المحاضرة التاسعة

العناصر الضرورية ESSENTIAL ELEMENTAL
ودورات العناصر الكبرى والصغرى في الطبيعة

مقدمـــــه:

سميت هذه العناصر بالعناصر الضرورية نظراً لأن غياب أحدها يسبب نقصاً فى نمو النبات وقد تظهر على النبات أعراض نقصه وقد يؤدى هذا النقص الى عدم استكمال النبات لدورة حياته وكل عنصر من هذه العناصر يقوم بدور خاص فى حياة النبات ولا يمكن أن يعوض فقده عنصر آخر .

وقسمة العناصر الضرورية الى قسمين :

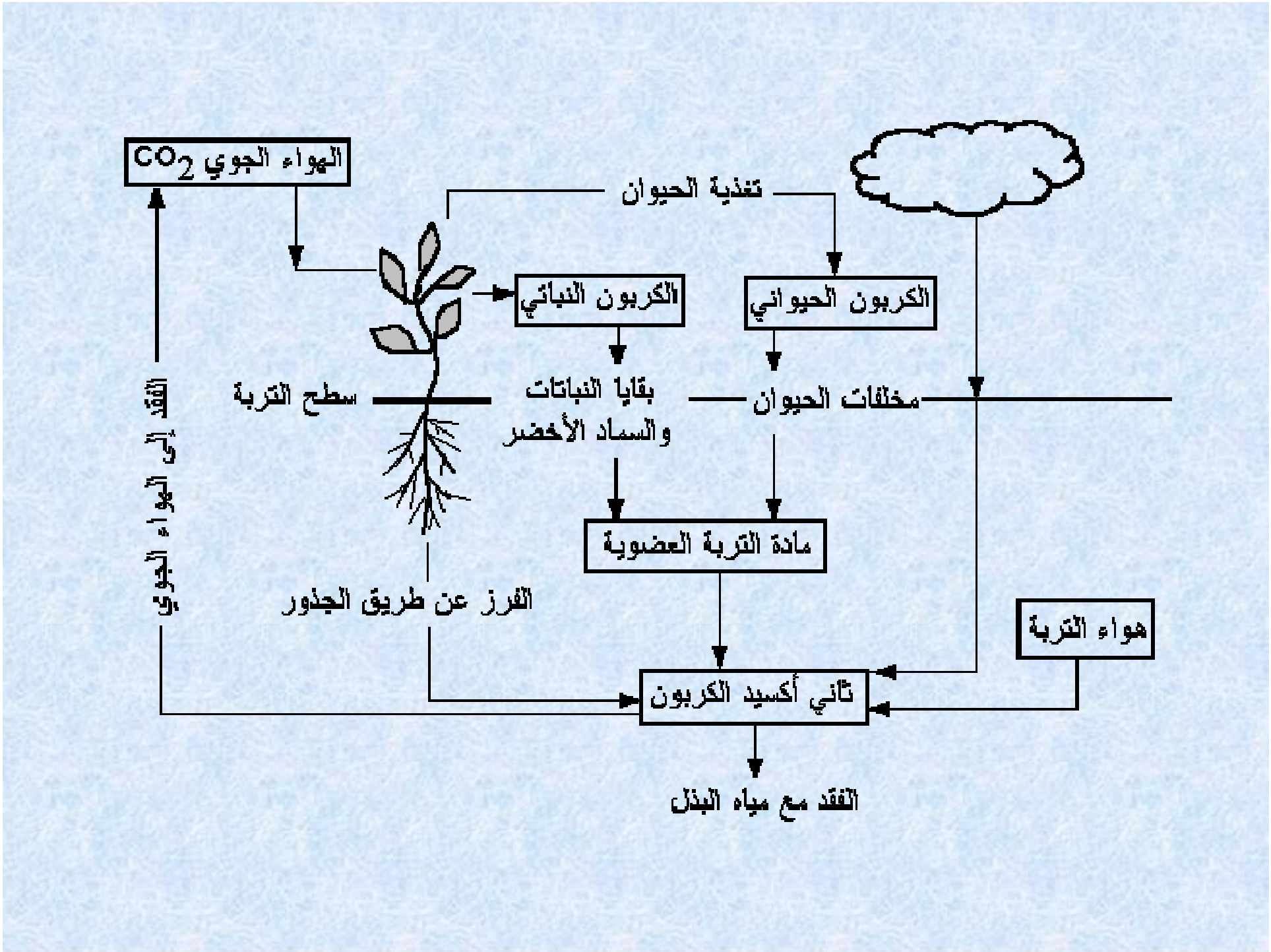
عناصر يحتاجها النبات بكميات كبيرة وتسمى بالعناصر الكبرى major on macro elements وهى الكرون – الأيدروجين – الأكسجين – النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – المغنسيوم – الكالسيوم – الكبريت – الحديد .

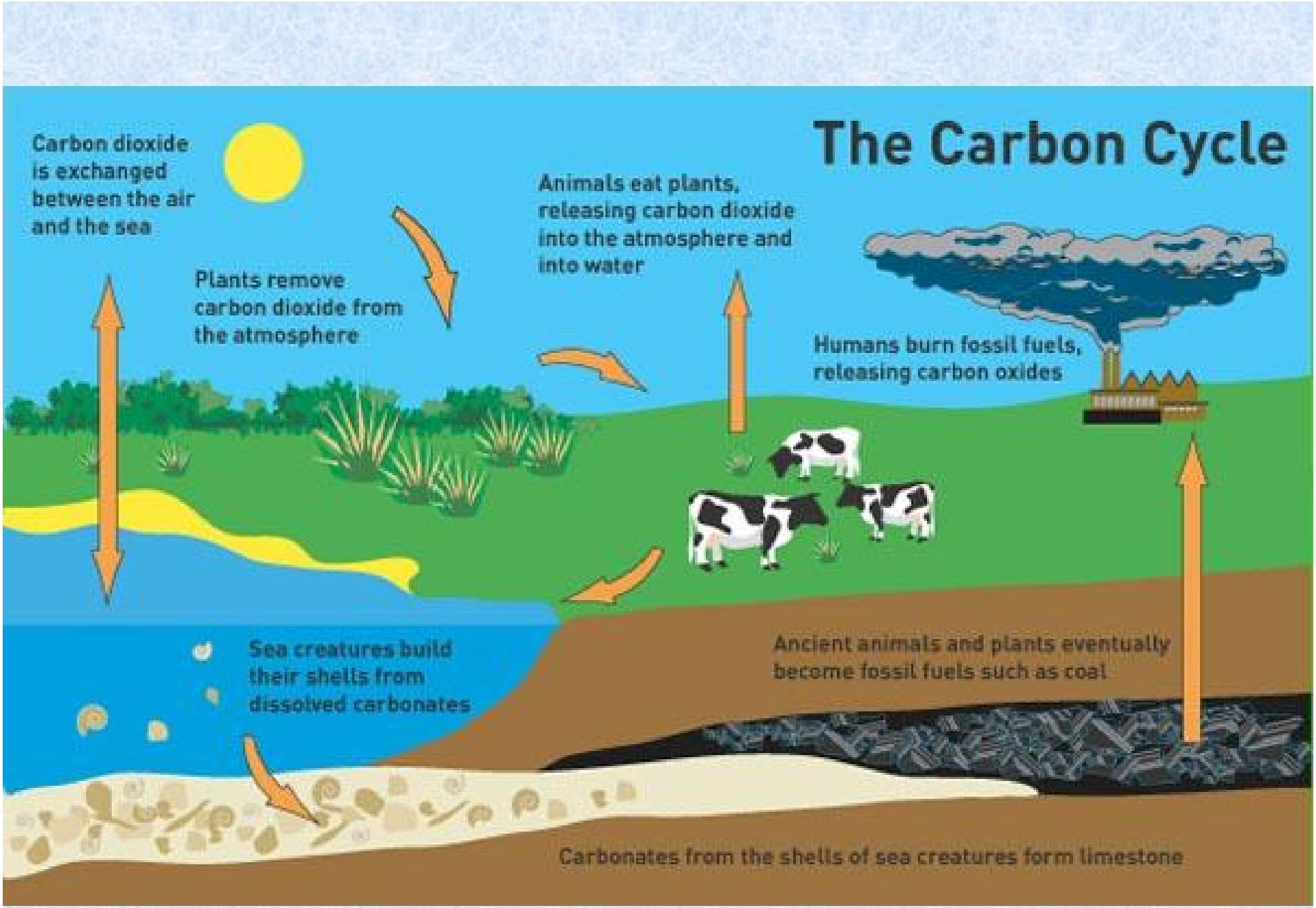
عناصر يحتاجها النبات بكميات ضئيلة وتسمى بالعناصر الصغرى minor or trac elements ومنها المنجنيز – البورون – النحاس – الزنك – الموليدنيم .

ولقد تأخر الكشف عن أهمية هذه العناصر الصغرى لأن الأملاح التى كانت تستعمل فى إمداد النباتات بالعناصر الكبرى لم تكن نقية تماماً ومن المحتمل أنها كانت تحتوى على شوائب من العناصر الصغرى مما لم يلفت النظر لأهميته .

دورة الكربون فى الطبيعة:

يعد الكربون أكثر العناصر أهمية فى عالم البيولوجيا وهو حجر الزاوية فى عميلة البناء العضوي للتركيب الخلوي وتحتوى الأنسجة النباتية على نسبة عالية من هذا العنصر وتقدر هذه النسبة بما يقرب الى ٥٠٪ من الوزن الجاف لهذه الأنسجة ، ومصدر هذا الكربون هو ثاني أكسيد الكربون الموجود فى الغلاف الجوى (٠,٠٣ ٪ من الغلاف الجوى) ومن مخطط دورة الكربون فى الطبيعة يلاحظ بأن ثانى أكسيد الكربون يمتص من قبل النباتات بعملية البناء الضوئي ويتحول الي مركبات عضوية فى الأنسجة النباتية ، وينتقل هذا الكربون الى جسم الحيوانات وذلك بعد أن تتغذى هذه الحيوانات على النباتات كمواد علفية والحاوية على الكربون على شكل مركبات عضوية ، وبذلك يتحول الكربون الى مادة بنائية للأنجسة الحيوانية ، إن بقايا النبات والحيوان تصبح مصدراً مهماً لمادة التربة العضوية ومادة التربة العضوية تضم مكونات مختلفة منها الدهون والكربوهيدرات والبروتينات واللجنين ومواد صمغية ومواد أخرى ، تقوم الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة بتحليل هذه المواد ويبدأ التحلل بالمواد البسيطة التحلل ويلى ذلك المواد الأصعب تحللاً وينتج عن هذا التحلل ثانى أكسيد الكربون .


الهواء الجوي CO_2
تغذية الحيوان
الكربون النباتي
الكربون الحيواني
سطح التربة
بقايا النباتات والسماد الأخضر
مخلفات الحيوان
الفقد إلى الهواء الجوي
مادة التربة العضوية
الفرز عن طريق الجذور
هواء التربة
ثاني أكسيد الكربون
الفقد مع مياه البذل

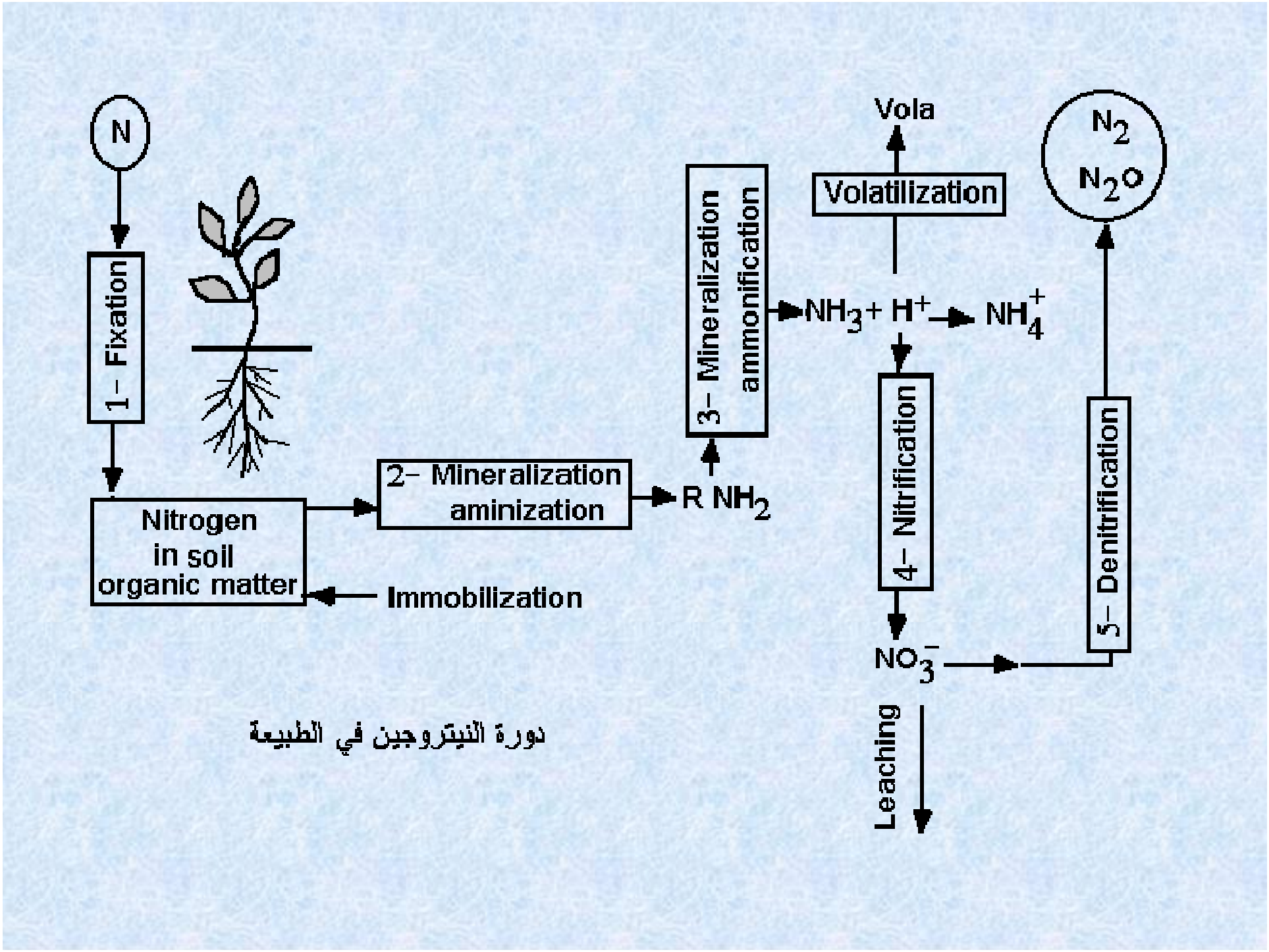

The Carbon Cycle
Carbon dioxide is exchanged between the air and the sea
Plants remove carbon dioxide from the atmosphere
Animals eat plants, releasing carbon dioxide into the atmosphere and into water
Humans burn fossil fuels, releasing carbon oxides
Sea creatures build their shells from dissolved carbonates
Ancient animals and plants eventually become fossil fuels such as coal
Carbonates from the shells of sea creatures form limestone

ومن المصادر الأخرى لثانى أكسيد الكربون غير المصدر الخاص بالمادة العضوية هى هواء التربة حيث تقدر نسبة ثانى أكسيد الكربون فيه ٠,٣ الى ١ ٪ وهى أعلى بكثير من نسبة ثانى أكسيد الكربون الموجودة فى الهواء الجوى وهذه النسبة مصدرها تنفس الكائنات الحية الدقيقة التى تقوم باستهلاك الأوكسجين وتحرر ثانى أكسيد الكربون يضاف الى ذلك كميات قليلة من ثانى أكسيد الكربون الذى تفرزه جذور النباتات وكذلك ثانى أكسيد الكريون القادم الى التربة مع ماء المطر ويعود ثانى اكسيد الكربون المتجمع داخل التربة الى الهواء الجوى ليعاد استعماله من قبل النبات وكذلك تعاد الدورة وجزءاً قليلاً منه يفقد مع مياه البزل.

دورة النيتروجين فى الطبيعة:

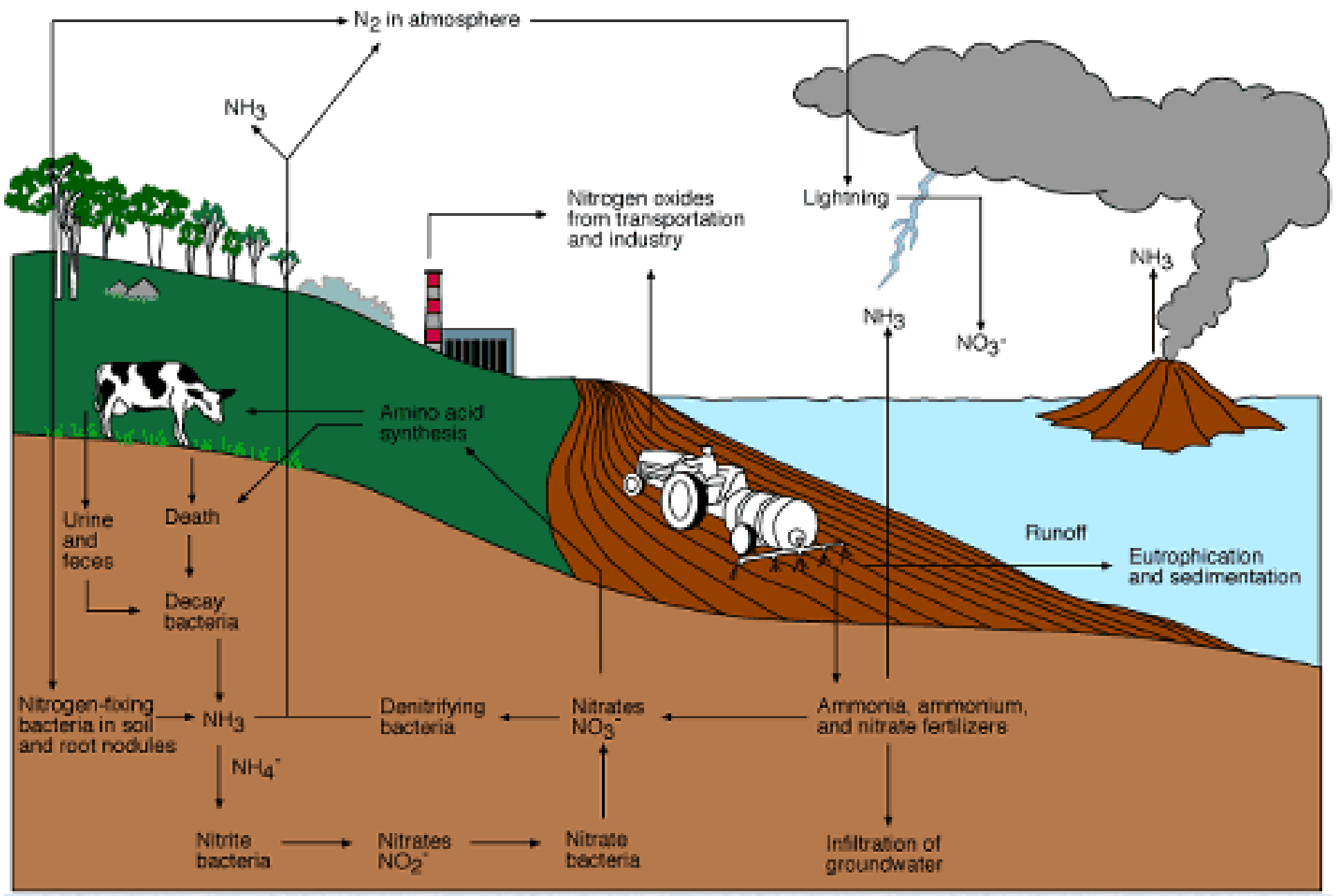
يعد عنصر النيتروجين من العناصر الغذائية الرئيسة الضرورية لنمو لنبات ،حيث تحتاجه معظم النباتات بكميات كبيرة مقارنة ببقية العناصر الغذائية الأخرى وذلك من أجل تحسين كمية ونوعية ناتج المحاصيل الزارعية ، تقدر نسبة النتروجين فى الجو ٧٩٪ كحجم اما نسبته فى التربة فإنها تختلف من تربة الى أخرى وذلك استناداً الى نوعية وطبيعة تكوين التربة ودرجة خصوبتها وكذلك للظروف المناخية السائدة ، وبصورة عامة يتراوح متوسط كمية النيتروجين الكلى فى التربة ما بين ٠,٠٣ الى ٠,١ ٪ تحت الظروف الطبيعية الاعتيادية ، الترب ذات المحتوى العالى من المادة العضوية تكون غنية بمحتواها من النيتروجين الكلى مقارنة بمحتوى الترب الفقيرة بمحتواها من المادة العضوية .

لا يمكن للنبات أن يستفيد فى عمليات الامتصاص من نيتروجين الهواء الجوى والنيتروجين العضوى للتربة بهذه الصورة لذلك يجب أن تتحول هذه الصور الى صورة معدنية سهلة الامتصاص من قبل النبات ، النيتروجين المضاف الى التربة بشكل سماد والنيتروجين الموجود أصلاً فى التربة بشكليه المعدنى والعضوى تتعرض الى عمليات فقد وتحولات وهذه العمليات يمكن توضيحها عن طريق دورة النيتروجين فى الطبيعة.



دورة النيتروجين في الطبيعة

Nitrogen Cycle



ان دورة النيتروجين فى الطبيعة كما هو موضح فى الشكل السابق يتكون من عدة خطوات رئيسة هى :

أولا: تثبيت النيتروجين:

النيتروجين الجوى المثبت بوساطة الشحنات الكهربائية المفرغة فى الجو بوساطة عملية البرق حيث يتحول النيتروجين الجزئى الى نترات تصل التربة مع ماء المطر المتساقط.

فضلات الحيوان والانسان المضافة للتربة كأسمدة عضوية .

بقايا ومخلفات النبات .

الأسمدة الخضراء التى تزرع لغرض التسميد العضوى ومن أهم هذه النباتات هى النباتات البقولية مثل الترمس والفول والبرسيم. يتحول الى صورة معدنية .

ثانياً : نيتروجين التربة العضوى:

الموجود على شكل بروتينات يتحول الى أحماض امينية وتسمى هذه العملية بعملية الـ aminization **البروتينات بوجود الماء يتحول الى الامينات والأحماض الامينية وكما فى المعادلة الآتية :**

R –NH2 + CO2 + **طاقة** + **مواد اخرى**

Protein

فى هذه العملية تتحول المركبات العضوية (البروتينات) المعقدة الى مركبات ابسط (أمينات وأحماض أمينية) .

ثالثاً : الأمينات والأحماض الامينية المتحررة من المادة العضوية:
تتحول الى امونيا بوساطة عملية الاختزال ammonification
بوجود الماء والكائنات الحية غير ذاتية التغذية وحسب المعادلة الآتية :

$$NH2 + H2O \longrightarrow NH3 + ROH + R. \text{ طاقة}$$

والأمونيا المتكونة تتحول الى أمونيوم NH **حسب المعادلات الآتية :**

$$NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow (NH_4)\,CO_3$$

$$(NH_4)\,CO_3 \longrightarrow 2NH_4 + CO_3$$

رابعاً : الأمونيوم المتكونة تتعرض الى عدة عمليات منها :
عملية التأزت : في هذه العملية التي هي عملية أكسدة تتحول الأمونيوم الى نتريت بوساطة بكتريا متخصصة هي بكتريا الـ Nitrosomonas **والنتريت بدوره يتأكسد الى نتراث** Nitrobacter **بوساطة بكتريا متخصصة هي بكتريا الـ**
ويمكن توضيح هذه العملية بالمعادلات الآتية :

Nitrosomonas

1. $NH_4 + 1\frac{1}{2}\ O_2 \longrightarrow NO_2 + 2H + H_2O +$ طاقة

Nitrobacter

$2\ NO_2 + \frac{1}{2}\ O_2 \longrightarrow NO_3 +$ طاقة

عملية الامتصاص من قبل النبات :

عملية الاستهلاك من قبل الكائنات الحية الدقيقة خاصة غير ذاتية التغذية الموجودة فى التربة .

عملية التبادل فى هذه العملية يمكن ان تتحول الأمونيوم الى صورة متبادلة على سطوح غرويات التربة وهى الصورة الجاهزة والمتيسرة للامتصاص من قبل النبات .

وصورة الامونيوم المتبادلة هذه تكون فى حالة اتزان مع الأمونيوم المثبت والأمونيوم المتواجدة فى محلول التربة (الآمونيوم).

NH4 ========== NH4 ========== NH4

المثبت المتبادل محلول التربة

المثبت هو مخزن للأمونيوم المتبادل والأمونيوم المتبادل هو مخزن للأمونيوم الموجود فى محلول التربة .

خامساً : النترات المتكونة من الأمونيوم:

تتعرض الى عدة عمليات فى التربة ومن أهم هذه العمليات :

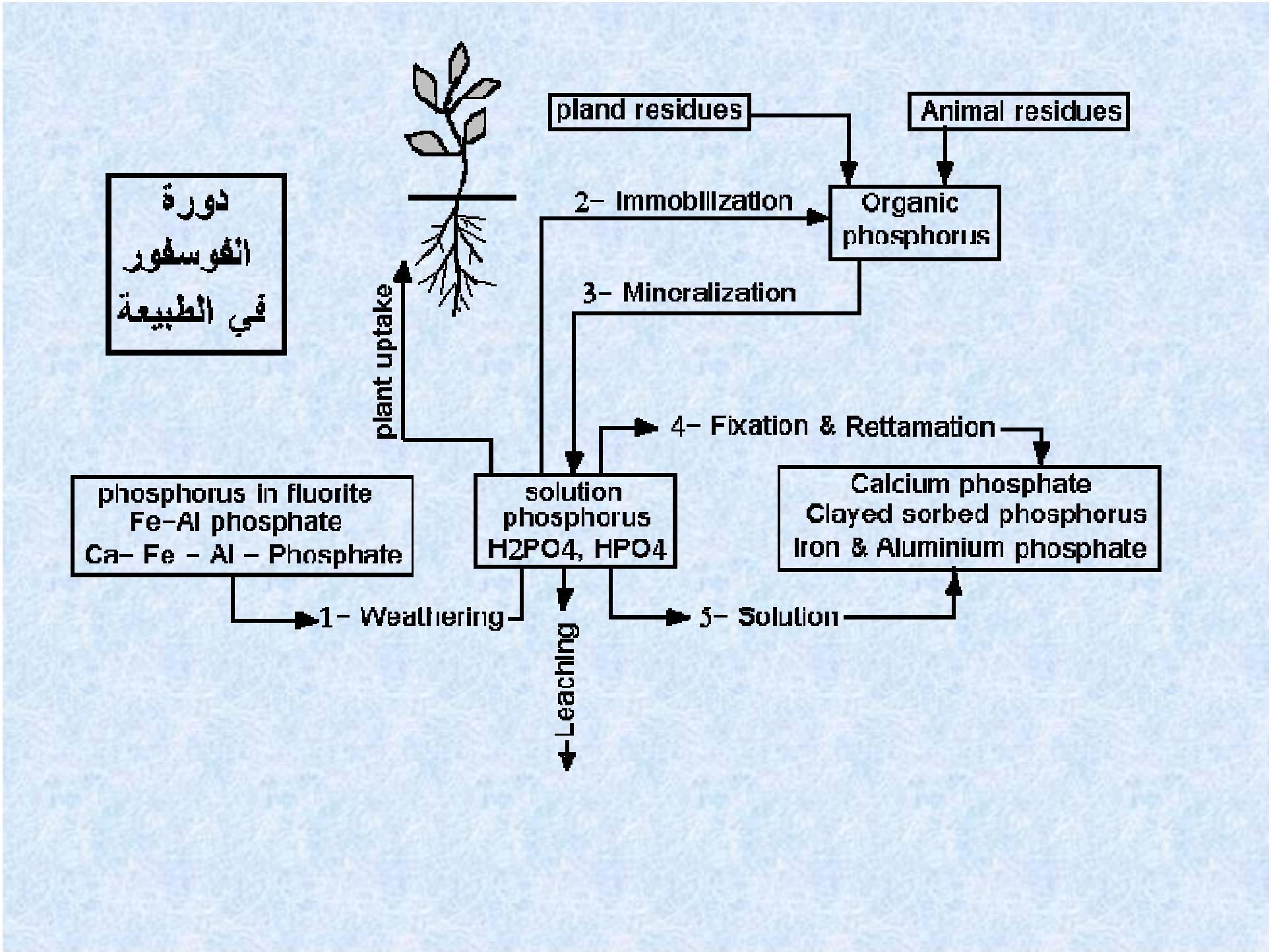
عملية الامتصاص من قبل النبات .

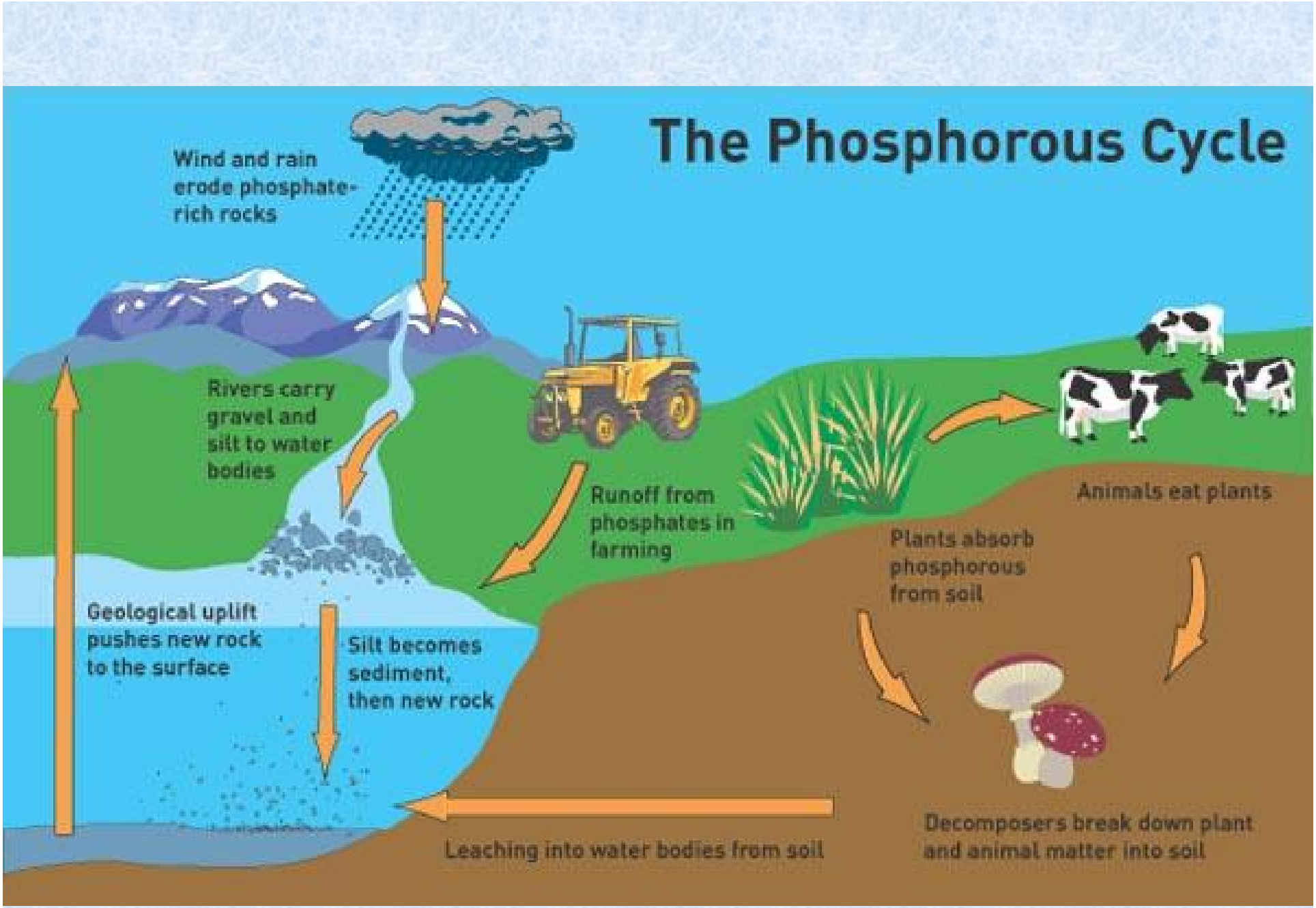
عمليات الفقد بالغسل من محلول التربة ذات النفاذية الجيدة وكذلك الفقد بعمليات التهوية الريحية والمائية .

عمليات الفقد من التربة على شكل غازات ومن أهم هذه العمليات عملية الـ Denitification هذه العملية هى عملية اختزال للنترات تحت ظروف التهوية الرديئة للتربة .

دورة الفوسفور :

يعد عنصر الفوسفور مفتاح الحياة وذلك لكونه من أهم مكونات الخلية النباتية ولدوره المباشر فى الكثير من العمليات الحيوية الفيولوجية التى يقوم بها النبات ، إن عنصر الفوسفور يلى عنصر النيتروجين من حيث الأهمية فى خصوبة التربة وتغذية النبات ، ويوجد هذا العنصر بالتربة بكميات قليلة مقارنة بالكمية التى يتواجد فيها كل من النيتروجين والوباتاسيوم ، تتروواح نسبة هذا العنصر ٠,١١ ٪ فى القشرة الأرضية ووتراوح نسبة الكلى منه فى التربة بين ٠,٠٣ الى ٠,١٥٪ يتراكم هذا العنصر فى الطبقات السطحية من التربة الزراعية وذلك نظراً لكون نسبة ضئيلة منه تفقد مع مياه النزل للتربة وكذلك لأن ما يفقد منه بامتصاص النبات قليل ايضاً .

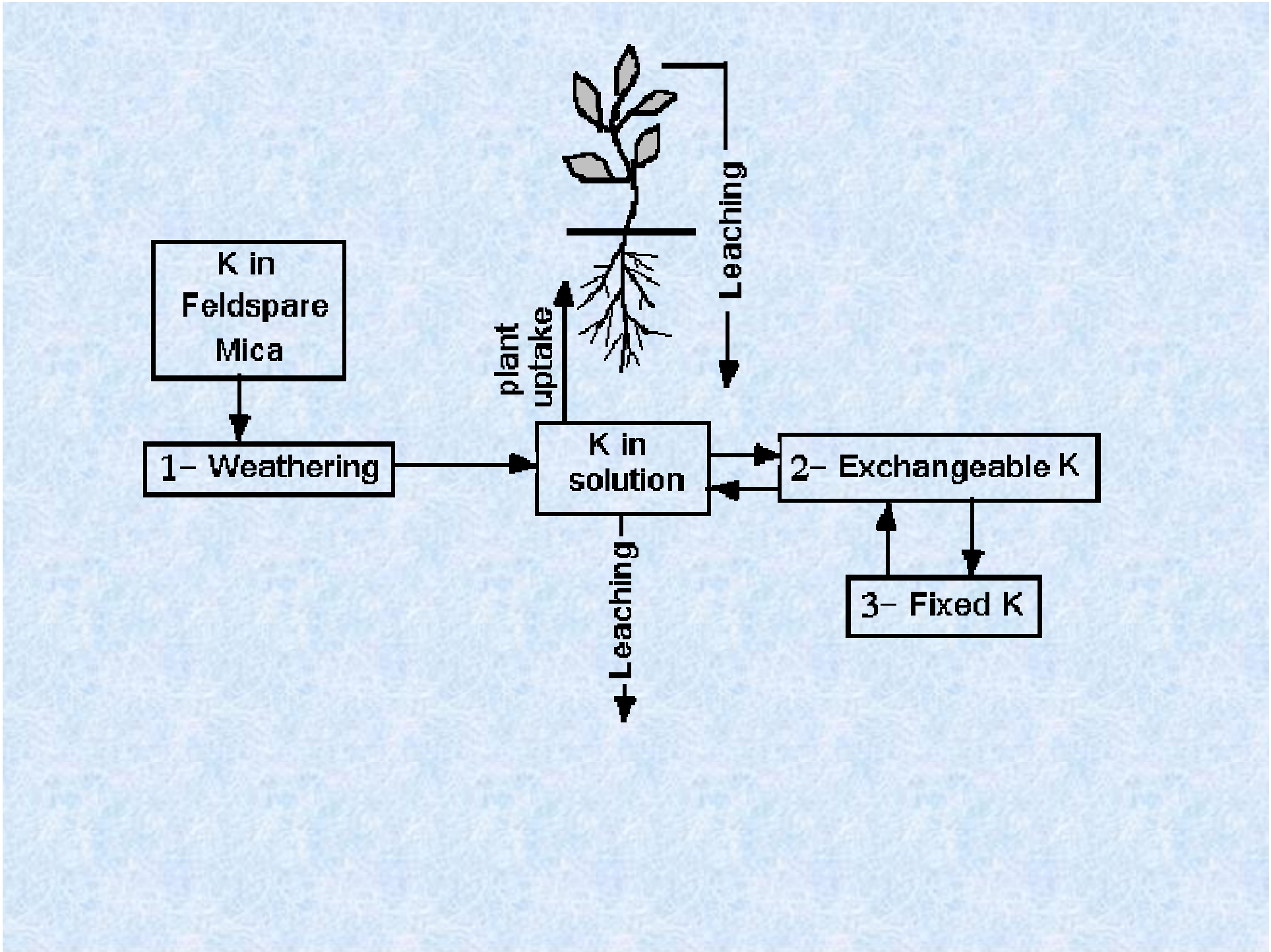

دورة
الفوسفور
في الطبيعة
pland residues
Animal residues
2- Immobilization
Organic
phosphorus
3- Mineralization
plant uptake
4- Fixation & Rettamation
phosphorus in fluorite
Fe-Al phosphate
Ca- Fe - Al - Phosphate
solution
phosphorus
H2PO4, HPO4
Calcium phosphate
Clayed sorbed phosphorus
Iron & Aluminium phosphate
1- Weathering
Leaching
5- Solution

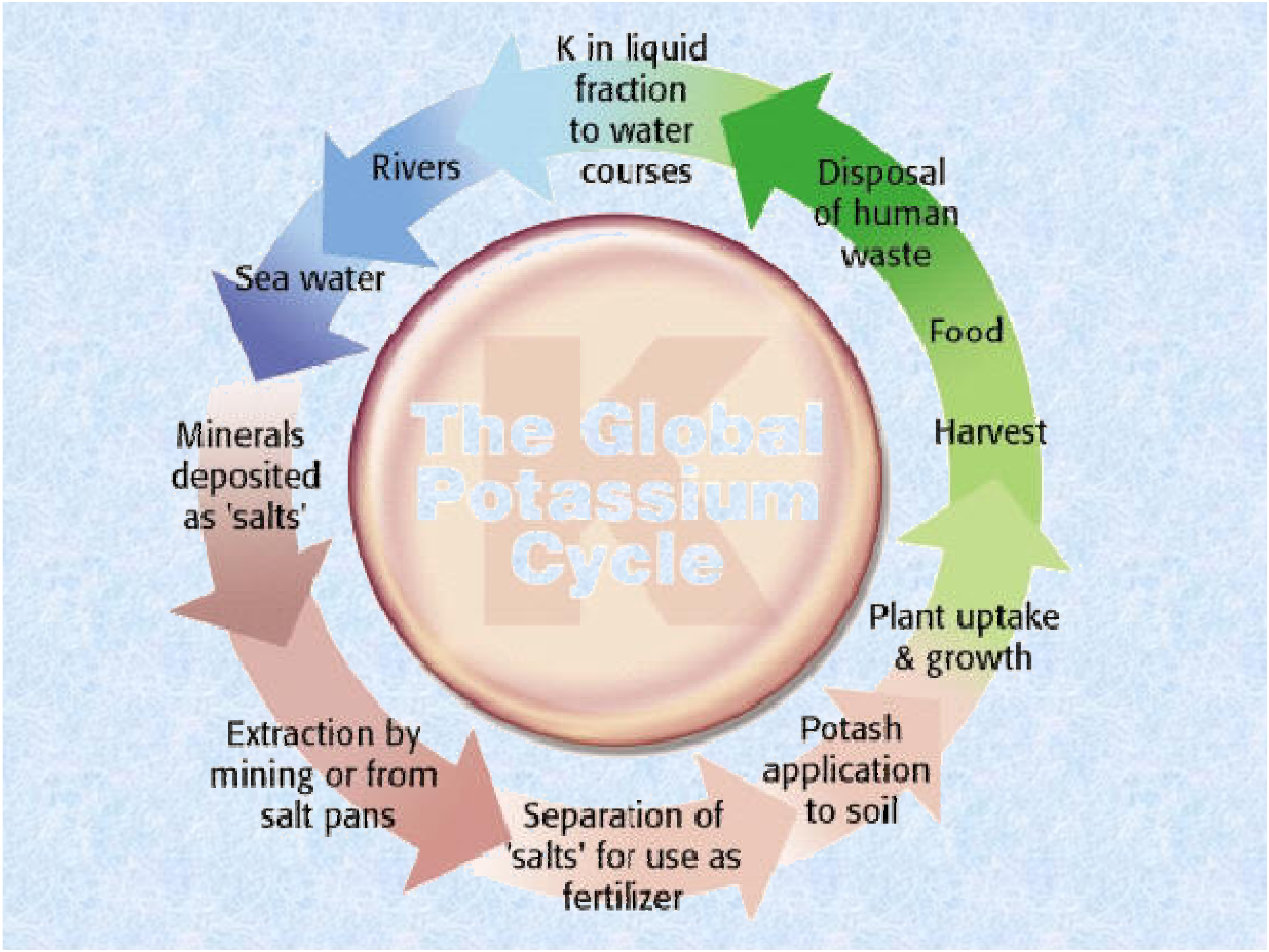

The Phosphorous Cycle
Wind and rain erode phosphate-rich rocks
Rivers carry gravel and silt to water bodies
Runoff from phosphates in farming
Animals eat plants
Plants absorb phosphorous from soil
Geological uplift pushes new rock to the surface
Silt becomes sediment, then new rock
Leaching into water bodies from soil
Decomposers break down plant and animal matter into soil

دورة البوتاسيوم :

يعد البوتاسيوم من العناصر المهمة والضرورية للنبات وأهميته لا تقل عن أهمية كل من النيتروجين والفوسفور ومعدل احتواء قشرة الأرض من هذا العنصر تقرب من ٢,٦ ٪ كوزن .

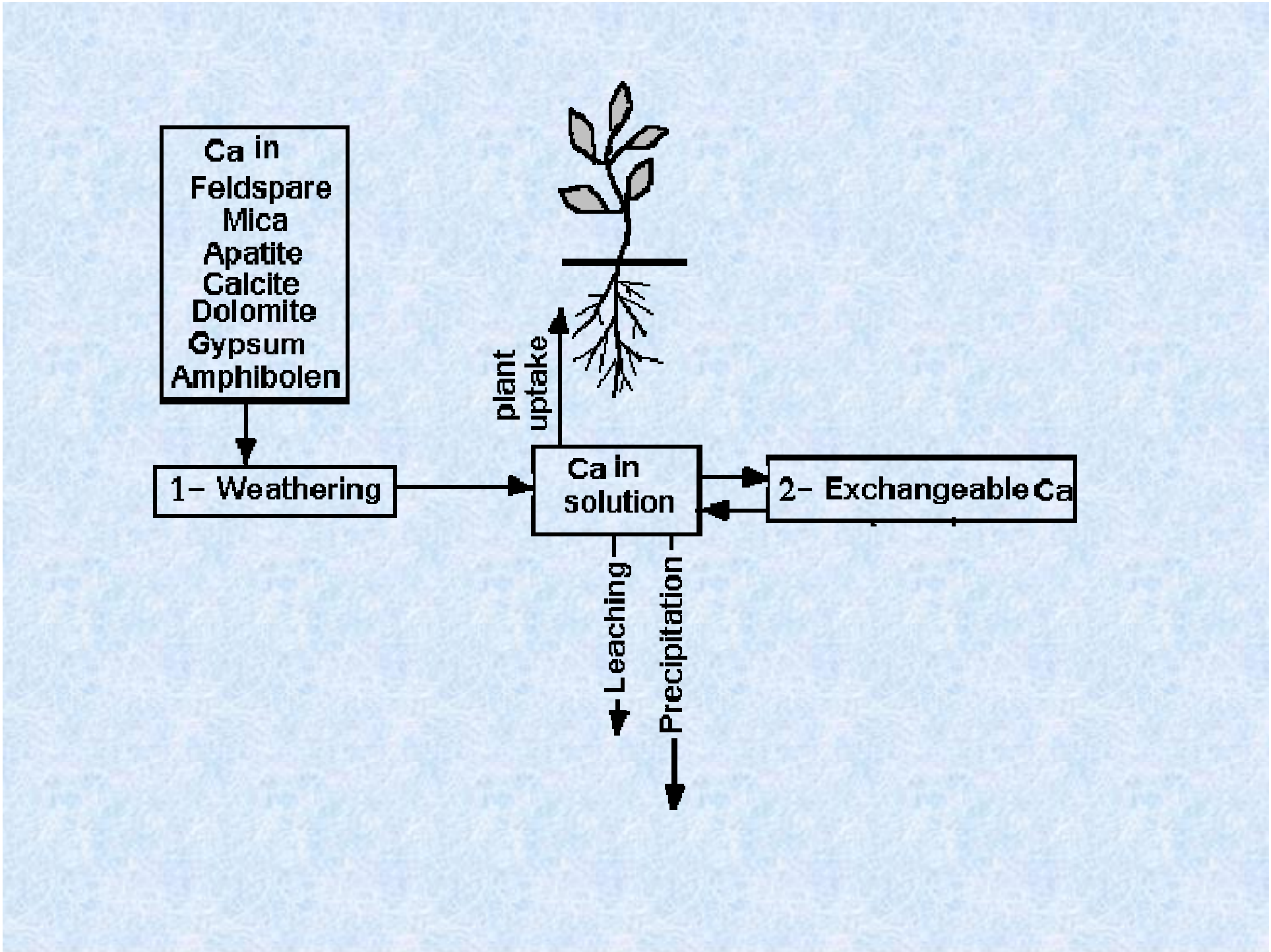
ويتواجد البوتاسيوم بالتربة في أربعة صور هي البوتاسيوم الذائب والمتبادل والموجود بين طبقات معادن الطين والموجود في بناء معادن الطين. وتعتبر الصورة الذائبة والمتبادلة هي أكثر الصور صلاحية للنبات.


K in
Feldspare
Mica
1– Weathering
plant
uptake
Leaching
K in
solution
Leaching
2– Exchangeable K
3– Fixed K


The Global Potassium Cycle
K in liquid fraction to water courses
Rivers
Sea water
Minerals deposited as 'salts'
Extraction by mining or from salt pans
Separation of 'salts' for use as fertilizer
Potash application to soil
Plant uptake & growth
Harvest
Food
Disposal of human waste

دورة الكالسيوم والمغنيسيوم :

يعد كل من الكالسيوم والمغنيسيوم من العناصر الغذائية الضرورية والأساسية فى خصوبة التربة وتغذية النبات وان محتوى قشرة الأرض من عنصر الكالسيوم عالية وتقدر بما يقرب من ٣,٦٤٪ وأما محتوى عنصر المغنيسيوم فيقدر بحوالى ١,٩٣٪ ان محتوى الترب من عنصرى الكالسيوم والمغنيسيوم مختلف وذلك كنتيجة لاختلاف نوعية الترب ومادة الأصل وكذلك الظروف المناخية والجيولوجية السائدة .


Ca in
Feldspare
Mica
Apatite
Calcite
Dolomite
Gypsum
Amphibolen
plant uptake
1- Weathering
Ca in solution
2- Exchangeable Ca
Leaching
Precipitation

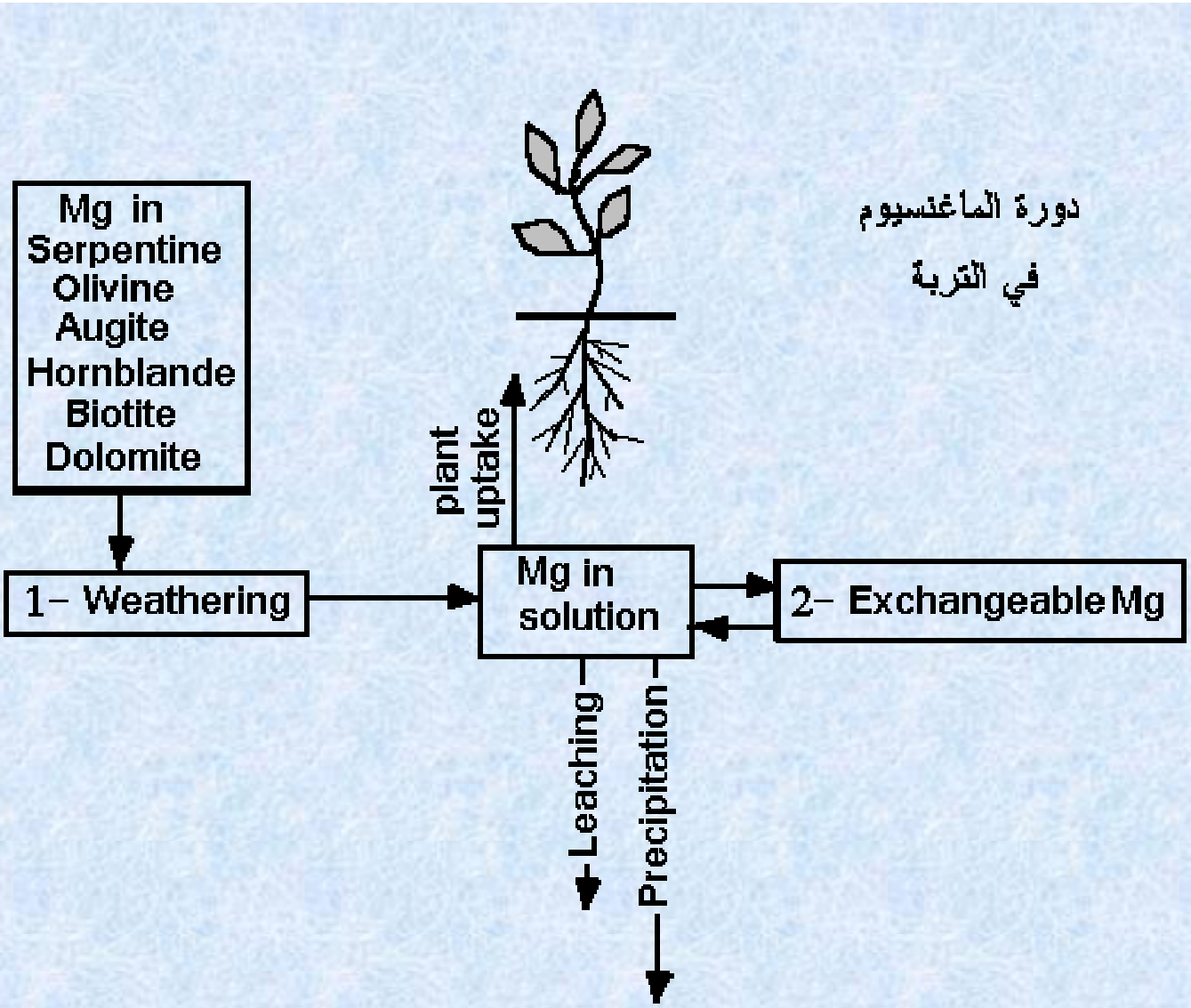
دورة المغنيسيوم فى التربة:

يوجد المغنيسيوم Mg2 **فى التربة كمادة أصل فى المعادن الاولية والمعادن الثانوية ومن أهم هذه المعادن البيوتيت والدولومايت والايوكايت (** Mg , Fe , A1 **)** Augite – Hormblende : Ca2 A12 Mg2) **الهورنبلند**

ومعدن الـ (Si , A1)2 O6) serpentine **–)** Fe 3 , Si6 O22 ((OH)2 **)**

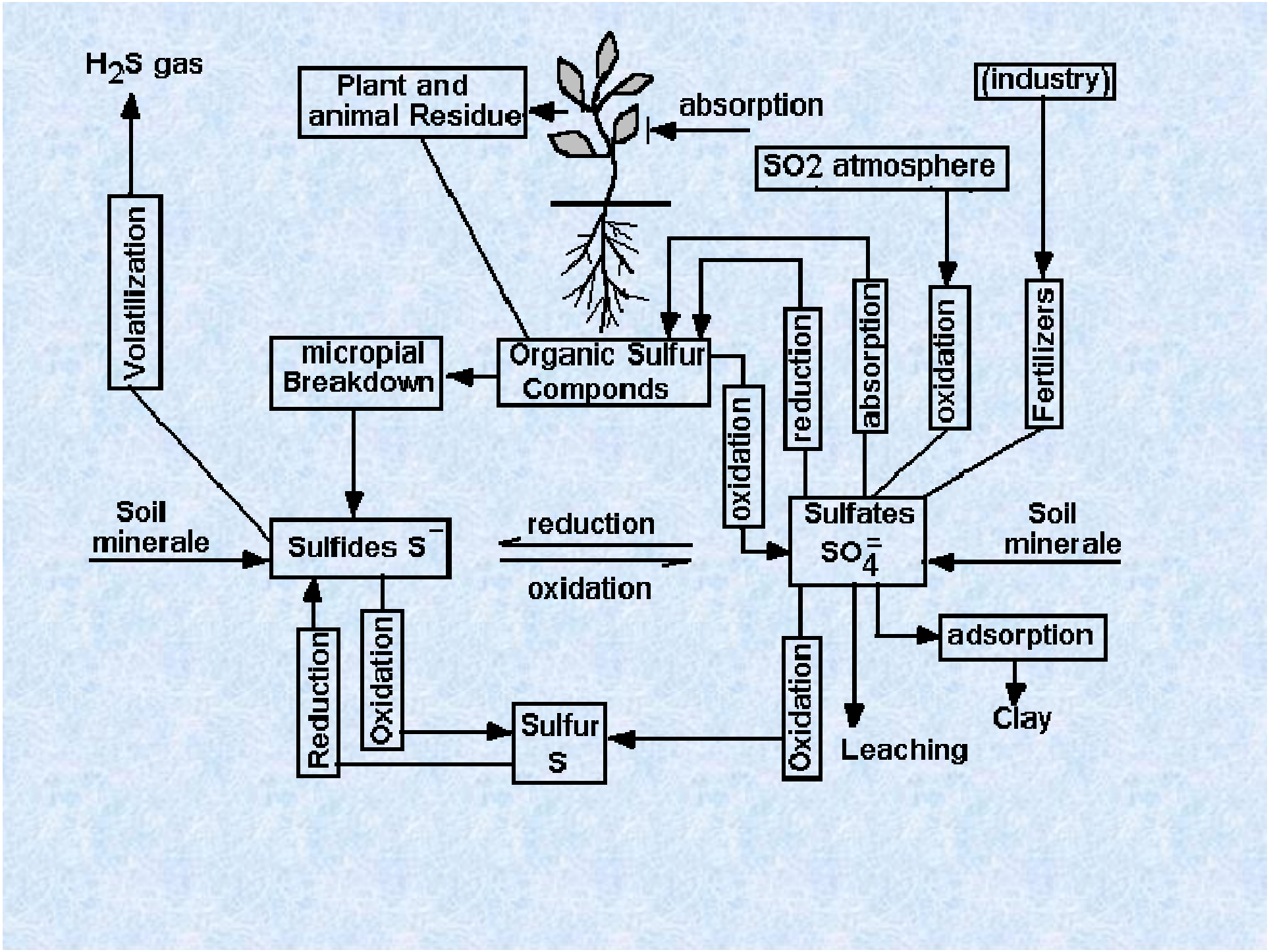
ومعدل الأولفين (Mg , Fe)2 SiO4) (Olivine : **ومعادن الطين الثانوية مثل الأليت والمونتمورولنيت والكلورايت والفورميكوليت ، يتحرر المغنيسيوم ومن هذه المعادن الأولية والثانوية وذلك عند تعرضه الى عمليات التجوية الى محلول التربة على صورة ايون المغيسيوم الذائب . والمغنيسيوم الذائب هذا قد يحدث له :**

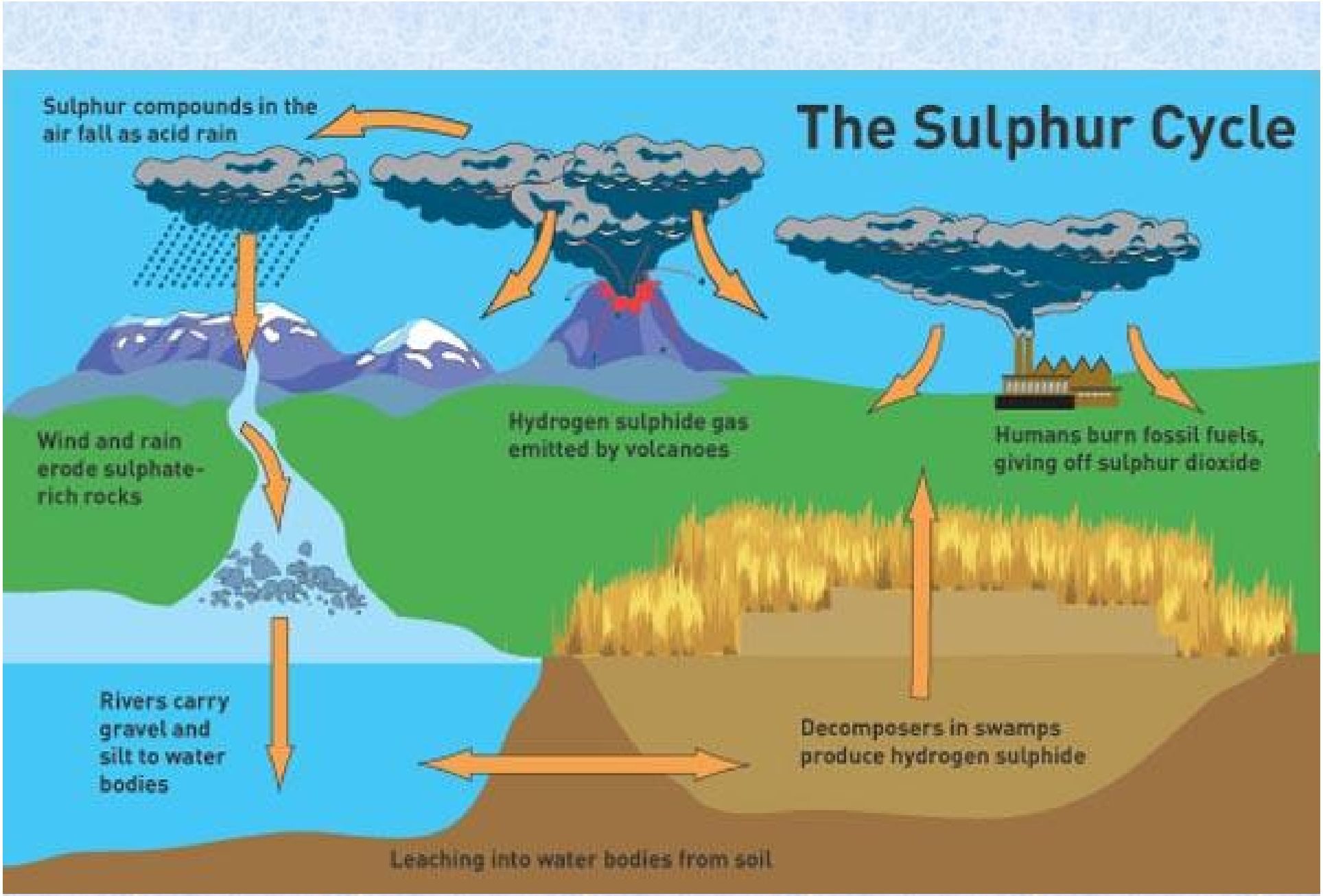
يمتص من قبل النبات عن طريق عملية الانتشار الى جذور النبات .
الفقد من التربة بعمليات الغسل .


دورة الماغنسيوم
في التربة
Mg in
Serpentine
Olivine
Augite
Hornblande
Biotite
Dolomite
1- Weathering
plant uptake
Mg in solution
2- Exchangeable Mg
Leaching
Precipitation

دورة الكبريت :

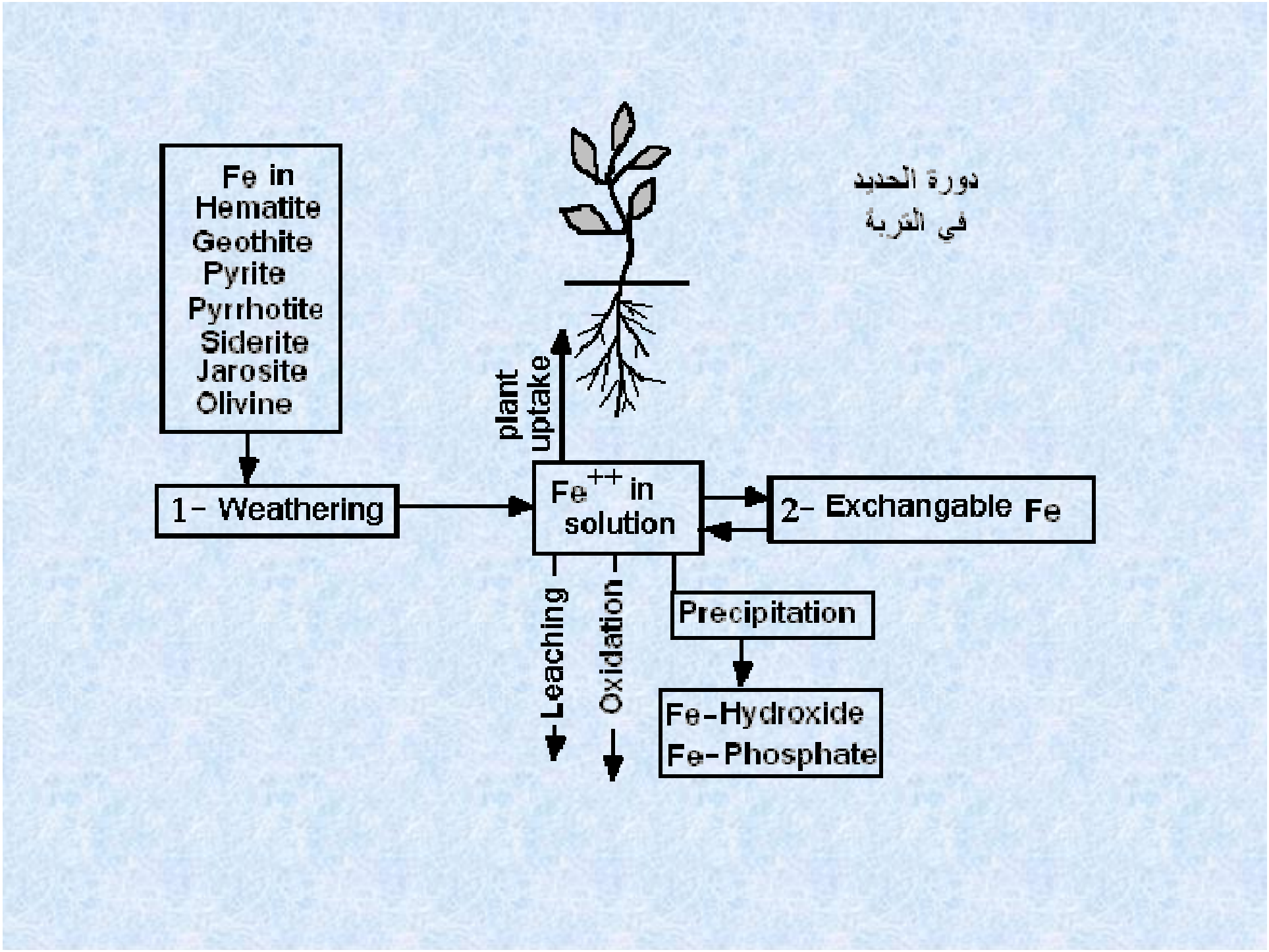
ان محتوى قشرة الأرض من العنصر الغذائى الضرورى الكبريت هو ٠,٠٦٪ ويوجد على شكل عضوى وغير عضوى الشكل الأول هو الذى يوجد عليه أغلب الكبريت فى التربة وذلك ضمن محتويات المادة العضوية وخاصة تحت الظروف المناخية الرطبة ومن هذا يتضح بأن كمية كبريت التربة تتناسب تناسباً طردياً مع محتوى التربة من المادة العضوية ، اما فى المناطق الجافة فإن صورة الكبريتات هى الصورة المعدنية السائدة فى ترب هذه المناطق .


H_2S gas
Plant and animal Residue
absorption
(industry)
SO2 atmosphere
Volatilization
micropial Breakdown
Organic Sulfur Componds
reduction
absorption
oxidation
Fertilizers
oxidation
Soil minerale
Sulfides S^-
reduction
oxidation
Sulfates $SO_4^=$
Soil minerale
Reduction
Oxidation
adsorption
Clay
Sulfur S
Oxidation
Leaching


The Sulphur Cycle
Sulphur compounds in the air fall as acid rain
Wind and rain erode sulphate-rich rocks
Hydrogen sulphide gas emitted by volcanoes
Humans burn fossil fuels, giving off sulphur dioxide
Rivers carry gravel and silt to water bodies
Decomposers in swamps produce hydrogen sulphide
Leaching into water bodies from soil

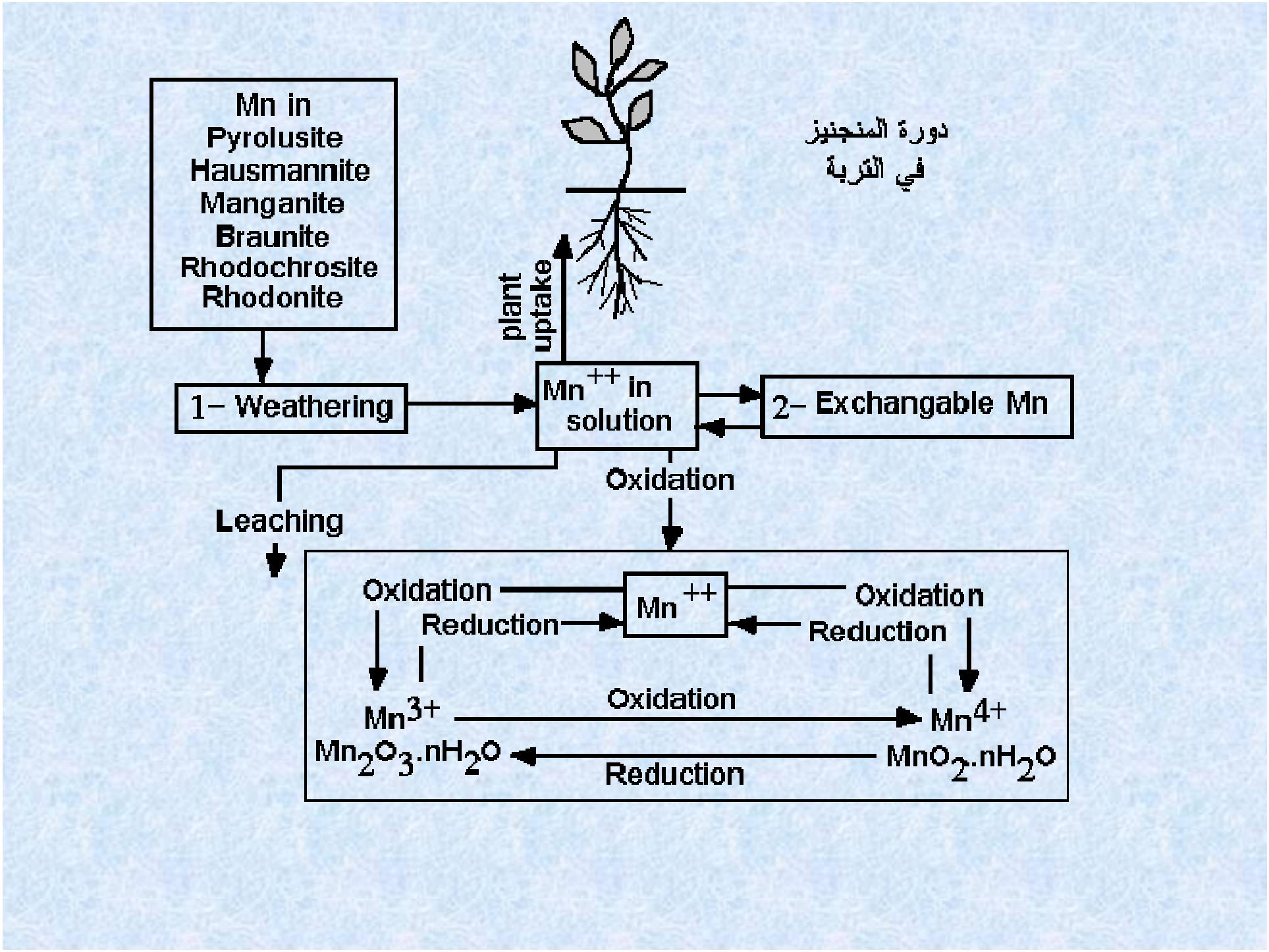
دورة الحديد في التربة:

يعد عنصر الحديد من العناصر الغذائية الضرورية فى تغذية النبات ويقدر محتوى قشرة الأرض من هذا العنصر بـ ٥٪ من وزن قشرة وعلى الرغم من ارتفاع محتوى قشرة الأرض من هذا العنصر فإن كمية الحديد المتواجدة فى التربة والتى يستفيد منها النبات تعد فى معظم الأحيان كمية ضئيلة وتحت الظروف يعانى النبات من نقص فى هذا العنصر ودورة الحديد فى التربة (الشكل رقم ٥٥) ستوضح مصادر وتحولات الحديد فى التربة فضلاً عن الظروف والعوامل التى تؤثر فى جاهزية هذا العنصر .


دورة الحديد
في التربة
Fe in
Hematite
Geothite
Pyrite
Pyrrhotite
Siderite
Jarosite
Olivine
1- Weathering
plant uptake
Fe++ in solution
2- Exchangable Fe
Leaching
Oxidation
Precipitation
Fe-Hydroxide
Fe-Phosphate

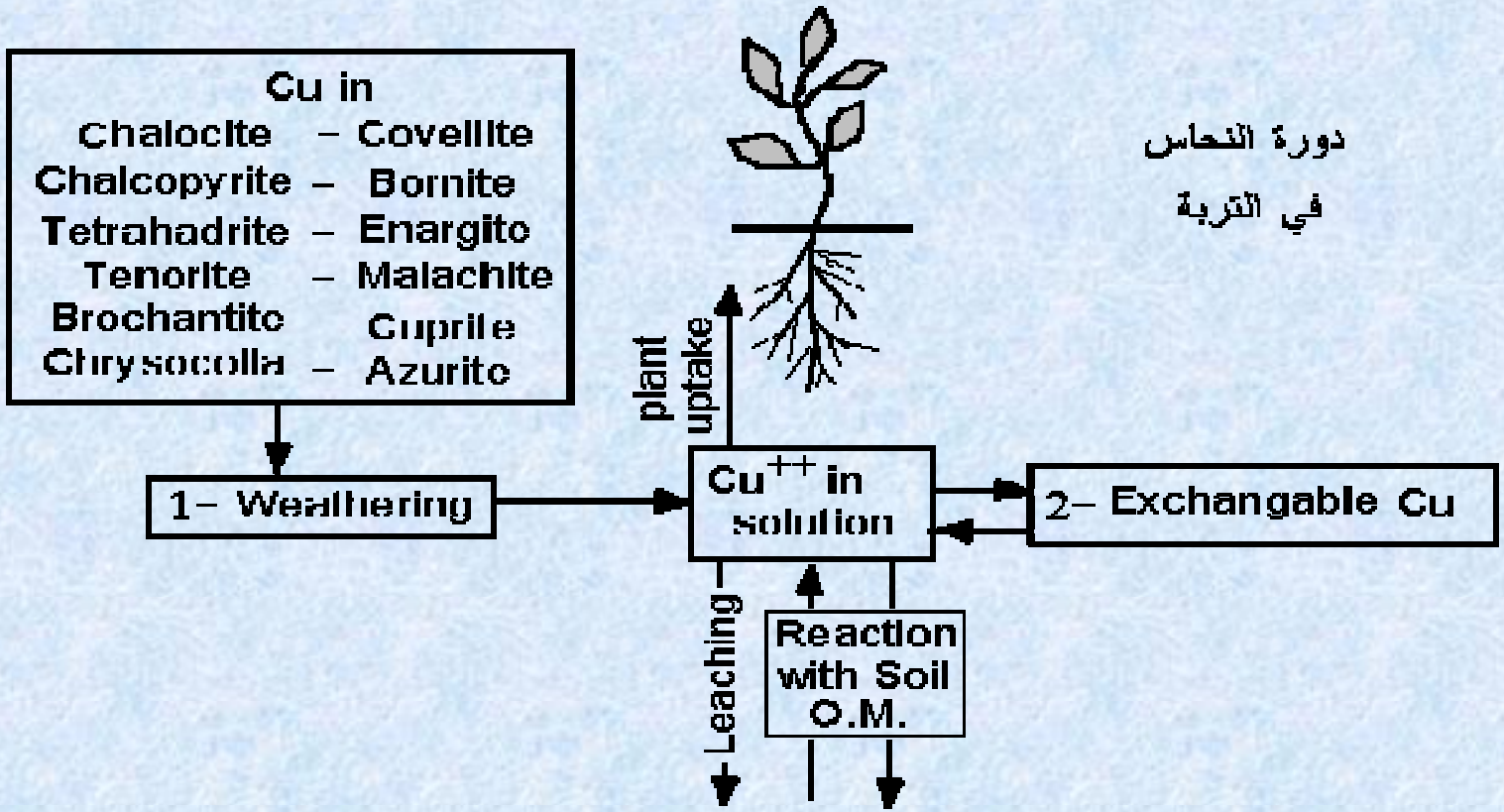
دورة المنجنيز :

يعد المنجنيز عنصراً من العناصر الغذائية الضرورية في تغذية النبات ، وتحتوى معظم الترب على كميات لابأس بها من هذا العنصر وبمعدلات مختلفة تتراوح بين ٣٠٠ الى ٣٠٠٠ جزء بالمليون ، ان عنصر المنجنيز يتعرض الى عدة تحولات وهذا ما سنوضحه فى دورة المنجنيز .


دورة المنجنيز
في التربة
Mn in
Pyrolusite
Hausmannite
Manganite
Braunite
Rhodochrosite
Rhodonite
plant uptake
1- Weathering
Mn++ in solution
2- Exchangable Mn
Oxidation
Leaching
Oxidation
Reduction
Mn++
Oxidation
Reduction
Oxidation
Mn3+
Mn4+
Mn2O3.nH2O
MnO2.nH2O
Reduction

دورة النحاس والزنك :

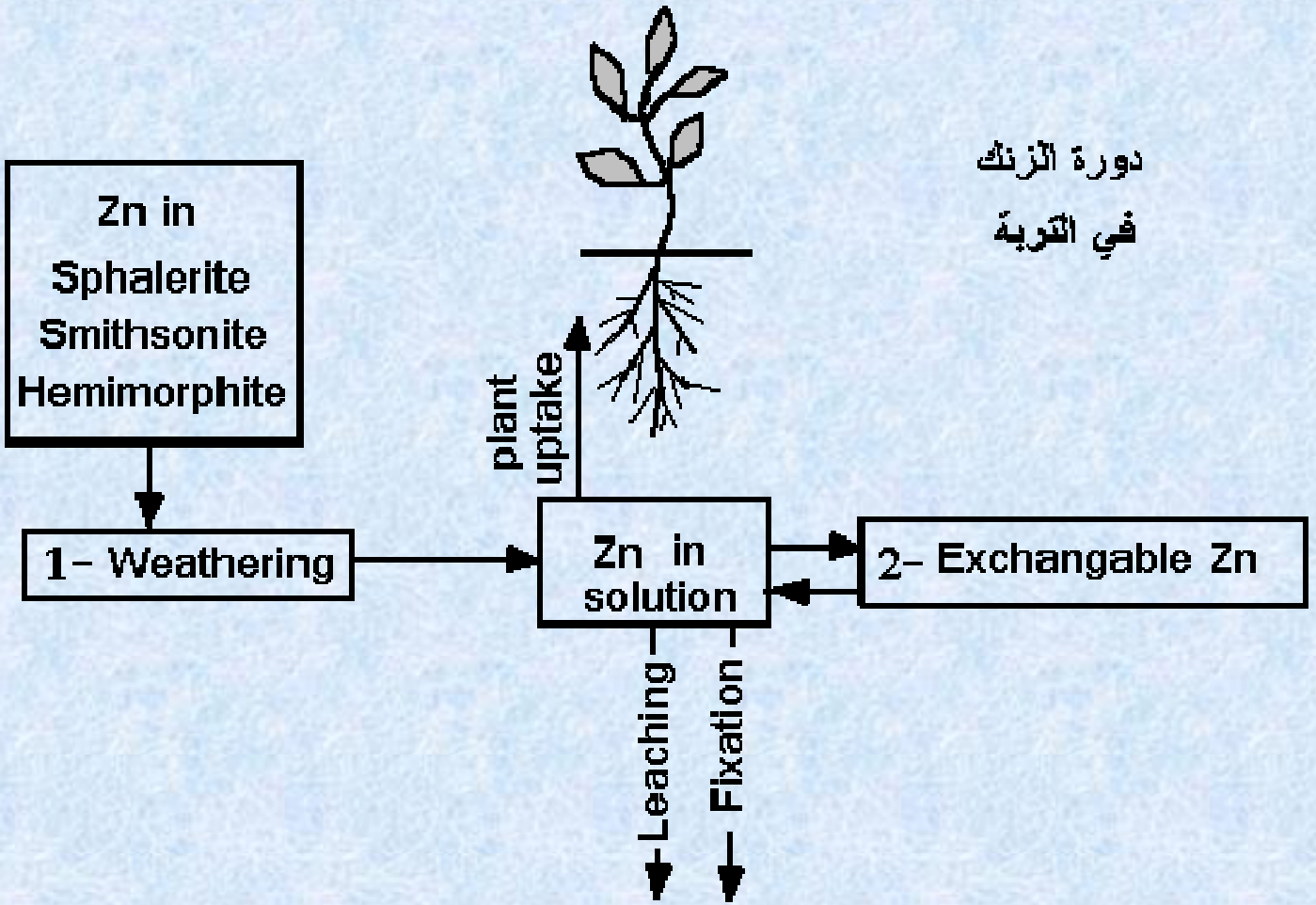
يعد عنصراً النحاس والزنك من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات ، ويقدر محتوى التربة من النحاس ما بين ٥٠,٥ جزء وقد يصل محتوى التربة الى ١٠٠ جزء بالمليون أما عنصر الزنك فيوجد فى التربة بمعدلات تتراوح بين ١٠ الى ٣٠٠ جزء بالمليون ان مصادر هذين العنصرين وتحولاتها فى التربة يمكن أن نوضحها بالخطوات التى تمر بها دورة كل عنصر فى التربة .



دورة النحاس

في التربة

دورة الزنك
في التربة



دورة البورون :

يتحرر البورون من المعادن الأولية الحاوية عليه بعد تعرضها لعمليات التجوية الى محلول التربة وعلى شكل أيون البورات (BO_3^{-3} **) ومن أهم المعادن الحاوية على هذا العنصر هى البورات المائية وهذه تضم معدن البوراكس** Borax ($Na_2B_4O_7$-$10H_2O$) **ومعدن الكيرنايت** (Kernite $Na_2B_4O_2$-$4H_2O$) **ومعدن الكولمنايت** – Colemanite $Ca_2B_6O_{11}$-$5H_2O$ **ومعدن اليوليكسايت** Ulexite Na Ca B_5O_9-$8H_2O$ **كذلك يوجد البورون فى البورات اللامائية وهذه تضم معدن اللودوكايت** Ludwigite Mg_2FeBO_5 **ومعدن الكوتايت** Kotoite $Mg_3(BO_3)_2$ **ويوجد أيضاً فى سليكات البورون المعقدة وهذه تضم معدن التورملين** Tourmaline **المقاوم لعمليات التجوية .**

البورون المتحرر بعمليات التجوية يصبح ذائباً فى محلول التربة وهذا بدوره يمكن أن يتعرض لـ:

الامتصاص من قبل النبات

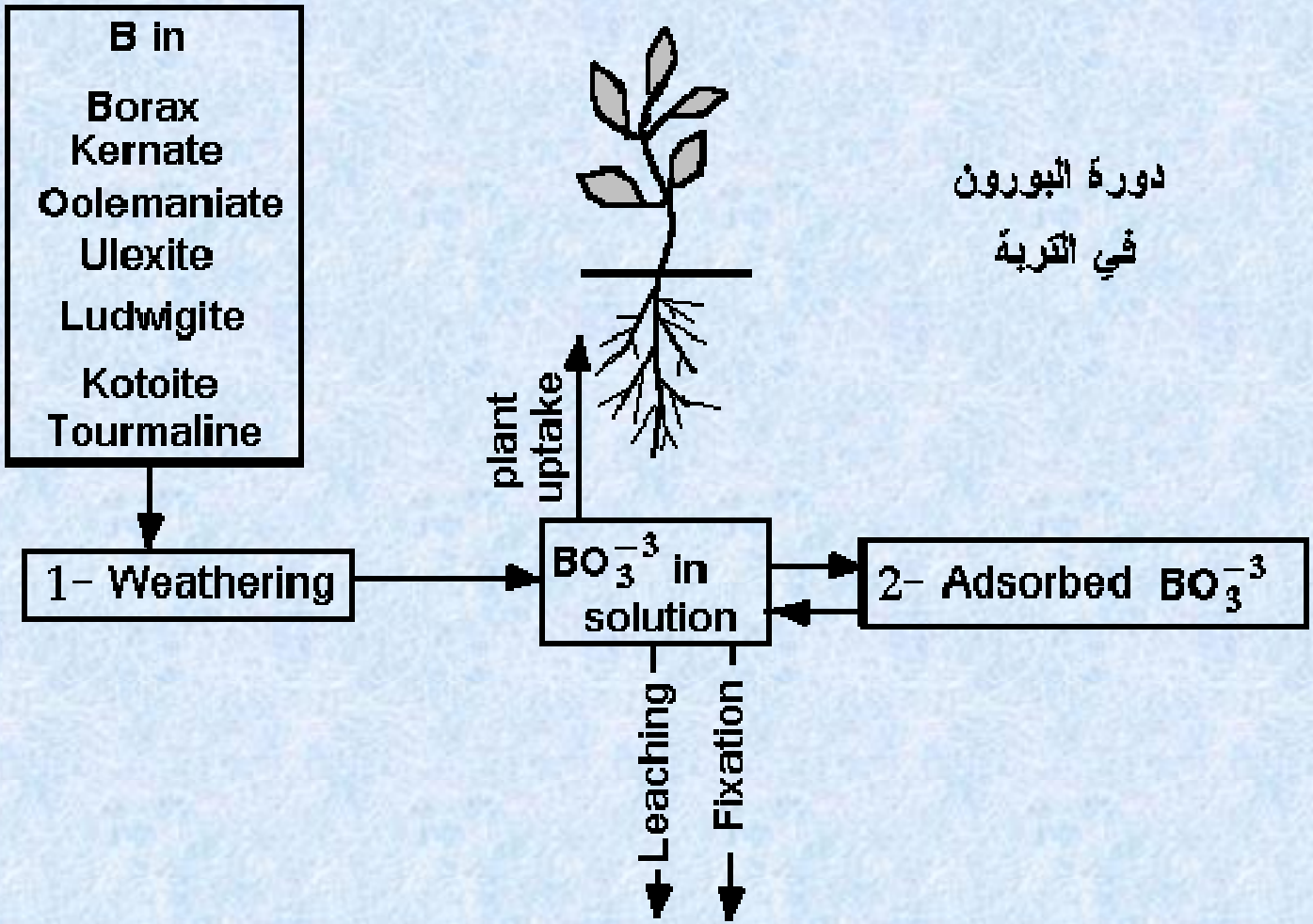
ب- الامتصاص على سطوح معادن الطين والمادة العضوية للتربة

ج- عملية الفقد بوساطة الغسل .

د- التثبيت فى معادن التربة .

البورون المدمص يمكن أن يعد مخزناً للبورون الذائب فى محلول التربة ، فى الترب ذات درجة التفاعل المرتفعة (٧ - ٩) يحصل امتصاص للبورون وكذلك التفاعل مع الأكاسيد الثلاثية وبذلك تكون جاهزية هذا العنصر فى الترب القاعدية منخفضة عكس ما هو عليه فى الترب الحامضية حيث تزداد جاهزية هذا العنصر فى مثل هذه الترب السائدة فى المناطق الرطبة ، ان زيادة تركيز الكالسيوم فى ترب المناطق الجافة وشبه الجافة تقلل من درجة زوبان البورون فى التربة وبذلك يصبح غير جاهز للامتصاص من قبل النبات ونتيجة لذلك تقل قدرة النبات على امتصاص الكالسيوم ايضاً عكس هذه الحالة يحدث مع البوتاسيوم حيث زيادة تركيز هذا العنصر فى التربة تؤدى الى زيادة امتصاص النبات للبورون .

يمكن معالجة نقص البورون فى الترب التى تعانى من نقص بهذا العنصر عن طريق اضافة الأسمدة الكيماوية وخاصة اسمدة البورات .



دورة الموليبدنيوم :

يعد الموليبدنيوم من العناصر الغذائية المهمة والضرورية فى تغذية النبات ، أن تركيز العنصر فى التربة تحت الظروف الطبيعية منخفض جداً ، ويقدر المحتوى الكلى لمعظم الترب من هذا العنصر بين ٠,٦ الى ٣,٥ جزء بالمليون ويقارب الجاهز من ٠,٣ جزء بالمليون.

يختلف الموليبدنيوم عن باقي العناصر الصغرى بالتربة في تأثير درجة حموضة التربة على صلاحيته حيث من المعروف إنخفاض صلاحية العناصر الصغرى (زنك وحديد ومنجنيز ونحاس وبورون) بإرتفاع رقم الـ pH عدا الموليبدينوم تزداد صلاحيته.

دورة الليبدنيوم
في التربة