وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تكريت

كلية العلوم

قسم علوم الحياة

محاضرات بيئة الاحياء المجهرية

لطلبة الدراسات الاولية – المرحلة الثالثة – الدرسة الصباحية للعام الدرسي 2024 – 2025

أ.م. د. بشرى علي كاظم

busraa.ali@tu.edu.iq

المحاضرة التاسعة

دورة النتروجين :

يعتبر عنصر النيتروجين أحد أهم العناصر التي تدخل في تركيب بروتوبلازم الخلايا الحية فهو يشترك في تكوين الأحماض النووية والأمينية والببتيدات والبروتينات والأنزيمات والهورمونات. النيتروجين والمركبات التي يشترك في تركيبها أحد أكثر المركبات تعرضاً للتغيرات البايولوجية.

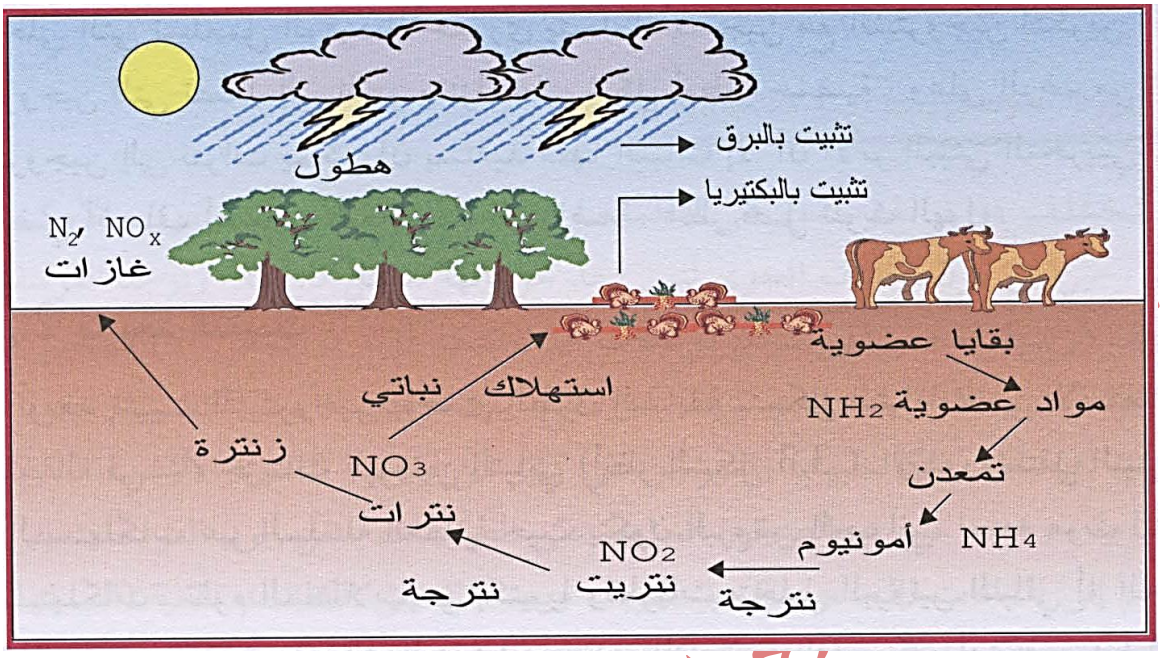
يشكل النيتروجين الجوي حوالي 78% من حجم الهواء وعلى الرغم من ذلك فأن غالبية الأحياء لا تستطيع الإستفادة منه بشكل مباشر بإستثناء بعض الأحياء الدقيقة ، كذلك لا بد من تحول النيتروجين من الصيغة الجزيئية N_2 أو NO_2 إلى صيغ أخرى كصيغة NH_4^+ وذلك بفعل إختزاله أو إلى صيغة NO_3^- وذلك بتأكسده وفي كلتا الحالتين فأن هذه التحولات في التربة تحصل بفعل الأحياء الدقيقة.

النباتات تمتص النيتروجين على شكل NH_4^+ أو NO_3^- حيث تجري بعد ذلك عدة تحولات منها إختزال البروتينات والببتيدات والأحماض النووية والأحماض الأمينية.

يمكن ان يضاف النيتروجين إلى التربة مع مياه الأمطار ومياه الري وعند إضافة الأسمدة النيتروجينية العضوية أو الكيميائية ، في حالة الأسمدة العضوية يجب أن تتحلل قبل أن يصبح بإمكان النبات الإستفادة من النيتروجين ، عند تغذية الحيوانات على النباتات فأن النيتروجين العضوي (على شكل بروتينات وأحماض أمينية ونووية ومركبات أخرى) سوف يمر بِعدة تحولات إلى أن يدخل في تركيب الأحماض النووية والأمينية والبروتينات الخاصة بتلك الحيوانات وعند موت وتحلل الحيوانات يعود النيتروجين المرتبط بالمركبات العضوية للإنطلاق مرة أخرى ليتحول إلى مركبات ذائبة والماء وأخرى غازية يمكن أن تتطاير وتعود إلى الجو ثانيةً . إن سلسلة التغيرات التي يمر بها النتروجين ضمن الغلاف الجوي – التربة – الأحياء يطلق عليه النيتروجين ،

والشكل التالي يوضح مخطط لتلك الدورة .

محاضرات بيئة الأحياء المجهرية أ.د. بشرى علي كاظم



تثبيت النيتروجين الجوي Nitrogen fixation

يقصد بتثبيت النيتروجين الجوي تحويل النيتروجين الجوي من N_2 و NO_2 إلى NH_3 أو NO_3^- وتحدث عملية التثبيت بِعدة طرق من أهمها التثبيت الحيوي:

1. **التثبيت الحيوي Biological fixation:**

أن كمية النيتروجين المثبتة بهذه الطريقة يفوق كمية النيتروجين المثبت بالطرق الأخرى ، عملية التثبيت تقوم بها أنواع عديدة من الأحياء الدقيقة التي تمتلك أنزيم نيتروجينيز Nitrogenase حيث يساعد هذا الانزيم على إختزال النيتروجين الجوي إلى NH_3.

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\text{nitrogenase}} 2NH_3$$

يتركب أنزيم نيتروجينيز من نوعين من البروتينات **الأول** يحتوي على Mo المولبيديوم والحديد Fe ويسمى Mo.Fe بروتين وهو الجزء الأكبر من الأنزيم ، أما البروتين **الثاني** فيطلق عليه Fe–protein ويمثل الجزء الأصغر من الأنزيم. الأحياء المسؤولة عن عن تثبيت النيتروجين الجوي تشمل أنواع عديدة من الأحياء:

أ- أحياء دقيقة حرة المعيشة: تشمل الـ ***Azotobacter*** وهي بكتريا هوائية كبيرة الحجم يتراوح طولها بين 7– 5 مايكرون وعرضها بين 3–4 ميكرون ، شكل البكتيريا شبه كروي أو بيضوي أو عصوي أحياناً ، يتواجد بشكل فردي أو في أزواج تحتوي الخلية في بعض الأحيان على جسم يشبه الفجوة ، موجبة لإختبار الكاتيلز، تكون حوصلة

الأحياء المجهرية- أ.م.د. بشرى علي كاظم

، سالبة لصبغة كرام g^- بيضوية الشكل كبيرة الحجم تكون مفردة أو في أزواج أو تجمعات غير منتظمة وهي غير مكونة للسبورات ولا تكوّن كبسولة ، **وجنس *Klebsiella*** الذي يمتاز بالشكل العصوي القصير g^- لا هوائية أختيارية ، **وجنس *Azospirillum*** شكلها حلزوني أو واوي g^- غيرمكونة للسبورات. **أما أجناس البكتيريا اللاهوائية** الإختيارية التي لها القدرة على تثبيت النيتروجين هي *Bacillus* و *Entrobacter*. **أما أجناس البكتيريا اللاهوائية** فتشمل *Clostridium* و *Desulfovibrio* ، كما تستطيع الطحالب الخضر المزرقة مثل *Nostoc* و *Anabaena*. تثبيت النتروجين الجوي .

ب- أحياء دقيقة تثبت النيتروجين تكافلياً مع كائن حي آخر: تشمل أنواع عديدة من الأحياء الدقيقة منها:

عملية تثبيت النيتروجين الجوي لا تقتصر على الأجناس حرة المعيشة وإنما توجد أجناس تكافلية ومن أشهر تلك الأجناس *Rhizobium* الذي يعيش متكافلاً مع بعض أفراد العائلة البقولية كالفول والبزاليا والفول السوداني والبرسيم ، عند تنقية *Rhizobium* على أوساط زرعية تبدو عصوية الشكل قصيرة سالبة لصبغة كرام غير مكونة للجراثيم أثناء نموها داخل العقد الجذرية تفرز منشطات نمو نباتية مثل مشتقات الأندول وحامض الجبريليك والسيتوكاينين عند عزل الـ *Rhizobium* من العقد الجذرية فأن أشكالها تكون مختلفة وتأخذ الأشكال T , Y , L , X , V هذه الأشكال تكون تعرف بالبكتيرويد Bacteroides ، يضم جنس الرايبوزوم أنواع عديدة متخصصة بنوع معين من النباتات البقولية ، فمثلاً:

R. mliloti	الجت ، الحلبة
R. trifolii	البرسيم المصري ، البرسيم الأحمر
R. leguminosarum	البزاليا
R. phaseoli	الفاصوليا

وجنس *Frankia* الذي يعود إلى الأكتينومايسيتات والذي يستطيع تثبيت النيتروجين في عقد جذرية في نباتات الكازورينا.

2. **تثبيت النيتروجين بالطرق الصناعية:** عند تصنيع الأسمدة النيتروجينية بطرق هابر بوش Haber Bosch تحت حرارة وضغط عاليين وبوجود عامل مساعد أوكسيد الحديد

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{ضغط } 250 + \text{م}^\circ 500]{} 2NH_3$$

محاضرات بيئة الأحياء المجهرية- أ.م.د. بشرى علي كاظم

3. **التثبيت بواسطة التفاعلات الكهروضوئية:** أثناء البرق وسقوط المطر حيث يحدث تفاعل بين N_2 و O_2.

$$N_2 + 2\ O_2 \longrightarrow 2\ NO_2$$

الذي يذوب بالماء ليكون حامض النتريك (مطر حامضي) ، كما يمكن أن يذوب غاز NH_3 الموجود في الهواء الجوي خصوصاً في المناطق الصناعية.

معدنة النيتروجين العضوي Nitrogen Mmineralization

تسمى عملية التحول الحيوي للمركبات النيتروجينية العضوية إلى نيتروجين معدني بالمعدنة ، وعملية المعدنة تتضمن خطوتين هما: **النشدرة Ammonification** التي هي عبارة عن تحلل مركبات النيتروجين العضوي وإنطلاق الأمونيا ، ثم عملية **التأزت Nitrification** وهي أكسدة الأمونيا إلى نترات.

1. **النشدرة Ammonification**: تستطيع العديد من الميكروبات تحليل البروتينات والأحماض الأمينية وتختلف نواتج التحلل تحت الظروف الهوائية عنها تحت الظروف اللاهوائية.
تتم عملية تحلل البروتين بواسطة انزيمات تعرف بـ Proteases التي تفرز من قبل الميكروبات حيث تعمل على تكسير السلسلة الببتيدية لجزيئة البروتين بالتحلل المائي وهذه الانزيمات نوعين Exopiptedases و Endopiptedases.

protein $\xrightarrow{\text{protease}}$ polypeptides $\xrightarrow{\text{peptidase}}$ Amino acid

تستطيع العديد من الميكروبات الإستفادة من الأحماض الأمينية كمصدر للطاقة والكربون وتتم عملية تكوين الأمونيا بإنتزاع مجاميع الأمين الموجودة في جزيء الحامض الأميني بطرق مختلفة:-

a. نزع مجموعة الكربوكسيل وتكوين الأمينات Amines التي تتحلل مائياً لتكوين الأمونيا.

$$\mathbf{R}\text{–CH–COOH} \longrightarrow \mathbf{R}\text{–}CH_2 + CO_2$$

محاضرات بيئة الأحياء المجهرية- أ.م.د. بشرى علي كاظم

NH_2 NH_2

amine

$$\mathbf{R}\text{–}CH_2(NH_2) + H_2O \longrightarrow \mathbf{R}\text{–}CH_2OH + NH_3$$

alcohol

b. نزع الأمونيا بالأكسدة وتكوين حامض كيتوني

$$\mathbf{R}\text{–}CH(NH_2)\text{–}COOH + 1/2\ O_2 \longrightarrow \mathbf{R}\text{–}CO\text{–}COOH + NH_3$$

حامض كيتوني

c. نزع الأمونيا بالإختزال وتكوين حامض دهني

$$\mathbf{R}\text{–}CH(NH_2)\text{–}COOH + H_2 \longrightarrow \mathbf{R}\text{–}CH_2\text{–}COOH + NH_3$$

d . نزع الأمونيا بالتحلل المائي مع تكوين حامض فيه مجموعة هيدروكسيل

$$\mathbf{R}\text{–}CH(NH_2)\text{–}COOH + H_2O \longrightarrow \mathbf{R}\text{–}CHOH\text{–}COOH + NH_3$$

OR $$R\text{–}CH(NH_2)\text{–}COOH + H_2O \longrightarrow R\text{–}CHO + R\text{–}COOH + NH_3$$

تحلل اليوريا

تتكون اليوريا في التربة نتيجة تحلل القواعد النيتروجينية في الأحماض النووية كما يمكن أن تضاف للتربة على شكل أسمدة أو في بقايا الحيوانات ، اليوريا سريعة التحلل في التربة وتتم بفعل أنزيم اليوريز Urease حسب المعادلة التالية:

محاضرات بيئة الأحياء المجهرية- أ.م.د. بشرى علي كاظم

$NH_2–CO–NH_2 + H_2O \xrightarrow{Urease} H_2N–COO–NH_4 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$

Ammonium carbamate

2. **عملية التأزت (النترجة) Nitrification:** عملية النترجة تتم على مرحلتين: **الأولى/** هي أكسدة الأمونيا إلى نتريت NO^-_2 بواسطة مجموعة من الميكروبات وأهمها:

Nitrosospira , Nitrococcus , Nitrosomonas , Nitrosolobus

$NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 66\ cal$.

أما الخطوة الثانية/ فتتم بأكسدة النتريت إلى نترات بواسطة *Nitrosospira , Nitrococcus , Nitrobacter*

$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2HNO_3 +$ طاقة

عملية عكس النترجة Denitrification:

هي عملية إختزال للنترات بواسطة الأحياء المجهرية وتحدث تحت نفس الظروف اللاهوائية وتقوم بها عادةً أجناس محددة من البكتيريا الهوائية الإختيارية مثل: *Thiobacillus , Pseudomonas , Bacillus , Alcaligenes , Flavobacterium , Agrobacterium* ، في الغالب تكون هناك عمليات أخرى تنتهي بإنطلاق النيتروجين الجوي ، والمخطط التالي يوضح مسار عملية عكس النترجة وإنطلاق النيتروجين :

$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NH_3 \longrightarrow N_2$

تتم جميع خطوات التفاعل بوجود أنزيمات ، فعملية إختزال النترات إلى نتريت تتم بواسطة أنزيم إختزال النترات Nitrate reductase ، أما عملية إختزال النتريت فتتم بواسطة أنزيم إختزال النتريت Nitrite reductase. تلجأ الميكروبات إلى إختزال النترات بهدف أكسدة المواد العضوية للحصول على الطاقة تحت الظروف اللاهوائية ، ويمكن تمثيل التفاعلات بالشكل التالي:

الميكروبات غير ذاتية التغذية:

$C_6H_{12}O_6 + 12KNO_3 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 12KNO_2 + energy$

Nitrate reduction

محاضرات بيئة الأحياء المجهرية- أ.م.د. بشرى علي كاظم

الميكروبات ذاتية التغذية الكيميائية: مثل *Thiobacillusade , Thiobacillus denitrificans*

$$S + H_2O + 3KNO_3 \longrightarrow H_2SO_4 + 6CO_2 + 3KNO_2 + energy$$

Nitratereduction

تتأثر عملية النترجة بظروف التربة فهي تزداد نشاطها في الظروف اللاهوائية خصوصاً عندما تكون التربة مغمورة بالماء ، كما أن وجود نسبة عالية من المواد العضوية في التربة يشجع على عملية إختوال النترات ، أما بالنسبة لحموضة التربة فأن معظم الميكروبات المسؤولة على عكس النترجة حساسة للحموضة حيث تنخفض أعدادها في الترب الحامضية ، أما الحرارة المثلى فهي بحدود 25°م تقريباً.

الواجب البيتي :

س1/ عرف المصطلحات الاتية مع ذكر مثال لكل منها : النشدرة – النترجة – عكس النترجة – تثبيت النيتروجين .

س2/ تكلم عن عملية التأزت بايجاز مع المخطط .

محاضرات بيئة الأحياء المجهرية- أ.م.د. بشرى علي كاظم