Advanced Soil Fertility and Fertilization Master

خصوبة التربة والتسميد المتقدم

Second Semester

2022-2023

Lecture 4

المحاضرة الرابعة

أ.د.هيفاء جاسم حسين

قسم علوم التربة والموارد المائية

كلية الزراعة /جامعة البصرة

E-mail:hayfaa.hussein@uobasrah.edu.iq

في محاضرة اليوم سوف نتكلم عن

معدنة النتروجين العضوي Mineralization of Organic Nitrogen

العوامل التي تؤثر على عملية المعدنة

١. المحتوى الرطوبي للتربة

٢. درجة حرارة التربة

تمثيل النتروجين Immobilization

النترجة Nitrification

العوامل المؤثرة على عملية النترجة

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

فقدان النتروجين بشكل غازات

ا) عكس النترجة Denitrification

تعريف المعدنة Mineralization

المعدنة Mineralizationهي تحول النتروجين العضوي الى نيتروجين معدني أولا الى احماض امينية ثم امونيوم من خلال عمليتين هما Aminization و Ammonification(شكل 2-4).

تحدث عملية المعدنة من خلال نشاط احياء التربة المجهرية الذاتية التغذية والتي تحتاج الكربون العضوي كمصدر للطاقة . تسود البكتريا الذاتية التغذية والمسؤولة عن تحلل البروتينات في التربة المتعادلة والقلوية ، مع مشاركة الفطريات والتي تسود في الترب الحامضية.

النواتج النهائية لكل مجموعة تعد المادة الخاضعة للتفاعل التالي الى ان المادة تتحلل .

عملية Aminization هي تحول البروتينات في المواد المتبقية الى احماض امينية واامينات و يوريا (المرحلة الأولى). هذه المركبات النيتروجينية العضوية تتحول فيما بعد الى نتروجين معدني بشكل امونيوم NH_4^+ من خلال عملية النشدرة (الخطوة الثانية). مجموعة من البكتريا الهوائية واللاهوائية والفطريات والاكتينومايستس قادرة على تحويل نواتج الامينات الى امونيوم NH_4^+.

Mineralization :

N mineralization is the conversion of organic N to NH_4^+ through two reactions, aminization and ammonification (Fig. 4-2).

Mineralization occurs through the activity of heterotrophic microorganisms that require organic C for energy. Heterotrophic bacteria dominate the breakdown of proteins in neutral and alkaline environments, with some involvement of fungi, while fungi predominate in acid soils.

The end products of the activities of one group furnish the substrate for the next and so on until the material is decomposed. Aminization converts proteins in residues to amino acids, amines, and urea (Step 1). These are organic N compounds that are further converted to inorganic NH4 + by ammonification (Step 2). A diverse population of aerobic and anaerobic bacteria, fungi, and actinomycetes is capable of converting the products of aminization to NH_4^+

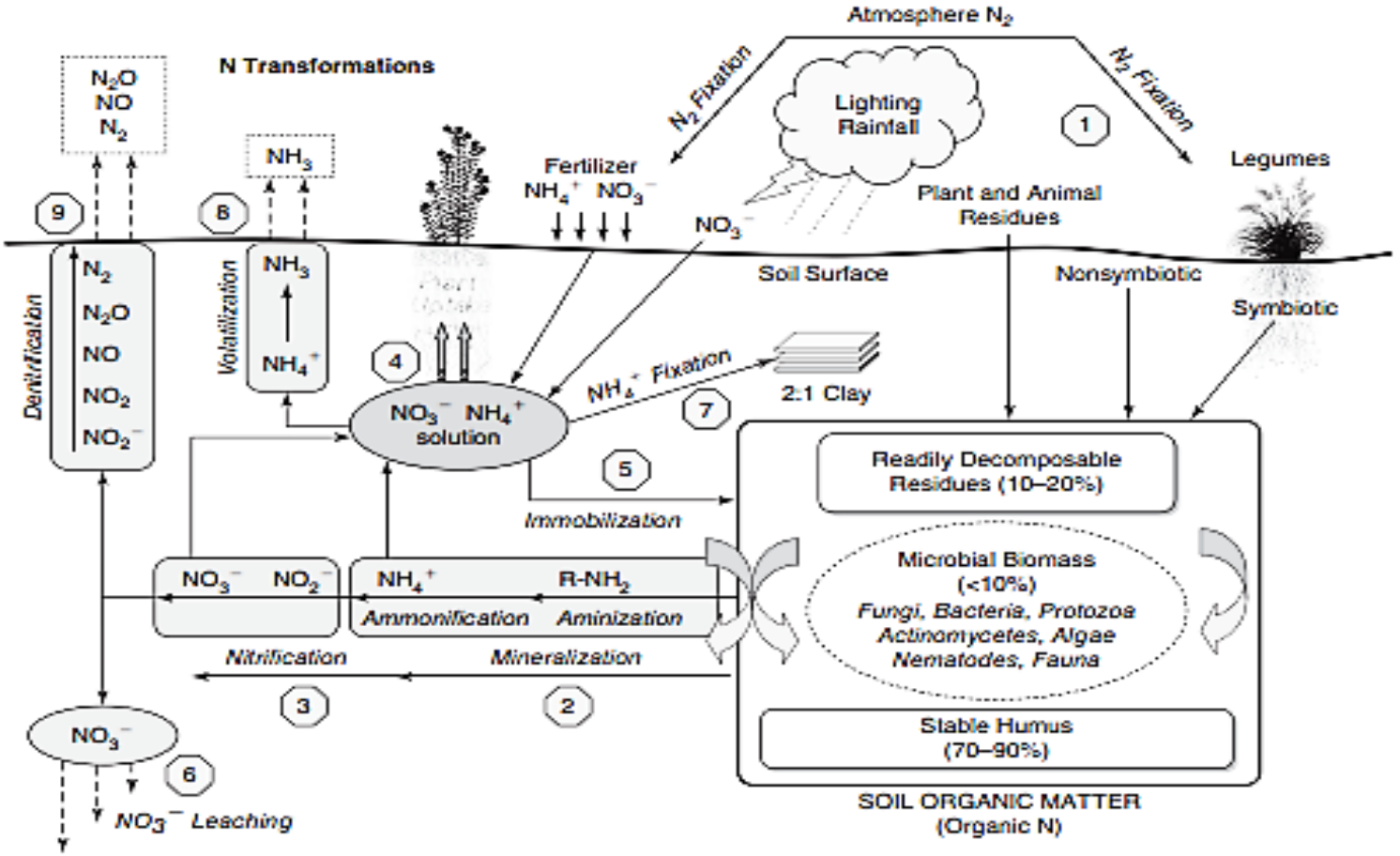
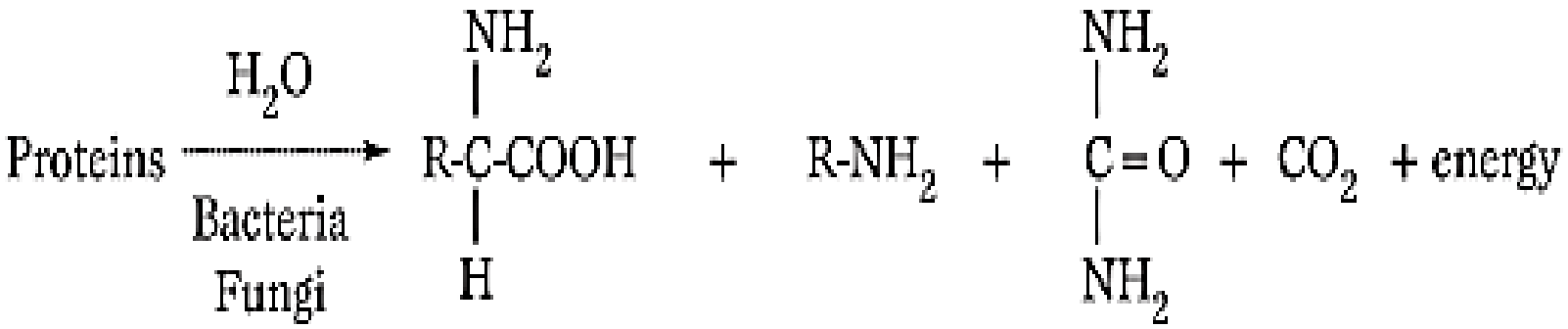


Figure 4-2

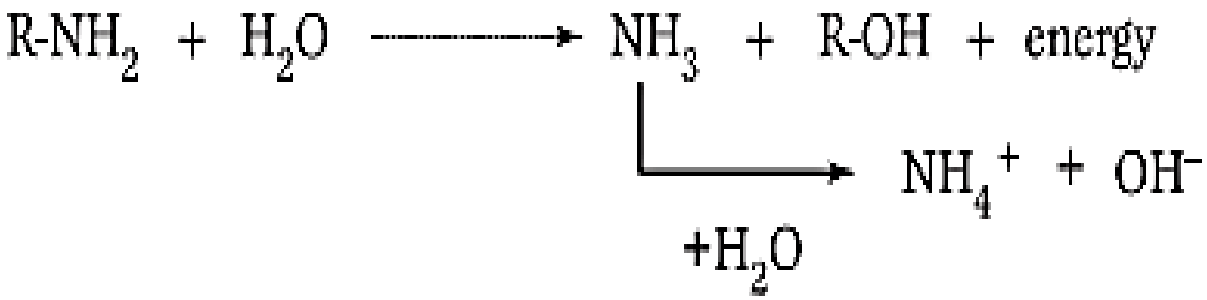
The N cycle. Most of the **N transformations** *(italics) are facilitated by the microbial biomass and cycle through the organic fraction in soil. In step 1, N in plant and animal residues and N derived from the atmosphere through electrical discharges, legumes, and industrial processes (N_2 is combined with H_2 or O_2) are added to the soil. In step 2, organic N is* **mineralized** *to NH_4^+ by soil organisms. Much of the NH_4^+ is converted to NO_3^- by bacteria through* **nitrification** *(step 3). In step 4, NO_3^- and NH_4^+ in soil solution are taken up by plant roots. In step 5, some solution NH_4^+ and NO_3^- are converted back to organic N through* **immobilization**. *Solution NO_3^- can be lost by* **leaching** *to groundwater or drainage systems as a result of downward movement below the root zone in percolating water (step 6). In step 7, NH_4^+* **fixation** *by 2:1 clay minerals can occur. In step 8, NH_4^+ can be* **volatilized** *to gaseous NH_3. NO_3^- derived from nitrification, fertilization, or rainfall can be converted by denitrifying bacteria to N_2, N_2O, NO that escape into the atmosphere (***denitrification***; step 9), completing the cycle.*

Step 1. *Aminization*



Amino Acids | *Amines* | *Urea*

Step 2. *Ammonification*



ما هو مصير ايون الامونيوم الناتج من عملية النشدرة

1.converted to NO_2^- and NO_3^- (nitrification), يتحول الى ايون النتريت والنترات (النترجة)

2. absorbed directly by higher plants (N uptake), يمتص مباشرة من قبل النباتات (امتصاص النتروجين)

3. utilized by heterotrophic bacteria to decompose residues (immobilization),

يستعمل (يستهلك)من قبل الاحياء التربة المجهرية (التثبيت او التدهور)

4. fixed as biologically unavailable N in the lattice of certain clay minerals (NH_4^+ fixation) يثبت بيولوجيا بهيئة نتروجين غير جاهز في طبقات معادن الطين(تثبت الامونيوم)

5.converted to NH_3 and released back to the atmosphere (volatilization)

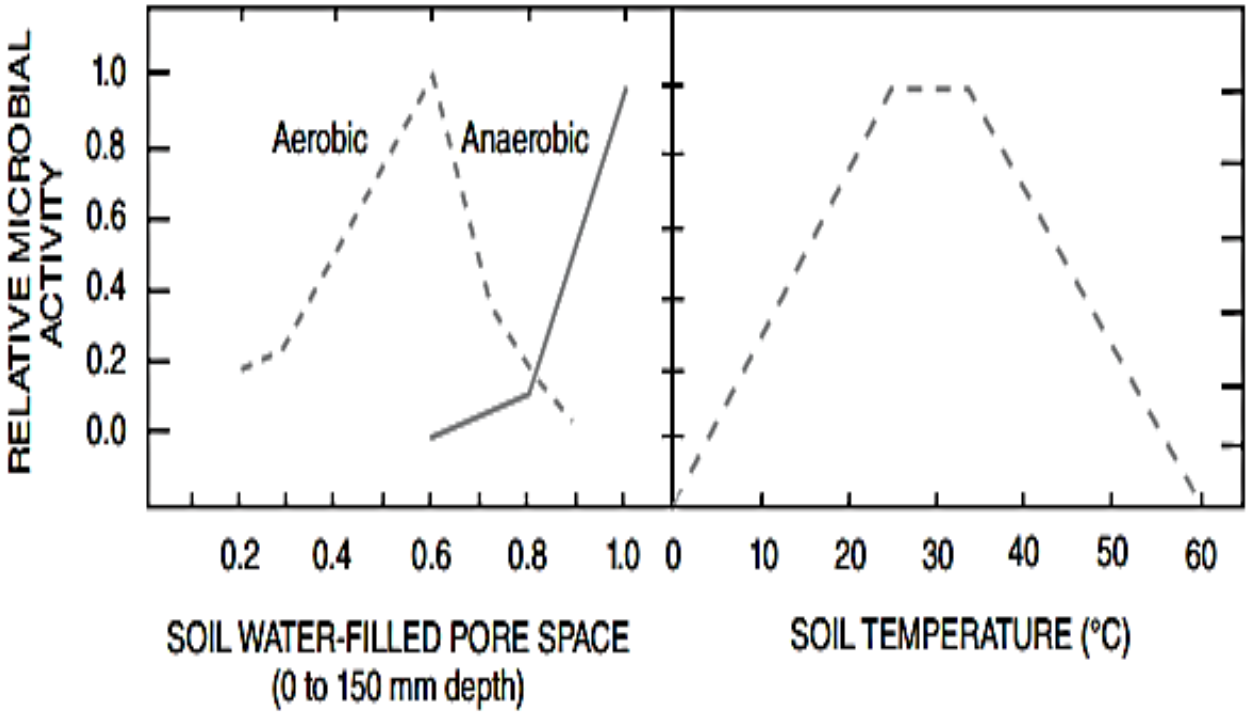
يتحول الى غاز الامونيا الى الهواء الجوي بفعل عملية التطاير(Volatilization)

العوامل التي تؤثر على معدنة النتروجين العضوي

١. المحتوى الرطوبي للتربة Soil Moisture

يؤثر المحتوى الرطوبي للتربة على النشاط الميكروبي الهوائي واللاهوائي (الشكل ٤-٢١). يحدث أقصى نشاط هوائي وتمعدن N بين ٥٠ و ٧٠٪ من المسامية المملوءة بالماء.

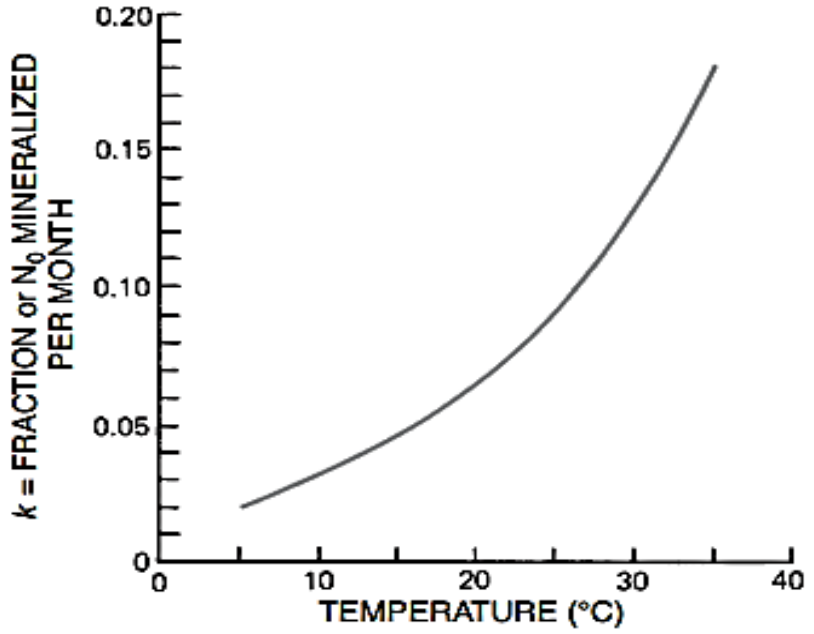
Figure 4-21
Influence of soil moisture (water-filled pore space) and temperature on relative microbial activity in soil.
(Doran and Smith, 1987, SSSA Spec. Publ. 19.)



٢. درجة حرارة التربة Soil Temperature

تؤثر درجة حرارة التربة أيضًا على النشاط الميكروبي وتمعدن N (الشكل ٤-٢٢). حيث تتأثر معظم التفاعلات البيولوجية بدرجة الحرارة، حيث تتراوح درجة حرارة التربة المثلى للنشاط الميكروبي بين ٢٥ و ٣٥ درجة مئوية.

Figure 4-22
Fraction of N mineralized per month, k, in relation to temperature (k was estimated graphically for observed average monthly air temperatures).
(Stanford et al., 1977, Agron. J., 69:303.)



تـأثير رطوبـة التربـة ودرجـة الحـــرارة علـــى كميـــة النتــروجين المتعـدن خــلال فتـرات الحضـن (الشـكل ٤-٢٣نجـد ان زيـادة الرطوبـة إلـــى حـــد التشـــبع ودرجـــة الحـــرارة فـــوق ٥٠ درجـــة مئويـــة ســـوف تقلـــل بشـــكل كبير من تعدن النتروجين

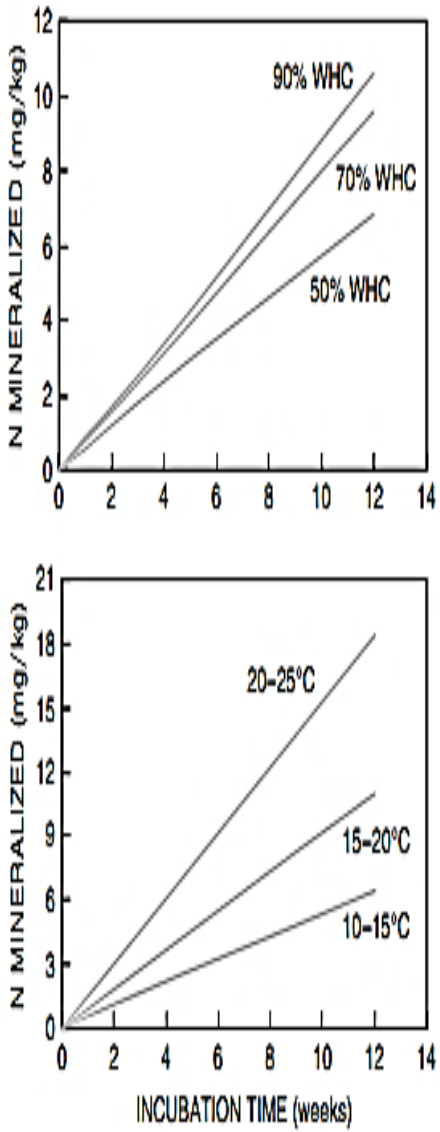


Figure 4-23
Effect of temperature and moisture on cumulative N mineralization (mg N/kg soil). Sandy clay loam soil contained 3.6% OM and 0.44% total N. WHC represents water holding capacity.
(Agehara and Warncke, 2005, SSSAJ, 69:1844–1855.)

تمثيل النيتروجين او تدهور النيتروجين
Immobilization

N immobilization is the conversion of inorganic N (NH_4^+ and NO_3^-) to organic N (Fig. 4-2). If decomposing residues contain low N, microorganisms will immobilize NH_4^+ and NO_3^- in the soil solution. Microbes need N in a C:N ratio of ~8:1; therefore, inorganic soil N is utilized by the rapidly growing population, reducing NH_4^+ and NO_3^- to very low levels. Microorganisms outcompete plants for NH_4^+ and NO_3^- during immobilization, and plants can readily become N deficient. Fortunately, in most cropping systems, sufficient N is applied to compensate for N immobilization by microbes and crop N uptake. If added organic material contains high N, immobilization will not proceed because the residue contains sufficient N to meet microbial demand, and inorganic N will increase from mineralization of organic N in the residue.

تمثيل او تدهور النيتروجين Immobilization

يقصد بتمثيل النتروجين هو عملية تحول النيتروجين المعدني(NH_4^+ و NO_3^-) الى نيتروجين عضوي(شكل ٤-٢). فاذا البقايا العضوية المتحللة تحوي نيتروجين واطئ فأن احياء التربة المجهرية سوف تقوم بتمثيل الامونيوم والنترات الموجودة في محلول التربة. الميكروبات تحتاج الى النتروجين بنسبة C:N ratio تقريبا 8:1لذا فأن احياء التربة المجهرية تستهلك الامونيوم والنترات في التربة وتحوله الى نتروجين عضوي .لذا تتنافس احياء التربة المجهرية على الامونيوم والنترات وبالتالي تظهر اعراض نقص النتروجين على النبات.

لحسن الحظ في معظم المحاصيل يضاف النتروجين لسد حاجة وكفاية النبات من النتروجين . وان اضافة كميات عالية من المادة العضوية سوف يقلل من تمثيل النيتروجين بفعل احياء التربة المجهرية لأنها تحوي كميات كافية من النيتروجين العضوي والنيتروجين المعدني سوف يزداد من خلال عملية المعدنة للنيتروجين العضوي الموجود في البقايا .

C:N Ratio Effects on Mineralization and Immobilization

تأثير نسبة C:N ratio على عملية المعدنة وتمثيل النتروجين (التدهور)

تعرف C:N ratio بأنها النسبة المئوية للكربون (C%) الى النسبة المئوية للنيتروجين (N%) في البقايا النباتية او المواد العضوية او الاحياء المجهرية .

ان محتوى النيتروجين في المواد العضوية المستقرة تقريبا 5% ، في حين يتراوح الكربون بين 50 الى 58% ، مسببا قيمة C:N ratio بين 10 الى 12 .

لذا فأن عملية المعدنة او االتمثيل تعتمد على قيمة C:N ratio للمادة العضوية ، لذا اذا كانت قيمة C:N ratio بحدود 20:1 هي الحد الفاصل بين عملية المعدنة والتمثيل . بصورة عامة معدنة النيتروجين تحصل اذا كان محتوى البقايا العضوية من النيتروجين اكثر من 2% وتحت الظروف الهوائية .

اذا كانت قيمة C:N ratio > 20 تحصل عمليةالتمثيل والعكس تحصل عملية المعدنة.

TABLE 4-12

C:N RATIOS OF SELECTED ORGANIC MATERIALS COMPARED TO SOIL OM AND MICROORGANISMS

Organic Material	C:N Ratio	Organic Material	C/N Ratio
Soil microorganisms	8:1	Bitumens and asphalts	95:1
Soil OM	10:1	Coal liquids and shale oils	125:1
Sweet clover (young)	12:1	Oak	200:1
Barnyard manure (rotted)	20:1	Pine	300:1
Clover residues	23:1	Crude oil	400:1
Green rye	36:1	Sawdust (generally)	400:1
Corn/sorghum residues	60:1	Spruce	1000:1
Grain straw	80:1	Fir	1200:1
Timothy	80:1		

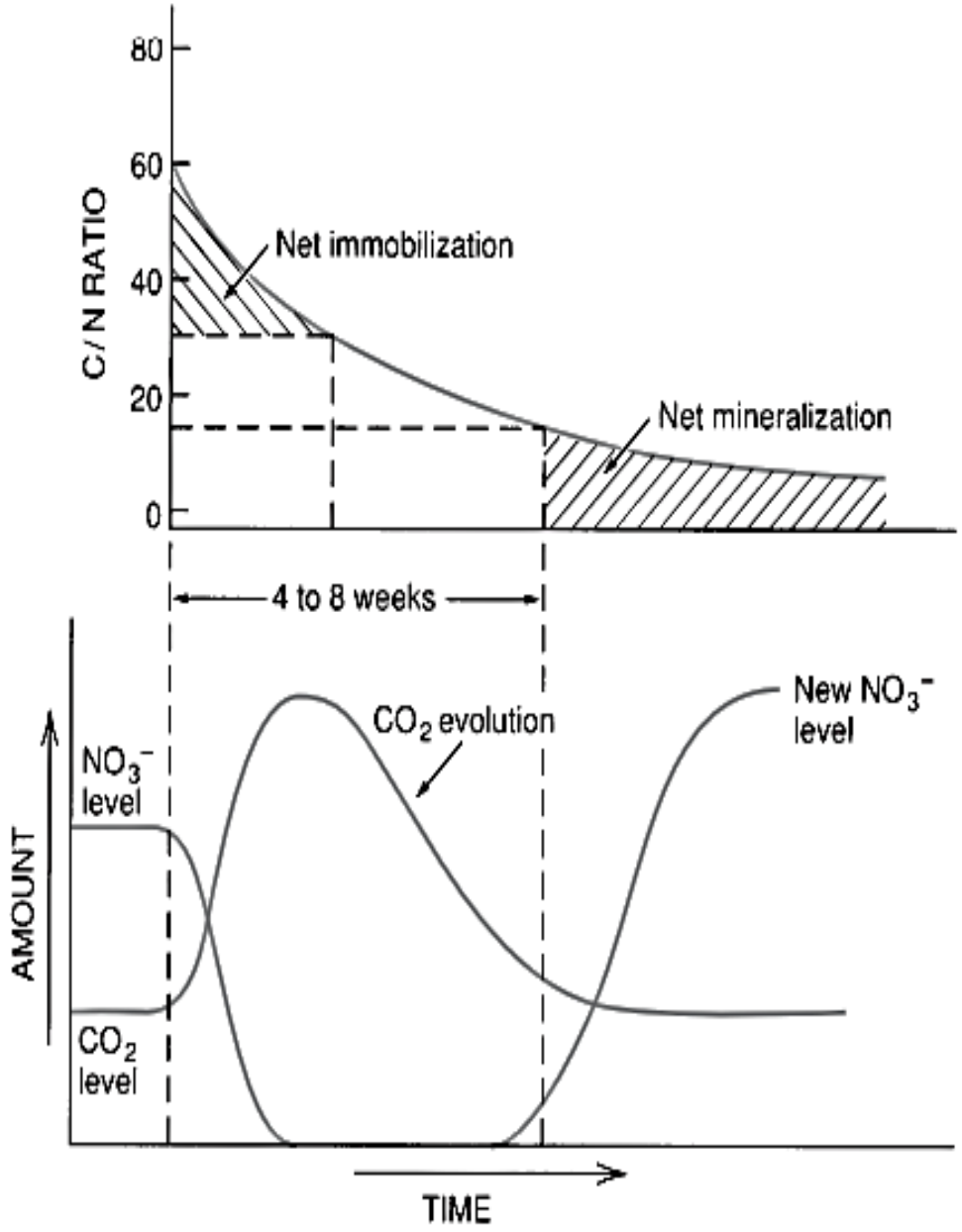


Figure 4-26
General description of N mineralization and immobilization following addition of residue to soil.
(Adapted from B. R. Sabey, Univ. of Illinois.)

ثانيا: النترجة Nitrification

A major portion of the NH_4^+ produced from mineralization is converted to NO_3^- through microbial oxidation or nitrification (Fig. 4-2). Nitrification is a two-step process where NH_4^+ is converted to NO_2^- and then to NO_3^- . Oxidation of NH_4^+ to NO_3^- is represented by:-

تعرف النترجة بأنها عملية تحول الامونيوم NH_4^+ الى نترات NO_3^- من خلال عملية الاكسدة البيولوجية (شكل ٤-٢) وتحصل عملية النترجة على مرحلتين المرحلة الأولى تتحول فيها ايونات الامونيوم الى نتريت NO_2^- والمرحلة الثانية تتحول فيها ايونات النتريت الى نترات NO_3^-. وفق المعادلات التالية :-

Step 1

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\textit{nitrosomonas}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$$

(–3) ⟶ (+3)

increasing oxidation of N

Step 2

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\textit{nitrobactor}} 2NO_3^-$$

(+3) ⟶ (+5)

increasing oxidation of N

Net Reaction

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$$

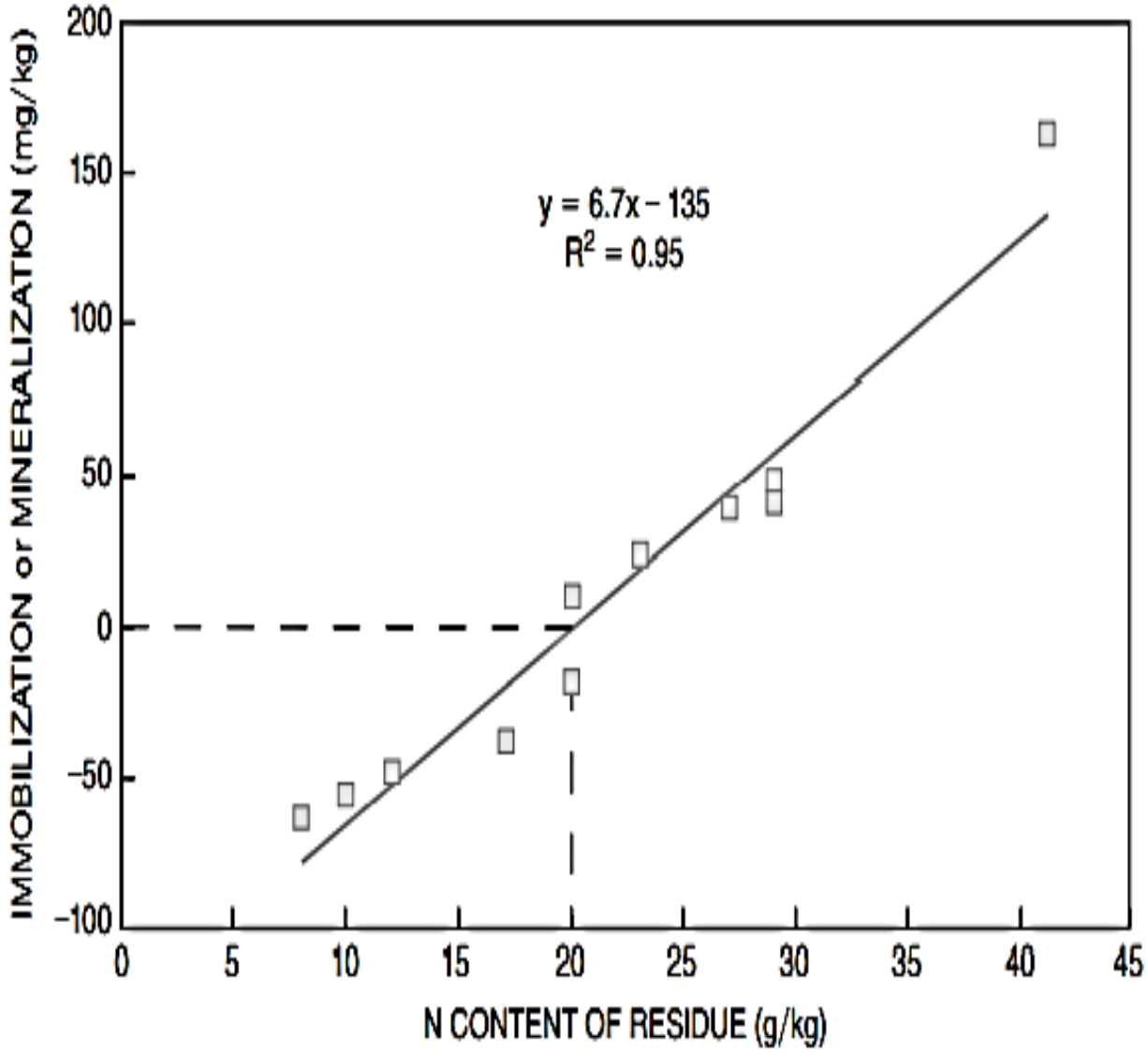


Figure 4-25

Effect of N content of organic materials on apparent N immobilization or mineralization.

(Goos, 1995, J. Nat. Resources Life Sci. Educ., *24*:68–70.)

أن بكتريا Nitosomonas و Nitrobacter تحصل على الطاقة اللازمة ها من اكسدة النيتروجين والكربون من ثاني أوكسيد الكربون CO_2 .

ان مصدر NH_4^+ اللازم لحصول عملية النترجة مصدره اما من معدنة النيتروجين العضوي في عملية النشدرة او من الأسمدة او البقايا النباتية والحيوانية او أي مصدر اخر .

ان النتريت ايون سام للنبات فأن تحوله الى صورة النترات مفضل قياسا بالنتريت .

ويتعرض النترات الى الغسل Leaching بماء الري والامطار وقد تصل كمية النترات المغسولة من السماد بحدود ٣٠-٤٠% من كمية السماد المضاف مما يعرض النبات الى ظهور اعراض النقص

هنالك جملة من العوامل تؤثر على عملية النترجة منها :-

١.تجهيز ايون الامونيوم Supply of NH_4^+

٢. اعداد احياء التربة النترجة Population of Nitrifying organisms

٣.درجة تفاعل التربة Soil pH

٤.تهوية التربة Soil Aeration

٥.رطوبة التربة Soil moisture

٦.درجة حرارة التربة Soil Temperature

ثالثا: تثبيت النتروجين Nitrogen Fixation

Certain clay minerals, particularly vermiculite and mica, are capable of fixing NH_4^+ by replacement with cations in the expanded lattices of clay minerals (Fig. 4-36). Fixed NH_4^+ can be replaced by cations that expand the lattice (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , H^+)but not by those that contract it (K^+). Coarse clay (0.2–2 mm) and fine silt (2–5 mm) are important fractions in fixing added NH_4^+ . In a high NH_4^+ -fixing clay soil dominated by mica, substantial amounts of added NH_4^+ were fixed, increasing with soil dryness (Fig. 4-37). Increasing moisture likely increases nitrification of the added NH_4^+ . Greater NH_4^+ fixation occurs with broadcast application due to increased soil-fertilizer contact

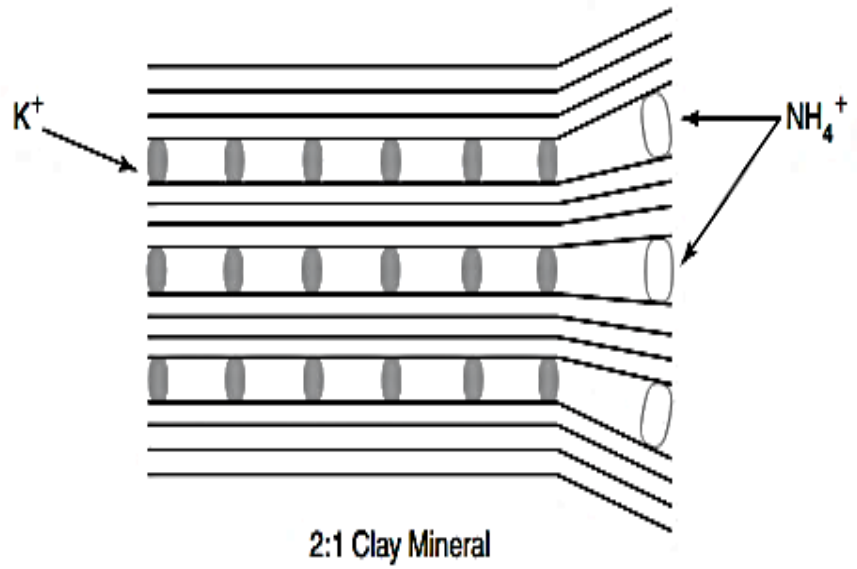
بعض المعادن الطينية، وخاصة معادن الفيرميكوليت والميكا، قادرة على التثبيت NH_4^+

من خلال إحلال بعض الكاتيونات الموجودة في طبقات المعادن الطينية المتمددة (الشكل ٤-٣٦). ايون الامونيوم المثبت NH_4^+يمكن استبداله بالكاتيونات الموجودة في طبقات معادن الطين المتمددة مثل ايونات (Ca^{+2}و Mg^{2+} و $Na+$ و H^+) ولكن ليس من قبل ايونات البوتاسيوم K^+.

الطين الخشن (٢,٠-٢ ملم) والغرين الناعم (٢-٥ملم) هي الأجزاء المهمة في تثبيت الامونيوم .

ان تثبيت الامونيوم يزداد مع زيادة جفاف التربة وخاصة الترب الغنية بمعادن الميكا. ويزداد التثبيت مع زيادة الأسمدة الحاوية على امونيوم.

Figure 4-36
Diagram of an expanding clay mineral capable of fixing native or applied NH_4^+.



رابعا : فقدان النيتروجين بشكل غازات GASEOUS LOSSES OF N

1)) عكس النترجة Denitrification

When soils become waterlogged, O_2 is excluded and anaerobic conditions occur (Fig. 4-21). Some anaerobic organisms obtain their O_2 from NO_2^- and NO_3^- , with the accompanying release of N_2 and N_2O. Although several possible mechanisms exist (Table 4-14), the most probable biochemical pathway for denitrification is:

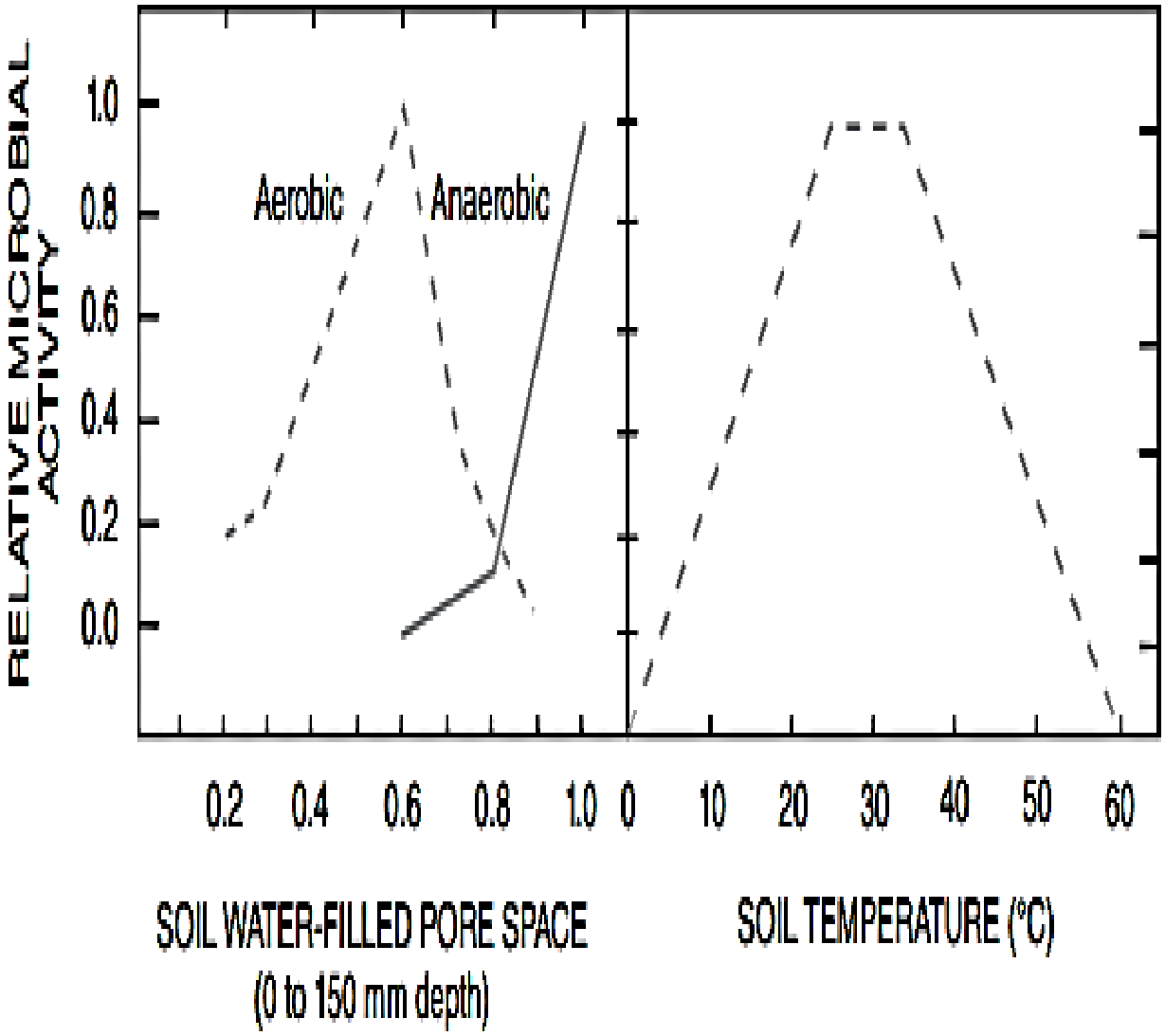
عندما تصبح الترب غدقة ، فأن الاوكسجين سوف يستنفذ وتصبح الظروف لاهوائية (شكل 4-21). بعض احياء التربة المجهرية اللاهوائية تحصل على الاوكسجين لها من NO_2^- و NO_3^- ، ويصاحب ذلك انطلاق النيتروجين على هيئة N_2 و N_2O . هذا بالإضافة الى بعض العمليات والفعاليات تحصل. والمسار البيوكيميائي لعملية عكس النترجة هي:-

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O\uparrow \rightarrow N_2\uparrow$$

Figure 4-21

Influence of soil moisture (water-filled pore space) and temperature on relative microbial activity in soil.

(Doran and Smith, 1987, SSSA Spec. Publ. 19.)



Conversion of NO_3^- to N_2 under anaerobic conditions can be monitored with time (Fig. 4-38). In this example, NO_3^- decreases as NO_2^- increases, then NO_2^- is replaced by N_2O, which is ultimately converted to N_2.

Large populations of denitrifying microorganisms exist, the most common are the bacteria Pseudomonas, Bacillus, and Paracoccus, and several autotrophs (Thiobacillus denitrificans and Thiobacillus thioparus). Denitrification potential is high in most field soils, but conditions must arise that cause a shift from aerobic respiration to a denitrifying metabolism involving NO_3^- as an electron acceptor in the absence of O_2. N_2O and N_2 losses are highly variable because of fluctuations in environmental conditions between years, between seasons, and within a given field. N_2 loss predominates, sometimes accounting for about 90% of the total denitrification, while N2O loss is greater under less-reduced conditions

مكن مراقبة تحويل NO_3^-إلى N_2 في ظل الظروف اللاهوائية مع مرور الوقت (الشكل 38-4). في هذا المثال، ينخفض تركيز NO_3^- مع زيادة NO_2 ثم NO_2 والذي يتم تحويله في النهاية إلى N_2.

توجد أعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بهذه العملية ، وأكثرها شيوعًا هي بكتيريا Pseudomonas و Bacillus و Paracoccus والعديد من الحيوانات الذاتية (Thiobacillus denitrificans و Thiobacillus thioparus). إن عملية عكس النترجة تحصل بصورة واسعة في معظم ترب الحقل ، ولكن يجب أن تنشأ الظروف التي تسبب تحولًا من التنفس الهوائي إلى عملية عكس النترجة والذي يتضمن NO_3^-كمستقبل للإلكترون في غياب الاوكسجين O_2. ان فقدان N_2O و N_2 متغير بشكل كبير بسبب التغيرات في الظروف البيئية خلال السنوات، وبين الفصول، ٩٠ان فقدان النتروجين بشكل N2 يشكل ٩٠من إجمالي عكس النترجة ، بينما تكون خسارة N_2O أكبر في ظل ظروف أقل اختزال .

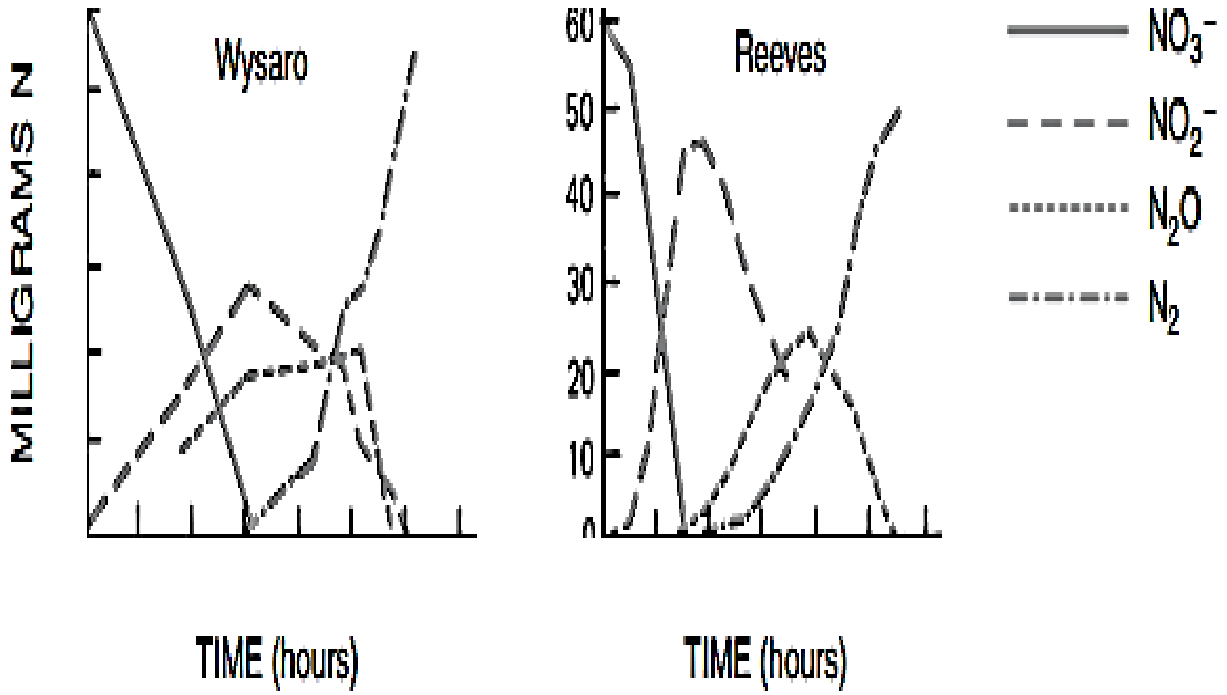


Figure 4-38

Sequence and magnitude of N products formed and utilized during anaerobic denitrification of Wysaro clay (pH 6.1) and Reeves loam (pH 7.8) at 30°C.

(Cooper and Smith, 1963, Soil Sci. Soc. Am. J., 27:659.)

ANY
QUESTION?