



كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : تغذية ونمو

المحاضرة : الثالثة / نظري / د. مريم

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

٩

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

## مقرر التغذية والنمو

الأوساط المغذية للنبات الطبيعية أو الصناعية

(العناصر المعدنية)

Nutrient Natural medium or manufacture for plant

إعداد: د. ريم ابراهيم

قسم علم الحياة

كلية العلوم

العام الدراسي 2025-2026

## ((العناصر المعدنية))

### مصدر المواد المعدنية في التربة:

تنشأ جميع أنواع الأتربة من الصخور المتنوعة في الطبيعة والتي تتفتت وتتفكك بفعل عوامل المناخ إلى أجزاء متباينة في حجمها يتم تصنيفها كالتالي:

|               |                  |              |                 |
|---------------|------------------|--------------|-----------------|
| رمل خشن (2مم) | رمل دقيق (0.2مم) | طمي (0.02مم) | غضار (0.002 مم) |
| Larg sand     | Smal sand        | Silt         | Clay            |

وتختلف الأحجام السابقة باختلاف نوع التربة (الشكل 1)، ويؤثر ذلك على نوع التربة وجودتها وصفاتها وبالتالي على الأصناف النباتية التي تنمو فيها.

**مثال: الغضار:** تربة كثيفة تحتوي على جسيمات صغيرة جداً، وتحتفظ بكميات كبيرة من الماء ولكنها تفتقر للتهوية الجيدة وقد تكون مشبعة بالماء، يؤدي ذلك إلى نقص الاوكسجين في الجذور.

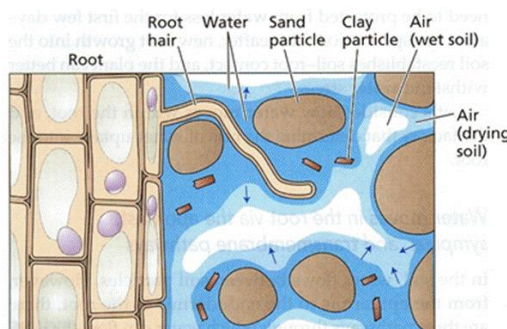
ولكن الغضار يمتلك قدرة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية بشكل جيد وذلك لأن مساحة سطح جزيئاته الصغير يسمح بترباط هذه العناصر بشكل قوي مع سطح الجزيئات المغذية.

**الطمي:** تربة تحتوي على جسيمات أكبر من الغضار وتوفر توازناً جيداً بين الاحتفاظ بالماء والتهوية، وتكون أكثر ملائمة لزراعة المحاصيل المتنوعة. وهو يحتوي على فراغات هوائية أكبر مقارنة بالغضار، ويحتفظ بالعناصر المعدنية ولكن بشكل أقل مقارنة بالغضار.

إن التغيرات في محتوى الغرويات من الغضار و الماء يؤدي إلى تغير في حجمها وبالتالي تشقق التربة عند جفافها ، وكذلك تعود خاصية لدانة التربة وتماسكها إلى الغضار الموجود فيها.

تكون شحنة الغضار سالبة غالباً عندما تلامس الماء وهذا يساعدها على تبادل الشوارد الموجبة مع بقية المكونات. مثلاً: إن وجود  $Ca^{++}$  يسمح بتكثف جزيئات الغضار على شكل ندف مركبة، تغلف تلك الندف دقائق التربة الأكبر حجماً منها وتساعد على الارتباط الوثيق مع الجزيئات العضوية الأخرى، وتتشكل بذلك حبيبات التربة التي تسمح بتهوية جيدة وتمكن التربة من الاحتفاظ بنسبة عالية من الماء.

بينما بوجود  $\text{Na}^+$  فإن القسم الأكبر من الغضار ينتشر، وتشكل دقائق صغيرة من حبيبات التربة وبالتالي تتغير خواص التربة وتميل إلى قلة التهوية. وأما الترب الحاوية كميات جيدة من  $\text{H}^+$  فتمتلك تركيباً حبيبياً جيداً، ولكنها أقل ثباتاً من الترب الكلسية.



الشكل 1: مكونات التربة الناتجة من تفكك الصخور وتأثيرها على امتصاص الماء

تستطيع النباتات أن تتركب مادتها العضوية بدءاً من عناصر معدنية بسيطة، وهي تختزن بعض العناصر المعدنية كذلك في مادتها الحية إلى جانب الماء والمادة العضوية.

إن التركيب الكيميائي للنبات على الرغم من تبدلاته فإنه يتصف بوجود نسبة عالية من الماء 60-90% من الوزن الغض (الطري) وقد تزيد عن ذلك أحياناً. أما المادة الجافة في النبات فهي تتكون من 95% مادة عضوية و5% عناصر معدنية.

بالتالي فإن العناصر المعدنية توجد في النباتات بنسب ضئيلة على الرغم من أهميتها الكبيرة لوظائف النبات كما سنرى لاحقاً. تحوي النباتات من حيث التركيب المعدني ما يقارب الثلاثين عنصراً، تتوزع بالشكل الآتي:

**العناصر الرئيسية الثلاثة التي تميز المركبات العضوية وهي C, O, H وتمثل 95% من وزن المادة الجافة.**

**العناصر الكبرى** Macroelements أو ما يسمى عناصر الوفرة أي العناصر الأساسية Essential elements : وتوجد في النبات بنسب جيدة أي ما يعادل  $10^{-3}$  إلى  $10^{-2}$  غرام لكل 1 غرام من المادة الجافة. ومن أهم هذه العناصر: N, P, K, Ca, Mg, S. ويضاف إليها في بعض الأحيان الصوديوم والسيليسيوم.

**العناصر الصغرى** Microelements أو عناصر الندرة Trace elements: توجد في النبات بنسب تصل من  $10^{-8}$  إلى  $10^{-6}$  لكل 1 غ من المادة الجافة ونذكر من أهمها: Fe, Mn, Mo, Ni, Cu, B, Zn, Cl.

## ● الدلائل التي تؤكد أن العناصر أساسية للنبات:

هناك دلائل تشير إلى أن هذا العنصر أساسي للنبات ويجب أن تأخذ جميعها بعين الاعتبار، وهي:

1. لا يستطيع النبات إتمام دورة حياته في حال نقص العنصر أو غيابه.
2. يجب أن يشفى النبات من أعراض النقص إذا تم إمداده بالعنصر المطلوب.
3. لا يمكن استبدال العنصر بعنصر آخر يحل محله في النبات.
4. يجب أن يدخل العنصر في تركيب عدة نباتات على الأقل.
5. يجب أن يكون للعنصر دوراً مهماً في تغذية النبات بحيث لا يقتصر دوره على إبطالسمية عنصر آخر أو التأثير على حموضة الوسط.

## ● العوامل المؤثرة على تبدلات التركيب الكيميائي للنسيج النباتي: تبدي النسيج النباتية بعض التبدلات في تركيبها المعدني وذلك بحسب:

1. **نوع النبات:** تبدي الأنواع النباتية ألفة لعنصر معدني ما أكثر من بقية العناصر، مثلاً نباتات الشمندر والبطاطا غنية بالبوتاسيوم بينما نباتات الفصيلة الصليبية غنية بالكبريت. كما توجد فروق بين نباتات النوع الواحد أحياناً بالنسبة للألفة لمعدن ما، مثلاً نباتات قمح الربيع تتميز عن قمح الشتاء بتركيبها المعدني وكذلك الشمندر السكري يختلف بتركيبه المعدني عن الشمندر الأحمر.
2. **عمر النبات ومرحلة النمو:** تكون البذور والنباتات الفتية غنية بالعناصر المعدنية وخاصة النادرة ويعود ذلك لمخزون البذور ولعملية الامتصاص الشديد التي تحدث في المراحل الأولى من النمو، وينقص تركيز العناصر المعدنية بازدياد عمر النبات، وتكون التبدلات المتعلقة بعمر النبات نوعية حيث يكون K وفيراً في النباتات الفتية بينما يزداد تركيز الكالسيوم والمغنيزيوم بازدياد عمر النبات.
3. **طبيعة العضو أو النسيج:** مثلاً تكون الدرنات النباتية غنية بعنصر البوتاسيوم بينما يكثر الفوسفور في الأنسجة الميرستيمية ولا يوجد الكالسيوم في هذه الأنسجة إلا بكميات قليلة.

## ● طرق تحديد العناصر المعدنية في النبات:

يتطلب تحديد التركيب المعدني للنسج النباتية القيام بتحليل هذه النسج بطرق مختلفة تمكنا من التعرف على التركيب المعدني الإجمالي للنبات وتحديد الفروق بين في التركيب المعدني بين الأعضاء النباتية المختلفة وفقاً للتبدلات التي تتعرض لها هذه الأعضاء أثناء مراحل النمو المختلفة. ومن الطرق التحليلية التي تعتمد لذلك نذكر:

1. **الترميد أو المعدنة بالطرق الجافة:** حيث تجفف النسج النباتية في الدرجة من 60 إلى 100م لمدة 48 ساعة ليتبخر منها الماء، وتبقى المادة الجافة التي تحوي بالقسم الأكبر منها على مواد عضوية. تحرق المادة الجافة على الدرجة

600م فتحترق المواد العضوية وينتشر CO2 ويتبقى الرماد؛ الذي يحوي العناصر المعدنية. ولا يقدم الرماد صورة تامة عن العناصر المعدنية، ذلك لأن بعضها يتصعد أو يتبخر أثناء الحرق مثل الآزوت والكبريت والكلور. مثلاً: يتفكك P2O5 في الدرجة 347م، وهنا تأتي أهمية استخدام الأفران التي تسمح بتحديد درجة الحرارة بشكل دقيق.

تختلف كمية الرماد في النسيج النباتية وتتراوح من جزء من الواحد إلى 15% من الوزن الجاف، حيث تحتوي الثمار والنسج الخشبية على أقل نسب قد تصل إلى 1%، بينما تصل في الأوراق إلى 10-15% وهي الأعلى نسباً بالنسبة لبقية أعضاء النبات.

2. **المعدنة بالطرق الرطبة:** تعد هذه العملية الأكثر انتشاراً وتعتمد على معاملة النباتات بمزيج من الحموض القوية مما يمكننا من الحصول على محلول من الأملاح، وتتم هذه العملية في درجات حرارة منخفضة 100م مثلاً وذلك مقارنة بالترميز بالطرق الجافة، واحتمال فقدان بعض المركبات ضئيل بهذه الطريقة. من أهم الحموض المستخدمة للمعدنة بالطرق الرطبة:

مزيج السلفو نتريك: يتكون من 30حجم من حمض الكبريت الكثيف H2SO4 و 100 حجم من حمض الآزوت HNO3.

مزيج نترو- بيروكلوريك: يحتوي 40حجم من حمض البيروليك CLO4H و 100 حجم من حمض الآزوت HNO3. يجب الحذر عند استخدام المزيج الثاني، لأنه بالرغم من سرعة استخدامه حيث لا تتطلب العملية أكثر من 10-20 دقيقة إلا أنه يحدث تفاعلات خطيرة بوجود الاجسام المرجعة، لذلك يجب العمل بكمية محددة من المزيج مع التأكد من عدم بقاء مواد عضوية في نهاية التجربة. كما أن تبخير البيروكلوريت الزائد يطلق شاردة CLO4- وهذه الأخيرة تعيق عمليات المعايرة. تستخدم المحاليل الملحية والأكاسيد التي يتم الحصول عليها بإحدى الطريقتين في عمليات التحليل باستخدام القياسات اللونية وقياسات الطيف.... وغيرها.

### 3. التشخيص الورقي:

تعتمد هذه الطريقة تحليل بعض الأوراق النباتية عوضاً عن النبات بأكمله، وذلك للتغلب على العوائق التي تعترض عمليات تحليل النسيج النباتية وذلك عندما نرغب بمتابعة نمو وتطور النباتات وخاصة النادرة منها أو التي تتطلب مدة زمنية طويلة لتنمو وتثمر، وهنا ينصح باستخدام الورقتين الأوليتين في أسفل الساق عند بعض الأنواع مثل البطاطا، أو الورقتين اللتين تتوضعان في قاعدة الساق المثمر مثل الكرمة.

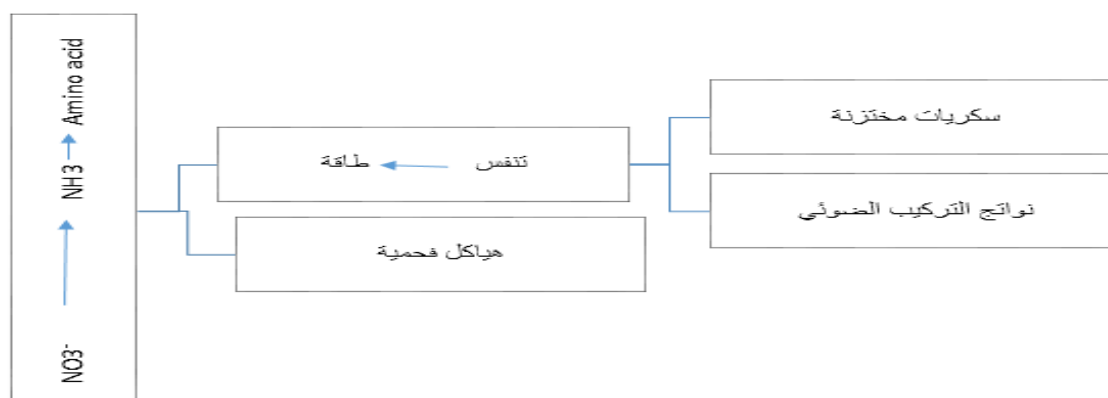
## ● الدور الفيزيولوجي لبعض عناصر الوفرة:

1. دور الآزوت: الآزوت هو أكثر العناصر وفرة بعد الكربون والهيدروجين والأوكسجين وتشكل المواد الحاوية على الآزوت من 5-30% من الوزن الجاف للنسج النباتية. يدخل الآزوت في تركيب الحموض الأمينية والبروتينات والحموض النووية والكلوروفيل وفي كثير من الهرمونات النباتية والفيتامينات والكوإنزيمات.

يأتي الآزوت الجاهز للنبات من أربعة مصادر وهي النترات والأمونيا وآزوت المركبات العضوية والآزوت الجوي. بالرغم من أن معظم النباتات تستطيع استعمال آزوت النترات فهناك أنواع عديدة تستطيع تمثيل الأمونيا وبعض أشكال الآزوت العضوية، أما استخدام الآزوت الجزيئي فيقتصر على مجموعة صغيرة مثل بعض أنواع البكتيريا والطحالب الزرقاء المخضرة cyanobacteria وبعض أنواع النباتات الراقية. أما آزوت المواد العضوية فيصبح جاهزاً للامتصاص بفعل الكائنات المفككة.

### آزوت الأمونيا والنترات:

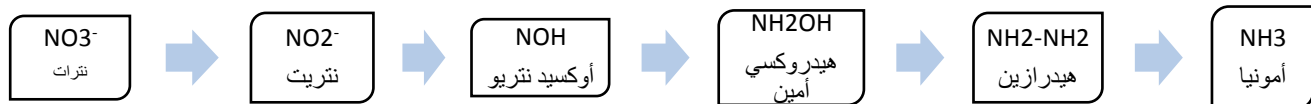
تمتص جذور النباتات الراقية الآزوت من التربة بشكل نترات  $\text{NO}_3^-$  وبعد ذلك ترجعه إلى أمونيا ومن ثم يدخل في تركيب المواد العضوية، ويتطلب هذا الإرجاع طاقة تأتي من التنفس وهكذا نجد العلاقة الوثيقة بين استقلاب السكريات وإرجاع النترات كما يوضح المخطط الآتي في الشكل 1: حيث تستهلك السكريات المختزنة أو الناتجة من التركيب الضوئي في عملية التنفس وينتج عن ذلك طاقة تستخدم في استقلاب الآزوت وإرجاعه إلى أمونيا ومن ثم استقلابها لتشكيل الحموض الأمينية. كما يمكن أن تكون الهياكل الفحمية مصدراً للنترات التي يثبتها النبات.



الشكل 1: العلاقة بين استقلاب السكريات وإرجاع الآزوت في النبات.

من خلال دراسة المخطط السابق نجد أن السكريات التي تنخفض نتيجة استقلابها في الظلام واستخدام نواتجها لإرجاع النترات، يمكن أن تعوض من خلال عملية التركيب الضوئي التي تجري في الضوء.

يمكن للآزوت أن يتواجد في حالات أكسدة تتراوح بين -3 و-5 وهذا ما يفسر قدرة بعض البكتيريا والنباتات على إرجاعه في أشكال مختلفة كما في المخطط التالي (الشكل 2):



الشكل 2: مراحل إرجاع شاردة النترات إلى أمونيا.

إن الأنزيم الذي يقوم بإرجاع النترات إلى نتريت هو نترات ريدوكتاز وهو يتوضع في السيتوبلازما وهذا الأنزيم يحوي عنصر الموليبيديوم في تركيبه. والأنزيم الذي يرجع النتريت إلى نترات هو نتريت ريدوكتاز وهو يتوضع في الصانعات الخضراء. ويلعب المنغنيز دوراً هاماً في تحويل المركبات الآزوتية الناتجة على بروتين.

### دور البكتيريا في تثبيت الآزوت:

تعمل بكتيريا التعفن Putrifying bacteria على تحويل الآزوت الجوي إلى نشادر، وتعمل بكتيريا النتروزوموناس Nitrosomonas والنتروكوكس Nitrococcus على تحويل آزوت المركبات العضوية إلى نتريت، ويتابع النتروباكتري Nitrobacter العملية إلى مرحلة النترات. وتوجد هذه البكتيريا المنتجة في التربة.

أما البكتيريا النازعة للآزوت Denitrifying تحرر الآزوت إلى الجو. وتحتاج إعادة تثبيته إلى بكتيريا خاصة تكون متعايشة مع بعض أنواع النباتات (بقوليات). ومن أمثلة البكتيريا المثبتة للآزوت الجوي:

البكتيريا المتعايشة مع جذور النباتات البقولية Rhizobium .

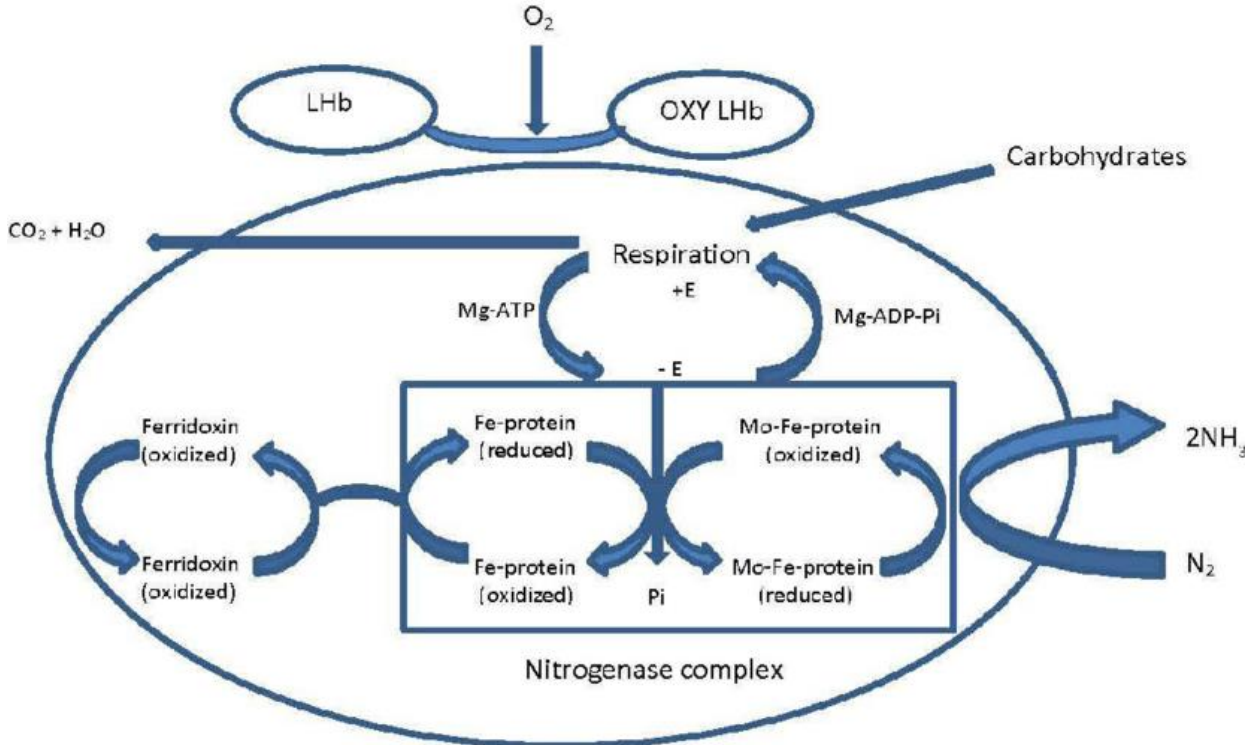
البكتيريا الهوائية التي تعيش حرة في التربة Azotobater.

الكبتيريا للاهوائية في التربة Closteridium.

بعض الطحالب الزرقاء المخضرة Anabena.

يتم تثبيت الآزوت الجوي في النبات بمساعدة العقد الجذرية الذي يمثل تعايش بين البكتيريا والمضيف (النبات)، وتنتج العقد الجذرية من دخول البكتيريا المتعايشة عبر خلية الوبرة الماصة ومن ثم تكاثرها في خلايا الوبرة ومن ثم خلايا القشرة وخلايا المحيط الدائر في نسيج الجذر، والنتيجة هو تشكل كتل ثلولية تسمى العقد الجذرية.

تقوم البكتيريا الكلوستيريديوم المتعايشة ضمن العقد الآزوتية بتثبيت الآزوت الجوي بواسطة معقد أنزيمي من أنزيم النتروجيناز ومركب الفروودوكسين الذي يحوي عنصري الموليبيديوم والحديد كما يوضح الرسم التخطيطي (الشكل 3).  
وقد أثبتت التجارب التي أجريت على مستخلصات بكتيريا الكلوستيريديوم أنها قادرة على تثبيت الآزوت الجوي بفضل احتوائها على جزمة أنزيم النتروجيناز ومركب الفروودوكسين، واللذين يقومان بنقل الإلكترونات من مادة قابلة للأكسدة إلى معقد أنزيم آزوت ويلخص إرجاع الآزوت بمايلي:  
تمر الإلكترونات والهيدروجين عبر الفروودوكسين أو غيره من العوامل المرجعة في سلسلة نقل الكتروني و حلقة كربيس في البكتيريا، وتأتي الطاقة اللازمة من ATP الناتجة عن الفسفرة التأكسدية.  
تستخدم ATP في نقل الإلكترونات من معقد بروتين- حديد عن طريق Mo-Fe في جزمة النتروجيناز.  
يقدم النبات السكريات التي تؤكسدها البكتيريا ضمن حلقة كربيس وتحولها إلى حموض كيتونية وهذه الأخيرة تدخل بالتفاعل مع  $NH_3$  وتشكل حموض أمينية، تنتقل إلى النبات.  
يتوسط النتروجيناز نقل الإلكترونات من الفروودوكسين إلى معقد حديد موليبيديوم- بروتين ليتم إرجاع الآزوت.



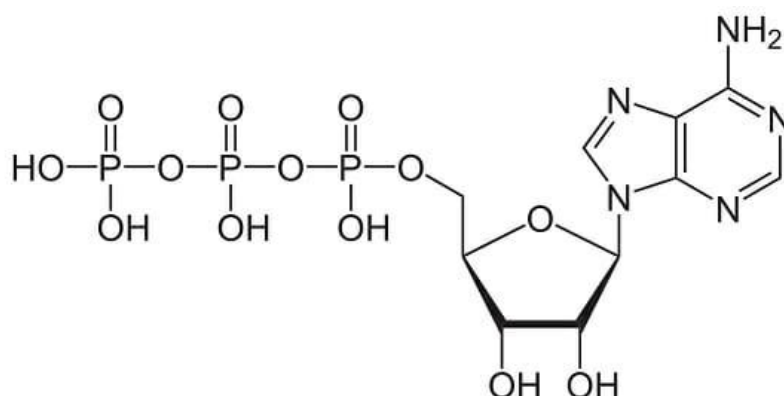
الشكل 3: دور البكتيريا المتعايشة في تثبيت الآزوت الجوي.

يؤدي حرمان النبات الفتي من الآزوت إلى عدم تركيب البروتينات النووية وتوقف النشاط الأنزيمي وخلل في تركيب البريميدينات والبيورينات (التي تدخل في تركيب الـ DNA, RNA)، وبالتالي يتوقف النشاط الميرستيمي ويؤدي ذلك إلى بقاء النبات بحالة قزامة.

أما في النباتات الكهله فإن غياب الآزوت يؤدي إلى تحلل البروتينات الموجودة في الأقسام المعمرة وبالتالي تحرك قسم من الأحماض الأمينية الناتجة نحو الأجزاء الفتية. كما يظهر أثر تخرب البروتينات على الصانعات الخضراء التي تتخرب ويتباطئ نتيجة لذلك التركيب الضوئي.

**تؤدي زيادة الآزوت إلى زيادة طول الأعضاء النباتية بشكل مبالغ فيه، ولا تكفي السكاكر المتوفرة في الوسط إلى بناء الغلف الهيكلية بالشكل المناسب.**

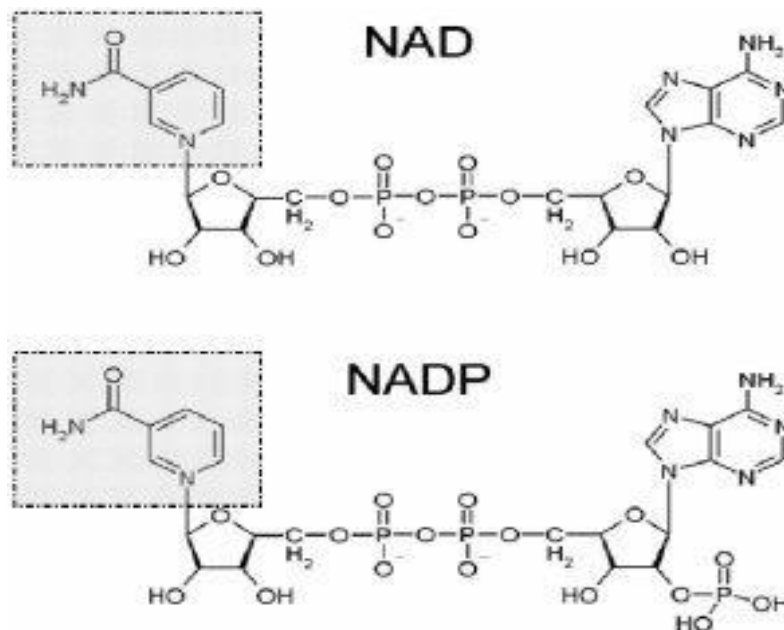
**دور الفوسفور:** يدخل الفوسفور في عدة أدوار في التفاعلات الاستقلابية، فهو يدخل في تركيب النكليوتيدات والبروتينات النووية، **ويدخل في تركيب ATP** على شكل جذور فوسفاتية غير مستقرة ويلعب بذلك دوراً بارزاً في نقل الطاقة عبر الخلية.



الشكل 4: بنية ATP الفراغية.

ويوجد أيضاً في مركب نيكوتين أميد أدنين ثنائي النكليوتيد NAD ويسمى أيضاً كوانزيم-I. يتحد الـ NAD مع الفوسفات ويتحول إلى نيكوتين أميد ثنائي نلكيوتيد مفسفر NADP ويسمى أيضاً كوانزيم-II.

إن وجوده في هذه المركبات يبين الأهمية الكبيرة لعنصر الفوسفور في عمليتي التركيب الضوئي والتنفس الخلوي، حيث تلعب المركبات ATP, NAD, NADP الدور الرئيسي في تفاعلات الأكسدة والإرجاع التي تجري في الميتاكوندريا والصانعات الخضراء بوجود أنزيم الديهدروجيناز.



الشكل 5: صيغة NAD و NADP

ويوجد P في الليبيدات المعقدة في الخلية كالفوسفو أمينو ليبيد التي توجد بكثرة في البذور، والفوسفور الذي يتحرر من ATP ينتبث على الغليكوز ويحوله من شكل لآخر ويساهم في فسفرته (غليكوز-1 فوسفات) ويوجد الفوسفور بكثرة في النسيج الميريستيمية، وهذا ما يجعله فعالاً في التنفس والتركيب الضوئي معاً.

يؤدي نقص عنصر الفوسفور في النبات إلى توقف التركيب البروتيني والسكري وتبقى النباتات قزمة وتهرم الأوراق بسرعة كما تبقى الثمار حامضية ورخوة.

### دور البوتاسيوم:

يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً في الانقسام الخلوي، إذ يوجد بكثرة في النسيج الميريستيمية وخاصة الأوراق والبراعم الحديثة النمو وقمم الجذور، بينما تكون نسبته منخفضة في الجذور والنسج الجافة، وتناسب سرعة الانقسام الخلوي مع زيادة تركيزه طردياً.

يوجد  $K^+$  في السيتوبلازما والفجوات وهو قليل التواجد في النواة والصانعات والأغشية، وله دور هام في عمليات التركيب العضوي (تحول الحموض الأمينية إلى عديدات ببتيد، وتحول السكريات البسيطة إلى سكريات متعددة)، ويرتبط مع البيروفات كيناز الضروري للتنفس واستقلاب السكريات ويضطرب معدل استقلاب السكريات في حال نقصه، وبالتالي يؤثر على التركيب الضوئي والتنفس.....؟؟؟؟؟؟.

ينشط البوتاسيوم بعض أنزيمات الكيناز وبالتالي يساهم في تشكيل واستخدام الفوسفات الغنية بالطاقة ويحسن التركيب الضوئي. والبوتاسيوم عامل مضاد للذبول لأنه يسهل انتفاخ الغرويات ويساهم في الحفاظ على بنية الخلية.

يؤدي نقصه إلى اصفرار مبقع يتبعه مساحات محترقة على قمم وحواف الأوراق، وتظهر أعراضه في البداية على الأوراق القديمة...؟ حيث يعد من العناصر النقلة في النبات فعندما ينقص في الأجزاء الفتية ينتقل من الأجزاء القديمة إلى الحديثة. وقد يسبب عند بعض النباتات انحناء الأوراق للأعلى مثل الفاصولياء والبطاطا، وتصبح النباتات قزمة والمسافات العقدية فيها قصيرة جداً. ويؤدي حرمان النبات منه إلى تشوه في اختزان المدخرات (الدرنات).

### دور الكالسيوم:

يتجمع الكالسيوم في الصفيحة المتوسطة للجدر الخلوية على شكل بكتات الكالسيوم وبالتالي يساهم في دعمها. ويوجد في كثير من النباتات على شكل حمضات الكالسيوم أو بشكل فحمات الكالسيوم وله أشكال بلورية مختلفة، أو يتحد مع الحموض العضوية ليكون املاحاً وقد يتحد مع البروتينات.

توجد  $Ca^{++}$  في عصارة النباتات وهو ضروري لاستمرار نمو القمم النباتية، وفي غياب الكالسيوم يضطرب الانقسام الخلوي ويتباطأ وقد يتوقف. وذلك لأن نقص الكالسيوم يمكن أن يؤثر على تشكيل مغزل الانقسام ويؤثر على تركيب الصبغيات وعلى ثباتها. وللكالسيوم دور في استقلاب الآزوت. وينشط عدداً من الأنزيمات ومنها فوسفو ليباز وأنزيم أرجينين كيناز وأنزيم أدينيل سيكلاز.

يقلل الكالسيوم من نفوذية الغشاء الخلوي ويحد من امتصاص العديد من الشوارد ومنها الحديد، ويحد من امتصاص الماء ويزيد التعرق وبالتالي فهو يعد عاملاً للذبول.

### دور المغنيزيوم:

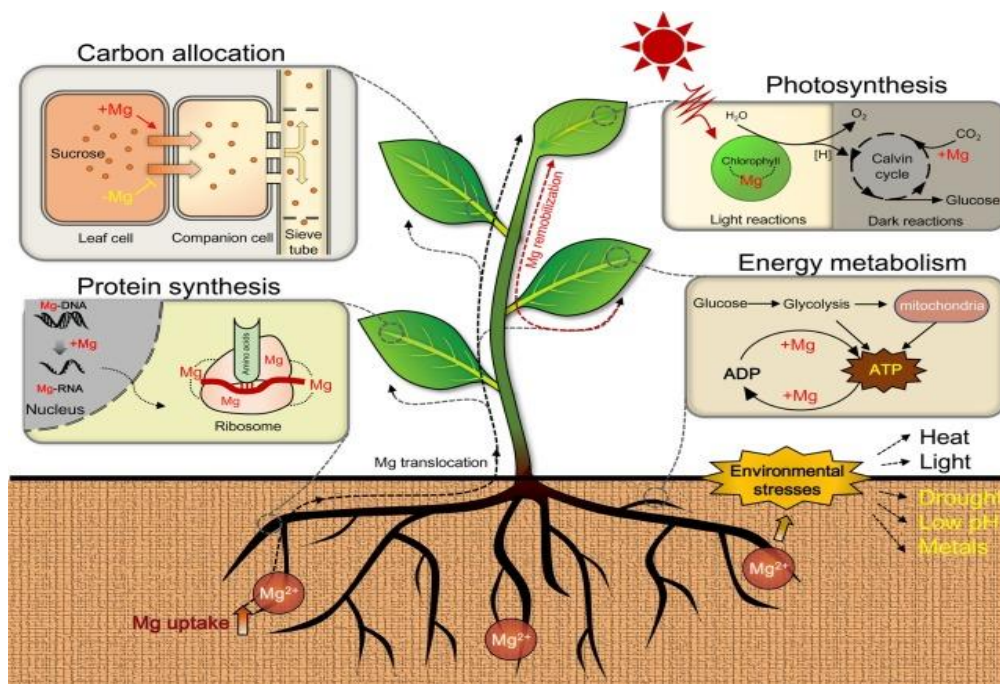
يوجد المغنيزيوم في التربة بشكل أملاح سيليكات المغنيزيوم وهو غير جاهز للنبات وأما الأملاح الجاهزة للنبات فهي الماغنيزيت  $MgCO_3$  و الألوفاين  $(MgFe)_2SiO_4$  والدولوميت  $MgCO_3.CaCO_3$ .

يلعب المغنيزيوم دوراً عدة في النبات (الشكل 7) من أهمها:

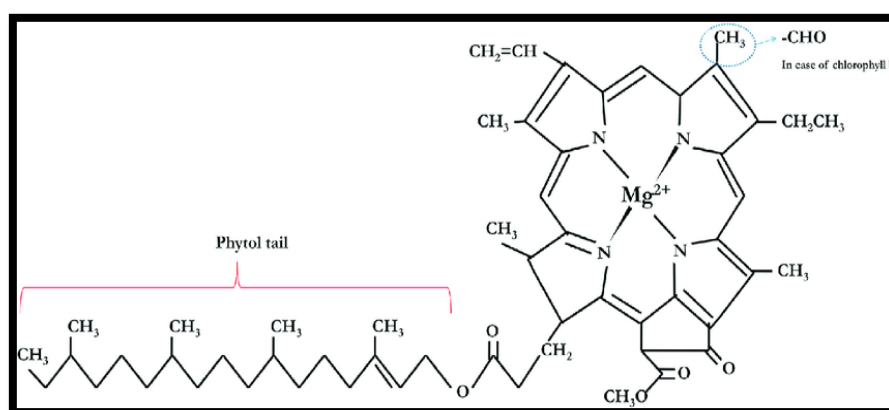
تنشيط الريبوزومات من خلال ربط الوحدتين الصغيرة والكبيرة معاً وبالتالي له دور غير مباشر في عملية تركيب البروتين.

ربط الأنزيم ومادة التفاعل كما هو الحال في نقل الفوسفات من ATP وبالتالي له دور في استقلاب الطاقة.

يلعب دوراً هاماً في التفاعلات الأنزيمية وخاصة التي تتوسطها الكيناز، فهو ينشط العديد من الأنزيمات التي تستقلب السكريات مثل: بيروفات كيناز، غليكوكيناز .. الخ.  
يدخل في البنية الجزيئية لليخضور بنوعيه Clorophyll a , b (الشكل 7) أي له دور هام في التركيب الضوئي.



الشكل 6: دور Mg في النبات.



الشكل 7: بنية جزيئة اليخضور بنوعيه (Clorophylla and Clorophyll b).

يوجد القسم الأكبر من المغنيزيوم في الأوراق الخضراء، كما تكون البذور غنية به، وتظهر أعراض نقصه في اصفرار الأوراق أو تلونها بالأرجواني عند بعض الأنواع النباتية، وهو ينتقل في النبات من الأعضاء المسنة إلى الأعضاء الحديثة.

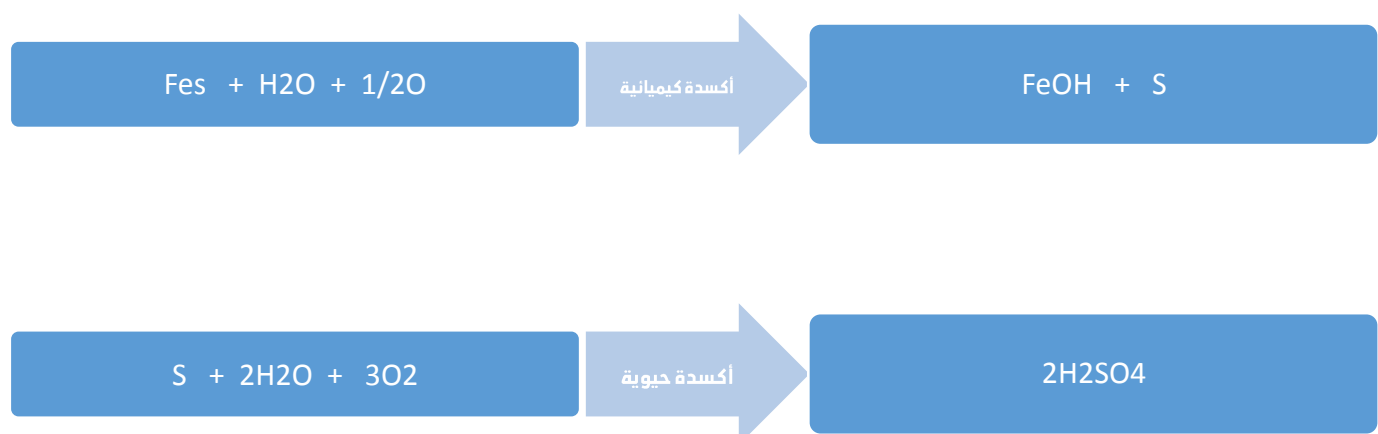
### دور الكبريت:

يدخل الكبريت في تركيب بعض الحموض الأمينية مثل السيستين وميتونين وتحتوي البروتينات النباتية منه 0.3-2.4 % . كما يشكل بعض الفيتامينات في النبات مثل الثيامين والبيوتين، ويوجد في بعض الزيوت الطيارة مثل زيت الخردل ويوجد في البصل والثوم ويعطيها الرائحة المميزة.

يدخل في تركيب الثمار والبذور لأنه يرجع بعد دخوله النبات إلى الجذر -SH ويدخل في تركيب المواد العضوية، كما يتحول في النبات إلى كبريتات وينتقل على هذا الشكل ويدخل أيضا في تركيب المواد العضوية ضمن الأجزاء النباتية(ثمار، بذور).

ينتج عن نقصه تجمع الحموض الأمينية والبروتينات في النبات وينخفض معدل استقلابها ويظهر النبات شاحبا في معظم أجزائه.

ويوجد في التربة بشكل رئيسي في المواد العضوية كما قد يوجد في بعض المركبات المعدنية مثل البيريت والكوبالتيت والجبس. ويمكن ان يوجد بشكل  $SO_4^{2-}$  ويتأكسد بفعل بعض الأحياء الدقيقة وفقا لمايلي:



يقوم بالأكسدة الحيوية Sulfur bacteria، وتتم كذلك أكسدة البيريت  $FeS_2$  ويتشكل حمض الكبريت، كما يصل الكبريت إلى التربة ومن ثم النبات من الجو حيث يوجد على شكل غاز  $SO_2$  المنطلق من المصانع والذي يشكل المطر الحامضي.

## الدور الفيزيولوجي لبعض عناصر الندرة :Trace elements

1- **دور الحديد:** يعد من العناصر الضرورية جداً لعمليات الأكسدة والإرجاع الخلوية؛ حيث يدخل في تركيب العديد من الانزيمات (الكاتالاز والبيروكسيداز والسيتوكروم اوكسيداز) وجميعها تستخدم الخاصية التكافؤية للحديد لنقل الالكترونات ( تحول الحديد من التكافؤ الثنائي إلى الثلاثي وبالعكس).

الشكل الفيزيولوجي الفعال للحديد في النبات هو الحديد الثنائي  $Fe^{++}$  وهو أقل العناصر انتقالاً في النبات. وفي حال نقصه في النبات تصاب النباتات بالشحوب الحديدي، وفيه تظهر الأوراق أقرب للأبيض من الأصفر، وذلك ان الحديد يساهم في تركيب البنى البروتينية للصناعات عندما يدخل في بناء الأنزيمات التي تتوسط ذلك. كما أن الأجزاء النباتية التي تتأثر بنقص الحديد هي الأوراق الفتية وليست المعمرة.

2- **دور النحاس:** يدخل النحاس في تركيب العديد من الأنزيمات وذلك لقدرته على تغيير تكافؤه بين الأحادي والثنائي. ويدخل في تركيب مساعدات الأنزيمات وخاصة الأوكسيداز الفينولية المتعددة التي تؤدي إلى اسمرار النسيج النباتية المتضررة، وكذلك في تركيب أنزيم اللاكاز المؤكسدة لمركب lacaol وثنائيات الفينول لتشكل مركب اللاك الأسود (المركبات الفينولية تسبب اسمرار النسيج النباتية المعطوبة).

يسبب نقصه موت القمم النامية في بعض الأنواع النباتية مثل الحمضيات أو اصفرار الأوراق الحديثة النمو عند النجيليات (قمح...)

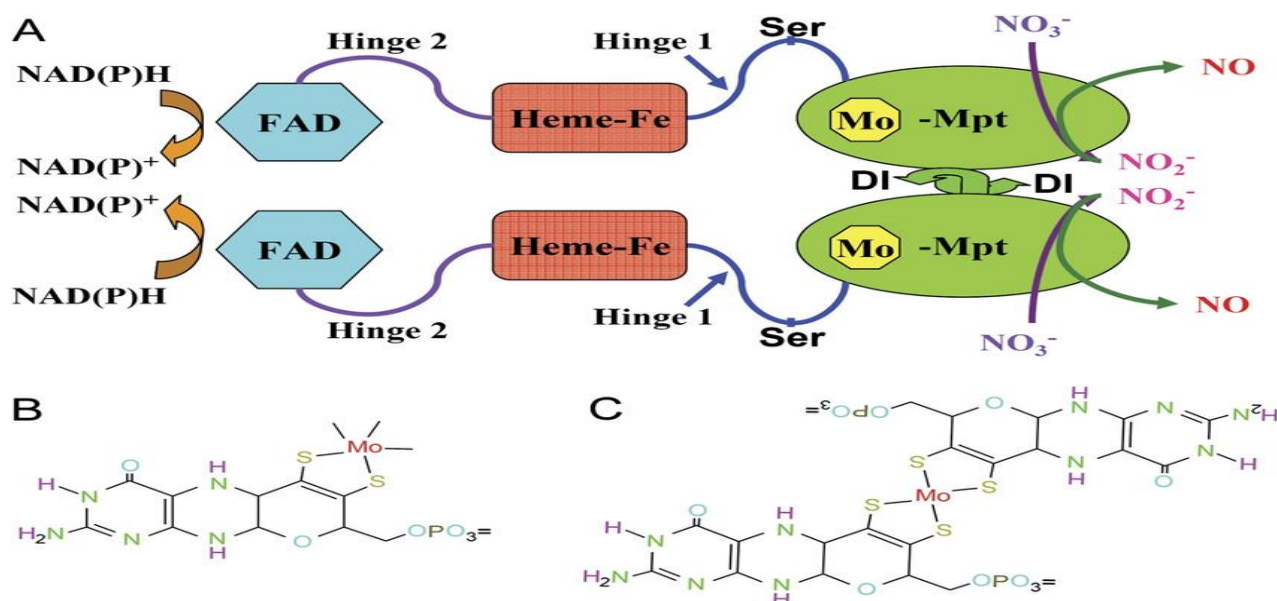
3- **دور الموليبدنوم:** يوجد في التربة بثلاثة أشكال الأول منحل كشوارد في التربة  $MoO_4^-$  أو  $HMoO_4^-$  والثاني مدمص على دقائق التربة بشكل قابل للتبادل والثالث يدخل في مكونات معادن التربة والمواد العضوية. وهو قابل للانحلال بالماء وتزداد قدرة النبات على امتصاصه كلما زادت قيمة PH التربة. وأما أكاسيده الثلاثية أو الخماسية أو السداسية لا يمكن للنبات الاستفادة منها.

يعد Mo من العناصر السامة للنبات إذا وجد بتركيز مرتفعة، ومن أدواره في النبات إرجاع النترات لأنه يدخل بتركيب أنزيم Nitrate reductase ويلعب دور حامل للالكترونات من  $NADH_2$  إلى  $NO_3^-$ :



تتجمع شوارد النترات  $NO_3^-$  في النباتات المحرومة من الموليبدنوم وعند إضافة  $NO_2^-$  أو شوارد الأمونيوم  $NH_3^+$  يزول أثر تجمع شاردة النترات في النبات.

يعود الدور الأهم لأنزيم الريدوكتاز في إغناء النباتات بالآزوت كما يشير المخطط في الشكل 8 :



الشكل 8: آلية عمل أنزيم الريدوكتاز نترات ودورها في إرجاع النترات. (الريدوكتاز : عبارة عن مولبيد وفلافو بروتين).

4- **دور المنغنيز:** يوجد في التربة جيدة التهوية بشكل شاردة ثنائية منحلة او مدمصة على الغرويات والشكلين جاهزين للنبات، أو يكون في التربة قليلة التهوية بشكل شاردة ثلاثية أو رباعية غير جاهزة للنبات. أملاحه سامة إذا كانت تراكيزه مرتفعة.

يحتاجه النبات بكميات محدودة يدخل في عمليات نزع الهيدروجين في حلقة كريبس في مستوى حمض الليمون والأنزيمات التي يدخل في تركيبها: نترت ريدوكتاز، ببتيدياز، دي كاربوكسيلاز، ديهيدروجيناز كما ينشط المنغنيز الأوكسيداز الذي يحطم AIA، نقصه يسبب إصابة النبات بأمراض جرثومية نتيجة نقص مقاومته، ويظهر على شكل تبقع في الأوراق.

5- **دور التوتياء:** هو عنصر شديد السمية إلا إذا وجد بكميات قليلة جداً وهو ضروري للنبات حيث يساهم في تشكيل هرمون IAA (حمض الاندول الخلي) ضروري لتشكيل الأوكسين ويدخل في تركيب أنزيمات الديهدروجيناز ويتوسط مع الـ NAD التفاعل:



ويسبب نقصه تشوهاً في قمم الجذور ولا تتكون البذور، ويتراجع النمو وتكون الأشجار قصيرة والمجموع الجذري متراجع والثمار مشوهة.

6- **دور البور:** هو عنصر غير نقال في النبات ويحتاجه النبات بتركيز اقل من جزء بالمليون. له دور هام في هجرة واستقلاب السكاكر حيث يشكل مع السكريات معقدات تتحرك عبر الأغشية بسهولة. يشكل حمض الفينيل بوريك الذي يبذل النفوذية الاصطفائية للأغشية ويساهم في هجرة وامتصاص الكالسيوم. نقصه يؤثر على الميريستيم والبراعم الفتية والبرانشيم الادخاري، من أهم عوارض نقصه عند الشوندر التفسخ الذي يصيب الثمار بسبب إصابتها بأحد أنواع الفطور الزقية نتيجة حرمانها من عنصر البور.

7- **دور الكلور والكوبالت:** يؤثر الكلور في مستوى نزع الالكترونات من قبل اليخضور أثناء انشطار الماء في التركيب الضوئي. يؤثر نقصه على نمو الجذور والأوراق. أما الكوبالت فهو مكون أساسي في الفيتامين B12 وهو ضروري لنمو بعض البقوليات.



مكتبة  
A to Z