الكلية	**العلوم**
القسم	**التقنيات الاحيائية**
المادة باللغة الانجليزية	Microbiology Environment
المادة باللغة العربية	**بيئة الاحياء المجهرية**
المرحلة الدراسية	**الثانية**
اسم التدريسي	**علا عبد الكريم كاظم النعيمي**
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	Microbial Processes and Adaptations in Natural and Applied Environments
عنوان المحاضرة باللغة العربية	العمليات والتكيفات الميكروبية في البيئات الطبيعية والتطبيقية
رقم المحاضرة	-8-
المصادر والمراجع	Maddela, N. R., & Abiodun, A. S. (Eds.). (2022). *Microbial biofilms: Applications and control*. CRC Press.
	Bhat, R. A., Butnariu, M., & Dar, G. H. (Eds.). (2023). *Microbial bioremediation: Sustainable management of environmental contamination*. Springer.

محتوى المحاضرة

Microbial Processes and Adaptations in Natural and Applied Environments

عمليات حيوية في البيئات المختلفة

هناك بعض العمليات الحيوية المهمة في علم بيئة الاحياء المجهرية يجب التعرف عليها ومعرفة أهميتها البيئية :

- **الأغشية الحيوية (Biofilms)** هي مجتمعات معقدة من الكائنات الدقيقة، مثل البكتيريا والفطريات والطحالب، والتي تتجمع معًا وتلتصق بأسطح معينة. يتميز هذا التجمع بوجود طبقة رقيقة من المواد العضوية وغير العضوية، تُعرف باسم المصفوفة الحيوية، التي تساهم في حماية الكائنات الدقيقة وتساعدها على البقاء في بيئات مختلفة، تتكون الأغشية الحيوية من عدة خلايا متصلة،

ويمكن أن تشمل نوعًا واحدًا أو عدة أنواع من الكائنات الدقيقة. تلعب الأغشية الحيوية دورًا هامًا في العديد من العمليات البيئية والطبيعية، مثل دورها في تدوير العناصر الغذائية، والمساعدة في عمليات التخمير، وحماية الكائنات الدقيقة من المضادات الحيوية والمواد الكيميائية الضارة.

- **إعادة التأهيل البيولوجي (Bioremediation)** هي عملية تستخدم الكائنات الحية، مثل الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفطريات والنباتات، للتخلص من الملوثات في البيئة أو تقليل تأثيرها. تهدف هذه العملية إلى إعادة البيئة إلى حالتها الطبيعية من خلال تحفيز عمليات التحلل البيولوجي التي تحدث بشكل طبيعي. تتمثل الفكرة الأساسية في استخدام القدرة الطبيعية لهذه الكائنات الحية على تحويل المواد السامة إلى مواد أقل سمية أو غير ضارة، مما يجعل إعادة التأهيل البيولوجي خيارًا مستدامًا وفعالًا لمعالجة التلوث في التربة والمياه والهواء. كما تُعتبر استخدام النباتات لتنظيف البيئة، والمعروفة باسم إعادة التأهيل النباتي(Phytoremediation) ، نوعًا من أنواع إعادة التأهيل البيولوجي. كما يمكن استخدام هذه الطريقة في المواقع الملوثة مثل الأراضي الملوثة بالنفط أو المواد الكيميائية الصناعية.
- **التراكم الحيوي Bioaccumulation :**

هو عملية تراكم المواد الكيميائية أو الأيونات المعدنية، مثل المعادن الثقيلة، داخل الكائنات الحية على مدى فترة زمنية طويلة. يحدث هذا التراكم عندما يتم امتصاص هذه المواد من البيئة المحيطة (مثل الماء أو التربة) بمعدل أسرع من قدرة الكائن الحي على التخلص منها أو تفكيكها. تتجمع هذه المواد داخل الخلايا أو الأنسجة، مما يؤدي إلى زيادتها بمرور الوقت، مما يعني أنه يتضمن آليات الامتصاص الحيوي، بالإضافة إلى التراكم داخل الخلايا وآليات الترسيب الحيوي.ويمكن أن يكون لهذا التراكم آثار سلبية على صحة الكائنات الحية وعلى البيئة ككل.

- **الامتصاص الحيوي (Biosorption)** هو جزء من عملية التراكم الحيوي، ويشير إلى قدرة الكائنات الحية أو المواد الحيوية الميتة (مثل جدران الخلايا أو الأسطح الخارجية) على امتصاص وربط الأيونات المعدنية من بيئتها بطريقة سلبية دون الحاجة إلى استهلاك طاقة. بمعنى آخر، يحدث الامتصاص الحيوي عندما ترتبط المعادن مباشرة بالأسطح البيولوجية نتيجة التفاعلات الكيميائية والفيزيائية

العلاقة بين التراكم الحيوي والامتصاص الحيوي:

- **الامتصاص الحيوي** هو مرحلة أولية في **التراكم الحيوي** .يتم فيه ربط الأيونات المعدنية على أسطح الخلايا أو المواد الحيوية.

- بعد عملية **الامتصـــاص الحيوي**، قد تنتقل المعادن إلى داخل الخلايا وتصـــبح جزءًا من التراكم الداخلي، وهذا يمثل مرحلة أخرى من **التراكم الحيوي**.
- يمكن القول إن **التراكم الحيوي** يشـــمل جميع العمليات، بما في ذلك **الامتصـــاص الحيوي** والعمليات الأخرى داخل الخلايا مثل التراكم الداخلي أو الترســـيب الحيوي، التي تؤدي إلى احتفاظ الكائن الحي بالمواد السامة أو الأيونات المعدنية.

❖ **التحلل الحيوي (Biodegradation)** هو عملية طبيعية يتم فيها تكسير المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات. في هذه العملية، يتم تحويل المركبات العضـــوية المعقدة إلى مركبات أبسط وأكثر استقرارًا مثل ثاني أكسيد الكربون والماء والمواد المعدنية. يحدث التحلل الحيوي إما في بيئات هوائية (بوجود الأكسجين) أو لاهوائية (في غياب الأكسجين).

الأهمية البيئية للتحلل الحيوي Biodegradation :

1. **تنقيـة البيئـة من الملوثـات:** يلعب التحلل الحيوي دورًا رئيســيًا في التخلص من الملوثات العضـوية مثل النفايات الصـناعية، والنفط، والبلاسـتيك، والمبيدات الحشـرية. من خلال تفكيك هذه المواد، يساهم التحلل الحيوي في الحد من تراكم المواد السامة في البيئة.
2. **إعادة تدوير العناصر الطبيعية:** يساهم التحلل الحيوي في دورة العناصر الطبيعية مثل الكربون والنيتروجين والفوسفور، مما يعزز من إعادة استخدام هذه العناصر من قبل الكائنات الحية في النظم البيئية المختلفة.
3. **تحسين جودة التربة والمياه:** من خلال تحلل المواد العضـوية، يتم تقليل تراكم المواد الضـارة في التربة والمياه، مما يؤدي إلى تحسـين جودتهما وتعزيز صـحة النظم البيئية. كما يسـاعد في معالجة المياه العادمة وتنقيتها من الملوثات العضوية.
4. **الحفاظ على التوازن البيئي:** التحلل الحيوي يســـاعد في الحفاظ على التوازن الطبيعي للنظم البيئية، حيث يقلل من تراكم النفايات ويعزز قدرة الطبيعة على التعافي والتجدد.
5. **تقليل الحاجة إلى المعالجة الكيميائية:** يُعتبر التحلل الحيوي بديلاً صديقًا للبيئة للطرق الكيميائية لمعالجة التلوث، حيث يعتمد على عمليات طبيعية ولا يتطلب استخدام مواد كيميائية سامة، مما يقلل من التأثير السلبي على البيئة.

موطن الأحياء الدقيقة:(Microbial Habitat)

لفهم موطن الاحياء الدقيقة لابد من الاطلاع أولا على بعض المصطلحات المهمة التالية :

- ✓ **المحيط الحيوي Biosphere :** هو منطقة من الأرض التي تعد موطن لتعيش فيه الكائنات الحية بما في ذلك الكائنات الدقيقة و يتكون من:
  1. **الغلاف المائي** Hydrosphere : يمثل مصادر المياه على الأرض.
  2. **الغلاف الصخري**Lithosphere: يمثل التربة والصخور بما في ذلك القشرة الأرضية.
  3. **الغلاف الجوي** Atmosphere : يمثل الغلاف الغازي الذي يحيط بالأرض.

- ✓ **النظام البيئي الميكروبي Microbial ecosystem :** يشمل جميع الكائنات الدقيقة في منطقة معينة مع العوامل الحيوية وغير الحيوية المحيطة بها.
- ✓ **المجتمع الميكروبي Microbial community :** يتكون من تجمع مكروبي لجميع الأنواع التي تعيش في منطقة معينة، حيث يشير Microbial population إلى المجموعة من الأفراد التي تنتمي لنفس النوع.

موطن الأحياء الدقيقة Microbial habita

تشـــير إلى البيئة الطبيعية التي تعيش فيها الكائنات الدقيقة وتزدهر فيها ويمكن عزلها منها ، توجد الأحياء الدقيقة في كل بيئة تقريبًا على كوكب الأرض ممكن أن تعيش في مواطن كبيرة مثل التربة، وفي مواطن صغيرة مثل جسيمات الهواء، تجويف الفم، سطح الأسنان، جذر الشعر، وأمعاء الحشرات وغيرها ، يمكن تقسيم موطن الأحياء الدقيقة إلى عدة أنواع رئيسية بناءً على البيئة التي تعيش فيها وتشمل : (التربة ، الماء ، الهواء ، البيئات القياسية ، جسم الانسان و النباتات والحيوانات) .

أهمية موطن الأحياء الدقيقة:

موطن الأحياء الدقيقة ضـــروري لفهم التفاعل بين الكائنات الحية وبيئتها. الأحياء الدقيقة تلعب دورًا أســاســيًا في العمليات البيولوجية والبيئية، مثل تدوير المغذيات، تحلل المواد العضــوية، وتنظيم توازن النظم البيئية. بدون هذه الكائنات، ســتكون النظم البيئية غير قادرة على الحفاظ على حياتها وتحقيق التوازن البيئي.

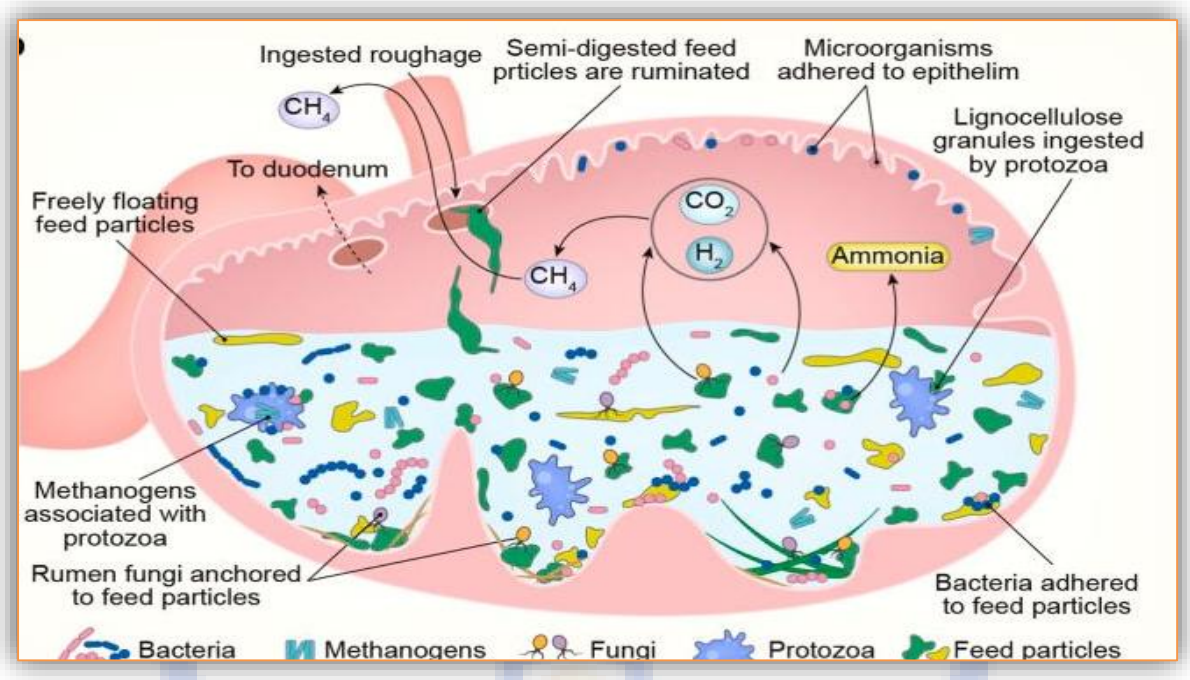
معظم الكائنات الدقيقة لها مواطن متعددة في أنظمة بيئية مختلفة على سبيل المثال؛ يمكن العثور على *Rhizobium* في المواطن الأرضية، المائية، والبيولوجية، وعلى *Methanobacterium* في المواطن المائية، أمعاء البقر، والنظم البيئية التي يصـنعها الإنسـان (مثل خزانات الصـرف الصـحي). ومع ذلك، فإن بعض الكائنات الدقيقة لها موطن واحد فقط داخل نظام بيئي معين مثل *Treponema pallidum* (في الجهـاز التنـاســلي البشــري) وبكتريـا *Mycobacterium tuberculosis* و*Mycobacterium leprae*.

يعنى بمصـــطلح Ecological niche البؤرة او المكان البيئي او المركز البيئي وفيه يتحدد نشاط الميكروب داخل مجتمعه لتحديد الدور الوظيفي للكائن الدقيق في موطنه بالتالي، قد يكون للكائنات الـدقيقـة مواطن متعـددة ولكنهـا تؤدي أدوارًا وظيفيـة قليلـة فقط. هنـاك ثلاثـة عوامـل تحـدد الوظيفـة الميكروبية في الموطن:

1. الاحتياجات الغذائية.
2. النشاط البيوكيميائي .
3. القدرة على تحمل الظروف البيئية.

كما هو الحال في النظام البيئي الطبيعي (أمعاء البقر) شكل (7) ، أذ يمكن للبكتيريا السليلوزية فقط التي يمكنها تحلل السليلوز لا هوائيًا وتحصـل على طاقتها عن طريق التخمر أن تحافظ على نفسـها وتزدهر في هذا النظام البيئي الطبيعي. علاوة على ذلك، يجب أن تكون قادرة على تحمل درجة الحرارة داخل الامعاء (35 درجة مئوية) والعوامل الفيزيائية أو الكيميائية ووجود الأحماض الدهنية، الأمونيا والمنتجات الضارة الأخرى.

في نفس الوقت، يلعب النشـاط البيولوجي للكائنات الدقيقة السـليلوزية في امعاء البقر دورًا مهمًا في تغذية المستهلك، لأن انزيمات الـــ Cellulase يتم إنتاجها فقط بواسطة الكائنات الدقيقة التي تحلل النباتات السليلوزية وتنتج مصادر بسيطة من الكربون. إلى جانب ذلك، يتم تزويد الحيوانات بكمية كبيرة من النيتروجين من مليارات الخلايا البكتيرية الميتة.



شكل (7) النشاط البيولوجي للنظام البيئي داخل امعاء البقر

فيمـا يلي ملخص عمـا يجري في (كرش) امعـاء البقر من قبـل المجتمع الميكروبي داخلـه Rumen microbial community الذي يضم :

1- Ruminococcus flavefaciens
2- R. albus
3- Bacteroides succinogenes
4- Cellulolytic fungi and protozoa

تقوم هذه الميكروبات بدورها بتحويل بقايا النباتات الى سـكريات بسـيطة (Glogose) بعدها سيحدث نوعين من التخمر :

1) تخمر بواسـطة البكتيريا غير المنتجة للميثان Non methanogenic bacteria فينتج (Succinate, lactate, acetate, Ethanol, CO2, H) الا ان الميثان ينتج من اتحاد النواتج ثاني أوكسيد الكاربون مع الهيدروجين.

$$CO_2 + H_2 \longrightarrow 2H_2O + CH_4$$

2) تخمر بواســـطة البكتيريا المنتجة للميثان مثل *Methanobacterium rumenatum* ينتج عنه (CH_4 ,CO_2 , acetate .

بالتالي تكون الحصيلة من عملية الهضم :

1. تكون السكريات البسيطة الذي يعد كمصدر للكاربون والطاقة للكائن المضيف
2. مليارات من الخلايا الميكروبية الميتة كمصدر للنيتروجين لنمو الحيوان .
3. الغاز الحيوي للاستخدام البشري مثل توليد الكهرباء والطبخ .
4. السماد وتحسين التربة من خلال روث الحيوانات والغاز الحيوي .

بالاضـافة للنظم البيئية الميكروبية الطبيعية (مثل جسـم الإنسـان) وكرش البقر، توجد نظم بيئية من صـنع الإنسـان مثل المخمرات المختبرية، والمفاعلات الحيوية، وخزانات الصـرف الصـحي... إلخ. في هذه النظم البيئية يحدث ما يعرف بالتعاقب ميكروبي Microbial succession .

التعاقب الميكروبي Microbial succession : هو تغير متعاقب في السكان الميكروبي على مدى فترة زمنية معينة كما هو الحال في النظام البيئي الذي صنعه الإنسان.

غالبا ما يكون الناتج النهائي من هذه الأنظمة المخلقة هو الغاز الحيوي والغازات الأخرى التي تُنتج تحـت الظروف الهوائيـة. اذ يُنتج الميثـان بواســطـة بكتريـا الـــــ *Methanobacterium* و*Methanococcus* اللاهوائيين من تحلل مياه الصرف الصحي والمواد العضوية، وكذلك من خلال تفاعل ثاني أكسـيد الكربون والهيدروجين. وبالتالي، يمكننا الحصـول من هذه الانظمة البيئية الميكروبية على (الطاقة ، الماء ، الكبريت وعناصــر أخرى ، الأســمدة وتحســين التربة وتنظيف البيئة من مياه الصرف الصحي) .

UNIVERSITY OF ANBAR