بسم الله الرحمن الرحيم

الهضم الحيوي
والاستصلاح الحيوي

تأليـــف

أ.د. مارتن الكسندر

ترجمـــة

أ.د. عبدالوهاب رجب هاشم بن صادق

أستاذ التلوث الميكروبي البيئي، كلية العلوم

جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

دار جامعة الملك سعود للنشر

ص ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٥هـ (٢٠١٤م)

هذه الترجمة العربية مُصرَّح بها من قِبَل مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Biodegradation and Bioremediation
By: Martin Alexander (Author)
© Academic Press, New York, 1999

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الكسندر، مارتن.

الهضم الحيوي والاستصلاح الحيوي / مارتن الكسندر؛ عبدالوهاب رجب هاشم بن صادق - ط٢ - الرياض، ١٤٣٥هـ.

٦٤١ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٧ - ٣٠٩ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- تلوث البيئة ٢- الأحياء الدقيقة أ. بن صادق، عبدالوهاب رجب هاشم (مترجم) ب. العنوان

ديوي ٦٢٨,٥٣ ١٤٣٥/٧٥٠٧

رقم الإيداع: ١٤٣٥/٧٥٠٧

ردمك: ٧ - ٣٠٩ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه السادس عشر للعام الدراسي ١٤٣٤/ ١٤٣٥هـ، المعقود بتاريخ ٩/ ٥/ ١٤٣٥هـ، الموافق ١٠/ ٣/ ٢٠١٤م.

جميع حقوق الطبع محفوظة. لا يسمح بإعادة طبع أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر ١٤٣٦هـ

الإهداء

إلى الوجهاء

فهد وزوجته

محمد وزوجته

راكان وزوجته

إلى الأحباب

بدر

سلطان

ساره

جود

جنى

مع تمنياتي لكم بحياة سعيدة ملؤها الفرح والسعادة والتوصية الخاصة بتقوى الله عز وجل في السر والعلن.

مقدمة المؤلف

الهضم الحيوي للمركبات المستقلة كان الموضوع النشط ذو الاهتمام الكبير منذ أكثر من ٤٠ سنة، وكان الاهتمام الأساس في النهاية يرجع إلى استمرار المبيدات في التربة، وعلى أي حال، فإن حقل التلوث قد توسع بضخامة في السنوات الحديثة ليشمل أنواع مختلفة من الكيميائيات مع إصدار لأنظمة واسعة، علاوة على ذلك فإن علماء التقنية قد طوروا وبتحسين واضح عملية الهضم الحيوي الذي ينتج عن الهدم الميكروبي للملوثات العضوية والتي بطريقة أخرى التي كانت تستمر في المواقع الملوثة.

تقنيات المعالجة الحيوية قادت إلى تنظيف العديد من المياه الجوفية والتربة الملوثة والتي شجعت حديثا من تطوير عملية المعالجة الحيوية للمخلفات الصناعية. تم تصميم هذا الكتاب ليقدم أساسيات وقواعد الهضم الحيوي ليكشف كيف أن هذه الأساسيات تتعلق بالاستصلاح الحيوي كما أنه يراعى بعض المظاهر المتعلقة بالميكروبيولوجيا والكيمياء والبيئة والهندسة وبعض الاتجاهات الحيوية فيما يخص الهضم الحيوي والاستصلاح الحيوي ولكن لم يغط جميع العوامل.

تتطلب المقدمة الملائمة للهضم الحيوي والاستصلاح الحيوي معلومات أكثر لأكثر من واحد أو اثنين من الفروع، وعليه فإن المعلومات مطلوبة من العديد من الفروع.

عملية الهضم الحيوي هي عمليات ميكروبيولوجية، كما أن سلوك المركبات يعتمد على أسس كيميائية، بينما التغيرات في الأخطار والتعرض يظهر مواضيع ذات اهتمام بيئي سمومي كما أن المناطق المحتوية على الملوثات ذات قاعدة مألوفة لعمليات بيئية هندسية وبالتالي فإن هذا الكتاب قد عنّون ليكون ذو قيمة للميكروبيولوجيين والكيميائيين وعلماء السموم والبيئة بالإضافة إلى علماء الهندسة البيئية.

على الرغم من أن بعض المواضيع لم تغط بكثافة مثل الأخرى، فإن المراجع الملحقة بكل فصل جهزّت توجيها ملائما لمعلومات مستقبلية.

في السنوات الأخيرة منذ كتابة الطبعة الأولى لهذا الكتاب فإن الكثير من المعلومات الحديثة عن مختلف مظاهر المعالجة الحيوية تم إحرازها، والعديد من العمليات الحديثة للمعالجة الحيوية التطبيقية تم ابتكارها.

المعلومات الحديثة ناتجة عن الإضافات والتحويرات- بعض الأحيان صغيرة، وبعض الأحيان كبيرة- للعديد من الفصول، وهذه الإضافات الحديثة العديدة تم ذكرها.

المراجع السابقة لتقنيات المعالجة الحيوية تم تبديلها بكثافة وبتوسع لفصلين (السادس عشر والسابع عشر) ليرى القراء العمليات الأخيرة.

تقديرنا لفعل وتأثيرات الطور السائل اللامائي (NAPLs) والغمر والفصل وكيفية تأثيرها على الإتاحة الحيوية قد نمت بوضوح في وقت قصير فقط، والمعلومات الحديثة ظهرت في الفصل التاسع والعاشر.

تم أيضا إضافة فصول جديدة كلية في هذه الطبعة لتعطي القراء مقدمة واسعة لإدخال المعلومات والإصدارات ذات اهتمام للعلماء، المهندسين والتطبيقيين.

هذه الفصول تعامل المنتجات المتوقعة للهضم الحيوي (الفصل الثاني عشر) والاستصلاح الحيوي للمعادن والملوثات اللاعضوية الأخرى (الفصل الثامن عشر) وتكوين وهضم الملوثات الهوائية (الفصل العشرون).

استخدام الكلمات والمركبات والاختصارات وبعض الأحيان الأسماء التجارية المستخدمة للعديد من المركبات أو المجاميع لتكون جزء من القاموس المهني في الهضم الحيوي والاستصلاح الحيوي المستخدمة هنا.

عندما يتم استعمال مصطلحين لنفس الكيميائي، فإنه يتم اختيار المصطلح المقبول بتوسع أو الموضوع بواسطة جمعية التقنية ذات العلاقة (كما في حالة المبيدات)، كما أن كل مصطلح وكلمة مركبة أو اختصار قد تم تعريفه أو صياغته أعطيت في الملحق.

هذا الكتاب لم تتم كتابته بدون الفهم والصبر والمؤازرة من زوجتي (Renee) فإليها المشاعر والشكر الذي لا يكفي.

إهداء هذا الكتاب إلى (Laura) و(Jeremy) و(Anna) و(Jonathan) و(Maya) وإلى جميع الأطفال الذين ربما يعيشون في بيئة نظيفة وصحية.

مقدمة المترجم

لا يزال الإنسان ذو أفعال قاسية ضد بيئته وذلك من خلال ممارساته اللامسؤولة ضد النظام البيئي، وتزداد هذه الممارسات الخاطئة في منطقة الخليج العربي.

التحذيرات العالمية بخصوص التدهور البيئي لا تزال تراوح في مكانها سوى النزر اليسير الذي يحتاج إلى التطبيق وزيادة التفعيل وخصوصاً في منطة الخليج العربي، وفي هذا السياق لا تزال تواجه منطقة الخليج العربي العديد من المشكلات والأزمات البيئية، ومع ذلك نجد القوانين والأنظمة التشريعية البيئية حبيسة الأدراج وتحتاج إلى التطبيق والتفعيل.

كان اختياري لترجمة هذا الكتاب استناداً لما تواجهه منطقة الخليج العربي من أزمات بيئية بالإضافة إلى احتواء هذا الكتاب استنادا لما تواجهه منطقة الخليج العربي من أزمات بيئية بالإضافة إلى احتواء هذا الكتاب على العديد من المواضيع ذات الصلة للواقع الفعلي للمشكلات البيئية المتعددة في منطقة الخليج العربي التي لا تزال في ازدياد، حيث تتضمن مواضيع هذا الكتاب الأسس العامة للعديد من الفصول المختلفة التي تناقش حلولاً للقضايا البيئية والتي منها على سبيل المثال الاستصلاح الحيوي البيئي للملوثات المختلفة.

إن على الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي الدور الأكبر لتلمس الاحتياج الفعلي للمشكلات البيئية والكشف عن الخطر البيئي الحالي والقادم والعمل على وضعه أمام قادة دول المجلس في مؤتمر يخصص لمناقشة قضايا البيئة في منطقة الخليج العربي.

وبنظرة سريعة لبرامج وخطط البيئة في الجامعات الخليجية، فإن تلك البرامج لاتزال تحتاج أولاً إلى التفعيل ثم إعادة النظر في المقررات الجامعية البيئية والعمل على إنشاء الجامعات والكليات المتخصصة في علوم التقنية الحيوية والهندسة البيئية والصحية والصناعية وبما يحقق المخرجات التطبيقية لسوق العمل والبحث العلمي.

الدعوة مطلوبة في الوقت الراهن لمناقشة قضايا البيئة في منطقة الخليج العربي والعمل على وضع البرامج والخطط والأنظمة التشريعية البيئية وبما يحقق تطلعات المواطن الخليجي.

المحتويات

الصفحة

الإهداء ..... هـ
مقدمة المؤلف ..... ز
مقدمة المترجم ..... ك

الفصل الأول: المقدمة ١
المقدمة ١
المراجع ١٢

الفصل الثاني: النمو المرتبط بالهضم الحيوي ١٣
تمثيل الكربون ١٨
تمثيل العناصر الأخرى ٢٢
المراجع ٢٤

الفصل الثالث: التأقلم الميكروبي ٢٥
العوامل المؤثرة على التأقلم الميكروبي ٣١

تعجيل الهضم الحيوي للمبيدات الحشرية ٣٤
التفسيرات لطور التأقلم الميكروبي ٣٨
تكاثر المجاميع الصغيرة ٣٩
ظهور السموم ٤٤
الافتراس بواسطة الأوليات ٤٦
الأنماط الوراثية الجديدة ٤٩
الطور الثنائي ٥١
الحث الإنزيمي وطور السكون ٥٣
المراجع ٥٥

الفصل الرابع: إزالة السميّة ٥٩
المراجع ٧١

الفصل الخامس: التنشيط الميكروبي ٧٣
آليات التنشيط ٧٦
الهلجنة ٧٧
إبطال المفعول ٩٥
التغيّر في المنظار السمّي ٩٧
المخاطر من الهضم الحيوي ٩٩
المراجع ١٠٠

الفصل السادس: الحركيات ١٠٥
العمليات المرتبطة بالنمو ١٠٧
الهضم الحيوي بواسطة الكائنات الحية الدقيقة غير النامية ١١٦

حركيات الحالة صفر ١١٩
الحالة الحركية الأولى ١٢٢
الانتشار والامتصاص ١٣٠
أيض المادة الواحدة خلال النمو على الأخرى ١٣٥
ثلاثة أنصاف حالة الحركيات ١٣٩
حركيات العمليات الفطرية ١٤٠
المركبات المتواصلة ١٤١
رؤية عليا ١٤٤
المراجع ١٤٥

الفصل السابع: البداية ١٤٩
المراجع ١٦٤

الفصل الثامن: الامتصاص ١٦٧
كيميائية الامتصاص ١٦٩
نقص الإتاحة لامتصاص المغذيات ١٧٣
الاستفادة من المركبات الممتصة ١٧٩
الحركيات ١٨٧
التأثيرات المحفزّة ١٨٩
المراجع ١٩١

الفصل التاسع: سوائل الطور اللامائي والمركبات قليلة الذوبانية في الماء ١٩٣
آليات الانتفاع (الاستخدام) ٢٠٥
تحسين الهضم الحيوي ٢١٥

المراجع ٢٢٠

الفصل العاشر: الإتاحة الحيوية: العمر والحجز والتعقيد..... ٢٢٣
المركبات المنعزلة..... ٢٢٦
الفصل والعمر..... ٢٢٨
تعقيدات مواد التفاعل ٢٤٠
الأهمية السمومية..... ٢٤٤
المراجع ٢٤٥

الفصل الحادي عشر: أثر التركيب الكيميائي على الهضم الحيوي ٢٤٧
العموميات..... ٢٥٠
أسباب التواصل (الاستمرار) ٢٥٢
تنبؤات الهضم الحيوي..... ٢٦٦
المراجع ٢٧٠

الفصل الثاني عشر: توقعات منتجات الهضم الحيوي..... ٢٧٣
العطريات أحادية وعديدة الحلقات: الهدركسلة وتكوين الكيتونات..... ٢٧٩
العطريات أحادية الحلقة: اختزال الروابط المزدوجة ٢٨١
العطريات أحادية الحلقة: انشطار الحلقة ٢٨٢
مركبات PAHs: انشطار الحلقة..... ٢٨٣
العطريات أحادية الحلقة: الكربكسيلة ٢٨٤
الألكانات الحلقية: الأكسدة..... ٢٨٤
مجاميع ميثال (RCH_3): الأكسدة ٢٨٥
الألكانات [$CH_3((H_2)_nCH_3)$]: نزع الهيدروجين ٢٨٧

مجاميع الكينات ($[R(CH_2)_nCH_3]$): أكسدة ما قبل النهاية ٢٨٧
الألكينات والمركبات الأخرى ذات الروابط المزدوجة: الاختزال،
الأكسدة، والهدرجة ٢٨٨
الألكينات والمركبات الأخرى ذات الروابط المزدوجة: تكوين الأيوكسيدات ... ٢٨٨
الألكينات والمركبات الأخرى ذات الثلاث روابط: الاختزال..... ٢٨٩
الأحماض الكربوكسيلية (RCOOH): نزع الكربوكسيل والاختزال ٢٨٩
الأحماض الكربوكسيلية (RCOOH) والكحولات (RCH_2OH): تكوين
الإسترات ٢٩٠
الأحماض الألكانوية، الألكان ومجاميع الكيل: أكسدة بيتا ٢٩١
مجاميع الهيدروكسيل (ROH): الميثلة وتكوين الإيثر (ROR') ٢٩٢
الإسترات ($RCOCH_2R'$): الحلمأه (أو التميؤ) ٢٩٤
مركبات الإيثر (ROR'): الانشطار ٢٩٤
العطريات المهلجنة: إزالة الهلجنة الاختزالي..... ٢٩٥
الألكانات والألكينات المهلجنة: إزالة الهلجنة الاختزالي ٢٩٧
المركبات المهلجنة: إزالة الهلجنة التميؤ..... ٣٠٠
المركبات المهلجنة: نزع الهيدروجين والهالوجين ٣٠٠
المركبات المهلجنة: هجرة الهالوجين ٣٠١
المركبات الحاوية لميثال ثلاثية الهالوجين ($RCCL_3$, RCF_3): التحولات..... ٣٠١
المركبات المهلجنة: التحول إلى مشتقات ميثال الثيو ٣٠٢
الأمينات: نزع الأمين الاختزالي..... ٣٠٣
الأمينات: نزع الأمين الحلمئي ٣٠٤
الأمينات: الأسيلة..... ٣٠٥

الأمينات: N– الميثلة ٣٠٦
مركبات الأمينات الثانوية، الأمينات الثلاثية، ومركبات النتروجين
الرباعية: التحولات ٣٠٦
الأمينات: N– الأكسدة ٣٠٧
الأمينات: التحول إلى N– حلقات غير متجانسة ٣٠٨
الأمينات: الديمرة ٣٠٩
الأمينات الثانوية: N:(RNHR)– نترتة ٣١٠
الأمينا: إضافة الكبريت ٣١١
الألكيل أمين $[RNHALk, RN(ALK)_2, R\overset{+}{N}(ALK_3)]$: نزع الألكيل ٣١١
كاربومات $(R\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NHR')$ والأميدات $(R\overset{O}{\overset{\|}{C}}NH_2)$: الانشطار ٣١٣
النيترول $(RC\equiv N)$: التحوّل إلى Amides وأحماض Carboxylic ٣١٤
مركبات النتروز *N* (النتروزأمين): نزع النترزة ٣١٤
الأوزوبنـــزينات النتروجينية: الاختزال ٣١٤
مركبات النيترو (RNO_2): الاختزال ٣١٥
مركبات النترو: نزع النترتة بالحلمأة ٣١٦
مركبات النترو: نزع النترتة الاختزالي ٣١٧
أسترات النترات $(RONO_2)$: الانشطار ٣١٧
رابطة C-S: الانشطار ٣١٧
أسترات الكبريتات $(ROSO_3H)$: الانشطار ٣١٩
الثيولات (RSH): الميثلة ٣١٩
الثيولات: تكوين الديمرات ٣٢٠
الإيثرات الثيولية: الأكسدة ٣٢٠
ثنائيات السلفيد (RSSR): الانشطار ٣٢١

إسترات الفوسفات: الانشطار ٣٢١
الثيولات الفسفورية: الانشطار ٣٢٢
الثيولات الفسفورية: التحطم ٣٢٣
الثيولات الثنائية الفسفورية: الانشطار ٣٢٤
الفوسفات: الانشطار ٣٢٤
مركبات الفوسفات الثلاثية: الانشطار ٣٢٥
P=S: التحول إلى P=O ٣٢٦
تفاعلات إضافية ٣٢٦
المراجع ٣٢٩

الفصل الثالث عشر: مساعد التأيض ٣٣٩
مواد التفاعل والتفاعلات ٣٤١
الشروحات ٣٤٧
الإنزيمات مع العديد من مواد التفاعل ٣٥٠
الأهمية البيئية ٣٥٥
المراجع ٣٦٣

الفصل الرابع عشر: التأثيرات البيئية ٣٦٧
العوامل الحيوية ٣٦٩
الإمداد الغذائي ٣٧٢
تضاعف مواد التفاعل ٣٨٤
التعاون ٣٨٩
الافتراس ٣٩٥
النباتات النامية ٣٩٩

الهضم الحيوي اللاهوائي..... ٤٠٠
المراجع ٤٠٨

الفصل الخامس عشر: التطعيم: التلقيح ٤١٣
النجاح ٤١٦
الإخفاق ٤٢٥
الشروحات للإخفاق ٤٢٦
التغذية المحددة ٤٢٨
القمع بواسطة المفترسات والطفيليات ٤٢٩
عدم قدرة البكتيريا على التحرك تقديريا خلال التربة ٤٣٢
استخدام مصادر أخرى للكربون ٤٣٦
تركيز مادة التفاعل العضوية المنخفضة جدا لتعزيز التضاعف ٤٣٦
الاحتياج إلى المصدر الكربوني لتعزيز النمو..... ٤٣٧
درجة الحرارة ٤٣٨
الرقم الهيدروجيني..... ٤٣٨
الملوحة ٤٣٨
السموم..... ٤٣٩
الكائنات الحية الدقيقة المهندسة وراثيا ٤٤٠
المراجع ٤٤٦

الفصل السادس عشر: تقنيات المعالجة الحيوية: في الموقع والطور الصلب ٤٥١
زراعة الأرض والفرش التجهيزي وحرق التربة ٤٥٥
المعالجة النباتية ٤٦٦
التصريف الحيوي والتشتيت الحيوي..... ٤٧٣

المزج (التسميد) ٤٧٥
التجديد الحيوي للماء الجوفي في الموقع..... ٤٧٧
المعالجة الحيوية الجوهرية ٤٨٤
سكب النفط البحري ٤٨٥
فطريات العفن الأبيض ٤٩٠
المراجع ٤٩١

الفصل السابع عشر: تقنيات المعالجة الحيوية: خارج الموقع والمفاعلات الحيوية ٤٩٧
المفاعلات الحيوية..... ٤٩٩
الأغشية الحيوية..... ٥١١
مساعد التأيض ٥١٦
العمليات اللاهوائية ٥١٨
دمج المعالجة الميكروبية والمعالجة الحيوية..... ٥٢١
التحولات الإنزيمية..... ٥٢٣
المراجع ٥٢٤

الفصل الثامن عشر: المعالجة الحيوية للمعادن والملوثات غير العضوية الأخرى ٥٢٩
الامتصاص الحيوي والتراكم الحيوي..... ٥٣٠
الاختزال..... ٥٣٤
الذوبانية والأكسدة..... ٥٣٧
الترسيب..... ٥٣٨
الميثلة ٥٤٠
الملوثات المفردة..... ٥٤١
الكروميوم..... ٥٤١

السلينيوم ٥٤٤
اليورانيوم ٥٤٦
النترات ٥٤٧
السيانيد ٥٤٨
الزرنيخ ٥٤٨
الزئبق ٥٤٩
المعادن الأخرى ٥٤٩
المراجع ٥٥٠

الفصل التاسع عشر: الجزيئات المتمرّدة ٥٥٣
أمثلة للتمرّد ٥٥٥
المنتجات المتواصلة ٥٦٠
البوليمرات المصنعة ٥٦٢
آلية التمرّد ٥٦٥
المراجع ٥٧٢

الفصل العشرون: التكوّن والهضم الحيوي لملوثات الهواء ٥٧٥
ثاني أكسيد الكربون ٥٨٠
الميثان ٥٨٣
أكسيد النيتروز ٥٩٠
أكسيد النيتريك ٥٩٧
أول أكسيد الكربون ٦٠٠
الهيدروكربونات غير الميثانية ٦٠٤
هاليدات الألكيل ٦٠٨

الروائح ٦١١
المراجع ٦١٣
الملحق ٦١٧
الاختصارات والألفاظ الأولية والتركيبات ٦١٧
ثبت المصطلحات ٦٢٥
أولاً: عربي - إنجليزي ٦٢٥
ثانياً: إنجليزي - عربي ٦٣١
كشاف الموضوعات ٦٣٧