



# اکولوژی میکروبی: اکوسیستم‌های غذایی

دکتر فخری شهیدی  
استاد دانشگاه فردوسی مشهد  
فریده طباطبایی یزدی  
محبوبه سرابی جماب  
نفیسه دعوتی  
نسیم ادیب‌پور

عنوان و نام پدیدآور:

اکولوژی میکروبی: اکوسیستم‌های غذایی/ فخری شهیدی ... [و دیگران]؛ ویراستار علمی بهروز علیزاده بهبهانی.

مشخصات نشر:

مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات ۱۳۹۷.

مشخصات ظاهری:

۳۴۴ ص. مصور، جدول، نمودار.

فروست:

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۷۰۱.

شابک:

ISBN: 978-964-386-376-0

وضعیت فهرست‌نویسی:

فیفا.

بادداشت:

فخری شهیدی، فریده طباطبایی‌یزدی، محبوبه سرابی‌جماب، نقیسه دعوتی، نسیم ادیب‌پور.

بادداشت:

واژه‌نامه، کتابنامه، نمایه.

موضوع:

بوم‌شناسی میکربی

موضوع:

Microbial ecology

موضوع:

اکوسیستم

موضوع:

Biotic communities

شماره افزوده:

شه‌دی، فخری، ۱۳۳۵-

شماره افزوده:

علیزاده بهبهانی، بهروز، ۱۳۶۶ - ویراستار

شماره افزوده:

دانشگاه فردوسی مشهد.

رده‌بندی کتبه:

QR ۱۰۰/الف ۷۱۳۹۷

رده‌بندی دیویی:

۵۷.۱۱۲

شماره کتابشناسی:

۸۴۵۱۶۰۰

## اکولوژی میکروبی: اکوسیستم‌های غذایی



انتشارات  
۷۰۱

پدیدآورنده: دکتر فخری شهیدی؛ فریده طباطبایی‌یزدی؛ محبوبه سرابی‌جماب؛

نقیسه دعوتی؛ نسیم ادیب‌پور

ویراستار علمی: دکتر بهروز علیزاده بهبهانی

مشخصات: وزیری، ۲۵۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۸

چاپ و صحافی: چاپخانه ثامن

بها: ۳۲۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، سازمان مرکزی،

جنب سلف یاس تلفن: ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروردین و اردیبهشت،

شماره ۲۳۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵-۶۶۴۹۴۴۰۹ (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

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| ۱۶ | ..... پیشگفتار                                           |
| ۱۷ | ..... فصل ۱- تاریخچه و کلیات                             |
| ۱۷ | ..... ۱-۱- مقدمه و تاریخچه                               |
| ۲۳ | ..... ۲-۱- منابع                                         |
| ۲۵ | ..... فصل ۲- مفاهیم اصلی در مالاتا، اکه، رزی و سیر تکامل |
| ۲۵ | ..... ۱-۲- مقدمه                                         |
| ۲۵ | ..... ۲-۲- ویروس ها                                      |
| ۲۶ | ..... ۳-۲- باکتری ها                                     |
| ۲۷ | ..... ۱-۳-۲- باکتری های فوتوسنتز کننده                   |
| ۲۷ | ..... ۲-۳-۲- باکتری های خزنه یا سرخورنده                 |
| ۲۷ | ..... ۳-۳-۲- باکتری های غلاف دار                         |
| ۲۸ | ..... ۴-۳-۲- باکتری های جوانه زننده                      |
| ۲۸ | ..... ۵-۳-۲- ماریچی ها                                   |
| ۲۸ | ..... ۶-۳-۲- باکتری های حلزونی و خمیده                   |
| ۲۸ | ..... ۷-۳-۲- میله ای های گرم منفی هوازی مطلق             |
| ۲۸ | ..... ۸-۳-۲- میله ای های گرم منفی بی هوازی اختیاری       |
| ۲۹ | ..... ۹-۳-۲- میله ای های گرم منفی بی هوازی مطلق          |
| ۲۹ | ..... ۱۰-۳-۲- باکتری های اتوتروف غیر فوتوسنتز کننده      |
| ۲۹ | ..... ۱۱-۳-۲- کوکسی های گرم منفی                         |
| ۲۹ | ..... ۱۲-۳-۲- کوکسی های گرم مثبت                         |
| ۳۰ | ..... ۱۳-۳-۲- باکتری های تولید کننده اندوسپور            |

- ۳۰..... ۲-۳-۱۴- باکتری‌های گرم مثبت غیر اسپورزا
- ۳۰..... ۲-۳-۱۵- باکتری‌های منشعب
- ۳۰..... ۲-۳-۱۶- باکتری‌های درون‌سلولی اجباری
- ۳۰..... ۲-۴- اکولوژی در خور یک علم
- ۳۲..... ۲-۵- سیر تکامل
- ۳۳..... ۲-۶- انتخاب طبیعی
- ۳۵..... ۲-۷- الگوهای انتخاب
- ۳۶..... ۲-۸- اکولوژی تک‌نمایی
- ۳۸..... ۲-۹- منابع
- ۳۹..... فصل ۳- چرخش مواد در اکوسیستم
- ۳۹..... ۳-۱- مقدمه
- ۳۹..... ۳-۲- اکوسیستم
- ۴۰..... ۳-۲-۱- عناصر اکوسیستم
- ۴۰..... ۳-۲-۱-۱- عناصر غیرزنده
- ۴۱..... ۳-۲-۱-۲- عناصر زنده
- ۴۲..... ۳-۲-۲- تولید و مصرف در اکوسیستم
- ۴۲..... ۳-۲-۳- جریان انرژی در اکوسیستم
- ۴۳..... ۳-۲-۴- چرخش مواد در اکوسیستم
- ۴۴..... ۳-۲-۴-۱- چرخه عناصر معدنی
- ۴۴..... ۳-۲-۴-۲- عناصر ضروری
- ۴۶..... ۳-۲-۴-۳- عناصر غیرضروری
- ۴۶..... ۳-۲-۴-۴- مقادیر نسبی عناصر موجود در موجودات زنده
- ۴۷..... ۳-۳- چرخه‌های زیست - زمین - شیمیایی
- ۴۷..... ۳-۳-۱- انواع چرخه‌های زیست - زمین - شیمیایی
- ۴۸..... ۳-۴- چرخه‌های مواد
- ۴۸..... ۳-۴-۱- چرخه کربن
- ۵۰..... ۳-۴-۱-۱- جریان کربن در زنجیره غذایی میکروبی
- ۵۱..... ۳-۴-۲- چرخه نیتروژن

|    |                                                   |
|----|---------------------------------------------------|
| ۵۳ | ۳-۲-۱- تبدیل ازت اتمسفر به نیترات                 |
| ۵۳ | ۳-۲-۲- تبدیل پروتئین ها به نیترات                 |
| ۵۴ | ۳-۲-۳- تبدیل نیترات ها به نیتروژن اتمسفری         |
| ۵۴ | ۳-۲-۴- از بین رفتن نیترات خاک توسط پدیده شسته شدن |
| ۵۵ | ۳-۲-۵- انتقال میکروبی نیتروژن                     |
| ۵۷ | ۳-۴-۳- چرخه فسفر                                  |
| ۵۸ | ۳-۴-۱- عبور فسفات خاک در خلال زنجیره های غذایی    |
| ۵۹ | ۳-۴-۲- شسته شدن فسفات از خاک                      |
| ۵۹ | ۳-۴-۳- آزادسازی فسفات از سنگ مادر                 |
| ۶۰ | ۳-۴-۴- چرخه گوگرد                                 |
| ۶۰ | ۳-۴-۱- در خلال زنجیره های غذایی                   |
| ۶۱ | ۳-۴-۲- خروج سولفات از خاک                         |
| ۶۱ | ۳-۴-۳- سولفات موجود در ذخیره سنگ مادر             |
| ۶۲ | ۳-۴-۴- گوگرد موجود در فاز اتمسفر                  |
| ۶۲ | ۳-۴-۵- چرخه اکسیژن                                |
| ۶۴ | ۳-۴-۶- چرخه آب                                    |
| ۶۶ | ۳-۵- منابع                                        |

|    |                                               |
|----|-----------------------------------------------|
| ۶۹ | فصل ۴- مفاهیم گونه و گونه زایی                |
| ۶۹ | ۴-۱- تعریف گونه                               |
| ۷۲ | ۴-۲- فرضیه گونه جهانی                         |
| ۷۳ | ۴-۲-۱- مفهوم بیولوژیکی گونه                   |
| ۷۵ | ۴-۲-۲- مفهوم فنوتیکی گونه                     |
| ۷۵ | ۴-۲-۳- مفهوم تکاملی گونه                      |
| ۷۵ | ۴-۲-۴- مفهوم فیلوژنی گونه                     |
| ۷۶ | ۴-۳- ناکسونومی (رده بندی) باکتریایی           |
| ۷۸ | ۴-۳-۱- مفهوم باکتریایی گونه                   |
| ۸۱ | ۴-۳-۲- کاربرد مفهوم فنوتیکی گونه در باکتری ها |
| ۸۳ | ۴-۳-۳- کاربرد مفهوم فیلوژنی گونه در باکتری ها |

|     |       |                                                              |
|-----|-------|--------------------------------------------------------------|
| ۸۴  | ..... | ۴-۴- گونه‌زایی                                               |
| ۸۶  | ..... | ۴-۴-۱- گونه‌زایی باکتریایی                                   |
| ۸۶  | ..... | ۴-۴-۱-۱- اصلاح یا ترمیم اشتباه به‌عنوان یک مکانیسم گونه‌زایی |
| ۸۸  | ..... | ۴-۴-۲- گونه‌زایی سریع                                        |
| ۸۹  | ..... | ۴-۴-۳- اوپرون‌ها                                             |
| ۹۰  | ..... | ۴-۴-۱- اقتصاد کردن ژنوم و گونه‌زایی                          |
| ۹۱  | ..... | ۴-۴-۵- جهش افراطی                                            |
| ۹۲  | ..... | ۴-۴-۶- جهش ژنومی                                             |
| ۹۳  | ..... | ۵-۴- منابع                                                   |
| ۹۵  | ..... | فصل ۵- اکولوژی فر                                            |
| ۹۵  | ..... | ۵-۱- فرد چیست؟                                               |
| ۹۸  | ..... | ۵-۲- مطالعه افراد                                            |
| ۹۹  | ..... | ۵-۳- مطالعه میکروارگانیسم‌های منفرد                          |
| ۹۹  | ..... | ۵-۳-۱- فرد عددی                                              |
| ۱۰۰ | ..... | ۵-۳-۲- فرد ژنتیکی                                            |
| ۱۰۱ | ..... | ۵-۳-۳- فرد اکولوژیکی                                         |
| ۱۰۲ | ..... | ۵-۴- نیچ                                                     |
| ۱۰۳ | ..... | ۵-۴-۱- دما و رطوبت                                           |
| ۱۰۷ | ..... | ۵-۴-۲- pH                                                    |
| ۱۱۱ | ..... | ۵-۴-۳- پتانسیل اکسیداسیون و احیاء                            |
| ۱۱۱ | ..... | ۵-۴-۴- شوری                                                  |
| ۱۱۳ | ..... | ۵-۴-۵- نور                                                   |
| ۱۱۶ | ..... | ۵-۴-۶- فشار                                                  |
| ۱۱۷ | ..... | ۵-۵- منابع                                                   |
| ۱۱۹ | ..... | فصل ۶- اکولوژی تولیدمثل                                      |
| ۱۱۹ | ..... | ۶-۱- مقدمه                                                   |
| ۱۲۰ | ..... | ۶-۲- تولیدمثل میکروبی                                        |

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۱۲۲ | ۶-۲-۱- کونزوگاسیون (هم‌بوغی).....              |
| ۱۲۳ | ۶-۲-۱-۱- ترانسپوزون‌ها.....                    |
| ۱۲۳ | ۶-۲-۲- انتقال بی‌واسطه.....                    |
| ۱۲۴ | ۶-۲-۳- انتقال با واسطه.....                    |
| ۱۲۵ | ۶-۲-۴- فواید و مضرات تولیدمثل جنسی.....        |
| ۱۲۸ | ۶-۲-۵- میزان تولیدمثل.....                     |
| ۱۲۹ | ۶-۲-۶- پلاسمیدها و DNA خارج کروموزومی.....     |
| ۱۳۱ | ۶-۳- منابع.....                                |
| ۱۳۳ | فصل ۷- مفاهیم در اکولوژی - جوامع.....          |
| ۱۳۳ | ۷-۱- اجتماعات آب‌ها، آزار.....                 |
| ۱۳۴ | ۷-۲- اجتماعات بیوفلمی.....                     |
| ۱۳۴ | ۷-۳- جوامع خاک.....                            |
| ۱۴۵ | ۷-۴- جوامع دهانی.....                          |
| ۱۴۶ | ۷-۵- پراکندگی عملگر.....                       |
| ۱۴۶ | ۷-۶- ساختار جوامع خاص (نیچ).....               |
| ۱۴۷ | ۷-۷- منابع.....                                |
| ۱۴۹ | فصل ۸- اکولوژی میکروبی محیط‌های آبی.....       |
| ۱۴۹ | ۸-۱- مقدمه.....                                |
| ۱۵۰ | ۸-۲- اکوسیستم‌های آبی.....                     |
| ۱۵۱ | ۸-۲-۱- دما.....                                |
| ۱۵۱ | ۸-۲-۲- نور.....                                |
| ۱۵۱ | ۸-۲-۳- گازهای محلول.....                       |
| ۱۵۱ | ۸-۲-۴- مواد معدنی.....                         |
| ۱۵۱ | ۸-۳- اکوسیستم آب شور.....                      |
| ۱۵۳ | ۸-۴- زیستگاه‌های اصلی اکوسیستم‌های دریایی..... |
| ۱۵۵ | ۸-۴-۱- تفاوت بین مناطق روشن و تاریک دریا.....  |
| ۱۵۵ | ۸-۵- اکوسیستم‌های آب شیرین.....                |

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۵۶ | ۸-۶- اکولوژی میکروبی آب‌ها.....                                 |
| ۱۵۸ | ۸-۶-۱- زیستگاه‌های میکروبی دریایی و اقیانوس‌ها (آب شور).....    |
| ۱۶۱ | ۸-۶-۲- زیستگاه‌های میکروبی در دهانه رودخانه‌های بزرگ.....       |
| ۱۶۱ | ۸-۶-۳- زیستگاه‌های میکروبی آب شیرین.....                        |
| ۱۶۱ | ۸-۶-۱- رودخانه‌ها، جوی‌ها و نهرها.....                          |
| ۱۶۲ | ۸-۶-۲- آبدیه یا آبخیز.....                                      |
| ۱۶۲ | ۸-۶-۳- لوله‌های آب شهری.....                                    |
| ۱۶۲ | ۸-۶-۴- ریاحه‌ها، تالاب‌ها (مرداب‌هالفا)، برکه‌ها و استخرها..... |
| ۱۶۵ | ۸-۷- چرخه‌ی بی‌حییمایی در اکوسیستم آبی.....                     |
| ۱۶۹ | ۸-۸- منابع.....                                                 |
| ۱۷۱ | <b>فصل ۹- اکولوژی خاک</b>                                       |
| ۱۷۱ | ۹-۱- مقدمه.....                                                 |
| ۱۷۲ | ۹-۲- خاک از منظر چرخه‌ی حیاتی برای موجه دانه‌زنده.....          |
| ۱۷۴ | ۹-۲-۱- نقش بیومس زنده در چرخه‌ی غذایی.....                      |
| ۱۷۵ | ۹-۳- عوامل دخیل در تشکیل ساختمان خاک.....                       |
| ۱۷۵ | ۹-۳-۱- تنش خشکی.....                                            |
| ۱۷۶ | ۹-۳-۲- اتمسفر خاک.....                                          |
| ۱۷۸ | ۹-۳-۳- واکنش‌های اکسیداسیون - احیای خاک.....                    |
| ۱۷۹ | ۹-۳-۴- pH خاک.....                                              |
| ۱۸۰ | ۹-۳-۵- درجه‌حرارت خاک.....                                      |
| ۱۸۱ | ۹-۳-۶- نقش نور در بیولوژی خاک.....                              |
| ۱۸۱ | ۹-۴- موجودات میکروسکوپی خاک.....                                |
| ۱۸۲ | ۹-۴-۱- باکتری‌ها.....                                           |
| ۱۸۳ | ۹-۴-۲- اکتینومیسیت‌ها.....                                      |
| ۱۸۴ | ۹-۴-۳- قارچ‌ها.....                                             |
| ۱۸۴ | ۹-۴-۴- جلبک‌ها.....                                             |
| ۱۸۵ | ۹-۴-۵- پروتوزوآها.....                                          |
| ۱۸۷ | ۹-۵- منابع.....                                                 |

|     |                                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| ۱۸۹ | فصل ۱۰- اکولوژی میکروبی محیط‌های سخت                                       |
| ۱۸۹ | ۱-۱۰- آشنایی با محیط‌های سخت                                               |
| ۱۹۲ | ۲-۱۰- انواع محیط‌های سخت                                                   |
| ۱۹۳ | ۱-۲-۱۰- محیط‌هایی با دمای بالا                                             |
| ۱۹۳ | ۱-۱-۲-۱۰- محیط‌هایی با دمای بالا در اکوسیستم خشکی                          |
| ۱۹۵ | ۲-۱-۲-۱۰- چشمه‌های آب شیرین قلبایی داغ (نواحی ژئوترمال نوع ۱ با pH بالافت) |
| ۱۹۸ | ۳-۱-۲-۱۰- زمین‌های اسیدی سولفات‌آرا (نواحی ژئوترمال نوع ۲ با pH پایین)     |
| ۲۰۰ | ۱-۲-۱۰- خاک، لجن و گل غیرهوازی ژئوترمال                                    |
| ۲۰۲ | ۵-۲-۱۰- محیط‌های با دمای بالا در اکوسیستم‌های آبی                          |
| ۲۰۴ | ۲-۲-۱۰- نواحی حاوی امید آهن و سولفور اسید                                  |
| ۲۰۶ | ۳-۲-۱۰- چشمه‌های کربناته خاک‌های قلبایی                                    |
| ۲۰۷ | ۴-۲-۱۰- دریاچه‌های قلبایی                                                  |
| ۲۰۹ | ۵-۲-۱۰- دریاچه‌های دارای کربنات بالا                                       |
| ۲۱۱ | ۶-۲-۱۰- محیط‌های با دمای پایین                                             |
| ۲۱۲ | ۷-۲-۱۰- محیط‌های با فشار هیدرواستاتیکی بالا                                |
| ۲۱۵ | ۸-۲-۱۰- حضور میکروارگانیسم‌ها در اتمسفر                                    |
| ۲۱۶ | ۹-۲-۱۰- حضور میکروارگانیسم‌ها در فضا                                       |
| ۲۱۸ | ۳-۱۰- منابع                                                                |
| ۲۲۱ | فصل ۱۱- تداخل میکروارگانیسم‌ها با سایر اجزای محیط                          |
| ۲۲۱ | ۱-۱۱- مقدمه                                                                |
| ۲۲۱ | ۲-۱۱- منطقه ریزوسفر                                                        |
| ۲۲۳ | ۳-۱۱- چرخه تغییر و تبدیل بیولوژیکی عناصر مهم حیاتی در خاک                  |
| ۲۲۳ | ۱-۳-۱۱- تغییر و تبدیل ازن در خاک                                           |
| ۲۲۴ | ۱-۱-۳-۱۱- آمونیفیکاسیون                                                    |
| ۲۲۶ | ۲-۱-۳-۱۱- نیتریفیکاسیون                                                    |
| ۲۲۷ | ۳-۱-۳-۱۱- دنیتریفیکاسیون                                                   |
| ۲۲۸ | ۴-۱-۳-۱۱- تثبیت ازن هوا توسط میکروارگانیسم‌های آزاد خاک                    |
| ۲۲۹ | ۵-۱-۳-۱۱- تثبیت ازن هوا توسط میکروارگانیسم‌های همزیست                      |

## پیشگفتار

تاکنون کتاب‌های زیادی در زمینه اکولوژی میکروبی به رشته تحریر درآمده‌اند که اطلاعات مفیدی درخصوص تداخل میکروارگانیسم‌ها با محیط‌های زنده و غیرزنده در اختیار خوانندگان قرار می‌دهند. اما در زمینه اکولوژی میکروارگانیسم‌ها و اکوسیستم‌های غذایی کتاب خاصی در دسترس نیست. این کتاب مشتمل بر شانزده فصل است. مقدمه و تاریخچه و کلیات در فصل اول آمده است. در فصل دوم مفاهیم اصلی در مطالعه اکولوژی، سیر تکامل میکروارگانیسم‌ها ذکر گردیده و در فصل سوم چرخش مواد در اکوسیستم مورد بحث قرار گرفته است. در فصل چهارم مفاهیم گونه و گونه‌زایی تشریح گردیده، در فصل پنجم به اکولوژی فرد و حلقهٔ سبزی، میکروارگانیسم‌های منفرد پرداخته شده است. در فصل ششم اکولوژی تولیدمثل در میکروارگانیسم‌ها بحث گشته شده، در فصل هفتم مفاهیم در اکولوژی جوامع اعم از آب‌های آزاد، بیوفیلم‌ها، خاک، دست و پا، جمع خاص بیان گردیده است. فصل هشتم به تشریح اکولوژی محیط آبی، فصل نهم به اکولوژی خاک، فصل دهم به اکولوژی محیط‌های سخت پرداخته است. در فصل یازدهم تداخل میکروارگانیسم‌ها با سایر اجزای محیط مورد بحث قرار گرفته و فصل دوازدهم رشد و تغذیه در میکروارگانیسم‌ها را تشریح کرده است. در فصل سیزدهم به نقش میکروارگانیسم‌ها در تولید مواد غذایی به اختصار اشاره شده و فصل چهاردهم نقش میکروارگانیسم‌ها در تولید آنزیم‌ها را مورد بحث قرار داده است. در فصل پانزدهم اکولوژی میکروبی فاضلاب مورد بحث قرار گرفته و فصل شانزدهم اکولوژی و بیماری‌ها را به‌طور خلاصه بیان کرده است. بدیهی است که کتاب این مجموعه عاری از نقصان نیست که امید است با راهنمایی‌های اساتید فن و محققان محترم در چاپ‌های بعدی بتوان نواقص را برطرف کرد.

مؤلفان