படலம் 12
கனிமவுணவூட்டம்

(நாள்: திசம்பர் 14, 2025
நேரம்: காலை 10:00 மணி - தமிழ்நாடு)

ப. இரத்தனசாமி

அலகு 4
தாவர உடற்செயலியல் – PLANT PHYSIOLOGY

பாடம் 11.	தாவரங்களில் கடத்தல்	- Transport in Plants
பாடம் 12.	கனிமவுணவூட்டம்	- Mineral Nutrition
பாடம் 13.	உயர்தாவரங்களில் ஒளிச்சேர்க்கை	- Photosynthesis in Higher Plants
பாடம் 14.	தாவரங்களில் மூச்சு	- Respiration in Plants
பாடம் 15.	தாவரவளர்ச்சியும் வளராக்கமும்	- Plant Growth and Development

இப்படலமுன்னோட்டம்

நாம் அறிந்தது: எல்லா வாழுயிரிகளின் வளர்ச்சிக்கும் வளராக்கத்துக்குமான அடிப்படைத்தேவைகள்

- **பெரு மூலக்கூறுகள்**
    - சக்கரேட்டுகள்
    - புரதங்கள்
    - கொழுப்புகள்
- **நீரும் கனிமங்களும்**

இப்படலத்தில் கற்கவிருப்பது:

- தாவரங்களின் கனிம ஊட்டத்தேவைகள்
- வளர்ச்சிக்கும் வளராக்கத்துக்கும் தேவையான -
    - தனிமங்களை அறியும் முறைகள்
    - அவற்றின் அவசியத்தை நிலைநாட்டும் முடிவளவைகள்
- அவசியத்தனிமங்களின் பங்கு
    - அவற்றின் குறைபாடுகளால் ஏற்படும் முக்கிய அறிகுறிகள்
    - அவற்றை உட்கவரும் இயங்குமுறைகள்
    - நுண்ணூட்டங்களின் நச்சுமை
- உயிரியலில் நைற்றச இருப்பித்தலின்
    - முக்கியத்துவம்
    - இயங்குமுறை

படலம் 12ல் கற்கவிருப்பது

12.1 தாவரங்களின் கனிமத்தேவைகளை அறியும் முறைகள்

12.2 அவசியமான கனிமத்தனிமங்கள்

12.3 தனிமங்களை உட்கவரும் இயங்குமுறை

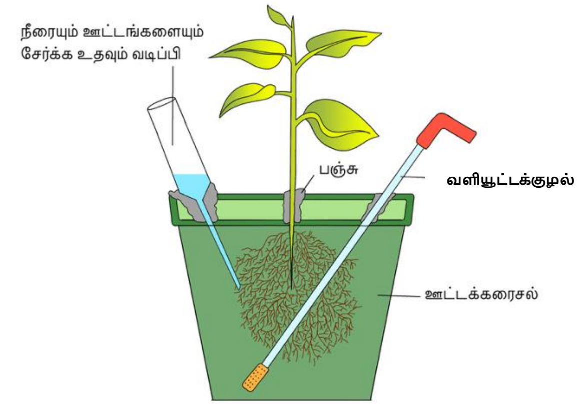
12.4 கரைபொருள்களின் (Solutes) இடமாற்றல்

12.5 அவசியத்தனிமங்களின் தேக்ககமாக மண்

12.6 நைற்றசனின் வளர்சிதைமாற்றம்

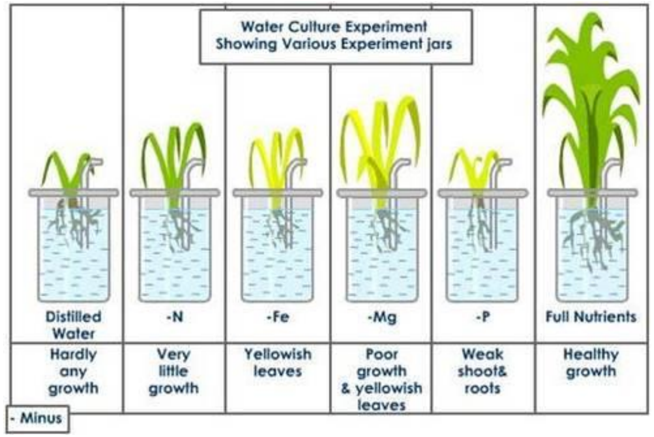
12.1 தாவரங்களின் கனிமத்தேவைகளை அறியும் முறைகள்

- **மண் இல்லாமலே குறிப்பிட்ட ஊட்டக்கரைசலில் தாவரம் வளர்ந்து முதிரலாம்** - 1860இல் இதைக் கண்டுபிடித்தவர் - **இயூலியசு வான்சேக்கசு** (Julius von Sachs) - **செருமனிய தாவரவியலர்**
  - அப்போதிருந்து, **தாவரங்களுக்குத்தேவையான கனிம ஊட்டங்களை தீர்மானிக்க** பல மேம்படுத்தப்பட்ட முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன
  - **இந்த முறைகளின் சாரம்:** மண்ணில்லாமல் குறிப்பிட்ட கனிமக்கரைசலில் தாவரங்களை வளர்ப்பது
    - ஊட்டக்கரைசலில் தாவரங்களை வளர்க்கும் செய்நுட்பம், **நீர்வேளாண்மை** (hydroponics) எனப்படும்
  - இந்த முறைகளுக்கு **தூய்மையான நீரும், கனிமவூட்ட உப்புகளும் தேவை**



ஊட்டக்கரைசலில் வளர்ப்புக்கான வழக்கமான அமைப்பு

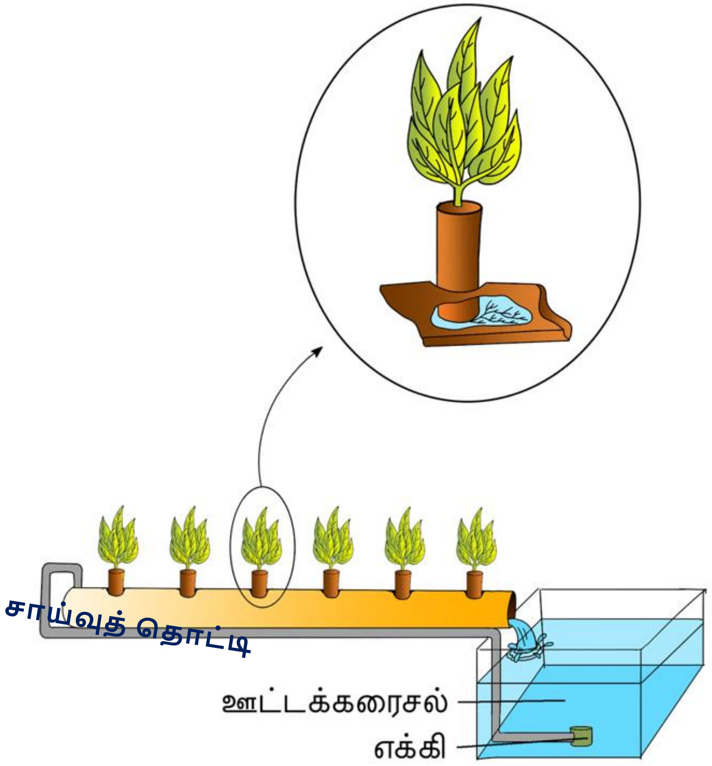
- **தாவர வளர்ச்சிக்கு பொருத்தமான கனிமக் கரைசலை அறிதல்:**
  - ஒரு பரிசோதனைத்தொடரில், தாவரங்களின் **வேர்களை ஊட்டக்கரைசலில் மூழ்க்கி,** அதில் **குறிப்பிட்ட தனிமத்தை சேர்த்தும்– நீக்கியும்-, செறிவை மாற்றியும்** பரிசோதிக்கலாம்
    - இந்த முறையால்,
      - அவசியத்தனிமங்கள் எவை –
      - அவற்றின் குறைபாட்டால் ஏற்படும் அறிகுறிகள் யாவை - என்றும் கண்டுபிடிக்கலாம்



12.1 தாவரங்களின் கனிமத்தேவைகளை அறியும் முறைகள் ...

- **நீர்வேளாண்மை** தக்காளி, விதையில்லா வெள்ளரி, சுருட்கோசு போன்ற காய்கறிகளை வணிகநோக்கில் உற்பத்தி செய்ய வெற்றிகரமாக பயன்படுகிறது

- **உகம வளர்ச்சியை** (optimum growth0 **பெற, ஊட்டக்கரைசல்களை போதுமான அளவு வளியூட்டவேண்டும்**
  - கரைசல்களில் போதுமான வளியூட்டம் எதனால் தேவை?
    - மூச்சுவிட தேவைப்படும் **ஆக்குசிசன்** அதனால்தான் வேர்களுக்குக் கிடைக்கும்
    - அதன்மூலந்தான் உணவையும் நீரையும் அவை உறிஞ்ச முடியும்



நீர்வேளாண்மையால் தாவரவுற்பத்தி

12.2 அவசியமான கனிமத்தனிமங்கள்

- மண்ணிலுள்ள பெரும்பான்மையான தனிமங்கள், **வேர்களின் வழியாக, தாவரங்களுக்குள் நுழைகின்றன**
- இதுவரை **கண்டுபிடிக்கப்பட்ட 105 தனிமங்களில் - அறுபதுக்கும் மேற்பட்டவை -** தாவரங்களில் உள்ளன
- **சில** தாவர இனங்கள் **செலினியத்தையும்-** வேறு சில **தங்கத்தையும்-** தம்முள் **திரட்டுகின்றன**
- அணுச்சோதனை நிகழும் தளங்களுக்கு அருகில் வளரும் சில தாவரங்கள், **கதிரியக்கமுள்ள துரோன்சியத்தை (strontium)** உள்ளெடுக்கின்றன
- **மிகக் குறைந்த (10^{-8} g/mL) செறிவிலுள்ள** கனிமங்களையும் கண்டறியக்கூடிய செய்நுட்பங்கள் உள்ளன

கேள்வி:

- ஒரு தாவரத்தில் இருக்கும் பல்வேறு கனிமங்கள், சான்றாக - மேல் குறிப்பிட்ட **தங்கம், செலினியம்** போன்றவை, **தாவரங்களுக்கு அவசியமா?**
- தாவரங்களுக்கு எது **அவசியத்தேவை**, எது **தேவையில்லை என்பதை எவ்வாறு தீர்மானிப்பது?**

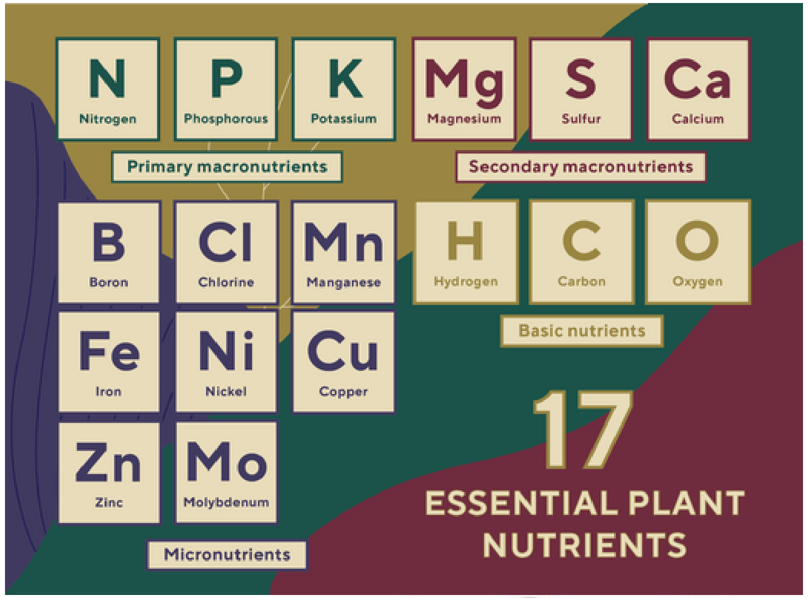
12.2.1 அவசியத்தின் முடிவளவைகள் (Criteria for Essentiality)

ஒரு தனிமம் அவசியமாக தேவைப்படுவதை **எந்த முடிவளவைகளால் தீர்மானிக்கலாம்?**

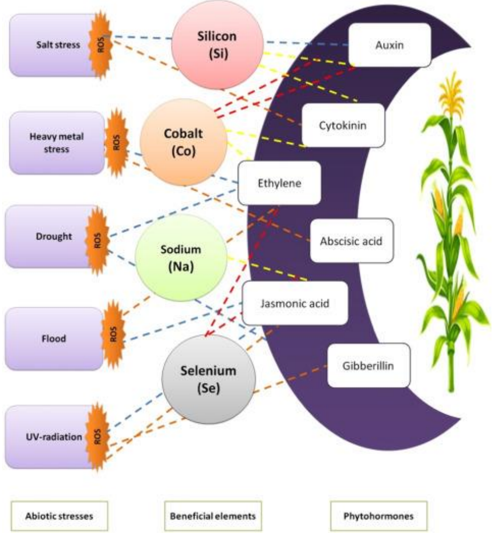
- (அ) அத்தனிமம், **இயல்பான வளர்ச்சியையும் இனப்பெருக்கத்தையும்** ஆதரிக்க முற்றிலும் அவசியமாகவேண்டும்
  - அதாவது, தனிமம் இல்லாதபோது தாவரங்கள் தங்கள் வாழ்க்கைச்சுழற்சியை நிறைவு செய்யவோ விதையிடவோ இயலாது
- (ஆ) தனிமத்தின் **தேவை குறிப்புமமாகவும், மற்றொரு தனிமத்தால் நிறைசெய்ய இயலாததாகவும்** இருக்கவேண்டும்
  - வேறுவிதமாகச் சொன்னால், அவசியமான தனிமம் குறைவதை வேறொரு தனிமத்தை வழங்குவதன்மூலம் ஈடுசெய்யவியலாது
- (இ) அவசியமான தனிமம் **தாவரத்தின் வளர்சிதை மாற்றத்தில், நேரடியாக ஈடுபடவேண்டும்**

12.2.1 அவசியத்தின் முடிவளவைகள்...
(Criteria for Essentiality)

தாவர வளர்ச்சிக்கும் வளர்சிதைமாற்றத்துக்கும், முற்றிலும் அவசியமான தனிமங்கள்:

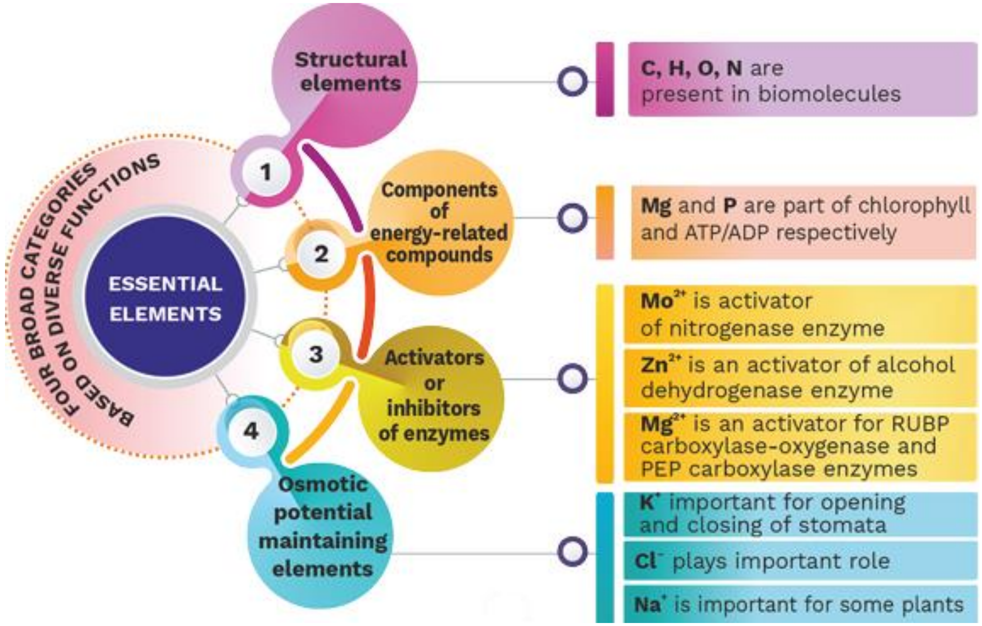


- அளவியத்தேவைகளின் அடிப்படையில், தனிமங்களை மேலும் இரண்டு பரந்த வகைகளாக பிரிக்கிறோம்
  - **(i) பருமவூட்டங்கள் (Macronutrients)** **(ii) நுண்ணூட்டங்கள் (Micronutrients)**
- **பருமவூட்டங்கள்:** பொதுவாக, தாவரத்திசுக்களில் பெரிய அளவில் உள்ளவை - (உலர்ந்த பொருளில் **10 mmole Kg^{-1}க்கு மேலாக**)
  - கரிமம், ஐதரசன், ஆக்குசிசன், நைற்றசன், பாசுபரசு, கந்தகம், பொட்டாசியம், கால்சியம், மெகுனீசியம் ஆகியவை பருமவூட்டங்களில் அடங்குகின்றன
  - இவற்றுள் கரிமம், ஐதரசன், ஆக்குசிசன் ஆகியவை **முதன்மையாக CO_2இலிருந்தும் H_2Oஇலிருந்தும்** கிடைக்கின்றன - மற்றவை **மண்ணிலிருந்து கனிமவூட்டங்களாக** உட்கவரப்படுகின்றன
- **நுண்ணூட்டங்கள்: சிற்றளவுத்தனிமங்கள்** (trace elements) எனப்படும் - மிகச்சிறிய அளவில் தேவைப்படுபவை - (உலர்ந்த பொருளில் **10 mmole Kg^{-1}க்கு குறைவாக**)
  - இரும்பு, மாங்கனீசு, தாமிரம், மாலிபிடினம், துத்தநாகம், போரான், குளோரின், நிக்கல் ஆகியவை இதில் அடங்குகின்றன
- மேல் குறிப்பிட்ட **17 அவசியத்தனிமங்களைத்தவிர, சோடியம், சிலிக்கான், கோபாற்று, செலினியம்** போன்ற சில பயனுள்ள தனிமங்களும் **உயர்தாவரங்களுக்கு** தேவைப்படுகின்றன



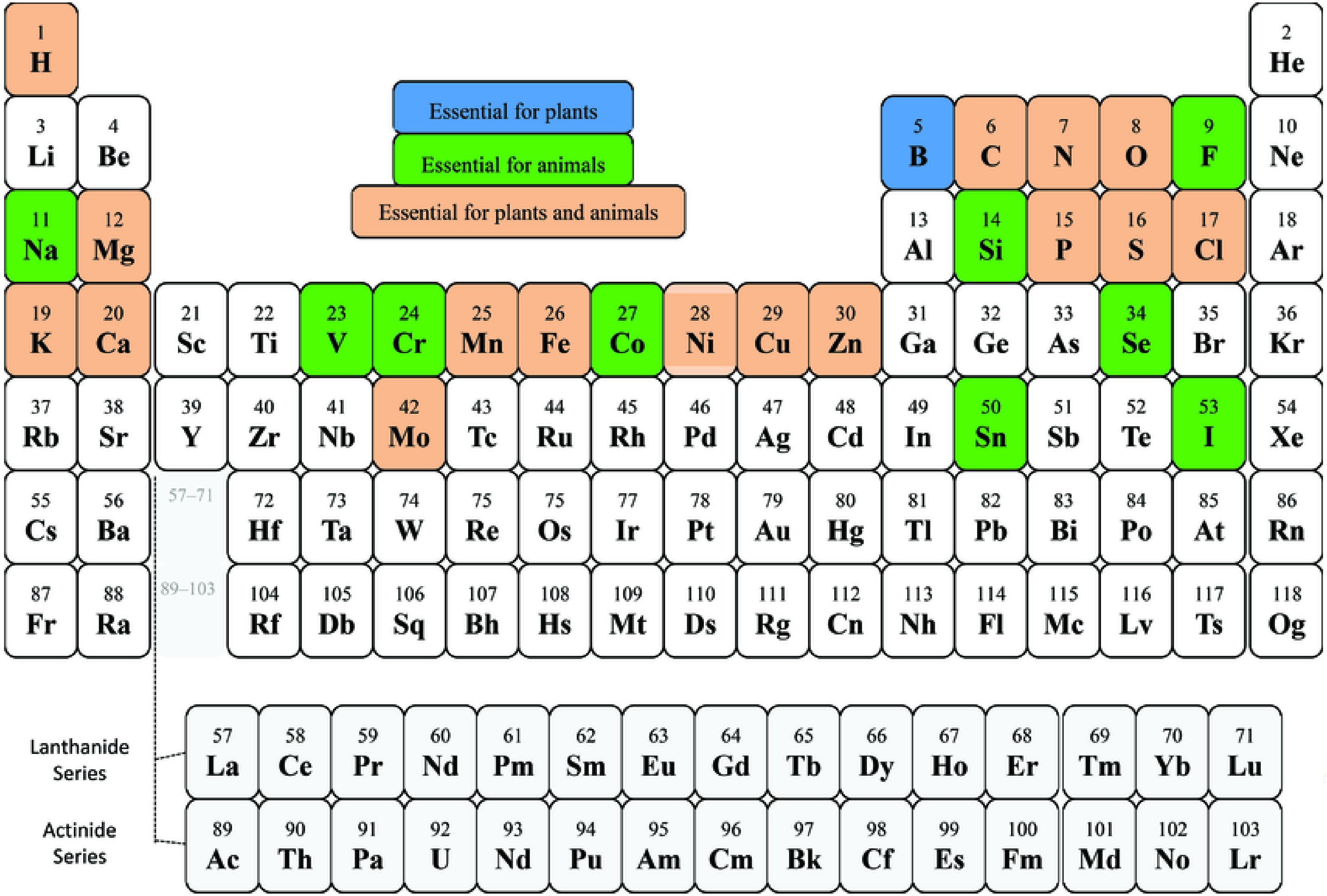
12.2.1 அவசியத்தின் முடிவளவைகள்...
(Criteria for Essentiality)

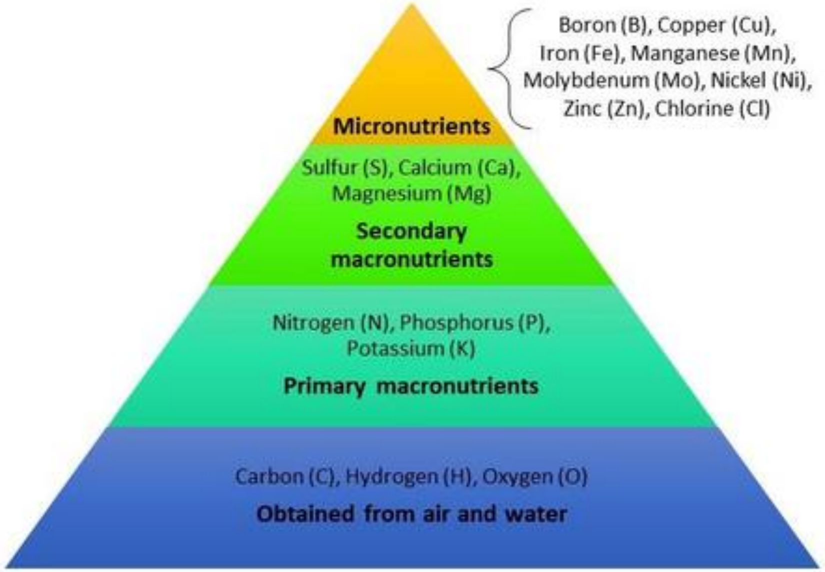
அவசியத்தனிமங்களை அவற்றின் **பன்மயச் செயல்களின்** அடிப்படையில், **நான்கு பரந்த தொகுதிகளாகவும்** வகைப்படுத்தலாம்



- **(அ)** அணுக்களின் **கட்டமைப்புத்தனிமங்களாக** (structural elements) **உயிரியமூலக்கூறுகளில்** (biomolecules) இடம்பெறும் அவசியத்தனிமங்கள்
  - கரிமம், ஐதரசன், ஆக்குசிசன், நைற்றசன்
- **(ஆ)** தாவரங்களில், **ஆற்றலுடன் தொடர்பான சேர்மங்களில்** இடம்பெறும் அவசியத்தனிமங்கள்
  - இவற்றுக்கு பச்சயங்களிலுள்ள **மெகுனீசியமும்**, அடினசின்முப்பாசுபேட்டிலுள்ள (அமுபாவிலுள்ள) **பாசுபரசும்** சான்றுகள்
- **(இ) ஊக்கிப்புரதங்களை செயலூட்டுவதோ மறிப்பதோவான** அவசியத்தனிமங்கள்
  - **Mg^{2+}** இரிபாக்கரிமாக்குசிகவூக்கி-யாக்குசிசனேற்றவூக்கிக்கும் (இரிகசவூக்கி) (ribulose bisphosphate carboxylase-oxygenase), பாசுபயீனாற்பைருவேட்டுக் கரிமாக்குசிக நீக்கவூக்கிக்கும் (phosphoenol pyruvate carboxylase) செயலூட்டுகிறது
    - இவை இரண்டும் ஒளிச்சேர்க்கைய கரிமயிருப்பித்தலுக்கு (photosynthetic carbon fixation) அதிமுக்கியமானவை
  - ஆல்ககாலின் ஐதரசநீக்கவூக்கியை (alcohol dehydrogenase) செயலூட்டும் **Zn^{2+}**, நைற்றச வளர்சிதைமாற்றத்தில் நைற்றசவூக்கியை (nitrogenase) செயலூட்டும் **Mo^{2+}** ஆகியவை
  - **கேள்வி:** இந்த வகையில் இன்னும் சில தனிமங்களை குறிப்பிட இயலுமா?
    - *குளுகோசு வளர்சிதை மாற்றத்தில் பல்வேறு ஊக்கிப்புரதன்களைச் செயலூட்டுவது - K^+*
- **(ஈ)** சில அவசியத்தனிமங்கள் உயிரணுவின் **சவ்வூடியன்மத்தை** (osmotic potential) **மாற்றக்கூடியவை**
  - **பொட்டாசியம்** இலைத்துளையை திறப்பதிலும் மூடுவதிலும் முக்கியப்பங்கை வகிக்கிறது
- ஒரு உயிரணுவின் **நீரியன்மத்தை** (water potential) **தீர்மானிப்பதிலும்** கனிமங்களின் பங்கு உண்டு

12.2.1 அவசியமான கனிமத்தனிமங்களின் பட்டியல்





12.2.2 பருமவூட்டங்களும் நுண்ணூட்டங்களும் ஆற்றும் பங்கு

- **தாவரவுயிரணுக்களில் அவசியத்தனிமங்களின் பங்கு:** அணுச்சவ்வின் புகவிடுமை, அணுச்சாற்றின் சவ்வூடு செறிவை தகவைத்தல், எதிர்மின்னிகடத்தலமைப்புகள், தாங்கச்செயல், ஊக்கிப்புரதச் செயன்மம் போன்ற வளர்சிதைமாற்ற நிகழ்முறைகளில்
  - இவை பெருமூலக்கூறுகளிலும் உடனூக்கிப்புரதங்களிலும் பெரும் உள்ளடங்கிகள்

அவசிய ஊட்டத்தனிமங்களின் பல்வேறு செயல்கள்

முதன்மை பருமவூட்டங்கள்

- **நைற்றசன்:** தாவரங்களுக்கு **அதிக அளவில் தேவைப்படும் அவசிய ஊட்டத்தனிமம்**
  - இது முதன்மையாக **NO_3^-** மூலம் கிடைக்கிறது - சிறிதளவு **NO_2^-, NH_3^+** ஆகவும் கிடைக்கிறது
  - நைற்றசன் தாவரங்களின் **எல்லாப்பகுதிகளிலும் தேவைப்படுகிறது**
    - குறிப்பாக, ஆக்கத்திசுக்களிலும், வளர்சிதைமாற்றத்தில் செயலாற்றும் அணுக்களிலும் தேவைப்படுகிறது
  - நைற்றசன் **புரதங்கள், உட்கருவமிலங்கள், வைட்டமின்கள், அகச்சுரப்புகள்** ஆகியவற்றில் அதிகளவான தனிமங்களுள் ஒன்று
- **பாசுபரசு:** பாசுபரசை **பாசுபேட்டயனிகளின்** ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}) **வடிவத்தில்** மண்ணிலிருந்து தாவரங்கள் உட்கவர்கின்றன
  - பாசுபரசு **அணுச்சவ்வுகள், சில புரதங்கள், உட்கருவமிலங்கள், உட்கருவைடுகள்** ஆகியவற்றில் இடம்பெறுகிறது
  - எல்லா **பாசுபேட்டேற்ற வினைகளுக்கும்** இது தேவைப்படுகிறது
- **பொட்டாசியம்:** தாவரங்கள் இதை **பொட்டாசியமயனியாக** (K^+) உட்கவர்கின்றன
  - இது **ஆக்கத்திசுக்கள், இலைகள், மொட்டுக்கள், வேர்நுனிகள்** ஆகியவற்றில் அதிகளவில் தேவைப்படுகிறது
  - பொட்டாசியம் உயிரணுக்களில் **எதிரயனிக்கும் நேரயனிக்குமான சமநிலையை தகவைக்க** உதவுகிறது
  - **புரதத்தொகுத்தாக்கம், இலைத்துளையை திறப்பதும் மூடுவதும், ஊக்கிப்புரதங்களை செயலூட்டல், அணுக்களின் வீப்புமையை (turgidity) தகவைப்பது** ஆகியவற்றில் முக்கியப்பங்கு வகிக்கிறது

12.2.2 பருமவூட்டங்களும் நுண்ணூட்டங்களும் ஆற்றும் பங்கு...

இரண்டாமை பருமவூட்டங்கள்

- **கால்சியம்:** கால்சியத்தை **கால்சியவயனிகளின்** (Ca^{2+}) வடிவத்தில் மண்ணிலிருந்து தாவரங்கள் உட்கவர்கின்றன
  - **ஆக்கத்திசுவுக்கும், வேறுபடுத்தத்திசுக்களுக்கும்** கால்சியம் தேவைப்படுகிறது.
  - அணுப்பிரிதலின்போது **அணுச்சுவரின் தொகுத்தாக்கத்தில்** பயன்படுகிறது - **நடுமென்றட்டில்** கால்சிப்பெந்தேட்டாக
  - முழுப்பிரிதலில் **கதிராணி உருவாகும்போது** தேவைப்படுகிறது
  - இது **பழைய இலைகளில் திரள்கிறது**
  - **அணுச்சவ்வுகளின் இயல்பான செயல்களில்** ஈடுபடுகிறது
  - சில **ஊக்கிப்புரதங்களை செயலூட்டுகிறது**
  - **வளர்சிதைமாற்றச்செயல்களை ஒழுங்குறுத்துவதில்** முக்கியப்பங்கு வகிக்கிறது
- **மெகுனீசியம்:** இதை தாவரங்கள் **இருபிணைவுமாக (divalent)** (Mg^{2+}) உட்கவர்கின்றன
  - இது **மூச்சுக்கும் ஒளிச்சேர்க்கைக்குமான ஊக்கிப் புரதங்களை** செயலூட்டுகின்றது
  - **அனடி, அனரி** ஆகியவற்றின் **தொகுத்தாக்கத்தில்** ஈடுபடுகிறது
  - மெகுனீசியம் **பச்சையத்தின் வளையக்கட்டமைப்பில்** இடம்பெறுகிறது
  - **புரதமாக்கியின் கட்டமைப்பை தகவைக்க** உதவுகிறது
- **கந்தகம்:** தாவரங்கள் கந்தகத்தை **கந்தகேட்டு SO_4^{2-}** வடிவில் பெறுகின்றன
  - இது பையனின் (cysteine), மீத்தயனின் (methionine) ஆகிய **இரண்டு அமினோவமிலங்களில்** உள்ளது
  - பல **உடனூக்கிப்புரதங்களிலும் (coenzymes)**, தயமின், பயோட்டின், ஏவுடனூக்கி போன்ற **வைட்டமின்களிலும்**, **இரும்பாக்குசிசப்புரதங்களிலும்** இடம்பெற்று முக்கியப்பங்கை வகிக்கிறது

12.2.2 பருமவூட்டங்களும் நுண்ணூட்டங்களும் ஆற்றும் பங்கு...

நுண்ணூட்டங்கள்

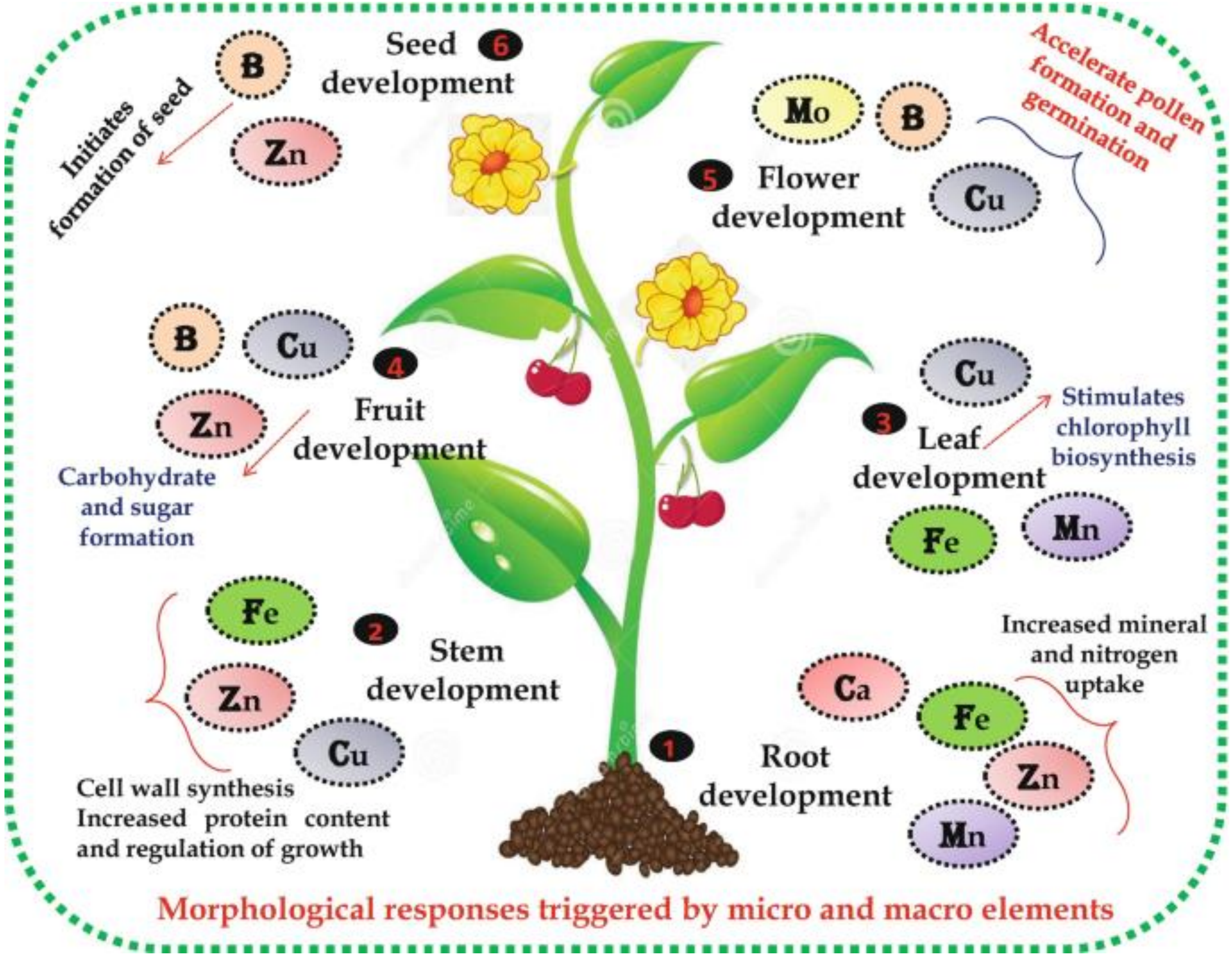
- **இரும்பு:** தாவரங்கள் இரும்பை **இரும்பிக அயனியாக** (Fe^{3+}) பெறுகின்றன
  - இது மற்ற நுண்ணூட்டங்களின் **ஒப்பீட்டில் அதிக அளவில் தேவைப்படுகிறது**
  - **எதிர்மின்னிமாற்றலில்** ஈடுபடும் **இரும்பாக்குசிசப்புரதம், அணுநிறமிகள் போன்ற புரதங்களில்** முக்கிய உள்ளடங்கி
  - எதிர்மின்னிமாற்றலின்போது Fe^{2+}இலிருந்து Fe^{3+}க்கு **மீடிருப்பத்தகு ஆக்குசேற்றத்துக்கு** உள்ளாகிறது
  - **அதியாக்குசைடுச் சிதைப்பூக்கியை (catalase)** செயலூட்டுகிறது - **பச்சையம் உருவாக** அவசியமானது
- **மாங்கனிசு:** இது **மாங்கனிச அயனிகனாக** (Mn^{2+}) உட்கவரப்படுகிறது
  - **ஒளிச்சேர்க்கை, மூச்சு, நைற்றச வளர்சிதைமாற்றங்கள்** ஆகியவற்றில் ஈடுபடும் பல **ஊக்கிப்புரதங்களை** செயலூட்டுகிறது
  - ஒளிச்சேர்க்கையின்போது **நீரை பிரித்து ஆக்குசிசனை விடுவிப்பதில்** மாங்கனீசுக்கு சிறந்த திட்டவட்டமான செயல் உள்ளது
- **துத்தநாகம்:** தாவரங்கள் துத்தநாகத்தை **Zn^{2+}**அயனிகளாக பெறுகின்றன
  - இது பல்வேறு ஊக்கிப்புரதங்களை, குறிப்பாக **கரிமமில நீக்கவூக்கிகளை** (carboxylases), **செயலூட்டுகிறது**
  - **வளரொழுங்காற்றியின்** (auxin) **தொகுத்தாக்கத்திற்கும்** இது தேவைப்படுகிறது

12.2.2 பருமவூட்டங்களும் நுண்ணூட்டங்களும் ஆற்றும் பங்கு...

நுண்ணூட்டங்கள்

- **செம்பு:** தாவரங்கள் இதை **செம்பிக அயனிகளாக** (Cu^{2+}) உட்கவர்கின்றன
  - தாவரங்களின் **ஒட்டுமொத்த வளர்சிதைமாற்றத்துக்கு** இது அவசியம்
  - **இரும்பைப்போலவே**, தாவரங்களில் **ஆக்குசேற்றவிறக்க வேதிவினைகளில்** (redox reactions) ஈடுபடும் **ஊக்கிப்புரதங்களுடன்** இது தொடர்புடையது
  - Cu^{+}இலிருந்து Cu^{2+}க்கு மீடிருப்பத்தகு ஆக்குசேற்றமடைகிறது (reversibly oxidised)
- **போரான்:** இது $\mathbf{BO_3^{3-}}$ **ஆகவோ** $\mathbf{B_4O_7^{2-}}$ ஆகவோ உட்கவரப்படுகின்றது
  - **Ca^{2+}ஐ உள்ளெடுக்கவும் பயன்படுத்தவும் - சவ்வு செயலாற்றுதல், பூந்தூள் முளைவிடுதல், அணுநீட்சி, அணுவேறுபடல், கரிமநீரேட்டின் இடமாற்றல்** - ஆகியவற்றிலும் தேவைப்படுகிறது
- **மாலிபிடினம்:** தாவரங்கள் இதை **மாலிபிடேட்டயனிகளின்** (MoO_2^{2+}) வடிவில் பெறுகின்றன
  - இது **நைற்றசனின் வளர்சிதைமாற்றத்தில் பங்கேற்கும் - நைற்றசவூக்கி, நைற்றேட்டிறக்கவூக்கி** உள்ளிட்ட பல **ஊக்கிப்புரதங்களில்** உள்ளது
- **குளோரின்:** இது **குளோரைடயனியின்** (Cl^{-}) வடிவத்தில் உட்கவரப்படுகிறது
  - இது Na^{+}உடனும் K^{+}உடனும் சேர்ந்து, **உயிரணுக்களில் கரைப்பானின் செறிவையும் எதிரயனிக்கும் நேரயனிக்குமான சமநிலையையும் தீர்மானிக்க** உதவுகிறது
  - **ஒளிச்சேர்க்கையின்போது நீரை பிரித்து ஆக்குசிசனை விடுவிப்பதில்** இது அவசியமாகிறது

12.2.2 பருமவூட்டங்களும் நுண்ணூட்டங்களும் ஆற்றும் பங்கு - தொகுப்பு



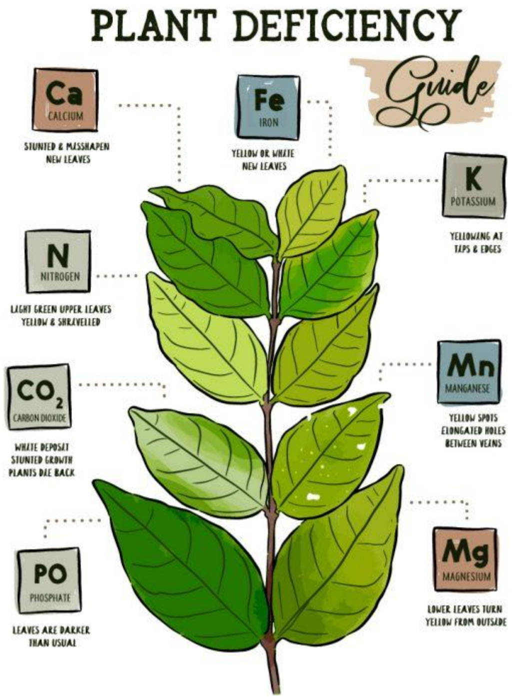
தாவர உருவவியலில் கனிமவூட்டிகள்

12.2.3 அவசியத்தனிமங்களின் குறைபாட்டறிகுறிகள்

- அவசியத்தனிமத்தின் **வழங்கல் மட்டுப்படும்போது,** தாவர வளர்ச்சி வேகங்குறைகிறது
  - ஒரு அவசியத்தனிமத்தின் **செறிவு** எந்தளவுக்கு குறையும்போது தாவரவளர்ச்சி வேகங்குறையத் தொடங்குகிறதோ, அதை அந்த தனிமத்தின் **உய்யச்செறிவு** (critical concentration) என்கிறோம்
  - **தனிமத்தின் செறிவு உய்யச்செறிவைவிட குறையும்போது,** அதன் குறைபாடு தெரியும்
- ஒவ்வொரு தனிமமும், தாவரங்களில் ஒன்றோ மேற்பட்டதோவான குறிப்பிட்ட **கட்டமைப்புப்பங்கையோ செயற்பங்கையோ வகிப்பதால்**, குறிப்பிட்ட தனிமம் இல்லாத நிலையில் தாவரங்கள் சில **உருவமாற்றங்களை** காட்டுகின்றன
  - இந்த உருவமாற்றங்கள், சில **தனிமக்குறைபாடுகளின் காட்டிகளாகின்றன** - இந்த குறைபாடுகளை **அறிகுறிகள்** என்கிறோம்
  - குறைபாட்டின் **அறிகுறிகள், ஒவ்வொரு தனிமத்துக்கும் வேறுபடுகின்றன**
  - குறைபாடுள்ள தனிமத்தை, **ஊட்டமாக தாவரத்துக்கு வழங்கும்போது, அறிகுறிகள் மறையும்**
  - இருப்பினும், **குறைபாடு தொடர்ந்தால்**, அது இறுதியில் தாவரத்தின் **மரணத்திற்கு வழிவகுக்கும்**
- தனிமக்குறைபாட்டின் அறிகுறிகள், தாவரத்தின் **எந்தப்பகுதிகளில் தோன்றுகின்றன என்பது,** தாவரத்தில் தனிமத்தின் **நகர்வுமையை (mobility) சார்ந்திருக்கிறது**
  - தாவரத்தில் **முனைவுடன் அசைவுற்று** - வளரும் **இளந்திசுக்களை சென்றடையும் தனிமங்களுக்கு** - **குறைபாட்டறிகுறிகள் முதலில் பழைய திசுக்களில்** தோன்றும் போக்கு இருக்கிறது
    - சான்றாக, **நைற்றசன், பொட்டாசியம், மெகுனீசியம்** ஆகியவற்றின் குறைபாட்டறிகுறிகள் முதலில், மூப்படைந்த இலைகளில் தோன்றுகின்றன
    - **பழைய இலைகளில்,** இந்த தனிமங்களுள்ள **உயிரியமூலக்கூறுகள் சிதைவதால்**, அந்த தனிமங்கள் **இளம் இலைகளுக்கு நகர்த்தக்கிடைக்கின்றன**

12.2.3 அவசியத்தனிமங்களின் குறைபாட்டறிகுறிகள்

- ஒப்பளவில் **அசையாத தனிமங்கள்,** முதிர்ந்த உறுப்புகளிலிருந்து கடத்தப்படாதபோது, **குறைபாட்டறிகுறிகள் இளந்திசுக்களில்** தோன்றும் போக்கு உள்ளது
  - சான்றாக, **கந்தகம் கால்சியம்**போன்ற தனிமங்கள், அணுக் கட்டமைப்பின் பகுதியாவதால் அவை எளிதில் விடுபடுவதில்லை
  - தாவரக்கனிமவூட்டத்தின் இந்த பண்பு, வேளாண்மையிலும் தோட்டக்கலையிலும் அதிமுக்கியமானதும் பொருளுடையதுமாகும்
- தாவரங்களில் காணப்படும் **குறைபாட்டறிகுறிகளுள், பச்சையச்சோகை (chlorosis), தசையிறப்பு (necrosis), தாவர வளர்ச்சிமுடங்கல், இலைகளும் மொட்டுகளும் முதிருமுன் விழுதல், அணுப்பிரிதலின் மறிப்பு** ஆகியவை அடங்குகின்றன
  - **பச்சையச் சோகை** என்பது, பச்சையத்தை இழப்பதால் **இலைகள் மஞ்சளாவது** - அறிகுறி **N, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Mo** ஆகியவற்றின் குறைபாட்டால் விளைகிறது
  - **தசையிறப்பு**, குறிப்பாக, இலைத் திசுக்களில், **Ca, Mg, Cu, K** ஆகியவற்றின் குறைபாட்டால் விளைகிறது
  - **அணுப்பிரிதலின் மறிப்பு - N, K, S, Mo** ஆகியவை இல்லாததாலோ குறைவதாலோ ஏற்படுகிறது
  - **N, S, Mo** போன்ற சில தனிமங்களின் செறிவு தாவரங்களில் குறையும் போது, **பூத்தல் தாமதமாகிறது**



**எந்தவொரு தனிமத்தின் குறைபாடும், பல அறிகுறிகளை ஏற்படுத்தலாம் - ஒரே அறிகுறி, பல தனிமங்களுள் ஒன்றின் குறைபாட்டாலும் ஏற்படக்கூடும்

***ஒரே தனிமத்தின் குறைபாட்டுக்கு, வெவ்வேறு தாவரங்கள் வெவ்வேறனான மறுவினையளிக்கின்றன

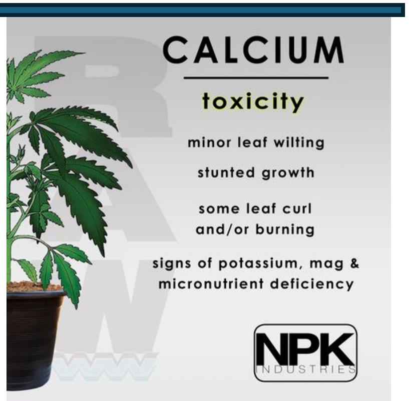
- குறைபாடுள்ள தனிமங்களை அடையாளங்காண, தாவரத்தின் எல்லாப்பகுதிகளிலும் ஏற்படும் எல்லா அறிகுறிகளையும் ஆய்விட்டு, அவற்றை ஏற்கெனவே செந்தரமாக தயாரித்த அட்டவணைகளுடன் ஒப்பிடவேண்டும்

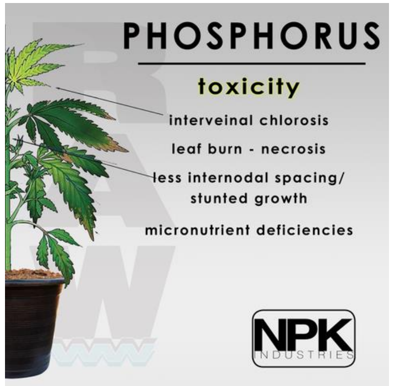
12.2.4 நுண்ணூட்டங்களின் நச்சுமை (Toxicity)

- நுண்ணூட்டங்களின் தேவை **சிறிதளவு குறைவது, குறைபாட்டறிகுறி**களையும் **சிறிதளவு அதிகரிப்பது நச்சுமை**யையும் உண்டாக்குகின்றன
  - வேறுவிதமாகச்சொன்னால், **தனிமங்களின் செறிவு ஒரு குறுகிய வீச்சிலே உகமமானது** (optimum)
- திசுக்களின் **உலரெடையை, சுமார் 10 நூற்று வீதத்துக்கு குறைக்கும்** எந்த கனிமவயனிச் செறிவையும் நச்சுமையாக கருதுகிறோம்
- இந்த **உய்யச்செறிவு, வெவ்வேறு நுண்ணூட்டங்களிடையில் வெகுவாக மாறுபடுகிறது**
  - நச்சுமையறிகுறிகளை **இனங்காண்பது கடினம்**
  - எந்தத் தனிமத்துக்கும், **நச்சுமைமட்டம்** வெவ்வேறு தாவரங்களிடையில் **வெகுவாக மாறுபடுகிறது**

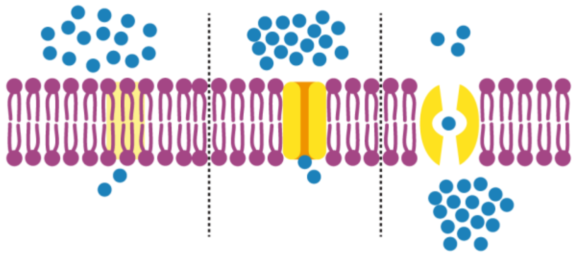
12.2.4 நுண்ணூட்டங்களின் நச்சுமை (Toxicity)...

- பலநேரங்களில், **ஒரு தனிமம் மிகையாவது, மற்றொரு தனிமத்தின் உள்ளெடுப்பை மறிக்கும்**
    - சான்றாக, மாங்கனீசுநச்சுமையின் முன்னிற்கும் அறிகுறி - பச்சையச்சோகையுள்ள நரம்புகள் சூழ்ந்த, **பழுப்புநிறப்புள்ளிகள்**
    - மாங்கனீசு: இரும்புடனும் மெகனீசியத்துடனும் – **மேலெடுப்புக்காகவும்**, மெகனிசியத்துடன்- **ஊக்கிப்புரதப்பிணைப்புக்காகவும்** போட்டியிடுகிறது
    - மாங்கனீசு: தளிருச்சியில் கால்சியத்தின் **இடமாற்றலை மறிக்கிறது**
    - எனவே, மாங்கனீசின் **மிகைத்தன்மை** - உண்மையில் இரும்பு, மெகுனீசியம், கால்சியம் ஆகியவற்றின் **குறைபாடுகளை ஏற்படுத்தலாம்**
    - இவ்வாறு, மாங்கனீசின் நச்சுமையறிகுறிகள், உண்மையில் இரும்பு, மெகுனீசியம், கால்சியம் ஆகியவற்றின் குறைபாட்டறிகுறிகளாகக் காட்டலாம்





12.3 தனிமங்களை உட்கவரும் இயங்குமுறை



தாவரங்கள் தனிமங்களை உட்கவர்வதன் இயங்குமுறை, தனிமையாக்கிய அணுக்களிலோ திசுக்களிலோ உறுப்புகளிலோ ஆய்ந்தறியப்பட்டன

- உட்கவர்வின் நிகழ்முறை, இரண்டு முதன்மைக் கட்டங்களாக பிரிக்கப்படும்
  - முதற்கட்டத்தில், அயனிகள் உயிரணுக்களின் **வெளியணுவம்** (apoplast) எனப்படும் வெற்றிடங்களுக்கு - **விரைவாக** - **முனைப்பற்ற (passive) வகையில்** – மேலெடுக்கப்படுகின்றன (uptake)
  - இரண்டாங்கட்டத்தில், அயனிகள் **உள்ளணுவம்** (symplast) எனப்படும் அணுக்களின் உள்ளிடத்துக்கு **மெதுவாக** மேலெடுக்கப்படுகின்றன
- அயனிகள் வெளியணுவத்துக்கு செல்வது, **தெரிவத்துளைகளாக செயலாற்றும் அயனிக்கால்வாய்கள் எனப்படும் சவ்வூடு புரதங்களின்** வழியாக நிகழ்வது வழக்கம்
- அயனிகள் உள்ளணுவத்தில் நுழைவதற்கும், அதிலிருந்து வெளியேறுவதற்கும், **வளர்சிதைமாற்ற ஆற்றல் செலவாகிறது** - ஒரு **முனைப்பநிகழ்முறை** (active process)
- அயனிகளின் அசைவை - **பாயம்** (flux) என்பர்
  - அணுவுக்குள் செல்வது **உட்பாயம்** (influx) - வெளிச்செல்வது **வெளிப்பாயம்** (efflux)

12.4 கரைபொருள்களின் இடமாற்றல் (TRANSLOCATION OF SOLUTES)

- கனிமவுப்புகள், **ஆவிப்போக்கின் இழுப்பால்,** தாவரத்தின் **கட்டைத்திசுவின்(xylem)வழி, மேலிழுக்கப்படும் நீரோடையுடன்** இடமாற்றலடைகின்றன
- கட்டைச்சாற்றை பகுப்பாயும்போது, அதில் கனிமவுப்புகள் இருப்பதை காணலாம்
- கனிமத்தனிமங்களின் கதிரியக்கச் சமவிடத்தான்களின் (radioisotopes) பயன்பாடும், கட்டைத்திசுவின்வழி அவை கடத்தப்படுவதை உறுதிப்படுத்துகிறது
- இலைகளில் தொகுத்தாக்கப்படும் குளுகோசு அமினோவமிலம் ஆகியவை, உரியம் (phloem) வழியாக மற்ற இடங்களுக்கு (அதிகச் செறிவிடத்திலிருந்து குறைந்த செறிவுக்கு) இடமாற்றலடையும்
    - இது வீப்பழுத்தத்தாலும், வீப்பசைவு மூலமும் நடைபெறுகிறது

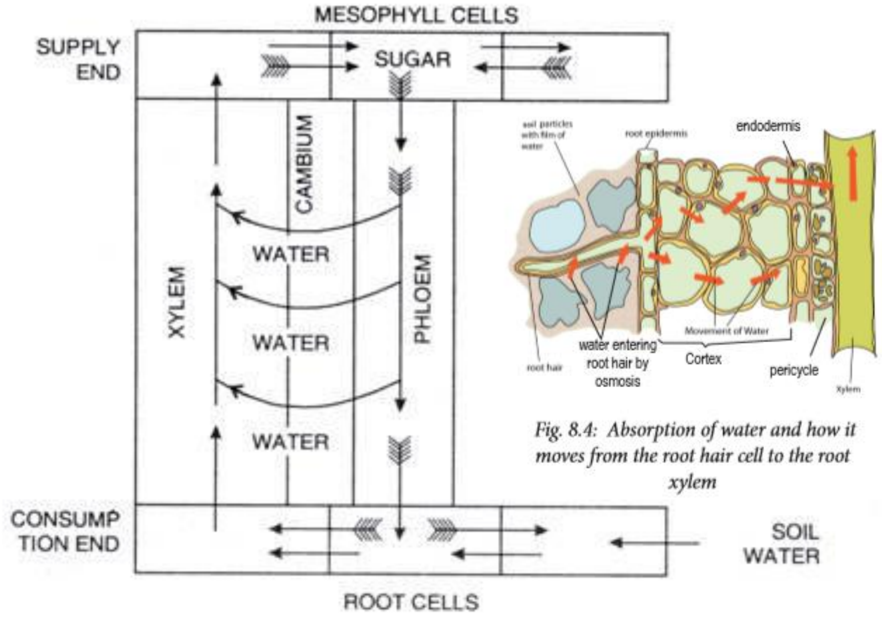
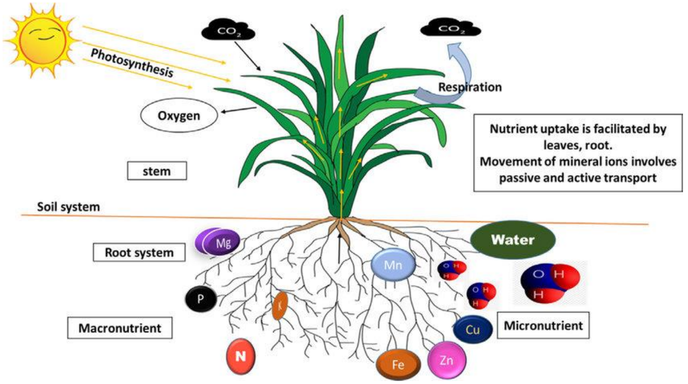
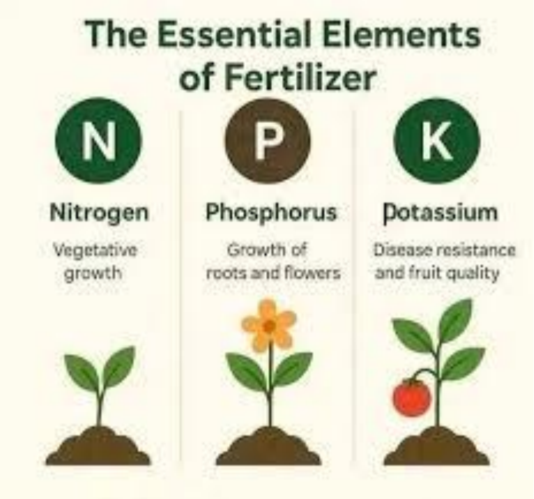


Fig. 15.4. Diagram to illustrate the mechanism of solute translocation according to the Munch's hypothesis.

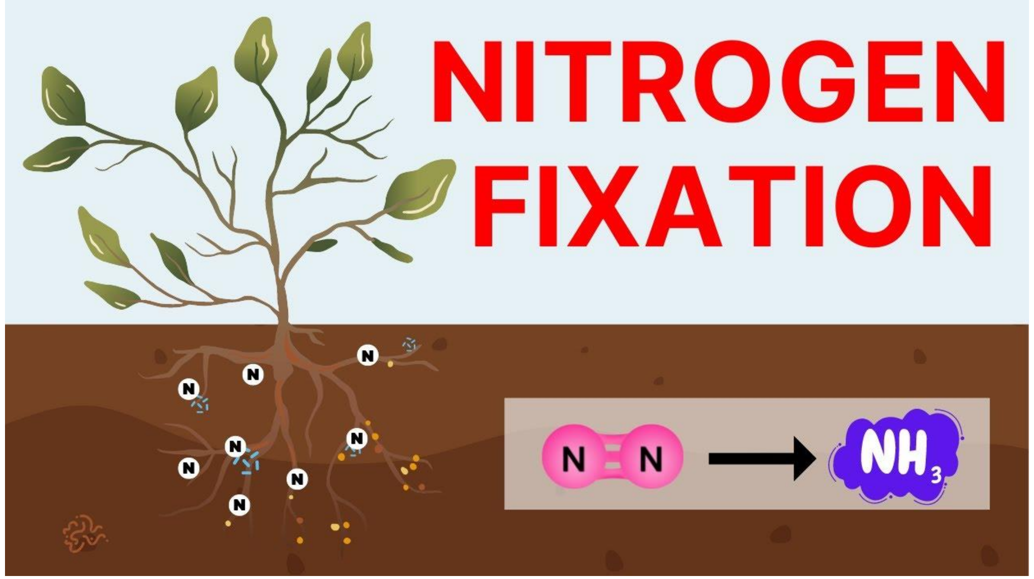


12.5 மண் - அவசியத்தனிமங்களின் தேக்ககம்

- தாவரங்களின் வளர்ச்சிக்கும் வளராக்கத்துக்கும் தேவையான பொரும்பாலான ஊட்டங்கள், **பாறைகள் தேய்வதாலும் உடைவதாலும்** வேர்களுக்கு கிடைக்கின்றன
- இந்த நிகழ்முறைகள், மண்ணை **கரைந்த அயனிகளாலும், அலார்கனிக (inorganic) உப்புகளாலும்** வளமூட்டுகின்றன
- இவை **பாறைக்கனிமங்களிலிருந்து வருவதால்,** தாவரவூட்டத்தில் அவற்றின் பங்கை **கனிமவூட்டம்** என்கிறோம்
- மண்ணில் பலவிதமான பொருள்கள் உள்ளன
  - மண், கனிமங்களை வழங்குவது மட்டுமல்லாமல், அதில் நைற்றசனை இருப்பிக்கும் பாட்டீரியங்களும் மற்ற நுண்ணுயிரிகளும், நீரும் உள்ளன
  - மண், வேர்களுக்கு வளியையும் வழங்குகிறது - தாவரத்தை நிலைப்பாக்கும் பின்னணியாகவும் செயலாற்றுகிறது
  - அவசியக்கனிமங்களின் **குறைபாடு** பயிர்விளைச்சலை பாதிப்பதால், **உரங்களின்மூலம் அவற்றை வழங்கவேண்டிய தேவை** ஏற்படுகிறது
    - பருமவூட்டங்களும் (N, P, K, S, முதலியன), நுண்ணூட்டங்களும்(Cu, Zn, Fe, Mn, முதலியன), உரங்களின் கூறுகளாக தேவைக்கேற்ப பயன்படுகின்றன



12.6 நைற்றசனின் வளர்சிதைமாற்றம்
12.6.1 நைற்றசச்சுழற்சி (Nitrogen Cycle)



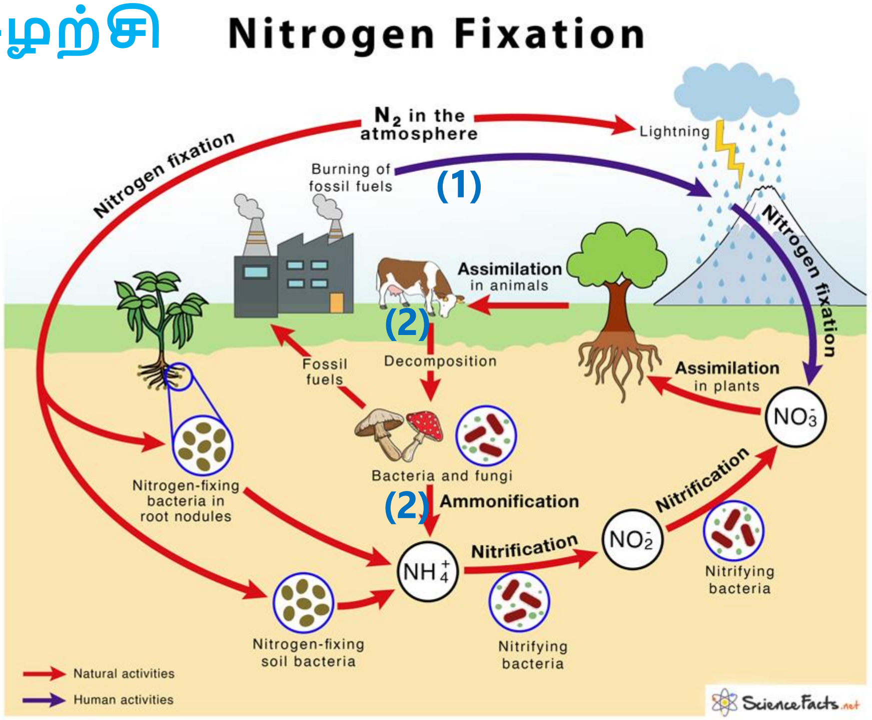
- **கரிமம், ஐதரசன், ஆக்குசின்** ஆகியவற்றுடன், **நைற்றசனும் உயிரினங்களில் மிகவும் அதிகமான தனிமம்**
- நைற்றசன், **அமினோ அமிலங்கள், புரதங்கள், அகச்சுரப்புகள், பச்சையங்கள், பல வைட்டமின்கள்** ஆகியவற்றில் இடம் பெறுகிறது
- மண்ணில் கிடைக்கும் **அளவுள்ள நைற்றசனுக்காக,** தாவரங்கள் **நுண்ணுயிரிகளுடன்** போட்டியிடுகின்றன
- எனவே, நைற்றசன் இயற்கைவாழ்சூழமைப்பிலும் வேளாண்வாழ் சூழமைப்பிலும், **வரம்பூட்டும் ஊட்டச்சத்து (limiting nutrient)**
- நைற்றசன் மிகவும் வலுவான, **மும்ம உடன் பிணைப்பால்** பிணைந்த, இரண்டு நைற்றசன் அணுக்களாக (N ≡ N) உள்ளது
- **நைற்றசன் (N_2) அம்மோனியாவாக மாறும் நிகழ்முறை,** **நைற்றசவிருப்பித்தல் (nitrogen fixation)** எனப்படும்

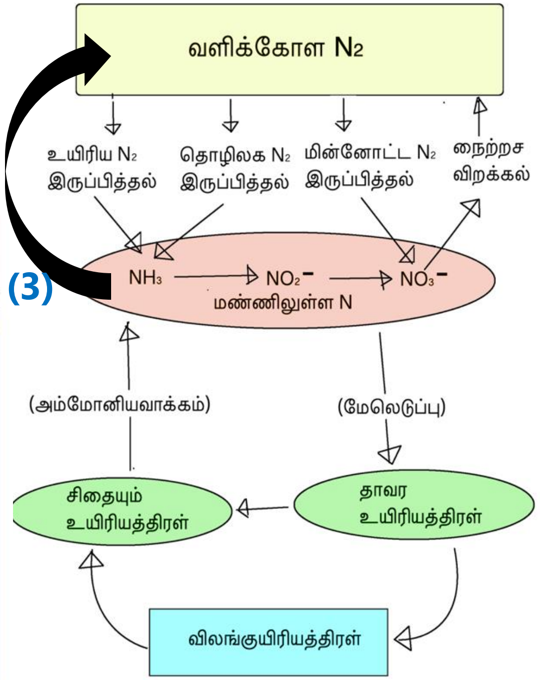
12.6 நைற்றசனின் வளர்சிதைமாற்றம்
12.6.1 நைற்றசச்சுழற்சி (Nitrogen Cycle)...

மூவகைக் குட்டைகளில் நைற்றசச்சுழற்சி

1. இயற்கையில், **மின்னலும் புறவூதாக்கதிர்வீச்சும்,** நைற்றசனை நைற்றசாக்குசைடுகளாக (NO, NO_2, N_2O) மாற்ற போதுமான ஆற்றலை வழங்குகின்றன - தொழிலக எரித்தல்கள், காட்டுத்தீ, தானுந்துகளின் வெளிப்போக்குகள், மின்னுற்பத்தி நிலையங்கள் ஆகியவையும் வளிக்கோள நைற்றசாக்குசைடுகளின் மூலங்கள்

2. இறந்த தாவர-விலங்குகளின் ஆர்கனிய நைற்றசன் அம்மோனியாவாக சிதைவது, **அம்மோனியவாக்கம்** (ammonification) எனப்படும்





நைற்றசச்சுழற்சி. வளிக்கோளம், மண், உயிரியத்திரள் ஆகிய மூன்று நைற்றசக்குட்டைகளுக்கிடையான உறவு

3. இந்த அம்மோனியாவின் ஒரு பகுதி ஆவியாகி, வளிக்கோளத்தில் மீண்டும் நுழையும் - ஆனால் பெரும்பகுதியை, மண்ணிலுள்ள பாட்டீரியங்கள் நைற்றேட்டுகளாக மாற்றுகின்றன

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O \quad .... (i)$$

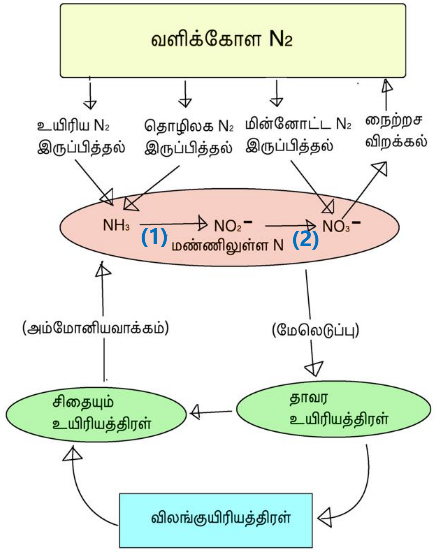
$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \quad ...... (ii)$$

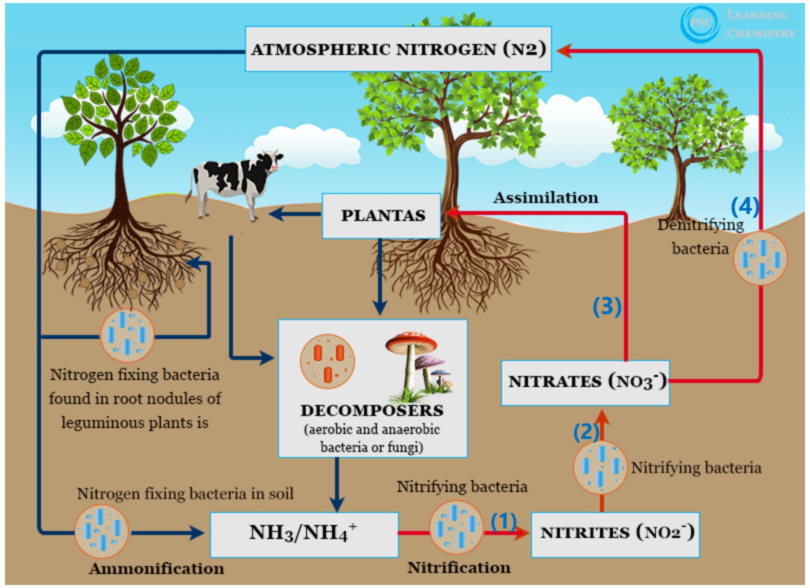
12.6 நைற்றசனின் வளர்சிதைமாற்றம்
12.6.1 நைற்றசச்சுழற்சி.....

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O \quad .... (i)$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \quad ...... (ii)$$

- மண்ணின் நைற்றசோவலகியம், நைற்றோமணியம் ஆகிய பாட்டீரியங்கள், அம்மோனியாவை முதலில் நைற்றைற்றாக ஆக்குசேற்றுகின்றன **(1)**
  - நைற்றோப்பாட்டர் என்ற பாட்டீரியத்தின் உதவியால், **நைற்றைற்று நைற்றேட்டாக** மேலும் ஆக்குசேற்றமடைகின்றது **(2)**
  - இந்த படிகள், **நைற்றவாக்கம்** (nitrification) எனப்படும்
  - இந்த பாட்டீரியங்கள், **வேதித்தானுட்டிகள்** (chemoautotrophs) எனப்படும்
- இவ்வாறு உருவாகும் நைற்றேட்டுகளை தாவரங்கள் உட்கவர்ந்து, இலைகளுக்கு கடத்துகின்றன **(3)**
- இலைகள், **ஆக்குசிறக்கத்தால்** (reduction) அம்மோனியாவை உருவாக்கி, இறுதியாக அமினோவமிலங்களின் அமின்றொகுதியை உருவாக்குகிறது
- மண்ணிலுள்ள நைற்றேட்டை, **நைற்றவிறக்கல்** (denitrification) என்ற நிகழ்முறை, நைற்றசனுக்கு ஆக்குசிறக்குகிறது **(4)**
- இந்த நைற்றவிறக்கலை, போலியலகியம் (Pseudomonas), கந்தக்குச்சியம் (Thiobacillus) ஆகிய பாட்டீரியங்கள் செயற்படுத்துகின்றன **(4)**





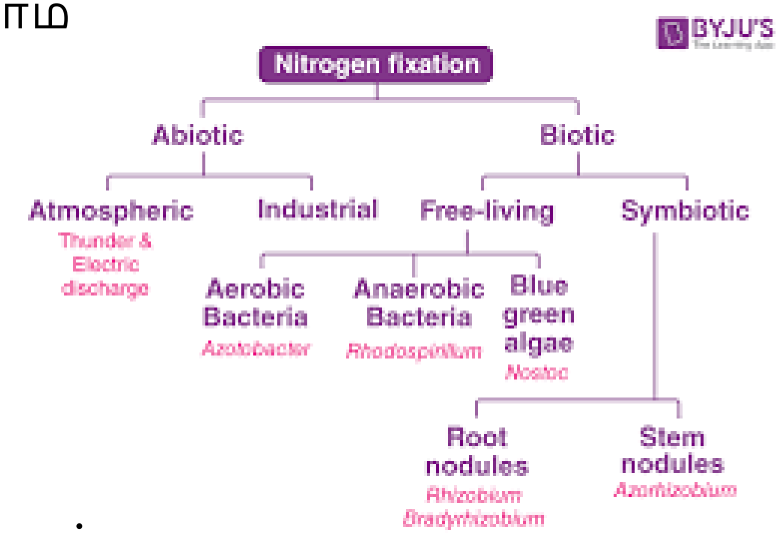
12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல் (Biological Nitrogen Fixation)

காற்றில் **ஏராளமாக N_2 வடிவில்** கிடைக்கின்ற நைற்றசனை, மிகச்சில உயிரினங்களே பயன்படுத்தவியலும் - சில **குறிப்பட்ட உட்கருவிலி இனங்கள் (prokaryotes) மட்டுமே,** நைற்றசனை **இருப்பிக்கவல்லவை**

- உயிரினங்கள், நைற்றசனை அம்மோனியாவாக ஆக்குசிறக்குவது, **உயிரிய நைற்றசவிருப்பித்தல் (biological nitrogen fixation)** எனப்படும்
- நைற்றசனை ஆக்குசிறக்கும் **நைற்றசவூக்கி** (nitrogenase) என்ற ஊக்கிப்புரதம், உட்கருவிலிகளில் (prokaryotes) மட்டுமே உள்ளது
- இத்தகைய நுண்ணுயிரிகளை, **N_2 இருப்பிப்பிகள்** (N2- fixers) என்கிறோம்

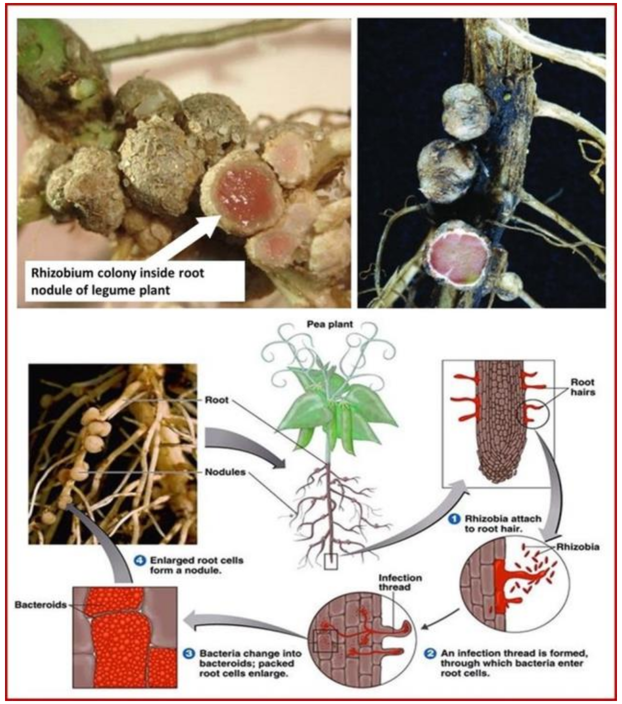
$$N \equiv N \xrightarrow{\text{நைற்றசவூக்கி}} NH_3$$

- நைற்றசனை இருப்பிக்கும் நுண்ணுயிரிகள், **தனியுயிரியாகவோ, ஒன்றுயிரியாகவோ** (symbiotic) இருக்கலாம்
- நைற்றசனை இருப்பிக்கும் **வளியத் தனியுயிரி**கள் (aerobic microbes), **அசோற்றோபாட்டரும் (Azotobacter), பெய்சரிங்கமும்**
    - **வளியற்ற (anaerobic) தனியுயிரி, முளரிச்சுருளியம் (Rhodospirillum)**
- அனபேனா (Anabaena), நாசுட்டாகு (Nostoc) போன்ற நீலப்பசும்பாட்டீரியங்களும் **நைற்றசயிருப்பிக்கும் தனியுயிரிகள்**



12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல் ....
(Biological Nitrogen Fixation)

ஒன்றுயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல் (Symbiotic biological nitrogen fixation)

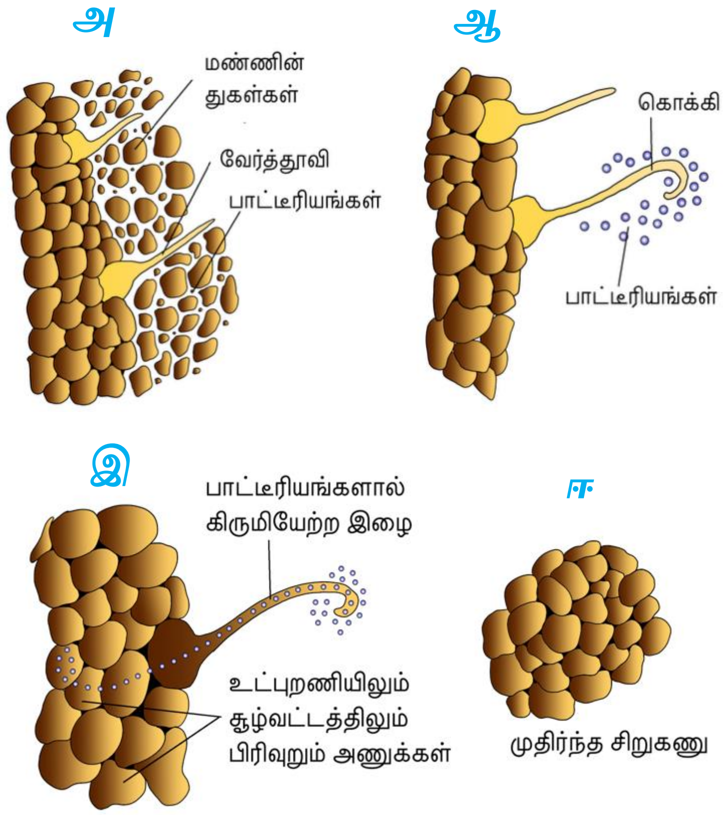


- ஒன்றுயிரிகளுக்கும், உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தலுக்கும், **பல தொடர்புகள் உண்டு**
- இவற்றுள் தெளிவாகத்தோன்றுவது, **பருப்புவகைக்கும் பாட்டீரியங்களுக்குமுள்ள உறவு**
- **கோல்வடிவ கிழங்கியங்களுக்கும் (Rhizobium)** - ஆல்பால்பா, சீனிமூவிலையி, **சீனிப்பட்டாணி**, தோட்டப்பட்டாணி, பேரவரை, மூவிலையவரை **போன்ற பருப்புவகை வேர்களுக்கும் -** இவ்வாறான உறவு உள்ளது
  - **வேர்களில்** இந்த தொடர்புகள், **சிறுகணுக்களாக** (nodules)(வேர்களின் சிறுவளரிகள்) இருப்பது வழக்கம்
- **பிராங்கியம் (Frankia)** என்ற நுண்ணுயிரி, **பருப்புவகையல்லாத தாவரங்களிலும்** (சான்றாக, ஆலுனசு - Alnus) நைற்றசயிருப்பித்தற் சிறுகணுக்களை உண்டாக்குகிறது
- **கிழங்கியமும் பிராங்கியமும்** மண்ணில் தனியாக வாழ்வனவெனினும், ஒன்றுயிரியாக **வளிக்கோள நைற்றசனை இருப்பிக்கவல்லவை**
- ஒரு **பருப்புவகைச்செடி**யை, அது மலர்வதற்கு சற்றுமுன்பு வேருடன் பிடுங்கிப்பார்த்தால், வேர்களில் கிட்டத்தட்ட **கோளவடிவமான புறவளரி**களை காணலாம்
  - **இவை சிறுகணுக்கள்**
  - குறுக்காக வெட்டினால், அதன் மையப்பகுதி சிவப்புநிறத்திலோ செந்நீலநிறத்திலோ இருக்கும்
  - **சிறுகணுக்களை செந்நீலமாக மாற்றுவது எது?**
    - **பருப்பீமோகுளோபின்** (leg-haemoglobin) எனப்படும், பருப்புவகைய **ஈமோகுளோபின்** இருப்பதே இதற்கு காரணம்

12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல் ....
(Biological Nitrogen Fixation)

சிறுகணு உருவாதல்

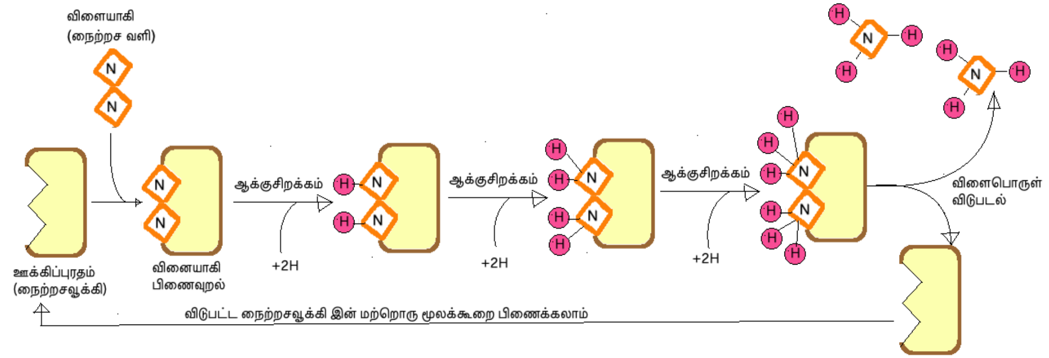
- கிழங்கியத்துக்கும் ஓம்புத்தாவரத்தின் வேர்களுக்குமிடையான, **பல இடைவினைகளின் ஒரு தொடரியால்,** சிறுகணு உருவாகும்
- சிறுகணு உருவாதலின் **முக்கிய படிநிலைகள்**
  - **கிழங்கியங்கள் இனப்பெருகி,** வேர்களின் சூழிடங்களில் கூட்டுச்சமூகமாகி, **புறத்தோலணுக்களுடனும் வேர்முடியணுக்களுடனும்** இணைகின்றன (அ)
  - வேர்முடிகள் **சுருள்கின்றன - பாட்டீரியங்கள் வேர்முடிகளை** முற்றுகையிடுகின்றன (ஆ)
  - ஒரு **கிருமியேற்ற இழை** உருவாகி, **பாட்டீரியங்களை வேரின் புறணிக்கு** எடுத்துச் செல்கிறது (இ)
    - அங்கு அவை **சிறுகணுவுருவாதலை தொடக்குகின்றன**
    - பின்பு பாட்டீரியங்கள், இழையிலிருந்து **அணுக்களுக்குள் விடுபடுகின்றன**
  - இதனால் நைற்றசனை இருப்பிக்கும் **தனித்துவ அணுக்கள் வேறுபடலுக்குள்ளாகின்றன** (ஈ)
  - இவ்வாறு **சிறுகணு** உண்டாகி, ஊட்டங்களை இடைமாற்ற, **ஓம்புநருடன் நேரடியான குழலயிணைப்பை (vascular connection)** உண்டாக்குகிறது



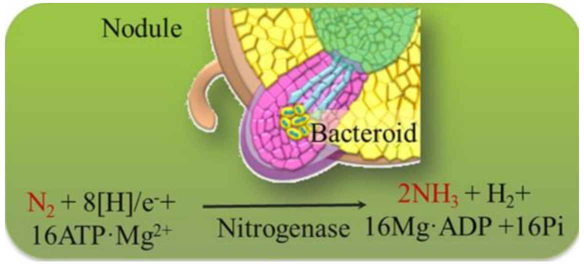
சோயவரையின் வேரில் சிறுகணுக்களின் வளர்ச்சி.

12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல்...

சிறுகணுவில் **நைற்றசவூக்கி, பருப்பீமோகுளோபின்** போன்ற உயிரியவேதிகள் உள்ளன



- **நைற்றசவூக்கி** என்ற- Mo-Fe உள்ள – **ஊக்கிப்புரதம்,** வளிக்கோளத்தின் **நைற்றசன் அம்மோனியாவாக** மாறுவதை வினையூக்குகிறது **(படம்)**

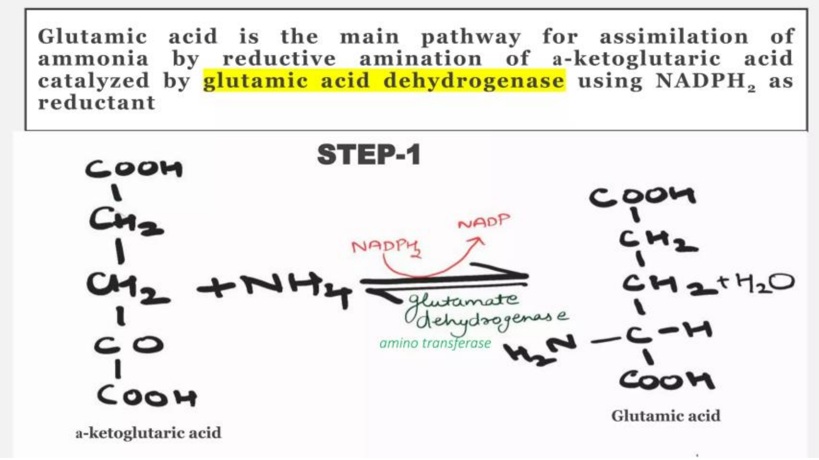


- **அம்மோனியா,** நைற்றசயிருப்பத்தலின் **முதல் நிலைப்புமையான விளைபொருள்** - இந்த வேதிவினை
  - N_2 + $8e^-$ + $8H^+$ + 16அமுபா(ATP) → $2NH_3$ + H_2 + 16அனிபா(ADP) + $16P_i$
- **நைற்றசவூக்கி, ஆக்குசிசமூலக்கூறுக்கு அதிக சுரணையானது**
- அதற்கு **வளியற்ற நிலவரங்கள் தேவை**
- சிறுகணுக்களில், இந்த ஊக்கிப்புரதத்தை **ஆக்குசிசனிலிருந்து பாதுகாக்கும் தகவமைவுகள்** உள்ளன
  - இவற்றில், **பருப்பீமோகுளோபின்** என்ற **ஆக்குசிசக்கவர்வி** (oxygen scavenger) இருக்கிறது
- இந்த நுண்ணுயிரிகள், **தனியாக வாழும் நிலவரங்களில் வளிவாழ்வன** (இங்கு நைற்றசவூக்கி செயலாற்றவில்லை)
- **ஆனால் நைற்றசயிருப்பிக்கும் நிகழ்வுகளில்** (நைற்றசவூக்கியை பாதுகாக்க), அவை **வளியற்றவையாகின்றன**
- மேற்கண்ட வேதிவினையில், அம்மோனியாவை தொகுத்தாக்க, மிக அதிகளவான ஆற்றலை (ஒரு NH_3 உருவாக 8 அமுபாவை) உள்ளிடவேண்டியதிருக்கும்
  - இந்த ஆற்றல், ஓம்புநரின் அணுக்கள் மூச்சுவிடுவதிலிருந்து கிடைக்கிறது

12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல்...

அம்மோனியாவின் நிலை:

- உடலியங்கிய **அசு**வில் (**அ**மிலச் **சு**ட்டெண் - pH), **அம்மோனியா நேர்மின்னியேற்றமடைந்து,** NH_4^+ என்ற **அம்மோனியவயனியா**கும்
  - பெரும்பான்மையான தாவரங்கள், நைற்றேட்டயனியையும் அம்மோனியவயனியையும் தன்வயமாக்கவியலும்
  - எனினும், பிந்தையது, தாவரங்களுக்கு அதிக நச்சுமையானதால், திரளவியலாது
  - இந்த NH_4^+, தாவரங்களில் அமினோவமிலத்தை தொகுத்தாக்க பயன்படுகிறது
- இது நடைபெற, இரண்டு முக்கிய வழிகள் உள்ளன:
- **(அ) ஆக்குசிறக்க அமினாக்கல் (Reductive amination):**
  இந்த நிகழ்முறைகளில், அம்மோனியா, α-கீற்றோ குளுட்டரிகவமிலத்துடன் வினைபுரிவதால், குளுட்டமிகவமிலம் உருவாகிறது

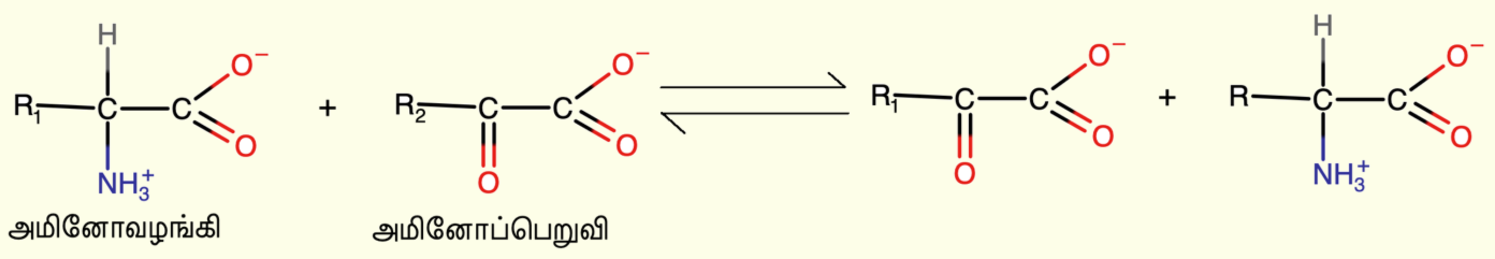


α-கீற்றோகுளுட்டரிகவமிலம் + NH_4^+ + நிடிருபாத(NADPH) —(குளுட்டமேட்டு / ஐதரசநீக்கவூக்கி)→ குளுட்டமேட்டு+H_2O + நிடிருபா(NADP)

12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல்...

அம்மோனியாவின் நிலை:....

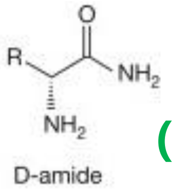
- **(ஆ) அமினமாற்றம் (Transamination):** இது **அமினோத்தொகுதியை,** ஒரு அமினோவமிலத்திலிருந்து - கீற்றோவமிலத்தின் **கீற்றோத்தொகுதிக்கு, மாற்றுகிறது**
  - முதன்மையாக, அமினோத்தொகுதியான NH_2, குளுட்டமிகவமிலத்திலிருந்து மாறும்
  - மற்ற அமினோவமிலங்கள், அமினமாற்றத்தால் (transamination) உருவாகின்றன
  - **அமினமாற்றலூக்கி (transaminase)** என்ற ஊக்கிப்புரதம், இவ்வாறான வேதிவினைகளை வினையூக்குகிறது
  - சான்றாக,



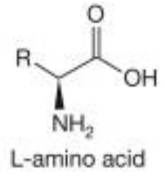
- தாவரங்களில் காணப்படும் இரண்டு மிக முக்கியமான அமைடுகளான- **அசுப்பரசினும் குளுட்டமினும்** (asparagine and glutamine)- **புரதங்களின் கட்டமைப்பில்** இடம்பெறுகின்றன
  - அவை முறையே, அசுப்பரிகவமிலத்திலிருந்தும் குளுட்டமிகவமிலத்திலிருந்தும், ஒவ்வொன்றுடனும் மற்றொரு அமினோத் தொகுதியை சேர்ப்பதால் உருவாகின்றன
  - அமிலத்தின் ஐதராக்குசத்தொகுதியை (hydroxyl), ஒரு அமினோத்தொகுதி (NH2 radicle) மாற்றிடுகிறது

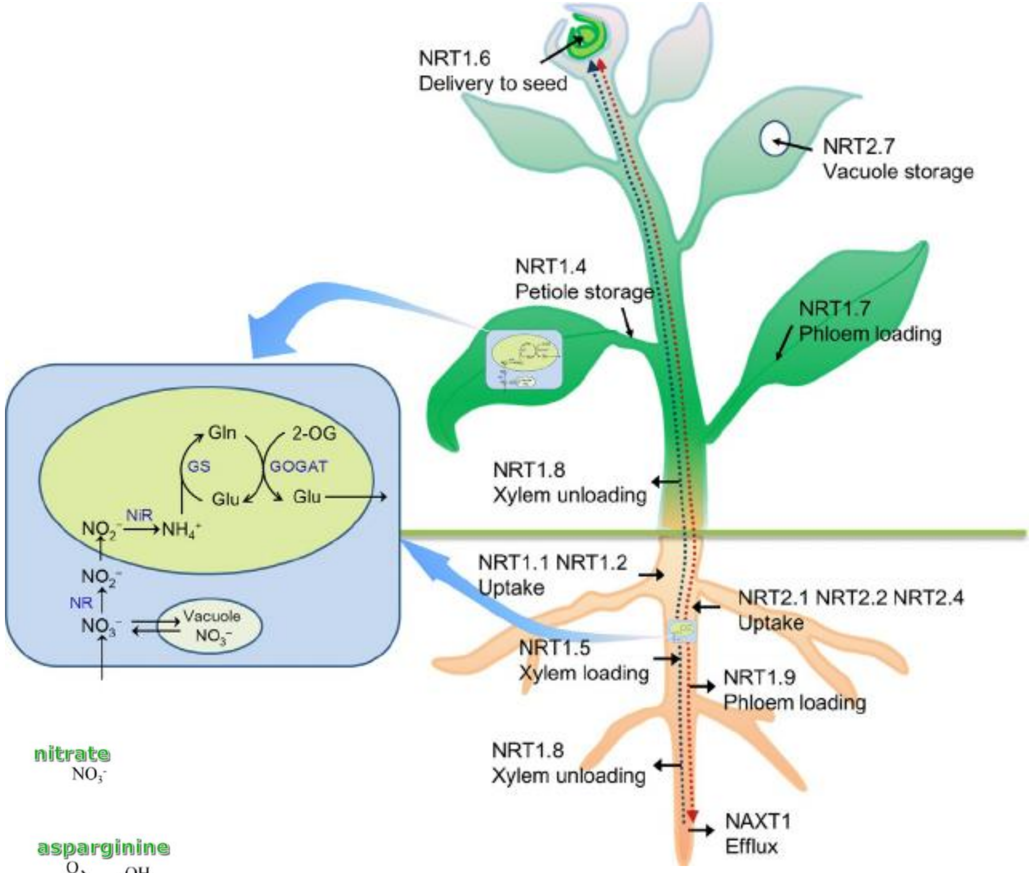
12.6.2 உயிரிய நைற்றச இருப்பித்தல்...

- **அமைடுகளில்** (1), **அமினோவமிலங்களைவிட அதிக நைற்றசன்** இருப்பதால், அவை **கட்டையக்குழல்களின்** (xylem vessels) வழியாக, தாவரத்தின் மற்றப்பகுதிகளுக்கு மாற்றலாகின்றன
- மேலும், சில தாவரங்களின் (சான்றாக சோயவரை) சிறுகணுக்கள் - **கடத்தற் றாரையுடன்** (transpiration stream) இருத்திய நைற்றசனை, **உரைடுகளாக** (ureides) (2) கடத்துகின்றன
- இந்த சேர்மங்களிலும் **நைற்றசக்கரிமவிகிதம்,** குறிப்பிடத்தக்கவகையில் **அதிகம்**

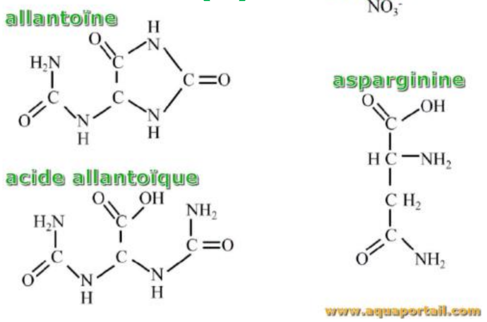


(1)





uréides (2)



பாடச்சுருக்கம் - 1

- தாவரங்கள் தங்கள் **கனிமவூட்டங்களை காற்று, நீர், மண்** ஆகியவற்றிலிருந்து பெறுகின்றன
- தாவரங்கள் பல்வேறு வகையான **கனிமங்களை உட்கவர்கின்றன**
- அவை **உட்கவரும் எல்லா கனிமத்தனிமங்களும் தாவரங்களுக்கு தேவையில்லை**
  - கண்டுபிடிக்கப்பட்ட **105க்கும் மேற்பட்ட தனிமங்களில், 21க்கும் குறைவானவையே,** தாவரங்களின் இயல்பான வளர்ச்சிக்கும் வளராக்கத்துக்கும், அவசியமானவையும் பயனுள்ளவையும்
- பெரிய அளவில் (>10 mmole Kg^{-1}) தேவைப்படும் தனிமங்களை - **பருமவூட்டங்கள்** என்றும், குறைந்தளவிலே (>10 mmole Kg^{-1}) தேவைப்படுபவற்றை - **நுண்ணூட்டங்கள்** என்றும், அழைக்கிறோம்
- இந்த தனிமங்கள், **புரதங்கள், சக்கரேட்டுகள், கொழுப்புகள், உட்கருவமிலங்கள்** போன்றவற்றின் அவசியமான பல்வேறு **வளர்சிதைமாற்ற செயல்முறைகளில்** பங்கேற்கின்றன
- ஒரு அவசியத்தனிமத்தின் **குறைபாடு, குறைபாட்டறிகுறிகளுக்கு** காரணமாகிறது
  - **பச்சையச்சோகை, தசையிறப்பு, வளர்ச்சிமுடக்கம், குறைந்த அணுப்பிரிதல்** போன்றவை சில முக்கிய குறைபாட்டறிகுறிகள்
- தாவரங்கள் **முனைப்ப நிகழ்முறைகளாலோ, முனைப்பற்ற நிகழ்முறைகளாலோ, வேர்களின்மூலம்** கனிமங்களை உட்கவர்கின்றன
  - கட்டைத்திசுமூலம், அவை உயிரினத்தின் எல்லாப்பகுதிகளுக்கும், நீர்க்கடத்தலுடன் செல்கின்றன

பாடச்சுருக்கம் - 2

- வாழ்வு நீடிக்க, **நைற்றசன் மிகவும் அவசியமானது**
- தாவரங்கள் **வளிக்கோள நைற்றசனை, நேரடியாக பயன்படுத்தவியலாது**
  - ஆனால் சில தாவரங்கள், குறிப்பாக **பருப்பு வகைகளின் வேர்கள், N_2ஐ இருப்பிக்கும் பாட்டீரியங்களுடன் இணைந்து, வளிக்கோள நைற்றசனை, உயிரிகள் பயன்படுத்தக்கூடிய வடிவங்களாக மாற்றுகின்றன**
- N_2ஐ இருப்பிக்க, **வலுவான ஆக்குசிறக்கியும், அடினசின் முப்பாசுபேட்டின் வடிவில் ஆற்றலும்** தேவைப்படுகின்றன
- நைற்றசனை இருப்பிக்கும் **நுண்ணுயிரிகளின் (முக்கியமாக கிழங்கியம்) உதவியுடன்,**- N_2இருப்பித்தல் நிறைவேறுகிறது
- N_2இருப்பித்தலில், முக்கியப்பங்கை வகிக்கும் **ஊக்கிப்புரதமான நைற்றசவூக்கி, ஆக்குசிசனுக்கு மிகவும் சுரணையானது**
- பெரும்பாலான நிகழ்முறைகள், **வளியற்ற சூழலில் நடைபெறுகின்றன**
- தேவையான **ஆற்றல் (அமுபா), ஓம்புயிரியணுக்கள் மூச்சுவிடுவதிலிருந்து கிடைக்கிறது**
- N_2இருப்பித்தலால் **விளையும் அம்மோனியா, அமினோத்தொகுதியாக அமினோவமிலங்களுடன் இணைகிறது**