



انتشارات، شماره ۴۸۴

میکروبیولوژی محیطی

تالیف:

آلن. اچ وارنم

متخصص میکروبیولوژی، استاد مدعو دانشگاه لندن شمالی، انگلستان

مالکولوم جی ایوانس

عکاس

ترجمه:

دکتر منصور مشرقی

استادیار میکروبیولوژی دانشگاه فردوسی مشهد

سمیه دولت آبادی

سرشناسه:	وارنم Varnam, A. H.
عنوان و نام پدیدآور:	میکروبیولوژی محیطی / تألیف آلن. اچ وارنم؛ عکاس مالکولوم جی ایوانس؛ ترجمه منصور مشرقی، سمیه دولت آبادی.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی (مشهد)، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری:	۳۵۸ ص.: مصور (بخشی رنگی).
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۴۸۴.
شابک:	(ISBN: 964-386-155-1).
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.
یادداشت:	عنوان اصلی: Environmental microbiology, c2000
یادداشت:	واژه نامه.
موضوع:	بوم شناسی میکروبی.
شناسه افزوده:	اوتز، ام. جی. Evans, M. G., عکاس.
شناسه افزوده:	مشرقی، منصور، ۱۳۴۴ - ، مترجم.
شناسه افزوده:	دولت آبادی، سمیه، مترجم.
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد
رده بندی کنگره:	۱۳۸۶ م ۹۲ و / QR ۱۰۰
رده بندی دیویی:	۵۹۷/۱۷
شماره کتابخانه ملی:	۱۰۳۸۵۳۶



سازمان اسناد و کتابخانه ملی

انتشارات، شماره ۴۸۴

میکروبیولوژی محیطی

تألیف

آلن. اچ وارنم

ترجمه

دکتر منصور مشرقی - سمیه دولت آبادی

ویراستار علمی

دکتر غلامرضا هاشمی تبار

وزیری، ۳۵۸ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، بهار ۱۳۸۶

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۲۷۰۰۰ ریال

فهرست

۹	 پیش گفتار
۱۱	 پیش گفتار مترجمان
۱۳	 فرهنگ لغات
۱۸	 تقدیر
۱۹	 فصل ۱ مرور کلی
۲۰	 طبیعت جمعیت‌های میکروبی
۳۵	 حیات در غلظت‌های کم ماده غذایی : سرنوشت مشترک میکروارگانیسمها
۳۹	 عوامل فیزیکی‌وشیمیایی که بر سرنوشت میکروارگانیسمها در محیط تأثیر می‌گذارند
۵۱	 مکانیسمهای رقابتی میکروارگانیسمها
۵۵	 واکنش متقابل بین میکروارگانیسمها
۶۰	 منابع
۶۵	 فصل ۲ محیط‌های آبی
۶۶	 میکروفلور محیط‌های آبی مختلف
۷۳	 محیط دریا
۱۱۵	 محیط‌های آب شیرین
۱۶۲	 منابع
۱۶۹	 فصل ۳ محیط‌های خشکی
۱۷۰	 خاک

۲۰۲	 میکروارگانیسم ها و گیاهان عالی
۲۳۰	 انواع دیگری از زیستگاه های خشکی
۲۴۲	 منابع
۲۴۸	فصل ۴ محیطهای دشوار
۲۴۹	 محیطهایی با درجه حرارت بالا
۲۶۰	 محیطهای بسیار اسیدی
۲۶۶	 محیطهای بسیار قلیایی
۲۷۵	 محیطهای بسیار نمکی غیر قلیایی
۲۹۱	 منابع
۲۹۳	ضمایم
۲۹۳	I توسعه میکروفلور در گودال سنگی پوشانده شده از آب
۲۹۶	II راز بزرگ معدن طلا
۲۹۷	II مقایسه میکروبیولوژیکی خاک دو سوی یک دره
۳۰۰	 واژه نامه
۳۰۴	 تصاویر رنگی

کوتاه ترین شعر در جهان: که در مورد قدمت میکروبها بیان شده است.

Adam Had'em

میکروارگانسیم ها را می توان در همه جا یافت. میکروارگانسیم ها در خاک باغچه ما، در هوایی که ما تنفس می کنیم و در دریای اطراف ما وجود دارند. میکروبها به بدن ما نفوذ کرده و در آن تکثیر می یابند که هم باعث بیماری شده و هم می توانند حافظ سلامتی ما باشند. میکروارگانسیم ها، سبب فساد غذایی شده و در ساخت بعضی از آنها هنوز نقش دارند. همچنین در مکانهای مختلفی می توانند رشد نموده که این مکانها ممکن است شامل محیطهایی با تنوع میکروبی زیاد تا محیطهایی که تنها یک نوع به خصوصی از میکروارگانسیم ها قادر به رشد در آن هستند، باشند. یکی از این محیطهایی که برای رشد میکروارگانسیم بسیار سخت می باشد حفره های آتشفشانی زیر دریا می باشند که در آن، میکروارگانسیم های بسیار گرما دوست، زندگی می کنند. اگر چه تفاوت های زیادی بین طبیعت و ژئوبیولوژی محیط های مختلف وجود دارد ولی فاکتورهای مشابهی بر حیات و مرگ میکروارگانسیم ها تأثیر می گذارند که مستقل از طبیعت محیط می باشند. بنابراین رفتار میکروارگانسیم ها از یک سری اصول مشابه پیروی می کند.

میکروبیولوژی محیطی که امروزه ما آن را مطالعه می کنیم حاصل تلاش های زیاد، مطالعات تئوری و تحقیقات عملی در طول سالیان دراز می باشد. تاکنون کارهای آزمایشگاهی به نسبت بر اساس تکنیک های قراردادی کشت بوده که سبب ایجاد محدودیت هایی شده است که قابل درک بوده و دارای ارزش قابل توجهی هستند. لیکن در سالهای اخیر تکنیک های قوی و پیشرفته ای که بیشتر

آنها بر اساس ژنتیک یاروشهای میکروسکوپی پیشرفته بوده است در دسترس قرار گرفته اند. پیشرفتهای آزمایشگاهی در اثر گسترش مفاهیم در سطح تئوری امکان پذیر گردیده است. مطالعه میکروارگانیسم های محیطی، تنها یک بررسی آکادمیک نیست. میکروارگانیسم های محیطی مدتهای زیادی است که دانسته یا ندانسته در پایداری کره زمین و فعالیتهای اقتصادی بشر مورد استفاده قرار گرفته اند. شناخت بالای ما از روابطی که بین میکروارگانیسم ها و محیطشان برقرار است سبب تشخیص بهتر کاربرد آنها می گردد. به عنوان مثال می توان از نقش میکروارگانیسم ها در تجزیه نفت در طول «جنگ خلیج» نام برد.

هدف از تهیه این کتاب، ایجاد یک دانش پایه و روشن از میکروبیولوژی محیطی می باشد که سعی شده است اصول این موضوع به وسیله مثالهای متعددی، بهتر مشخص گردد و همچنین تصاویر نیز در هر جا که لازم بوده، ارائه شده است. تقابل بین میکروفلور غالب و محیط همانند تقابل بین اعضای مختلف تشکیل دهنده میکروفلور مورد بحث قرار گرفته است. اما در این کتاب، تأکید بیشتر بر روی فهم اصول می باشد. این کتاب قصد ندارد که فهرست طولانی از میکروارگانیسم ها را ارائه کند یا به شرح جزئیات تاکسونومی میکروارگانیسم ها پردازد. این چنین اطلاعاتی را می توان از منابع دیگر به دست آورد.

به علت این که میکروبیولوژی محیطی، موضوعی است که به سختی می توان آن را به بخشهای مشخص و کاملاً تعریف شده، تقسیم نمود بنابراین فصل بندی معمول به کار نرفته است. این کتاب به چهار بخش اصلی تقسیم شده است که عبارتند از مرور کلی بر میکروبیولوژی محیطی، محیط آبی، خاکی و محیطهای خیلی دشوار که هریک از این بخشها دارای زیرمجموعه هایی می باشد. این تقسیم بندی اگرچه معمول نبوده ولی سعی شده است که بدین روش، استفاده از مطالب کتاب راحت تر باشد. اما به طور کلی امیدواریم این کتاب حداقل توانسته باشد به طریقی نشان بدهد که میکروبیولوژی محیطی موضوع جالب و بحث بر انگیزی می باشد حتی موقعی که نتایج آزمایشگاهی با تفاسیر موجود منطبق نباشند.

امروزه اهمیت و نقش میکروارگانیسم ها در محیط و رابطه آنها با حیات و فعالیت های انسانی بخوبی شناخته شده است. میکروارگانیسم ها در چرخه های مهم مواد در طبیعت یکی از عوامل مهم بوده و به عبارت دیگر چرخه های طبیعی مواد یا چرخه های بیوژنوشیمیایی وابستگی اساسی به میکروارگانیسم ها دارند. اگرچه غالباً تصور می شود که میکروارگانیسم ها سبب آلودگی می شوند اما این موجودات ریز میکرومیکوبی به خاطر قدرت آنزیمی بالایی که دارند بعنوان یک ابزار مؤثر برای حذف آلودگی های خطرناک و مواد شیمیایی سرطان زا و همچنین تصفیه آب و فاضلاب می توانند بکار برده شوند. بنابراین میکروارگانیسم های محیطی پتانسیل کاربردی مهمی در بیوتکنولوژی دارند. این موضوعات تنها بخشی از مطالبی است که در میکروبیولوژی محیطی مورد بحث قرار می گیرد و مسلماً گستره مطالب در این گرایش از میکروبیولوژی بیش از اینها می باشد. به همین دلیل یعنی برای معرفی هرچه بیشتر اهمیت میکروارگانیسم هایی که در محیط های مختلف طبیعی زنده و غیرزنده ساکن بوده و فعالیت دارند کتاب میکروبیولوژی محیطی تألیف آکن اچ وارنام و مالکولم جی ایوانس جهت ترجمه انتخاب گردید. یکی دیگر از دلایل ترجمه این کتاب، کمبود منابع فارسی در این زمینه از میکروبیولوژی بود با توجه به این که درس میکروبیولوژی محیطی و موضوعات وابسته به آن در سطح کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته های مختلف مانند زیست شناسی، میکروبیولوژی و محیط زیست تدریس می گردد.

اگرچه سعی زیادی شده است که برگردان صمیمی از متن اصلی انگلیسی صورت گیرد و به صورت هرچه روان تر ارائه گردد که در این زمینه از ویراستار محترم علمی جناب آقای دکتر هاشمی تبار نیز تشکر می گردد ولی از خوانندگان محترم، اساتید، محققین و دانشجویان عزیز و

گرامی تقاضامندیم جهت بالا بردن کیفیت کتاب در چاپهای بعدی ما را از انتقادات و پیشنهادات خود بهره مند سازند.

در خاتمه از تمامی دست اندرکاران که در تهیه این کتاب ما را یاری دادند خصوصاً معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی بسیار تشکر و قدردانی می کنیم. همچنین از جناب آقای ساسان بهرامی که زحمت فراوانی در صفحه آرایی، اسکن تصاویر، تهیه واژه نامه و تنظیم کتاب کشیدند، کمال تشکر را داریم.

منصور مشرقی
سمیه دولت آبادی

تعریف‌های آورده شده مربوط به میکروارگانیسم‌ها می‌باشد اگرچه ممکن است عبارتهای مشابهی در مورد گروههای دیگر موجودات نیز به کار گرفته شود.

- اسیدوفیل (Acidophile): به میکروارگانیسمی اطلاق می‌شود که pH بهینه برای رشدش کمتر از ۵ می‌باشد. نباید با میکروارگانیسم‌های اسید-تولرانس اشتباه کرد. ترمواسیدوفیل (thermoacidophile) میکروارگانیسمی است که قادر است هم در گرمای بالا و هم در اسیدیته پایین رشد نماید.

- اکتینومایست (Actinomycete): گروه مشخصی از باکتریهای گرم مثبت که رشد میسلیمی در بین آنها معمول است

- قلیادوست (Alkaliphile): میکروارگانیسمی که pH بهینه برای رشدش بیشتر از ۸ می‌باشد.
- آلوکثانوس (Allochthonous): به میکروارگانیسم‌هایی گفته می‌شود که به طور پیوسته به عنوان قسمت اصلی بدنه میکروفلور یک محیط محسوب نمی‌شوند ولی از جنبه‌های مختلف مانند افزایش مواد غذایی تأثیرات مفیدی بر محیط می‌گذارند. قبلاً به نام زیموژن‌ها (zymogenous) شناخته می‌شدند.

- آرکی باکتریها (Archaeobacteria): یک زیر گروه ابتدایی از موجودات زنده که از نظر ساختار سلولی شبیه باکتریها بوده ولی از نظر شیمی سلول، بسیار متفاوت از باکتریها می‌باشند. همچنین به این گروه در مجموع آرکی (Archae) و به هریک از اعضای گروه آرکئون (Archeon) گفته می‌شود.

- آتوکتونوس (Autochthonous): میکروارگانیسم هایی که به طور پیوسته به تعداد قابل ملاحظه ای در یک محیط وجود داشته و تشکیل میکروفلور بومی آن محیط را می دهند.
- اتوتروف (Autotroph): به موجود زنده ای گفته می شود که برای رشدش تنها از مواد معدنی استفاده می کند. گیاهان گروه مشخصی از اتوتروفها هستند و از میکروارگانیسم های اتوتروف می توان از فتو اتوتروفها (photoautotroph) (آنهایی که منبع انرژی شان نور و منبع کربنشان CO_2 می باشد) و کیمو اتوتروفها (chemoautotroph) (آنهایی که منبع انرژی شان مواد شیمیایی است) نام برد. این میکروارگانیسم ها به عنوان کیمولیتوتروف (chemolithotroph) نیز معروف هستند.
- شکوفه (bloom): رشد متراکم فصلی جلبکها و یا دیگر میکروارگانیسم های پلانکتونیک در آب.
- کوپیوتروف (Copiotroph): به میکروارگانیسمی گفته می شود که به مقدار زیادی از مواد غذایی، برای رشدش احتیاج دارد.
- کورینه فرم (Coryneform): به باکتریهای گرم مثبتی گفته می شود که از نظر مورفولوژی دارای اشکال نامنظم بوده و از این لحاظ مشابه کورینه باکتریوم (corynebacterium) می باشد. این گروه از باکتریها از نظر تعداد، دارای اهمیت ویژه ای در محیطهای مختلف از جمله خاک می باشند.
- سیانوباکتریها (Cyanobacteria): یوباکتریهای فتوسنتز کننده ای هستند که قبلاً به عنوان جلبکهای سبز آبی معروف بودند.
- دی نیتریفیکاسیون (Denitrification): یک نوع تنفس بی هوازی در باکتریها که در طی آن نیترات به نیتريت احیا شده و سپس نیتريت احیا شده طی دو مرحله به گاز نیتروژن تبدیل می شود، این عمل در ژئومیکروبیولوژی مهم می باشد اما در غذاهایی که حاوی نیترات هستند نیز (مانند cured) اتفاق می افتد.
- اپی فیت (Epiphyte): به میکروارگانیسمی گفته می شود که بر روی سطح گیاه رشد می کند اما از آب و مواد غذایی گیاه استفاده نمی کند.
- باکتریهای حقیقی (Eubacteria): یک زیر گروه از موجودات تک سلولی ابتدایی که عمدتاً شامل باکتریها می باشند. سلولها از نظر ساختاری پروکاریوت می باشند ولی شیمی سلول به

سلولهای یوکاریوت شبیه می باشد.

- یوکاریوت (Eukaryote): به موجود زنده ای گفته می شود که ساختار سلولی آن یوکاریوتیک باشد. یوکاریوتها تنوع بسیار زیادی دارند که تقریباً تمام اشکال حیات را به غیر از پروکاریوتها دربر می گیرند.

- یوتروفیکاسیون (Eutrophication): فرآیند غنی سازی محیطهای آبی (معمولاً آب شیرین) توسط مواد غیر آلی مانند نترات ها و فسفات ها را می گویند. به قسمتی از محیط آبی که به این طریق غنی گردیده است یوتروفیک Eutrophic می گویند. عمل یوتروفیکاسیون معمولاً یک فرآیند طبیعی می باشد ولی اغلب در نتیجه 'فعالتهای انسانی است.

- هادال (Hadal): منطقه ای در اقیانوس که عمق آن پایین تر از ۱۱۰۰۰ متر می باشد.

- نمک دوست (Halophile): به میکروارگانیسمی گفته می شود که نیاز مبرم به غلظت نمک (NaCl) به میزان بالاتری از سطح فیزیولوژیکی دارد. این نوع میکروارگانیسمها به انواع نمک دوست معتدل و بسیار نمک دوست تقسیم می شوند. این اصطلاح (نمک دوست) به میکروارگانیسمهایی که NaCl را تحمل می کنند و نیازی به آن ندارند، اطلاق نمی گردد. نمک قلیادوستها (Haloalkilophiles) میکروارگانیسمهای نمک دوستی هستند که به pH بالا برای رشدشان نیازمند هستند.

- هتروتروف (Heterotroph): به موجودات زنده ای مانند جانوران گفته می شود که به مواد غذایی آلی احتیاج دارند.

- هوموس (Humus): به بخش آلی خاک گفته می شود که شامل ترکیبهای طبیعی مقاوم به تجزیه میکروبی می باشند.

- گلشنک (Lichen): به موجودی مرکب از قارچ گفته می شود که بایک موجود دیگر زندگی همزیستی دارد. این موجود ممکن است جلبک یا سیانوباکتری باشد.

- لیتوبیوتیک (Lithobiotic): یک نوع زندگی که در ارتباط نزدیک با صخره و سنگ باشد.

- اندولیتها (Endoliths): به موجودات زنده ای گفته می شود که در درون سنگها زندگی می کنند و اپی لیت ها (Epiliths) بر روی سطح سنگ، زندگی می کنند.

- متانوزنها (Methanogens): به یک گروه از آرکی باکتریها گفته می شود که از انواع

میکروارگانیزمهای بی هوازی بوده و محصولات حاصل از تخمیر تولید شده توسط دیگر میکروارگانیزمهای بی هوازی را به متان تبدیل می کنند.

- متوفیلها (Methophils): گروهی از باکتریهای حقیقی که از ترکیبات یک کربنه، مانند متان به عنوان تنها منبع کربن و انرژی استفاده می کنند. این گروه سابق از این به عنوان متیلوتروف شناخته می شدند.

- معدنی شدن یا مینرالیزاسیون (Mineralization): تجزیه بقایا و ترشحات گیاهان و جانوران به مواد غیر آلی گفته می شود که این مواد می توانند به وسیله موجودات زنده فتوسنتز کننده، مورد استفاده قرار بگیرند.

- میکوریز (Mycorrhiza): ساختار مرکبی که در اثر همکاری بین ریشه گیاهان عالی و قارچها ایجاد می شود.

- میکسوباکتریها (Myxobacteria): گروه مشخصی از باکتریهای حقیقی (یوباکتریها) که حرکت لغزنده داشته و در بسیاری از موارد در چرخه زندگی شان تولید اندامهای باروری (fruiting body) می کنند.

- نستون (Neuston): لایه سطحی آب را می گویند.

- تنفس نترات (Nitrate respiration): نوعی تنفس که در آن از نترات به جای اکسیژن به عنوان پذیرنده نهایی الکترون در باکتریهای حقیقی هوازی استفاده می شود.

- نیتریفیکاسیون (Nitrification): یک فرآیند ژئوشیمیایی که در آن باکتریهای حقیقی مخصوصی، آمونیاک را به نیتريت و نیتريت را به نترات، اکسید می کنند. نیتریفیکاسیون بخش مهمی از چرخه نیتروژن را تشکیل می دهد.

- اولیگوتروف (Oligotroph): میکروارگانیزمی که در غلظتهای کم مواد غذایی رشد می کند.

- انگلی (Parasitism): یک نوع رابطه همزیستی است که در آن تنها یک طرف (انگل) سود می برد و طرف دیگر زیان می بیند.

- پلاژیک (Pelagic): مربوط به دریای باز می باشد. از این عبارت، کلمات دیگری نیز مشتق شده است که عبارتند از اپی پلاژیک epipelagic (ناحیه ای در سطح آب و بالای ترموکلاین)، مزوپلاژیک mesopelagic (آبهای که در قسمت پایین ترموکلاین قرار گرفته اند)، بسی پلاژیک

(bathypelagic) (آبهایبی که در عمق حدود ۲۰۰۰ متری قرار دارند)، آبیسوپلاژیک abyssopelagic (آبهایبی که در عمق ۳۸۰۰ متری قرار گرفته اند).

- فتوتروف (Phototroph): به موجود زنده فتوسنتز کننده ای گفته می شود که ممکن است یوکاریوت یا پروکاریوت باشد.

- پلانکتون (Plankton): به میکروارگانیسمهای شناور در زیستگاههای آبی اطلاق می شود. این اصطلاح تنها به جلبکهای تک سلولی گفته نمی شود بلکه به دیگر موجودات زنده در آب نیز اطلاق می شود مانند باکتریوپلانکتون bacterioplankton که به باکتریهای پلانکتونی گفته می شود، پیکوپلانکتون Picoplankton که به اولترامیکروباکتریها می گویند، به باکتریوفاژها فمپوپلانکتون femtoplankton نیز اطلاق می شود. زئوپلانکتون Zooplankton به موجودات زنده شناور در آب گفته می شود که متعلق به سلسله جانوران می باشند. فیتوپلانکتون Phytoplankton توصیف کننده تمامی موجودات زنده فتوسنتز کننده پلانکتونی می باشند.

- پروکاریوت (Prokaryote): به موجود زنده ای گفته می شود که واحدهای ساختاری آن از سلولهای به نسبت ساده پروکاریوتیک تشکیل شده باشد. این موجودات (پروکاریوتها) اعضای دو گروه از میکروارگانیسمها به نام باکتریهای حقیقی (یوباکتریها) و آرکی باکتریها می باشند.

- زائده یا ضمائم (Prosthecae): بعضی از باکتریها به وسیله تشکیل یک زائده یا ضمائمی که طولیل شده است، مشخص می شوند. این زائده ها، یا رشته ای و یا مخروطی شکل می باشند و قسمت داخل سلولی آن در قسمت اصلی سیتوپلاسم سلول امتداد یافته است.

- ریزوسفر (Rhizosphere): ناحیه ای از خاک که در نزدیکی ریشه گیاه و در سطح آن قرار گرفته است.

- گندروی (Saprophyte): موجود زنده ای که مواد غذایی را بطور مستقیم از مواد آلی مرده یا در حال فساد به دست می آورد.

- همزیستی (Symbiosis): یک روش در رقابت بیولوژیکی می باشد که در آن، موجود زنده خود را به وسیله یک ارتباط نزدیک و پیوسته با شرایط موجود زنده دیگر تطبیق می دهد. به موجوداتی که همکاری می کنند موجودات همزیست (سیمبیونت) یا بیونت می گویند. به عنوان مثال میکوبیونت به کپک همزیست گفته می شود و فتوبیونت، یک موجود فتوسنتز کننده همزیست

می باشد.

- لایه بندی (Stratification): تشکیل لایه های افقی در محیطهای آبی که این لایه ویژگیهای فیزیکی و یا شیمیایی مخصوص به خود را دارا هستند. مرز بین لایه ها را ترموکلاین و یا کیموکلاین تشکیل می دهد و لایه بندی، ممکن است موقتی (هولومیتیک holomitic) و یا دائمی (مرومیتیک meromitic) باشد.

- باکتریهای احیاء کننده 'سولفات' (Sulphate-reducing bacteria): باکتریهای حقیقی بی هوازی مطلق که در طی تنفس بی هوازی از ترکیبات گوگردی به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می کنند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این کتاب از افراد بسیاری که در طی تهیه و نوشتن این کتاب همکاری کرده اند بسیار تشکر می کنند. به خصوص:

Debbie و Phil Andrews برای رسم بسیاری از تصاویر و نمودارها.
David Post از شرکت Oxoid برای اهدای محیط کشتهای انتخابی.
شرکت Nikon (انگلستان) برای در اختیار قرار دادن میکروسکوپ جهت عکسبرداری.
کتابخانه های BBSRC، انستیتو تحقیقات غذایی، آزمایشگاه Reading، و دانشگاه Reading برای در اختیار قرار دادن اطلاعات لازم.

همکاران ما در انگلستان و دیگر کشورها که به ما اجازه دادند تا از تصاویری که آنها در طی مطالعات و تحقیقاتشان تهیه کرده بودند، استفاده کنیم. در هر تصویر نام این افراد آورده شده است.
همکاران در دانشگاه Reading و دیگر مراکز که در تهیه کتاب کمک کرده اند.