Advanced Soil Fertility and Fertilization

Master

خصوبة التربة والتسميد المتقدم

Second Semester

2022-2023

Lecture 3

المحاضرة الثالثة

أ.د. هيفاء جاسم حسين

قسم علوم التربة والموارد المائية

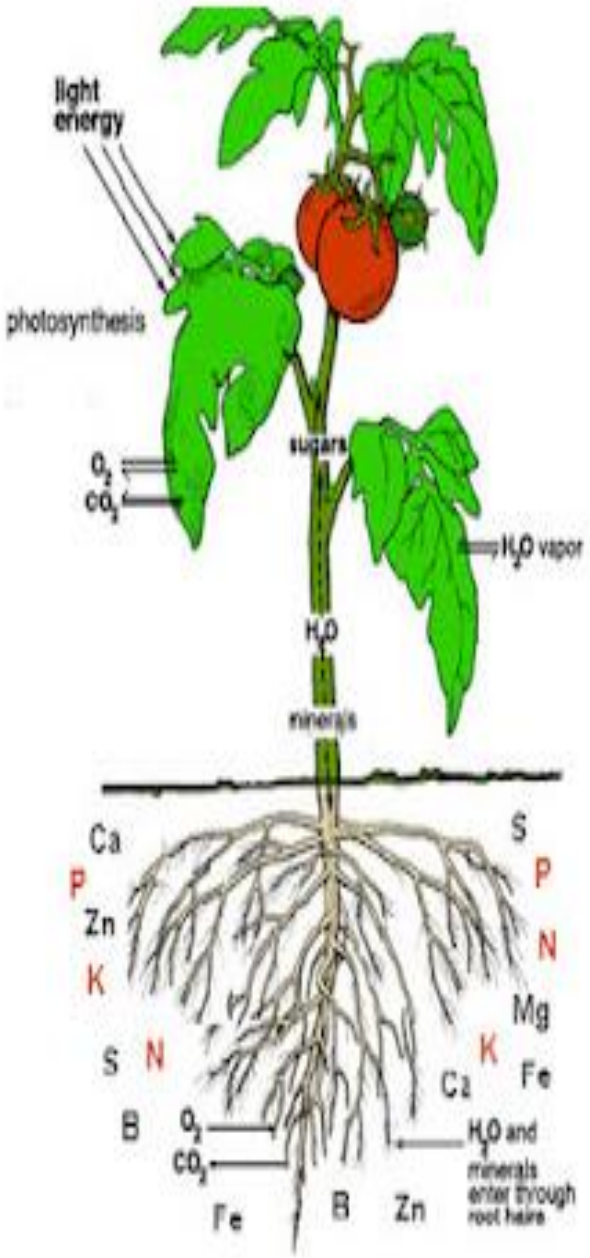
كلية الزراعة /جامعة البصرة

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

المقدمة

من المعروف ان النباتات تحصل على غذاءها من ثلاث مصادر رئيسية هي التربة والماء والهواء (كما موضح في الشكل)

وعليه فإن العناصر الغذائية التي تمتصها النباتات من الماء أو الهواء أو التربة بكميات كبيرة أو قليلة تقوم بتحويل الطاقة التي تصل إلينا من الأشعة الشمسية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis) والتي تساهم في عملية التمثيل الغذائي بغرض تخليق المواد العضوية اللازمة لاستكمال دورة حياة النبات ، وتستخدم النباتات العناصر والمركبات منخفضة الطاقة لإنتاج مدى واسع من المواد والمركبات عالية الطاقة (الكربوهيدرات والبروتينات ..الخ) والتي تعتبر بصفة أساسية غذاء للإنسان والحيوان .



Sources of plant nutrients (in general)

Plants obtain nutrients in the following ways:

- From the soil solution. i.e., the free water in soil containing dissolved salts.
- From exchangeable ions on the surface of tiny particles of soils and organic matter called “humus” particles, respectively.
- From readily decomposable minerals.
- Through the tiny openings on the surface of leaves, called “stomata.’
- Chief sources of nutrients to plants are clay and humus of soil.
- Nutrients such as NH_4+, Ca^{++} k^{+}, Mg^{++}, etc., are held on clay particles in an exchangeable and available form for use by plants.
- Soil organic matter serves as the principal storehouse for the supply of anions such as $H_2PO_4^-$or SO_4^{-2} to the plants.

The following elements are derived:

From air; carbon (C) as CO_2 (carbon dioxide);

From the water: hydrogen (H) and oxygen (O) as H_2O (water);

From the water: fertilizer and animal manure : nitrogen (N) a considerable amount of nitrogen is also fixed by leguminous plants through root nodule bacteria

ESSENTIAL ELEMENTS

Carbon (C)
Hydrogen (H)
Oxygen (O)
Nitrogen (N)

Sourced from air, water, and soil

Phosphorus (P)
Potassium (K)
Calcium (Ca)
Magnesium (Mg)
Sulfur (S)
Boron (B)
Zinc (Zn)
Copper (Cu)
Manganese (Mn)
Iron (Fe)
Chloride (Cl)
Molybdenum (Mo)

Sourced from soil and/or fertilizers

Essential plant elements, source, roles and relative quantities in the plant

Element	Source	Role in the Plant	Concentration
Carbon (C)	Air	Constituent of carbohydrates; necessary for photosynthesis.	45%
Oxygen (O)	Air/Water	Constituent of carbohydrates: necessary for respiration.	45%
Hydrogen (H)	Water	Maintains osmotic balance; important in many biochemical reactions, constituent of carbohydrates.	6%
Nitrogen (N)	Air/Soil	Constituent of amino acids, proteins, chlorophyll, and nucleic acids.	1-5%
Potassium (K)	Soil	Involved with photosynthesis, carbohydrates translocation, protein synthesis.	.5-1%
Phosphorous (P)	Soil	Constituent of proteins, coenzymes, nucleic acids, and metabolic substrates; important in energy transfer.	.1-.5%
Magnesium (Mg)	Soil	Enzyme activator; component of chlorophyll.	.1-.4%
Sulfur (S)	Soil	Component of certain amino acids and plant proteins.	.1-.4%
Chlorine (Cl)	Soil	Involved with oxygen production and photosynthesis.	.01-.1%
Iron (Fe)	Soil	Involved with chlorophyll synthesis and in enzymes electron transfer.	50-250ppm
Manganese (Mn)	Soil	Controls several oxidation-reduction systems and photosynthesis.	20-200ppm
Boron (B)	Soil	Important in sugar translocation and carbohydrates metabolism.	6-60ppm
Zinc (Zn)	Soil	Involved with enzymes that regulate various enzymes.	25-150ppm
Copper (Cu)	Soil	Catalyst for respiration; component of various enzymes.	5-20ppm
Molybdenum (Mo)	Soil	Involved with nitrogen fixation and transforming nitrate to ammonium.	.5-.2ppm
Nickel (Ni)	Soil	Necessary for proper functioning of urease and seed germination.	.1-1ppm

Plant Nutrition Definition

Plant nutrition may be defined as the supply and absorption of chemical compounds required for plant life, growth, and metabolism. It is the process of absorption and utilization of essential elements for plant growth and reproduction

يمكن تعريف التغذية بأنها تجهيز وامتصاص المركبات الكيميائية اللازمة لحياة النبات والنمو والتمثيل الغذائي. إنها عملية امتصاص واستخدام العناصر الأساسية لنمو النبات وتكاثره.

Arnon (1954) has defined the following criteria/objectives for the essentiality of any nutrient

عرف أرنون **Arnon (١٩٥٤)** المعايير/الشروط التالية لأهمية أي عنصر غذائي:

العنصر الغذائي (صفاته- شروطه)

لكي يقال إن هذا العنصر الغذائي ضروري يجب إن تتوفر فيه واحد من هذه الشروط أو جميعها وهذه الشروط هي :

١. يدخل بصورة مباشرة في تركيب مادة النبات أو احد أعضائه .
٢. بدون هذا العنصر لا يمكن للنبات من إكمال دورة حياته .
٣. نقص العنصر الغذائي يؤدي إلى ظهور أعراض نقص خاصة بهذا العنصر .
٤. إن مظاهر نقص هذا العنصر لا تزول إلا بإضافة العنصر المفقود .
٥. لا يمكن إن نعوض العنصر الغذائي عن أي عنصر آخر في جميع وظائفه .
٦. له دور مفيد في التفاعلات الحيوية التي تحدث في النبات أو انه يزيل الأثر الضار الناجم عن التفاعلات الحيوية التي يقوم بها النبات .

تقسم العناصر الغذائية

يمكن تقسيم العناصر الغذائية من الناحية الكمية إلى ما يلي :

١ – العناصر الغذائية الكبرى (Macro element) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيا وتتراوح حدودها بالنسبة لنبات المادة الجافة (٠,١ % - ٦ %) من محتوى المادة الجافة ويعني (١ – ٦٠) ملغم / غم مادة جافة . وتشمل هذه العناصر (C-H-O-N-P-K-Ca-Mg-S) .

٢ – **العناصر الغذائية الصغرى (Micro elements)** : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات اقل نسبيا ويقدر محتواها في المادة الجافة (٢٠٠ppm) (جزء بالمليون) وتشمل عناصر (Fe-Zn-Cu-Mn-B-Mo-Na-Cl) .

يلاحظ إن (Na, CL) بصورة عامة تعتبر من العناصر الصغرى إلا إنها بالنسبة للنباتات الملحية تعتبر من العناصر الكبرى حيث تحتاجها النبات بكميات كبيرة مقارنة بالنباتات الأخرى

يمكن تقسيم العناصر الغذائية من ناحية وظائفها الفسيولوجي والحيوية إلى المجاميع التالية :

المجموعة الأولى : وتشمل عناصر(C-H-O-N-S) حيث تدخل هذه العناصر في تركيب مادة النبات العضوية وتنشيط الإنزيمات .

المجموعة الثانية : وتشمل عناصر(P-B-Si) فتشارك هذه العناصر في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات .

المجموعة الثالثة : وتشمل عناصر(CL-Mn-Mg-Ca-Na-k) فإنها ذات أهمية في الجهد الازموزي وتساهم في عملية تكوين الإنزيمات والبروتينات .

المجموعة الرابعة : وتشمل عناصر (Fe-Cu-Zn-Mo) هذه العناصر لها القابلية على تغير أعداد تكافؤها لذلك تعمل هذه العناصر على انتقال الالكترونات أي بمعنى آخر لها دور بعمليات الأكسدة والاختزال .

العناصر المفيدة والنافعة

- **العناصر المفيـــــــدة**
-
- هناك مجموعة من العناصر الغذائية تكون مفيدة لنبات معين ولا يكون لها تأثير نافع او مفيدة لنبات آخر تسمى بالعناصر المفيدة ومن أمثلتها عنصر الكوبلت (Co) وهو مفيد ومهم للعائلة أو النباتات البقولية ولكن ليس للكوبلت فائدة بالنسبة للنجيليات .
- كذلك إن لعنصر السليكون (Si)تأثير نافع للرز ولم تثبت له فائدة بالنسبة للنجيليات . مثال آخر لوحظ إن الصوديوم(Na) أهمية مفيدة بالنسبة لنباتات البنجر السكري حيث يزيد من نسبة السكر لهذا النبات .

- **العناصر النـــــــادرة**
-
- هناك مجموعة من العناصر هي ليست غذائية تتبع جميعها إلى زمرة العناصر النادرة ووجد إن وجودها بكميات منخفضة جدا في التربة أو الهواء يكون لها تأثير مفيد لفعالية بعض النباتات إلا إن ارتفاع مستوى هذه العناصر ولو بصورة منخفضة أو بصورة قليلة يجعل منها عناصر سامة للنبات وكذلك للحيوان الذي يعيش على تلك النباتات من أمثلتها (الكلور- الفلور – البروم – اليود – الزئبق – الرصاص – الزرنيخ ----- الخ) .

1. Major or macronutrient:

Those nutrients required by plants in concentrations exceeding 1000 ppm (0.1%) are termed major or micronutrients. The term ‘macro’ refers to the amount used (usually 50mg/ kg or more in the plant body) and essential.

- **Primary nutrients:** C, H, O, N, P, K are the primary elements that are essential for seed germination and for plant growth. C, H, O are found abundantly in water and the atmosphere. N, P, K are either obtained from soil or supplied through chemical fertilizers.
- **Secondary nutrients**: They are secondary because they are needed only to grow (secondary growth). They are **Ca, Mg and S.**

2. Minor or micronutrients:

The elements required by plants in a concentration less than 100 ppm are termed minor or macronutrients. They are also called “trace elements.” The term ‘micro’ refers to the amount used (usually less than 50mg/ kg in the plant body) rather than the essentiality.

3.Beneficial elements: They are helpful for some specific plants, not for all. e.g., Na, Si (for rice).

4.Trace elements: Some micronutrients and other non-essential elements (but not macro-nutrients) present in soil or in the plant body in minimal amounts. e.g., Cd, Pb. As, V, Se.

Non-mineral nutrients:

Three elements, carbon (C), hydrogen (H), and oxygen (O), are non-mineral nutrients because they are derived from the air and water. Although they represent approximately 95% of plant biomass, they are generally given little attention in plant nutrition because they are almost always in sufficient supply. However, other factors such as soil management and the environmental conditions can influence the availability and crop growth response.

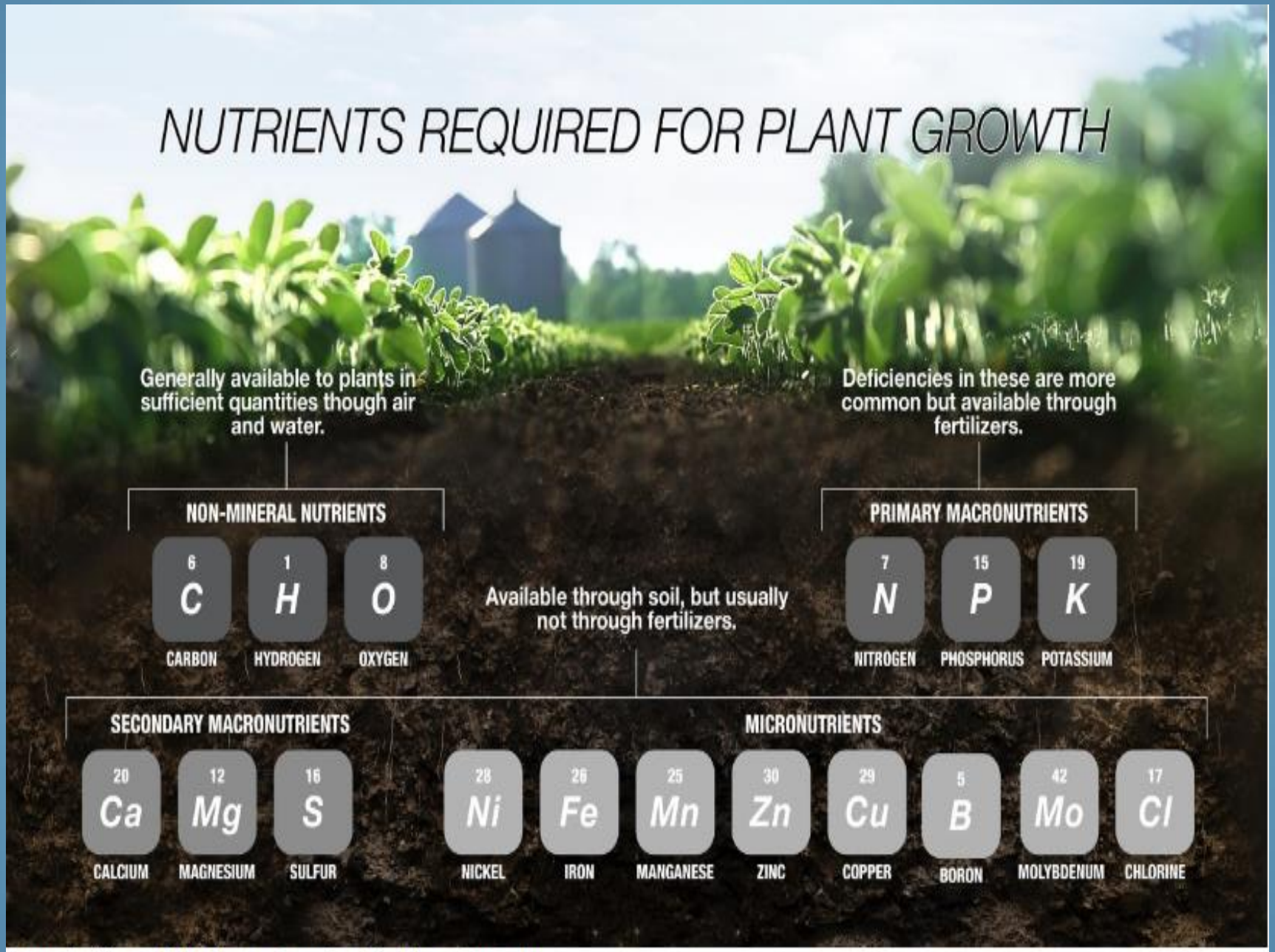
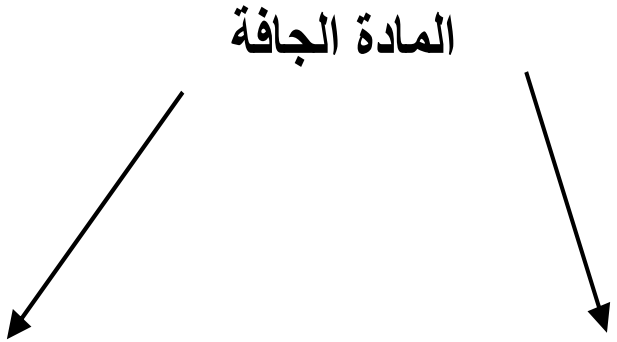


Figure 1. Mineral Nutrients Required for Plant Growth

The 14 mineral nutrients are classified as either macronutrients or micronutrients based upon plant requirements and relative fertilization need. There are 6 macronutrients: nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), and sulfur (S). The macronutrients, N, P, K, are often classified as primary macronutrients, because deficiencies of N, P, K are more common than the secondary macronutrients, Ca, Mg, and S. The micronutrients include boron (B), chlorine (Cl), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo), nickel (Ni), and zinc (Zn). Most of the macronutrients represent 0.1 -5% or 100-5000 parts per million (ppm), of dry plant tissue, whereas the micronutrients generally comprise less than .025% or 250ppm, of dry plant tissue.

المكونات العضوية والمعدنية للمادة الجافة



جزء عضوي ٩٠%
(C-H-O)

جزء معدني ١٠%
١,٥ %

Nitrogen النيتروجين

أهمية النتروجين للنبات

Nitrogen is an important component of many essential structural, genetic and metabolic compounds in plant cells. It is also an elementary constituent of numerous important organic compounds including amino acids, proteins, nucleic acids, enzymes, and the chlorophyll molecule.

Of all the essential nutrients, nitrogen is the one that is most often limiting for crop growth. Nitrogen is the nutrient which normally produces the greatest yield response in crop plants, promoting rapid vegetative growth and giving the plant a healthy green color.

Roots uptake nitrogen in its inorganic forms, nitrate (NO_3^-) and ammonium (NH_4^+) ions. Once inside the plant, NO_3 is reduced to the NH_2 form and is assimilated to form the organic compounds.

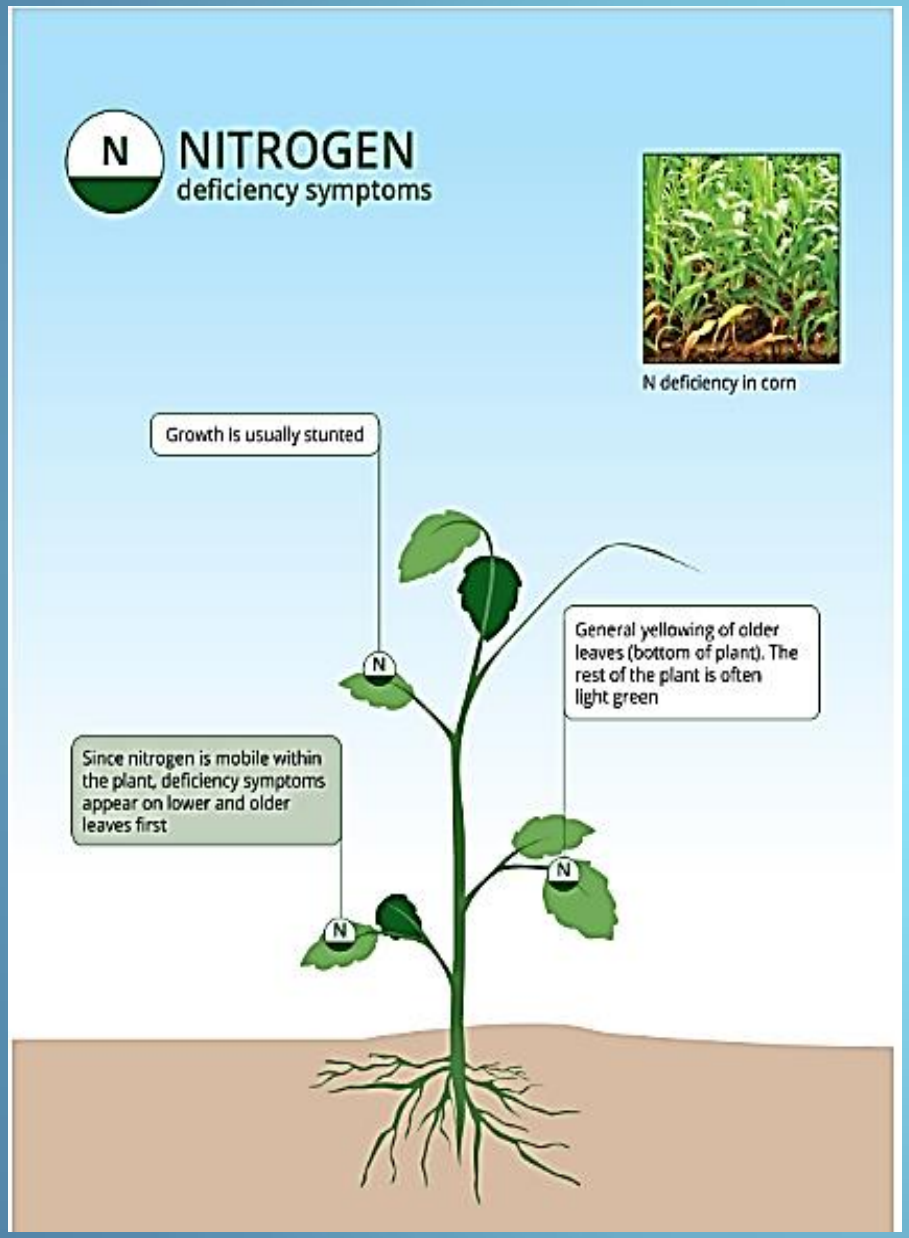
Adding nitrogen is not recommended for legume crops such as soybean, since they manufacture their own nitrogen supply. Nitrogen-fixing soil organisms (rhizobium) associated with the roots of legumes capture atmospheric nitrogen and make it available to the plant.

يعد النيتروجين مكونًا مهمًا للعديد من المركبات التركيبية والجينية والأيضية الأساسية في الخلايا النباتية. كما أنه مكون أولي للعديد من المركبات العضوية المهمة بما في ذلك الأحماض الأمينية والبروتينات والأحماض النووية والإنزيمات وجزيئة الكلوروفيل.

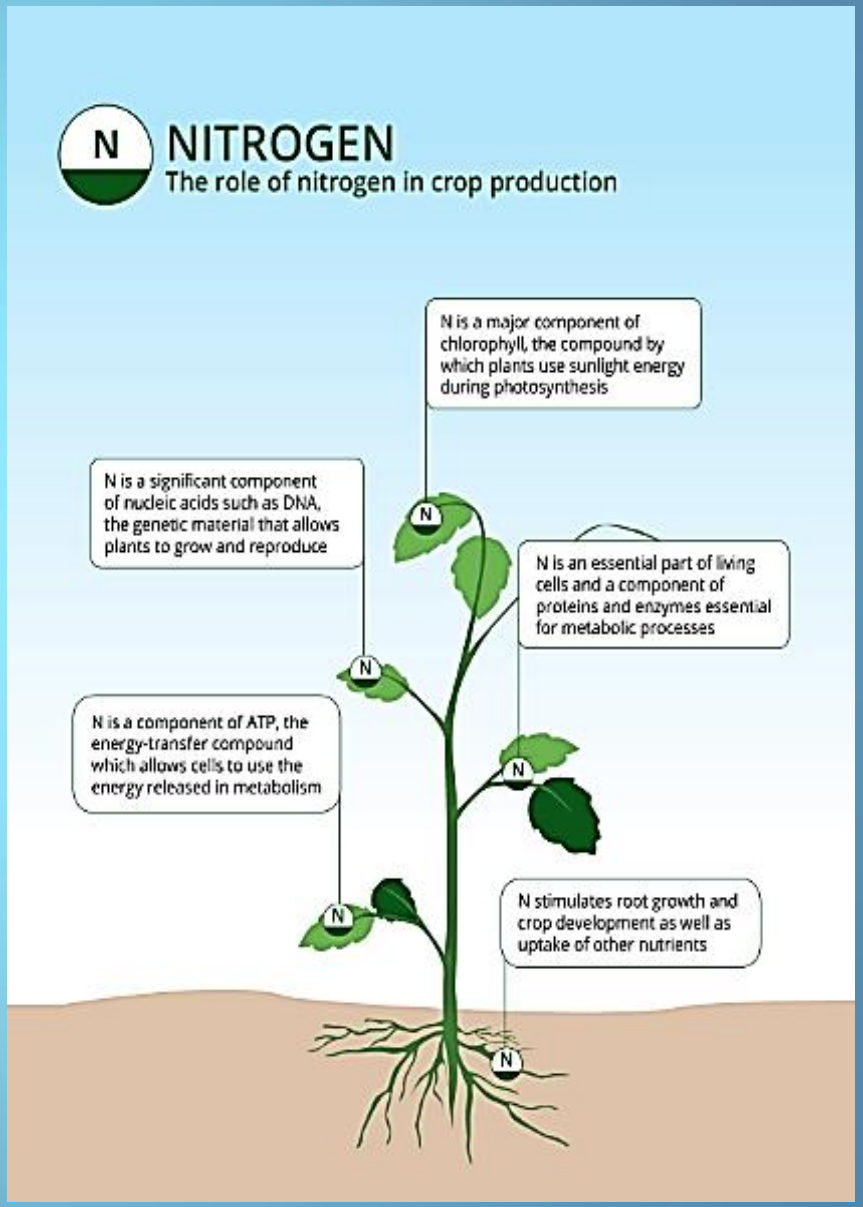
من بين جميع العناصر الغذائية الأساسية، النيتروجين هو الذي غالبًا ما يحد من نمو المحاصيل. النيتروجين هو العنصر الغذائي الذي يسبب عادةً أكبر استجابة للغلة في نباتات المحاصيل، مما يعزز النمو النباتي السريع ويعطي النبات لونًا أخضر صحيًا.

تمتص جذور النباتات النيتروجين في أشكاله غير العضوية(المعدنية)على هيئة ، أيونات النترات NO_3^- والأمونيوم NH_4^+

N-Deficiency



Role of N in plant



Types of Nitrogen Fixation أنواع التثبيت النتروجيني

أولا: التثبيت الحيوي (البيولوجي) للنتروجين الجوي Biological Nitrogen Fixation(BNF)

Biological nitrogen fixation (BNF) is a natural process of changing atmospheric nitrogen (N_2) into a simple soluble nontoxic form (NH_3 which is used by plant cell for synthesis of various biomolecules. Nitrogen fixation is one of the major sources of nitrogen for plants and a key step distributing this nutrient in the ecosystem. Optimization of BNF is critical to sustain both .food production and environmental health

التثبيت البيولوجي للنتروجين (BNF) هو عملية طبيعية لتحويل النيتروجين الجوي (N_2) إلى نيتروجين بشكل بسيط غير سام وقابل للذوبان (NH_3) والذي تستخدمه الخلايا النباتية لتخليق الجزيئات الحيوية المختلفة. يعد تثبيت النيتروجين أحد المصادر الرئيسية للنيتروجين للنباتات وخطوة رئيسية لتوزيع هذه المغذيات في النظام البيئي. يعد تحسين BNF أمرًا بالغ الأهمية للحفاظ على إنتاج الغذاء والصحة البيئية.

المقصود بعملية التثبيت BIOLOGICAL Fixation هو استخدام نتروجين الهواء الجوي بواسطة الميكروبات لبناء بروتوبلازم الخلايا الحية بفعل عدد من ميكروبات بدائيات النواة Procaryota والتي تحتوي جميعها على الانزيم المثبت لنتروجين الهواء الجوي وهو انزيم النيتروجينيز , Nitrogenaseوفق التفاعل التالي :-

وفق التفاعل التالي :-

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

والأمونيا المثبت داخل جسم الميكروبات تمثل لبناء مواد بروتينية:-

Nitrogenase

$$NH3 + (\text{glutamate}) \xrightarrow[\text{glutamic synthase}]{\text{Glutamine synthetase}} \text{amino acide} \xrightarrow{\text{Bio synthesis}} \text{Protein}$$

يتركب انزيم النيتروجينيز من نوعين من البروتينات . النوع الأول يحتوي على عنصر المولبيدنم M_0 والحديد Fe ويسمى (M_0.Fe) بروتين وهو الجزء الأكبر ،

اما البروتين الثاني فيطلق عليه Fe-protein ويمثل الجزء الأصغر من البروتين .

وتشـمل الاحيـاء المجهريـة المسـؤول عـن تثبيـت النتروجين الجوي أنواع عديدة أهمها :-

أولا: أحياء دقيقة حرة المعيشة

وتشمل ***Azotobacter*** وهي بكتريا هوائية كبيرة الحجم يتراوح طولها بين 5-7 ميكرون وعرضها بين 3-4 ميكرون .

جنس ***Klebsiella*** والتي تمتاز بالشكل العصوي

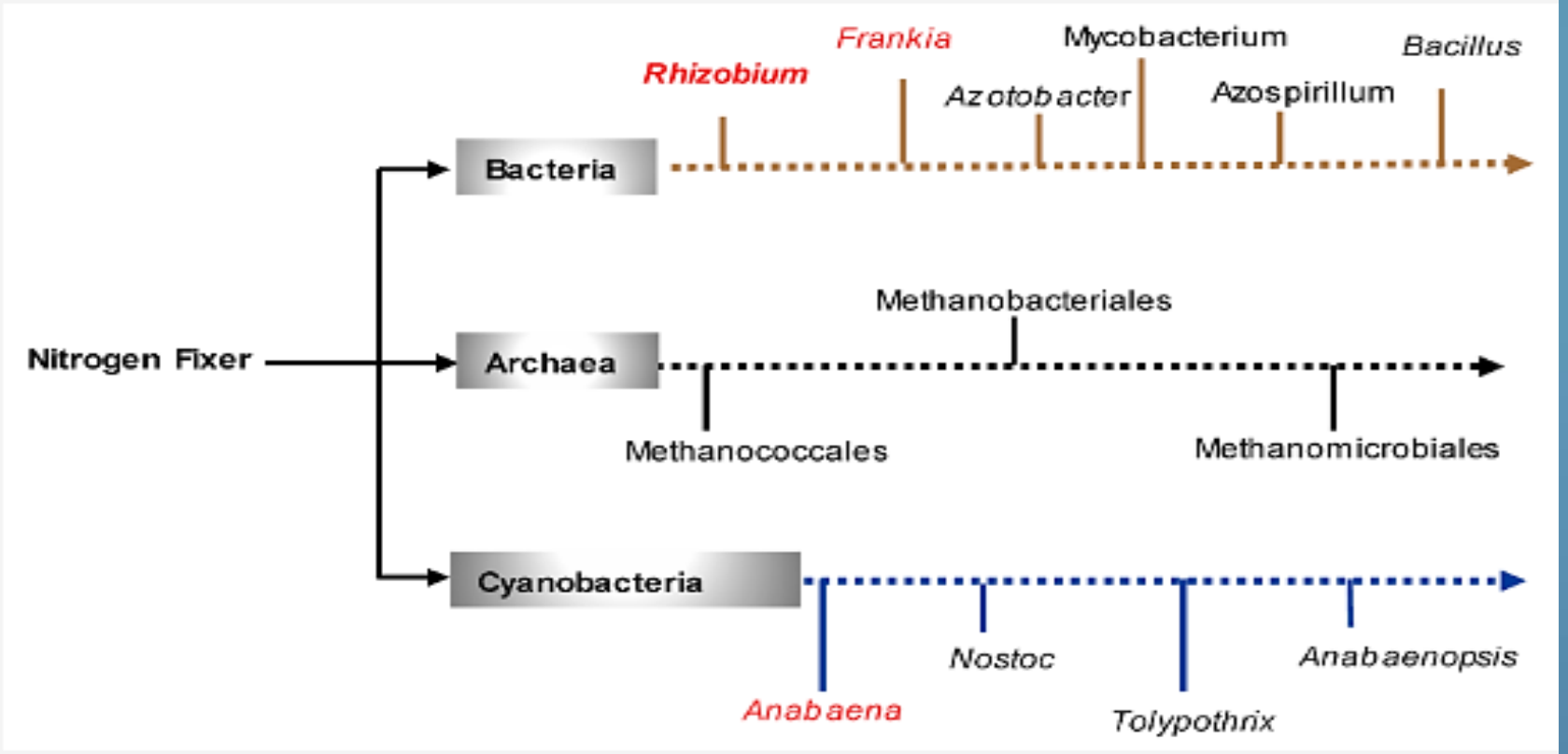
جنس ***Azospirillum*** والتي تمتاز بشكل حلزوني

أما أجناس البكتيريا اللاهوائية الاختيارية التي لها القدرة على تثبيت النيتروجين هي Nitrogenase و Bacillus و Entrobacter . أما أجناس البكتيريا اللاهوائية فتشمل Clostridium و Desulfovibrio، كما تستطيع الطحالب الخضر المزرقة مثل Nostoc و Anabaena تثبيت النتروجين الجوي

ثانيا : أحياء دقيقة تثبت النيتروجين تكافلياً مع كائن حي آخر: وتشمل أنواع عديدة من الأحياء الدقيقة منها :بكتيريا الرايزوبيوم Rhizobium حيث تستطيع تثبيت النيتروجين الجوي في العقد الجذرية لنباتات العائلة البقولية .وجنس Frankiaالذي يعود إلى الأكتينومايسيت والذي يستطيع تثبيت النيتروجين في العقد الجذرية لنباتات الكازورينا.

N-Fixation by Soil microorganisms

Figure 1. The three groups of nitrogen-fixing organisms including some main genera. In red: genera including symbiotic nitrogen-fixing species; in black: orders or genera (in italics) including free living nitrogen-fixing species.



ثانياً : التثبيت الكيميائي Haber-Bosch Process
(Ammonia Synthesis)

حصل Haber على جائز نوبل في هذخ الطريقة لتكوين الامونيا ، والتي تتضمن تفاعل النيتروجين الجوي N_2 مع الهيدروجين H_2 بوجود عوامل مساعدة catalyst وهو وجود مادة Fe3O4(magnetite) ودرجة حرارة تصل الى 1200oC وضغط يتراوح بين 200 الى 1000 atm. وفق التفاعل التالي:-

$$3H_2(g) + N_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$$

حيث ان النتروجين يمكن الحصول عليه من الجو ، اما مصدر الهيدروجين فهم اما الغاز الطبيعي او زيت الوقود Fuel oil او الفحم Ocal (وهي نواتج صناعة البترول)

ان الامونيا الناتجة من هذه العملية ممكن ان تستخدم في صناعة الأسمدة النيتروجينية ، اويمكن ان تتفاعل مع حامض النتريك او الكبريتيك او الفسفوريك لنكوين سماد نترات الامونيوم ، كبريتات الامونيوم ، فوسفات الامونيوم ، وزهي جميعها اسمدة مهمة زراعيا.

وتستخدم معظم الدول هذه الطريقة في صناعة سماد اليوريا وفق المعادلة التالية:-

$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow NH_2COONH_4$$

$$NH_2COONH_4 \longrightarrow NH_2COONH_2 + H_2O$$

(Urea)

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

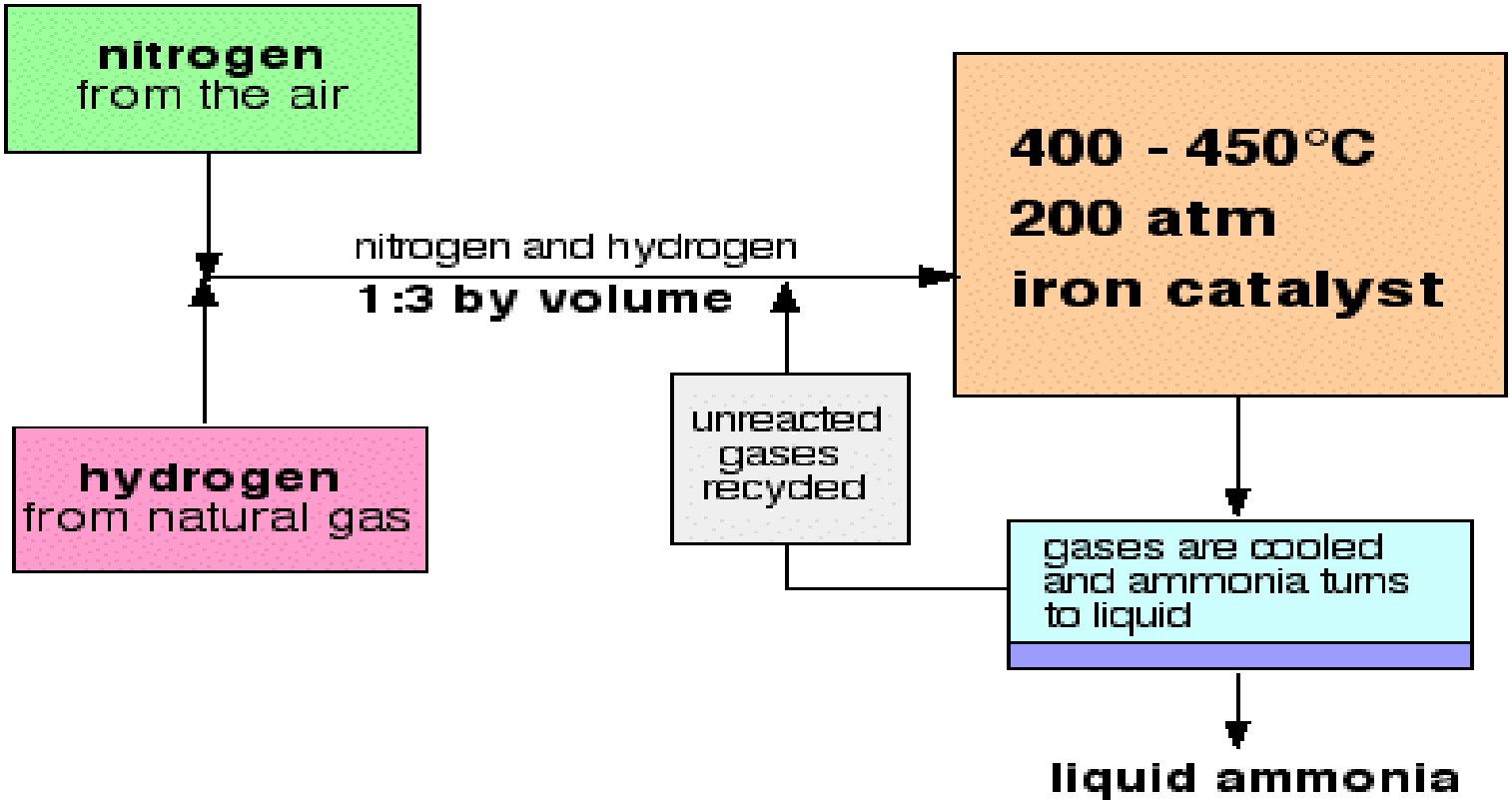


Figure 1: Scheme of the Haber Process

ثالثا: تثبيت النتروجين الجوي بواسطة البرق
(الشحنة الكهربائية)

يثبت النتروجين بهذه الطريقة بفعل البرق (اكسدة النتروجين) وتحويله الى غاز اول أوكسيد النتروجين ومن ثم الى غاز ثاني أوكسيد الكربون وبوجود المطر يتحول الى حامض النتريك وفق المعادلات التالية:-

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g)$$

$$3NO(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 3NO_2(g) + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO(g)$$

ANY
QUESTION?