كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : علم البيئة النباتية

المحاضرة : الثالثة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

4

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

## دورة النتروجين في الطبيعة

يوجد النتروجين في النُظم الزراعية و البيئية على عدة أشكال و صور تحوي على مدى من التكافؤات بدءاً من 3 - كما في $NH_4^+$ إلى 5 + كما في $NO_3^-$ إن التغير من تكافؤ إلى آخر يعتمد عموماً على الظروف البيئية المحيطة و التي هي في الأساس عبارة عن توازنات بيولوجية .إن التحولات و التدفق من شكل إلى شكل آخر يطلق عليه في مجملة دورة النتروجين فإذا بدأنا بأي مرحلة من دورة النتروجين و من ثم إتباعها سوف نصل إلى النقطة التي إنطلقنا منها . فإذا بدأنا بصواعق البرق و التي تكون عبارة عن موجات كهربية التي تقوم بتحويل غاز النتروجين $N_2$ الموجود في الهواء إلى أكاسيد نتروجين مختلفة و التي تنتهي إلى النترات $NO_3^-$ و التي تنزل إلى التربة مع مياه الأمطار مزودة إياها بعنصر النتروجين القابل للامتصاص بواسطة جذور النباتات إضافة إلى ذلك ، فإن غازالنتروجين الجوي $N_2$ يمكنه التحول إلى صورة أمونيوم $NH_4^+$ و ذلك عن طريق التثبيت الحيوي له و هي عملية أكثر أهمية من عملية البرق.

عنصر النتروجين هذا – أياً كانت صورته الممتصة – يدخل في العديد من التفاعلات الحيوية بداخل النبات مكوناً العديد من المركبات العضوية المحتوية على النتروجين .وعند تحلل البقايا النباتية فإن المركبات العضوية المحتوية على النتروجين تأخذ سلسلة من التحولات الميكروبية و التي تؤدي إلى تكوين الأمونيوم في البداية و تنتهي عادةً في صورة نترات .في الظروف اللاهوائية نجد أن النترات يمكنها أنا تتحول إلى أكاسيد نتروجين و التي تنتهي بغاز النتروجين و الذي يعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوي و بهذا تكون قد أغلقت دورة النتروجين في الطبيعة .و من الجدير بالذكر أنه في حالة إضافة مصادر نتروجين عضوية أو غير عضوية فإن عنصر النتروجين سوف يسلك نفس مسارات التحول ، وكذلك قد يؤدي إلى تسريع أو تقليل وتيرة مسارا ت تحول النتروجين الأخرى.

أما إذا نظرنا إلى دورة النتروجين من جهة مصادر التحصل و الفقد لهذا العنصر ، نجد أن هناك مصادر تتسبب في إضافة النتروجين إلى تلك الدورة مثل الترسيب أو التثبيت الحيوي أو الأسمدة العضوية أو التسميد المعدني للعنصر .كذلك نجد أن هناك مصادر للفقد في دورة النتروجين ألا و هي الغسيل و التطاير و عكس النترتة و كذلك فقد النتروجين عن طريق حصاد المحصول .كما اننا يمكن أن نلاحظ أن في دورة النتروجين عمليتي تحويل كل منهما يعكس تأثير الآخر و هي المعدنة Mineralization و التي يتم فيها انحلال النتروجين العضوي إلى صورة أمونيا ، و عكسها هي عملية التثبيت Immobilization التي يتم فيه استغلال النتروجين المعدني في بناء أجسام ميكروبات التربة أي يتحول إلى مادة عضوية بالتربة.

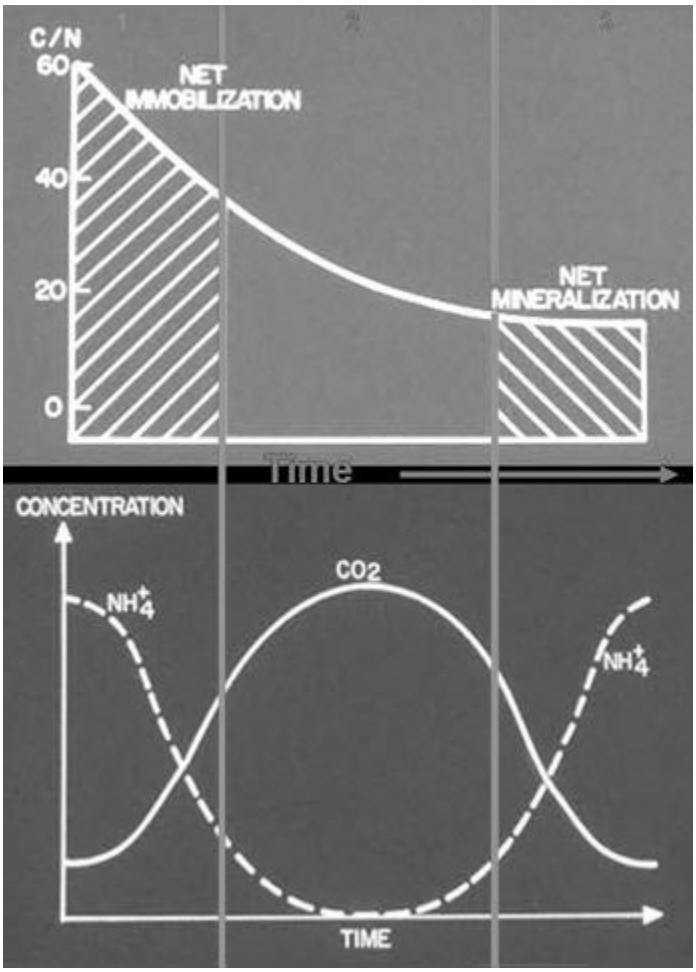
### المعدنة و التثبيت Mineralization &Immobilization

في داخل التربة هناك حالة مستمرة من دورات تحول النتروجين العضوي إلى نتروجين غير عضوي( معدني ) و العكس صحيح أيضاً .هذه الدورات تتم بواسطة الكتلة الحيوية الموجودة في التربة و بالتالي فإن العوامل التي تؤثر على نشاط تلك الكتلة الحيوية ستؤثر بطبيعة الحال على معدلات تحول النتروجين ما بين المعدنة و التثبيت.

معظم النتروجين المتواجد في التربة يكون في صورة عضوية غير قابلة للاستغلال بواسطة جذور النباتات ، و بالرغم من ذلك فإن هناك العديد من الطرق الكيميائية و الحيوية و التي تعمل على تحويل تلك المركبات العضوية المحتوية على نتروجين إلى صورة صالحة للامتصاص عن طريق جذورالنباتات .

فنجد في عملية التحول الحيوي أن الكائنات الحية الدقيقة في التربة تقوم بعملية تحليل للمركبات العضوية لتحويل النتروجين بها إلى الصورة $NH_4^+$ و التي بدورها تتحول بواسطة كائنات حية دقيقة أخرى إلى الصورة $NO_3^-$، و عملية التحول تلك تعتمد في كفاءتها و سرعتها على طبيعة التربة و طبيعة و نوعية البقايا العضوية المتواجدة و العديد من العوامل البيئية الأخرى .و لكن إذا نظرنا الى الكتلة الحيوية في التربة كَكل سنجد أن تلك الكائنات الحية الدقيقة تستخدم كل من النترات و الأمونيوم من أجل سد إحتياجاتها من عنصر النتروجين لبناء أجسادها و تلك العملية تسمى بعملية التثبيت.

و من المهم هنا أن نعرف أن عملية المعدنة أو التثبيت تعتمد بصورة كبيرة على محتوى المادة العضوية من كل من الكربون و النتروجين و التي يطلق عليها نسبة الكربون للنتروجين C:N فعلى سبيل المثال نجد أنه في حالة استخدام مادة عضوية ذات محتوى منخفض من النتروجين فإن الكائنات الحية الدقيقة تلجأ إلى النتروجين المعدني الموجود بالتربة و هذا سيؤثر بالطبع على النتروجين المتاح لجذور النباتات النامية .مما سبق يمكن أن نستنتج أنه باستخدام مادة عضوية ذات نسبة كربون لنتروجين مرتفعة( قش الرز أو أحطاب الذرة )فإن هذا يؤدي إلى سيادة عملية التثبيت ، بينما في حالة استخدام مواد عضوية ذات نسبة كربون لنتروجين منخفضة (بقايا محاصيل الخضر و البقوليات )فإن ذلك سينتج عنه سيادة عملية المعدنة لعنصر النتروجين .و عادة فقد وجد أن نسبة الكربون للنتروجين ما بين 1 : 30 - 25 تُعد نقطة التحول الحرجة ما بين المعدنة و التثبيت .و الرسم البياني التالي يوضح باختصار العلاقة بين نسبة الكربون للنتروجين و عمليتي التثبيت و المعدنة مع مرور الوقت ، و أخذَ مثال لذلك مادة عضوية ذات نسبة كربون لنتروجين مرتفعة( قش الأرز)




نجد أن هذا الرسم البياني مقسم إلى ثلاث مراحل الأولى يكون فيها سيادة لعملية التثبيت حيث تتميز بأن الكائنات الحية الدقيقة بالتربة تقوم باستهلاك النتروجين على صورة $NH_4^+$ متسبباً في نقصه و تتميز هذه المرحلة بانبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون أما المرحلة الوسطى فتكون الكائنات الحية الدقيقة قد استهلكت النتروجين المتاح و تم استهلاك المواد الكربونية مخلفةً عنها غاز ثاني أكسيد الكربون .ننتهي بالمرحلة الثالثة والأخيرة و التي يحدث بها سيادة لعملية المعدنة حيث تموت تلك الكائنات الحية الدقيقة و التي يصاحبها زيادة مستوى $NH_4^+$ المتاح في التربة حيث أنه كان جزءاً من أجسام تلك الكائنات الحية الدقيقة، و المركبات الكربونية قد تم تحللها و انخفض لذلك مستوى انتاج ثاني أكسيد الكربون و أصبحت نسبة الكربون للنتروجين منخفضة .

**النترتة Nitrification**

تتم عملية النترتة على مرحلتين:

**المرحلة الأولى** يتم فيها تحول الأمونيم $NH_4^+$ إلى نيتريت $NO_2^-$ عن طريق مجموعة من البكتريا ذاتية التغذية إجبارياً و هي عبارة عن أنواع من جنس Nitrosomonas

**المرحلة الثانية** من عملية النترتة تقوم بها مجموعة أخرى من البكتريا ذاتية التغذية إجبارياً و هي عدة أنواع من جنس Nitrobacter و التي تعمل على تحويل النيتريت $NO_2^-$ إلى نترات $NO_3^-$إضافة إلى ذلك ، هناك القليل من الكائنات الحية غير ذاتية التغذية و التي يمكنها أن تقوم بعملية النترتة و لكن عادةً ما تكون بمعدلات أقل بكثير من البكتريا ذاتية التغذية .و من الجدير بالذكر أن هناك كميات بسيطة من أكسيد النيتروز N2O و أكسيد النيتريك NO يتم تكوينها أثناء تلك العملية.

عملية النترتة هي عملية هوائية أي تحتاج إلى عنصر الأكسجين و لأن الماء الموجود بالتربة يُحد من انتشار الهواء بداخل التربة فإن المحتوى الرطوبي للتربة له تأثير كبير على معدل حدوث عملية النترتة ، فعند وصول الأرض لمرحلة التشبع فيكون هناك قدر ضئيل من الهواء ما يؤدي لتوقف عملية النترتة ، و لكن نجد أن عملية النترتة تكون في أعلى معدلاتها عندما تقترب الرطوبة في الأرض من السعة الحقلية .و على الجانب الآخر نجد أنه في الأراضي الجافة يحدث تراكم ملحوظ لكل من الأمونيوم $NH_4^+$ و أحياناً النيتريت $NO_2^-$ و ذلك بسبب حساسية أنواع جنس Nitrobacter للإجهاد الرطوبي بصورة كبيرة.

عملية النترتة تكون كذلك منخفضة في حالة الأراضي الحامضية و تزداد تدريجياً بزيادة رقم الحموضة pH ، و في الأراضي القلوية نجد أيضاً تراكم للنيتريت $NO_2^-$ و ذلك لأن أنواع جنس Nitrobacter يتم تثبيط نشاطها عن طريق الأمونيوم و التي تكون متواجدة تحت ظروف الأراضي القلوية .و من الجدير بالذكر أن عملية النترتة في حد ذاتها تزيد من حموضة التربة لأن تلك العملية تضمن إطلاق أيون الهيدروجين+H

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow 2H^+ + H_2O$$

و للحد من عملية النترتة في التربة الزراعية فإنه يمكن استخدام مواد تسمى في مجملها بمضادات أو مثبطات النترتة Nitrification inhibitors

**عكس النترتة Denitrification**

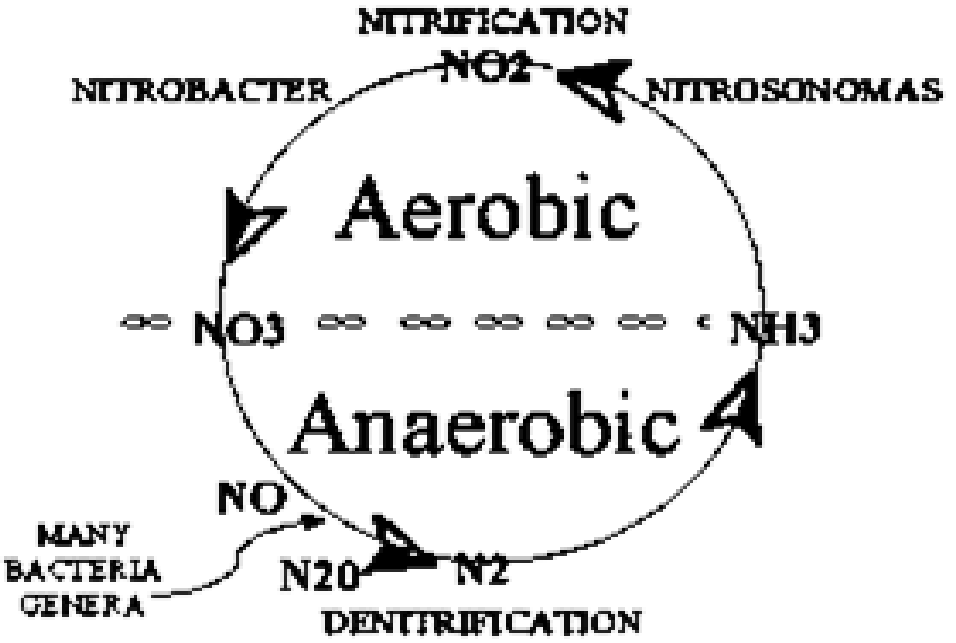
عملية عكس النترتة تتم في ظروف لاهوائية ، و تلك العملية لها نوعان .النوع الأول عكس نترتة حيوية ، و النوع الثاني هي عكس النترتة الكيميائية.

**عكس النترتة الحيوية** تشير إلى عمليات بيوكيميائية تتم على النترات ($NO_3^-$) محولة إياه إلى مركبات غازية حيث يتم خلال عملية عكس النترتة إختزال كل من النترات و النيتريت إلى أكاسيد نتروجين $N_2O$ و NO و كذلك إلى جزئ نتروجين$N_2$ و ذلك عن طريق الكائنات الحية الدقيقة ، تلك المكونات الغازية تكون غير متاحة للامتصاص بواسطة جذور النباتات.

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

هناك العديد من العوامل التي تؤثر في عملية عكس النترتة مثل الأكسجين و مستوى الرطوبة و تواجد النترات و كذلك الإمداد بالكربون و رقم الحموضة pH و قوام التربة و من الجدير بالذكر أن طبيعة المخلفات العضوية المحتوية على الكربون من حيث جودتها و توزيعها المكاني بالتربة ذات أهمية أيضاً في كفاءة عملية عكس النترتة.

**عكس النترتة الكيميائية** تشير إلى نفس السلوك التفاعلي للنترات بل و نفس نواتج التفاعل أيضاً ، ولكنها تتم بدون وجود أي كائنات حية دقيقة .تلك العملية الغير بيولوجية من الأهمية بمكان في ظروف الأراضي الحامضية ، فتلك العملية تتم في الطبقات السفلى من التربة حيث ينخفض مستوى الأكسجين و الذي يتم الحصول عليه من النترات و ذلك من دخوله في سلسلة من تفاعلات الاختزال كما سبق الإيضاح .والرسم الإيضاحي التالي يعطي صورة مختصرة لكل من عمليتي النترتة و عكس النترتة.




**فقد الازوت من التربة**

**1- تطاير الأمونيا Ammonia volatilization**

يتكون الأمونيوم $NH_4^+$ الموجود في التربة إما من خلال معدنة المادة العضوية بالتربة أو من خلال إضافة أسمدة كيميائية نتروجينية بالتربة أو التحلل المائي لسماد اليوريا .إن الأمونيا يمكنها أن تمُر بعدة تحولات مثل الإمتصاص الكيميائي في غرويات التربة أو التثبيت على أسطح حبيبات الطين أو دخولها في عملية النترتة أو التثبيت داخل أجسام الكائنات الحية الدقيقة بالتربة ، أو يحدث لها تطاير .فالأمونيوم المتواجدة في التربة تكون في حالة توازن مع الأمونيا $NH_3$ المتواجدة بالطور الغازي ويمكن ذكر بعض العوامل المؤثرة في تطاير الامونيا كما يلي:

أ- درجة تفاعل التربة أوحموضة التربة التي تزيد تطاير الامونيا عندما تكون قيمتها أكبر من 7 وذلك وفق المعادلة

$$NH_4^+ + OH^- \longleftrightarrow NH_4OH \longleftrightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

**ب**- نسبة كربونات الكالسيوم في التربة **:** حيث تؤدي زيادة نسبتها إلى زيادة الفقد في الازوت على شكل أمونيا

$$(NH_4)_2SO4 + CaCO_3 \longrightarrow 2NH_3\uparrow + CO_2 + H_2O + CaSO_4$$

ج- السعة التبادلية للايونات الموجبة حيث تؤدي زيادتها إلى تثبيت الامونيوم وبالتالي تقليل الفقد في الازوت على شكل امونيا.

د- مع ارتفاع درجة الحرارة سواء للتربة أو الجو من 30-45 م ادى إلى زيادة الفقد بنسبة 18%.

هـ - تأثير الاملاح : زيادة الاملاح الذائبة في التربة يؤدي إلى زيادة تطاير الامونيا.

2- **غسل النترات**: بما أن ايون النترات سالب الشحنة يحدث تنافر بينه وبين الشحنات السالبة على اسطح غرويات الطين ، وبسبب سهولة ذوبانه في الماء يتم فقد جزء منه وتتعلق كمية الفاقد بكمية مياه الري وعدد الريات ومحتوى التربة من الاكاسيد والغرويات موجبة الشحنة الموجودة في الترب الحامضية والتي تمسك الايون مقللة من كمية الفقد بالغسل ، كما يؤثر قوام التربة حيث يزداد الفقد عند انخفاض محتوى التربة من الطين.

3- عكس النترتة : يتم فقد الازوت بهذه العملية كما ذكرت سابقا وهناك عوامل مساعدة للفقد بهذه الطريقة هي:

1- محتوى التربة من الرطوبة حيث يتناسب الفقد طردا مع زيادة المحتوى الرطوبي للتربة .

2- وجود المادة العضوية يزيد النشاط الميكروبي في ظروف لاهوائية وبالتالي يزيد الفقد.

3- زيادة درجة الحرارة تزيد النشاط الميكروبي

4- زيادة حجم المجموع الجذري يؤدي إلى استهلاك الاوكسجين وبالتالي تشجيع عملية عكس النترتة.