

بيئة الاحياء المجهرية

Microbial Ecology

علم بيئة الميكروبات Microbial Ecology

مفردات

١- الأنظمة البيئية الميكروبية والمجتمعات الميكروبية and microbial ecology and microbial communities

٢- البيئات الميكروبية الطبيعية - اليابسة - المائية - الهوائية - البيولوجية
Microbial natural Habitats- terrestrial-Atmospheric - Aquatic and biological habitats

٣- البيئات الميكروبية المتطرفة والتكيف الميكروبي Extreme microbial environments and microbial adaptation

٤- العلاقات الميكروبية ببعضها وعلاقتها مع الكائنات الحية الأخرى-Inter-
microbial and Extern-microbial Relationship

٥- المساهمة الميكروبية بالتلوث البيئي Microbial contribution to environmental pollution

علم البيئة والنظام البيئي Ecology and Environmental System

تعريف **علم البيئة** أو **علم التبيؤ** (Ecology)

وعلم بيئة الاحياء المجهرية :هو الدراسة العلمية لتوزع وتلاؤم **الكائنات الحية** مع بيئاتها المحيطة وكيف تتأثر هذه الكائنات بالعلاقات المتبادلة بين الأحياء كافة وبين بيئاتها المحيطة.

بيئة الكائن الحي تتضمن الشروط والخواص الفيزيائية التي تشكل مجموع العوامل المحلية اللاحيوية **كالطقس** وطبيعة الأرض، إضافة للكائنات الحية الأخرى التي تشاركها موطنها البيئي . habitat .

هو أحد فروع علم الحياة Biology وهو العلم الذي يدرس التفاعلات بين الكائنات الحية سواء نباتية أو حيوانية أو دقيقة بالمحيط الذي حولها وهو مشتق من الأصل الإغريقي OIKOS أي ما يحيط بالشئ ويصبح مكانا لمعيشته، بينما المقطع LOGOS أي العلم أو الدراسة.

النظام البيئي Environmental System

هو الوحدة البنائية الأساسية في علم البيئة، وهو عبارة عن مساحة من الطبيعة وما تحويه من مكونات حية وغير حية فالكائنات التي تعيش معا في بيئة تكون أو تشكل نظاما بيئيا محددا حيث يعتمد كل منها على الآخر، وعلى الظروف غير الحية المحيطة.

تاريخ تطور علم بيئة الاحياء المجهرية

لم تهتم الدراسات الرائدة القديمة بموضوع البيئة بقدر اهتمامها في البحث عن المسببات الممرضة للإنسان والحيوان والنبات وكان همها عزل الاحياء المجهرية عن بيئتها ودراسة الميكروب في المختبر باطباق بتري ونشأت في هذا المجال نظريتان عن عزل الميكروبات ودراستها في البيئات الصناعية المخبرية وهما

1- Koch's Theory of Disease

2- Pasteur's Theory of Fermentation

كلا النظريتين تعتمد تنقية الميكروبات وجعلها تعيش وحيدة Axenic Culture وليس مع افراد مجتمعها الميكروبي بشكل خليط Mixed Culture

النظرية الأولى: خلاصتها لكل مرض ميكروبي مسبب ويمكن عزله في بيئة صناعية بالمختبر لوحده وعند إعادة حقنة في حيوان سليم يحدث نفس المرض وعمل كوخ على مرض الجمرة الخبيثة في الحيوانات

النظرية الثانية : عزل الميكروب من بيئة نشاطه البيوكيماوية ووجد ان لكل تخمر هناك ميكروب متخصص فيه

احمالا بداية علم الاحياء المجهرية كان الهدف من عزل الميكروب بمفرده عن عشيرته لاستخدامه في المجالات الطبية والصناعية والزراعية. وعمق هذه الدراسات اكتشاف المجهر الالكتروني والبيولوجيا الجزيئية والكيمياء الحيوية ووراثة البكتريا مم جعل الكل ينظر الى داخل الخلية ولم يلتفت الى البيئة المحيطة

نهاية القرن التاسع عشر

بدأت الدراسات على ميكروبات التربة ودورها البيئي وتزويد العناصر والطاقة وخاصة عنصر النتروجين وتحللها للمواد العضوية في التربة

أولها دراسات Winogradsky 1890 عن بكتريا Nitrosomanas في عام ١٨٩٢ عن بكتريا Nitrobacter وبعدها في عام ١٨٩٥ دراسته عن بكتريا Clostridium pasteurianum ودورها في تثبيت النتروجين الجوي

وونجرادسكي Winogradsky 1890 اول من وضع مفاهيم البيئة الميكروبية في التربة ثم توسعت الدراسات عن بيئة الميكروبات المستخدمة بالصناعة كجانب إيجابي في الميكروبات واشتراكها في دورات العناصر في المياه والتربة

التكرير الفعلي على تواجد الميكروبات في الطبيعة وكانت بعد الحرب العالمية الثانية وتحديدًا في الخمسينات من القرن الماضي بسبب الحاجة الى سلالات متطورة من الاحياء المجهرية لتخليص البيئة من النفايات والملوثات الصناعية والكيميائية بعد الحرب (تصنيع المضادات والمبيدات والاسمدة) التي كان هدفها انقاذ البشرية بعد الحرب ولكن كانت النتائج سلبية حيث سادت الملوثات الكيميائية في البيئة بسبب الثورة الصناعية

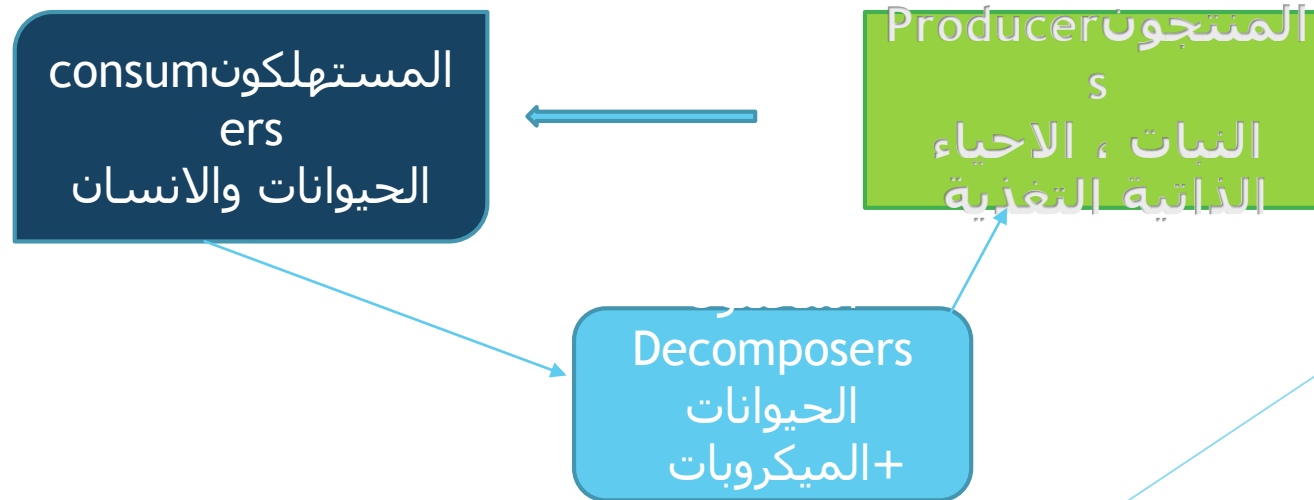
ولذلك استخدمت الميكروبات لإزالة الملوثات لذلك جاءت الدراسات متأخرة في مجال البيئة الميكروبية.

اشهر عالم بالبيئة الأمريكي Odum بين أسباب عدم الاهتمام بالبيئة الميكروبية بما يلي

١- صعوبة الحصول على تقنيات دراسة الميكروبات ونشاطها بالقياس لبيئة النبات والحيوان

٢- وجود الميكروبات في بيئات صغيرة جدا ومجهرية وبصورة كثيفة ومتداخلة ولذلك يصعب تحديد دور كل منها .

لكن بقدرنا ان الميكروبات قاتلة للحياة البشرية والحيوانية والنباتية لكن لولاها لدفنت الكرة الأرضية تحت المخلفات بالإضافة الى ان عملها يؤدي الى تدوير العناصر من النفايات وجعلها صالحة للنبات مرة اخرى وبالتالي الحيوانات لذلك يتركز دورها على انها احد اركان النظام البيئي



تاريخ تطور علم بيئة الاحياء المجهرية

لا يمكن ان يسير النظام البيئي الميكروبات وخاصة المحللة منها للفضلات البشرية والنشاط الزراعي والصناعي ولها الدور الرئيسي في النظام الا اذا توفرت الموهلات التالية :

١- وقت اخلاف او زمن جيل قصير Short Generation time (أي تتكاثر بسرعة لذلك تكون مجتمع كبير بساعات)

٢- تنتج كل الانزيمات المحللة للبروتينات والسكريات والدهون لاعقد المركبات الكيميائية الموجودة بالطبيعة

٣- نشاطها الايضي متنوع وباختلاف كبير عن النباتات والحيوانات لذلك تتشعب الطرق في تكسير المواد العضوية وإنتاج الطاقة

الموازنة البيئية في النشاط الفسلجي للكائنات الحية يعبر عنها بالمعادلة التالية

أي ان $P=R$ Photosynthesis = respiration

أي ان عملية التركيب الضوئي في النباتات التي يتبعها انتاج مواد عضوية يستهلكها الحيوان لتتوازن مع عملية التنفس الناتجة منه

الحيوانات التي لا تستهلك المادة العضوية كما هو الحال ببعض الميكروبات يمكن ان تأخذ مسارات أخرى ويكون فيها ال R ما يأتي :

AR= Aerobic Respiration

ANR= Anaerobic Respiration

SR= Sulphate Respiration

NR=Nitrate Respiration

FR= Fermentation Respiration

MD= Microbial Degradation

تاريخ تطور علم بيئة الاحياء المجهرية

استنادا لهذه الأسس وصلت الدراسات البيئية الميكروبية لكل مجالات الحياة وبقوة وتسلسلت حسب تطورها التاريخي كما يلي

- ١- خلال الحرب العالمية الثانية وما بعده برز عصر مضادات الحياة وكان اكتشافها اعتمادا على ظاهرة بيئية هي العلاقات التنافسية بين ميكروبات التربة حيث تفرز بعضها مواد كيميائية تقضي على المنافس من الميكروبات الأخرى
- ٢- خلال الخمسينات من القرن الماضي برزت مشكلة التلوث الكيميائي من النهضة الصناعية وفشل الطرق الأخرى التقليدية في تخليص البيئة منها لذلك طورت سلالات ميكروبية وزجت في التربة والمياه لإزالة هذه الملوثات . لكن هذه الطرق تفشل تماما اذا لم تدرس البيئة وعواملها المشجعة لانتشار هذه الميكروبات ونموها وتكاثرها في البيئة الملوثة
- ٣- بسبب التلوث الكيميائي الناتج من إضافة الأسمدة اتجهت الدراسات البيئية نحو انتاج المخصبات الاحيائية Bacteria Fertilization والمبيدات الاحيائية Pesticides of microbial origin
- ٤- بتطور هندسة البيئات ومعرفة البلازميدات المسؤولة الاستيطان الميكروبي (cf. Colonization factor Plasmid) واهتم بظاهرة الاستيطان التي تبدأ بعملية الالتصاق الميكروبي بالأسطح البيولوجية وغير البيولوجية لكي يمكن السيطرة على المسببات المرضية الإنسانية والحيوانية والنباتية او إعاقة التصاق الميكروبات بالأسطح مثلا كما في حالة الرايزوبيوم او في حالة التصاق الميكروبات في المواد العضوية في دورات العناصر المختلفة او الملوثات الكيميائية من اجل تفتيتها
- ٥- التغير الكبير في التنوع الميكروبي بالبيئة Microbiodevesity بسبب التلوث الكيميائي وتدخل الانسان وتلاعبه بالجينات اختفت أنواع من البيئة وظهرت أنواع جديدة من الميكروبات (ظهور سلالات من فيروسات الانفلونزا وتغير عائلها مثلا) لذلك تغير التنوع البيئي الحيواني والنباتي

تقرير عن ▶

فيروس انفلونزا (الخنزير - الطيور - كورونا فايروس تتبع التبغ) ▶

المفاهيم والمصطلحات الأساسية في بيئة الميكروب

لمعرفة نشاط المجتمعات الميكروبية لا بد من التعرف على المفاهيم البيئية الأساسية هي مفهوم **بيئة الميكروب** وماذا يقصد بها والتي تختص بدراسة **العلاقات بين الميكروبات والعوامل المحيطة بها (أي دراسة الميكروب في محيطة الذي يعيش فيه)**

المحيط البيئي يقصد به كل ما يحيط بالميكروب الذي يتأثر بمجموعة عوامل حية Biotic factors والغير حية Abiotic factors

المجتمع الميكروبي Microbial Community هو مجموعة العشائر الميكروبية Population التي تعيش في موقع بيئي محدد

والعشائر الميكروبية هي مجموعة الافراد Groups of Individual التي تنتمي لنفس النوع

الموقع البيئي Habitat يقصد به المكان الفيزيائي الذي يتواجد فيه الميكروبات ومنه يمكن عزلها

لذلك **النظام البيئي الميكروبي** Microbial Ecosystem فيقصد به المجتمعات الميكروبية والعوامل المحيطة بها

هناك اربع أنظمة بيئية طبيعية مختلفة هي

Atmospheric Habitat

Aquatic Habitat

Terrestrial Habitat

Biological Habitat

مواصفات المواقع البيئية الميكروبية

▶ ممكن ان يكون حجم الموقع كبيرة وممكن ان تكون صغيرة جداً في مختلف الانظمة البيئية

١. ففي بيئة النظام المائي ممكن ان تكون دقائق عضوية عالقة

٢. ترسبات دقيقة في بيئة التربة مثل دقائق التربة او الدبال

٣. في تجويف انفي او الفم او الأمعاء في البيئة الحيوية

٤. او في دقائق عالقة بالهواء في البيئة الهوائية

▶ اما الميكروبات فمنها ما تكون :

١. متخصصة في موقع بيئي معين ومحدد على سبيل المثال بكتريا **Treponema pallidum** لا تتواجد الا في موقع بيئي مجهري محدد microenvironment في الجهاز التناسلي البشري

٢. بكتريا **الرايزوبيوم** تتواجد في أنظمة بيئية مختلفة (التربة- جذور النباتات)

٣. البكتريا المكونة للميثان **Methanobrevibacter smithii** تتواجد في النظام البيئي المائي في ترسبات البحيرات (نظام مائي) وفي التربة (نظام يابسة) وفي كرش المجترات (نظام حيوي) وفي نظام احواض تحلل مخلفات المجاري (نظام بيئي من صنع الانسان)

▶ اذاً عندما نذكر كلمة Habitat نقصد بها موقع بيئي يوجد فيه الميكروب

▶ لكن عند توصيف النشاط الميكروبي في البيئة لابد من ان نشير الى مصطلح اخر وهو **Ecological niche** أي البؤرة أو المكان البيئي أو المركز البيئي وفيه يتحدد نشاط الميكروب داخل مجتمعه

▶ أي البؤرة البيئية لها الدور الوظيفي **Function role of microbe** وليس الموقع الفيزيائي

العوامل التي تحدد النشاط الوظيفي للميكروب في البيئة

العوامل التي تحدد النشاط الميكروبي في البيئة هي :

١- المتطلبات الغذائية للميكروب **Nutritional demand of microbe**

٢- قابليته البايوكيميائية **Biochemical Ability**

٣- المظهر البنائي للميكروب **Structural Features**

٤- قدرته ومقاومته للعوامل البيئية **Tolerance towards environmental**

على سبيل المثال **البكتريا المحللة للسيليلوز** يمكن لها القيام بعملية التحلل والحصول على الطاقة بعملية التخمر وتتمكن من النمو في كرش الحيوانات المجترة تحت درجة حرارة ٣٩ م^٥ ومقاومة المواد الكيميائية المتلوثه في كرش المجترات (احماض امينية ، دهنية ، امونيا ، غازات)

في عالم الميكروبات قد لا نجد حدود بين الأنظمة البيئية تنظم انتقال الميكروبات وان الانتشار والتنقل قد يكون واسع وسريع من نظام بيئي الى اخر وليس هناك معوقات تحدد الانتشار

الاحياء الدقيقة لا تعيقها الأنهار او الجبال حيث انها خفيفة الوزن وسهلة الحمل النقل من مكان الى اخر (بالماء ، الهواء، الانسان) بل قد توفر النواقل الحماية للأحياء خلال عملية النقل

الانسان مثلا ينقل الميكروبات في امعاءه من مكان الى اخر كما يجري الان نقل **فيروس كورونا** من موطنه في الصين الى شتى انحاء العالم مع المسافرين

النباتات والحيوانات والطيور وسائط نقل فعالة **لأحياء** المجهرية وتحميها خلال النقل

ولذلك يصعب وضع حدود فاصلة فعالة بين الأنظمة البيئية او المواقع البيئية تمنع انتقال الميكروبات كما هو الحال بمنع الحيوان من الانتقال

هنا الأنظمة البيئية متداخلة مترابطة وتتصل فيما بينها بعوامل كيميائية وفيزيائية وبيولوجية

الأنظمة البيئية المستقرة وغير المستقرة

يقصد بالنظام البيئي المستقر : هو الذي يتواجد فيه أي عنصر من عناصر النظام البيئي بتركيز ثابت من C و N أي أن إنتاج واستهلاك أي عنصر منهما ثابت متوازن

مثال تربة الغابات وما يتساقط من أوراق نباتات يتحول الى عناصر أولية يرجع يعود الى النبات ثم تعود من خلال بقايا النبات

الحكم على ثبوتية النظام البيئي لا بد من اخذ الوقت بنظر الاعتبار وقد يحدث تغير بالنظام لفترة زمنية محددة ولكن يعاود النظام للاستقرار

المواقع البيئية المجهرية

نحن لا نهتم بدرجة كبيرة بالنظام البيئي ككل وخصوصاً الجوانب الثابتة من النظام ولكن نهتم بتلك الجوانب من المواقع البيئية التي تتركز فيها المجتمعات الميكروبية والتي يطلق عليها **البيئات المجهرية والسطوح البيئية** **Microenvironments Interfaces**

تتركز بحوث ودراسات غير المختصين بالبيئة و المختصين بالبيئة في هذه المواقع **البيئية المجهرية** دون التركيز على النظام البيئي ككل .

حيث ان المواقع البيئية المجهرية تكون متلاصقة ولكنها تختلف بالمقاسات الفيزيائية والكيميائية مثل (**درجة الحرارة والPH والنشاط المائي والاكسجين والمغذيات ووجود مواد سامة وملتهمة للميكروبات**)

تبع لذلك فإن لكل موقع بيئي مجهري مجتمعه الميكروبي المختلف. ففي المتر المربع الواحد من التربة نجد مواقع بيئية ميكروبية ومجتمعات مختلفة وفي هذه المواقع المجهرية التي لا يتجاوز حجمها الملي ميكروبات تتواجد مجتمعات ميكروبية تقوم بكل الفعاليات في الموقع المجهري

من المواقع البيئية المجهرية التي درست جيداً **السطوح البيئية** في البيئة المائية واليابسة والحيوانات والانسان

السطوح البيئية في البيئة الميكروبية المجهرية

وفي هذه السطوح البيئية المجهرية تتركز المغذيات ويتبع ذلك تركيز للميكروبات فيها بالقياس للاماكن الأخرى من الحيز البيئي

من امثلة هذه السطوح البيئية السطح البيئي بين محلول التربة ودقائقها - بين محلول التربة وسطح الجذور - ما بين دقائق التربة نفسها - ما بين الهواء وسطح الماء - ما بين الهواء ودقائق التربة - ما بين الدقائق العضوية والماء

هناك عوامل كثيرة في هذه السطوح البيئية تحدد التنوع والكثافة الميكروبية على سبيل المثال

المساحة السطحية لدقائق الطين التي هي اصغر الدقائق اكبر من المساحة السطحية لدقائق الغرين والرمل في وحدة نفس الحجم

حصيلة الشحنات على السطوح تؤدي لانجذاب المغذيات بطريق الامتزاز او الامدصاص كونها موجبة وتنجذب للشحنة السالبة في سطوح دقائق الطين الناتجة من إحلال عنصر المنيوم الثلاثي الشحنة محل عنصر السيلكون رباعي الشحنة

$$Al^{+3} + SiO_2 \rightarrow AlO^{-2} + Si^{+4}$$

اما المركبات العضوية وخاصة الدبال فان الشحنة السالبة ناتجة من هجرة ايون الهيدروجين من الجذر الفعال بالمركب العضوي R-OOH

سطوح خلايا الميكروبات يحددها الاحماض الامينية في بروتين سطح الخلايا وتأينها فعندما يفقد مجموعة الكاربوكسيل R-OOH ايون هيدروجين تصبح سطوح الخلية سالبة وعندما تكتسب مجموعة الأمين R-NH₂ الموجودة في الحامض الاميني ايون هيدروجين تصبح سطوح الخلايا موجبة وهذه لها علاقة مباشرة ب PH التربة

مديات ومحددات الأنظمة البيئية

المجتمعات الميكروبية في البيئات المختلفة تنمو بصورة متباينة أيضاً حسب نوع البيئة

حيث ان نفس الميكروب يسلك سلوك مغاير عند اختلاف بيئة النمو مثلاً بكتريا الرايزوبيوم تتبين في بؤر نموها المثالي حين ما تكون في بيئة التربة بالقياس الى البيئة المثالية في جذور البقوليات

بصورة عامة افقر الأنظمة البيئية الطبيعية لمعيشة الميكروبات هو النظام البيئي الهوائي التي يكون بالأساس نظام غير ملائم لنمو وتكاثر الميكروبات بسبب الاشعة فوق البنفسجية المميتة للميكروبات وبسبب الجفاف والرياح وقلة المغذيات

على عكس البيئة المائية العذبة التي ترمى فيها الفضلات و تتساقط فيها بقايا النباتات تعتبر بيئة مغذية وتتكاثر فيها الميكروبات

بيئة التربة الخصبة من احسن البيئات التي تتكاثر فيها الميكروبات

بيئة امعاء الانسان وكرش الحيوانات مثال للبيئة الحيوية المثالية لتكاثر الميكروبات

المجتمع الميكروبي في هذه البيئات المثالية يضم افراد وعشائر تعيش في موطن بيئي واحد وتعمل كوحدة واحدة وتنظيم متكامل

في الاحياء الراقية فان حدود الأنظمة البيئية التي تعيش فيها تكون واضحة

لكن يصعب وضع حدود للمجتمعات الميكروبية في البيئات العادية مثل التربة والمياه بسبب تشابه الاحجام والاشكال والزمن في نشاطات ميكروب واحد (نشاط واحد يقوم به عدة أنواع من الميكروبات) تحلل المخلفات العضوية نموذجاً

في البيئات المتطرفة القاسية تكون المجتمعات الميكروبية قليلة ولكنها واضحة المعالم وتبعاً لظروف المتطرف ولذلك تحدد التسمية بهذا الطرف المتطرف مثل Hot spring microbial communities (مجتمع ميكروبات الينابيع الحارة)

وهناك مجتمع اخر هو مجتمع ميكروبات أعماق البحار Deep Sea Microbial communities وهنا لا يوجد سوى المجتمعات التي تتحمل الحرارة والضغط الهيدروستاتيكي العالية وتكون السيادة لهذه الأنواع الميكروبية وتتكاثر بسرعة وتتغلب على الكثافات الميكروبية الأخرى

مديات ومحددات الأنظمة البيئية

- ▶ هناك ميكروبات واسعة الحيز البيئي أي انها تنشط في مختلف الأنظمة البيئية مثل اجناس بكتريا Pseudomonas واجناس بكتريا Bacillus حيث نجدها في التربة والماء والكائنات الحية
- ▶ تركيب المجتمع الميكروبي يصعب تحديده بدقة في البيئات الطبيعية لذلك يشار للمجاميع ميكروبية واسعة تقع ضمن نفس العائلة مثل مجتمع الفطريات Fungal community ولا يشار للأجناس والانواع الفطرية وكذلك الحال للمجتمع البكتيري مترابطة مع الموقع البيئي في التربة Soil microbial community او الحيز البيئي Intestinal microbial comm.
- ▶ العالم Winogradsky 1925 حدد المجتمع الميكروبي بمجموعتين هما
- ▶ Autooh Thonous Micro. Ms. الاصلاء وهي التي تتواجد دائماً في الموقع البيئي على سبيل المثال بكتريا ال Bacillus تتواجد دائماً في التربة و بكتريا Pseudomonas في الماء وبكتريا E. coli تتواجد في الأمعاء. أي انهم متواجدون بالأنظمة البيئية ولم يأتون من نظام بيئي خارجي ويستمررون بالنمو حتى لو أضيفت مواد جديدة للنظام مثل المخصبات او المواد العضوية او الملوثات
- ▶ Alloch Thonous Micro. Ms. الدخلاء وهذه المجموعة دخيلة على النظام البيئي وقادمة من نظام بيئي خارجي ونشاطها في الموقع الجديد يكون بسبب الإضافات على الموقع البيئي وقد تكون في سبات او تزول عندما يزول الجزء المضاف مثل بكتريا وصلت للتربة مع بقايا نباتية وتعيش على السيللوز وعند زواله هذه الاحياء وكذلك الحال بالنسبة لبكتريا قادمة مع فضلات الانسان مثلاً وهناك العديد من الأمثلة مثل بكتريا متطفلة على انسجة حيوانية ، بكتريا متأتية من البحر لا تقدر العيش الا في بيئة مالحة
- ▶ بكتريا اكسدة الحديد ، بكتريا اكسدة الكبريت ، وهكذا
- ▶ غالبية الميكروبات لها القدرة على الاستيطان والتكاثر والتفاعل في بيئات مختلفة لذلك يصعب علينا في بيئة مثل التربة والمياه العذبة فحص ميكروباتها وتحديد من هو الدخيل ومن هو الأصل
- ▶ ولكن هناك اتفاق على عوامل ثلاثة تشخص الميكروب الأصل في البيئة هي:

مواصفات الميكروبات الأصلية في البيئة

- ▶ هناك اتفاق على عوامل ثلاثة تشخص الميكروب الأصلي في البيئة هي:
 - ▶ 1- frequently Isolated from this habitat ,periodically and for long time in high population
 - ▶ 2-Isolated purified species can utilize the nutrients naturally eccariny in this habitat
 - ▶ 3- Isolated microbial can tolerate the extreme environment or such habitat

مختبر

- المختبر: ثلاث أنواع مخلفات العامل الأول - أوراق شعير خضراء
- أوراق يوكالبتوس خضراء مطحونه
 - الجزء الخضري من الطرطيع
- العامل الثاني
- ثلاث ظروف تحلل
- ١- لوحدها بدون مع التربة
 - ٢- مخلوطة مع مبيد فطري ١%
 - ٣- مخلوطة مع مشتق نفطي ١%
- تصبح عندنا ٩ معاملات ٣×
- اختبار كمية CO2 المتحرر خلال ٦ اسابيع



البيئة ونمو العشائر الميكروبية Environment and Growth of Microbial Populations

لكي نفهم الصورة بشكل أوضح عن المجتمعات الميكروبية في بيئة التربة مثلاً حيث نتعامل معها في المختبر هناك نموذج مصغر او موديل لدراسة هذه المجتمعات

فرضيات كوخ حول الميكروبات المسبب لمرض الجمرة الخبيثة في الابقار *Bacillus anthracis* حيث اعتمد كوخ على عزل الميكروب من الحيوان المريض وزرعه على طبق بتري petridish بصورة نقية وبعد فترة من الزمن ظهرت المستعمرات على الاطباق microbial colony

ولم يهتم بالناحية السكانية والبيئية لهذه المستعمرة الا بعد تطور علم الوراثة في الاحياء المجهرية حيث ظهر ان هذه المستعمرة هي ما يطلق عليه عشيرة Microbial Population التي تتكون من افراد Individuals

حيث وجد داخل هذه العشيرة تطابق بين افرادها من الناحية الوراثة وتم التعرف على العلاقات البيئية بين افراد هذه العشيرة داخل هذه المستعمرة (العشيرة الميكروبية) وفيمن يعيش داخل العشيرة وعلى الأطراف وعلى السطح بما انه تظهر في بيئة الطبق، اكثر من مستعمرة

البيئة ونمو العشائر الميكروبية Environment and Growth of Microbial Populations

- ▶ **لذلك توسعت الدراسات لتشمل العلاقات ما بين هذه العشائر**
- ▶ **مثلاً على سطح بيئة الطبق تنمو مجتمعات فطريات وخمائر وبكتيريا وغيرها وكل هذه العشائر عزلت من حبيبة تربة أو قطرة ماء أو غذاء أو عينة من فضلات انسان**
- ▶ **بعد مرور زمن معين ونتيجة لنمو العشائر الميكروبية المختلفة وزحفها نحو بعضها يبدأ انحسار تأثير العشيرة الاولى التي تكونت بالبداية نتيجة لما عرف لاحقاً بالانزيمات والسموم التي تفرزها بعض المجتمعات الميكروبية الى البيئة التي تعيش فيها وتؤثر على المجتمعات المجاورة**
- ▶ **من هذه العلاقات تم اكتشاف البنسلين حيث وجد ان هذه العشيرة الفطرية *Penicillium sp.* حيث اكتشف لأول مرة من قبل العالم الكسندر فليمنغ سنة ١٩٢٨ وحضر من الفطر *Penicillium notatum* وتوالت عمليات انتاج البنسلين من الانواع اخرى من البنسليوم مثل انواع *P. chrysogenum* وانواع من اجناس الاسبركس *Aspergillus flavus***

البيئة ونمو العشائر الميكروبية Environment and Growth of Microbial Populations

هذه الصور من التنافسية تنطبق على الطبيعة بشكل مشابه لحالة الطبق حيث ان

--سقوط سبور فطري Spor على جلد انسان من الفطريات الناقصة من اجناس *Microsporum* واتخاذ موقع بيئي مجهري للنمو التكاثر وتكوين عشيرة .

-ورقة نباتية تسقط على الأرض تؤدي الى نمو الاشنات والفطريات والبكتريا عليها .

-مستعمرات الاشنات التي تنمو على الصخور. كلها امثلة لما مطابقة لما يجري في الطبق المختبري

يمكن قياس نمو العشيرة الميكروبية سنويا ولكن بصورة عامة تكون الحالة غير واضحة النمو والتكاثر وصعبة المتابعة كما في المختبر الذي تتوفر فيه الظروف المثالية لكي نحصل ابتداء على ميكروب نقي من التخافيف ومن ثم متابعة نمو العشيرة بدون منافسة من الميكروبات الخرى وتحت ظروف مثلية

حيث هذا لا يتوفر في البيئة الطبيعية و لذلك تسعى الكثير من الجهات العلمية الى توفير تقنيات مهمة جدا في متابعة نمو المجتمعات الميكروبية في بيئتها الطبيعية دون الحاجة الى نقلها للمختبر وتنميتها في اطباق وبيئات صناعية

الأسس الرياضية لقياس نمو العشيرة الميكروبية في الطبيعة Population Growth

كيف يتم رياضياً قياس نمو العشيرة الميكروبية !!!

تم التعرف على نمو الخلية الميكروبية عندما درسنا أساسيات الأحياء المجهرية **ولكن يجب أن نعرف أنه ليس بالضرورة نمو الخلية الواحدة لأي فرد بالعشيرة هو نفسه في كل أفراد العشيرة المتكونة من هذا الفرد .**

لان زيادة الكتلة الحيوية للخلية أي الفرد الواحد يعتمد على زيادة رياضية Arithmetic Rate بينما الزيادة للعشيرة السكانية لنفس الخلية يكون بزيادة لوغاريتمية Logarithmic rate

أي ان الميكروب احادي الخلية وتحت ظروف ثابتة يزداد حجماً الى حد معين عندها يحدث الانقسام الى خليتين تبدأن من جديد بالنمو وزيادة الحجم ولكن بالرغم من انهما ينتميان لام واحد فأن ليس بالضرورة ان يتطابقان في سرعة النمو

الأسس الرياضية لقياس نمو العشيرة الميكروبية في الطبيعة Population Growth

▶ **ومن هنا بدأ الاختلاف في معدل نمو العشيرة عن نمو الخلية الواحدة فتطبق عليهما القياسات اللوغاريتمية .**

▶ في الخلايا الخيطية يكون القياس لمعدل النمو اعقد لان النمو لا يحدث بالانشطار الى خليتين حيث قد يحدث انفصال لطرف الخيط وليس للخلايا ولذلك لكل عشيرة ميكروبية قوانين لاحتساب معدل النمو

▶ لكن لحساب معدل النمو في اغلب المجتمعات الميكروبية نعتمد على المعدلة التالية

- ▶ Logistics Equation
- ▶ $dN / dt = KN - K/G N^2$
- ▶ N=number of individuals عدد الافراد في العشيرة
- ▶ T= Time الزمن
- ▶ G=The highest Growth of Population اعلى نمو تصله العشيرة
- ▶ K= Growth rate constant معدل النمو

الأسس الرياضية لقياس نمو العشيرة الميكروبية في الطبيعة

Population Growth

لو عدنا الى الأفكار الأساسية التي وضعها Odum وهي ان معدل نمو العشيرة الميكروبية K نحصل عليه من قسمة التغير في العدد على المدة الزمنية التي استغرقها التغير

أي معدل نمو السكان او عدد الكائنات المضافة الى السكان مقسوماً على الزمن الذي استغرقته الزيادة عندما يكون هناك تطابق بين نمو افراد العشيرة لكن في عالم الميكروبات نجد تباين في معدل النمو تحت نفس الظروف المثالية حيث نجد:

كلما صغر حجم الميكروب كلما كان معدل النمو اسرع ويرجع السبب الى زيادة المساحة السطحية الخارجية قياس لحجم الميكروبات

انتشار المغذيات من الخارج الى داخل الخلية وصولها الى مراكز النشاط في الخلية يحتاج وقت اقصر

والجدول الاتي يبين التباين بين معدلات النمو للميكروبات التي قد تكون في مجتمع ميكروبي واحد

الأسس الرياضية لقياس نمو العشييرة الميكروبية في الطبيعة

Population Growth

▶ Growth Rates of Selected Microorganisms / Day

<u>microorganisms name</u>	<u>Growth Rate</u>
▶ 1- Cyanobacteria البكتريا الخضراء المزرقة	
▶ <i>Anabaena cylindrica</i>	0.9
▶ <i>Anacystis nidulans</i>	11.5
▶ 2- Fungi الفطريات	
▶ <i>Mouilia fructicola</i>	0.8
▶ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	12.0
▶ 3-Photosynthetic Bacteria	
▶ <i>Chlropesedomonas ethylicum</i>	3.3
▶ <i>Rhodopsedomonas spheroids</i>	10.1
▶ 4- Heterotrophic bacteria	
▶ <i>E. coli</i>	85
▶ <i>E. cusei</i>	38
▶ <i>Rhizobium melioti</i>	13
▶ <i>Treponema pallidium</i>	0.7

الأسس الرياضية لقياس نمو العشيرة الميكروبية في الطبيعة

Population Growth

ت	نوع البكتريا	زمن الجيل بالدقيقة	الوسط الغذائي
1	Escherichia coli	12.5	الحليب
2	Bacillus thermophilus	18.5	المرق المغذي
3	Streptococcus lactis	26	milk
4	Staphylococcus aureus	27-30	المرق المغذي
5	Lactobacillus acidophilus	66-87	milk
6	Mycobacterium tuberculosis	792-932	وسط تركيبي
7	Treponema pallidum	1980	حصى الأرنب

الأسس الرياضية لقياس نمو العشيرة الميكروبية في الطبيعة Population Growth

ليس بالضرورة ان الميكروب الذي ينمو اسرع هو الذي يتغلب او ينجح في البيئة
كما ان قياس عدد افراد العشيرة الذي يعتمد على النمو والتكاثر للأفراد لا يعتمد على زيادة العدد الميكروبي لان النمو يعتمد على
زيادة العدد وزيادة كتلة الخلية
قد لا نذهب الى الزيادة كلها في العدد بل الزيادة في حجم الخلية الميكروبية والأخير يتحدد **بعوامل بيئية ووراثية** ومن العوامل
الرئيسية التي تحدد حجم العشيرة الميكروبية هي :

1- Physical Growing

ازدحام الموقع الفيزيائي

2- Exhaustion Of An Essential Nutrients

استنفاد العناصر الأساسية من المغذيات

3- Production Of Toxic Substances

انتاج مواد سامة في البيئة

العامل الأول غير مهم بالنسبة للميكروبات لصغر حجمها وكفاية الموطن البيئي لها

العامل الثاني والثالث عوامل مهمة تحدد نمو العشيرة الميكروبية مع التنويه ان ليس كل المغذيات تذهب الى الزيادة بالكتلة
والعدد للخلية الميكروبية وبالتالي عدد الميكروبات.

فمفهوم نمو الخلية هو تحول المادة المغذية الى كتلة الخلية الحية ومنتجاتها الايضية وتحسب حسب المعادلة التالية

$$Y = \frac{m}{s} = \frac{\Delta m}{\Delta s}$$

M= Biomass الكتلة الحيوية

S= Substrate المواد الداخلة

$$Y = \frac{P}{S} = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

P= Production المواد الناتجة

Y= Microbial Activity

التنوع الميكروبي في البيئات والعوامل المؤثرة فيه

أي ان نشاط الميكروب في عشيرته ليس فقط زيادة في الافراد **وانما انتاج مواد ايضية قد تكون نافعة او ضارة لأفراد عشيرته** . ان **النشاطات الأيضية** من أقوى **العوامل التي تحدد نمو العشيرة الميكروبية**

من هنا بدراسة العشائر الميكروبية نجد التنوع الكبير في المجتمعات الميكروبية Species Diversity وما دامت المواقع البيئية متباينة ومتنوعة تكون المجتمعات الميكروبية متباينة ومتنوعة أيضاً من حيث الكثافة والتي يقصد بها الكثافة العددية في وحدة المساحة والحجم . أو من حيث تعداد الأنواع الميكروبية Density Diversity

فالمواطن البيئية الغنية **بالعناصر الغذائية** والمتنوعة في مصادر الطاقة والكاربون نجد فيها تنوع كبير في المجتمع الميكروبي مثل التربة الخصبة في الزراعة أو الغذاء أو الانسجة النباتية أو الحيوانية الميتة ماذا تتوقع من نمو للمجتمعات في انسجة الحيوان ميت وماذا تتوقع من نمو الميكروبات ونشاطها في تربة ضعيفة أو أوراق ميتة

في حين قد نجد امكن بيئة غنية بالعناصر المتنوعة ولكنها قليلة التنوع الميكروبي **بسبب وجود عوامل محددة للنمو مثل** الانسجة النباتية والحيوانية الحية حيث تتوفر فيها كل **متطلبات النمو من مادة عضوية ومنشطات النمو والفيتامينات والماء والPH الملائم** ولكن **افرازات محددة كيميائية** تمنع التنوع مثل

بقايا نباتية مكديسة في حقل فهو عامل بيئي يحدد التنوع الميكروبي بسبب انخفاض الPH مما يسود نوع ميكروبي على الأنواع الأخرى

مياه ساخنة فيها **الحرارة** عامل محدد للتنوع الميكروبي . ترسبات في قاع البحار يصبح **الضغط الهيدروستاتيكي** عامل محدد للتنوع

تدخل الانسان في بيئة معينة يحدد التنوع الميكروبي مثل **استخدام مضادات الحياة** . **فضلات المصانع السامة** في المياه وكوارث التلوث النفطي في البحار عوامل محددة للتنوع الميكروبي

مختصر العوامل المؤثرة في التنوع الميكروبي

- ▶ ١- المنتجات الايضية للمجتمع
- ▶ ٢- توفر العناصر الغذائية
- ▶ ٣- وجود عوامل كيميائية
- ▶ ٤- الرقم الهيدروجيني
- ▶ ٥- الحرارة
- ▶ ٦- الضغط الهيدروستاتيكي
- ▶ ٧- مضادات الحياة والمواد السامة

التنوع الميكروبي ودالة قياسه

لقياس التنوع في أي مجتمع ميكروبي نستخدم نفس الدالة المستخدمة في بيئات الكائنات الراقية وهي دالة شانون (H-hat) Shannon Index وهي

$$\hat{H} = \sum \left(\frac{ni}{N} \right) \log \left(\frac{ni}{N} \right) - \sum Pi \log Pi$$

▶ أهمية كل نوع مقياساً بالكتلة ويشمل ni=Importance Value for each species measured as Individuals or Biomass كل افراد النوع

▶ N=Total Importance Value for all Species

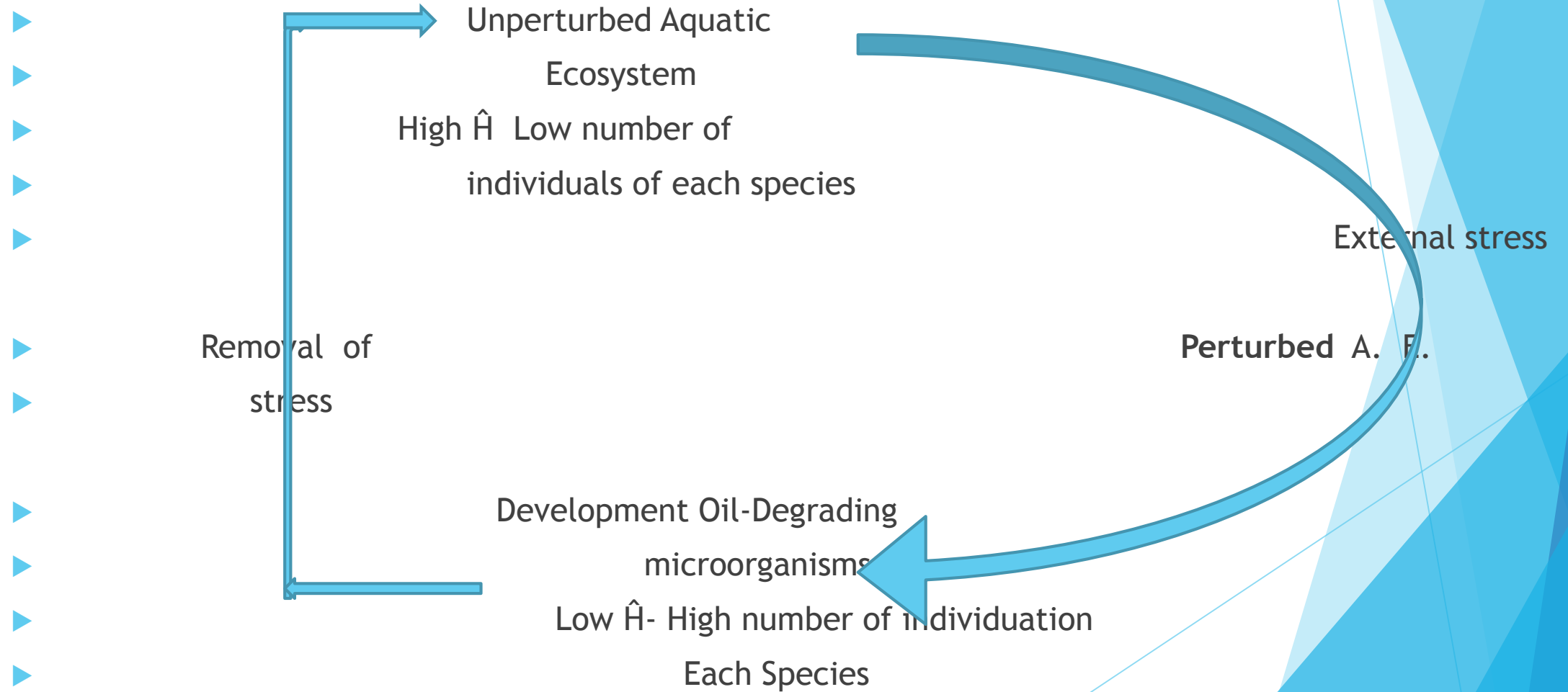
▶ $Pi = \frac{ni}{N}$ Importance Probability for Each Species

▶ على سبيل المثال في مياه طبيعية غير معرضة لتأثيرات محدده للنمو الميكروبي والتنوع نجد ان قيمة دالة شانون \hat{H} وعندما يصب في المياه ملوثات تبدء قيمة الدالة بالانخفاض أي تقل الأنواع وتنخفض أعدادها ثم بعد مدة وبزوال هذه الملوثات ترتفع قيم الدالة من جديد .

▶ يطلق على مثل هذا النظام البيئي الذي له القابلية على مقاومة الملوثات الخارجية والمحافظة على البيئة الطبيعية بنظام الموطن الثابت Homeostasis

▶ وهذا كثيراً ما يحدث في البيئات المائية وفق المخطط التالي

مخطط التنوع الميكروبي ودالة شانون بتأثير خارجي



الطاقة والغذاء في الأنظمة البيئية الميكروبية

الميكروبات هي من انشط الكائنات الحية في البيئة لأسباب عديدة منها تشعب الطرق الايضية للحصول على الطاقة والغذاء لذلك لها دور مهم في تدوير الطاقة والعناصر الغذائية في البيئة وضمن شبكات غذائية معقدة

هناك مجموعة ميكروبية تحصل على طاقتها مباشرة من المصدر الرئيس للطاقة Original Source of Energy حالها حال النبات لأنها تقوم بالتركيب الضوئي مثل بكتريا التركيب الضوئي والسيانوبكتريا وجزء من الطحالب وتعيش في المستوى الأول من الغذاء First Trophic Level أي تنتج المواد الغذائية للأحياء الأخرى غير ذاتية التغذية التي تحتاج للمواد العضوية

المجموعة الأخير تسمى المستهلكين لنواتج المنتجين من المستوى الأول

وهذه الأخير تهيب المواد لمستهلكين آخرين وهكذا تستمر السلسلة

أي ان في كل نظام بيئي هناك مجموعة تبدأ سلسلة الغذاء وتهيب مصادر الطاقة والمغذيات للمجاميع التي تليها هذا موجود في حالات الكائنات الحية الراقية وكمثال النباتات تنتج والحيوانات يستهلكون .

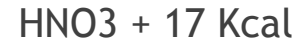
لكن في الاحياء المجهرية قد لا تبدأ هكذا ومن الامثلة كرش المجترات لا تبدأ ببكتريا التركيب الضوئي حيث تكون هذه البكتريا المستهلك الأخير. حيث تبدأ ببكتريا غير ذاتية لاهوائية وهي البكتريا المحللة للسليولوز وتوفر خلاها احماض وطاقه وغذاء للبكتريا توالي التخمر والتحليل تتكون غازات وهذا الغاز يكون مصدر لبكتريا أخرى هي بكتريا الميثان التي لا يمكن ان تستفيد من السليولوز بصورة مباشرة

هكذا الحال في التربة مع المركبات العضوية والسلولوزية مثل الكيتين أي السلسلة الغذائية تشعب ولا يمكن رسمها بشكل مستقيم واضح كما هو الحال في نباتات منتجة ومستهلكون أوائل وثواني حيوانات ونهائي انسان لذلك يطلق عليها الشبكة الغذائية . **Food Web.**

والاختلاف لا يقتصر على الحصول على العناصر بل هناك اختلاف في كمية الطاقة التي تحصل عليها وكما يأتي :

الطاقة والغذاء في الأنظمة البيئية الميكروبية

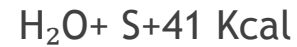
Nitrobacter



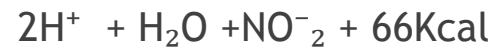
Anaerobic fermentation



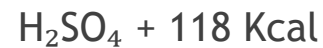
Thiobacillus



Nitrosomanas



Thiobacillus



Thioxidaus

