

جامعة ديالى
كلية الزراعة

قسم التربة والموارد المائية
المرحلة الرابعة

Soil Microbiology

Prof. Dr. Faris M. Suhail

dr.frisshel@agriculture.uodiyala.edu.iq

Soil Microbiology مفردات منهج مادة

- 1 - نبذة تاريخية، تعريف، أهمية دراسة أحياء التربة المجهرية .
- 2 - أقسام أحياء التربة المجهرية .
- 3 - مجاميع أحياء التربة المجهرية : البكتريا، الفطريات، الطحالب، الاكتينومايسيتس، ابتدائيات ، الفطريات الجذرية .
- 4 - المادة العضوية : دورة الكربون، النشاط الأنزيمي في التربة .
- 5 - التحولات الحيوية للـ N، دورة النتروجين ، تحلل اليوريا،النشدر، المعدنة والتمثيل، نسبة C/N .
- 6 - التثبيت الحيوي للنتروجين .
- 7- التحولات الحيوية للفسفور: دورته ودور الأحياء الدقيقة في تحولاته.
- 8 - التحولات الحيوية للكبريت: دورة الكبريت، معدنته، التمثيل الميكروبي، الأكسدة، الاختزال
- 9 - التحولات الحيوية للحديد : الأكسدة والاختزال وتحلل مركبات الحديد العضوية .
- 10- تحلل المبيدات في التربة .
- 11 - العلاقات بين الأحياء المجهرية: المنطقة الرايزوسفير ونشاط الكائنات المجهرية فيها .
- 12- العوامل المؤثرة في نمو الأحياء المجهرية، نمو الأحياء المجهرية .

المصادر

- 1-مارتن الكسندر، 1982، مقدمة في مايكروبيولوجيا التربة، ترجمة John Wiley
- 2- راضي كاظم الراشدي .1987. أحياء التربة المجهرية . جامعة البصرة .
- 3- غياث محمد قاسم و مضر عبد الستار علي .1989. علم أحياء التربة المجهرية . جامعة الموصل .
- 4- إسماعيل السامرائي و فارس محمد سهيل . 2018 . مفاهيم وتطبيقات أحياء التربة المجهرية . مطبعة جامعة ديالى .

Soil Microbiology علم أحياء التربة المجهرية

- It is branch of science dealing with study of soil microorganisms and their activities in the soil, their functions, and how they affect soil properties .
- Form a very small fraction of soil mass (volume of less than 1%)
- -In the upper layer of soil (top soil up to 10-30 cm depth i.e. Horizon A), the microbial population is very high which decreases with depth of soil

Types of organisms

Bacteria •

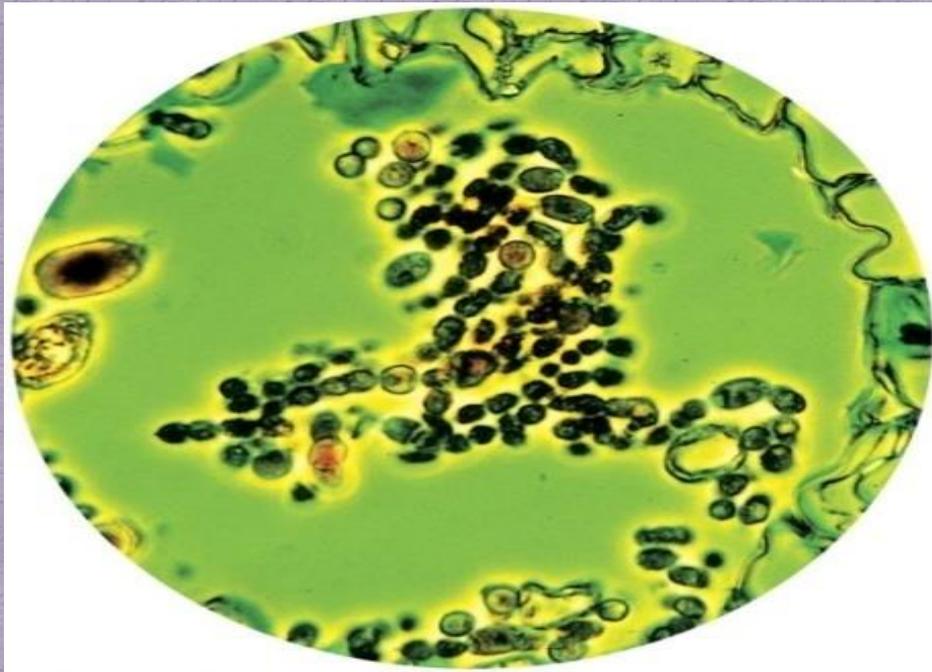
Actinomycetes •

Fungi •

Algae •

Protozoa •

Earthworms •



Importance of microorganisms

- 1- Affect the structure and fertility of different soils .**
- 2- Contribute to nutrient availability in soil (o. m decomposition, humus formation, N-fixation, seed germination).**
- 3- Instrumental in the biochemical changes Occur in the soil.**
- 4- Degrade pesticides and chemicals in soil .**
- 5- Analysis of toxic materials into harmless materials .**

Importance of earthworms

تساهم ديدان الارض في توزيع المخلفات العضوية بين طبقات التربة وطرح منتجاتها المسماة **earthworm cast** وهو خليط من التربة والمخلفات العضوية والذي يعتبر مخزنا للعناصر الغذائية ويساهم في زيادة الانتاج الزراعي . الشكل (1) .



الشكل (1) : منتجات ديدان الارض **earthworm cast**

نبذة تاريخية عن تطور Soil microbiology

History of discovering soil microbiology

- أن أول إشارة مبكرة لـ Soil microbiology كانت للعالم الفرنسي لويس باستير (Louis Pasteur) (1822-1895) : بين بأن الأحياء المجهرية تسبب التخمر والتعفن والتحلل ومعدنة المواد العضوية وكذلك هي التي تحول العناصر الغذائية إلى صور جاهزة للنبات وبالعكس. كما أكد أن هذه العمليات تعتمد لا على طبيعة الأحياء ونوعها ، بل تعتمد على طبيعة الظروف المحيطة بها ، فوجود الأوكسجين تتحلل الكربوهيدرات إلى ثاني أوكسيد الكربون ، وعند عدم وجوده سوف لا تكتمل عملية التحلل - إذ يصاحب غاز ثاني أوكسيد الكربون غازات أخرى كالهيدروجين والميثان مع كحولات وحمض عضوية بعملية تسمى التخمر fermentation

ولكون العمليات السابقة تتم بواسطة المجاميع المختلفة من البكتريا والفطريات والأحياء الأخرى الموجودة في التربة فقد ظهر تدريجيا نوع جديد من فروع علوم الأحياء المجهرية وهو Soil Microbiology.

- فقد لاحظ العالمان Muntz & Schloesing عام 1877 بان عملية Nitrification هي أكسدة الامونيوم إلى نترات واثبتوا إن هذه العملية حيوية ولا يمكن أن تتم إلا بواسطة الأحياء المجهرية في التربة.

- لاحظ العالم Warrington إن الأحياء المجهرية ممكن أن تلعب دورين مهمين في التربة :

الأول : هو تحليل الأسمدة العضوية المضافة للتربة إلى Co_2 وامونيوم وحديد وكبريتات ... الخ

Organic fertilizers \rightarrow Co_2 , NH_4 , Fe^{++} , So_4^{--} , po_4^{---} , ...etc

الثاني : لاحظ ان الامونيوم الموجود في وسط غذائي معقم وملقح بكمية قليلة من التربة بعد مدة من الزمن سوف تتأكسد إلى نترات No_2 ومن ثم إلى نترات No_3



واثبت هذا العالم بان هذه العملية هي عملية بايولوجية . وان هذه البكتريا تقوم باكسدة الامونيوم من دون وجود أي مصدر عضوي ، مما يدل على ان مصدر الكربون لهذه البكتريا هو Co_2 فتسمى Autotrophic bacteria

واكسدة الامونيوم للحصول على الطاقة اللازمة فهي من نوع ذاتية التغذية كيميائيا . **Chemoautotrophs B.**

وذكر هذا العالم بان عملية أكسدة الامونيوم تتم بخطوتين ، ولكنه لم يتمكن من عزل وتسمية البكتريا المسؤولة عن كل خطوة .

- تمكن العالم الروسي **Winogradsky** عام **1891** من عزل الأجناس المسؤولة عن كل خطوة ، فقد سمى البكتريا المسؤولة عن الخطوة الأولى ببكتريا *Nitrosomonas* والبكتريا المسؤولة عن الخطوة الثانية ببكتريا *Nitrobacter* معتمدا على ما توصل إليه العالم **Warrington** .

- في عام 1858 اكتشف العالم **Iachmann** العقد الجذرية على جذور البقوليات.

- في عام 1879 وجد العالم **Frank** ان هذه العقد الجذرية تتكون نتيجة التلقيح بالبكتريا .

- في عام 1885 اثبت العالمان Wilforth & Hellrigel أن البقوليات تأخذ النروجين الجوي بواسطة البكتريا الموجودة في داخل العقد الجذرية وتحوله إلى مركبات نتروجينية.

-أما العالم الهولندي Beijerinck عام 1888 فقد حصل على مزرعة نقية من البكتريا المسؤولة عن عملية تكون العقد وسماها *Bacillus radicola* والتي تعرف في الوقت الحاضر باسم *Rhizobium spp* ، وقال إن هذه البكتريا تحول N_2 إلى امونيوم بالتعايش مع جذور النباتات البقولية، ولقد سمي عملية التثبيت هذه بـ: Symbiotic N_2 -fixation. وهناك نوع آخر من التثبيت يسمى Non-Symbiotic N_2 -fixation.

- العالم الروسي Winogradsky (بدايات القرن العشرين)
يعود له الفضل في اكتشاف البكتريا المسؤولة عن تثبيت النتروجين
بصورة حرة بالتربة ، وان هناك :

١- تثبيت هوائي

٢- تثبيت لا هوائي

لم يتمكن هذا العالم من إعطاء اسم للبكتريا الهوائية ، وإنما تمكن
من تسمية البكتريا اللاهوائية وأعطاه اسم *Clostridium*

- أما العالم Beijerinck فقد صنف البكتريا الهوائية النامية على السطح ،
إذ أعطاها اسم *Azotobacter* وقام بتصنيف النوع *Azotobacter*
chroococcum في عام 1901 وفي عام 1904 عزل النوع
A.beijerincki
- عام 1903 عزل العالم Lipman النوع *A.vinelandii* .

ومما سبق يمكن القول أن الفضل في تطور Soil microbiology يعود إلى العالمين Winogradsky و Beijerinck ، لذا يمكن أن نعدهما الابوين لـ Soil microbiology .

- العالم فلمنك Fleming عام 1929 اكتشف المضاد الحيوي البنسلين
الذي ينتجه الفطر *Penicillium notatum*
- أما العالم الأمريكي Waksman (1888-1973): عزل الكثير من
أجناس الاكتينومايسيتات (البكتريا الخيطية) المنتجة للمضادات الحيوية من
التربة ومن أشهرها المضاد الحيوي Streptomycin.

- اكتشف العالم James P. Martin ان للبكتريا دور مهم
في تكوين تجمعات التربة عن طريق إنتاج السكريات
المتعددة Polysacchorides .

- في عام 1950 عزل العالم Derx جنسا بكتيريا مثبت
للنتروجين سماه Beijerinckia نسبة إلى العالم
Beijerinck .

- في عام 1962 قاما العالمان الألمانيان Peterson و

Jensen بعزل الجنس *Derixia*

- في عام 1966 وصف العالم Dobereiner النوع

البكتيري المثبت للنتروجين بصورة حرة *Azotobacter*

paspali

- في عام 1976 عزل Day & Dobereiner بكتريا

حلزونية لها القدرة على تثبيت النتروجين هي *Spirillum*

lipoferum .

Soil microbiology مستمر بالتطور من خلال الدراسات

المستمرة للعلماء المختصين في جميع أنحاء العالم .

Soil microorganisms Departments

قسمت أحياء التربة المجهرية إلى مجاميع اعتمادا على بعض الصفات والخواص العامة وهي :

1- التقسيم البيئي Ecological classification

قسمت حسب طبيعة وجودها في التربة إلى مجموعتين من قبل العالم الروسي Winogradsky (1925) وهي :

أ- المستوطنة (الأصلية) (Autochthonous (Indigenous) Microorganisms

وهي التي يكون موطنها الأصلي والدائم هي التربة وتوجد في كل أنواع الترب ولها دور أساسي في التغييرات الكيميائية الحيوية التي تحدث في التربة . وتحصل على غذائها من الجزء العضوي بالتربة ، يبقى عددها ثابتا تقريبا . لماذا ؟ سبورات أم خلايا خضرية

ب - الدخيلة (Allochthonous Invaders) microorganisms

تجد طريقها إلى التربة عن طريق (الاضافة) معاملة التربة بالمخصبات العضوية والحيوية كبكتريا العقد الجذرية أو عن طريق تلوث التربة بمياه المجاري.

2- التقسيم اعتمادا على المتطلبات الحرارية

Thermal requirements

تعد الحرارة عاملا مؤثرا لمعظم الفعاليات الحيوية، فهي تؤثر في النشاطات الأنزيمية في الخلية ، لكل نوع حرارة ملائمة له . (الدرجة المثلى optimum growth temperture)
قسمت إلى ثلاثة مجاميع رئيسية تبعا لدرجة الحرارة المثلى والمدى الحراري الذي يمكن أن تنمو فيه :

1- Mesophiles

معظمها هي Mesophiles : الدرجة المثلى (25-35) م° ،
المدى الحراري ما بين (15-45) م° . مثل :

Listeria monocytogenes and Pseudomonas

2- Psychrophiles

تتمو بصورة أفضل في درجات الحرارة التي تقل عن 20 م°
(المثلى 15 م° والعظمى 20 م°) وهذا النوع من الأحياء شائع الوجود
في التربة. وهناك العديد من أحياء التربة لها القدرة على النمو في
درجات الحرارة المنخفضة التي تقع ما بين درجة الانجماد و 5 م° .

مثل البكتريا *flavobacterium psychrophilum*

ويمكن ان تتمو بعض الفطريات في الأطباق على درجة 6 م° مثل
(*Mucor , Penicillium*) .

3- Thermophiles

المدى الحراري (45–65) م° والحرارة المثلى (45 م°) وبعض الأنواع محبة للحرارة العالية والتي تصل أحيانا إلى 80 م°. ومن أجناس البكتريا ضمن هذا النوع هي :

Thermoactinomyces , Thermonospora)

إن أحياء التربة المجهرية أكثرها من النوع الذي يحب الحرارة المعتدلة **Mesophiles**، والتي تحب الحرارة الواطئة تأتي بالدرجة الثانية ، أما المحبة لدرجات الحرارة العالية فتكون أعدادها واطئة جدا .

س : لماذا تكون أعداد أحياء التربة المجهرية في فصل الربيع عالية مقارنة بفصلي الصيف والشتاء ؟

3- التقسيم بالنسبة لحاجتها للأوكسجين

وجود الأوكسجين وعدمه يقسم احياء التربة إلى مجاميع رئيسية وهي :

1- Obligate aerobes

اغلبها من هذا النوع ، ومنها البكتريا *Thiobacillus* ،
most algae، Molds، *Nitrobacter* ، *Nitrosomonas*
من العوامل التي تؤثر في تهوية التربة :النسجة soil texture ، نوعية
المعادن ، ارتفاع منسوب الماء الارضي والمادة العضوية التي تعد مصدر
الطاقة .

2- Facultative anaerobes

من أمثلتها البكتريا *Bacillus* و *Pseudomonas* .

3- Obligate anaerobes

لها نظام إنتاج الطاقة لا يحتاج إلى الأوكسجين .

التنفس اللاهوائي

NO_3^- (مستقبل للإلكترونات) : تختزل N_2 و N_2O و NH_3 ←

بواسطة البكتريا اللاهوائية الإجبارية *Pseudomonas dentrificans*

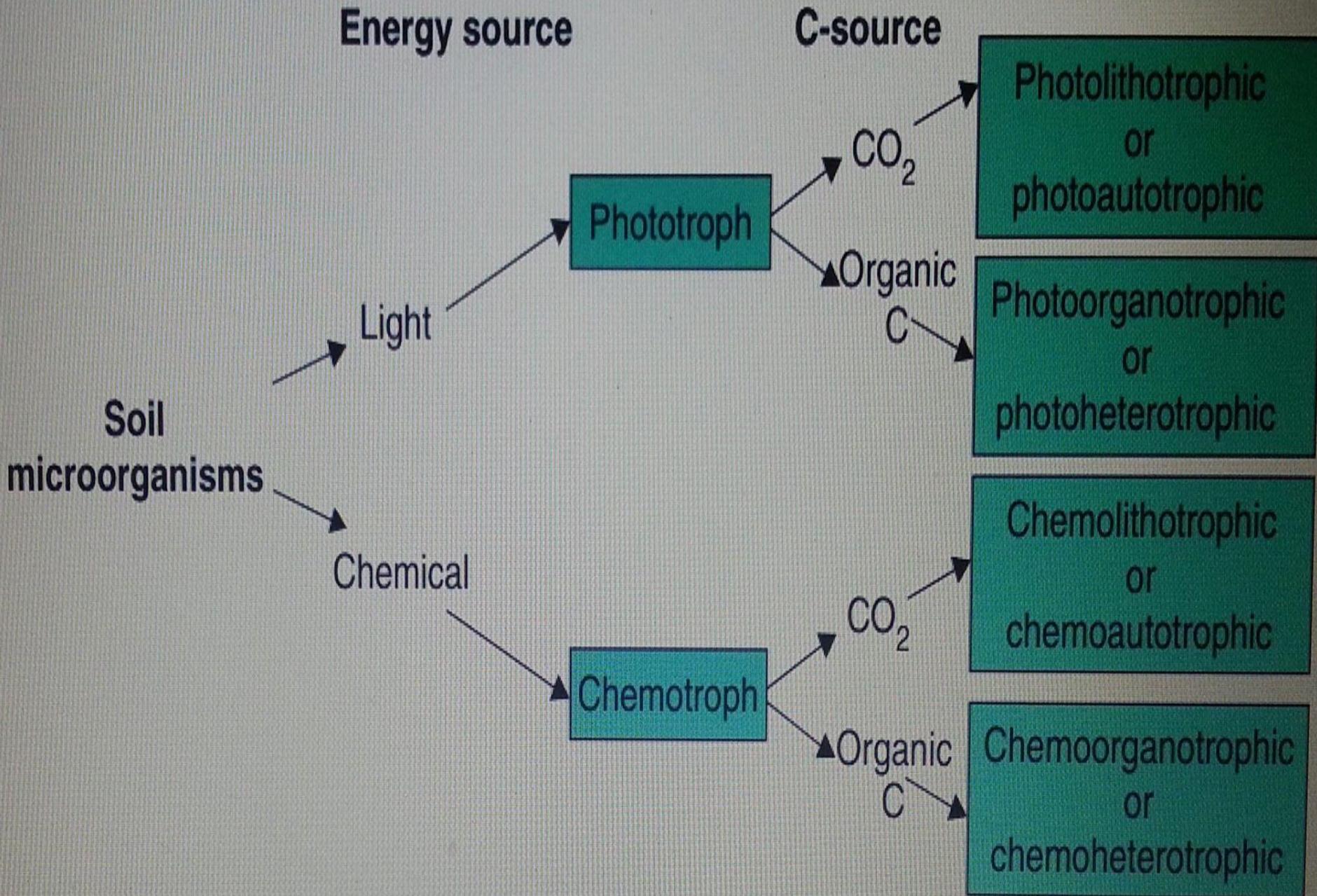
أو SO_4^{-2} (مستقبل للإلكترونات) تختزل كبريتيدات

بواسطة البكتريا اللاهوائية الإجبارية *Desulfovibrio desulfuricans*

4- Micro aerobes

مثل بكتريا *Lactobacillus* , *Azotobacter*

4 - تقسيم بالنسبة لمصدر الطاقة والكربون



1- Photoautotrophs

تضم جميع الطحالب وقسما من البكتريا مثل جنس *Rhodospirillum* وكذلك البكتريا الأرجوانية Purple bacteria والبكتريا الخضراء Green bacteria.

2- Photoheterotrophs

3- Chemoautotrophs

و تقسم إلى :

a- Nitrifying Bacteria



(*Nitrosomonas*)



b- Sulfur- oxidizing bacteria



Thioxidans , *Thiobascillus*

مثل جنس

c- Iron- oxidizing bacteria



راسب

Ferrobacillus , *Ferroxidans* مثل جنس

4 - Chemoheterotrophs

تشمل جميع الفطريات والابتدائيات ومعظم البكتريا وجميع الاكتيومايستات ومن الأجناس البكتيرية لهذه المجموعة تقسم إلى قسمين :

أولا : البكتريا التي تستعمل غاز N_2 وتحوله إلى NH_4^+ ومن ثم إلى بروتين ومنها :

1- Symbiotic Nitrogen fixers (*Rhizibium*)

2- Non- Nitrogen fixer (*Azotobacter, Clostridium*)

ثانيا : البكتريا التي تحتاج إلى مركبات نتروجينية جاهزة

1- Urea –decomposing bacteria (*Micrococcus ureae*)

2- Denitrifying bacteria

(*Pseudomonas denitrificans*) البكتريا تختزل النترات إلى غاز النتروجين

3-Cellulose- decomposing bacteria (*Cytophage , cellovibrio*)

Divide the bacteria its composition for Spores - 5

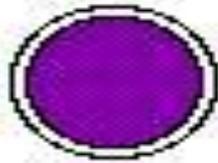
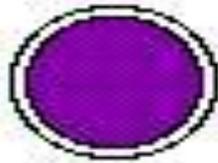
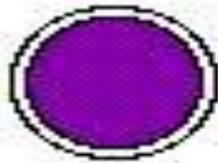
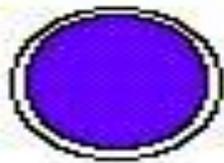
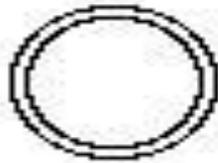
- 1- Spore- formers (*Clostridium* , *Bacillus*)
- 2- Non spore formers (معظم البكتريا غير مكونة للسبورات)

Divide the bacteria for stain Cram-6

- 1- G+Ve bacteria (*Clostridium* , *Bacillus* ,
Corynebacterium , *Actinomyces*)
- 2- G-Ve bacteria (*Rhizobium* ,
Azotobacter , *Nitrosomonas* ,...)

س: ما سبب هذا الاختلاف ؟

GRAM +



Fixation



Crystal
Violet



Iodine
treatment

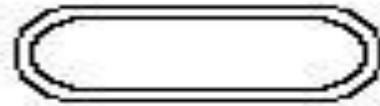


Decolorization



Counter stain
(safranin)

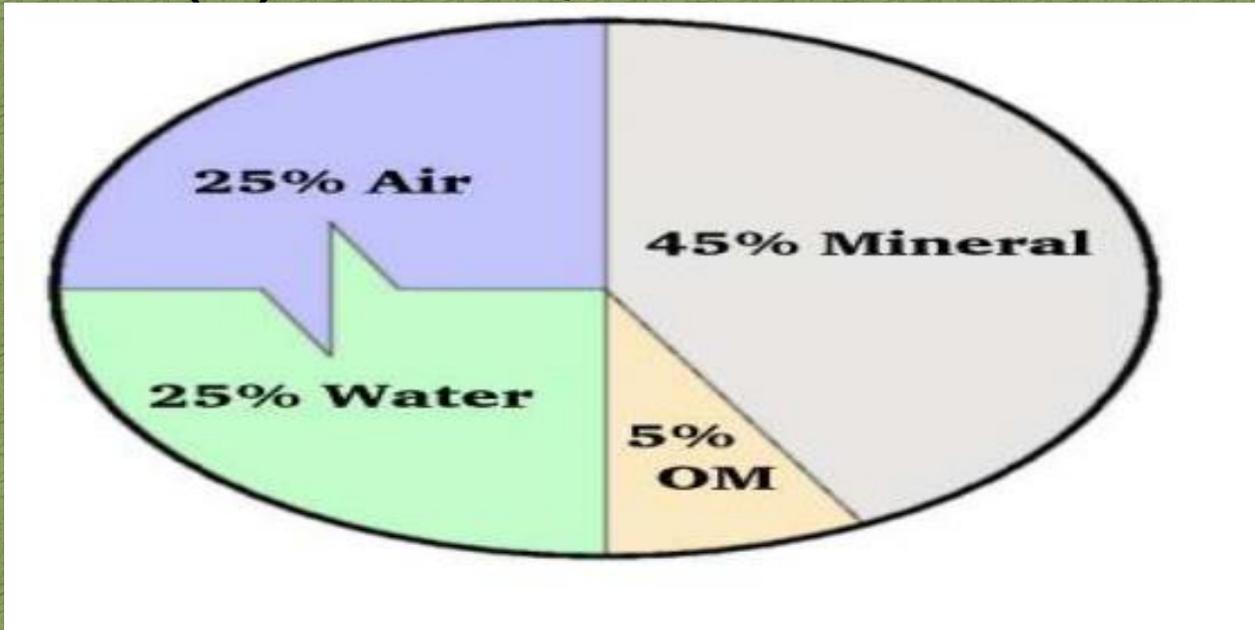
GRAM -



التربة بيئة الاحياء المجهرية

soil is a habitat for organism

تتكون التربة من خليط من المادة المعدنية والعضوية والماء والهواء اضافة الى الكائنات الحية ، وان حجم هذه المكونات في تربة سطحية مزيجية مثالية لنمو النبات هو 45 % مادة معدنية ، 5% مادة عضوية، 25% ماء ، 25% هواء . شكل (2)



شكل (2) : النسبة المئوية الحجمية لمكونات التربة الرئيسية في تربة سطحية ملائمة لنمو النبات

تتكون بيئة التربة Soil Ecosystem من :

1- Organic Part - 2-inorganic Part

3- Biological Part

يشكل الجزء (inorganic and Organic)المصدر الرئيس للكربون والطاقة والنيتروجين والعناصر الأخرى الضرورية اللازمة لنمو الجزء **Biological** وتكاثره في التربة .

يتكون الجزء **Biological** من مجاميع رئيسة من الأحياء التي قسم منها :

1- **Microorganisms** وتشمل Bacteria (بعضها

Protozoa, Algae ,Fungi ,Actinomycetes

2- **Macroorganisms** ويشمل الديدان الأرضية ، النيماتودا ،

النمل الأبيض والخنافس ---- الخ .

تعرف التربة بايولوجيا : بأنها بيئة أو نظام مليء بمجاميع مختلفة من الأحياء المجهرية المسؤولة عن العديد من الفعاليات التي تحدث في التربة وهي تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة في حياة الإنسان واقتصاده .
هذه التفاعلات تقسم إلى قسمين :

1- قسم ذات تأثير ايجابي مثل تحلل المخلفات العضوية والحيوانية ومخلفات الإنسان مع تحرير العناصر الغذائية المختلفة بشكل جاهز للنبات .

2- قسم ذات تأثير سلبي في حياة الإنسان منها الفعاليات التي تحول العناصر الغذائية الجاهزة إلى غير جاهزة ، إضافة إلى الأمراض المختلفة التي تسببها .

تقوم الأحياء المجهرية بتفكيك المادة العضوية الطبيعية جميعها ، وتحسين خصوبة التربة بتحطيم أنسجة النباتات والحيوانات فيها ، ودمج النواتج والمعادن المحررة مع التربة .

تحول أحياء التربة بشقيها الفلورا النباتية flora الفونا الحيوانية fauna المواد المتحللة إلى معقد عضوي مهم في التربة يسمى الدبال **Humus** يتركب من نحو 60% كربون ونحو 6% نيتروجين إضافة إلى مركبات فينولية وفوسفاتية عضوية وسكريات معقدة وغيرها .

تمزج حيوانات التربة بحركتها الدبال مع التربة ، مما يساعد على تحسين خواص التربة بتفتيت حبيباتها وتهويتها وحركة الماء فيها ، وتجعل الدبال المتكون في متناول الاحياء المجهرية ، وهذه تقوم بهدم الدبال وحله ، ويتم هذا التحلل بصورة بطيئة محررة منه المغذيات النباتية .

يمكن التعبير عن نشاط الأحياء بصورة عامة والمجهرية خاصة أحيانا : ١- بقياس أعدادها على أساس عدد الخلايا الحية بالأطباق وهذه قد لا تعطي العدد الحقيقي لما هو موجود أصلا في التربة .

- ٢- باستعمال مصطلح الكتلة الحية للتربة Soil Biomass التي يمكن اعتبارها مؤشرا لمدى خصوبة التربة.
- ٣- وهناك طرقا أخرى مبنية على أساس قياس كمية الـ ATP أو الكتلة الحية biomass أو العدد المجهرى يمكن أن تعطي قيما كبرى .

إن أكثر الأحياء المجهرية عددا في التربة هي البكتريا وتليها البكتريا الخيطية ثم الفطريات والطحالب ثم الابتدائيات ، بغض النظر عن الفايروسات التي تكون اكبر بكثير ، وعلى الرغم من تغلب البكتريا على الفطريات بالعدد في بعض الترب إلا إن الكتلة الحيوية للفطريات تكون اكبر من كتلة البكتريا بسبب التفرعات الكثيرة للهايفات الفطرية .

جدول يبين الأعداد التقريبية للأحياء الشائعة في التربة

العدد التقريبي / غم تربة جافة

مجموعة الأحياء المجهرية

$10^8 \times 5 - 10^6 \times 3$

البكتريا

$10^7 \times 2 - 10^6 \times 1$

الاكتينومايسيتات

$10^5 \times 9 - 10^3 \times 5$

الفطريات

$10^5 \times 1 - 10^3 \times 1$

الخمائر

$10^5 \times 5 - 10^3 \times 1$

الطحالب

$10^5 \times 5 - 10^3 \times 1$

الابتدائيات

200 - 50

النيماتودا

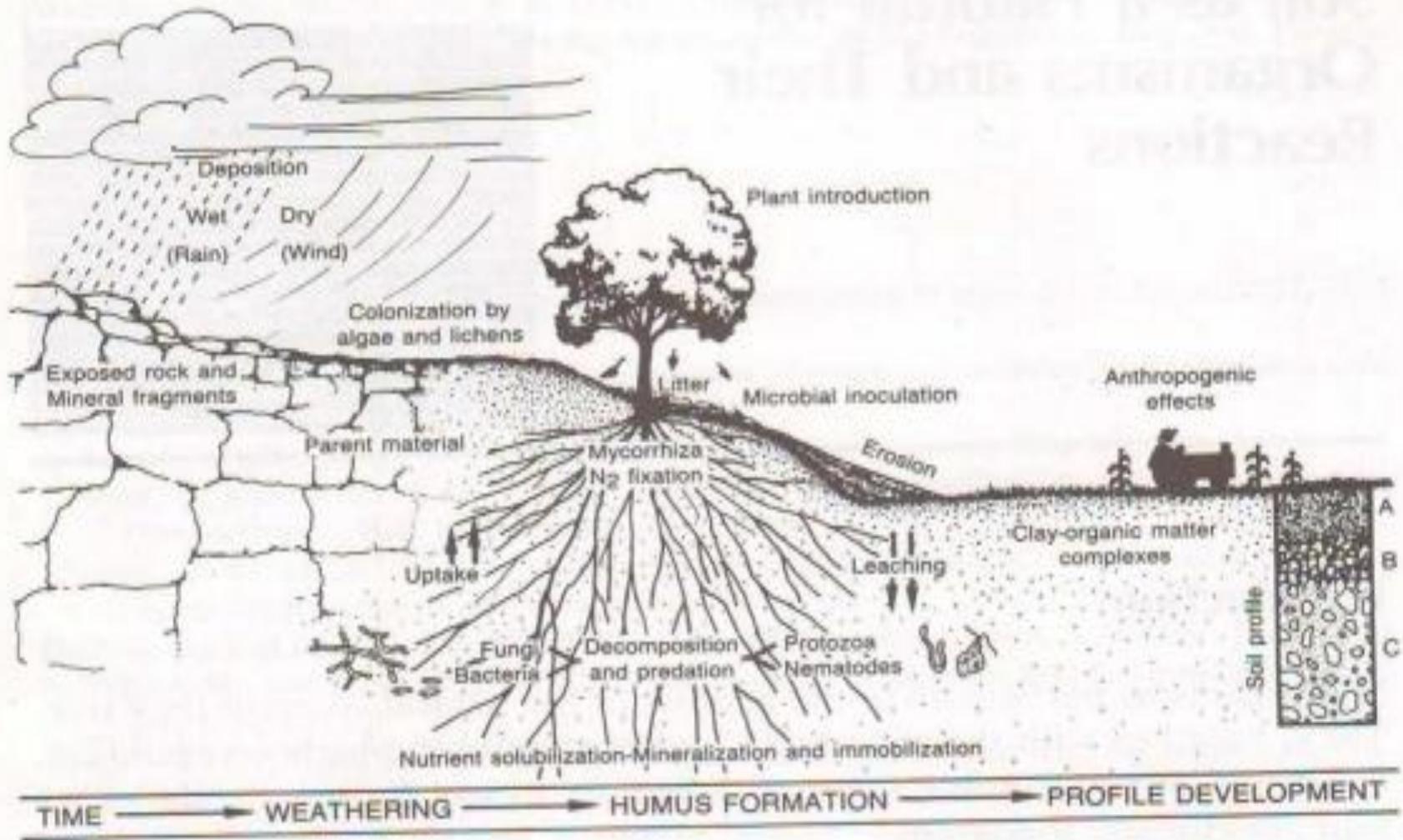
*إضافة إلى ذلك تحوي الترب أعداد كبيرة من الاعفان اللزجة وفاجات البكتريا والمفصليات وديدان الأرض وحشرات مختلفة وأحياء أخرى .

دور الاحياء المجهرية في تكوين التربة

Role of microorganisms in soil formation

تلعب الاحياء المجهرية organism دورا مهما في تكوين بيئة التربة اضافة الى عوامل تكوين التربة الاخرى، المناخ climate والطوبوغرافية topography والمادة الام parent materials والوقت time خاصة عند توفر غطاء نباتي جيد .

التحلل الفيزيائي والكيميائي للصخور يؤدي الى تكوين دقائق ناعمة تحمل مساحة سطحية عالية وبعملية التجوية سوف تؤدي تكوين دقائق التربة الرئيسية الرمل sand والغرين slit والطين clay اضافة الى تحرير العناصر الغذائية واكاسيد الحديد والالمنيوم والسليكا مؤدية الى تكوين التربة. شكل (3) . عمليات تحرير النتروجين والكربون في المراحل الاولى من تجوية مادة الام تكون ضعيفة لذلك فان المحتل الاول لاجزاء مادة الام هو الاحياء المجهرية التي تعمل على تثبيت النتروجين في التربة . ومن هذه الاحياء السيانوبكتريا cyanobacteria والطحالب الخضراء المزرقة bluegreen algae



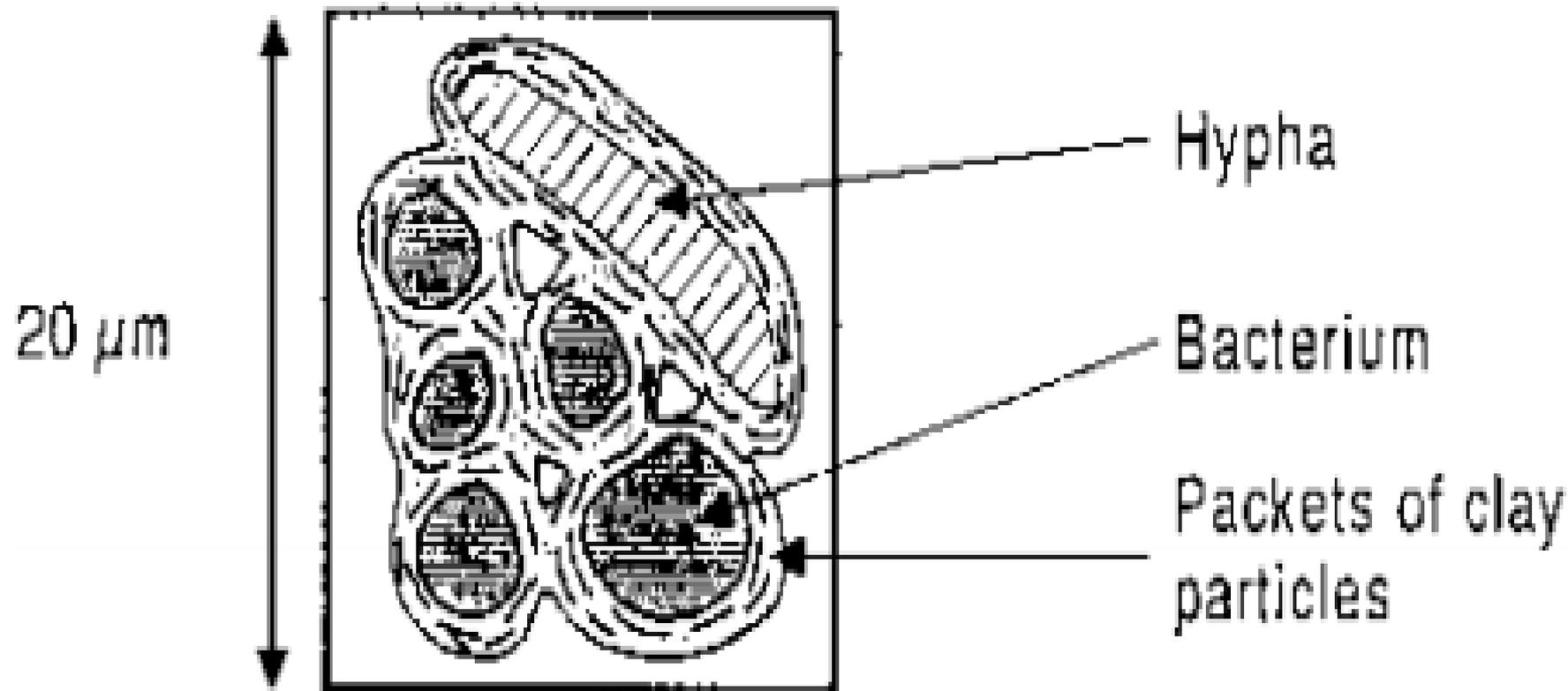
شكل (3) : التداخل بين الاحياء المجهرية والمادة العضوية ومادة الام لتطوير التربة

جذور النبات تنمو في التربة الى اعماق معينة ويرافقها نمو الاحياء المجهرية الى ذلك العمق مما يؤدي الى تحلل المخلفات العضوية وتكوين الدبال humus، عند وجود الغطاء النباتي فان تداخلات الاحياء المجهرية والخلايا الميتة والمادة العضوية ودقائق التربة تؤدي الى تكوين clay organic matter complex.

تلعب الفطريات دورا مهما في ربط دقائق التربة مع بعضها البعض مكونة تجمعات جيدة للتربة soil aggregates الشكل (4) .

تعمل الفطريات ايضا على ربط دقائق التربة والمادة العضوية معا مكونة تجمعات تسمى التجمعات الصغيرة microaggregates

(اصغر من 250 مايكرون) ، تقوم الفطريات بانتاج glycoprotein , glomalin , لها القابلية على ربط دقائق التربة وتقليل احتمال تدمير تجمعات التربة خلال فترات الترطيب والتجفيف .



شكل (4) : دور الفطريات والبكتيريا في تكوين تجمعات التربة

مجاميع أحياء التربة المجهرية

1- مجموعة بكتريا التربة Soil Bacteria

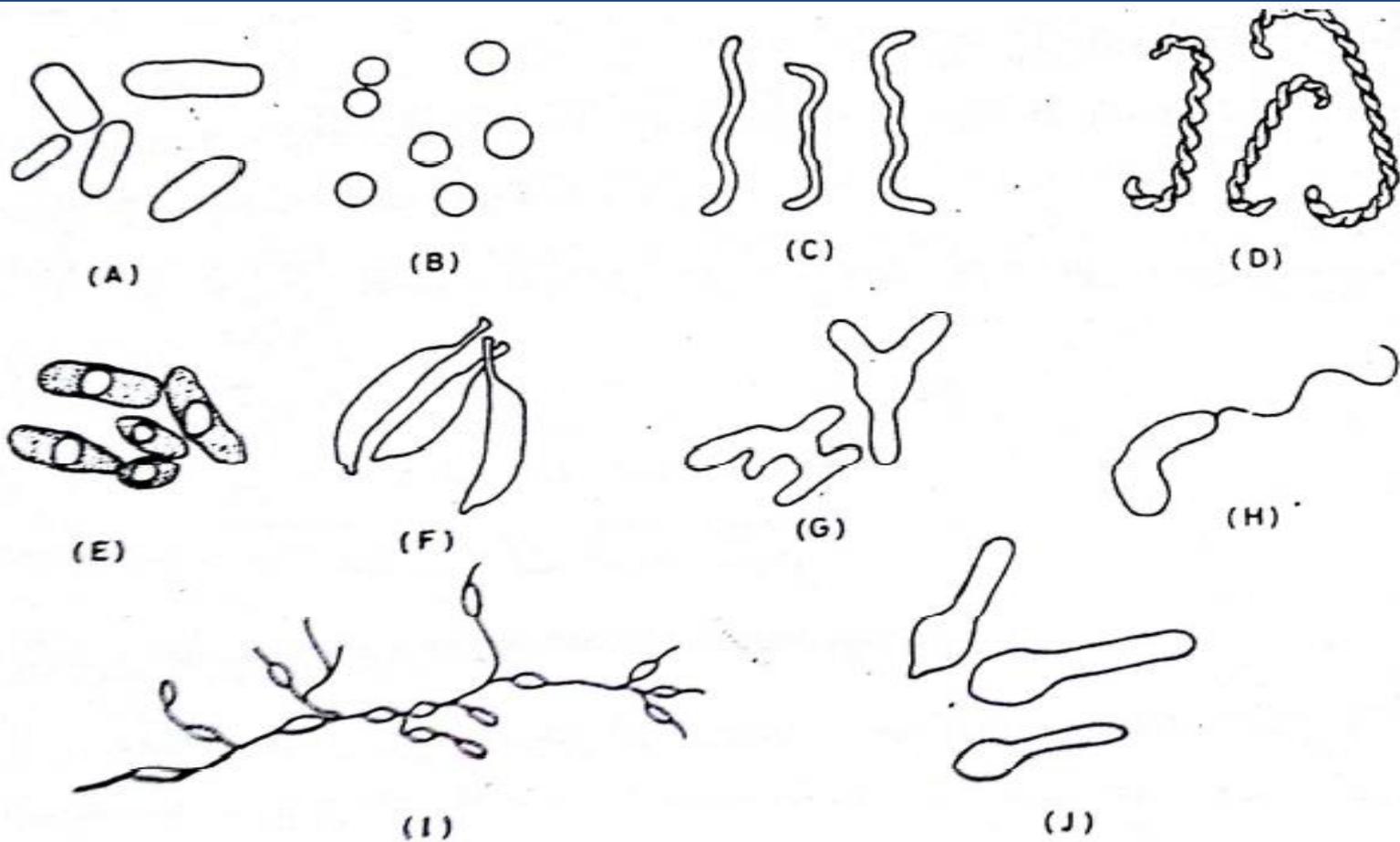
- البكتريا كائنات حية مجهرية بدائية النواة **prokaryote** وهي موجودة في الهواء والتربة والمياه وغيرها من البيئات ، منها
- 1- **متحرك ومنها غير متحرك** ، 2- تتكاثر بالانقسام الثنائي البسيط
 - 3- تحتوي على جدار خلية سميك ، 4- تختلف بالشكل والحجم من **كروية** لا يزيد قطرها على 2 ميكرونين إلى **عصوية قصيرة** لا يزيد طولها الميكرون الواحد إلى **عصوية كبيرة** قد يصل طولها بضع ميكرومترات .
- تصنيف بكتريا التربة**

حسب ما ورد في كتيب Bergey's Manual

Kingdom : planta or protista

Class : Schizomycetes

تحت هذا الصنف عشرة رتب ، ليست كلها موجودة في التربة ، لذا سوف نركز على الرتب التي توجد أجناسها في معظم الترب .



شكل 7: الأشكال المختلفة للبكتيريا . A : عصوية rods ، B : كروية cocci ، C : حلزونية Spirilla ، D : Spirochaetes ، E : باسلا مع سبور Bacilli ، G : خلايا متفرعة وبشكل حرف Y ، with spore branched cells ، H : الفابرو Vibrio ، I : الخلايا المتبرعمة ، J : Club-like cells ، budding .

Order 1 : Pseudomonadales

تتميز البكتريا التابعة لهذه الرتبة بأنها rods ، Non spore ، G-Ve ، formers ، متحركة (Monotrichous) أو (Lophotrichous) أو (Amphitrichous) ، قسم منها Chemoautotrophs وقسم آخر Chemoheterotrophs وقسم ثالث Photoautotrophs .
تحت هذه الرتبة توجد عوائل التالية :

Family 1 : Pseudomonadaceae

مثل الأجناس *Pseudomonas*, *Xanthomonas* , *Acetobacter* جميعها Chemoheterotrophs ، معظمها aerobes ووظيفتها أكسدة وتحليل المركبات العضوية ،

Family 2 : Nitrobacteriaceae

متمثلة بالجنس *Nitrosomonas* والجنس *Nitrobacter* وكلاهما
. Chemoheterotrophs

Family 3 : Thiobacteriaceae

متمثلة بالجنس *Thiobacillus* وخاصة *T.thiooxidans* و
. Chemoautotrophs ، كلا النوعين *T.ferrooxidans*

Family 4 : Caulobacteriaceae

متمثلة بالجنس *Caulobacter* والجنس *Gallionella* يؤكسدان
الحديدوز إلى حديدك .

Order 2: Hyphomicrobiales

متمثلة بالجنس *Hyphomicrobium* الذي يتكاثر بالتبرعم .

Order 3: Eubacteriales

أو البكتريا الحقيقية ، جميعها Chemoheterotrophs وقسم منها طفيلية . تقسم إلى المجاميع التالية :

المجموعة الأولى : العوائل التي تكون الأجناس التابعة لها rods ،
Non spore formers ، G-Ve ، متحركة (Peritrichous) ،
تشمل العوائل التالية :

Family 1: Rhizobiaceae مثل جنس *Rhizobium*

Family 2 : Azotobacteriaceae مثل جنس *Azotobacter*

Family 3 : Achromobacteriaceae

Flvobacterium , Alcaligenes, Achromobacter

Family 4: Enterobacteriaceae مثل الأجناس

Escherichia, Proteus, Enterobacter, Erwinia , Salmonella , Shigella , Klebsiella .

وهذه الأجناس التابعة للعائلة الرابعة تدخل التربة عن طريق مياه المجاري أو فضلات الإنسان وتبقى بالترب و لفترة مؤقتة .

المجموعة الثانية : العوائل التي تكون الأجناس التابعة لها الشكل **G+Ve, rods** ، **Non spore formers** ، غير متحركة وتشمل العوائل التالية :

Family 1: Lactobacillaceae **Lactobacillus** مثل جنس

Family 2 : Corynebacteriaceae مثل جنس

Corynebacterium , Arthrobacter

كلا الجنسين لهما دور مهم في تحليل المخلفات العضوية

المجموعة الثالثة : العائلة التي تكون الأجناس التابعة لها rods ،
G+Ve ، spore formers ، متحركة ، تشمل عائلة واحدة :

Family : Bacillaceae (مثل جنس *Bacillus* هوائية إجبارية ،
Clostridium)

المجموعة الرابعة : العائلة التي تكون الأجناس التابعة لها Cocci ،
G+Ve ، Non spore formers ، غير متحركة ، تشمل عائلة
واحدة :

Family : Micrococcaceae (مثل جنس *Micrococcus* ،
Sarcina ، *Staphylococcus*)

Order 4 : Actinomycetales

تشمل مجموعة الاكتينومايسيتات (Actinomycetes)

جميعها Chemohetrotrophs وتضم ثمانية عوائل :

Family 1 : Streptomycetaceae

Family 2 : Micromonosporaceae

Family 3 : Nocardiaceae

Family 4 : Actinomycetaceae

Family 5: Dermatophilaceae

Family 6 : Frankiaceae

Family 7 : Actinoplanaceae

Family 8 : Mycobacteriaceae

Order 5 : Myxobacteriales

تسمى البكتريا اللزجة *slime bacteria*. توجد على سطح التربة أو المخلفات العضوية ، إذ وظيفتها تحليل كل من السليلوز والكيتين .
من الأجناس التابعة لها :

Myxococcus, Polyangium , Archangium

وظائف البكتريا

- 1-زيادة خصوبة التربة عن طريق تحليل المادة العضوية و تحرير العناصر الغذائية .
- 2- إنتاج المضادات الحيوية .
- 3- تحسين بناء التربة عن طريق السكريات المتعددة

.Polysaccharades

- 4- تحليل المبيدات .
- 5- تحويل العناصر الغذائية في التربة ، وهذه تقسم إلى :
أ-بكتريا مثبتة للنروجين الجوي.
ب- بكتريا النتجة
ج- بكتريا محللة للسليولوز
د- بكتريا محللة للبروتين
هـ- بكتريا تؤكسد الكبريت
ز- بكتريا الحديد
و- بكتريا الفسفور

المجاميع البكتيرية في التربة

تختلف نسبة تواجد البكتيريا حسب نوع التربة وفي إحدى الدراسات تم ملاحظة النسب التالية :

1- *Arthrobacter* : 5 – 60 %

يتواجد هذا الجنس بنسبة عالية نتيجة لمقاومته للظروف القاسية فترة طويلة ، وله دور كبير في تحليل المخلفات العضوية .

2- *Bacillus* : 7 – 67 %

يقوم بتكوين endospores وذلك للظروف غير الملائمة مثل نقص الغذاء والرطوبة والاكسجين وعدم ملائمة درجة الحرارة ووجود مواد كيميائية سامة .

3- *Agrobacterium* : Less than 20 %

معظمها يكون مثبت للنيتروجين بصورة حرة بالتربة .

4- *Pseudomonas* : 3 – 15 %

معظمها هوائية وظيقتها اكسدة وتحليل المركبات العضوية ، قسم منها التي تختزل النترات الى *P. denitrificans* لا هوائي اجباري مثل غاز النتروجين .

5- *Alcaligenes* : 2 – 12 %

تعيش رمية معتمدة على تحليل المخلفات العضوية .

6- *Flavobacterium* : 2 – 10 %

تعيش رمية ايضا معتمدة على تحليل المخلفات العضوية .

7-others : 5 % or less

Xanthomonas, Staphylococcus, Micrococcus, Corynebacterium, Sarcina , Mycobacterium

اعداد البكتريا وتوزيعها في التربة

ان اعداد البكتريا في الارض تختلف كثيرا في الارض الواحدة حسب الطريقة المستخدمة في تقدير الاعداد ، كما ان طريقة اخذ العينات والاعماق التي تؤخذ منها ووقت اخذها تؤثر كثيرا في التقديرات الميكروبية لأعداد ونشاط بكتريا التربة ، ونظرا لصعوبة الحصول على صورة متكاملة للعلاقات والانشطة المختلفة لبكتريا التربة فلقد تعددت طرق الدراسة وتنوعت لتناسب الاغراض المختلفة وقد تتم الدراسات التالية :

- 1- طرق تقوم بدراسة اعداد وانواع احياء التربة بصفة عامة ، مثل دراسة معدل تحلل المواد العضوية او معدل تنفس الميكروبات او قياس النشاط الانزيمي .
- 2- طرق تقوم بدراسة اعداد وانواع احياء التربة ومنها طرق ميكروسكوبية مباشرة وطرق مزرعية غير مباشرة .
- 3- طرق تعتمد على دراسة قدرة الميروبات على احداث تغيرات محددة مثل المعدنة او القدرة على تثبيت النتروجين الجوي وغيرها .

ان الطرق الميكروسكوبية تعطي اعدادا اعلى بكثير من الطرق المزرعية ، لان الطرق الميكروسكوبية عادة لا تميز بين الميكروبات الحية والميتة مما يعطي اعدادا اكبر من الواقع ، بينما الطرق المزرعية تعطي اعدادا اقل من الواقع بكثير ، لعدة اسباب من اهمها ، انه في المختبر من المستحيل يمكن تحضير بيئة غذائية تعطي كل الاحتياجات الغذائية لجميع الانواع الموجودة في التربة ، فالميكروبات تختلف كثيرا في احتياجاتها الغذائية ، فمنها ما يستطيع النمو على بيئات غذائية بسيطة ومنها ما يحتاج الى اجتياحات معقدة يصعب توفرها ، كما ان ظروف التحضين وظروف البيئة لا توفر انسب الظروف لكل الميكروبات التي تعيش في التربة ، لذلك لا تنمو في الطرق المزرعية الا الانواع التي تناسبها الظروف المستخدمة في الدراسة .

ان الطرق الميكروسكوبية عادة تتميز عن الطرق المزرعية ، بانها تعطي صورة اكثر وضوحا لتوزيع البكتريا في التربة، وهناك دراسات بينت ان البكتريا لا تتوزع بانتظام في كتلة التربة ، ولكنها عادة ما تتركز بعدد كبير مكونة مستعمرات حول الحبيبات الصغيرة ويكون تركيزها اكثر حول الحبيبات العضوية عن المعدنية ، ووجد ايضا ان البكتريا تتركز بشدة حول الشعيرات الجذرية وسطوح الجذور بوجود النبات .

ومن الطرق الميكروسكوبية المباشرة ذات القيمة الكبيرة في دراسة توزيع بكتريا التربة هي طريقة الشرائح المدفونة **Cholodny buried slide technique** .

اظهرت الدراسات الميكروسكوبية ان الترب الخصبة تحتوي على اعداد هائلة مقارنة بالطرق المزرعية كالعَد بالأطباق **Plate Count** وعند استعمال هذه الطريقة تختلف النتائج حسب نوع الوسط الغذائي والظروف المزرعية لذا يجب نوع البيئة الغذائية وتركيبها وظروف الحضان ومدته حتى يسهل مقارنته بالطرق الاخرى ، وعادة ما يستعمل **مستخلص التربة** في البيئات المستخدمة في تقدير العدد الكلي للبكتريا بسبب ما يحتويه من املاح معدنية ومواد عضوية تشجع نموه البكتريا

طرق عد البكتريا

هناك عدة طرق لعد البكتريا وهي :

1- العد المباشر بالمكروسكوب : Direct microscopic count

2 - العد الأكثر احتمالا (M.P.N) The Most Probable Number

وهي طريقة لتقدير كثافة المجاميع الميكروبية بدون عد المستعمرات النامية أو عد الخلايا المفردة .
أساس هذه الطريقة يعتمد على :

- أ- تحديد تواجد أو عدم تواجد نمو الميكروبات في سلسلة من تخافيف تربة وغيرها والتي تلقح بها الأوساط الغذائية .
- ب- الميكروبات تحدث تغيرات معينة في الوسط الغذائي كتغير لون الوسط ، أو تكون غازات .

3- العد بالأطباق : Plate count method

4- طريقة الشرائح المدفونة :

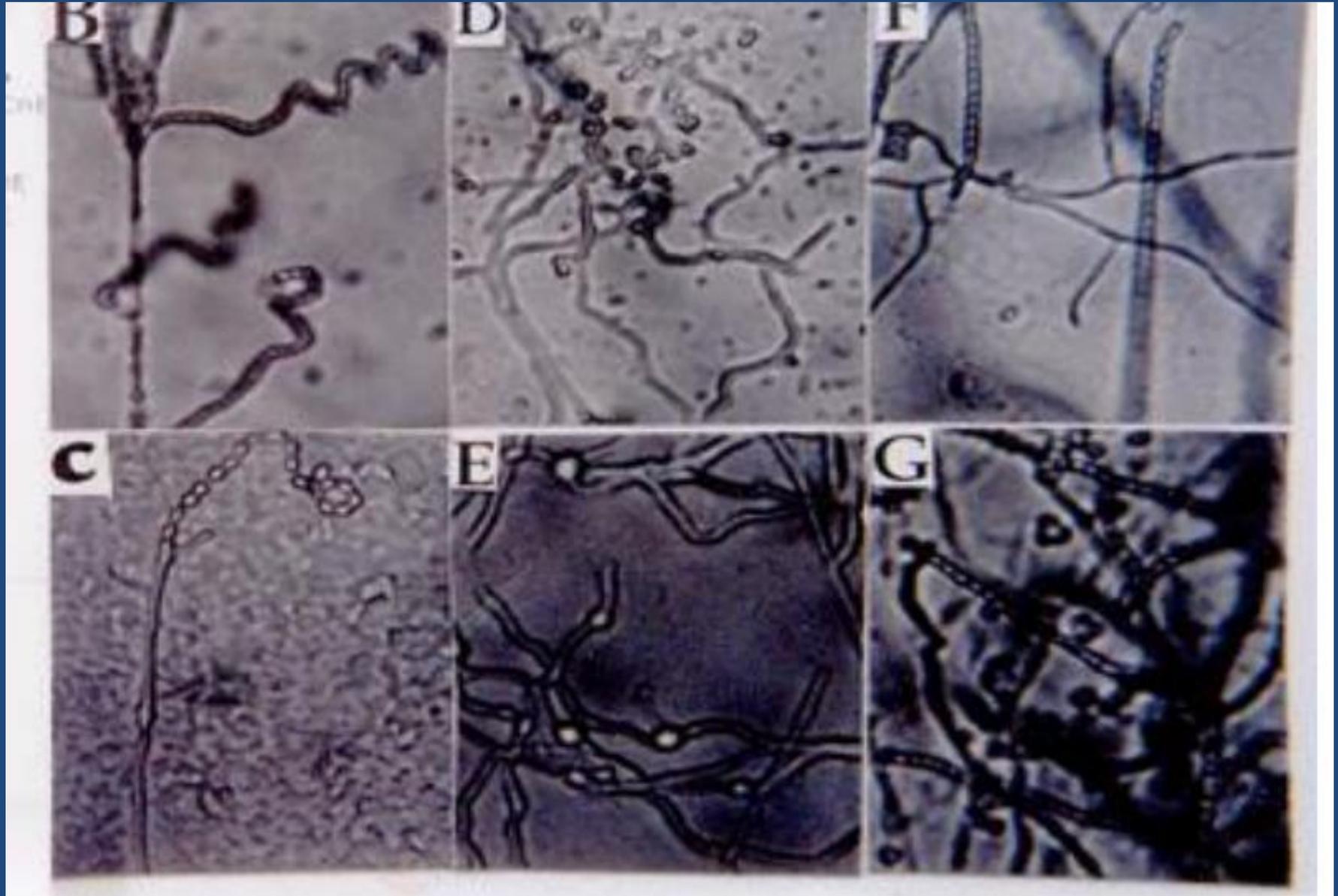
مجموعة اكتينومايسيتات التربة: Soil Actinomycetes:

وهي أحياء مجهرية وحيدة الخلية هوائية (عدا الجنس *Actinomyces*)، في الوقت الحاضر تشكل الرتبة Actinomycetales احد الرتب العشر التي تصنف لها البكتريا .

تكثر في التربة وفي خليط المخلفات العضوية وفي الأنهار ، أعدادها في التربة تأتي بعد أعداد البكتريا الأخرى وأحيانا تكونان متكافئتين في العدد .

معظمها رمية التغذية Saprophyte تعيش على الأنسجة العضوية الميتة ولكن قسما قليلا من الأنواع تسبب أمراض للإنسان والحيوان والنبات .

الاكتينو ميسيتات



ومن حيث توزيعها هناك بعض النقاط :

- تقل أعدادها في الترب الرطبة عن الترب الجافة .
- أعدادها في الأراضي العشبية وأراضي المراعي أكثر من الأراضي الزراعية .
- أعدادها في الأراضي المزروعة أكثر من الأراضي البكر المجاورة .

أوجه الشبه بين Actinomycetes والفطريات

اعتقد سابقا ان الاكتينومايسيتات هي فطريات للتشابه الكبير بين الاثنين من خلال :

- 1- تتكون الفطريات من الماسيليوم الذي هو عبارة عن مجموعة من الهائفات وكذلك الاكتينومايسيتات .
- 2- تتكاثر الفطريات لا جنسيا بواسطة الكونديا والسبورانجيا سبور وقسم من الفطريات تتكاثر بتجزؤ الهائفا وكذلك الاكتينومايسيتات
- 3- نمو مستعمرات الاكتينومايسيتات على الأوساط الغذائية الصلبة المتشابهة لنمو مستعمرات الفطريات .

ولكن الدراسات اثبتت بما لايقبل الشك بان الاكتينومايسيتات هي بكتريا بسبب أوجه التشابه التالية :

أوجه الشبه بين Actinomycetes والبكتريا

- 1- خلية بكتريا prokaryote خلية عديمة الغشاء النووي وكذلك الاكتوماسيتات .
- 2- التركيب الكيميائي لجدار خلية الاكتوماسيتات مشابهة للتركيب الكيميائي لجدار خلية البكتريا .
- 3- ماسيليوم الاكتوماسيتات ذو قطر رفيع جدا ارفع بكثير من قطر ماسيليوم الفطريات وبذلك نمو مشابهة للبكتريا الخيطية .
- 4- جميع الاكتوماسيتات تكون G+Ve وبذلك تشابه البكتريا G+Ve .
- 5- الاكتوماسيتات تفضل التربة المتعادلة والمائلة للقاعدية وكذلك البكتريا .
- 6- حاسية الاكتوماسيتات للمضادات الحيوية مشابهة لحاسة البكتريا لذلك تضيف الاكتوماسيتات في الوقت الحاضر في البكتريا .

2 - مجموعة فطريات التربة Soil Fungi

الفطريات كائنات حية حقيقية النواة ، تقسم إلى قسمين هما :

أ- الاعفان Molds متعددة الخلايا

ب- الخمائر Yeasts وحيدة الخلية

يتكون العفن من المايسيليوم Mycelium وهو عبارة عن كتل خيوط رفيعة تسمى الهايفات hyphae

تقسم الهايفات إلى قسمين :

1- الهايفات الخضرية Vegetative hyphae : أهميتها إنها تمتد داخل الوسط الغذائي للحصول على الغذاء .

2 - الهايفات التكاثرية أو الهوائية Fertile or Aerial

أهميتها إنها تحمل الأعضاء التكاثرية وتقسم إلى قسمين :

• Conidiophore تحمل الكونيديات

• Sporangiphore تحمل السبورات داخل السبورانجيوم

جميع الفطريات عديمة الكلوروفيل تحتاج إلى غذاء عضوي
جاهز متباينة التغذية كيميائية . chemoheterotrophs
والهايفات بصورة عامة قد تكون مقسمة أحادية النواة و متعددة النواة
وقد تكون غير مقسمة لتكون خلية واحدة متعددة الانوية .

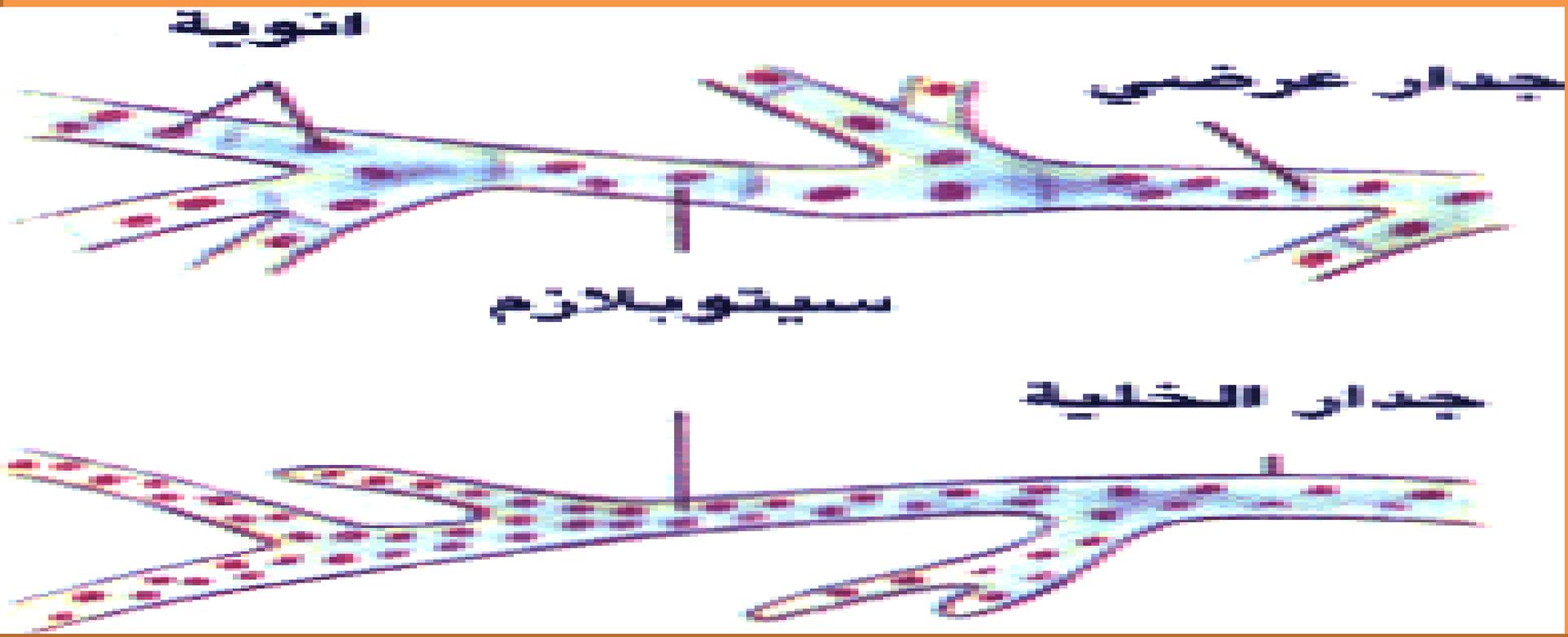
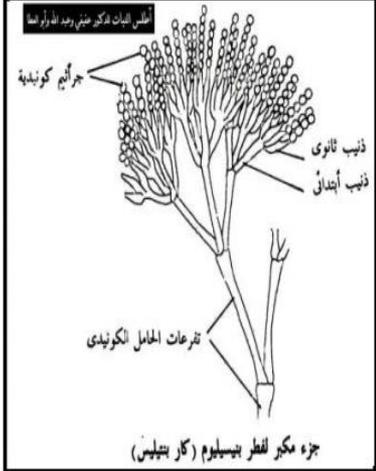




Photo: Jamil. F. Jaber



جزء مكبر للفطر البسيلوم (كار بيليس)



Rhizopus spp



Mucor spp

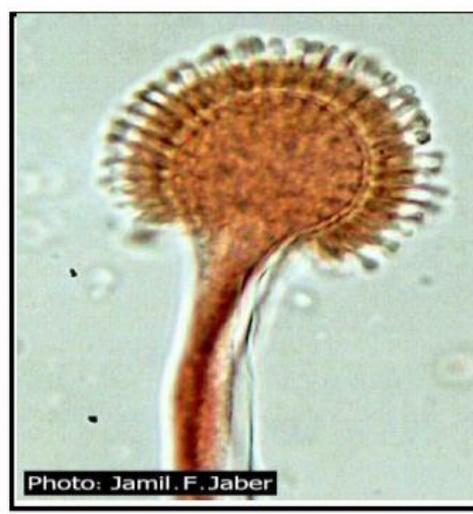
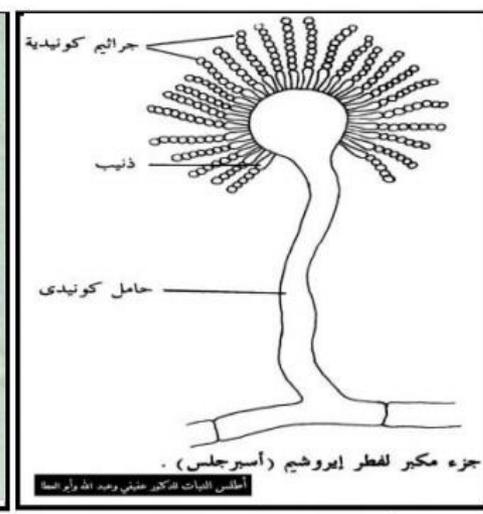


Photo: Jamil. F. Jaber



جزء مكبر لفطر ابروشيم (اسبرجيس)

أطلس النبات للفكر علمي وعبد الله وارث

Aspergillus spp

تتكاثر الفطريات **لا جنسيا** بتكوين الكونيديات **Conidia** أو بتكوين
السيبورا انجوسبوريات **Sporangiospores** أو **بالتبرعم Budding**
بالنسبة للخمائر. ويمكن لقسم من الفطريات إن تتكاثر جنسيا بتكوين
سيبورات جنسية مختلفة الأنواع حسب جنس الفطر .

تصنيف فطريات التربة

Kingdom : plant or protista or fungi

Division : Mycota

Subdivision : 1- Eumycotina

2- Myxomycotina

الفطريات الحقيقية

الفطريات اللزجة

Myxomycotina (الاعفان اللزجة) : هي كائنات حية رمية التغذية Saprophyte. أمثلة :

Acrasis

الفطريات الحقيقية Eumycotina :

تقسم الفطريات الحقيقية (الاعفان والخمائر) إلى :

Class 1: Deuteromycetes or (Hyphomycetes)
الفطريات الناقصة

تتميز بأنها لا تتكاثر جنسيا و إنما تتكاثر لا جنسيا فقط بتكوين الكونيديات ، والهايفات مقسمة. معظم فطريات التربة والتي تنمو على بيئة مارتن تابعة لهذا القسم منها :

*Penicillium , Aspergillus , Alternaria , Fusarium ,
Trichoderma , Monilia , Rhizoctonia ,*

Class 2 : Zygomycetes

الزايكومايسيتات

تتكاثر جنسيا بتكوين سبورات جنسية تسمى السبورات الزيجية
(الزايكوسبور) **Zygosporos**، وتتكاثر لا جنسيا بتكوين
السبورانجيوسبورات. الأمثلة : **Rhizopus , Mucor** ,

Class 3: Ascomycetes or (Pyrenomycetes)

الفطريات الكيسية

يمكن تقسيمها إلى قسمين :

الأول : الفطريات الكيسية الحقيقية *Euascomycetidae*

التي تتكاثر لا جنسيا بالكونيديات أو سبورانجيوسبور و جنسيا بتكوين سبورات كيسية *ascospores* كل ثمانية داخل كيس يسمى *ascus*، وتتميز في إن الأكياس السبورية تكون داخل تراكيب متخصصة تسمى *ascocarps* مثل : *Sordaria , Neurospora* .

القسم الثاني : يشمل الفطريات الكيسية الشبيهة *Hemiascomycetidae* أو الخمائر *yeasts* : التي تتكاثر لا جنسيا بالتبرعم أو الانقسام و جنسيا بتكوين الأكياس السبورية التي لا تكون داخل تراكيب ال *ascocarps*. أي في حالة الخميرة تكون الأكياس السبورية مكشوفة مثل : *Candida , Torula* ,

Zygosaccharomyces

Class 4 : Basidiomycetes or (Hymenomycetes)

الفطريات الباسيدية

تتكاثر جنسيا بتكوين سبورات جنسية تسمى basidiospores كل أربعة منها تكون محمولة على تراكيب متخصصة تسمى باسيديوم basidium ، ولا جنسيا بالكونيديا أو سبورانجيوسبور. أمثلة :

Agaricus , Glomus

Class 5 : Oomycetes الفطريات البيضية

تتكاثر جنسيا بتكوين سبورات جنسية تسمى السبورات البيضية Oospores ولا جنسيا بتكوين سبورات لا جنسية تسمى Zoospores كل منها يتحرك باثنين من الاسواط. أمثلة :

Pythium , Phytophthora,

Class 6 : Chytridiomycetes

الكتريديومايسيتات

تشابه سابقتها ما عدا تحرك Zoospores بواسطة سوط واحد فقط .
مثل : *Olpidium* ,

Rhizophidium .

الطرق المستعملة في عد الفطريات في التربة

1- العد بالأطباق

2- طريقة الشرائح الزجاجية المدفونة .

ضعف طريقة الأطباق هي :

1- صعوبة معرفة ما إذا كانت المستعمرة نامية من سبور او جزء من مايسيليوم
أو من مايسيليوم كامل .

2- اثناء عملية الرج لتحضير تخافيف التربة قد يتكسر المايسيليوم او تتكسر
كتلة الكونديات المتجمعة مع بعضها وكما انها سوف ينمو الى مستعمرة جديدة

واجب

سؤال : علل :

1- تسود الفطريات في الترب الحامضية .

2- تغيير الـ pH التربة يمكن أن يكون له دور مهم في القضاء على الفطريات المرضية .

سؤال : علل :

1- تسود الفطريات في الترب الحامضية .

الجواب: لقلة منافسة البكتريا لها على المواد الغذائية تحت هذه الظروف ، إذ إن الفطريات اقل حساسية للزيادة في تركيز ايون الهيدروجين من البكتريا مما يجعلها تشكل نسبة كبيرة من الأحياء الأخرى في الظروف الحامضية .

2- تغيير الـ pH التربة يمكن أن يكون له دور مهم في القضاء على الفطريات المرضية .

الجواب: لان الفطريات تنمو في الظروف الحامضية فأى تغير في الـ pH نحو القاعدية يؤدي إلى إيقاف نمو تلك الفطريات ، فمثلا : يكثر مسبب المرض الذي يصيب العائلة الباذنجانية *Plasmodiophora brassicae* في الترب الحامضية ، فإضافة CaCO_3 إلى مثل هذه الترب يمكن أن يقضي على مسبب المرض بصورة نهائية والعكس صحيح بالنسبة لأنواع أخرى .

وظائف فطريات التربة

1- تحليل الأسمدة العضوية المضافة للتربة وتحرير العناصر الغذائية المختلفة .

2- قسم من الفطريات تكون تراكيب معقدة شبيهة بـ **Humus** التربة تسمى **Melanine** ومنها الأجناس التالية :

Aspergillus Humicola

Alternaria

Cladosporium

3- قسم من الفطريات تفيد في مكافحة البايولوجية .

4- يفيد قسم من الفطريات في إنتاج المضادات الحيوية كفطر *Penicillium* .

5- تفيد في تحسين تركيب التربة عن طريق ربط حبيبات التربة بواسطة الهايفات .

6- يفيد قسم منها في تحويل الفسفور الغير جاهز للنبات إلى فسفور جاهز كفطريات المايكورايزا *Mycorrhizae* والتي منها الجنس *Glomus* .

7- قسم من الفطريات تسبب أمراض للنبات ومنها :

Fusarium

Pythium

Rhizoctonia

Phytophthora

8- قسم منها يسبب أمراض للإنسان والحيوان .

الطحالب: هي عبارة عن كائنات حية تتبع المملكة النباتية أو مملكة البروتيستا Protista وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا (خيطية) ، جميعها تحتوي على الكلوروفيل لذلك تعتبر Photoautotrophs . جميع خلايا الطحالب هي Eukaryote ما عدا الطحالب الخضراء المزرقة هي Prokaryote . بالرغم من إن طحالب التربة توجد على سطح أو على عمق التربة (5- 10سم) من سطح التربة لأنها Photoautotrophs إلا أنها وجدت في أعماق التربة (حتى عمق متر من سطح التربة) **وتعليل ذلك هو:** إما إنها انتقلت إلى أعماق التربة بواسطة مياه الأمطار أو الحشرات وتبقى ساكنة أو انه هناك طحالب ممكن أن تعيش اعتمادا على المادة العضوية كمصدر للطاقة والكربون Chemoheterotrophic .

تصنيف الطحالب

تصنف الطحالب ضمن المملكة النباتية او البروتستا تضم طحالب
التربة الأقسام التالية :

1- الطحالب الخضراء Chlorophyta :

2- البنية الذهبية (الدايتومات Bacilarophyta (Diatoms) :

3- الطحالب الخضراء المزرقة Cyanophyta :

4- الطحالب الخضراء المصفرة Xanthophyta :

الطحالب الخضراء المزرقة Cyanophyta :

اما ان تكون وحيدة الخلية او تتكون من خيوط filaments متفرعة
او غير متفرعة وهي تحتوي على صبغات متخصصة مثل
phycoerythrin, phycocyanin بالإضافة إلى صبغة
الـ chlorophyll وصبغة الـ carotened .

تمتاز بحساسيتها لحموضة التربة حيث يقل عددها أو انعدامها عند الـ pH اقل من 5.2 وتفضل الوسط المتعادل أو المائل قليلا إلى القاعدية ويتراوح ما بين (7.0- 8.5) وعملية تثبيت النتروجين تظهر عند الـ pH (6.0- 9.0) . معظم الطحالب الخضراء المزرققة في داخلها تراكيب كيسية تسمى الأكياس المتغيرة hetetrocysts تتم فيها عملية تثبيت النتروجين الجوي بصورة حرة ، وهذه الوظيفة تعد أهم الوظائف التي تقوم بها طحالب التربة الخضراء المزرققة ، وقد ظهر حديثا بعض من الطحالب الخضراء المزرققة بدون أكياس ولها القدرة على تثبيت النتروجين الجوي بصورة حرة تحت ظروف خاصة مثل تراكيز الأوكسجين منخفضة . تتم طريقة تكاثرها بصورة رئيسية بالانقسام أو التجزؤ .

لهذه الطحالب أهمية خاصة في حقول الرز أو الأراضي المتغدقة حيث أماكن تواجدها المفضلة .

وظائف طحالب التربة

1- تقوم بعملية التمثيل الضوئي وتحول CO_2 الجوي إلى كربون عضوي ولذلك فهي المسؤولة عن زيادة الكربون العضوي في التربة .

2- يتم تجوية الصخور Weathering حيويا بتكوين حامض الكربونيك من CO_2 الناتج من تنفس الطحالب أو من نواتج تحليل البكتريا والفطريات إنزيميا للطحالب.

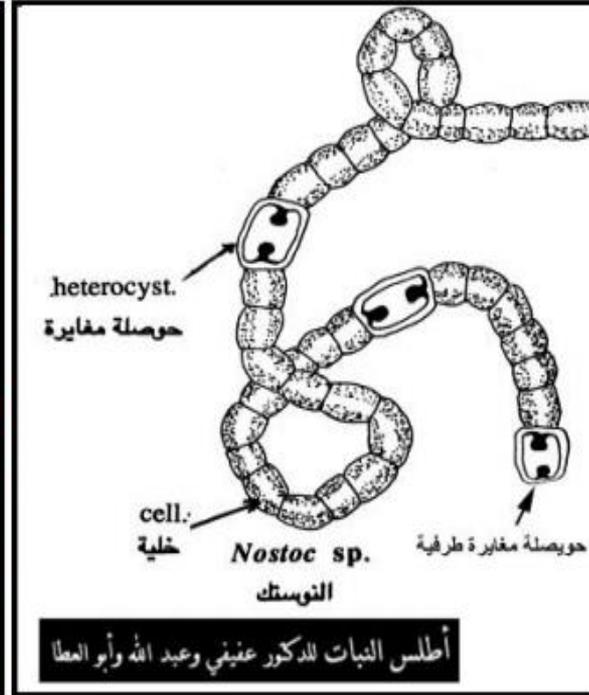
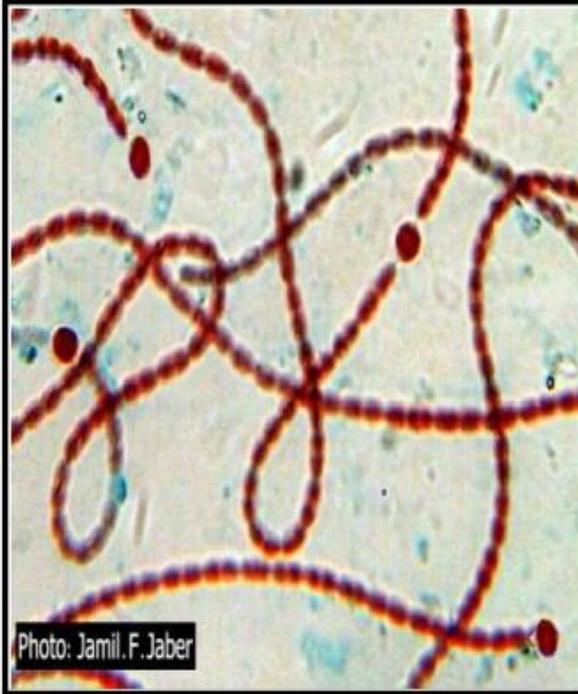
3- تفيد الطحالب الخيطية في تحسين تركيب التربة عن طريق ربط حبيبات التربة مع بعضها حيث تعمل النموات السطحية على تجميع حبيبات التربة (إما عن طريق خلاياها او المواد اللزجة التي تفرزها) فتقلل من عمليات انجرافها ، فعند سقوط الأمطار على الأراضي الصحراوية تنمو الطحالب بغزارة على سطح التربة متزيد من صلابة القشرة السطحية وتمنع انجرافها .

- 4- تفيد بعض الطحالب الخضراء المزرقة في زيادة نتروجين التربة ، إذ إن لها دور كبير في تثبيت النتروجين بايولوجيا بصورة حرة بالتربة مثل *Nostoc* ، *Chroococcus* ، إذ تلقح بها حقول الرز ،
- 5-تفيد الطحالب في تزويد الأوكسجين للنباتات وبصورة خاصة نباتات الرز لقيامها بعملية التركيب الضوئي وتخزين الأوكسجين .
- 6- توجد بعض الأبحاث التي تدل على ان وجودها ينشط او يزيد من سرعة تثبيت النتروجين الجوي عن طريق تنشيط ومساعدة بكتريا الازوتوباكتر *Azotobacter* بزيادة الأوكسجين .

دراسة أعداد طحالب التربة

- 1- العد المباشر بالميكروسكوب : كما في البكتريا
- 2- العد الأكثر احتمالا
The most probable Number
technique: وهي تعتبر أحسن طريقة لعد الطحالب .

الطحالب الخضراء المزرقة :



Nostoc

اكتب تقريراً عن الطحالب الخضراء المزرقة متضمناً الأتي :

- 1- أهم أنواعها المثبتة للنتروجين المستعملة في حقول الرز .
 - 2- كمية النتروجين المثبتة بواسطة الطحالب الخضراء المزرقة في حقول الرز .
 - 3- إنتاجها لاستعمالها حقلياً .
 - 4- طريقة إضافتها في الحقل .
 - 5- استخدامها كلقاح في مزارع الرز .
-

4- مجموعة ابتدائيات التربة Soil Protozoa

كائنات حية وحيدة الخلية تابعة للمملكة الحيوانية أو ضمن مملكة البروتستا ، خليتها من نوع Eukaryote ، تتغذى بصورة رئيسية على المركبات العضوية وعلى بكتريا التربة فهي تصنف بالنسبة لمصدر الكربون والطاقة بـ Chemoheterotrophs ، قسم منها ممكن أن تقاوم الظروف الغير ملائمة عن طريق التكييس Cyst .

تصنيف ابتدائيات التربة (البروتوزوا)

تصنف ابتدائيات التربة بالنسبة لطريقة الحركة إلى أربعة أقسام :

1- Mastigophora

السوطيات

وهي التي تتحرك بالاسواط وتقسم إلى قسمين :

a- Phytomastigophora

وهي التي تعتبر مرحلة وسطية بين الطحالب والبروتوزوا ، إذ إن جميعها تحتوي على الكلوروفيل كما في الجنس *Euglena* .

b- Zoomastigophora

وهي تشمل باقي البروتوزوا التي لا تحتوي على الكلوروفيل ومنها
الأجناس : *Cercobodo* *Bodo*

Monas

2- Sarodina **الاميبيات**

وهي تتحرك بواسطة الأقدام الكاذبة *Pseudopodia* ومنها الأجناس :

Amoeba *Trichamoaba* *Biomyxa*

3- Ciliophora **الهدبيات**

وهي البروتوزوا التي تتحرك بواسطة الأهداب ومنها :

Paramecium *Colpoda*

Vorticella

4-Sporozoa **الطفيلية**

وهي البروتوزوا الطفيلية التي لا تحتوي على أعضاء للحركة (غير متحركة)

أهمية البرتوزوا

بما إن البروتوزوا تتغذى على البكتيريا لذلك قد تكون مفيدة (تقضي على البكتيريا الضارة)، أو قد تكون ضارة (تقضي على البكتيريا المفيدة . كذلك قد تفيد في قيامها بعملية تحليل المادة العضوية المضافة للتربة وتحرير العناصر الغذائية المختلفة .

الفطريات الجذرية (المايكورايزا Mycorrhizae)

فطريات المايكورايزا هي فطريات من نوع Soil born ، تعيش وتولد وتنمو وتتشا وتتكاثر في التربة ، بدأ تاريخ المايكورايزا منذ عام ١٨٨٥ حيث قدم العالم الألماني ألبرت برنارد فرانك Albert Bernard Frank (Frank ، ١٨٨٥) ، في دراسته حول علاقات التربة الميكروبية - النبات مصطلح يوناني 'mycorrhiza' والذي يعني حرفيا "جذور الفطريات، اي تتكون من مقطعين Myco وتعني فطر و rhiza وتعني جذر، ولهذا يعد هذا العالم أول من استعمل مصطلح المايكورايزا (Mycorrhizae) لوصف العلاقة التعايشية التبادلية غير المرضية بين هذه الفطريات وجذور نباتات من العائلة البلوطية Cupuliferace ، ولكنها اهملت دراستها من قبل العلماء لاسباب عديدة منها :

أ- إن الإصابة infection بفطريات المايكورايزا لا تترك تأثيرا واضحا على العائل المصاب .

ب- الاستجابة للإصابة respon for infection : ان الإصابة بالمايكورايزا تحدث استجابة بالنمو وهذا يتطلب وجود مقارنة control حيث تكون الاستجابة ضعيفة في المنطقة الخالية من المايكورايزا ، هذه الامور جعلت الباحثين يعزفون عن دراسة المايكورايزا ، اذ لا يوجد نبات Control مع المنطقة المصابة للمقارنة .

المايكورايزا هي شكل من اشكال العلاقات التعايشية تبادل المنفعة (mutualism) بين جذور النباتات ، وتتشكل هذه العلاقات بطريقة مشابهة لتلك التي تكونها بكتريا العقد الجذرية في البقوليات . وهي علاقات مفيدة وغير مرضية وقد نالت المزيد من الاهتمام للفوائد البيئية والفسلجية الكبيرة التي تقدمها للنباتات المصابة بها ولدورها المهم والايجابي في تغذية النبات من خلال

تحسين امتصاص معظم المغذيات الكبرى والصغرى من قبل العائل النباتي ، فضلا عن ان النباتات المصابة بها تكون اكبر حجما وفضل نموا وانتاجا من النباتات غير المصابة بها وبالمقابل فان فطريات المايكورايزا تعتمد على اخذ مصدر للطاقة من العائل النباتي ، حيث ان النباتات تعطي الكربوهيدرات للمايكورايزا.

تقسم فطريات المايكورايزا إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

1- المايكورايزا الخارجية (Ectomycorrhiza) تكون غلafa

فطريا سمىكا حول الجذر يدعى Sheath أو Mantal دون ان تخترق مايسليوم الفطر الخلايا الحية للجذر ،والعائل النباتي لها أشجار الغابات كاليوكالبتوس والبلوط والصنوبر .

2- المايكورايزا الداخلية (Endomycorrhiza) وهي الفطريات

الحويصلية الشجيرية وتتميز بعدم تكوينها غلاف فطري خارجي ولكنها تمتاز باختراقها لأنسجة قشرة الجذر وتكون تراكيب

متفرعة داخل خلايا الجذر تدعى الشجيرات (Arbuscules)

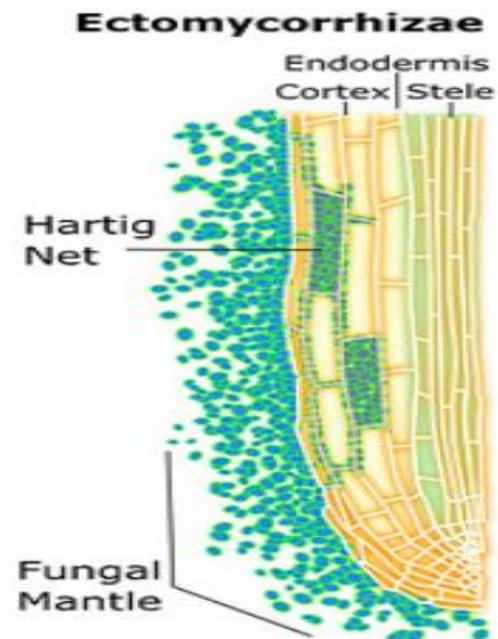
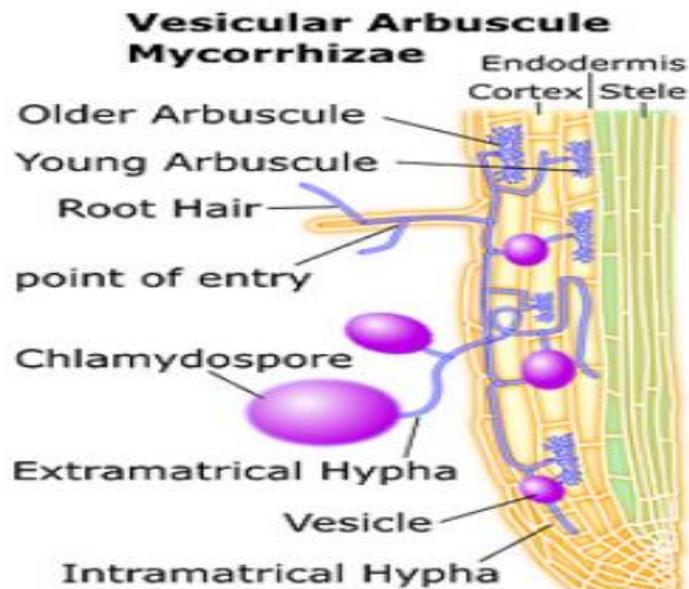
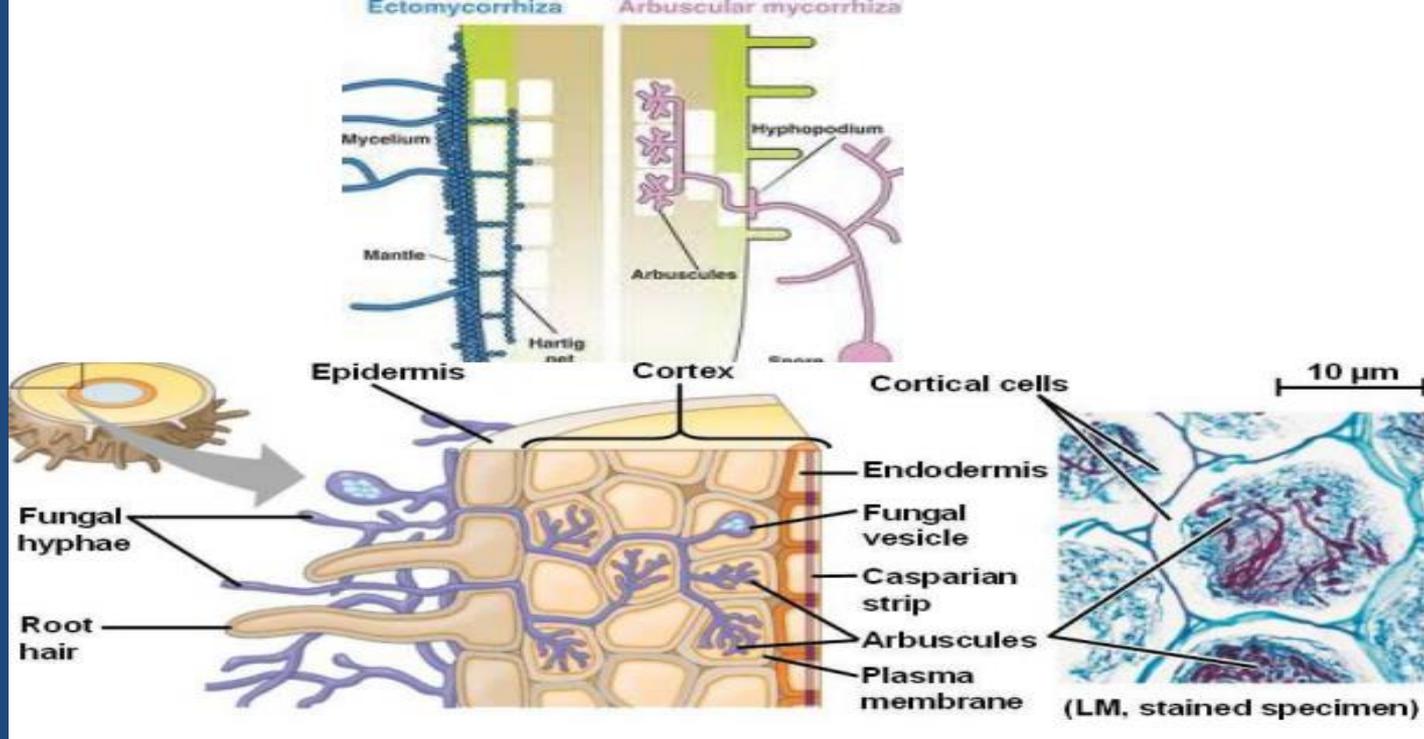
(AM) وتراكيب أخرى منتفخة تدعى الحويصلات (Vesicles)

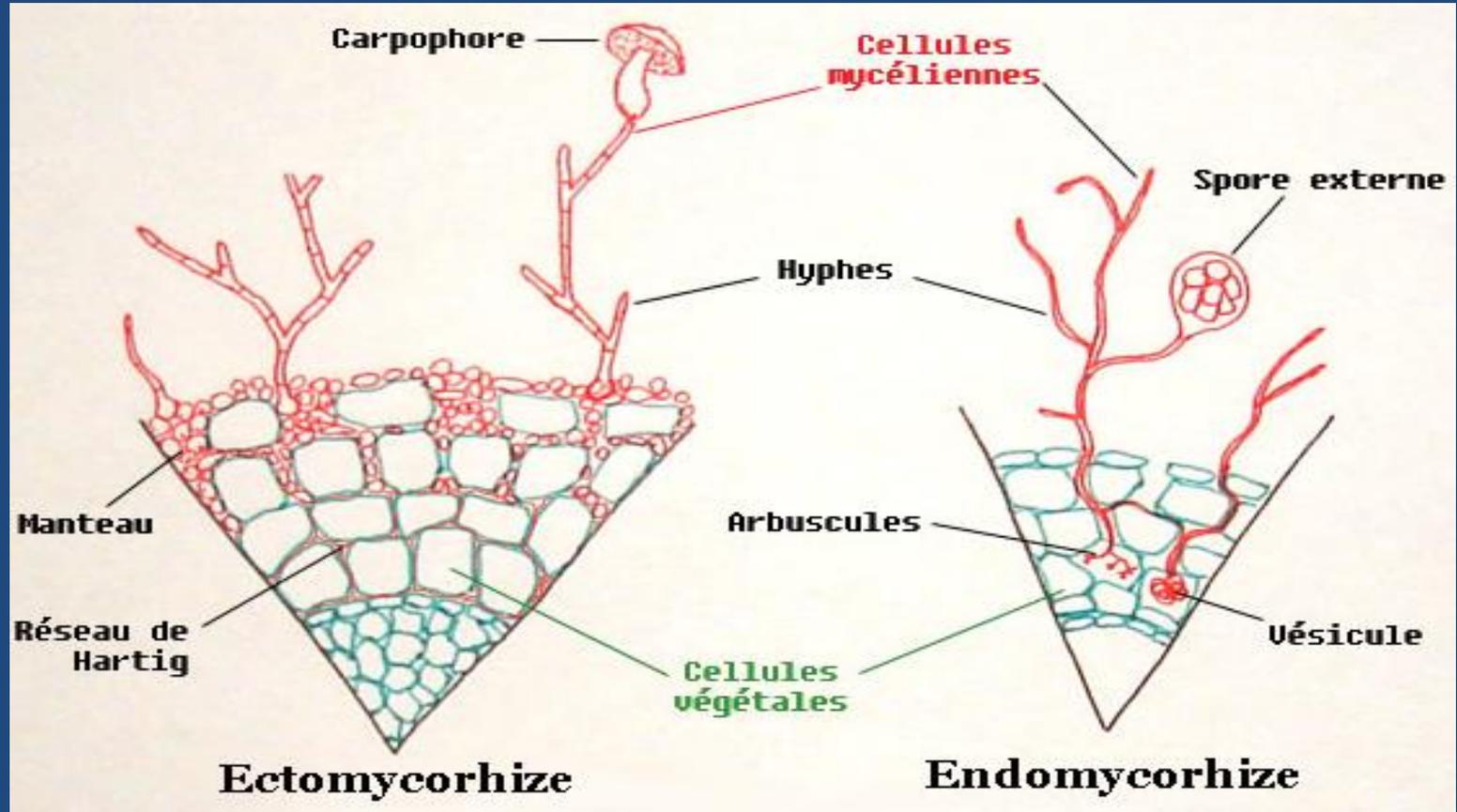
لذا تسمى المايكورايزا الحويصلية الشجيرية (VAM).

3- المايكورايزا الخارجية الداخلية (Ectoendomycorriza)

وتتميز بأنها تمتلك خصائص كل من المايكورايزا الداخلية والخارجية فهي تكون غلاف فطري خارجي وتخرق أنسجة قشرة الجذر الداخلية .

ومن أكثر أنواع المايكورايزا انتشارا وأهمية من الناحية البيئية والفسلجية والاقتصادية هي فطريات المايكورايزا الداخلية (VAM) وذلك لكونها تصيب أغلب المحاصيل الاقتصادية مثل الحنطة ، الشعير ، الذرة ، القطن ومحاصيل الخضر ، ومن أهم محددات انتشارها هو انعدام مقدرتها على النمو في الأوساط الصناعية كونها إجبارية التغذية على المادة الحية (Heterotrophic) ، تحت هذا النوع يمكن ان نميز الأجناس المهمة : (*Glomus* , *Gigaspora* , *Acaulospora* , *Sclerocystis*) ويعد الجنس *Glomus* أهمها وأكثرها انتشارا ومن أنواعه (*G.mosseae* , *G.fasciculatum* , *G.leptoticum* , *G.etunicatum* , *G.intraradices*). وان الجنس (*Glomus*) يسود في الترب العراقية بسبب ملائمتها له من حيث درجة الـ (pH) القاعدي وظروف الحرارة العالية .





مقارنة بين المايكورايزا الداخلية والخارجية

س1: ما هو السبب الذي يحد من إمكانية إنتاج كميات واسعة أو كبيرة

من اللقاح للإنتاج الصناعي ؟

س2: ما وظيفة كل من الحويصلات والشجيرات ؟

تأثير المايكورايزا في نمو النبات

إن فطريات المايكورايزا تصيب العائل النباتي مسببة زيادة واضحة في الأوزان الجافة للمحاصيل ،إي إن إضافة اللقاح يتسبب في حصول تسارع في معدل النمو النسبي للنبات وبذلك تكون العلاقة بين منحنى النمو وبين لقاح المايكورايزا علاقة موجبة في الغالب .

يعتمد هذا المنحنى على عدة عوامل أهمها :

1- كمية الفسفور الجاهز للنبات .

2- قدرة التربة على امتزاز الفسفور .

ان منحنى الاستجابة للمايكورايزا يظهر لنا مقارنة أفقية :

أولاً: دور المايكورايزا في تشجيع امتصاص العناصر الغذائية: 1- تأثير المايكورايزا الداخلية في امتصاص الفسفور

الآليات التي تفسر زيادة امتصاص الفسفور في النباتات الملقحة بفطريات المايكورايزا هي :

أ- استكشاف مناطق بعيدة عن متناول الجذور .

ب- تحوير بيئة الجذر.

ج- تقليل المسافة التي يقطعها الفسفور بالانتشار .

د- السرعة العالية لانتقال الفسفور خلال الهايفا مقارنة بانتقاله في الجذور.

هـ- القدرة العالية للخيوط الفطرية على امتصاص الفسفور من التراكيز الواطئة لهذا العنصر من محلول التربة.

و- قدرتها المتوقعة على استغلال مصادر الفوسفات غير الجاهزة كصخر الفوسفات وفوسفات الكالسيوم الثلاثية ومسحوق العظام .

ز- إن للجذور المصابة ألفة عالية للفوسفات مقارنة بالجذور غير مايكورايزية.

2- تأثير المايكورايزا الداخلية في امتصاص العناصر الأخرى .

مقدرتها على زيادة تركيز عناصر أخرى في أنسجة النبات مثل النروجين والبوتاسيوم والمغنسيوم والنحاس والحديد .

ثانيا :التأثيرات المحفزة للنمو

1- منظمات النمو .

2- تحسين العلاقات المائية وزيادة مقاومة النبات للجفاف .

3 - زيادة مقاومة النبات لتحمل الدرجات العالية من الملوحة .

4- تحسين بناء التربة وتجميع حبيباتها .

5- السيطرة الحيوية .

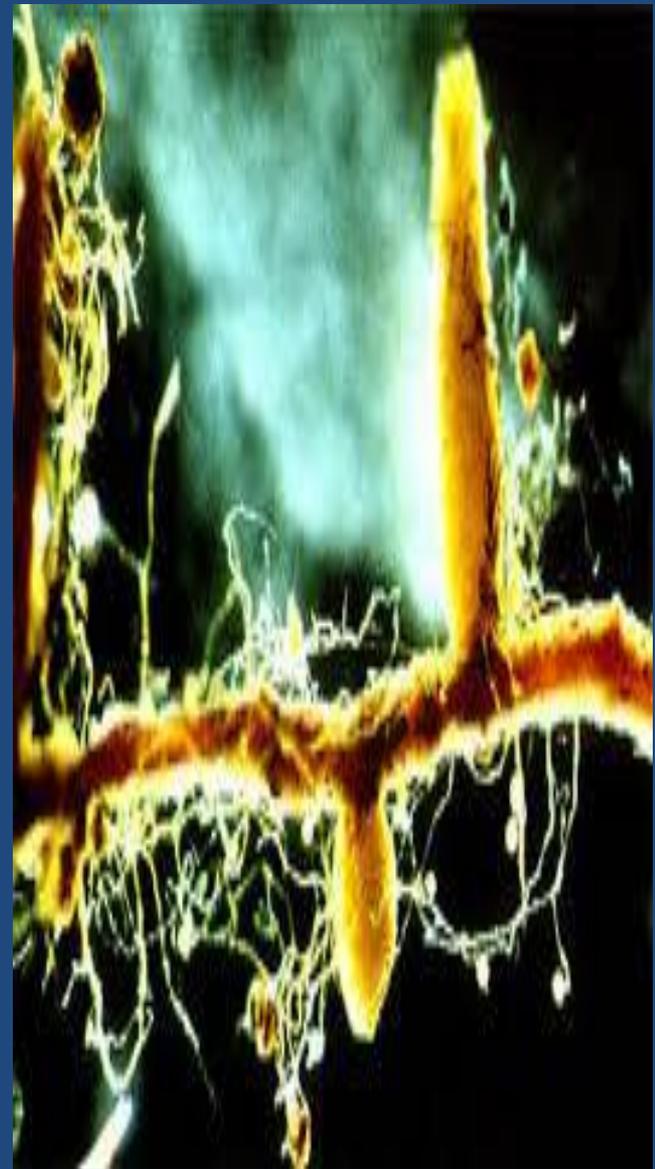
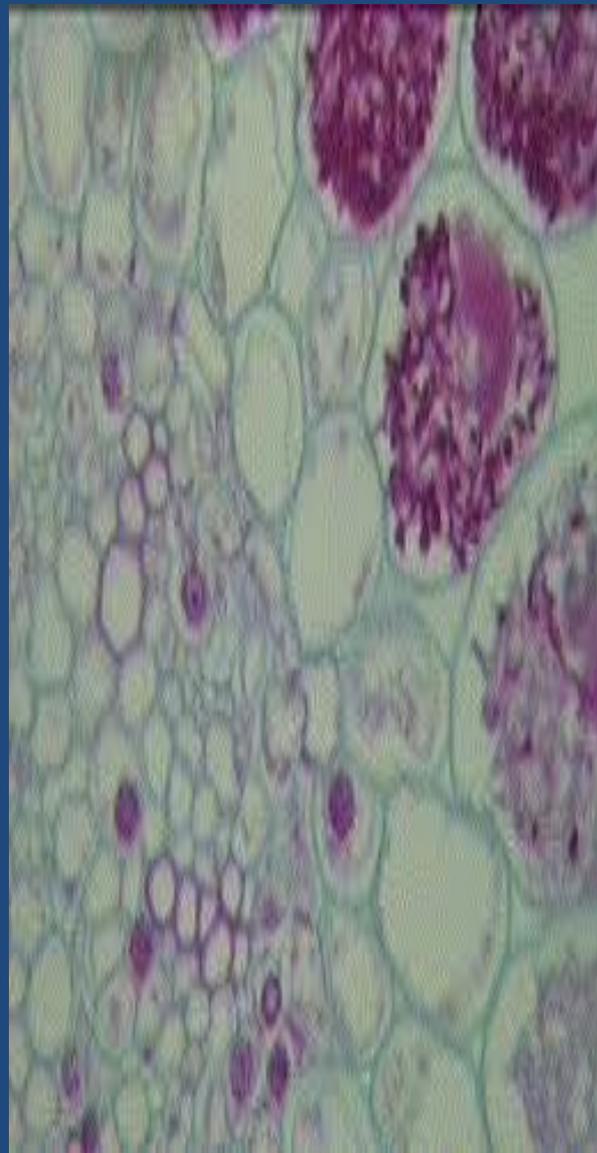
6- يعد التأثيرها الأكثر أهمية هو مقدرتها على تحسين عملية

التثبيت الجوي للنروجين بنوعيه التعايشي وغير التعايشي.

اكتب تقريراً عن المايكورايزا متضمناً الآتي :

- 1- العوامل المؤثرة على نشاط المايكورايزا.
- 2- الآليات التي تعمل بها المايكورايزا على تحسين العلاقات المائية وتأثيره في خفض جهد الماء .
- 3- الآليات التي بواسطتها تستطيع المايكورايزا من تحسين نمو النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي .
- 4 - الآليات التي يمكن ان تفسر كيف تستطيع فطريات المايكورايزا إكساب العائل النباتي مقاومة المسببات المرضية .

Mycorrhizae



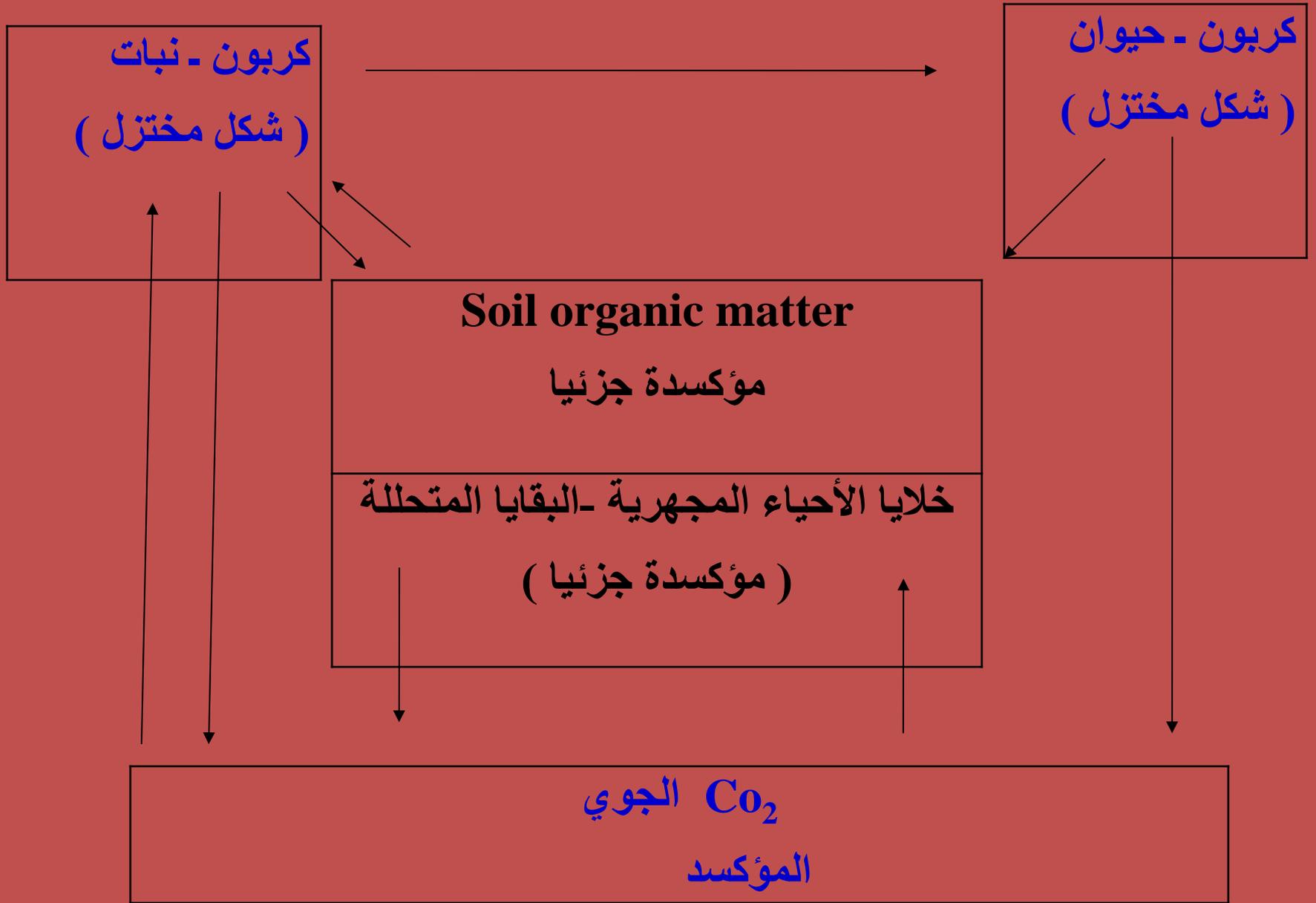
إلى حد الآن نكون قد انتهينا من أحياء التربة المجهرية **Microfona** التي لا ترى بالعين المجردة ، إضافة إلى ذلك تحتوي التربة على أحياء كبيرة نوعا ما التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة والتي تسمى حيوانات التربة **Macrofona** التي يكون لها دور مهم جدا في عمليات تحسين التربة والتهوية و نفاذية الماء أثناء حركتها داخل التربة وتحليل المخلفات . ومن حيوانات التربة ديدان الأرض **Erthworms** والنمل الأبيض **termites** والنمل الاعتيادي **ants** . إضافة إلى الديدان الخيطية **Nematodes** التي هي عبارة عن ديدان صغيرة مدورة يتراوح طولها بين 0.5-4 ملم ، تتغذى على حساب بكتريا التربة لذلك فهي قد تكون ضارة أو نافعة .

دورة الكربون Carbon cycle :

يعد الكربون من العناصر المهمة في بناء الخلية ، إذ انه عنصر مهم في تركيب البروتوبلازم وتتراوح نسبته في خلايا الكائنات المجهرية حوالي (40% – 50%) من الوزن الجاف . إذ تحصل عليه من غاز CO_2 الموجود بكمية محدودة تبلغ حوالي (0.03%) من مكونات الهواء الجوي .

تتمثل دورة الكربون في الطبيعة بتحويل غاز CO_2 اللاعضوي إلى الحالة العضوية بفعل الكائنات الذاتية التغذية الضوئية (النباتات الخضراء ، الطحالب) ثم يعاد تكوينه مرة أخرى إلى حالته المعدنية (CO_2) الذي ينطلق مرة أخرى إلى الهواء الجوي لضمان استمرار الحياة للكائنات الراقية .

إن قسماً من النباتات يرجع إلى التربة كمخلفات نباتية والقسم الآخر يؤكل من قبل الحيوانات وهذا أيضاً يرجع إلى التربة ، إضافة إلى ذلك فالأحياء المجهرية التي تموت بسبب قلة الغذاء أو لأسباب أخرى أيضاً تكون مصدراً من مصادر المادة العضوية في التربة . ، جميع هذه المواد مصيرها التحلل الميكروبي إلى مكوناتها المعدنية الأصلية ومنها CO_2 .



شكل : دورة الكربون في الطبيعة .

كيمياء حيوية التربة Soil Biochemistry

قبل الدخول في التفاعلات الكيميائية التي لها علاقة بفعل الأحياء المجهرية ، نعطي بعض الاعتبارات الفسلجية في تغذية هذه الأحياء . فالعناصر الغذائية التي تستهلكها بصفة أساسية تؤدي ثلاث وظائف منفصلة هي :

- 1- تجهيز الكائنات الدقيقة العناصر اللازمة لتكوين بروتوبلازم الخلية
- 2- تجهيز الطاقة اللازمة لنمو الخلية وتفاعلات البناء الحيوية .
- 3- تعمل العناصر الغذائية كمستقبلات للإلكترونات المنطلقة من التفاعلات المنتجة للطاقة في الكائن الحي . ففي الكائنات الهوائية يستعمل الأوكسجين كمستقبل نهائي للإلكترونات أما في الكائنات اللاهوائية فإنها تستعمل مركبات عضوية ومعدنية كمستقبلات للإلكترونات .

النشاط الأنزيمي في التربة

أي تفاعل كيميائي بايولوجي لا يمكن أن يتم إلا بواسطة الأنزيمات ،
وجميع التفاعلات المايكروبايولوجية لا تتم إلا بوجود أنزيمات خاصة
بها ، ولكل تفاعل أنزيم خاص به يفرزه كائن حي متخصص . من
الممكن تقسيم الأنزيمات إلى قسمين :

1- Constitutive Enzymes

وهي الأنزيمات الموجودة في كل وقت داخل الخلية كأنزيمات
الكلايكوليس glycolysis وأنزيمات دورة الحامض الكربوكسيلي
الثلاثي (T.C.A) . وهي تخرج خارج الخلية فقط عند موتها أو
تحللها .

2- Inducible Enzymes

وهي تشمل الأنزيمات غير الموجودة بصورة طبيعية داخل الخلية ، وإنما تحفز وتتكون وتفرز خارج الخلية ، إذ تكونها الخلية كنتيجة لوجود مادة غذائية معينة (مركبات عضوية) داخل التربة ، فعند إضافة السليلوز إلى تربة ما سوف تقوم البكتريا الخاصة بتحليل السليلوز بإنتاج أنزيمات السيلوليز cellulases ، إذ يتحلل السليلوز إلى كلوكوز :

Cellulose \longrightarrow n glucose

وإضافة بروتين مثلا إلى تربة ما سوف يحفز البكتريا الخاصة بتحليل البروتين على إنتاج أنزيمات البروتينيز Protienases

Protien \longrightarrow Protienases \longrightarrow Amino acid

طريقة دراسة أنزيمات التربة

لدراسة نشاط أي أنزيم بالتربة نضيف المادة الغذائية التي يحللها ذلك الأنزيم بكمية من التربة مع وجود مادة مثبتة للقضاء على أحياء التربة المجهرية ومن ثم يدرس كمية ناتج التحلل .

فدراسة نشاط أنزيم Urease في تربة ما نقوم بأخذ كمية قليلة من التربة (٢ غم مثلا) ونضيف لها تركيز معين من اليوريا مع كمية قليلة من مادة مثبتة كالتلوين مثلا ، وتترك لمدة من الزمن ومن ثم تقاس كمية الامونيا الناتجة من تحلل اليوريا .

هناك عوامل عديدة تؤثر في النشاط الإنزيمي في التربة منها :

1- تركيز ايون الهيدروجين

2- الحرارة

3- ملوحة التربة

المادة العضوية Organic matter

يقصد بها بقايا النباتات والحيوانات غير المتحللة التي تضاف إلى التربة أو تقلب في التربة لغرض الإفادة منها سمادا عضويا . لذا فان مصادر المادة العضوية متعددة منها :

- أ- بقايا النباتات ومخلفاته .
 - ب- أنسجة الحيوان ومخلفاته .
 - ج- خلايا الأحياء المجهرية الميتة .
- تتركب المركبات العضوية النباتية من :

1- Cellulose	15 – 60 % of dry weight
2- Hemicellulose	10 – 30 % of dry weight
3- Proteins	5- 10 % of dry weight
4- Lignins	5- 30 % of dry weight

5- Starch

5- 30 % of dry weight

6-Simple sugars , Amino acids , Aliphatic acids

5- 30 % of dry weight

7- Fats , Oil , waxes

Less then 2 %

النسب أعلاه تختلف حسب النبات

طرق قياس درجة تحلل المادة العضوية .

1- قياس كمية CO_2 المتحررة من المادة العضوية .

2- قياس كمية الأوكسجين المستهلكة لأكسدة المادة العضوية .

3- تقدير النقص الحاصل في كمية المادة العضوية إما كيميائياً أو

بالوزن .

4- تتبع اختفاء المكونات العضوية كالسليولوز والهيميسليولوز أو

اللكتين وغيرها .

تحلل المادة العضوية

أهم وظيفة تقوم بها أحياء التربة المجهرية هي تحليل المادة العضوية إلى عناصرها المعدنية الأصلية من C , N , S وعناصر صغرى . إن تحلل المادة العضوية في التربة يخدم فعاليتين أساسيتين للأحياء المجهرية وهما تجهيز :

- ا- الطاقة اللازمة للنمو .
- ب- الكربون ، لتكوين مكونات الخلية الجديدة.

إن المراحل النهائية من التحلل هي :

1- توفير عناصر غذائية جاهزة للنبات (Co_2 وماء) .

2 - خلايا ميكروبية .

3- مواد سوداء تعرف بـ **Soil humic** التربة



تحلل المادة العضوية في التربة هو صفة لجميع الأحياء المتباينة التغذية **Hetrotrophs** ، وبصورة عامة إن تحلل المادة العضوية يستعمل كمؤشر لمستوى الفعالية المايكروبية ، ولذلك تختلف المجاميع المايكروبية في كفاءتها باستعمال الكربون العضوي وكما يلي :

1- الفطريات والفطريات الشعاعية : 30 % - 40 % من الكربون المستعمل .

2 -البكتريا الهوائية : تمثل من 5% - 10% من الكربون العضوي .

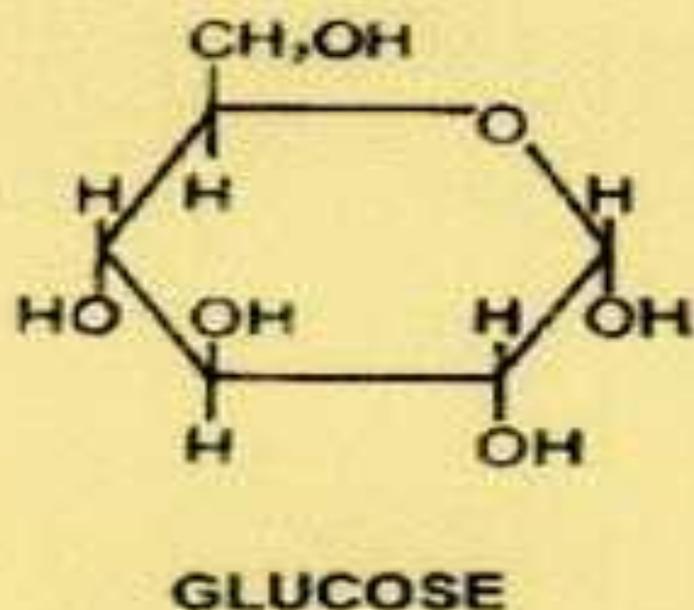
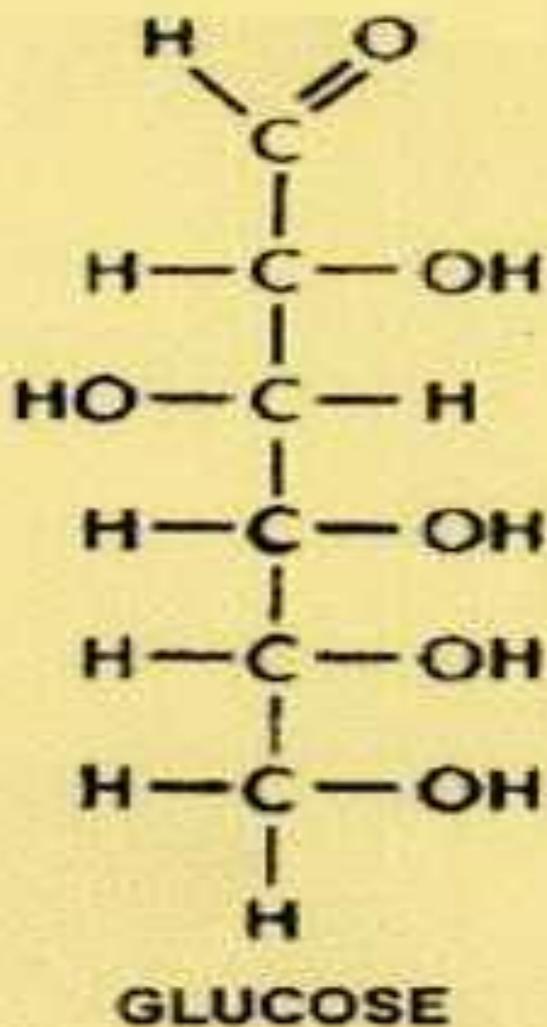
3-البكتريا اللاهوائية : تمثل حوالي 2% - 5% من الكربون العضوي .

بعض الأساسيات

إن دراسة ميكانيكية تحلل المركبات العضوية النباتية يحتاج إلى فهم واسع بأساسيات الكيمياء الحياتية ، سوف نبدأ بالتحلل الحيوي لأبسط المركبات النباتية وهي السكريات الأحادية متمثلة بتحلل الكلوكوز ثم ننتقل إلى المركبات الأكثر تعقيدا . وقبل دراسة تحلل أي مركب يجب أن نفهم التركيب الكيميائي لكل مركب ، أبسط وحدة تتكون منها السكريات المتعددة هو الكلوكوز .

1 - السكريات الأحادية : Monosaccharides : وتشمل كل من الكلوكوز ، الكالكتوز ، المانوز والسكريات الامينية .

شکل



جلوکوز - سکر العنب

• الفرق بين α - glucose و β - glucose هو إن الـ OH في ذرة الكربون رقم 1 في α - glucose تكون للأعلى وفي β - glucose تكون للأسفل .

• الكالكتوز هو كلوكوز ما عدا الـ OH بدل H و H بدل OH في ذرة الكربون رقم 4.

• المانوز هو كلوكوز ما عدا الـ OH بدل H و H بدل OH في ذرة الكربون رقم 2.

تركيب السكريات الامينية

- لو رفعنا الـ OH من الكلوكوز في ذرة الكربون رقم 2 وحل محله NH_2 فيتكون Glucoseamine .
- لو رفعنا الـ OH من المانوز في ذرة الكربون رقم 2 وحل محله NH_2 فيتكون Mannoseamine .
- لو تأكسدت CH_2OH إلى مجموعة COOH (في الكلوكوز) يسمى المركب الناتج Glucuronic acid .
- لو حل محل CH_2OH ذرة هيدروجين (في الكلوكوز) يسمى المركب الناتج السايلوز Xylose .
- Arabinose عبارة عن الكالكتوز ماعدا CH_2OH يحل محل H .

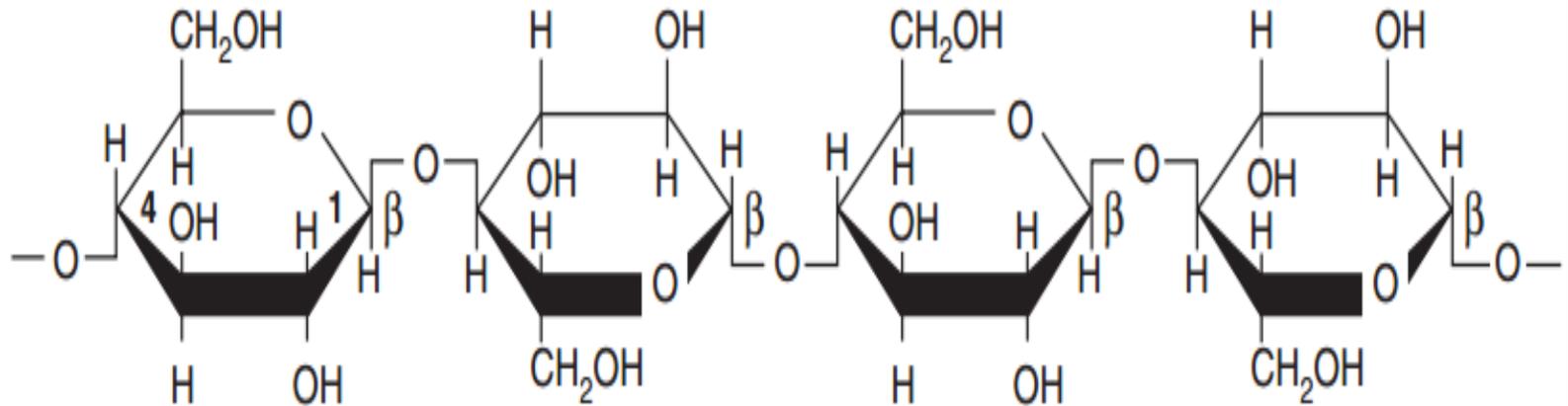
2-السكريات المتعددة Polysaccharides : وتشمل السليلوز ،

الهيميسليلوز، النشا ، الكايتين

تركيب السليلوز Cellulose

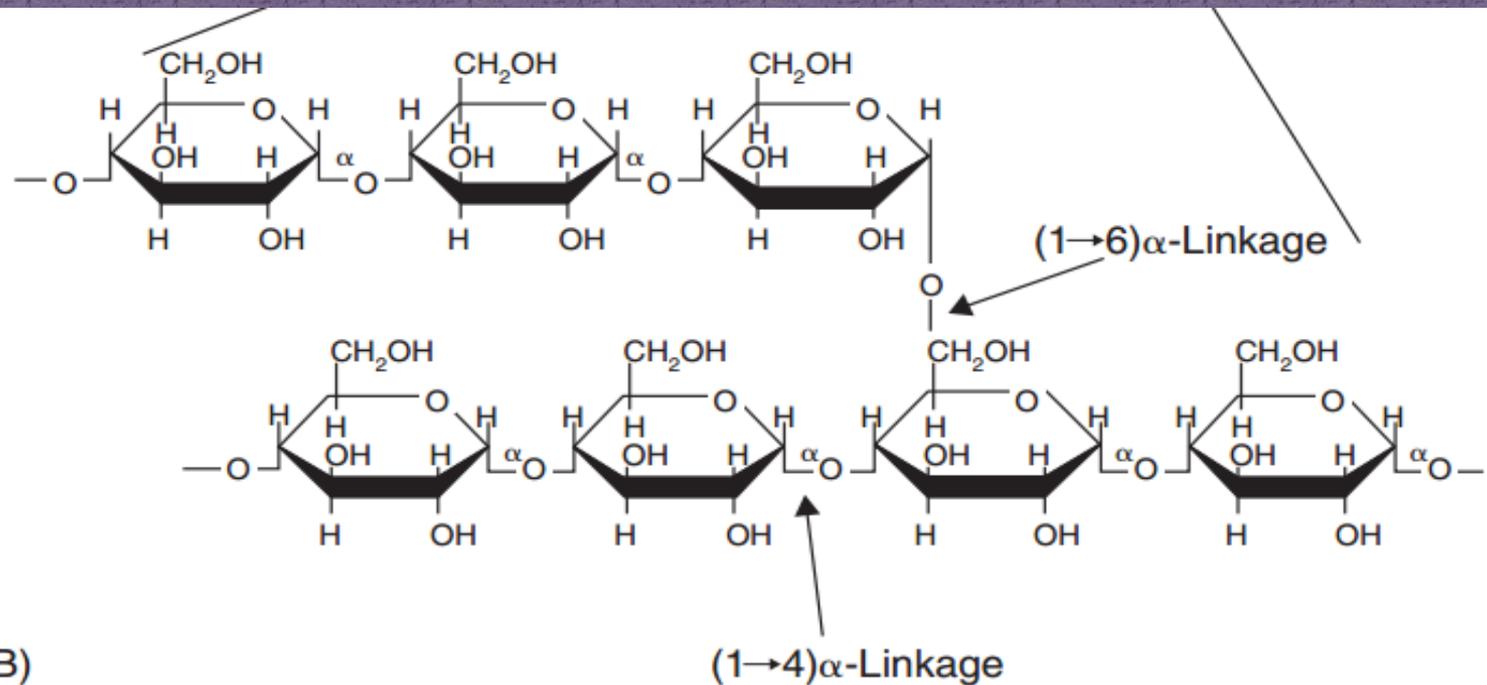
السليلوز عبارة عن مادة كربوهيدراتية تتكون من مجموعة كبيرة من جزيئات الكلوكوز مرتبطة مع بعضها برابطة β -1,4 ، الأصرة تسمى كلايكوسيدية glycosidic bond ، يوجد السليلوز في النباتات البذرية والطحالب وكثير من الفطريات وأكياس عدد من الابتدائيات .

Cellulose



تركيب النشا Starch

النشا عبارة عن مركب كاربوهيدراتي يدخل في تركيب أنسجة الخشب وسيقان النباتات والدرنات والبصلات والكرومات والثمار والبذور. ويتكون من جزيئات الكلوكوز مرتبطة مع بعضها بروابط $\alpha - 1,4$ و $\alpha - 1,6$ ونفس الأصرة.



تركيب الهيميسييلوز Hemicellulose ويسمى كلايكان glycan
يوجد في الجدران السمكية من خلايا السيقان والجذور والأوراق ويقسم إلى
قسمين :

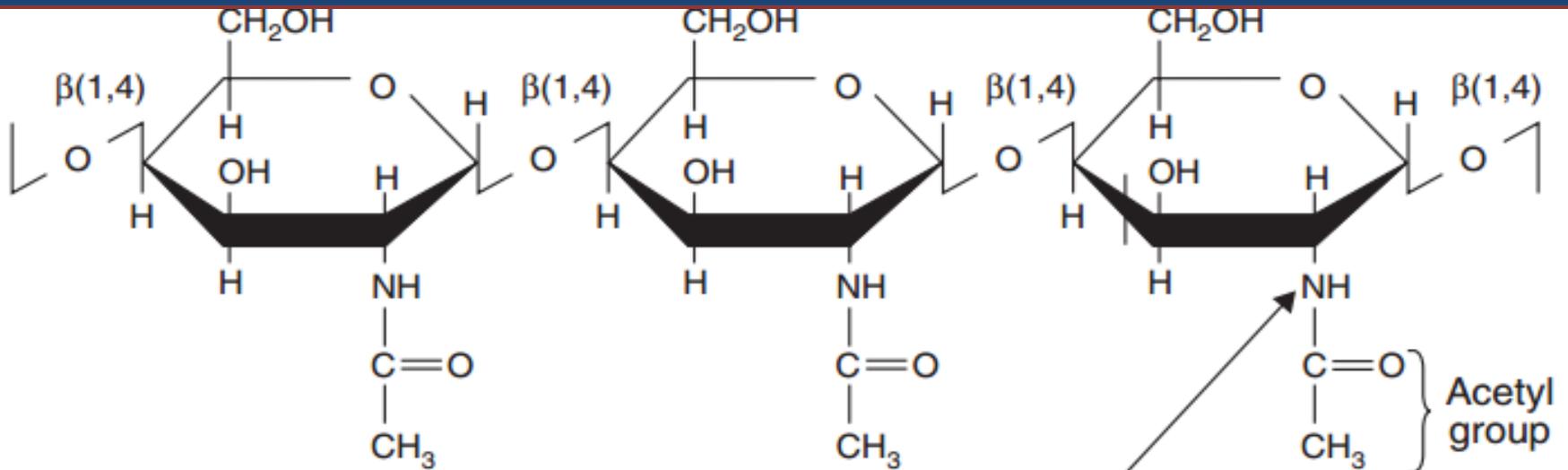
1- الكلايكان المتشابه Homoglycan (يتركب من سكريات أحادية متشابهة) مثل :

- أ- Glucan : عبارة عن جزيئات الكلوكوز مرتبطة مع بعضها .
- ب- Galactan : عبارة عن جزيئات الكالكتوز مرتبطة مع بعضها .
- ج - Xylan : جزيئات الساييلوز مرتبطة مع بعضها .
- د- Araban : جزيئات الارابينوز مرتبطة مع بعضها .

2- الكلايكان المختلف Heterroglycan : يتركب من سكريات
أحادية مختلفة مع حوامض مختلفة من الـ uronic acid ، أسمائها
عبارة عن مركب ينتهي باسم السكر الأكثر وجودا فيه مثل :
Glucomannan ، arabinoxylan ، arabinogalactan .

تركيب الكايتين Chitin

يوجد في التركيب الكيميائي لغلاف الفطريات وأغلفة بعض الحشرات . يعتبر من أكثر أنواع السكريات المتعددة ذات الوحدات الأساسية المكونة من السكريات الأمينية وجودا في الطبيعة، يتركب الكايتين من سلسلة من وحدات الـ **N-acetylglucosamine** مرتبطة ببعضها بروابط β - 1,4 ، الأصرة تسمى كليكوسيدية .

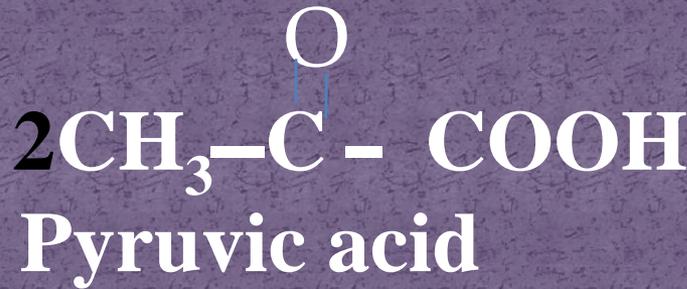


N replaces O
in glucose
(amino linkage)

تحلل الكلوكوز في التربة

بعد ان يؤخذ الكلوكوز الى داخل الخلية يمر بدورة الكلايكوليسز Glycolysis (مجموعة من التفاعلات) تنتهي بتكوين حامض البيروفك Pyruvic acid .

في الظروف اللاهوائية : يتحول هذا الحامض بواسطة بكتريا لاهوائية إلى أحماض عضوية مختلفة وكحول يطرح الزائد منها عن حاجة الخلية إلى التربة .



الكلوكوز ← Glycolysis

في ظروف لا هوائية

Acetic acid , lactic acid , formic acid , propanoic acid
, Butyric acid , Ethanol

اما في الظروف الهوائية : يدخل حامض البيروفك داخل جسم الخلية
البكتريا أو الفطريات الهوائية في دورة حامض الكربوكسيل الثلاثي
T.C.A ويكون ناتج التحلل النهائي هو CO_2 .



س : هل كل الكلوكوز المضاف للتربة سوف يتحلل إلى CO_2 تحت الظروف الهوائية ؟ .

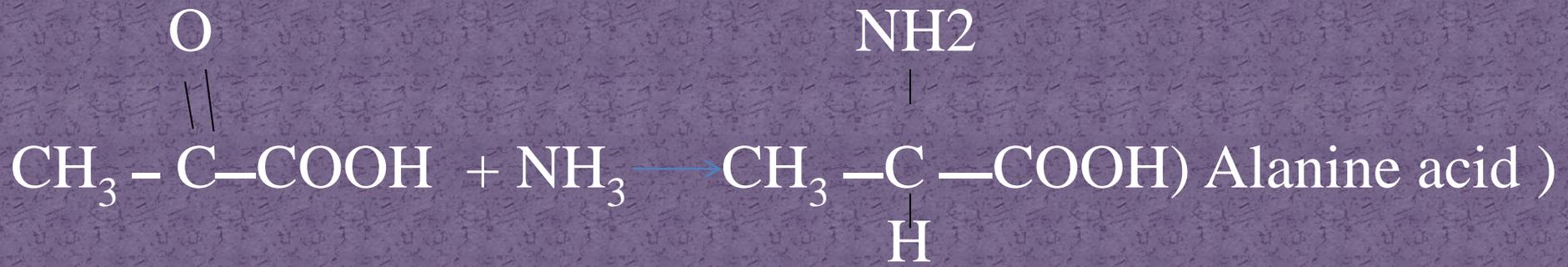
الجواب : حوالي ٨٥ % منه يتحلل إلى CO_2 وماء ، والباقي أي (١٥ %) قسم منها يستعمل لبناء خلايا جديدة ، والقسم الآخر يبقى بالتربة ليضاف إلى دبال التربة Humus .

س: كيف يتحول الكلوكوز أو مركباته الوسطية إلى أجسام الخلايا المحللة ؟ (معظم البكتريا والفطريات تحلل الكلوكوز) .

الجواب :

1- الكلوكوز نفسه ممكن ان يرتبط مع بعضه ويستعمل لبناء بعض مكونات الخلية .

2- Pyruvic acid ممكن ان ياخذ الامونيا ويتحول إلى Alanine



3-اوكرال إستك أسد : هو احد المركبات الوسطية الناتجة من تحلل الكلوكوز ، وهو ممكن أن يأخذ الامونيا وينتج اسبارتك اسد Aspartic acid وهذا ممكن أن يأخذ الامونيا ويتحول إلى . Aspargin

أيضاً α ketoglutaric acid يعتبر من المركبات الوسطية الناتجة من تحلل الكلوكوز مع الامونيا ينتج glutamic acid وهذا ممكن ان ياخذ الامونيا وينتج glutamin

وهذه الأحماض الامينية ممكن إن ترتبط مع بعضها لتكون بروتين الخلية وبالتالي بناء خلايا جديدة .

س : كيف يرتبط الكلوكوز او مركباته الوسطية مع حبيبات التربة أو الـ Humus ؟

الجواب : الطريقة الوحيدة التي يرتبط بها الكلوكوز مع حبيبات التربة والطين هي بواسطة أصرة هيدروجينية . الطين ذات شحنة سالبة والهيدروجين ذات شحنة موجبة فيحدث الارتباط بأصرة هيدروجينية .

تحلل السليلوز

لا يمكن للأحياء المجهرية المحللة للسليلوز من بكتريا وفطريات ان تاخذ جزيئة السليلوز الكبيرة إلى داخل الخلية ، فلا بد من ان تتكسر إلى أجزاء صغيرة فاصغر كالكلوكوز الذي يؤخذ إلى داخل الخلية لكي يستعمل مصدرا للكربون والطاقة لبناء كتلة حيوية جديدة .

1- ليس كل البكتريا والفطريات تحلل السليلوز فقط التي تملك أنزيمات الـ Cellulases .

2- بما إن جزيئة السليلوز كبيرة لذلك لا تستطيع الخلية سحبها ، بل سوف تفرز انزيمات خاصة لذا هي Extracellular وكذلك هي Inducible أي ليس في كل الأوقات تفرزه .

3-السليولوز لا يتحلل مباشرة ، بل ان هناك Lag phase أي فترة تطبع وذلك لان الأنزيمات Inducible أي تحتاج فترة حتى تتكون .

تتم عملية التحلل بإفراز الخلية المحللة انزيمات خارجية محفزة تسمى بانزيمات Cellulases وبفعلها وبوجود الماء تتكسر جزيئة السليولوز الى n celotrioses (وهي عبارة عن ثلاث وحدات من الكلوكوز مرتبطة مع بعضها) ثم الى n cellobioses (وهي عبارة عن وحدتين من الكلوكوز مرتبطة مع بعضها) .

س : هل كل السليلوز المضاف للتربة يتحلل إلى CO_2 وماء ؟

الجواب : حوالي (٦٠ - ٦٥ %) من السليلوز المضاف للتربة يتحول إلى CO_2 وحوالي (٤٠ - ٤٥ %) من كربون السليلوز سوف يتحول إلى أجسام الخلايا المحللة أو يرتبط بحبيبات التربة أو دبال التربة .

الأحياء المحللة للسليلوز

هناك عدد من الأجناس البكتيرية التي تحلل السليلوز :

Bacillus

Cellulomonas

Cytophaga

Pseudomonas

Sporocytophaga

Corynebacterium

وهناك عدد من أجناس الفطريات التي تحلل السليلوز ومنها :

Penicillium

Helminthesporium

Asperigillus

Trichothecium

Fusarium

Trichoderma

تحلل النشا

يتحلل النشا بواسطة مجموعة أنزيمات الاميليز *amylases* إلى n من وحدات الكلوكوز وهذا يدخل في داخل الخلية . تحلل النشا في التربة أسرع من تحلل السليلوز والسبب هو إن كسر روابط $\alpha - 1,4$ أسهل من كسر روابط من نوع $\beta - 1,4$. حوالي 65 – 75% من كربون النشا المضاف للتربة سوف يتحلل إلى CO_2 والباقي سوف يكون في أجسام الخلايا المحللة .

تحلل الهميسليلوز

يكون تحلل الهميسليلوز في التربة أسرع من تحلل السليلوز ولكنه أبطأ من تحلل النشا ، ونفس الأجناس من البكتريا والفطريات التي تحلل السليلوز لها القابلية على تحليل الهميسليلوز . تتم عملية التحلل بواسطة مجموعة من الأنزيمات تسمى مجموعة الهميسيلوليز .
Hemicellulases .

Hemicellulases

Xylan → **n Xylose**
Galactan → **n Galactose**

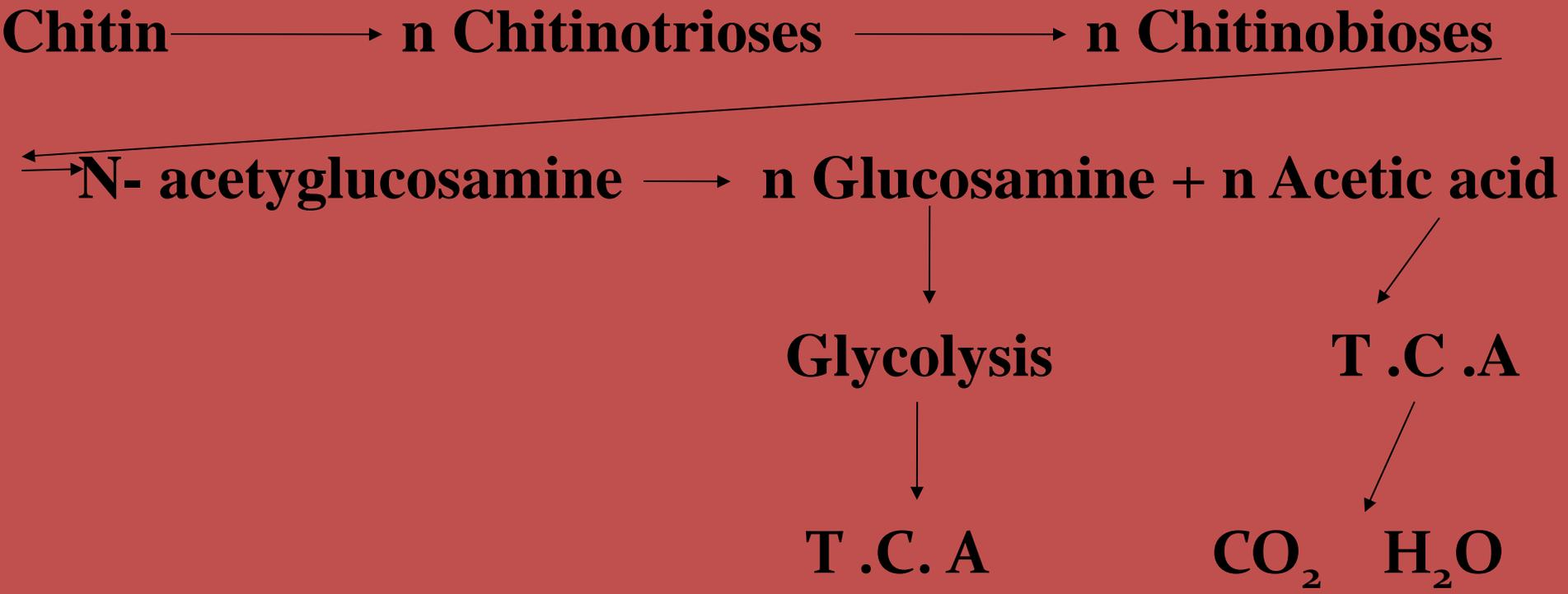
Hemicellulases

Heteroglycan → **n glucose**
n Galactose
n Glucuronic acidetc.
n Galacturonic acid

تحلل الكايتين

التحلل الحيوي للكايتين يكون بطريقتين :
الأول : الأحياء المجهرية المتخصصة تفرز أنزيمات
(Chitinases) لتحليل الكايتين إلى :

Chitinases



**الثاني : تفرز البكتريا والفطريات أنزيمات Chitinases لكسر
الآصرة الموجودة بين كلوكوز أمين و n Acetic acid وينتج :**

Chitosan → n Glucosamine → Glycolysis → T.C.A

n acetic acid

**تحلل الكايتين يتوقف على جميع العوامل المذكورة سابقا ، وبصورة عامة حوالي
50% أو اقل من كاربون الكايتين المضاف إلى التربة سوف يتحلل إلى CO₂
والباقي يبقى في التربة أو في أجسام البكتريا والفطريات المحللة .**

الأحياء المحللة للكائتين

معظم الأحياء المجهرية المحللة للكائتين تقع ضمن مجموعة الاكتينومايسيتات وقليل جدا من البكتريا ، أما الفطريات فتمثل اقل من 1% من المجوع الكلي للكائنات المجهرية المحللة للكائتين . من الاكتينومايسيتات :

Streptomyces
Actinopianes

Nocardia

Micromonospora

Streptosporangium

أما الفطريات فهي

Mortierella
Gliomastix

Trichoderma

Paecilomyces

Verticillium

أما أجناس البكتريا فهي :

Pseudomonas
Clostridium
Chromobacterium

Bacillus

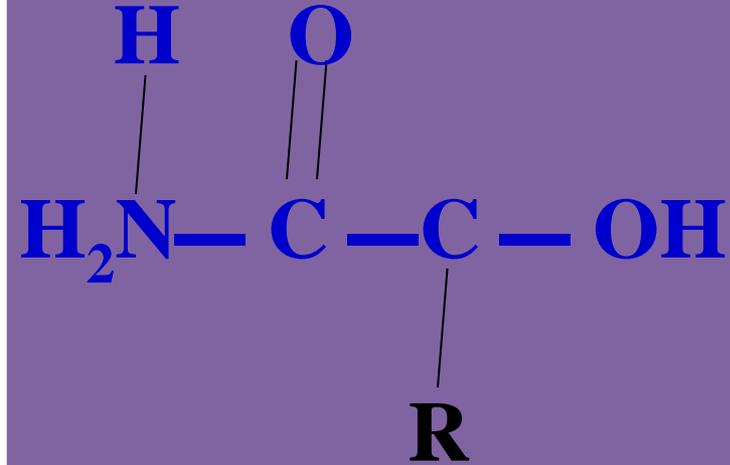
Flavobacterium

Micrococcus

Cytophaga

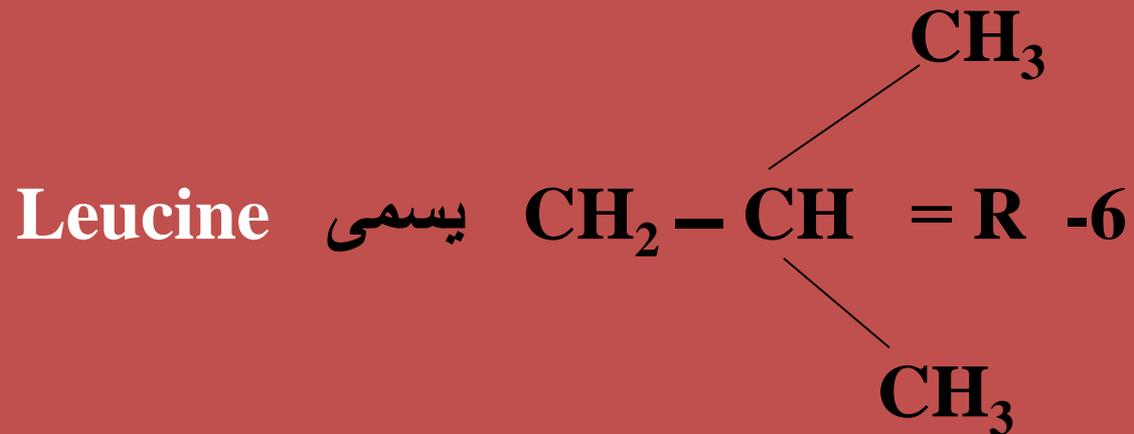
تركيب البروتينات في التربة (أساسيات)

البروتينات هي عبارة عن مجموعة من الأحماض الامينية المرتبطة مع بعضها بواسطة اواصر ببتيدية .
الأحماض الامينية :



1- لو كانت $\text{H} = \text{R}$ فيسمى الحامض الاميني Glycine

2- لو كانت $\text{CH} = \text{R}$ فيسمى الحامض الاميني Alanine





تحلل البروتينات في التربة

ملاحظة : هناك ثلاثة أنواع من الأحماض الامينية :

- 1- Postive amino acid (Lysines)
- 2- Nagative amino acid (Aspartic acid , Glutamic acid)
- 3- Neutrol amino acid (السيستيين ، التايروسين ، الكلايسين ، والالانين ،
) ، والسيرين ، الليوسين

في الظروف الهوائية بوجود O_2

عندما تأخذ الخلية الأحماض الامينية السابقة تجري عليها عملية إزالة الامونيا
deamination وتسمى هذه الحالة oxidative deamination لتكوين
أحماض عضوية (مثلا يتحول الالانين إلى حامض البيروفك ويتحول الاسبارتك
أسد إلى اوكزال أستك أسد) ، بعدها إزالة مجموعة الكربوكسيل على شكل
 CO_2 بعملية تسمى decarboxylation .

أما في الظروف اللاهوائية بوجود H_2

في الظروف اللاهوائية تسمى في هذه الحالة reductive
deamination فتنتج حوامض ثنائية الكاربوكسيل
dicarboxylic acid

س : هل كل البروتين المضاف سوف يتحلل إلى CO_2 و أمونيا ؟

الجواب : كلا : حوالي 55-60% من البروتين المضاف سوف يتحلل ، أما الباقي (سواءا كان بروتين أو مركباته الوسطية الزائدة عن حاجة الخلية سوف تبقى بالتربة أو تبقى في أجسام الأحياء المجهرية القائمة بالتحلل) .

ارتباط البروتين مع حبيبات الطين أو الدبال بواسطة

1- مع مجموعة الامين + الطين او الدبال السالبة .

2- مع احماض امينية موجبة + الطين او الدبال السالبة .

3- مع احماض امينية سالبة + Ca^+ او Mg^+ + الطين او الدبال

السالبة .

تحلل اللكنين

اللكنين : كمية داخل الأنسجة النباتية بعد كميات السيليلوز والهيميسليلوز .
وهو مركب معقد (Polymer) من مجموعة من الكحول :

Syringyl alcohol , Coniferyl alcohol , Coumaryl alcohol
وهذه تكون مرتبطة مع السكريات الأخرى كالسليلوز مثلا .

تقوم البكتريا والفطريات بإنتاج أنزيمات خارجية محفزة تسمى **Lignases**
التي تقوم بتحليل اللكنين إلى :

n Coumaryl alcohol

n Coniferyl alcohol

n Syringyl alcohol

وهذه المركبات سوف تؤخذ داخل خلية الكائنات الدقيقة المحللة كي تستعمل
مصدرا للطاقة والكربون .

س : هل كل اللكنين المضاف للتربة سوف يتحلل إلى CO_2 وماء ؟

الجواب : كلا : حوالي (40-45%) من اللكنين المضاف سوف

يتحلل إلى CO_2 وماء بعد مدة ثلاثة أشهر، إما الباقي (سوف يرتبط إما بحبيبات التربة أو بديال التربة أو في أجسام الخلايا المحللة .

كيف يرتبط اللكنين أو مركباته الوسطية بحبيبات التربة أو الدبال ؟

1- الارتباط الأول بواسطة الرابطة الهيدروجينية .

2- أو بواسطة مجاميع الكربوكسيل بوجود Mg, Ca كجسر رابط

الأحياء المجهرية التي تحلل اللكنين

أجناس الفطريات التي تحلل اللكنين تقع بصورة رئيسية ضمن
الفطريات البازيدية Basidiomycetes ومنها :

Agaricus *Armillaria* *Clavaria*
Ganoderma *Poria* *Collybia*
Polyporus *Clitocybe* *Ustulina* *Mycena*

كما لبعض أجناس البكتريا الهوائية أن تحلل اللكنين ولكن بدرجة
محدودة منها :

Flavobacterium *Pseudomonas* *Xanthomonas*
Arthrobacter *Micrococcus*

س: هل Humus التربة يتحلل ؟

الجواب : نعم ، يتحلل ولكن بطيء جدا ويقدر بنسبة 5% سنويا .

فلو كانت لدينا تربة تحتوي 2% هيومس (نسبة المادة العضوية لها 2%) فحساب كمية النتروجين الناتجة من تحلل المادة العضوية سنويا نتبع الحسابات الرياضية التالية :

وزن الدونم من التربة على عمق 15سم = 500000 كغم .

$$\frac{2}{100} \times 500\ 000 = 10000 \text{ Kg organic matter /donum (15 cm)}$$

المادة العضوية تحتوي على 57% كربون

$$\frac{57}{100} \times 10\ 000 = 5700 \text{ Kg organic carbon}$$

100

C: N Ratio for Humus = 10 : 1

$$\frac{5.7}{100} \times 10\ 000 = 570 \text{ Kg organic N .}$$

100

لنفرض ان كمية النتروجين الجاهز التي من المفروض أن تضاف إلى التربة السابقة واصلها من تحلل الدبال هو 5% (نسبة المتحلل منه كمعدل بحدود 5%) :

تضاف كل سنة للتربة

$\frac{5}{100} \times 570 = 28.5 \text{ Kg mineral N .}$

100

التحولات الحيوية للنروجين

Biological Transformation of Nitrogen

يعد النروجين أكثر العناصر الغذائية عرضة للتحولات المايكروبية ويدخل مكونا رئيسا في بناء البروتين ، فهو احد المكونات الأساسية لبروتوبلازم النباتات والحيوانات والأحياء المجهرية ، وبما إن النروجين معرض للفقدان إما عن طريق : ا- الغسل Leaching ب- التطاير . لذا يجب المحافظة عليه بالطرق التي تقلل فقدانه .

دورة النيتروجين في الطبيعة Nitrogen Cycle

عنصر النيتروجين المحيط بالأرض يخضع لدورة موضحة في الشكل التالي وهذه الدورة ذات مراحل ومكونات مختلفة ولكن اغلب الأجزاء في هذه الدورة تتبع طريقين رئيسيين:

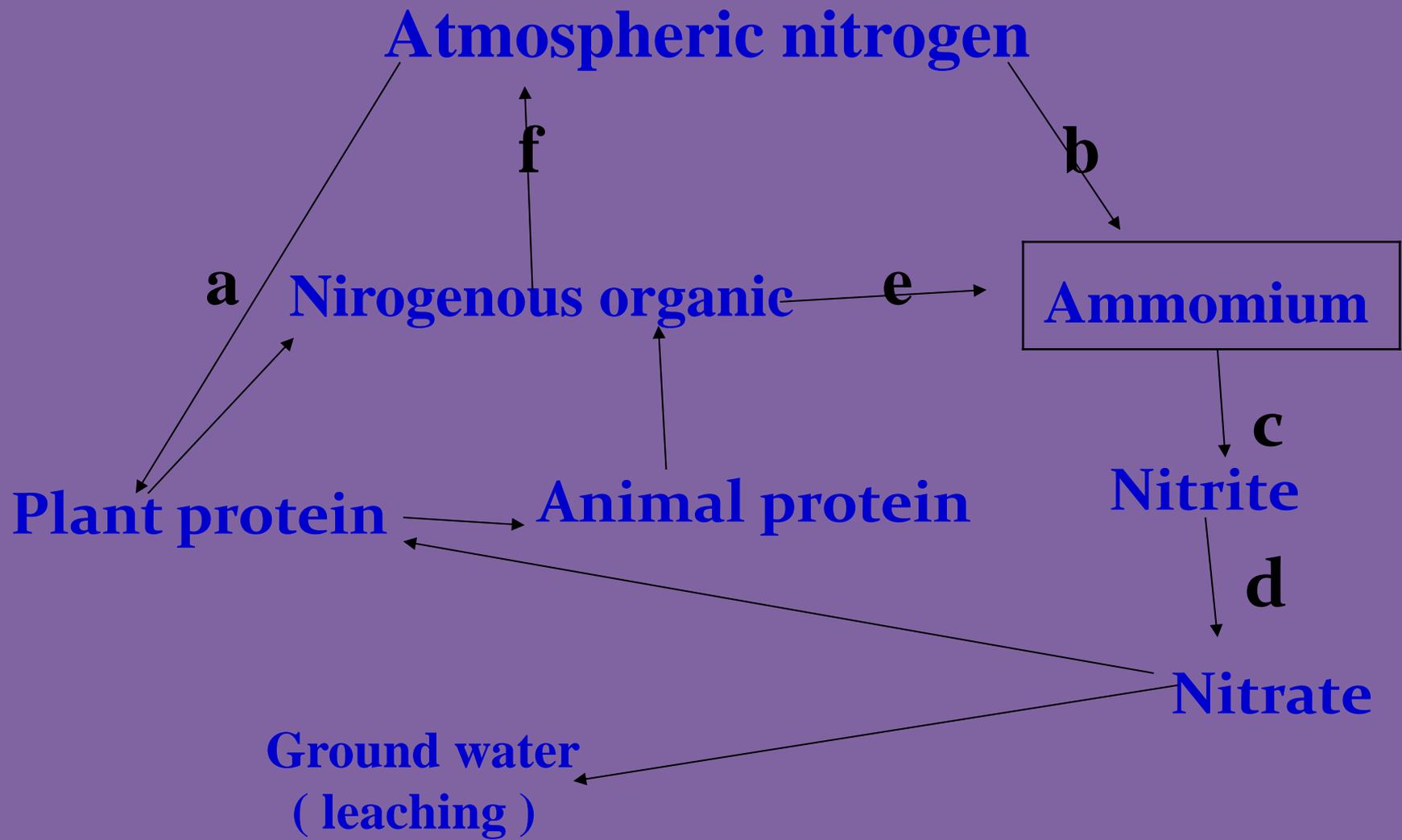
الأول : يتضمن تبادل غاز النيتروجين ما بين التربة والمحيط الخارجي وذلك من خلال فقد النيتروجين عبر عملية التطاير Volatization ثم عودته إلى التربة عبر عملية التثبيت Fixation

إن تثبيت النيتروجين يحدث بفعل تفاعلات حيوية في التربة منها النوع التعايشي ومنها النوع غير التعايشي مع أحياء التربة بلاضافة إلى كمية مثبتة في الجو تعود إلى التربة مع الأمطار لها من خلال البرق والرعد .

والطريق الثاني : يظهر في دورة النتروجين متمثلا في تحولات كيميائية حيوية Biochemical transformation والذي بها يتحول النتروجين غير العضوي إلى نتروجين عضوي داخل في بناء أجسام النباتات والحيوانات والأحياء المجهرية في التربة ثم عودته إلى الدورة بهيئة نتروجين غير عضوي من خلال عملية المعدنة Mineralization وعملية النتجة Nitrification .

وعند اعتماد أساس قاعدة الأمد الطويل لابد من القول بأنه لا النتروجين غير العضوي ولا النتروجين الخاضع للتبادل ما بين التربة ومحيطها الخارجي ذو تأثير معنوي كبير على معدل مستويات النتروجين الكلي في التربة . وان أهم مؤثر على مستوى النتروجين الكلي في التربة هو مقدار إزالة عنصر النتروجين من خلال عمليات الفقد بواسطة الغسل أو التعرية أو عمليات حصاد المنتوجات النباتية (ثمار وحبوب) .

إن المفقود من هذا العنصر ضمن دورته يعاد إليها عن طريق إضافة الأسمدة النتروجينية أو اعتماد تقنيات إحيائية من شأنها تعزيز المخزون منه لسد احتياجات النباتات .



شكل : دورة النروجين . تثبيت النروجين بالرايزوبيا (a) ، تثبيت النروجين بالأحياء حرة المعيشة (b) ، النترجة ببكتريا Nitrosomonas (c) ، النترجة ببكتريا Nitrobacter (d) ، المعدنة (e) ، عكس النترجة (f) .

إن أحياء التربة تلعب دورا هاما في تحديد جاهزية النتروجين وتعتبر عمليات تثبيت النتروجين التعايشي بفعل بكتريا العقد الجذرية Rhizobi وكذلك تثبيت النتروجين غير التعايشي بفعل أحياء التربة حرة المعيشة Free-living soil organism المصادر الممولة للنتروجين في التربة ما عدا النتروجين الذي يضاف إلى التربة على شكل أسمدة نتروجينية مختلفة .

إن أهم عمليات تحول صور النروجين خلال الدورة هي :

المعدنة والتمثيل Mineralization and Immobilization :

المعدنة Mineralization : هي عملية تحويل العنصر من صورته العضوية إلى الصورة اللاعضوية (المعدنية) كالامونيا والنترات ، وتم هذه العملية بواسطة أحياء متباينة التغذية Hetrotrophic. أما التمثيل Immobilization فهو عكس المعدنة ، أي تحويل العنصر من صورته المعدنية (كالامونيا والنترات) إلى الصورة العضوية (تكوين مكونات بروتوبلازم الخلايا المعقدة) ويطلق عليها أحيانا (تثبيت المغذيات) .

أهمية العمليتين في التربة : تحدد كمية N الجاهز للنبات خلال مدة معينة من الزمن .

Organic N



Inorganic (N)

الأحياء المجهرية بحاجة إلى النروجين والكربون والفسفور والكبريت.... الخ لبناء أجسامها ، فالبكتريا مثلا بحاجة إلى وحدة واحدة من النروجين لكل خمس وحدات من الكربون الممثل ، أي إن نسبة الكربون إلى النروجين (C:N ratio) في أجسام البكتريا هي 5 : 1 ، إما الفطريات فهي بحاجة إلى وحدة واحدة نروجين لكل عشرة وحدات من الكربون الممثل ، أي ان نسبة النروجين في أجسامها هي 10:1 .

ان النتروجين المعدني المتكون نتيجة المعدنة تستغله النباتات والأحياء المجهرية وقسم منه يفقد خلال عملية الغسل على هيئة نترات ، او يفقد بعملية اختزال النترات على هيئة N_2 ، N_2O ، NH_3 ، ولهذا فالنتروجين المعدني المتبقي في التربة هو عبارة عن كمية النتروجين المتكون من عملية المعدنة مطروحا منه النتروجين الذي تستعمله النباتات والأحياء المجهرية والذي يفقد بالغسل وعملية اختزال النترات كما في المعادلة التالية :

$$Na + Np + Nl + Nd - Ni = Nm$$

حيث إن :

$$\text{كمية النتروجين المعدني} = Ni$$

$$\text{النتروجين العضوي التي تمت معدنته} = Nm$$

$$\text{النتروجين الممثل بواسطة الأحياء المجهرية} = Na$$

$$\text{النتروجين الممثل بواسطة النباتات} = Np$$

$$\text{النتروجين المفقود بواسطة الغسل} = Nl$$

$$\text{النتروجين المفقود بواسطة عملية اختزال النترات} = Nd$$

تحلل اليوريا

تصل اليوريا إلى التربة إما عن طريق استعمال الأسمدة الكيميائية أو قد تصل إلى التربة عن طريق إفرازات الحيوانات . تتحلل اليوريا بسهولة عند إضافتها للتربة ، إذ يتحول جزء كبير من نيتروجينها إلى أمونيا خلال أيام قليلة ، وان احتمال فقدان وتطاير هذا الغاز في الجو قد يصل من (10-70%) من نيتروجين اليوريا المضافة . لذلك استعمل سماد اليوريا المغلف بالكبريت Sulfur Coated urea للتقليل من كمية النيتروجين التي تفقد بالتطاير .

هناك عوامل عديدة تؤثر في تحلل اليوريا منها درجة الحرارة ، إذ إن تحلل اليوريا يكون نشطا بارتفاع درجات الحرارة ، والرطوبة وتوفر الأوكسجين والـ pH . كما إن العديد من الميكروبات لها القدرة على إفراز أنزيم اليوريز Urease الذي يساعد على تحلل اليوريا مائيا ، وان هذا الأنزيم موجود بصورة دائمية في بعض الأنواع من الكائنات الحية ، و يحفز الأنزيم في بعض الأنواع الأخرى بعد إضافة اليوريا .

ومن أكثر الأجناس الميكروبية قدرة على تحلل اليوريا هي :

Klebsiella , *Pseudomonas* , *Proteus* , *Micrococcus* ,
Bacillus , *Clostridium* , *Corynebacterium* .

عملية النشطرة Ammonification

هي عملية تحلل اليوريا والبروتين والأحماض الامينية وتكوين الامونيا NH_3 . تقوم بها احياء التربة المجهرية المتباينة التغذية ، مثل

بكتريا *Pseudomonas* , *Clostridium* , *Nocardia* ,
Bacillus , *Proteus* ومن الفطريات فطر *Penicillium* .

العوامل المؤثرة على عملية النشطرة

1- نسبة الكربون إلى النتروجين (C:N ratio) في المادة العضوية : كلما تكون النسبة عالية (المواد الفقيرة بعنصر النتروجين) كلما كانت عملية النشطرة أبطا ، لان النتروجين لا يفي بحاجة الميكروبات نفسها ، على العكس من المواد الغنية بالنتروجين كالبقوليات فان النشطرة تكون أسرع .

2- توفر مصدر طاقة وكربون سهلة التحلل في التربة : مثلا سكر الكلوكوز يثبط النشطرة لان الميكروبات تتجه الى تحليله لسهولة تحلله

3- الرطوبة والتهوية : الرطوبة المناسبة بالتربة تقع بين 50-70% ، وتوفر ظروف تهوية .

4- الـ pH : وسط التربة المتعادل $pH = 7$ هو المفضل للعملية .

5- حرارة التربة : عملية النشطرة تحدث في مدى واسع من الحرارة من (2-30م°) و أحيانا 40م°

تأثير الـ C:N ratio على عملية المعدنة والتمثيل

إن العامل الرئيسي الذي يحدد فيما إذا كان مخلف عضوي معين يحوي على نيتروجين كاف لحاجة الأحياء المجهرية أو اقل من حاجتها أو أكثر هي نسبة الكربون الى النيتروجين في ذلك المخلف العضوي .

إذا كانت هذه النسبة اقل من 1:16 فيعني ان كمية النيتروجين الموجودة في المخلف العضوي هي أكثر من حاجة الأحياء المجهرية ، وبذلك فان قسما من نيتروجين المخلف العضوي سوف يضاف إلى التربة بصورة آمونيا في المراحل الأولى من التحلل (Mineralization) ، اما اذا كانت النسبة اكبر من 1:16 وهذا يعني ان الإحياء المجهرية سوف تاخذ نيتروجين المخلف العضوي ، وبما انه لا يكفي لسد حاجتها فسوف تعوض النقص من النيتروجين الجاهز في التربة أي (Immobilization) أي تمثيل لجزء من نيتروجين التربة في المراحل الأولى من التحلل .

نأخذ بعض الأمثلة التي توضح ذلك :

مثال 1

لنفرض أضيف مسحوق ألجت إلى التربة بنسبة 1% وترك ليتحلل تحت ظروف ملائمة مدة شهرين ، المطلوب حساب كمية نيتروجين بالدونم التي سوف تضاف أو تؤخذ من التربة ؟ علما إن نسبة الكربون في مسحوق ألجت هي 40% ونسبة النيتروجين فيه 3% وانه 70% من مسحوق ألجت سوف تتحلل خلال هذه المدة . افرض إن التحلل كان تاما بواسطة فطريات التربة التي تمثل 35% ونسبة الكربون إلى النيتروجين فيها 10:1.

الحل :

وزن الدونم بحدود 500 000 كغم على عمق 15سم .

1

مسحوق ألجت بالدونم $\frac{1}{100} \times 500\ 000 = 5000\ \text{Kg} / \text{Donum}$

100

40

$$\frac{\text{---}}{100} \times 5000 = 2000 \text{ Kg C / D}$$

100

3

$$\frac{\text{---}}{100} \times 5000 = 150 \text{ Kg N / D}$$

100

70

$$\frac{\text{---}}{100} \times 2000 = 1400 \text{ Kg C / D} \quad \text{متحلل}$$

100

70

$$\frac{\text{---}}{100} \times 150 = 105 \text{ Kg N / D} \quad \text{متحلل}$$

100

35

$$\frac{\text{---}}{100} \times 1400 = 490 \text{ Kg C / D Biomass (الكتلة الحيوية الفطرية)}$$

100

بما ان نسبة الكربون الى النتروجين في الفطريات 1:10 أي إن الفطريات لو تأخذ 100كربون تأخذ مقابلها 10نتروجين .

490

— = 49 Kg N / D Biomass (الكتلة الحيوية الفطرية)

10

105 - 49 = 56 Kg N /D

أي إن مسحوق ألجت المضاف الى التربة يضيف 56كغم / دونم نتروجين معدني يضاف الى التربة في الدورة الأولى إذا العملية Mineralization .
ماذا يحدث بالدورة الثانية

نفرض إن 80% من الفطريات سوف تموت بسبب قلة مصدر الكربون .

80

— ×490 = 392 Kg C / D تطرح للتربة وتكون جاهزة للتحلل

100 بواسطة فطريات أخرى

80

— ×49 = 39.2 Kg N / D يطرح للتربة

100

35

$$\frac{35}{100} \times 392 = 136 \text{ Kg C / D Biomass للفطريات الجديدة}$$

100

136

$$\frac{136}{10} = 13.6 \text{ Kg N / D Biomass للفطريات الجديدة}$$

10

تطرح للتربة كنتروجين معدني في $39.2 - 13.6 = 25.6 \text{ Kg N}$ الدورة الثانية والتي مدتها تختلف حسب ظروف التربة فقد تصل إلى شهر أو شهرين أو أكثر .

$$56 + 25.6 = 81.6 \text{ Kg N}$$

أضيف للتربة خلال الدورتين

مثال 2: نفس السؤال السابق لو كان التحلل كليا بواسطة البكتريا التي تمثل كمعدل 17% علما بان الـ C:N ratio للبكتريا هي 1:5.

مثال 3: لو أضيف مسحوق تبين بنسبة 1% الى دونم من التربة وترك يتحلل مدة شهرين ، هل تعتقد انه سوف يضاف نتروجين أو يؤخذ نتروجين من التربة ، علما إن نسبة الكربون في مسحوق التبين 40% ونسبة النتروجين فيه 0.5% ، وان 70% منه سوف يتحلل ، وفرضا إن التحلل كان تاما بواسطة فطريات التربة .

$$\frac{1}{100} \times 500\,000 = 5000 \text{ Kg / D}$$

مسحوق ألجت بالدونم

$$\frac{40}{100} \times 5000 = 2000 \text{ Kg C / D}$$

$$\frac{3}{100} \times 5000 = 150 \text{ Kg N / D}$$

$$\frac{70}{100} \times 2000 = 1400 \text{ Kg C / D}$$

متحلل

$$\frac{70}{100} \times 150 = 105 \text{ Kg N / D}$$

متحلل

17

$$\frac{\quad}{100} \times 1400 = 238 \text{ Kg C / D Biomass}$$

100

238

$$\frac{\quad}{5} = 47.6 \text{ Kg N / D Biomass}$$

5

$$105 - 47.6 = 57.4 \text{ Kg N / D أضيفت إلى التربة}$$

نفرض إن 80% من الفطريات سوف تموت بسبب قلة مصدر الكربون .

80

$$\frac{\quad}{100} \times 238 = 190.4 \text{ Kg C / D تطرح للتربة وتكون جاهزة للتحلل}$$

100

بواسطة البكتريا أخرى

80

$$\frac{\quad}{100} \times 47.6 = 38.08 \text{ Kg N / D يطرح للتربة}$$

100

17

$$\frac{\quad}{100} \times 190.4 = 32.3 \text{ Kg C / D Biomass}$$

100

32.3

$$\frac{\quad}{5} = 6.46 \text{ Kg N / D Biomass}$$

5

تطرح للتربة كنتروجين معدني في الدورة الثانية .
 $38.08 - 6.46 = 31.62 \text{ Kg N}$

أضيف للتربة خلال الدورتين $57.4 + 31.62 = 89.02 \text{ Kg N}$

مثال 3: لو أضيف مسحوق تبين بنسبة 1% الى دونم من التربة وترك يتحلل مدة شهرين ، هل تعتقد انه سوف يضاف نتروجين أو يؤخذ نتروجين من التربة ، علما ان نسبة الكربون في مسحوق التبن 40% ونسبة النتروجين فيه 0.5% ، وان 70% منه سوف يتحلل ، وفرضا ان التحلل كان تاما بواسطة فطريات التربة .

الحل :

1

$$\frac{1}{100} \times 500\,000 = 5000 \text{ Kg Straw / Donum}$$

التبن مسحوق
بالدونم

100

40

$$\frac{40}{100} \times 5000 = 2000 \text{ Kg C / D}$$

100

0.5

$$\frac{0.5}{100} \times 5000 = 25 \text{ Kg N / D}$$

100

70

$$\frac{70}{100} \times 2000 = 1400 \text{ Kg C / D}$$

متحلل

100

70

$$\frac{70}{100} \times 25 = 17.5 \text{ Kg N / D}$$

متحلل

100

إن الفطريات تمثل 35%

35

$$\frac{35}{100} \times 1400 = 490 \text{ Kg C / D Biomass}$$

الكتلة الحيوية الفطرية

بما ان نسبة الكربون الى النتروجين في الفطريات 1:10 أي إن الفطريات لو تأخذ 100 كربون تأخذ مقابلها 10نتروجين .

490

$$\frac{490}{10} = 49 \text{ Kg N / D Biomass (الكتلة الحيوية الفطرية)}$$

10

$$49 - 17.5 = 31.5 \text{ Kg N /D}$$

إذن سوف يكون هناك نقص في نتروجين التربة مقداره 31.5كغم /
دونم نتروجين معدني في الدورة الأولى التي مدتها قد تصل إلى
شهرين أو ثلاثة أشهر ، إذا Immobilization .

نفرض 80 إن % من الفطريات سوف تموت بسبب قلة مصدر الكربون .

80

تطرح للتربة وتكون جاهزة للتحلل بواسطة احياء خرى
 $\frac{80}{100} \times 490 = 392 \text{Kg C / D}$

80

يطرح للتربة
 $\frac{80}{100} \times 49 = 39.2 \text{Kg N / D}$

100

35

للفطريات الجديدة Biomass
 $\frac{35}{100} \times 392 = 136 \text{ Kg C / D}$

100

136

للفطريات الجديدة Biomass
 $\frac{136}{100} = 13.6 \text{ Kg N / D}$

10

يضاف في الدورة الثانية
 $39.2 - 13.6 = 25.6 \text{ Kg N}$

العجز
 $31.5 - 25.6 = 5.9 \text{ Kg N}$

التثبيت الحيوي للنيتروجين Biological Nitrogen Fixation

تلعب الكائنات الحية الدقيقة الدور الأكبر في تحويل النيتروجين N_2 إلى أمونيا وبالتالي إلى بروتين وذلك من خلال ما يسمى التثبيت البيولوجي للنيتروجين BNF أو ما يطلق عليه Biological nitrogen fixation.

لذا تعرف عملية تثبيت النيتروجين : بأنها عملية اختزال النيتروجين الجوي N_2 إلى أمونيا بمساعدة أنزيم النيتروجيناز Nitrogenase وتوفر مصدرا للطاقة ATP وايون موجب ثنائي مثل Mg^{++} أو Mn^{++} مع وجود عامل مختزل . وتعتبر هذه الطريقة أهم الطرق في زيادة محتوى التربة من النيتروجين .

ان كمية النيتروجين الجاهزة لاستعمال النباتات تعد عاملا مهما حين تحدد نمو هذه النباتات ولذلك يسمى النيتروجين بالعامل المحدد limiting factor . ان صورة النيتروجين القابلة للاستعمال من قبل النباتات هي : NH_4^+ , No_2^- , No_3^- .

الأحياء المجهرية المثبتة للنروجين الجوي

هذه المنظومة الإحيائية تشتمل على نوعين رئيسيين من الأحياء :

أولا : أحياء مثبتة للنروجين تعايشيا

ثانيا : أحياء مثبتة للنروجين غير التعايشية أو الترافقية

أحياء مثبتة للنروجين تعايشيا **Symbiotic nitrogen fixation**

إن أهم الأجناس التي تثبت النروجين بصورة تكافلية هو جنس

الرايزوبيوم **Rhizobium** وهي تنتمي إلى عائلة **Rhizobiaceae**

ولها القدرة على تكوين عقد جذرية على جذور النباتات البقلية

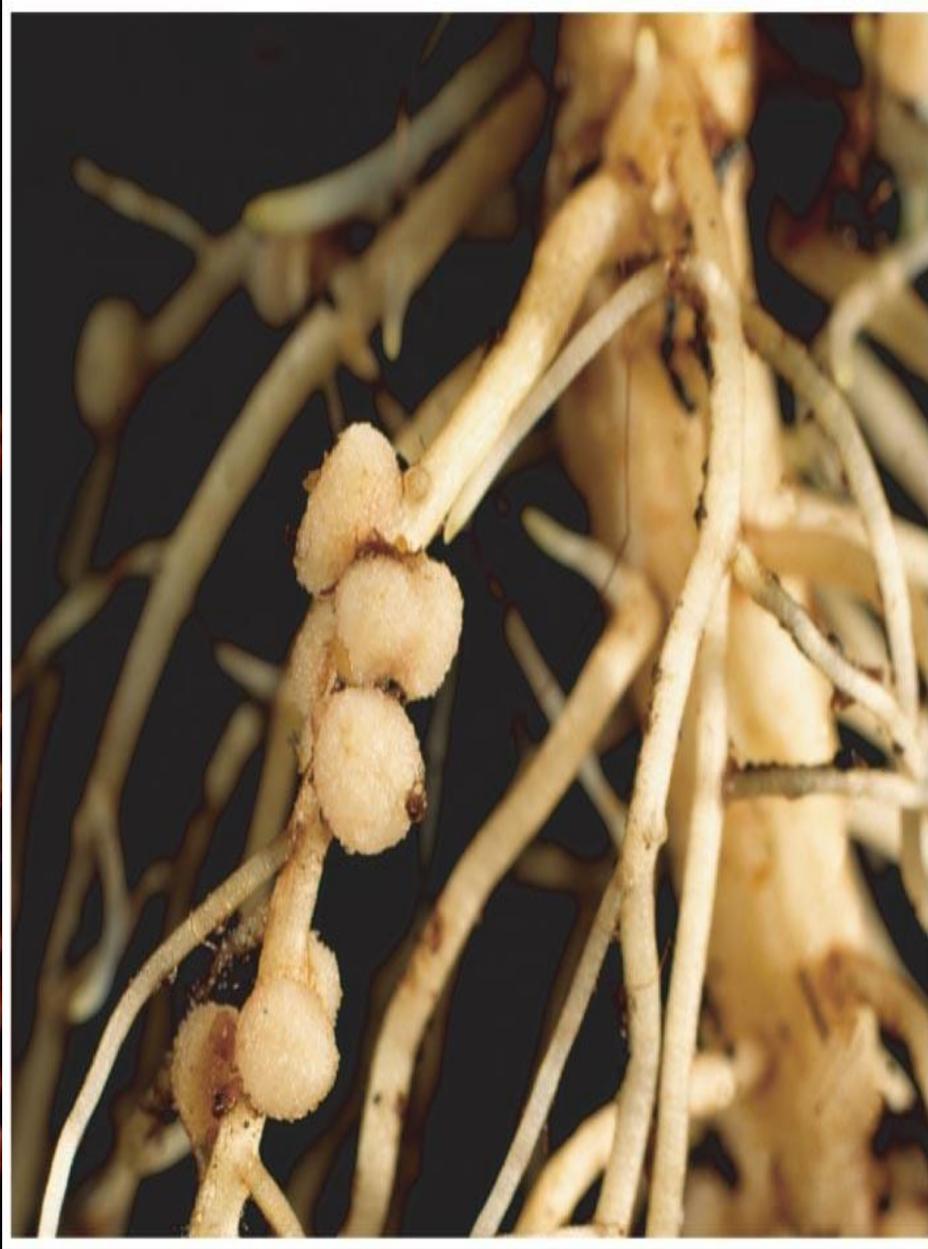
(الشكل التالي) . هذه البكتريا تصنف بأنها صغيرة إلى متوسطة

الحجم وبقياسات (0.5 إلى 0.9×1.2 إلى 3.0) مايكرومتر ، وهي

عبارة عن خلايا عصوية سالبة لصبغة كرام ، لا تكون سبورات ،

متحركة وعادة ما تتحرك بواسطة الاسواط من نوع **peritrichous**

أو **singl flagellum** .



شكل : العقد الجذرية على جذور النباتات البقلية

وكون الـ **Rhizobium** هوائية المعيشة **Aerobic hetrotroph** فهي تنمو بسهولة في الأوساط الغذائية وتستخدم مصادر من الكربون العضوي مثل المانتول والكلوكوز ومصدرا نيتروجينا كالامونيا والنترات ، أما في حالة خلو الوسط من أي مصدر نيتروجيني فإنها تستخدم النيتروجين الجوي .

وعند وجود هذه البكتريا داخل خلايا الجذور تصبح معزولة عن الاوكسجين الجوي وتقوم باختزال النيتروجين إلى أمونيا بواسطة انزيم النيتروجينيز، بعد ذلك تتحول الامونيا بواسطة الانزيمات التي تنتجها خلايا النبات المضيف إلى صورة جاهزة كايونات No_3 ، No_2 والأحماض الامينية .

إن تصنيف بكتريا الرايزوبيوم على أساس العائل النباتي المضيف **host- based classification** تقسم إلى جنس واحد وستة أنواع وهي مبينة في الجدول التالي .

جدول : يبين تصنيف بكتريا الرايزوبيوم حسب العائل النباتي .

اسم من عزلها	المجاميع النباتية التي تصاب بها	أنواع الرايزوبيا Rhizobium
		السريعة النمو
Frank	Pea مجموعة البازلاء	<i>R. leguminosarum</i>
Dang	Clover مجموعة البرسيم	<i>R. trifolii</i>
Dang	Alfalfa مجموعة ألجت	<i>R. meliloti</i>
Dang	Bean مجموعة الفاصوليا	<i>R. phaseoli</i>
		البطيئة النمو
Schrod	Lupin مجموعة اللوبيا	<i>R. lupine</i>
Kirch	Soybean مجموعة فول الصويا	<i>R. japonicum</i>

إن تقسيم بكتريا الرايزوبيوم الى مجاميع حسب العائل النباتي الذي تصيبه يعتبر غير ناجح تماما وذلك لاحتمالية حدوث الإصابة من قبل نوع معين لأكثر من عائل نباتي ضمن مجاميع نباتية أخرى ، إلا انه التقسيم الأكثر انتشارا ، هناك ما يقارب (25) مجموعة نباتية إلا إن الذي درست ستة مجاميع منها بصورة مفصلة .

س: كيف تميز بين تلك المجاميع ؟ .

ج : من خلال تقسيمات معتمدة منها :

1- زمن الجيل 2- مقدار إنتاجها للحموضة 3- عدد الاسواط

وترتيبها.

فالأصواع الأربعة الأولى لها : زمن جيل (2-4) ساعة ومنتجة للأحماض في الوسط وتتحرك بواسطة (2-6) أسواط محيطية . أما النوعين الآخرين فلها : زمن جيل (6-8) ساعة ويجعلان الوسط قاعديا ويتحركان بسوط طرفي .

The formation and morphology of nodules تكون العقد الجذرية ومظهرها الخارجي

تبدأ عملية إصابة بكتريا الرايزوبيوم لجذور النباتات البقلية بعملية تميز النبات المضيف والتي تدعى recognition of the host plant حيث تفرز جذور النباتات البقلية مادة هي في الغالب lectins وهي سكر متحد مع البروتينات تفرز من السطح الخارجي للشعيرات ثم تتفاعل وتتحد مع الكربوهيدرات الموجودة على سطح بكتريا الرايزوبيوم الموافقة للنبات المضيف. إن بكتريا الرايزوبيوم هي الأخرى بدورها تنتج مادة يعتقد إنها B-indol acetic acid في الغالب مشتقة من مادة التربتوفان الذي أفرزته جذور النباتات البقلية .

ان هذه المواد المتحررة تسبب في جعل جزء من الشعيرات الجذرية للنبات البقلي ان تكون مكورة وخشنة Curl واذا ما صادفتها بكتريا الرايزوبيوم الملائمة مع النبات المضيف فانها سوف تدخل هذا الجزء من الشعيرات الجذرية يعتقد انه هناك نوع من التفاهمات بين البكتريا والعائل المضيف

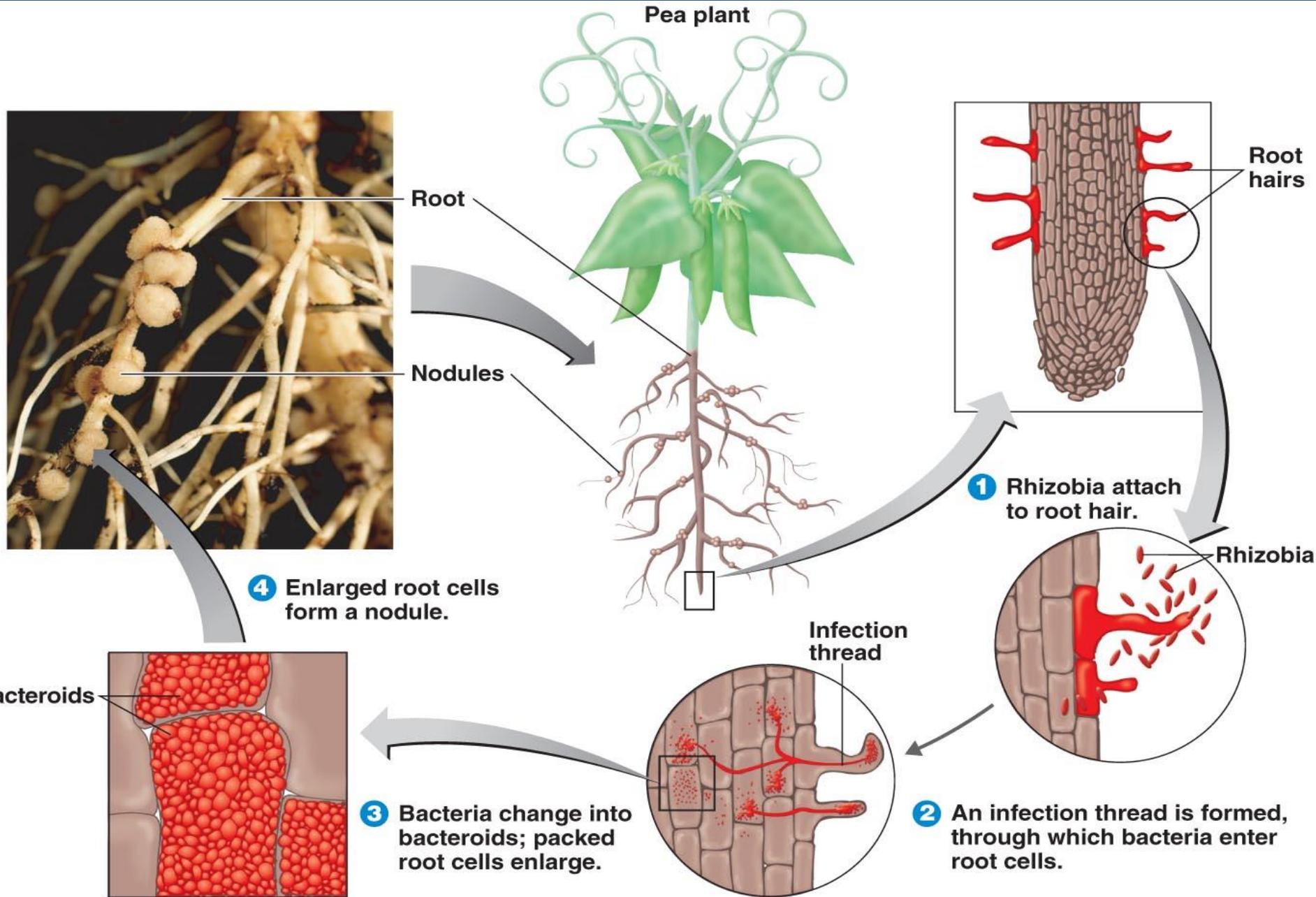
. Comuncation

تنمو البكتريا داخل هذا الجزء من الشعيرات الجذرية بشكل خيط إصابة رفيع fine infection thread يتكون من خيط رفيع من الخلايا البكتيرية حتى تخترق الخلايا الداخلية لمنطقة cortical cells وبعد عملية الاختراق تبدأ عملية التضخم وتكون الخلايا ممتلئة بخيط الإصابة ويكون اتجاهه نحو النواة والتي تظهر زيادة في فعاليتها في هذا الوقت حتى تصل إلى حدود الخلية ومن هذا الموقع الجديد يتحفز تكوين خيط إصابة جديد يمر إلى الخلية التالية وهذا الخيط يستمر حتى يصل إلى لحاء الجذر ، في منطقة اللحاء cortex تكون الخلايا التي هي ضعف المحتوى الطبيعي من الكروموسومات Tetraploid) رباعية المجموعة الكروموسومية (بعد ذلك ينفجر خيط الإصابة وتحرر بكتريا الرايزوبيوم الى سايتوبلازم الخلية ، وهذه الخلية والخلايا المجاورة لها تنقسم بعد ذلك باستمرار حتى تكون العقد الناضجة.

خلال نمو العقد الجذرية فان البكتريا تتحول إلى الـ bacteroids والتي هي اكبر بعدة مرات من البكتريا الأصلية وان عملية التحول مرتبطة في تمثيل الـ hemoglobin وأنزيم النتروجينيز وأنزيمات أخرى يحتاجها النظام في عملية تثبيت النتروجين .

إن خلايا الـ Bacteriod قد تفقد قابليتها على التكاثر وكذلك تفقد أغلب مادة Ribosomes من الخلايا الأصلية والتي نشأت منها أصلا عند عملية الإصابة . ويحتوى الـ Bacteriod على مادة حبيبية هي poly-B-hydroxybutyric acid ويعتقد انه خزين غذائي للخلايا ، يتم تحويل النتروجين من غاز إلى أمونيا بواسطة أنزيم يسمى أنزيم Nitrogenase في الـ Bacteriod . الشكل التالي يبين عملية تكوين العقد الجذرية .

The Formation of a Root Nodule



أما المظهر الخارجي للعقد الجذرية فإنها قد تكون كروية أو اسطوانية أو مسطحة وهي غالبا ما تكون عنقودية الشكل وفي أحيان كثيرة تأخذ أشكال غير منتظمة وهذه الاختلاف في المظهر الخارجي قد يعزى كاستجابة لظروف التربة السائدة أو جزئيا إلى حالات التداخل ما بين السلالة الرايزوبية والعائل النباتي المضيف . إما حجم العقدة فهو أيضا مختلف ويتراوح من بعض المليمترات إلى الحجم الأكبر من ذلك بكثير ولكن وبصورة عامة فإن العقدة الواحدة تحتوي على سلالة مفردة من بكتريا الرايزوبيوم مع تقدم الوقت فإن العقد الجذرية يتغير لونها من اللون الأحمر الفاتح عندما تكون العقد فتية وفاعلة إلى اللون البني الداكن وتفقد مادة hemoglobin مع ظهور فجوة في كل عقدة بعدها تزدحم خلايا الـ Bacteriod بحيث تتحول محتويات الخلية إلى كتلة كثيفة مقابلة لجدار الخلية المتضخمة ثم تتكسر خلايا الـ Bacteriod إلى بكتريا تلتهم بقايا مكونات الخلية ومنها جسم

جدار الخلية عند هذه المرحلة تصبح العقدة متييسة necrotic ثم تنطلق البكتريا إلى التربة .



شكل : يبين أشكال العقد الجذرية

جدول يبين : كمية النيتروجين المثبتة بالرايزوبيا

كمية النيتروجين المثبتة كغم /هكتار
/السنة

نوع النبات

220

أجت

150

البرسيم

80

البزاليا

110

فول الصويا

47

فستق الحقل

مجموعة الأحياء المثبتة للنروجين غير التعايشي أو الترافقية

Non symbiotic nitrogen fixation

إن تثبيت النروجين الجوي N_2 بواسطة أحياء التربة المجهرية حرة المعيشة **Free-living microorganisms** يعرف بتثبيت النروجين غير التعايشي ويقصد به هناك في الغالب أنواع البكتريا (*Azotobacter* و *Azospirillum*) وكذلك الطحالب الخضراء المزرققة (*blue-green algae*) *Cyanobacteria* (تثبت النروجين بطريقة غير تعايشية).

الأحياء المسؤولة عن تثبيت النروجين غير التعايشي وهي :

Azospirillum spp -2

Azotobacter spp - 1

Azolia- anabaena -4

blue-green algal -3

هذه الأنواع من أحياء التربة توجد في أغلب الترب إلا إن مشاركتها في موازنة النتروجين تعد منخفضة إذا ما قورنت مع نظام تثبيت النتروجين التكافلي وقد قدرت الكمية المثبتة سنويا **كمعدل بأقل من (1كغم نتروجين / هكتار)** . يعد مصدر وجاهزية الكربون (هيئة البقايا العضوية) واحدا من أهم العوامل المحددة لتثبيت النتروجين من قبل هذه الأحياء حيث إنها تدخل في منافسة مع أحياء أخرى من نوع Carbon- hetrotrophic حيث تحتاج الأحياء البكتيرية حرة المعيشة ما بين 50-400ملغرام كربون لكل ملغرام من النتروجين المثبت.

أولا : الازوتوباكتر

Azotobacter

إن البكتريا الرئيسة التي تقوم بالتثبيت الحر تتبع العائلة **Azotobacteriaceae** وتضم هذه العائلة أربعة أجناس :

Azotobacter -1 *Azomonas* -2 *Beijerinckia* -3 *Derxia* -4

واهم الأجناس هو جنس *Azotobacter* ويشمل على أربعة أنواع :

A. chroococcum - 1

A. beijerncki - 3

A. vinelandii -2

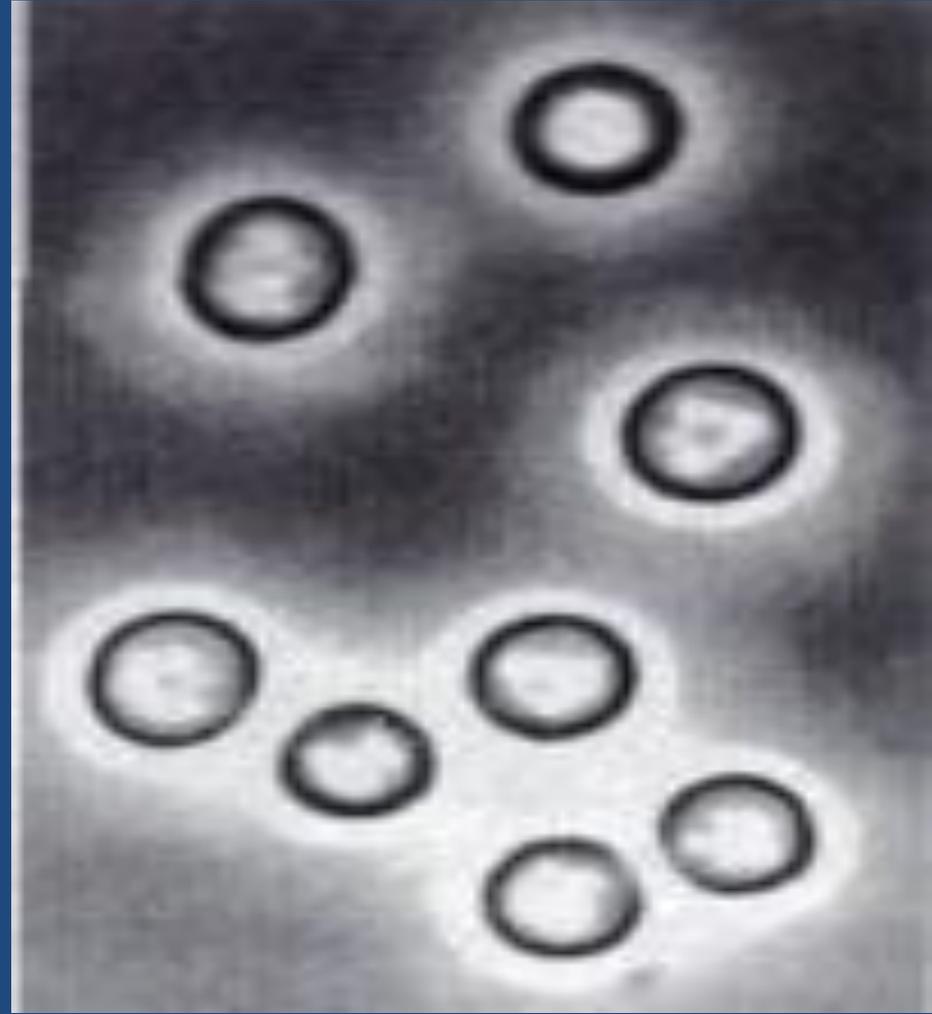
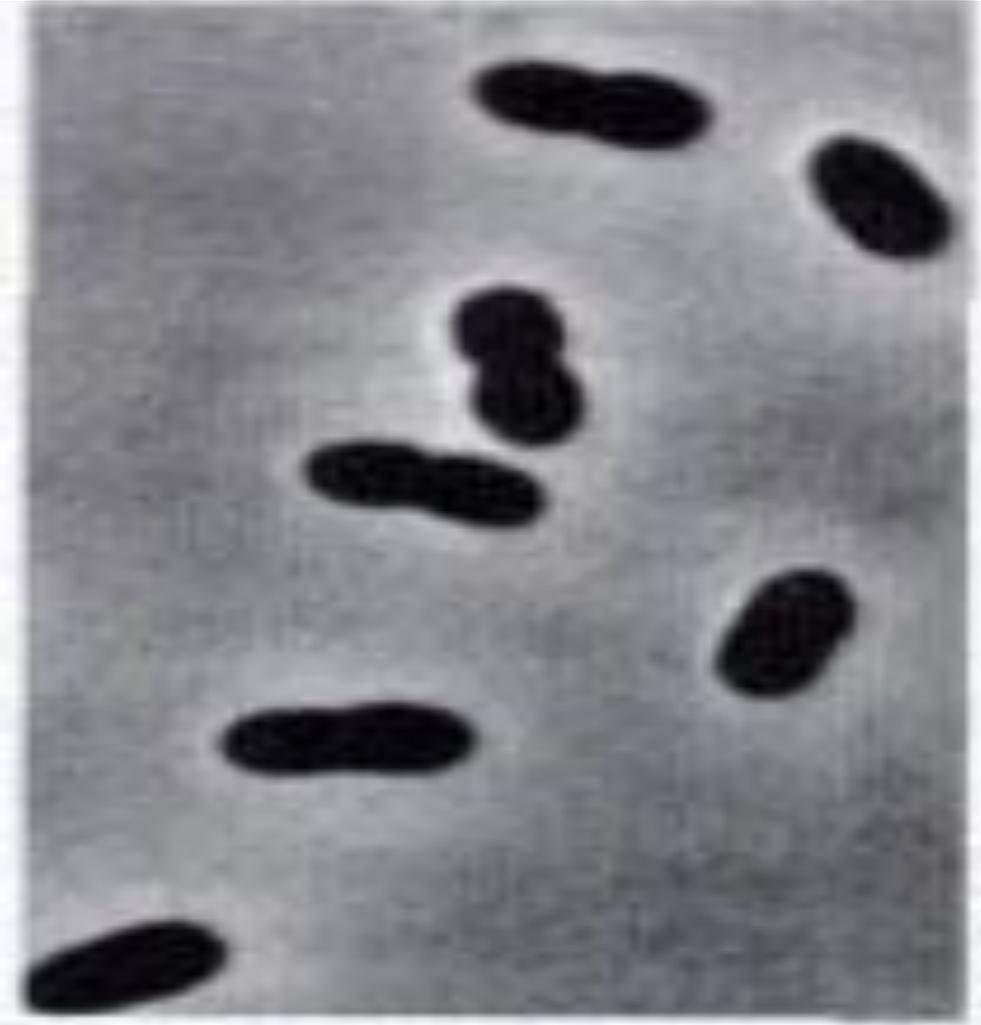
A. paspali -4

النوع الأول والثاني هم أكثر الأنواع انتشارا في الترب العراقية .

إن جنس بكتريا الـ **Azotobacter** عصوي الشكل وكائن حي كبير نسبيا بقياسات (2.0-7.0 مايكرون) × (1.0-2.5 مايكرون) . إن حجم وشكل الخلايا البكتيرية يختلف بدرجة كبيرة مع النوع والسلالة وعمر المزرعة البكتيرية وظروف النمو .

إن الحركة في اغلب الخلايا البكتيرية من الـ **Azotobacter** تنفذ بواسطة اسواط محيطية **peritrichous flagella** من بين الأنواع الثلاثة الرئيسية تعتبر **Azotobacter beijerinckii** اقل حركة عند مقارنتها مع نوع البكتريا **Azotobacter vinelandii** ، وان النوع **Azotobacter chroococcum** أسرع الأنواع حركة من بين الثلاثة . إن البكتريا من نوع متباينة التغذية الكيمياوية **Chemoheteriotrophs** هوائية إجبارية ولكن تستطيع النمو في شذود قليلة من الأوكسجين ، سالبة لصبغة كرام ، لا تكون السبورات الداخلية إلا إنها تكون الحويصلات (Cysts) .

إن الـ pH الأمثل للنموها وتثبيت النتروجين بحدود 7.0 إلى 7.5.



بكتيريا الازوتوباكتر تحت الميكروسكوب

وتنتشر بكتريا الازوتوباكتر بشكل واسع في الترب المختلفة وغالبا ما تزداد أعدادها في الترب المزروعة بالمحاصيل المختلفة ، وتشير أغلب الدراسات إلى أن أعداد البكتريا تكون أعلى في منطقة الجذور عنها في المناطق البعيدة الأخرى ، ويعزى السبب في ذلك إلى إفرازات الجذور وانسلاخاتها .

أن الفائدة من استعمال بكتريا الازوتوباكتر تتعدى كونها بكتريا مثبتة للنروجين فالازوتوباكتر لها المقدرة على إنتاج العديد من منظمات النمو وأهمها الـ (IAA) (indole 3-acetic acid) ، والجبرلين (Gibberellin) والساييتوكينين (Cytokinin) ، تخلق الأحياء الدقيقة الحديد الثلاثي من خلال إفرازها مواد ذات أوزان جزيئية منخفضة تفرز خارج خلاياها وتسمى الـ (Sidrophores) وبعض أنواع البكتريا مثل الازوتوباكتر تفرز هذه المواد . هذا فضلا عن مقدرة البكتريا على التحليل الحيوي للمخلفات العضوية ، كما ان للبكتريا دوراً مهماً في السيطرة الحيوية على الفطريات المرضية والنيماتودا .

ويعتمد نجاح استعمال لقاح الازوتوباكتري على عوامل عديدة ، منها :

• سلالة البكتريا المثبتة للنروجين

• الصنف النباتي

• كمية الأسمدة المعدنية المضافة : إذ أن زيادتها تثبط من فعالية الإحياء المثبتة للنروجين ومنها الازوتوباكتري.

إن لقاح الازوتوباكتري يمكن استعماله بطرائق مختلفة، فهو

1- إما أن يخلط مع البذور قبل الزراعة .

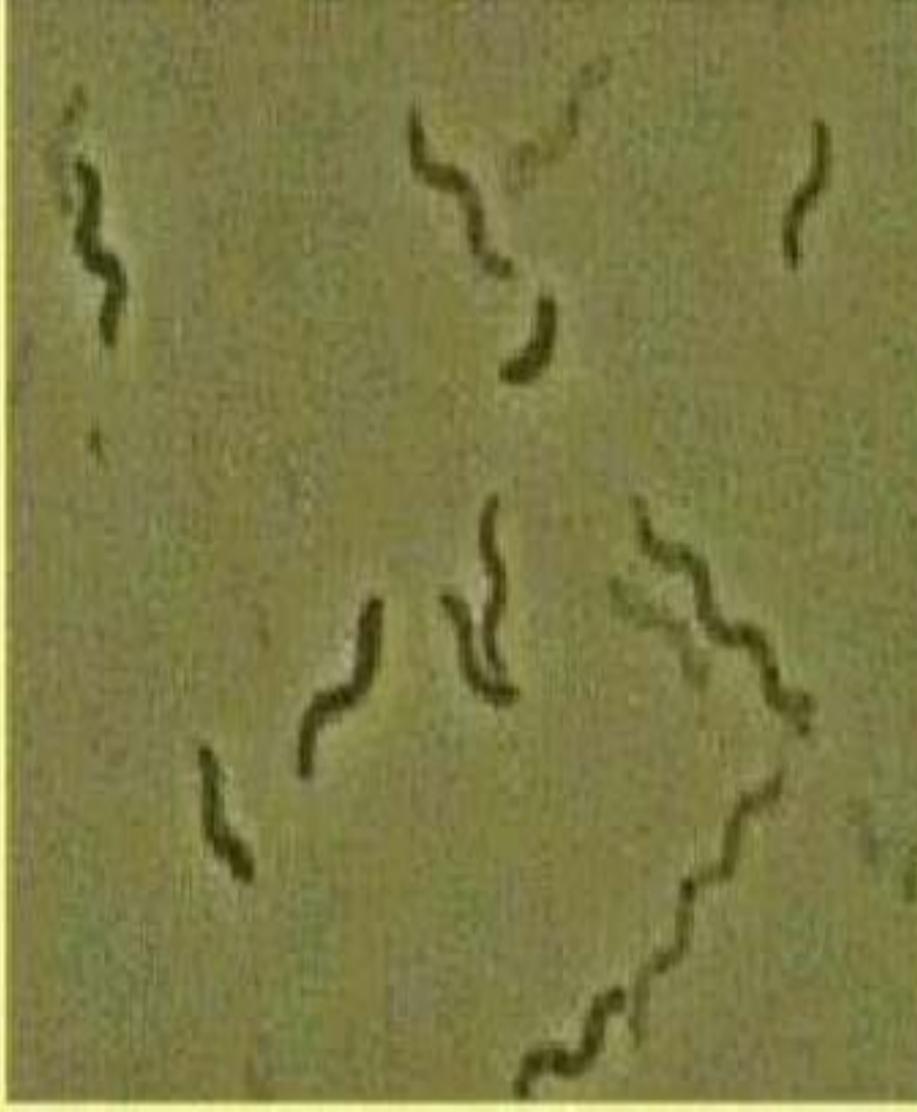
2- أو تغمر به جذور البادرات .

3- أو يضاف مباشرة في الحقل قرب جذور النباتات النامية.

ثانيا : بكتريا الازوسبيرلم *Azospirillum*

تعرف بالبكتريا الحلزونية او(الحلزون المثبت للنتروجين الجوي N_2 *N_2*-fixing spirillum) . تعتبر الـ *Azospirillum* بكتريا سالبة لصبغة كرام Gram- negative وعموما تكون على شكل ضمي او على شكل حرف (S) اي Vibroid in shape .

خلايا الازوسبيرلم عصوية أو ضمية طولها (2.2-0.9) مايكروميتر وقطرها (1) مايكروميتر وجميعها متحركة اما بسوط واحد أو بمجموعة اسواط ولا تكون البكتريا سبورات ورقم الـ (pH) الامثل لنموها (7.5-6) . بلغ عدد أنواع الأزوسبيريلم المسجلة لغاية عام 2010 خمسة عشر نوعاً واهمها هو *Azospirillum brasilense*



بكتيريا الأزوسبيرلم تحت الميكروسكوب

تستطيع بكتريا الأزوسبيرلم *Azospirillum* spp. أن تستعمر بنجاح منطقة الرايزوسفير للعديد من الأنواع النباتية (محاصيل حبوب وحشائش أعلاف و خضر وأشجار) ، كما أنها تستطيع العيش في ظروف بيئية مختلفة. وإنها تكون مستعمرات وبتفاعلية عالية ليس فقط على جذور النباتات ولكن أيضا على الأجزاء الخضرية مكونتا نوع من التعايش المرافق *associative symbiosis* . ونظرا لامتلاكها للانزيمات المحللة لمادة البكتين فإنها توجد داخل خلايا الجذور ولاسيما منطقة القشرة (cortex) فضلا عن وجودها على سطح الجذور والتربة.

فوائد الأزوسبيرلم هي: تثبيت النتروجين الجوي وزيادة امتصاص النتروجين من قبل النبات ، كما أن تنتج الهرمونات النباتية الفعالة مثل (IAA) والجبرلينات والساييتوكاينينات .

كم هي الكمية التي تأخذها بكتريا الرايزوبيا من الكمية المثبتة من النروجين وكم تطرح خارج خلاياها ؟ وما هي الكمية التي تأخذها الازوتوباكتر والكمية التي تطرحها خارج خلاياها ؟ وما سبب الفرق بين الكميتين ؟

النترجة Nitrification :

هي عملية أكسدة الامونيا في صورتها الأيونية (NH_4^+) إلى نترات بالظروف الهوائية ، وتقوم بها أجناس من بكتريا ذاتية التغذية كيميائية Chemoautotrophic وتتم بمرحلتين :

المرحلة الأولى : تحرر ايون النترت (No_2) وطاقة . بفعل بكتريا *Nitrosomonas* .

$\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ + 66 \text{ kcal. Energy}$
المرحلة الثانية: تحرر ايون النترات (No_3) وطاقة ، بفعل بكتريا

Nitrobacter .



العوامل التي تؤثر على عملية النترجة **Nitrification**

- 1- الحرارة :** درجة الحرارة المتوسطة هي المفضلة لعملية النترجة ، (30م °) وتبطئ هذه العملية بانخفاض هذه الدرجة أو ارتفاعها.
- 2- ال- PH :** ال- PH المفضل لعملية النترجة هو المتعادل أو المائل قليلا إلى القلوية .
- 3- الرطوبة والتهوية :** يجب أن تتوفر في التربة رطوبة بنسبة 60-70% (عند السعة الحقلية) . وأن بكتريا النترجة من البكتيريا الهوائية فلا بد من توفير هواء يتخلل التربة .
- 4- الأسمدة العضوية :** يعتقد بأنه زيادة الأسمدة العضوية المضافة للتربة سوف يؤدي إلى تحللها (أي تحويلها إلى أمونيا بعملية **Ammonification**) وزيادة الامونيا بشكل غاز NH_3 يؤدي إلى التقليل من أعداد بكتريا **Nitrobacter** وبالتالي تجمع النتروجين بشكل NO_2 .

س : هل عملية **Nitrification** ذات مردود اقتصادي ؟

ج : مردودها اقتصادي في حالة وجود نبات يمتص NO_3^- و اذا لم يوجد نبات يمتص NO_3^- سوف يكون هناك خسارة في النتروجين حيث يغسل من التربة او تقوم بكتريا أخرى بعملية **Denitrification**

عكس النترجة **Denitrification** :

يكمل النيتروجين دورته عندما يعاد الى الجو على صورة غاز او اكاسيد النيتروجين من خلال عملية عكس النترجة تحت ظروف لاهوائية (تغدق) ، وهي عملية اختزال مايكروبي للنترات او النتريت إلى غاز النيتروجين بفعل بعض أنواع البكتريا التابعة لأجناس *Pseudomonas, Thiobacillus* وأنواع أخرى من بكتريا التربة .



العوامل التي تؤثر على عملية Denitrification

1- توفر الظروف الغدقة

2- توفر الأسمدة او المواد العضوية بالتربة : لان البكتريا من نوع

Chemohetrotrophic

عملية **denitrification** تعتبر خسارة لنتروجين التربة ، وصلت النسبة إلى حوالي 25% من النتروجين المضاف إلى التربة كسماد تفقد بشكل N_2 إضافة إلى ذلك هناك مشكلة N_2O الذي يفقد للجو وفي طبقات الجو سوف يتفاعل مع طبقة الأوزون O_3 وتدمير طبقة الأوزون محتمل تؤدي إلى نفاذ الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض وبالتالي سوف تقضي على المدافعات الحيوية الموجودة في أجسامنا فنتعرض إلى الإصابة بالإمراض .

تمثيل النترات : Nitrate assimilation

إن كل من النبات والأحياء المجهرية التي تمتص N بشكل NO_3 يجب أن يتحول داخل أجسامها إلى أمونيا ومن ثم إلى أحماض امينية وبروتينات وذلك تحت الظروف الهوائية واللاهوائية .

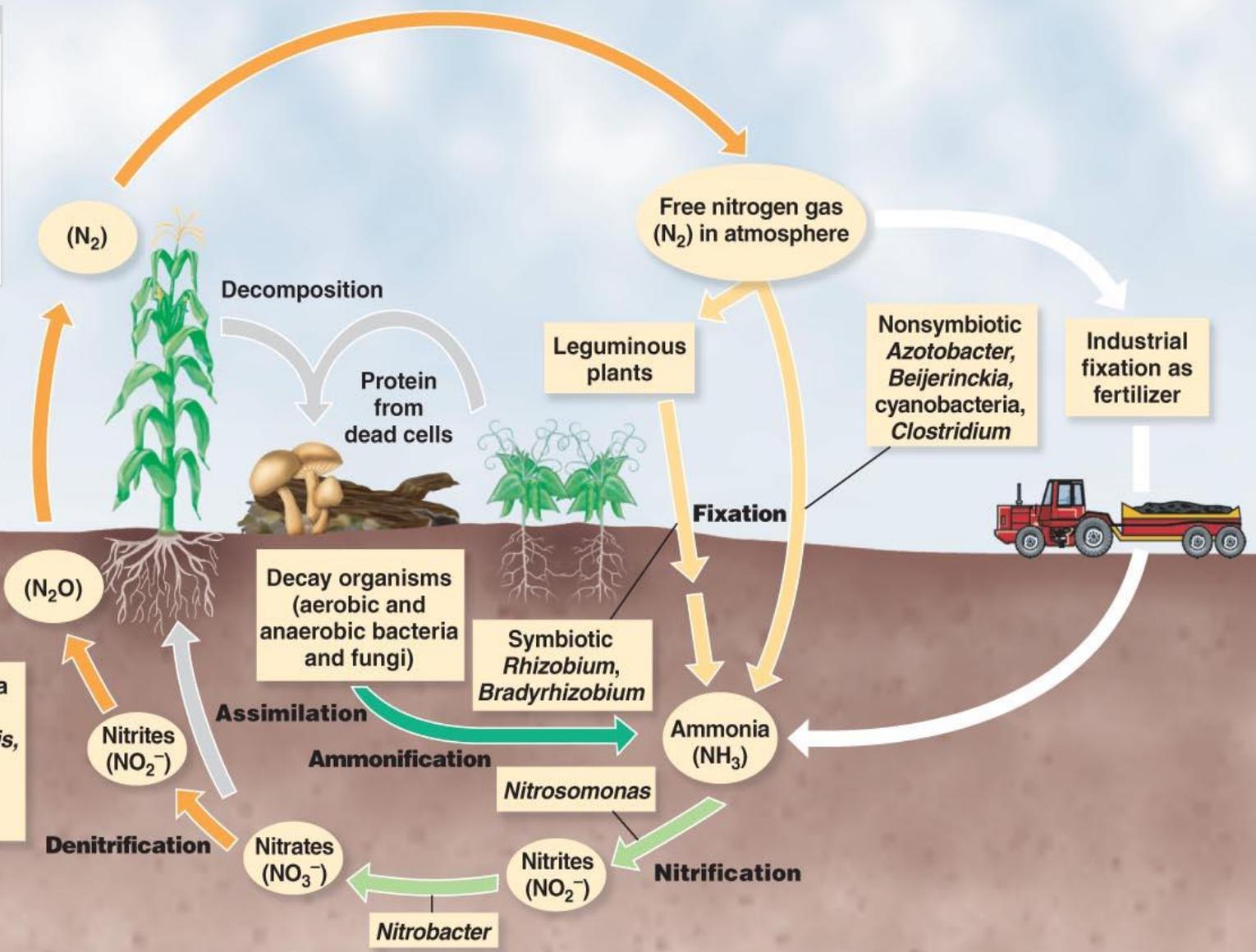
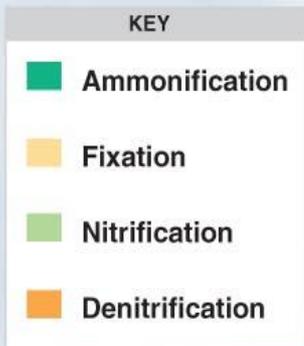


Hydroxylamine reductase



تنفس النترات Nitrate respiration

قسم من البكتريا وتحت الظروف اللاهوائية (بصورة خاصة *Bacillus subtilis*, *E. coli*) بمكانها تحت هذه الظروف ان تستعمل النترات كمستقبل للإلكترونات بدلا من الأوكسجين وفي هذه الحالة تختزل النترات إلى أمونيا .



دورة النروجين

على الرغم من أن النترات تعتبر مادة ضرورية للتغذية ، إلا إنها تعد من أهم المواد الملوثة للبيئة ، إذ إنها تغسل إلى أعماق التربة ومن ثم إلى مياه الأنهار فتلوثها ، وتعتبر هذه الظاهرة مشكلة ، إذ تؤدي إلى :

- ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication .
- مرض زرقة العيون Methemoglobinemia عند الأطفال .
- تكون مركبات النتروزامين Nitrosamine وهي مادة مسرطنة

س : كيف نتخلص من النترات في مياه الأنهار أو كيف نمنع غسل
النترات ؟

الجواب : المهتمين بتلوث البيئة ، توفير ظروف معينة تمنع عملية
Nitrification احد هذه الظروف هو :

1- استعمال **N- Serve** وهو عبارة عن مركب عضوي يضاف بنسب معينة
للتربة وقت الزراعة أو وقت احتياج المحاصيل المزروعة
للنتروجين ، فائدته هو القضاء على البكتريا *Nitrosomonas* ومنع أكسدة
الامونيوم إلى نترت ويجبر النبات على امتصاص النتروجين بشكل امونيوم .
ولكن المشكلة هو إن مفعول **N- Serve** يكون وقتي حيث يتحلل بواسطة
بكتريا أخرى ويفقد قابليته على القضاء على بكتريا *Nitrosomonas* .

2- الطريقة الثانية طريقة غير اقتصادية وذلك بتوفير ظروف غدقة
وبالتالي تمنع عملية **Nitrification** .

Transformation of phosphorus

دورة الفسفور في التربة The phosphorus cycle

إن دورة الفسفور في التربة على غاية من الأهمية بالنسبة للنبات وأحياء التربة المجهرية ، وان جزء مهم من هذه الدورة يمكن أن يمثل بالتوازن الآتي :

فسفور محلول التربة P \longleftrightarrow فسفور معدني P_i \longleftrightarrow فسفور عضوي P_o
سرعة عالية

يجدد فسفور محلول التربة من خلال الإذابة السريعة للفسفور المعدني P_i لسد متطلبات النباتات والأحياء المجهرية الموجودة في التربة ، إلا انه في النظام البيئي الطبيعي (عدم وجود نشاط للزراعة) وعندما يكون الفسفور المعدني قليل جدا وان مكونات دورة الفسفور متقاربة من بعضها فان اغلب الفسفور والذي يمتص من قبل النباتات يجهز

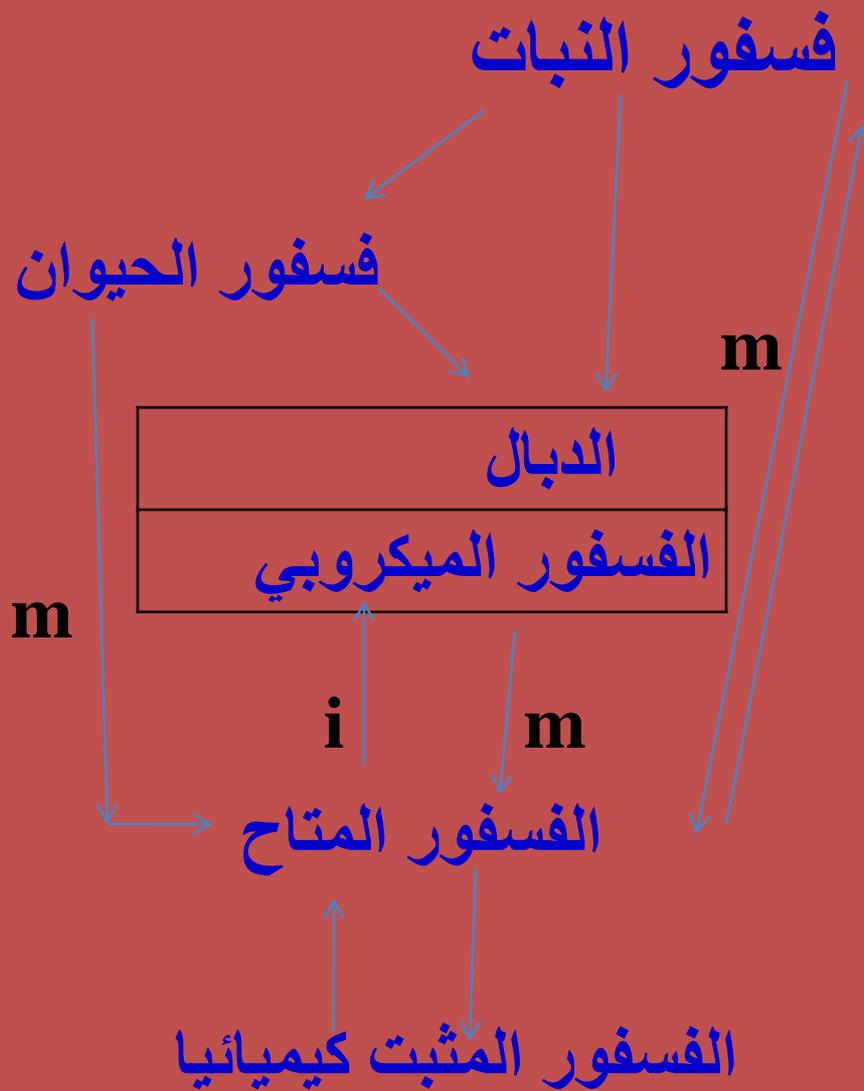
من دورة الفسفور عند تحلل البقايا النباتية من خلال نشاط أحياء
التربة المجهرية .

إما في الأنظمة الزراعية (وجود نشاط بشري كثيف في الزراعة) فإن
دورة الفسفور تكون مفتوحة لأن الفسفور يتعرض وباستمرار لعمليات
فقد من خلال إنتاج المحاصيل الزراعية والجريان السطحي وعمليات
التعرية وبذلك تنشأ الحاجة لإضافة الأسمدة الفوسفاتية المختلفة لسد
هذا المفقود من الفسفور وكذلك للوصول بالإنتاج الزراعي الى أعلى
من الحدود الطبيعية . إن هذه التغيرات في أجزاء ومكونات دورة
الفسفور في النظام الزراعي خلقت صعوبات كبيرة عند إجراء دراسات
لتقييم دورة الفسفور في التربة ومع ذلك وفي كلا النظامين البيئي
الطبيعي والنظام الزراعي المفتوح فإن مشاركة المخلفات النباتية
والحيوانية ودور الأحياء المجهرية يكون كبيرا في تجهيز الطاقة
اللازمة لديمومة واستمرارية المحافظة على دورات العناصر ومنها

عنصر الفسفور ثم عودة دخوله الى الدورة من خلال عملية معدنة الفسفور mineralization .

إن الأحياء المجهرية تشكل وسيلة لتحرر وتحول المهم من العناصر الغذائية ومنها عنصر الفسفور وهي بدون منافس تعتبر الوسيط الأول في إحداث التغيرات في جاهزية العناصر الغذائية . إن حالة التنافس على الكمية القليلة من فسفور محلول التربة سوف تكون شديدة في منطقة نشاطها العظمى الـ Rhizispher خاصة عندما تكون المواد من إفرازات الجذور exduate وخلايا الجذور المنسلخة -sloughed-off root cells والأنسجة الميتة Debris والمادة الهلامية mucigels قليلة ومحدودة مع تواجد أعداد كبيرة ونشطة من الأحياء المجهرية .

إن فسفور التربة وضمن دورته يظهر بأنواع مختلفة لاحظ الشكل التالي منها الفسفور المعدني ومنها الفسفور العضوي .



شكل : دورة الفسفور . $m =$ المعدنة = mineralization
 $i =$ التمثيل = immobilization

إن الفسفور المعدني يوجد بالدرجة الأساسية متحدا مع أكاسيد وهيدروكسيدات الألمنيوم والحديد أو معادن الطين أو مع الكربونات الصلبة ، وكذلك يوجد في المادة العضوية بكميات قليلة على هيئة بايروفوسفات pyrophosphates أو بولي فوسفات polyphosphate خاصة المواد العضوية من الأصل الميكروبي .

إن الفسفور العضوي من الأصل النباتي Inositol hexakis و pentakis phosphates وهذين يشكلان 60% من الفسفور العضوي في التربة مع ظهور كميات صغيرة من phospholipids و nucleotides وآثار قليلة من glycerophosphate و phosphonates .

تعتبر أهمية الفسفور للنباتات الراقية في المرتبة الثانية بعد عنصر النتروجين ، وإن أغلب الفسفور في التربة يوجد بحالة غير متيسرة لامتصاصه من قبل النباتات ، وإن نسبة الفسفور العضوي في الأنواع النباتية المختلفة تختلف من محصول إلى آخر ، وعموما فإنه يتراوح بين (0.05-0.5 %) وتكون هذه الكمية بأشكال عضوية مختلفة منها الأحماض العضوية ، فوسفوليبيدات ، سكريات فوسفاتية، أنزيمات مساعدة وحامض الفايثيك Phytic acid .

إما في الخلايا البكتيرية فتحتوي على نسب مختلفة من المركبات العضوية الفسفورية ويشكل الحامض النووي RNA من ثلث إلى نصف الفسفور العضوي ، وحوالي ربع الفسفور العضوي يكون على شكل اورثوفوسفات ، وسكريات فوسفاتية وأنزيمات مساعدة وتشكل الفوسفوليبيدات اقل من 10% والحامض النووي DNA من 2-10% .

تزداد أعداد أحياء التربة المذيبة للفسفور في منطقة الرايزوسفير وان نسبتها (10-15%) و (20-40%) من مجموع الأحياء المجهرية في التربة الغير رايزوسفيرية والتربة الرايزوسفيرية على التوالي، وأشار احد الباحثين إلى إن 25% من أحياء التربة لها المقدرة على إذابة المركبات الفوسفاتية .

إن الأحياء المجهرية تزيد من جاهزية الفسفور إما بصورة مباشر من خلال إذابة الفسفور وتسمى الأحياء المذيبة للفوسفات

(Phosphate solubilizing Microorganisms PSM)

أو بصورة غير مباشر من خلال البكتريا المشجعة لنمو النبات

(plant growth promoting rizobacteria (PGPR) والتي

لها دور في إفراز منظمات النمو والمركبات الخالبة للحديد

(السايروفورات sidrophores) وبالتالي تشجع من نمو الجذور

والشعيرات الجذرية .

تشكل البكتريا المذيبة للفسفور (PSB) من 1 إلى 50% من بين
أحياء التربة بينما الفطريات المذيبة للفسفور (PSF) تشكل فقط 0.1
إلى 0.5% .

ومن الأجناس البكتيرية والتي يتراوح عددها بين 10^5 – 10^7 لكل
غرام تربة جافة تتمثل :

(*Micrococcus* , *Flavobacterium* , *Bacillus* ,
Psudomonase , *Mycobacterium*)

وهناك قسم من الأجناس الفطرية تتمثل في : (*Sclerotium* ,
(*Fusarium* , *Penicillium* , *Aspergillus*)

لأحياء التربة المجهرية دور كبير في تحولات الفسفور وهذه التحولات تشمل :

- إذابة الفسفور اللاعضوي
- معدنة الفسفور العضوي
- تحويل الفسفور اللاعضوي إلى كتلة بروتوبلازم (تمثيل)
- تفاعلات الأكسدة والاختزال .

دور الأحياء المجهرية في تحولات الفسفور

1- إذابة الصخور والمعادن الفوسفاتية : لقد تم تشخيص عدد كبير من أحياء التربة المجهرية القادرة على إذابة الفسفور من مصادره غير الجاهزة مثل (صخر الفوسفات ، فلو أو كلور اباتايت، هيدروكسي اباتايت ، أو مركبات فوسفات الكالسيوم او المغنيسيوم او الحديد او الألمنيوم) غير الذائبة إلى الصورة الذائبة .

إن العديد من فطريات وبكتريا التربة تستطيع إذابة الفسفور غير العضوي إلى أشكال قابلة للذوبان من خلال عمليات التخمير، الخلب، وإنتاج الأحماض العضوية حيث تقوم هذه الكائنات الحية المذيبة للفسفور بإفراز كميات كبيرة من الأحماض العضوي قليلة الوزن الجزيئي مثل الاوكساليك و الفيوماريك و الكلوكونيك و السكسنيك و الستيريك .

إن بكتريا الـ *Pseudomonas spp* وبكتريا الـ *Bacillus spp* تعد الأكثر شيوعاً في إذابة الفسفور المعدني ، و من أكثر الفطريات المذيبة للفسفور في المنطقة الجذرية بالدرجة الأولى الجنسان *Penecillium spp* و *Aspergillus spp* ، فقد لوحظ عدد من الباحثين أن الفطريات أكفاً من بقية مجاميع أحياء التربة الدقيقة في إذابة المركبات الفوسفاتية المختلفة ، حيث إن كفاءة الفطريات هي (10) أضعاف كفاءة البكتريا في إذابة كل من الفوسفات المترسبة حديثاً وكذلك صخر الفوسفات.

بالإمكان تقسيم آليات إذابة الصخور والمعادن الفوسفاتية اعتمادا على وفرة الأوكسجين :

1- تحت الظروف الهوائية تتأكسد الامونيا او الكبريت إلى حامض النتريك او حامض الكبريتيك بواسطة أحياء التربة المجهرية وإن هذه الأحماض المتكونة بالإضافة إلى حامض الكربونيك بإمكانها إذابة فوسفات الكالسيوم الثلاثية إلى ثنائية بعدها إلى فوسفات أحادية الكالسيوم وانطلاق الفوسفات بشكل جاهز قابل للامتصاص من قبل المحاصيل الزراعية المختلفة .

2- تحت الظروف اللاهوائية هناك ثلاث آليات تعمل معا أو منفردة :

أ- تكون أحماض عضوية على سبيل المثال (الفورمك ، والاسيتيك ، واللاكتيك) وهذه تعمل على إذابة معادن الفوسفات .

ب- اختزال الحديد الموجود في تركيب فوسفات الحديد إلى حديدوز مع تحرير الفوسفات .

ج- اختزال الكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجين وتفاعله مع فوسفات الحديد إلى كبريتيد الحديدوز مع تحرير الفوسفات .

2- معدنة الفسفور العضوي :

لوحظ إن لأجناس أحياء التربة القدرة في تعدين الفسفور **mineralization** العضوي إلى الشكل الذائب وذلك بفعل انزيمي **enzymatic activity** ، حيث إن معدنة معظم مركبات الفوسفور العضوية تتم بواسطة إنزيمات الفوسفاتيز التي يزداد نشاطها في التربة و المصدر الرئيسي لنشاط إنزيم الفوسفاتيز في التربة يكون من أصل ميكروبي الذي يزداد نشاطه بشكل كبير في منطقة الرايزوسفير مما يؤدي إلى زيادة الفسفور الذائب .

3-المعدنة والتمثيل

كما ذكرنا سابقا إن الأحياء المجهرية واحتياجاتها من العناصر الغذائية هي العامل الرئيس المتحكم بعملية المعدنة والتمثيل ، تم التعرف على نسبة الكربون إلى الفسفور في أجسام الأحياء المجهرية (C: P ratio).

إن هذه النسبة في مايسيليوم الفطريات كمعدل تتراوح بين 50- 100: 1 ، وفي خلايا البكتريا والاكيتينومايسيتات تتراوح بين 150- 300: 1. ويمكن تحديد الحدود التقريبية لما تحتويه المخلفات العضوية من فسفور كحد فاصل بين المعدنة والتمثيل من خلال حسابات بسيطة . (اقل من 1:200 فهي معدنة ، وأكثر من 1:300 فهي تمثيل لفسفور التربة)

مثال :

أضيف مسحوق التبن بنسبة 1% إلى دونم من التربة وترك ليتحلل في ظروف ملائمة مدة شهرين ، ما هو تأثير ذلك في فسفور التربة إذا علمت ان نسبة الكربون في مسحوق التبن 40% ونسبة الفسفور فيه 0.1 % وان 60% من مسحوق التبن قد تتحلل خلال هذه المدة . افرض ان التحلل كله بواسطة الفطريات التي تمثل 35 % وان نسبة الكربون إلى الفسفور فيها 100 : 1 .

1

$$\frac{1}{100} \times 500\,000 = 5000 \text{ Kg Straw / Donum}$$

التبن مسحوق
بالدونم

100

40

$$\frac{40}{100} \times 5000 = 2000 \text{ Kg C / D}$$

100

0.1

$$\frac{0.1}{100} \times 5000 = 5 \text{ Kg P / D}$$

100

60

$$\frac{60}{100} \times 2000 = 1200 \text{ Kg C / D} \quad \text{متحلل}$$

100

60

$$\frac{60}{100} \times 5 = 3 \text{ Kg P / D} \quad \text{متحلل}$$

100

35

— ×1200 = 420 Kg C / D ممثل من للفطريات

100

420

— = 4.2 Kg P/ D ممثل للفطريات

100

4.2 – 3 =1.2 Kg P /D النقص

النقص 1.2 كغم فسفور يؤخذ من فسفور التربة فالعملية Immobilization

4- تفاعلات الأوكسدة والاختزال

من الممكن ان يوجد الفسفور المعدني في التربة بإشكال متأكسدة ،مثل ايون الفوسفين Phosphine (PH₃) وايون الاورثوفوسفيت Orthophosphate (H₃PO₄).

يتأكسد حيويا الاورثوفوسفات Orthophosphate المضاف إلى التربة إلى مركب الاورثوفوسفيت Orthophosphate



تتم بفعل عدد من الأجناس منها *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Aspergillus*, *Penicillium*

ويتأكسد الهايروفوسفات HPO₂ بفعل الإحياء المجهرية العضوية التغذية إلى اورثوفوسفيت .

أما في الظروف اللاهوائية فيحدث اختزال وبوجود مصدر للطاقة كالمانيتول ، مثلا يختزل الاورثوفوسفيت الى فوسفات ثم الى هايروفوسفات

التحولات الحيوية للكبريت Biological Transformations of sulfur

يعد الكبريت عنصرا أساسيا ومهما في عملية نمو النبات ، إذ إن النباتات تحتاج إلى عنصر الكبريت لتكوين بعض الحوامض الأمينية وبعض الفيتامينات والأنزيمات المرافقة Coenzymes . ويشترك الكبريت والنيتروجين في تركيب البروتينات .

يوجد الكبريت في التربة بالحالة :

1- العضوية واللاعضوية

2- تأكسدية واختزالية

وفي أشكال صلبة وسائلة وغازية .

وجوده في التربة من ناحية الكمية يعتمد على عدة عوامل منها :

المناخ و نوع التربة وعمقها وغيرها .

إن من أهم مصادر الكبريت في التربة يرجع إلى بقايا النباتات والحيوانات والأسمدة الكيميائية والأمطار وبعض المواد الأصلية Parent material مثل كبريتات الكالسيوم (Gypsum) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (والبيرايت FeS_2 (Pyrite) .

هناك بعض التغييرات الكيميائية الحيوية التي يحدث أن تحصل للمركبات الكبريتية بواسطة الكائنات المجهرية وتكون كالآتي :

أ- إن الكبريتات (SO_4^{-2}) تمثل من النباتات وتدخل في تركيب البروتينات ، وعند تحلل البروتينات Proteolysis يحرر الأحماض الامينية من ضمنها Cysteine , Cystine , Methionine بواسطة النشاط الأنزيمي للعديد من البكتريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic ،

وتحلل بعض الأحماض الأمينية السلفاتية (الكبريت العضوي يكون بشكل أحماض أمينية) كالثستين Cysteine ينتج عنه تكون Pyruvic acid و أمونيا وكبريتيد الهيدروجين H_2S بعملية Hydrolytic deamination



ب- كبريتيد الهيدروجين يتأكسد بواسطة بكتريا *Thiobacillus thiooxidans* إلى H_2SO_4

Thiobacillus thiooxidans



إذن البكتريا هي Chemoautotrophic

ج - ان الكبريت بشكله العنصري (S) لا يمكن ان تمثله النباتات او الحيوانات ،
فعند إضافته للتربة بشكل (S) بقصد تخفيض الـ pH خصوصا للترب القاعدية
يتأكسد إلى H_2SO_4 بفعل بكتريا *Thiobacillus thiooxidans*
 $2 S + 2 H_2O + 3 O_2 \longrightarrow 2 H_2SO_4 + \text{energy}$

تمثيل الكبريتات Sulfate assimilation

النبات والإحياء المجهرية تمتص الكبريت بشكل كبريتات SO_4^{2-} وهذا
داخل النبات او الإحياء المجهرية يجب ان يختزل إلى H_2S سواء تحت الظروف
الهوائية او اللاهوائية ومن ثم إلى أحماض امينية وبر تينات .

تنفس الكبريتات Sulfate respiration

تحت الظروف اللاهوائية يمكن لبعض البكتريا (*Desulfovibrio*
desulfurican) ان تستعمل الكبريتات كمستقبل للاكترونات بدلا من
الأوكسجين ، اذ تختزل إلى H_2S .

التحولات الحيوية للحديد

Microbiological Transformation of Iron

للأحياء المجهرية الموجودة في التربة دور مهم في تحولات الحديد وفي معظم الأحيان تعد العامل المحدد لتجهيز هذا العنصر أو عدم تجهيزه للنبات .

1- أكسدة الحديد Iron oxidation

من الممكن لبعض البكتريا ان تؤكسد الحديدوز Fe^{+2} الذي يضاف أحيانا للتربة بشكل $FeSO_4$ إلى حديدك Fe^{+3} بشكل $Fe(OH)_3$ الذي يكون راسب احمر وبالتالي لهذه البكتريا سوف تقوم بتحويل عنصر الحديد من الشكل الجاهز للنبات إلى الشكل الغير جاهز بقصد الاستفادة من الطاقة . البكتريا هي :

Ferrobacillus

Ferroxidans

Thiobacillus



2- اختزال الحديد Iron reduction

في الظروف الهوائية يكون معظم حديد التربة في أعلى حالة من التأكسد Fe^{+++} وقليل جدا في حالة Fe^{++} وعلى العكس من ذلك يحدث عندما تكون التربة غدقة (ظروف لا هوائية) . هناك بكتريا اخرى تستعمل الحديد Fe^{+++} كمستقبل للاكترونات بدلا من الأوكسجين في عملية التنفس حيث تختزل إلى الشكل الجاهز للنبات Fe^{++} .

مشاكل أكسدة واختزال الحديد والمنغنيز في ترب ملحية مستصلحة حديثا .

غسل التربة بالماء يخلق ظروف غدقة فالحديد والمنغنيز في هذه الظروف يختزلان إلى Fe^{++} Mn^{++} ويكونان جاهزين للنبات ، وعندما تتحرك الأملاح والماء إلى الأسفل داخل التربة يتحرك معهم Fe , Mn إلى ان تصل إلى الأنابيب الفخارية المستعملة في البزل التي تتميز بظروف هوائية فتؤدي إلى تأكسدهما إلى Fe^{+++} ، Mn^{++++} بشكل ترسبات من الـ Fe_2O_3 الحمراء والـ MnO_2 السوداء مما تؤدي إلى انسداد الأنابيب .

3- تحلل مركبات الحديد العضوية

يكون الحديد مع المركبات العضوية مركبات بسيطة او معقدة او مخلبية أحيانا ، ان هذه المعقدات تكون عرضة للتحلل من أحياء التربة المجهرية وبالنتيجة ترسب الحديد الداخل في تركيبها على شكل أملاح الحديد غير الذائبة . فالبكتريا تستعمل السترات الموجودة في وسط غذائي مصدرا للكربون والطاقة تاركة الحديد على شكل ترسبات من هيدروكسيد الحديد .

وبالطريقة نفسها يترسب الحديد الداخل في أملاح مع كل من malate , acetate , lactate , oxalate والبكتريا التي تقوم

بعملية التحلل تضم الاجناس : *Corynebacterium* ,

Mycobacterium , *Serratia* , *Pseudomonas* , *Bacillus* .

تحليل المبيدات في التربة

المبيدات مواد كيميائية قد تكون عضوية أو لا عضوية تستعمل للقضاء على الأحياء التي تهدد الإنسان والحيوان والنبات فهي تستعمل لمقاومة الآفات الحشرية أو الفطرية أو العشبية واي آفة أخرى تلتهم المزروعات اللازمة للأسنان في غذائه وكسائه ، وتقسم المبيدات حسب المجموعة التي تستخدم في مقاومتها إلى :

- مبيدات الحشرات Insecticides
- مبيدات الأدغال Herbicides
- مبيدات الفطريات Fungicides
- مبيدات للبكتريا bactericides
- مبيدات الديدان nematocides

إن المبيدات لها المقدرة على الانتقال خلال عناصر البيئة المختلفة (التربة والماء والهواء) لكي تتراكم بدرجات مختلفة في النباتات ، حيث ان معاملة التربة مباشرة بالمبيدات يعد مصدرا مهما لتلوث التربة والمواد الغذائية ،

ان حركة المبيدات في التربة تحصل بطريقتين ، الانتشار (diffusion) والانتقال الكتلي (mass flow) ، حيث تصل المبيدات الى التربة بعدة طرق ، منها تضاف مباشرة على سطح التربة ومنها تحقن تحت السطح وقسم آخر يرش على اوراق نباتات الأدغال وهذه بدورها سوف تصل إلى التربة .

تتلوث المياه بالمبيدات إما عن طريق المعاملة المباشرة لمكافحة نباتات الأدغال في قنوات الري والبزل أو عن طريق غسل المبيدات من التربة بوساطة الأمطار والري ، حيث إن المبيدات تغسل إما بانتقالها سطحيا بالانجراف أو بحركتها إلى أسفل التربة ثم وصولها إلى تحت منطقة الجذور ثم انتقالها إلى الماء الأرضي وتلوثه عن طريق النفوذ .

العوامل التي تتحكم بمصير المبيدات في التربة

إن هذه العوامل مجتمعة هي التي تحدد مدى ثباتية أو زوال المبيدات من التربة وتعطي فكرة واضحة عن المصير النهائي لها ، ومن هذه العوامل هي :

1-التطاير Volatillisation :

2- الغسل Leaching :

3-الامتزاز Adsorption :

4-التحلل Degradation :والتحلل على نوعين هما :

أ – التحلل غير الحيوي Non-biological degradation)

التحلل الكيميائي) : وهو نوعين : الأول : التحلل المائي hydrolysis

والثاني : التحلل الضوئي photoiysis degradation

degradation

ب- التحلل الحيوي biological degradation : من أهم العمليات التي تعمل على خفض وإزالة متبقيات المبيدات من التربة هي عملية **التحلل الميكروبي** . حيث إن مجموعة الأحياء في التربة تشكل نظاما كيميائيا حيويا له القابلية على إنتاج الأنزيمات التي بمقدورها تحليل أنواع كثيرة من المبيدات .

العوامل المؤثرة على التحلل الحيوي للمبيدات في التربة :
أولا : عوامل خاصة بالبيئة

أ- وجود وعدد الأحياء المجهرية المناسبة .

ب- الاتصال بين الكائن المجهري والمادة .

ج - الـ pH والحرارة والملوحة .

د- الماء الجاهز .

هـ - توفر الأوكسجين وجهد الأوكسدة .

و- توفر المغذيات .

ز- كمية وشدة الضوء .

ثانيا : عوامل خاصة بالمبيد

أ- التركيب الكيميائي والوزن الجزيئي للمبيد

ب- المجموعة الوظيفية مثل : -OH , -COOH , -CH₃ , -Cl

ج - التركيز والسمية .

د- ذوبان المبيد في الماء .

العلاقة بين المبيدات الكيميائية وأحياء التربة المجهرية

إن استعمال المبيدات لأجل استهداف آفة معينة فإن 5% فقط من المبيد المستعمل قد تصل إلى الآفة المستهدفة ، إما باقي الكمية فتذهب إلى أحياء أخرى في التربة غير مستهدفة وبالتالي يحدث خلل في التوازن الميكروبي وقد يتعدى ذلك إلى القضاء على أحياء التربة المجهرية الاقتصادية ، ومنها بكتريا النترجة والبكتريا المثبتة للنيتروجين الجوي والأحياء المحللة للمادة العضوية .

تتمثل آثار المبيدات على الأحياء المجهرية في التربة في انخفاض عددها ، تعديل النشاط الكيموحيوي ، والانخفاض الكمي والنوعي للمجتمع الميكروبي ، ولذلك فإن علاقة التداخل بين أحياء التربة المجهرية والمبيدات تحدث باتجاهين :

الاتجاه الأول : إن بعض المبيدات تؤثر تأثيرات سلبية في الأحياء المجهرية وهذه التأثيرات تحكمها ثلاثة عوامل هي : **نوع المبيد ، التركيز المستعمل ، ومدة بقاء المبيد بحالته السمية .** وهذه تعتمد على المادة الفعالة في المبيد .

في حين نجد بعض المبيدات ليس لها تأثير، وقد تكون بعض هذه المبيدات غير سامة عند استعمالها بالتركيز الموصى به حقليا، ولكن الاستعمال المتكرر لهذه المبيدات ولمدد طويلة قد يظهر تأثيرها التراكمي (Residual effect) فينعكس على الأحياء المجهرية في التربة وعلى جذور النباتات والعمليات الحيوية كافة .

الاتجاه الثاني : جميع المبيدات تقريبا تكون عرضة للتمثيل الغذائي (التحلل الحيوي) من أحياء التربة المجهرية مما تؤدي الى تحفز نمو أحياء التربة وتقليل خطر المبيدات .

يجب الاهتمام بدراسة المبيدات في التربة لاحتمالات تأثيراتها السلبية في تثبيط أنشطة الأحياء المجهرية ذات الأهمية الاقتصادية في تحولات العناصر الغذائية في التربة ، ولذا فمن المهم معرفة تأثير هذه المبيدات على احياء التربة المجهرية :

1- تأثير المبيدات في الكتلة الإحيائية

ان المبيدات المضافة الى التربة مثل المبيدات الفطرية التي تضاف بكميات عالية قد تكون خطيرة على المجتمعات الميكروبية ، بينما اضافة مبيدات الأذغال بمعدلات قليلة فقد تكون غير سامة ، وعموما ان مدة تاثير المبيدات تكون ثابتة ومستمرة يحكمها التركيب الكيميائي والظروف البيئية ،

فقد اوضحت الدراسات التي اهتمت باختبار التأثيرات الضارة للمبيدات في ميكروبات التربة ان غالبية الميكروبات لا تتاثر بالمبيدات وان أعدادها تنخفض انخفاضا قليلا وخاصة عندما تضاف بتركيز منخفضة كمبيدات الادغال ، وان المبيدات المضافة بتركيز عالية ليس لها نفس درجة التأثير على كل احياء التربة ، فقد تنخفض اعداد نوع من الاحياء ولا يتاثر نوع اخر الا بدرجة متوسطة في حين تقاوم بعض الانواع الاخرى مقاومة تامة.

والجدول التالي يبين الحدود السامة لبعض المبيدات الكيميائية على المجاميع الميكروبية .

جدول : تأثير المبيدات على المجاميع الميكروبية .

المبيدات	البكتريا	الاكتينومايسيتات	الفطريات
التراكيز السامة (ppm)			
Dazomet	150	150	150
Metham	60	-	60
Nabam	50	-	50
PCP	2000	2000	2000
التراكيز الغير سامة (ppm)			
Aldrin	100	-	100
Atrazine	70	70	75
DDT	100	-	100
Diazinon	40	40	40
HCH	1000	1000	1000
Simazine	70	70	70

2- تأثير المبيدات في الفعاليات الحيوية لأحياء التربة المجهرية

أ- تثبيت النتروجين اللاتعايشي (التثبيت الحر) Non Symbiotic N-fixation

ب- تثبيت النتروجين التعايشي Symbiotic N-fixation

ج- عملية النتجة Nitrification

د- عملية النشطرة Ammonification

هـ- فعالية الأنزيمات

التحلل الحيوي للمبيدات

إن أحياء التربة لها القابلية على تغيير جزيئات المبيد وتحويلها إلى جزيئات غير فعالة ، وهناك عدة عوامل تحدد سرعة اختفاء المبيدات من التربة بتأثير النشاط الميكروبي منها :

1- التركيب الكيميائي للمبيد.

2- درجة ادمصاص المبيد من قبل غرويات التربة

3- تهوية التربة

pH-4 التربة.

5- طبيعة نمو الأحياء المجهرية في التربة ،حيث إن الأحياء السريعة أكثر قدرة على تحليل المبيدات من الأحياء البطيئة النمو.

إن عملية التحلل تعتمد على إنتاج الانزيمات من قبل الأحياء كذلك تمتلك الأحياء المجهرية أنظمة انزيمية فعالة في تحليل المبيدات بعمليات كيميائية كالاكسدة والاختزال والتحلل وازلة المجاميع الاكسيلية وازالة المجاميع الهالوجينية وازافة مجاميع هيدروكسيلية وكسر الحلقات. ان الأحياء المجهرية تستفيد من تحلل المبيدات باستعمالها كمصدر للكربون والطاقة .

أولاً : دور البكتريا في التحلل الحيوي

تقسم البكتريا التي تستطيع تحلل المبيدات إلى مجموعتين :

المجموعة الأولى: تعمل على تحليل المبيد دون استعماله مصدرا للكربون والطاقة، فمثلا هناك بكتريا تابعة للأجناس *Hydrogenomonas* و *Aerobacter* وخصوصا النوع *A. aerogenes* قادرة على تحليل المبيد الحشري DDT الى *P-chlorophenylacetic acid* من دون استعماله كمصدر غذائي

المجموعة الثانية : تستعمل المبيدات مصدرا للكربون والطاقة والنيتروجين والكبريت أحيانا وذلك من خلال آليات مختلفة منها:

1- قدرتها على تغيير جزيئات المبيد الفعالة الى جزيئات غير فعالة (غير

سامة) وتسمى هذه الحالة بازالة السمية (**detoxification**) كتحويل الـ

(2، 4- D) بفعل الجنس *Arthrobacter spp* الى

4- dichlorophenol ، 2 و ان بكتريا الـ *Rhizobium* لها امكانية تحلل

مبيد *Atrazine* وتحويله الى *hydroxyatrazine* غير السام .

2- **تحويل مجال السمية** : تقوم بعض الاحياء المجهرية بتحويل مبيد معين يستعمل ضد نوع معين من الاحياء الى نوع اخر يقتل انواع اخرى تختلف عنها مثل تحويل المبيد الفطري Pentachlorobenzyl alcohol الى مبيد الـ Pentachlorobenzoic acid الذي يقتل النباتات .

3- **التشيط Activation** : بعض البكتريا لها المقدرة على تحويل بعض المبيدات غير الفعالة (غير سامة) الى اخرى فعالة (مبيد سام) كتحويل مبيد الادغال قليل السمية (2، 4-DB) الى مبيد ادغال اكثر سمية (2، 4- D).

4- **تعقيد المبيد Conjugation** : تستطيع بعض انواع البكتريا من جعل المادة اكثر تعقيدا او تعمل على اتحاد المبيد بأحد نواتج التمثيل الغذائي وبهذا يتحول المبيد من الحالة السامة الى غير سامة كتحويل مبيد الـ (propanil) في التربة الى مركبات اكثر تعقيدا بوساطة بكتريا (*spp Arthrobacter spp* ; *Achromobacter*).

5- **التحلل Biodegradation**: وفيه تتحول المادة الكيميائية المعقدة الى نواتج بسيطة ، اذ تقوم اجناس معينة من البكتريا والفطريات بتحليل المبيدات الى (H_2O , CO_2) والعناصر المعدنية المكونة له وقسم من الكربون المكون للمبيد لاستعماله في بناء خلايا جديدة .

فان بكتريا *Pseudomonas spp* تستطيع تحلل مبيد الادغال 2,4-dichloro phenol الى (CO_2 , Cl^{-1}). اما بكتريا *Achromobacter spp* فلها المقدرة على تحليل مبيد الادغال (2,4-D) الى CO_2 وماء و Cl^{-1} (Lynch,1983). وتستطيع بكتريا *Flavobacterium spp* من تحلل مبيد الادغال (2,4-DB) الى ماء و CO_2 .

هناك بعض اجناس من البكتريا مثل *Bacillus spp*, *Pseudomonas spp* لها القابلية على تحلل مبيدات الادغال المشتقة من اليوريا كمبيد (diuron) الى CO_2 وامونيا.

ثانيا : دور الفطريات في التحلل الحيوي

تقوم بعض الفطريات بتحليل المبيدات للحصول على الكربون والنتروجين في بناء خلايا جديدة ولكن بعض المبيدات لها تأثيرات سمية في الفطريات فهناك أجناس كثيرة من الفطريات المتخصصة بتحليل مبيدات (*monuron* , *diuron*) مثل *Aspergillus spp, Penicillium spp* .

ان الفطر *Trichoderma spp* يمتلك قابلية جيدة في تحليل المبيدات الكيميائية ذات المدى الواسع فضلاً على انه يستعمر التربة المعاملة بالمبيد أسرع من الاحياء الاخرى المنافسة لها ، فله المقدرة على تحلل مبيدات الادغال في التربة حيث يمتلك مقاومة وراثية لبعض المبيدات .

المنطقة المحيطة بالجذور (الرايزوسفير) ونشاط الأحياء المجهرية
في هذه المنطقة.

المنطقة المحيطة بالجذور: The rhizosphere

إن أول من استخدم كلمة الرايزوسفير Hiltner (1904) وكان يعني بها منطقة التربة الملاصقة لجذور النباتات البقلية وان البكتريا ضمن هذه المنطقة تتأثر بالمركبات النتروجينية والتي تتحرر من الجذور بعد اصابتها ببكتريا العقد الجذرية الرايزوبيا . أما الآن فان مفهوم هذه الكلمة قد توسع بصورة كبيرة حيث يصف بيئة التربة ونشاط وفعالية الاحياء المجهرية وكذلك امتصاص العناصر الغذائية من قبل جذور النباتات ضمن هذه المنطقة بجميع تداخلاتها .

إن المنطقة المحيطة بجذور النباتات التي تعرف بالرايزوسفير Rhizosphere هي منطقة التربة التي تحيط بجذور النباتات حيث تتكون الكلمة من مقطعين Rhizo والمقصود بها الجذر و Sphere المقصود به المنطقة المحيطة به او الجسم الكروي .

وتعرف ايضا بانها منطقة التربة التي تتغير فيها اعداد الميكروبات كما
ونوعا بوجود جذور النباتات كذلك يمكن تعريفها بالمنطقة الممتدة
للمليمترات القليلة من سطح الجذر التي تتاثر بها اعداد الاحياء
المجهرية في التربة بالفاعليات الكيميائية للنبات.

وقد قسم العالم الكسندر 1977 منطقة الرايزوسفير الى قسمين :-

1- الرايزوسفير الداخلية : **Inner Rhizosphere** وهي سطح
الجذور .

2- الرايزوسفير الخارجية : **Outer Rhizosphere** وهي المنطقة
المتاخمة لجذور النباتات .

وضمن منطقة الرايزوسفير هناك ما يعرف بالـ rhizoplane وهو عادة ما يستخدم لوصف أحياء التربة المجهرية المتواجدة على السطح الخارجي للجذر والشعيرات الجذرية وهي تشكل جهة مقابلة معاكسة ملاصقة لمنطقة الرايزوسفير ، ان انواع أحياء التربة المجهرية قد لا تختلف في منطقة الرايزوسفير عن منطقة الرايزوبلين rhizoplane إلا ان أعدادها في منطقة الـ rhizoplane قد لا تكون متطابقة مع منطقة الرايزوسفير .

ان الزيادة الكبيرة في اعداد الاحياء في منطقة الرايزوسفير يرجع الى افرازات الجذور من السكريات والاحماض الامينية والاملاح المعدنية ومن الخلايا والأنسجة الميتة المنسلخة عن الجذور التي تعد مصدرا كبيرا للمادة العضوية التي تتغذى عليها الاحياء الدقيقة المتباينة التغذية (الاحياء غير الذاتية التغذية) .

إفرازات الجذور في منطقة الرايزوسفير

Root exudates in rhizosphere

تم تقسيم هذه الإفرازات الجذرية إلى ثلاث مسميات هي :

• إفرازات جذور root exudates

• المادة الهلامية اللزجة mucigel

• جذور متحللة root lysates : وهي مركبات متحررة في عملية

autolysis وهي المرحلة البدائية من عملية التفسخ .

ان إفرازات الجذور تحتوي على اعداد كبيرة من المواد التي تدخل

في تكوين هذه الإفرازات وهي تشمل جميع الكربوهيدرات الذائبة

ومجموعة من الأحماض العضوية والأحماض الامينية وبعض المواد

المحفزة والمثبطة للنمو، . وقد بين العالم (1965 Rovira) بعض

مكونات تلك الإفرازات الناتجة من الجذور. كما في الجدول التالي:

الأحياء المجهرية بمنطقة الجذور

في الأوساط الغذائية غير المعقمة فإن سطوح الجذور تحتوي على أعداد كبيرة من أحياء التربة المجهرية خاصة في منطقة الـ **Rhizoplane** وكذلك الـ **Rhizosphere** وتكون هذه الأحياء أكبر عددا في المنطقة الأولى الـ **Rhizoplane** ولكنها لا تختلف كثيرا من حيث مكونات الأحياء بين الطبقتين .
إن قيمة R / S (هي نسبة أعداد الميكروبات في وحدة وزن الموجودة في تربة الرايزوسفير **R** الى الأعداد الموجودة في وحدة الوزن من التربة البعيدة عن تأثير الجذور **S**) تختلف بدرجة واسعة اعتمادا على نوع النباتات السائدة وعمر هذه النباتات وهي تتراوح في مدى (٥ - ٥٠) وهناك تغيير كمي ونوعي بالنسبة للأحياء القريبة من الجذر (**R**) عن المنطقة البعيدة عنه (**S**) لمعرفة مدى تأثير الجذور في نمو المايكروبات ونشاطها التي تعيش حولها تستعمل نسبة R/S ratio حيث :

$R =$ عدد المايكروبات النامية في المنطقة المحيطة بالجذور .

$S =$ عدد المايكروبات النامية في التربة البعيدة عن الجذور او ما تعرف بتربة المقارنة **Control** وكلها تحسب على اساس الوزن الجاف .

هذه النسبة اذا كانت اكبر من واحد تعني ان الجذور لها تاثير تشجيعي على نمو الاحياء واذا كانت اقل من واحد يعني ان تاثيرها تثبيطي .

إن أعداد أحياء التربة تغطي بحدود 10% من منطقة الـ Rhizoplane. في هذه المنطقة قد تهاجم الأحياء الجذر كما هو الحال مع بكتريا الـ Azotobacter وتكون بهذه الحالة ايجابية وصحية وفي أحيان أخرى تكون المهاجمة من قبل مسببات مرضية Pathogens . إن كثافة الأعداد من الأحياء المجهرية وخاصة البكتريا تعتمد على كمية الإفرازات الجذرية وكمية المادة الهلامية الـ mucilage وكذلك على كمية الخلايا المنسلخة sloughed-off cells.

التأثيرات الحيوية في منطقة الرايزوسفير

Biological effects in the rhizosphere

1- تكون المستعمرات الجرثومية في الجذور

لقد اقترح Rovira (1979) إيجاد نظام خاص يمكن من خلاله إجراء التقديرات اللازمة لمعدلات نمو الأحياء المجهرية على أو حول الجذور النباتية في منطقة الرايزوسفير وذلك لفهم آلية تكون المستعمرات من أحياء التربة في الجذور هذا النظام المقترح لا بد أن يستبعد طريقة عد بالأطباق plate counting method والتي بها تقدر قيمة R/S . وفي ضوء هذا السياق استخدم Bowen و Rovira (1976) مصطلح سموه عمر الجيل Generation time للبكتريا كأساس لدراسة وفهم حركيات Dynamic تكون المستعمرات في منطقة الرايزوسفير. إن هذه الطريقة في وصف حركيات وتكون المستعمرات البكتيرية تساعد في حساب بعض المتغيرات أمثال معدلات النمو لأحياء التربة .

2-استخدام المجهر الالكتروني في دراسة أحياء التربة المجهرية في منطقة الرايزوسفير

إن دراسة توزيع المكونات من أحياء التربة المجهرية المختلفة في منطقة الرايزوسفير (أو حيز التربة - الجذر) Soil - root interface قد تطورت بدرجة كبيرة جدا من خلال استخدامات المجهر الالكتروني بطريقة transmission أو scanning .

إن منطقة الرايزوسفير هي مصدر إمداد أحياء التربة المجهرية وان هناك الكثير من التداخلات المتوقع حدوثها بين هذه الأحياء والمخصبات الحيوية المضافة بحيث تنشأ من حالات المعايشة التكافلية او غير التكافلية . إذ يمكن أن يحدث الأتي في المنطقة القريبة من جذور النباتات :

1- جذور النباتات ومرافقة أحياء التربة المسؤولة عن تثبيت النروجين .

2- جذور النباتات ومرافقة فطريات المايكورايزا في منطقة الرايزوسفير.

3- التداخلات بين المسببات المرضية ووظيفة الجذر .

هناك عوامل تؤثر في طبيعة منطقة الرايزوسفير والأحياء الموجودة على سطوح الجذور منها :

- نوع النبات والجذر
- عمر النبات
- نوع التربة والوسط
- والتداخلات المحتملة بين تلك العوامل .

العوامل المؤثرة في نمو أحياء التربة المجهرية Factors effecting soil microorganisms

أولاً : عوامل حيوية **biotic factors** :

وتتضمن هذه العوامل نوعين من التداخلات :

1-التداخل ما بين الأحياء المجهرية .

2-التداخلات ما بين الأحياء المجهرية والنظام الجذري في النباتات الراقية .

1-التداخل ما بين الأحياء المجهرية .

هناك العديد من التداخلات interactions التي قد تحدث ما بين نوعين من الأحياء المجهرية فمنها العلاقات التالية :

1- التداخلات المفيدة (Beneficial associations)

في هذه الأنواع من التداخلات فإن كلا الكائنين المتداخلين أو احدهما يستفاد من التداخل ومن نواحي مختلفة .

2- التداخلات الضارة (Harmful associations)

ينتج عن هذا النوع من التداخلات ضرر لكل الاحياء المتداخلة او لاحدها ، وتختلف طبيعة ودرجة الضرر .

3- التداخلات الحيادية (Neutralism associations)

في هذا النوع تتداخل الاحياء مع بعضها دون ان يظهر تأثير واضح ضار او نافع بينها .

أولا : التداخلات المفيدة

ان الطرائق التي يمكن للاحياء المجهرية ان تفيد احدها الاخر متعددة ومتغايرة بتغير الظروف البيئية ومن التأثيرات المتداخلة المفيدة بين الاحياء هي :

1- علاقة التعايش (التكافل – Symbiosis) ++

في هذه العلاقة يعتمد كل من الكائنين المتكافلين احدهما على الآخر وكلاهما يستفاد من هذه العلاقة ومن الامثلة المهمة على هذه العلاقة هي الاشنيات (Lichens) ، فطريات المايكورايزا ، بكتريا الرايزوبيوم مع البقوليات .

2- علاقة الموأكلة او المعايشة (Commensalism) + O

وتسمى أيضا بعلاقة المنفعة من جهة واحدة وفي هذا النوع يحصل الكائن الحي على الفائدة الضرورية لنموه بينما لا يتاثر الكائن الحي الاخر وهذا ما نلاحظه في عملية النترجة ، اذ تقوم مجموعة بكتريا الـ (Nitrosomonas) باستعمال الامونيا كمصدر للطاقة وتؤكسدها الى (nitrite) ثم تقوم بكتريا الـ (Nitrobacter) باكسدة الـ (nitrite) لكونه مصدر للطاقة وفي هذه الحلقة الغذائية فان الـ (Nitrosomonas) قامت بتحويل المادة الاولية الأساسية الى مادة مفضلة للـ (Nitrobacter) .

3- علاقة التعاون الأولي (Protocooperation) 0+

وهو مصاحبة الاحياء الدقيقة بفائدة متبادلة للنوعين ولكن بدون أن يكون التعاون اجبارا لحياتهما او للقيام ببعض الفعاليات وهذا النوع له بعض الأهمية في الدراسات المتعلقة بالبكتريا المثبتة للنتروجين، إذ قد تسهم أنواع من الازوتوباكتر بتثبيت النتروجين الحر ولكنها تحتاج الى مركبات عضوية بسيطة كمصدر للكربون ومع ذلك يمكن ان يثبت النتروجين بوساطة الازوتوباكتر في وجود السليلوز كمصدر للطاقة شريطة وجود كائن حي محلل للسليلوز يقوم بتحويل السكريات المتعددة الى بسيطة او أحماض عضوية .

ثانيا : التداخلات الضارة

ان نظام التربة المعقد ووجود الاحياء المجهرية فيه بصورة متقاربة يؤدي الى ظهور بعض التداخلات الضارة بين الاحياء فضلا عن التداخلات النافعة السابق ذكرها ومنها :

1- التنافس المايكروبي (Competition) – –

يعد التنافس احد العلاقات بين المجاميع السكانية لنوعين أو أكثر والذي يؤثر عكسيا في نموها وبقائها ، ويكون التنافس على نوعين :

1-التنافس على المغذيات : يحدث هذا النوع من التنافس عندما تحتاج مجموعة من الأحياء العائدة لنوع واحد أو لأنواع مختلفة إلى نفس المغذيات والتي تكون عادة متوفرة في التربة بكميات قليلة .

2- التنافس المتداخل : يحدث هذا النوع من اجل المغذيات وتنافس مضادات الحياة او التنافس على الضوء ، ان التفاعل التنافسي كثيرا ما يتضمن الغذاء والمكان والضوء والتعرض للمفترسات .

وأكثر مايكون التنافس في التربة هو على الكربون والمواد المعدنية والأوكسجين. التنافس بين بكتريا الـ (*Bacillus subtillis*) وبكتريا الـ (*Aerobacter aerogenes*) على عنصر المغنيسيوم (Mg^{++}) في الوسط ومن الامثلة المهمة على التنافس هو حالة التنافس التي تظهر بين سلالات البكتريا المثبتة للنروجين (*Rhizobium*) المستوطنة في التربة والسلالات الملقحة بها البذور وتعد هذه الحالة ذات أهمية تطبيقية كبيرة .

2- التضاد المايكروبي (Microbial Antagonism) + –

يقوم كائن حي بإنتاج مادة ايضية بوصفها ناتجا عرضيا تكون سامة لكائن آخر، أي يوقف احد النوعين نمو الآخر نتيجة لإنتاج المواد المثبطة ، هذه المواد تسمى المضادات الحيوية (Antibiotics) وان هذا المصطلح لا يطلق فقط على المضادات الحيوية وإنما على أية مادة تنتج من قبل الأحياء المجهرية والتي قد تكون مؤذية لأحياء، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح في المزارع الغذائية الصناعية للفطريات والاكثينومايسيتات، إذ تتمثل بظهور هالة حول مستعمرات الأحياء المجهرية كدليل على خلو المنطقة من النمو الإحيائي ويمكن أن تعزى إلى أن المستعمرة المحاطة بطبقة شفافة تنتج مضادا حيويا (antibiotic) .

3- التطفل (Parasitism) والافتراس (Predation) - -

إن التطفل يعني كائن حي يعيش بداخل او على جسم كائن حي اخر بحيث يستمد غذائه منه مما يسبب له ضررا قد يصل الى الموت ، اما الافتراس فيعني اقتناص كائن حي لكائن حي اخر من اجل الغذاء ، ان الافتراس غالبا ما يشمل كائن حي اقوى واشد خطورة كمهاجم والمفترس يقتل ، بينما في حالة التطفل يكون المهاجم اضعف ويتغذى على حساب الكائن الأكبر وان المتطفل يبقى على قيد الحياة .

تعد البكتريا من أهم الاحياء المجهرية في التربة تعرضا لفعل الافتراس وتمثل البروتوزوا أهم مفترسات البكتريا ، تعد الفايروسات (Viruses) من احد اهم المتطفلات واصغرها فهي طفيليات غير خلوية إجبارية داخلية تحتاج الى خلية المضيف لكي تعيش (تتضاعف)

2-التداخلات ما بين الأحياء المجهرية والنظام الجذري في النباتات الراقية .

أ- التأثيرات المفيدة للأحياء المجهرية للنبات

1 -زيادة جاهزية المغذيات

2-إفراز المواد المحفزة للنمو

3 -السيطرة البايولوجية **Biocontrol**

ب- التأثيرات الضارة للأحياء المجهرية للنبات

1-التنافس على المغذيات وتقليل جاهزيتها

2-التأثيرات المثبطة والسمية للأحياء

3-التأثيرات الممرضة لجذور النبات

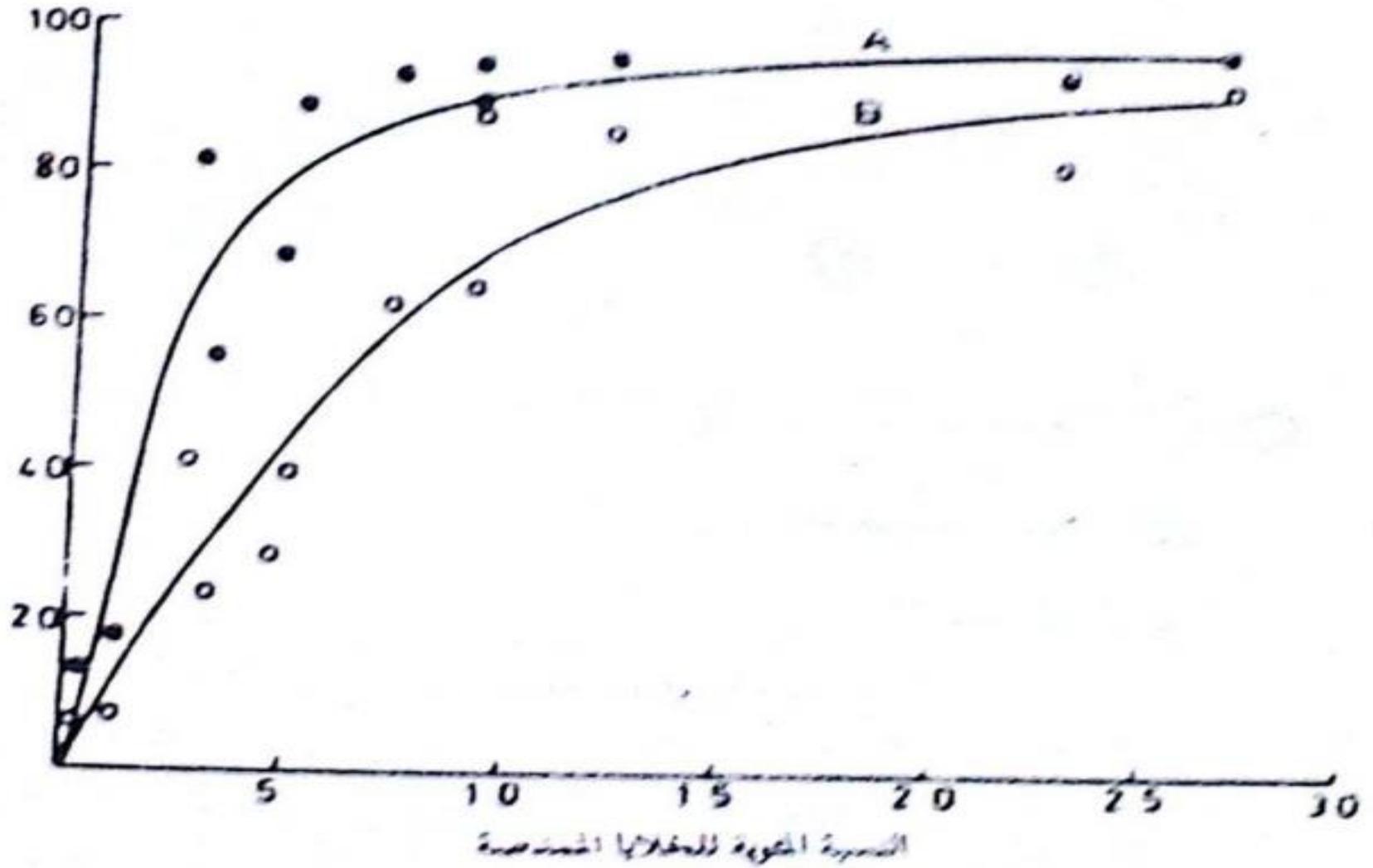
ثانيا : عوامل غير حيوية **Abiotic factors** :

يتأثر نمو أحياء التربة المجهرية بمجموعة عوامل فيزيائية وكيميائية وهي :

1- نوع التربة Soil type وعمقها: تختلف اشكال واعداد احياء التربة حسب نوع التربة ، فالترب المتوسطة القوام المزيجية اغنى بالأحياء المجهرية من الترب الرملية او الطينية الثقيلة . ويرجع السبب الى ان الترب المزيجية تحتوي على نسب متوازنة من الطين والرمل والغرين ، اذ تعمل الغرويات الطينية ذات الشحنة السالبة على ادمصاص adsorption العناصر الموجبة الشحنة cations ، فضلا عن توفرها نظام رطوبي هوائي جيد يسمح بنمو الاحياء المجهرية.

يبين شكل (5) ان نسبة خلايا بكتريا *Bacillius cereus* وبكتريا *Sarratia marcescens* تزداد بزيادة نسبة الطين في التربة ، ويعود السبب الى المساحة العالية لغرويات الطين .

(النسبة المئوية للطين في التربة)



شكل (5) : الزيادة في نسبة ادمصاص البكتريا بزيادة محتوى الطين .

A : تمثل *Bacillus cereus* ،

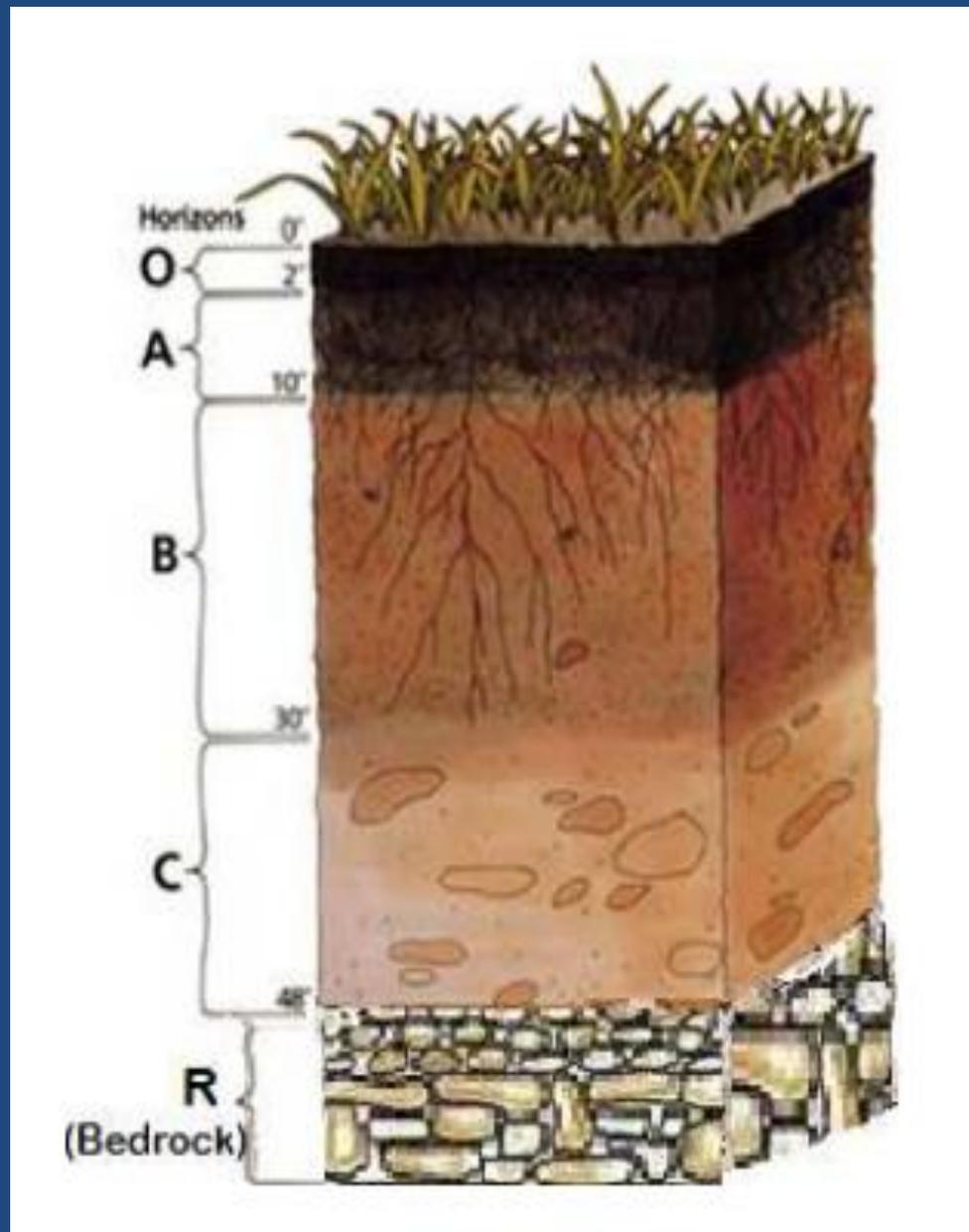
B : تمثل *Serratia marcescens*

تحتوي ترب الغابات على انواع مختلفة من النباتات التي تجذب انواع مختلفة من الاحياء المجهرية لذا فهي تحتوي على مجموعة كبيرة من الاحياء المجهرية مقارنة بالترب المحروثة او المزروعة حديثا .

عمق التربة يؤثر على اعداد الاحياء المجهرية في التربة ، فالتربة السطحية تحتوي على اعداد هائلة من الاحياء لمجهرية مقارنة مع العمق ، بسبب وجود مخلفات النبات والمادة العضوية .

توجد عدة افاق في التربة O, A , B , C فالأفاق العضوية تكون مجموعة O التي تتكون فوق الجزء المعدني من التربة . اما مجموعة الافق A فهي تقع في الطبقة السطحية من التربة والتي تتميز بتعرضها لعمليات الغسل وهي الطبقة المتميزة بالنشاط الحيوي لجذور النباتات والكثافة العالية للأحياء المجهرية . يقع النشاط والكثافة العالية للأحياء المجهرية في 10 سم الاولى من التربة حسب مقد التربة شكل (6) .

يزداد تركيز المادة العضوية في هذا الافق وبذلك يعد مخزنا للعناصر للميكروبات .



شكل (6) : مقد التربة

اما مجموعة الافق B والتي تشمل طبقات ناتجة من عمليات الغسل او التجميع من الطبقات العليا ، تتراكم فيه اكاسيد الحديد والالمنيوم واطيان السليكات وكاربونات الكالسيوم وغيرها من الاملاح وتقل فيه المادة العضوية وجذور النبات واعداد الاحياء المجهرية . اما الافق C فهو اخر طبقات مقد التربة والذي يحتوي على مادة الام ويكون خارج نطاق الفعاليات البايولوجية .

2- نوع المغذيات وكميتها Type of nutrients

احياء التربة اما مفترسة واما متطفلة واما رمية وامتعايشة ، انواع تكون ذاتية ضوئية او كيميائية او متباينة الضوئية ، وترتبط كثافتها بمدى توافر غذائها الخاص بها . فجميع الاحياء المجهرية تحتاج لجميع العناصر الغذائية التي تحتاجها الكائنات الحية الراقية كالكربون والهيدروجين والاكسجين والنتروجين والفسفور والكالسيوم والبوتاسيوم والكبريت والمغنسيوم وغيرها ، ان توفر C,P,N والسليولوز واللكنين تؤدي الى زيادة نشاط الاحياء المجهرية في التربة ومنتجاتها التي تساهم بزيادة خصوبة التربة .

والاختلافات في الاحياء المجهرية تكون في نوعية المركبات التي تحتاجها . ان الاحياء تحتاج للعناصر الغذائية لوظيفتين مهمتين هما :
1-الحصول على الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة .

2 -الحصول على العناصر اللازمة لبناء الخلية .

ان المعادن الغذائية هي التي تحدد تطور الاحياء المستوطنة في الترب المعدنية ، وهذا التحديد يمكن ان يؤثر بشكل كبير جدا على بيئة الاحياء في التربة لا يكون عادة بسبب ندرة مغذي محدد ولكن بسبب عدم جاهزيته .

معظم الترب تحتوي على كميات كافية من النتروجين سواء مرتبط او كغاز ولكن نادرا ما نجده جاهزا بشكل كاف للأحياء ، كذلك الحال بالنسبة للفسفور والكبريت ، تحتاجها المجاميع الميكروبية في التربة بكميات قليلة .

3-توفر المادة العضوية

معظم بكتريا التربة وجميع الاكتيوميسيتات هي متباينة التغذية اي تستعمل المادة العضوية كمصدر للكربون والطاقة وكذلك جميع الفطريات هي Chemoheterotrophs والفطريات بحاجة الى الاسمدة العضوية كمصدر للكربون والطاقة لذلك فان زيادة المادة العضوية تؤدي إلى زيادة أعداد البكتريا وأعداد الفطريات في التربة اولا ثم الاكتيوميسيتات .

4-ملوحة التربة

لزيادة ملوحة التربة تأثير سلبي على الأحياء المجهرية فان التأثيرات السلبية للأملح في الاحياء المجهرية قد تعزى إلى سمية ايونات الاملاح ورفع الضغط الازموزي مما يؤثر على فسلجة الخلية والمسارات الايضية فيها . حيث ان ارتفاع الضغط الازموزي يسبب تغيرات مختلفة منها :

1- يقلل انقسام الخلايا

2- تقليل حركتها

3- تغير في كثير من الفعاليات الايضية كنقص في اختزال NO_3

NO_2

4- صعوبة في الحصول على العناصر الغذائية اللازمة لبناء جسم الخلية

5-تركيز ايون الهيدروجين (الـ PH)

الترب ذات الـ pH المتعادل هي الاغنى بالاحياء بالعدد والتنوع وتختلف انواعها حسب درجة الـ pH . حيث ان الأفعال الحيوية تكون على اشدّها عندما يكون الـ PH بين (5-8) ، تقسم الأحياء حسب الـ PH إلى :

١- الحامضية Acido philic : الـ PH = 5.5 تتغلب الفطريات على البكتريا .

٢- المتعادلة Neutro philic : الـ PH = 7 او اكثر قليلا هي الملائمة لنمو معظم

البكتريا فهي تتغلب على الفطريات .

٣- القاعدية Baso philic : الـ PH = (8-9) يصل عدد الاكتينومايسيتات الى 95% في الترب القاعدية

6-رطوبة التربة Moisture

تحتاج الاحياء المجهرية للماء لحمل الغذاء الى داخل الخلايا في صورة محاليل ونقل المواد التالفة الى خارج الخلايا ، فهو ضروري لانه يمثل ٧٠ - ٩٠% من وزن الخلية ، ثم ان التفاعلات الحيوية التي تحدث داخل الخلايا تكون في وسط مائي . وعموما ان الفطريات و الاكتينومايسيتات تتحمل نسبة اقل من الرطوبة عن البكتريا .

ان أفضل رطوبة ملائمة لنمو البكتريا الهوائية ونشاطها يكون ما بين ٥٠ - ٧٠% من السعة التشبعية للتربة و نقصان الرطوبة عن السعة الحقلية يقلل ايضا من اعداد البكتريا . ان أحسن رطوبة ملائمة للفطريات هي السعة الحقلية ، اذ ان زيادة الرطوبة لحد التشبع او نقصانها تؤدي إلى تقليل أعداد الفطريات بالتربة . يجب ان يكون الماء حر وغير مرتبط بحبيبات التربة حتى تستفيد منه الاحياء المجهرية .

7- الحرارة Temperature

للحرارة تاثير ليس فقط على سرعة التفاعلات الفسيولوجية في الخلية وانما تؤثر ايضا على الصفات الفسيوكيميائية للمحيط (الحجم ،الضغط ،طاقة الماء)والتي تؤثر بدورها على الخلية الحية .ان التغير في درجة الحرارة يؤثر على فعالية وبيئة وحركة المجاميع المايكروبية في التربة . معظمها محب للحرارة المنخفضة او المتوسطة ، الا ان الانواع المحبة للحرارة العالية متوافرة في بعض الترب الغنية بالمواد العضوية .

8- التهوية Aeration

يعتبر توفر الاوكسجين من العوامل التي تؤثر على نمو ونشاط الاحياء المجهرية فكل الفطريات و الاكتينومايسيتات ومعظم البكتريا هي هوائية Aerobic ، وبعض البكتريا لا هوائية Anaerobic

ولا هوائية اختيارية **Facultative aerobic** ، وعموماً أن أغلب أحياء التربة المجهرية هوائية إجبارية ، فالتربة الجيدة التهوية تكون فيها أعداد الأحياء أكبر بكثير من التربة رديئة التهوية. حيث تختلف أعدادها وأشكالها وتوزيعها في الترب حسب درجة تهويتها فالترب الطينية تكون مساماتها أصغر من 0.2 مايكرون (القطر) مقارنة بالترب المزيجية والرملية إذ أن المسامات الصغيرة تحمي المادة العضوية من هجوم البكتريا ، أما إذا كانت المسامات بين 0.2-0.6 فإن أعداد البكتريا تكون عالية نتيجة لبقائها بين تجمعات التربة **soil aggregates** التي تحمي البكتريا من حيوانات التربة

9-العمليات الزراعية

إن العمليات الزراعية لها دور كبير في التأثير على محتوى الترب من الأحياء المجهرية ، فالزراعة تؤدي إلى زيادة أحياء التربة المجهرية ، حيث أن النشاط البيولوجي في الترب المزروعة يكون معدله أفضل كما ونوعاً عن الترب غير المزروعة .

من العمليات الزراعية التي لها تأثير مباشر أو غير مباشر في نمو احياء التربة وأعدادها هي حراثة التربة والدورة الزراعية وتعاقب المحاصيل التسميد بالاسمدة العضوية .

10- فصول السنة

يختلف عدد احياء التربة المجهرية من فصل لأخر وأكثرها يكون في فصل الربيع والخريف اما الشتاء تنخفض الحرارة ويتوقف نشاط الاحياء المجهرية ، وفي الصيف يقف النمو والتكاثر لفترة من الوقت بعدها يتناقص العدد ويتوقف ذلك على :

أ- رطوبة التربة ب- النباتات المزروعة ج- طريقة الزراعة
إن الاختلاف في عدد الاحياء المجهرية من فصل إلى آخر يعزى للمناخ ، أما الاختلاف من يوم إلى آخر فيعزى للتنافس بين الأفراد .

11- الجذور Root : تلعب الجذور دورا مهما في نشاط الاحياء المجهرية ، اذ انها تقوم بتجهيز العناصر الغذائية والكريون لاستخدامها كطاقة لنشاط الاحياء المجهرية

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Thanks for your
attention

