ | ۳-۳ آفلاتوکسین‌ها: تنوع ساختاری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی.....                     |
| ۱۳۸ | ۴-۳ تأثیر آفلاتوکسین‌ها بر بیماری‌ها و مرگ در انسان و مدل‌های حیوانی.....             |
| ۱۴۰ | ۱-۴-۳ آفلاتوکسین‌ها و افزایش احتمال خطر ابتلا به سرطان‌ها.....                        |
| ۱۴۲ | ۱-۱-۴-۳ طبقه‌بندی کارسینوژن‌های انسانی توسط IARC.....                                 |
| ۱۴۴ | ۲-۴-۳ آفلاتوکسین‌ها و افزایش احتمال خطر اختلالات باروری.....                          |
| ۱۴۶ | ۳-۴-۳ آفلاتوکسین‌ها و سرکوب سیستم ایمنی بدن.....                                      |
| ۱۴۸ | ۱-۳-۴-۳ مکانیسم سمیت ایمنی آفلاتوکسین B <sub>1</sub> .....                            |
| ۱۴۸ | ۴-۴-۳ آفلاتوکسین‌ها و اختلالات رشدی در کودکان.....                                    |

|     |                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| ۱۵۲ | ۵-۴-۳ آفلاتوکسین ها و اختلالات تغذیه‌ای در حیوانات.....        |
| ۱۵۳ | ۶-۴-۳ آفلاتوکسین ها و افزایش احتمال خطر ابتلا به عفونت‌ها..... |
| ۱۵۵ | ۷-۴-۳ آفلاتوکسین ها و افزایش اثرات مутаژنی.....                |
| ۱۵۹ | ۸-۴-۳ آفلاتوکسین ها و افزایش اثرات تراژونی.....                |
| ۱۶۴ | ۵-۳ نتیجه‌گیری.....                                            |
| ۱۶۵ | منابع.....                                                     |

#### فصل ۴. گونه‌های آلترناریا و مایکوتوکسین‌های سنتزی آن‌ها.....

|     |                                                                                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۷۱ | ۱-۴ مقدمه.....                                                                        |
| ۱۷۱ | ۲-۴ معرفی.....                                                                        |
| ۱۷۳ | ۳-۴ تاکسونومی.....                                                                    |
| ۱۷۳ | ۱-۳-۴ مورفوتاکسونومی.....                                                             |
| ۱۷۵ | ۲-۳-۴ تاکسونومی مولکولی.....                                                          |
| ۱۷۶ | ۳-۳-۴ کموتاکسونومی.....                                                               |
| ۱۷۷ | ۴-۳-۴ تاکسونومی پلی‌فازیک.....                                                        |
| ۱۷۸ | ۴-۴ مهم‌ترین مایکوتوکسین‌های سنتزی آلترناریا.....                                     |
| ۱۷۸ | ۱-۴-۴ توکسین‌های با میزبان غیراختصاصی.....                                            |
| ۱۷۸ | ۱-۱-۴-۴ آلترتوکسین‌ها.....                                                            |
| ۱۷۹ | ۲-۱-۱-۴ آلترناریول، آلترناریول مونومتیل‌تر و آلتنوتن.....                             |
| ۱۸۱ | ۳-۱-۴-۴ تنتوکسین.....                                                                 |
| ۱۸۲ | ۴-۱-۴-۴ تنوآزونیک‌اسید.....                                                           |
| ۱۸۲ | ۲-۴-۴ توکسین‌های با میزبان اختصاصی.....                                               |
| ۱۸۳ | ۱-۲-۴-۴ خانواده‌اپوکسی دکاترینوئیک‌اسید (EDA): توکسین AK، توکسین AF و توکسین ACT..... |
| ۱۸۵ | ۲-۲-۴-۴ دی‌سی‌پتید حلقوی (تتراپتید حلقوی): توکسین AM (مترادف: آلترناریولید).....      |
| ۱۸۵ | ۳-۲-۴-۴ آمینوپنتول/پلی‌کتید (آنالوگ اسفنگانین): توکسین AAL.....                       |
| ۱۸۶ | ۴-۲-۴-۴ پلی‌کتید: توکسین ACR (مترادف: توکسین ACRL).....                               |
| ۱۸۶ | ۵-۴ وقوع طبیعی توکسین‌های آلترناریا در مواد غذایی و خوراک‌ها.....                     |
| ۱۸۶ | ۱-۵-۴ دانه‌های غلات.....                                                              |
| ۱۸۸ | ۲-۵-۴ سیب.....                                                                        |
| ۱۸۹ | ۳-۵-۴ گوجه‌فرنگی.....                                                                 |
| ۱۹۱ | ۴-۵-۴ مرکبات.....                                                                     |
| ۱۹۱ | ۱-۴-۵-۴ لکه‌قهوه‌ای آلترناریایی نارنگی.....                                           |
| ۱۹۲ | ۲-۴-۵-۴ لکه‌برگ آلترناریایی راف‌لمون.....                                             |
| ۱۹۲ | ۳-۴-۵-۴ فساد سیاه آلترناریایی مرکبات.....                                             |
| ۱۹۳ | ۴-۴-۵-۴ مانچافولیاریا.....                                                            |
| ۱۹۳ | ۵-۵-۴ هویج.....                                                                       |
| ۱۹۴ | ۶-۵-۴ سایر مواد غذایی.....                                                            |
| ۱۹۵ | ۶-۴ پروفیل‌های متابولیت‌های ثانویه آلترناریا.....                                     |
| ۱۹۷ | منابع.....                                                                            |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۵. گونه‌های پنی‌سیلیوم و مایکوتوکسین‌های سنتزی آن‌ها.....  | ۲۰۱ |
| ۱-۵ مقدمه.....                                                 | ۲۰۱ |
| ۲-۵ شناسایی جنس پنی‌سیلیوم.....                                | ۲۰۱ |
| ۳-۵ شناسایی فنوتیپی و مورفولوژیکی گونه‌های پنی‌سیلیوم.....     | ۲۰۴ |
| ۴-۵ شناسایی مولکولی گونه‌های پنی‌سیلیوم.....                   | ۲۰۵ |
| ۵-۵ زیرجنس پنی‌سیلیوم: تاکسون‌های اصلی و مایکوتوکسین‌ها.....   | ۲۰۶ |
| ۱-۵-۵ بخش بروی کامپکتا (کرونا تا پیشین).....                   | ۲۰۶ |
| ۲-۵-۵ بخش پنی‌سیلیوم.....                                      | ۲۰۶ |
| ۳-۵-۵ بخش دیجیتاتا.....                                        | ۲۰۷ |
| ۴-۵-۵ بخش روکوفورتوم (روکوفورتی پیشین).....                    | ۲۰۸ |
| ۵-۵-۵ بخش فاسیکولاتا (لاناتا-تایپیکا یا ویریدیکاتا پیشین)..... | ۲۰۸ |
| ۶-۵-۵ بخش کرایزوژنا.....                                       | ۲۰۹ |
| ۶-۵ مهم‌ترین مایکوتوکسین‌های سنتزی پنی‌سیلیوم.....             | ۲۱۰ |
| ۱-۶-۵ پاتولین.....                                             | ۲۱۰ |
| ۲-۶-۵ پنی‌ترم A.....                                           | ۲۱۲ |
| ۳-۶-۵ پنی‌سیلیک‌اسید.....                                      | ۲۱۴ |
| ۴-۶-۵ توکسین PR.....                                           | ۲۱۵ |
| ۵-۶-۵ دکومین.....                                              | ۲۱۷ |
| ۶-۶-۵ روبراتوکسین‌ها.....                                      | ۲۱۷ |
| ۷-۶-۵ روکوفورتین C.....                                        | ۲۱۹ |
| ۸-۶-۵ زانتومگنین و ویوملین.....                                | ۲۱۹ |
| ۹-۶-۵ سکالونیک‌اسید D.....                                     | ۲۲۰ |
| ۱۰-۶-۵ سیتینین.....                                            | ۲۲۱ |
| ۱۱-۶-۵ سیتروویریدین.....                                       | ۲۲۳ |
| ۱۲-۶-۵ سیکلوپیاژونیک‌اسید.....                                 | ۲۲۴ |
| ۱۳-۶-۵ کتو‌گلوبوزین‌ها.....                                    | ۲۲۵ |
| ۱۴-۶-۵ گریستوفولین.....                                        | ۲۲۶ |
| ۱۵-۶-۵ لوتئوسکیرین و سیکلوکلروتین.....                         | ۲۲۷ |
| ۱۶-۶-۵ مایکوفنولیک‌اسید.....                                   | ۲۲۸ |
| ۱۷-۶-۵ وروکوزیدین.....                                         | ۲۲۹ |
| ۷-۵ نتیجه‌گیری.....                                            | ۲۲۹ |
| منابع.....                                                     | ۲۳۰ |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| فصل ۶. گونه‌های فوزاریوم و مایکوتوکسین‌های سنتزی آن‌ها..... | ۲۳۵ |
| ۱-۶ مقدمه.....                                              | ۲۳۵ |
| ۲-۶ معرفی.....                                              | ۲۳۵ |
| ۳-۶ تاکسونومی فوزاریوم.....                                 | ۲۳۶ |
| ۴-۶ تلومورف‌های گونه‌های فوزاریوم.....                      | ۲۳۸ |
| ۵-۶ گونه‌های فوزاریومی به‌عنوان پاتوژن‌های گیاهی.....       | ۲۳۸ |
| ۱-۵-۶ مجموعه گونه‌های فوزاریوم اکسیسپوروم (FOSC).....       | ۲۳۹ |

|     |                                                                                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۳۹ | ۲-۵-۶ مجموعه گونه‌های فوزاریوم سولانی (FSSC).....                              |
| ۲۳۹ | ۳-۵-۶ مجموعه گونه‌های فوزاریوم فوزی کوروی (جیرلا فوزی کوروی پیشین) (FFSC)..... |
| ۲۴۰ | ۴-۵-۶ مجموعه گونه‌های فوزاریوم گرامینثاروم (FGSC).....                         |
| ۲۴۰ | ۶-۶ مهم ترین مایکوتوکسین های فوزاریوم ها.....                                  |
| ۲۴۱ | ۱-۶-۶ آپسیدین.....                                                             |
| ۲۴۲ | ۲-۶-۶ اِکوئی ستین.....                                                         |
| ۲۴۳ | ۳-۶-۶ بوتولید.....                                                             |
| ۲۴۴ | ۴-۶-۶ تریکوتسن ها.....                                                         |
| ۲۴۶ | ۱-۴-۶-۶ تریکوتسن های نوع A.....                                                |
| ۲۵۰ | ۲-۴-۶-۶ تریکوتسن های نوع B.....                                                |
| ۲۵۷ | ۵-۶-۶ زئارانون و متابولیت های آن.....                                          |
| ۲۶۱ | ۶-۶-۶ سمبو توکسین.....                                                         |
| ۲۶۱ | ۷-۶-۶ فوزاروکرومانون.....                                                      |
| ۲۶۲ | ۸-۶-۶ فوزاریک اسید.....                                                        |
| ۲۶۳ | ۹-۶-۶ فوزارین ها.....                                                          |
| ۲۶۴ | ۱۰-۶-۶ فوزاریوسین ها.....                                                      |
| ۲۶۴ | ۱۱-۶-۶ فومونیسین ها.....                                                       |
| ۲۶۹ | ۱۲-۶-۶ کلایدوسپورول.....                                                       |
| ۲۶۹ | ۱۳-۶-۶ کولمورین.....                                                           |
| ۲۷۰ | ۱۴-۶-۶ مایکوتوکسین های نوظهور.....                                             |
| ۲۷۱ | ۱-۱۴-۶-۶ انیاتین ها.....                                                       |
| ۲۷۳ | ۲-۱۴-۶-۶ بیوورسین.....                                                         |
| ۲۷۶ | ۳-۱۴-۶-۶ فوزاپرولیفین.....                                                     |
| ۲۷۷ | ۴-۱۴-۶-۶ مونلیفرمین.....                                                       |
| ۲۸۱ | ۱۵-۶-۶ ورتمانین.....                                                           |
| ۲۸۱ | ۷-۶ ویژگی های مسمومیت زایی گونه های مهم فوزاریومی.....                         |
| ۲۸۱ | ۱-۷-۶ فوزاریوم اسپوروتریکوئیدس.....                                            |
| ۲۸۲ | ۲-۷-۶ فوزاریوم آکومیناتوم و فوزاریوم آرمینیا کوم.....                          |
| ۲۸۳ | ۳-۷-۶ فوزاریوم اِکوئی ستی.....                                                 |
| ۲۸۳ | ۴-۷-۶ فوزاریوم آوناسئوم.....                                                   |
| ۲۸۴ | ۵-۷-۶ فوزاریوم پرولیفراتوم.....                                                |
| ۲۸۵ | ۶-۷-۶ فوزاریوم پوآ.....                                                        |
| ۲۸۶ | ۷-۷-۶ فوزاریوم تریسینکتوم.....                                                 |
| ۲۸۶ | ۸-۷-۶ فوزاریوم تمپراتوم.....                                                   |
| ۲۸۷ | ۹-۷-۶ فوزاریوم ساگلوتینانس.....                                                |
| ۲۸۸ | ۱۰-۷-۶ فوزاریوم سمبوسینوم و فوزاریوم وئانتوم.....                              |
| ۲۸۹ | ۱۱-۷-۶ فوزاریوم سودوگرامینثاروم.....                                           |
| ۲۸۹ | ۱۲-۷-۶ فوزاریوم فوزی کوروی.....                                                |
| ۲۹۰ | ۱۳-۷-۶ فوزاریوم کروکولنس.....                                                  |
| ۲۹۰ | ۱۴-۷-۶ فوزاریوم کولموروم.....                                                  |

|     |                                                                                                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۹۱ | ۱۵-۷-۶ فوزاریوم لانگستیا.....                                                                  |
| ۲۹۲ | ۱۶-۷-۶ مجموعه گونه فوزاریوم آکسیسپوروم.....                                                    |
| ۲۹۳ | ۱۷-۷-۶ مجموعه گونه فوزاریوم سولانی.....                                                        |
| ۲۹۴ | ۱۸-۷-۶ مجموعه گونه فوزاریوم گرامینثاروم.....                                                   |
| ۲۹۵ | ۱-۱۸-۷-۶ فوزاریوم آسیاتیکوم آدونل، آنوکی، کیستلر، گیزر.....                                    |
| ۲۹۶ | ۲-۱۸-۷-۶ فوزاریوم آستروآمریکانوم آنوکی، کیستلر، گیزر، آدونل.....                               |
| ۲۹۶ | ۳-۱۸-۷-۶ فوزاریوم آکاسیا-میرنسی آدونل، آنوکی، کیستلر، گیزر.....                                |
| ۲۹۶ | ۴-۱۸-۷-۶ فوزاریوم براسیلیکوم آنوکی، کیستلر، گیزر، آدونل.....                                   |
| ۲۹۶ | ۵-۱۸-۷-۶ فوزاریوم بوتی آدونل، آنوکی، کیستلر، گیزر.....                                         |
| ۲۹۶ | ۶-۱۸-۷-۶ فوزاریوم کورتادریا آدونل، آنوکی، کیستلر، گیزر.....                                    |
| ۲۹۷ | ۷-۱۸-۷-۶ فوزاریوم گرلاخی.....                                                                  |
| ۲۹۷ | ۸-۱۸-۷-۶ فوزاریوم مریدیونال آنوکی، کیستلر، گیزر، آدونل.....                                    |
| ۲۹۷ | ۹-۱۸-۷-۶ فوزاریوم مسوآمریکانوم آنوکی، کیستلر، گیزر، آدونل.....                                 |
| ۲۹۷ | ۱۰-۱۸-۷-۶ فوزاریوم ورسی.....                                                                   |
| ۲۹۷ | ۱۹-۷-۶ فوزاریوم ورتسیلیویئیدس.....                                                             |
| ۲۹۸ | ۲۰-۷-۶ سایر گونه‌های فوزاریومی.....                                                            |
| ۲۹۸ | ۱-۲۰-۷-۶ فوزاریوم سمیکتوم برکلی و راولن.....                                                   |
| ۲۹۸ | ۲-۲۰-۷-۶ فوزاریوم کلامیدوسپوروم ولنوبر و رینکینگ.....                                          |
| ۲۹۹ | ۳-۲۰-۷-۶ فوزاریوم لاتریوم نیس.....                                                             |
| ۲۹۹ | ۴-۲۰-۷-۶ فوزاریوم تاپسینوم کلیتچ، لسل، نلسون و ماراساس.....                                    |
| ۲۹۹ | ۵-۲۰-۷-۶ فوزاریوم ساکاری (بوتلر) گامز.....                                                     |
| ۲۹۹ | ۶-۲۰-۷-۶ فوزاریوم سیرسیناتوم نیربرگ و آدونل، اصلاح شده بریتز، کوتینهو، وینگفیلد و ماراساس..... |
| ۳۰۰ | ۷-۲۰-۷-۶ فوزاریوم کنزوم زلر، سامرل و لسل.....                                                  |
| ۳۰۰ | ۸-۲۰-۷-۶ فوزاریوم لاکتیس پیروتا و ریونی.....                                                   |
| ۳۰۰ | ۹-۲۰-۷-۶ فوزاریوم موسا وان هوو، والویجک، مانوت، لوگریکو و مورتی.....                           |
| ۳۰۰ | ۱۰-۲۰-۷-۶ فوزاریوم نیگامای برگس و تریمبولی.....                                                |
| ۳۰۰ | ۸- نتیجه گیری.....                                                                             |
| ۳۰۱ | منابع.....                                                                                     |

|     |                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------|
| ۳۱۳ | فصل ۷. گونه‌های کلاویسپس و مایکوتوکسین‌های سنتزی آن‌ها..... |
| ۳۱۳ | ۱-۷ مقدمه.....                                              |
| ۳۱۳ | ۲-۷ معرفی.....                                              |
| ۳۱۶ | ۳-۷ تنوع میزبان.....                                        |
| ۳۱۷ | ۴-۷ جغرافیای زیستی.....                                     |
| ۳۱۹ | ۵-۷ خاستگاه جغرافیایی.....                                  |
| ۳۱۹ | ۶-۷ تاکسونومی جنس کلاویسپس.....                             |
| ۳۲۰ | ۷-۷ نشانگرهای تاکسونومی.....                                |
| ۳۲۰ | ۱-۷-۷ اسکروتیوم.....                                        |
| ۳۲۱ | ۲-۷-۷ استروما.....                                          |
| ۳۲۱ | ۳-۷-۷ کنیدی.....                                            |

|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۳۲۲ | ۴-۷-۷ نشانگرهای کموتا کسونومی.....                         |
| ۳۲۴ | ۸-۷ معرفی برخی از گونه‌های مهم کلاویسپس.....               |
| ۳۲۴ | ۱-۸-۷ کلاویسپس آفریکانا.....                               |
| ۳۲۵ | ۲-۸-۷ کلاویسپس پاسپالی.....                                |
| ۳۲۵ | ۳-۸-۷ کلاویسپس پورپورا.....                                |
| ۳۳۰ | ۴-۸-۷ کلاویسپس پوسیلا.....                                 |
| ۳۳۰ | ۵-۸-۷ کلاویسپس سولکاتا.....                                |
| ۳۳۰ | ۶-۸-۷ کلاویسپس سینودونتیس.....                             |
| ۳۳۱ | ۷-۸-۷ کلاویسپس جیگانتا.....                                |
| ۳۳۱ | ۸-۸-۷ کلاویسپس فالاریدیس.....                              |
| ۳۳۱ | ۹-۸-۷ کلاویسپس فوزیفورمیس.....                             |
| ۳۳۲ | ۱۰-۸-۷ کلاویسپس ویرییدیس.....                              |
| ۳۳۲ | ۹-۷ بیولوژی آلودگی ارگوت.....                              |
| ۳۳۴ | ۱۰-۷ عوامل مؤثر بر آلودگی ارگوت.....                       |
| ۳۳۴ | ۱-۱۰-۷ شرایط گل‌دهی.....                                   |
| ۳۳۵ | ۲-۱۰-۷ دسترس پذیری دانه‌های گرده و شرایط آب‌وهوایی.....    |
| ۳۳۶ | ۳-۱۰-۷ مقاومت میزبان.....                                  |
| ۳۳۶ | ۱۱-۷ آلکالوئیدهای ارگوت.....                               |
| ۳۳۷ | ۱-۱۱-۷ مسمومیت به ارگوت.....                               |
| ۳۴۰ | ۲-۱۱-۷ نام‌گذاری آلکالوئیدهای ارگوت.....                   |
| ۳۴۱ | ۳-۱۱-۷ ساختار آلکالوئیدهای ارگوت.....                      |
| ۳۴۲ | ۱-۳-۱۱-۷ آلکالوئیدهای کلاوین.....                          |
| ۳۴۴ | ۲-۳-۱۱-۷ مشتقات ساده لیزرژیک اسیدها و پاسپالیک اسیدها..... |
| ۳۴۵ | ۳-۳-۱۱-۷ آلکالوئیدهای ارگوت پتیدی.....                     |
| ۳۴۷ | ۴-۳-۱۱-۷ ارگوپتام‌ها.....                                  |
| ۳۴۷ | ۱۲-۷ نتیجه‌گیری.....                                       |
| ۳۴۸ | منابع.....                                                 |

## فصل ۸. گسترش قارچ‌ها و سنتز مایکوتوکسین‌ها در سیلاژها و محصولات علوفه‌ای..... ۳۵۵

|     |                                                                         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| ۳۵۵ | ۱-۸ مقدمه.....                                                          |
| ۳۵۵ | ۲-۸ معرفی.....                                                          |
| ۳۵۷ | ۳-۸ تولید سیلاژ.....                                                    |
| ۳۵۷ | ۴-۸ آلودگی قارچی و سنتز مایکوتوکسین‌ها در مراحل پیش و پس از برداشت..... |
| ۳۵۷ | ۱-۴-۸ آلودگی قارچی و سنتز مایکوتوکسین‌ها در مزرعه.....                  |
| ۳۵۸ | ۲-۴-۸ آلودگی قارچی و سنتز مایکوتوکسین‌ها در طی سیلو کردن.....           |
| ۳۵۹ | ۱-۲-۴-۸ وقایع پیش از برداشت.....                                        |
| ۳۶۱ | ۲-۲-۴-۸ وقایع پس از برداشت.....                                         |
| ۳۶۳ | ۳-۴-۸ آلودگی قارچی و سنتز مایکوتوکسین‌ها در سیلاژهای رسیده.....         |
| ۳۶۴ | ۴-۴-۸ آلودگی قارچی و سنتز مایکوتوکسین‌ها درون سیلو و طی خوراک‌دهی.....  |
| ۳۶۶ | ۵-۸ معرفی برخی از مهم‌ترین غلات حساس به مایکوتوکسین‌ها.....             |

|     |                   |
|-----|-------------------|
| ۳۶۸ | ۱-۵-۸ گندم        |
| ۳۶۸ | ۲-۵-۸ برنج        |
| ۳۶۹ | ۳-۵-۸ ذرت         |
| ۳۷۱ | ۴-۵-۸ بادام زمینی |
| ۳۷۲ | ۵-۵-۸ سورگوم      |
| ۳۷۳ | ۶-۵-۸ ارزن        |
| ۳۷۳ | ۶- نتیجه گیری     |
| ۳۷۴ | منابع             |

## فصل ۹. روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها

|     |                                                                           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|
| ۳۷۷ | ۱-۹ مقدمه                                                                 |
| ۳۷۷ | ۲-۹ معرفی                                                                 |
| ۳۷۹ | ۳-۹ روش‌های فیزیکی سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها                                |
| ۳۷۹ | ۱-۳-۹ روش‌های متداول جداسازی فیزیکی                                       |
| ۳۷۹ | ۱-۱-۳-۹ جداسازی دستی و خودکار                                             |
| ۳۸۱ | ۲-۱-۳-۹ غربال کردن                                                        |
| ۳۸۲ | ۳-۱-۳-۹ شناورسازی                                                         |
| ۳۸۳ | ۴-۱-۳-۹ شست‌وشو                                                           |
| ۳۸۳ | ۵-۱-۳-۹ پوست گیری                                                         |
| ۳۸۴ | ۶-۱-۳-۹ خیساندن                                                           |
| ۳۸۴ | ۷-۱-۳-۹ آسیاب کردن                                                        |
| ۳۸۵ | ۸-۱-۳-۹ حرارت دهی                                                         |
| ۳۹۰ | ۹-۱-۳-۹ جاذب‌های مایکوتوکسین                                              |
| ۳۹۲ | ۲-۳-۹ روش‌های نوین جداسازی فیزیکی                                         |
| ۳۹۲ | ۱-۲-۳-۹ تابش دهی توسط امواج الکترومغناطیسی                                |
| ۴۰۱ | ۴-۹ روش‌های شیمیایی سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها                               |
| ۴۰۳ | ۱-۴-۹ تیمار با ترکیبات شیمیایی اسیدی                                      |
| ۴۰۴ | ۲-۴-۹ تیمار با ترکیبات شیمیایی قلیایی                                     |
| ۴۰۴ | ۱-۲-۴-۹ ترکیبات آمونیاکی                                                  |
| ۴۰۵ | ۲-۲-۴-۹ سایر ترکیبات قلیایی                                               |
| ۴۰۶ | ۳-۴-۹ تیمار با ترکیبات اکسیدکننده                                         |
| ۴۰۶ | ۱-۳-۴-۹ اُزن گازی و آبی                                                   |
| ۴۰۶ | ۲-۳-۴-۹ ترکیبات کلردار                                                    |
| ۴۰۷ | ۳-۳-۴-۹ پراکسید هیدروژن                                                   |
| ۴۰۷ | ۴-۴-۹ تیمار با ترکیبات احیاکننده                                          |
| ۴۰۸ | ۵-۴-۹ تیمار با آب الکترولیز شده                                           |
| ۴۰۹ | ۶-۴-۹ تیمار با افزودنی‌های غذایی و گیاهان دارویی                          |
| ۴۱۲ | ۵-۹ روش‌های بیولوژیکی سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها                             |
| ۴۱۴ | ۱-۵-۹ مکانیسم‌های جذب مایکوتوکسین‌ها توسط باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمرها |
| ۴۱۵ | ۲-۵-۹ پایداری کمپلکس مایکوتوکسین-باکتری لاکتیک اسید                       |

|          |                                                         |
|----------|---------------------------------------------------------|
| ۴۱۵..... | ۳-۵-۹ سم زدایی مایکوتوکسین ها از طریق زیست دگرگونی..... |
| ۴۱۵..... | ۱-۳-۵-۹ گونه های باکتریایی.....                         |
| ۴۲۴..... | ۲-۳-۵-۹ گونه های قارچی.....                             |
| ۴۲۶..... | ۳-۳-۵-۹ گونه های پروتوزوایی.....                        |
| ۴۲۷..... | ۴-۵-۹ کاهش زیست فراهمی مایکوتوکسین ها از طریق جذب.....  |
| ۴۲۷..... | ۱-۴-۵-۹ گونه های باکتریایی.....                         |
| ۴۳۱..... | ۲-۴-۵-۹ گونه های قارچی.....                             |
| ۴۳۳..... | ۵-۵-۹ سم زدایی به وسیله آنزیم های کاتابولیزکننده.....   |
| ۴۳۶..... | ۶-۵-۹ روش های تحلیلی مایکوتوکسین ها.....                |
| ۴۳۶..... | ۶-۹ مقادیر مجاز آفلاتوکسین ها.....                      |
| ۴۴۵..... | ۷-۹ نتیجه گیری.....                                     |
| ۴۴۶..... | منابع.....                                              |
| ۴۵۹..... | اختصارات مهم.....                                       |
| ۴۶۱..... | اصطلاحات مهم.....                                       |
| ۴۶۷..... | نمایه (فارسی و انگلیسی).....                            |

## پیشگفتار

بشر موجودی است که جهت ادامه حیات خود نیازمند ارتباط گسترده و نزدیک با سایر جانداران است. روند روبه رشد جمعیت دنیا از یک سو و نابودی منابع طبیعی و تخریب جنگل‌ها و زمین‌های کشاورزی به منظور توسعه مناطق صنعتی و مسکونی از سوی دیگر، نیاز به تأمین مواد غذایی را دوچندان کرده است. علاوه بر این، امروزه از غذا به عنوان یک ابزار قدرتمند سیاسی و نه اقتصادی در مشخص کردن معادلات جهانی استفاده می‌شود. بنابراین، کشورهای مختلف توجه خود را به تولید و حفظ مواد غذایی و نیز کشف منابع غذایی جدید گیاهی و جانوری معطوف کرده‌اند. این درحالی است که به دلیل تحریم‌های گسترده بین‌المللی، تأمین مواد غذایی مورد نیاز مردم کشورمان از چالش‌های مهم و بحث‌برانگیز مسئولین بوده است. از این رو، اهمیت حفظ مواد غذایی کمتر از تولید آن نیست. متأسفانه روزانه مقادیر متناهی از مواد غذایی به دلیل عدم توجه کافی در روند تولید یا هنگام نگهداری نامناسب محصول تولیدی ضایع می‌شود. به علاوه، غذای انسان ممکن است حاوی مجموعه‌ای از مواد طبیعی مضر و سمی، به ویژه ترکیبات جهش‌زا و سرطان‌زا باشد که در حین تولید مواد غذایی خام یا هنگام فراوری و نگهداری سبب آلوده شدن آن‌ها شود.

قارچ‌ها و توکسین‌های سنتزی آن‌ها تحت عنوان «مایکوتوکسین‌ها» از مهم‌ترین عوامل نابودی محصولات کشاورزی زراعی و دامی محسوب می‌شوند، به طوری که هر ساله میلیون‌ها تن مواد غذایی در دنیا توسط آن‌ها غیرقابل مصرف می‌گردد. بنابر گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، بیش از ۲۵ درصد از محصولات کشاورزی تولیدی در جهان به مایکوتوکسین‌ها آلوده‌اند. سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) نیز خسارت وارده سالانه مربوط به تنها سه دسته از سموم قارچی آفاتووکسین‌ها، فومونیسین‌ها و تریکوتسن‌ها در آمریکا را حدود یک میلیارد دلار برآورد کرده است. این درحالی است که به ویژه در طی سالیان اخیر تلاش‌های گسترده‌ای به منظور شناسایی، کنترل و سم‌زدایی مایکوتوکسین‌های مختلف به ویژه آفاتووکسین‌ها از انواع مواد غذایی و خوراک‌ها صورت گرفته است.

مایکوتوکسین‌ها، متابولیت‌های ثانویه سمی طبیعی تولیدشده توسط برخی قارچ‌ها هستند. قارچ‌های رشته‌ای به ویژه گونه‌های آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم و فوزاریوم قادر به سنتز طیف گسترده‌ای از این ترکیبات شیمیایی یا متابولیت‌ها می‌باشند. در واقع، متابولیت‌ها محصولات واسطه‌ای متابولیسم هستند که نقش‌های گوناگونی در سلول‌های قارچی ایفا می‌کنند. آن‌ها می‌توانند در تشکیل ساختارهای ارگانیسم و یا به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرند. برخی از این متابولیت‌ها دارای اثرات تحریک‌کنندگی یا بازدارندگی بر آنزیم‌ها هستند و برخی دیگر در دفاع از ارگانیسم یا تعامل با سایر ارگانیسم‌ها نقش دارند. متابولیت‌های اولیه، به طور مستقیم رشد، نمو و تکثیر قارچ‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ اما متابولیت‌های ثانویه تأثیر مستقیمی بر چنین فرایندهایی ندارند و معمولاً تنها از نظر عملکردهای اکولوژیکی مهم تلقی می‌شوند. علاوه بر قارچ‌ها، سایر ارگانیسم‌ها مانند باکتری‌ها، اکتینوباکتری‌ها، سیانوباکتری‌ها، جلبک‌ها، گیاهان و حیوانات نیز قادر به سنتز متابولیت‌های ثانویه هستند. متابولیت‌های ثانویه قارچی فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی نشان می‌دهند که این امر سبب استفاده گسترده از آن‌ها در زمینه‌های مختلف پزشکی، داروسازی، بیوتکنولوژی، غذایی، کشاورزی و غیره شده است. امروزه، بسیاری از صنایع وابسته به قارچ‌ها و محصولات سنتزی آن‌ها هستند. با وجود مزایای بسیاری که برخی از قارچ‌ها می‌توانند برای انسان‌ها به همراه داشته باشند، آن‌ها همچنین قادر به سنتز متابولیت‌های ثانویه مضر به نام مایکوتوکسین‌ها می‌باشند. از زمان‌های بسیار دور، اثرات سمی این توکسین‌ها بر انسان‌ها و حیوانات شناخته شده است. آلودگی به مایکوتوکسین‌ها یک مشکل جهانی به شمار می‌آید و بسته به گونه قارچی سنتزکننده در هر دو مناطق معتدله و گرمسیری روی می‌دهد. با توجه به نقش مهم قارچ‌های توکسین‌زا و متابولیت‌های سمی سنتزی آن‌ها در رژیم‌های غذایی انسان‌ها و حیوانات و همچنین عدم وجود منابع کافی و دقیقی در این زمینه، کتاب مایکوتوکسین‌ها با هدف ارائه مطالب جامع و جدیدی از طبقه‌بندی قارچ‌های رشته‌ای، ساختارهای پیچیده، ویژگی‌ها و کاربردهای صنعتی متابولیت‌های سنتزی آن‌ها، اثرات بیماری‌زایی مایکوتوکسین‌ها و به علاوه انواع روش‌های سم‌زدایی این متابولیت‌های سمی از مواد غذایی و خوراک‌ها به رشته تحریر درآمده است.

به این دلیل که مایکوتوکسین‌ها توسط گروه‌های خاصی از قارچ‌ها سنتز می‌شوند، درک بیولوژی جمعیت، گونه‌زایی، فیلوژنی و تکامل این میکروارگانیسم‌ها به ایجاد روش‌های مؤثر کاهش آلودگی قارچی و سم‌زدایی مایکوتوکسین‌ها کمک شایانی می‌کند. این امر از اهمیت بالایی در شناسایی و تمایز صحیح قارچ‌های مایکوتوکسین‌زا برخوردار است؛ چراکه هر گونه/جنس ممکن است پروفیل مایکوتوکسینی گونه-خاصی داشته باشد که می‌تواند خطرات سلامتی مرتبط با هریک از گونه‌های قارچی را تغییر دهد. این کتاب مشتمل بر ۹ فصل است که هر فصل با خلاصه‌ای از موضوع مورد مطالعه آغاز می‌شود. به منظور درک و مقایسه بهتر مطالب، در هر فصل تصاویر و جداول سودمندی ارائه شده است. به علاوه، در بخشی پایانی این کتاب تعاریف و اصطلاحات مهم به کار برده شده در متن کتاب به ترتیب حروف الفبا تنظیم شده است. کتاب مایکوتوکسین‌ها می‌تواند منبع مفیدی جهت مطالعه دانشجویان در تمامی دوره‌های کارشناسی و مقاطع تحصیلات تکمیلی در زمینه‌های مختلف نظیر پزشکی، علوم (به ویژه رشته‌های زیست‌شناسی و میکروبیولوژی) و کشاورزی (به خصوص صنایع غذایی) و نیز مدرسان و همچنین پژوهشگران فعال در این حوزه‌ها باشد.