

# BAB II

# Hubungan Tanah – Tanaman

Nasih Widya Yuwono  
[nasih.wordpress.com](http://nasih.wordpress.com)

# Dalam Bab I diterangkan

- pengertian kesuburan tanah
- istilah-istilah yang berkait
- urgensi menjaga kesuburan tanah
- komponen kesuburan tanah

# Komponen kesuburan tanah

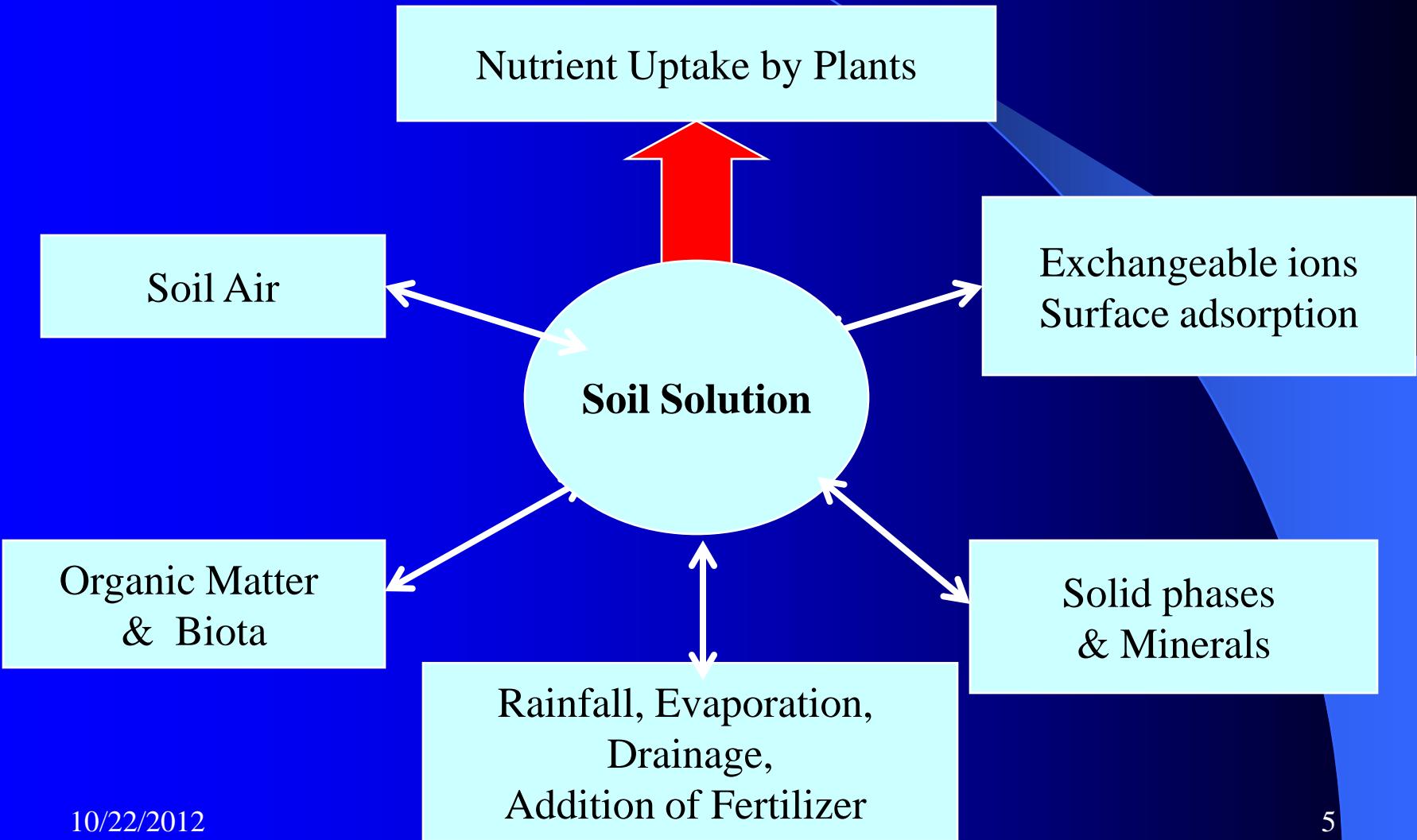
- jeluk mempan perakaran
- struktur tanah
- reaksi tanah
- hara cukup dan seimbang
- penyimpanan hara dan lengas
- humus
- mikrobia bermanfaat
- bebas bahan meracun

# Tujuan belajar

Mahasiswa dapat menjelaskan:

- fungsi tanah sebagai media bertanam
- bentuk hara dalam tanah
- kuantitas dan intensitas hara
- gerakan hara dalam tanah
- mekanisme penyerapan hara oleh akar
- faktor penentu pertumbuhan tanaman
- kurva pertumbuhan tanaman

# Basic Soil-Plant Relationships



# Tanah sebagai media bertanam

- Soil is the medium which supports the growth of plants.
- It provides mechanical supports, the water and oxygen supply to plant roots as well as the plant nutrients.

# Pertanian

Interaksi:

- Manusia
- Tanaman
- Tanah (lingkungan)

# Kesuburan Aktual



Pemupukan :  
meningkatkan ketersediaan  
hara bagi tanaman



# Tanaman

Hidup :

- Materi – Energi – Nyawa
- Tumbuh : pertambahan fisik
- Berkembang : bekerjanya fungsi

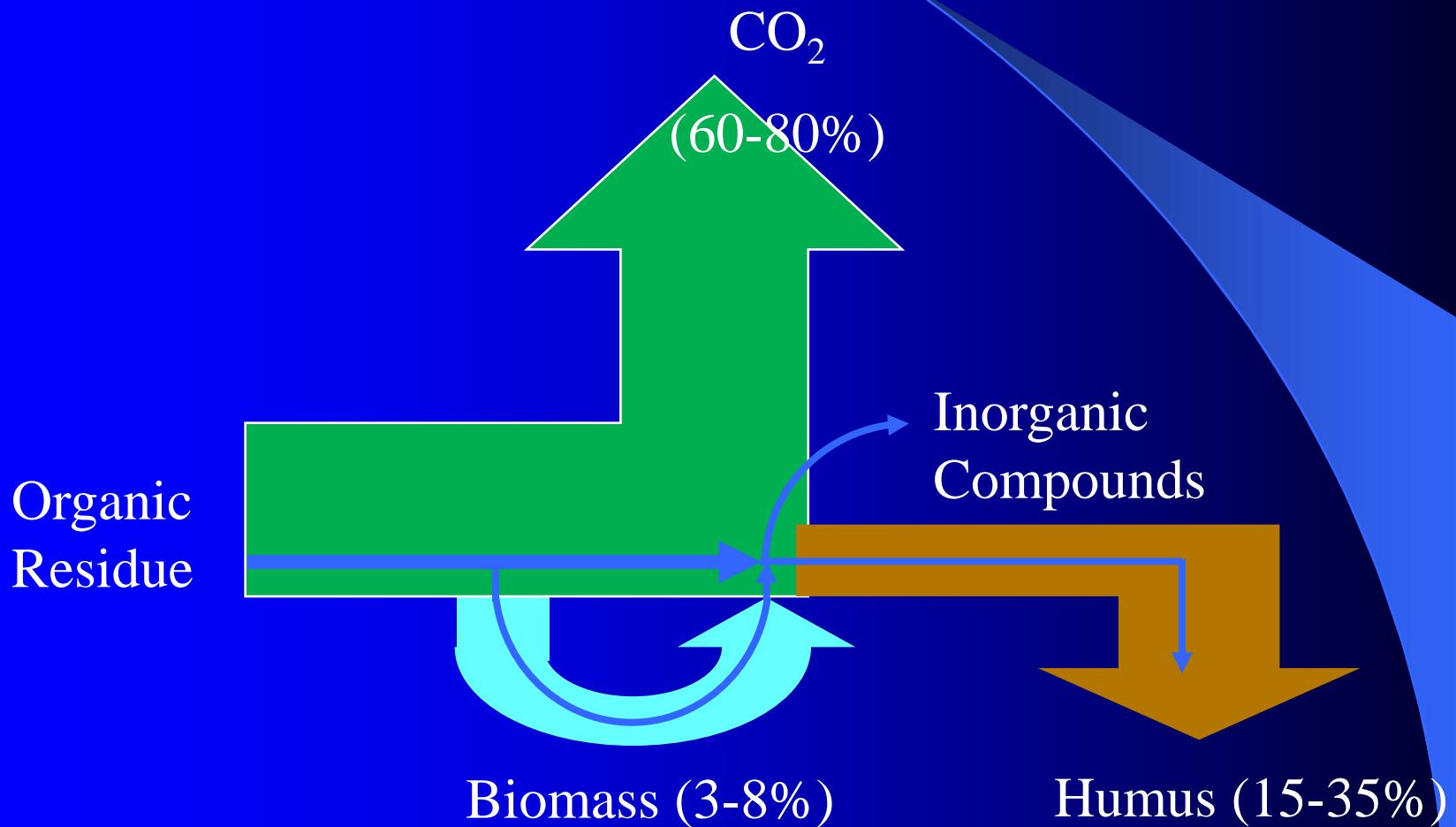
# Fokus tanah:

- Indonesia negara agraris
  - petani atau buruh tani dengan kepemilikan lahan sempit
- Iklim tropika:
  - CH tinggi, kelembaban tinggi, temperatur hangat, perkembangan tanah intensif.

# BENTUK HARA TANAH

- Jika tanah digambarkan selaku sistem, maka dapat dipilahkan adanya komponen masukan dan komponen keluaran.
- Di dalam tanah unsur hara memiliki berbagai bentuk dan kelincahan untuk bergerak. Hara dapat mengalami alih rupa dan alih tempat.

# Fate of Organic Matter

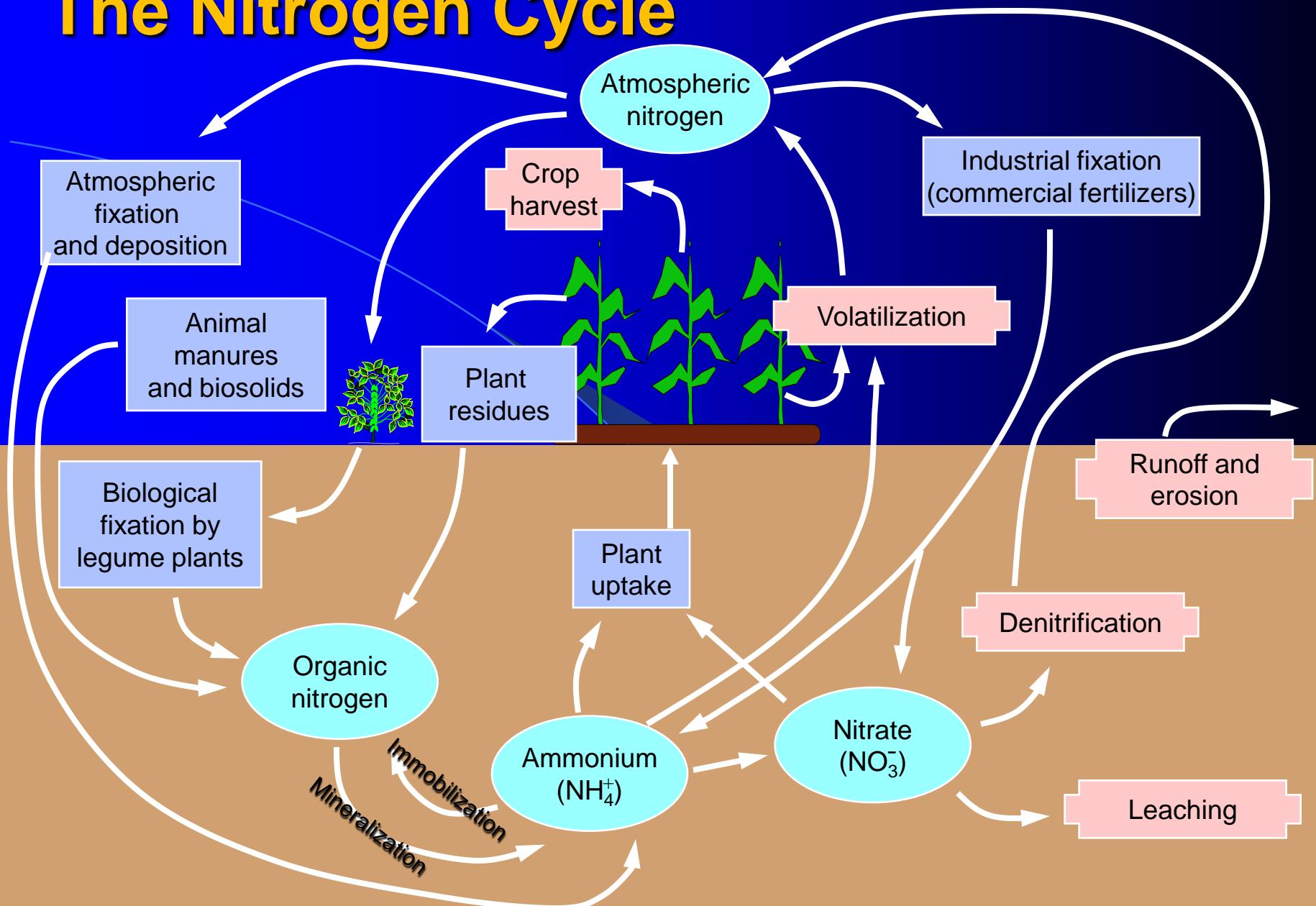


# The Nitrogen Cycle

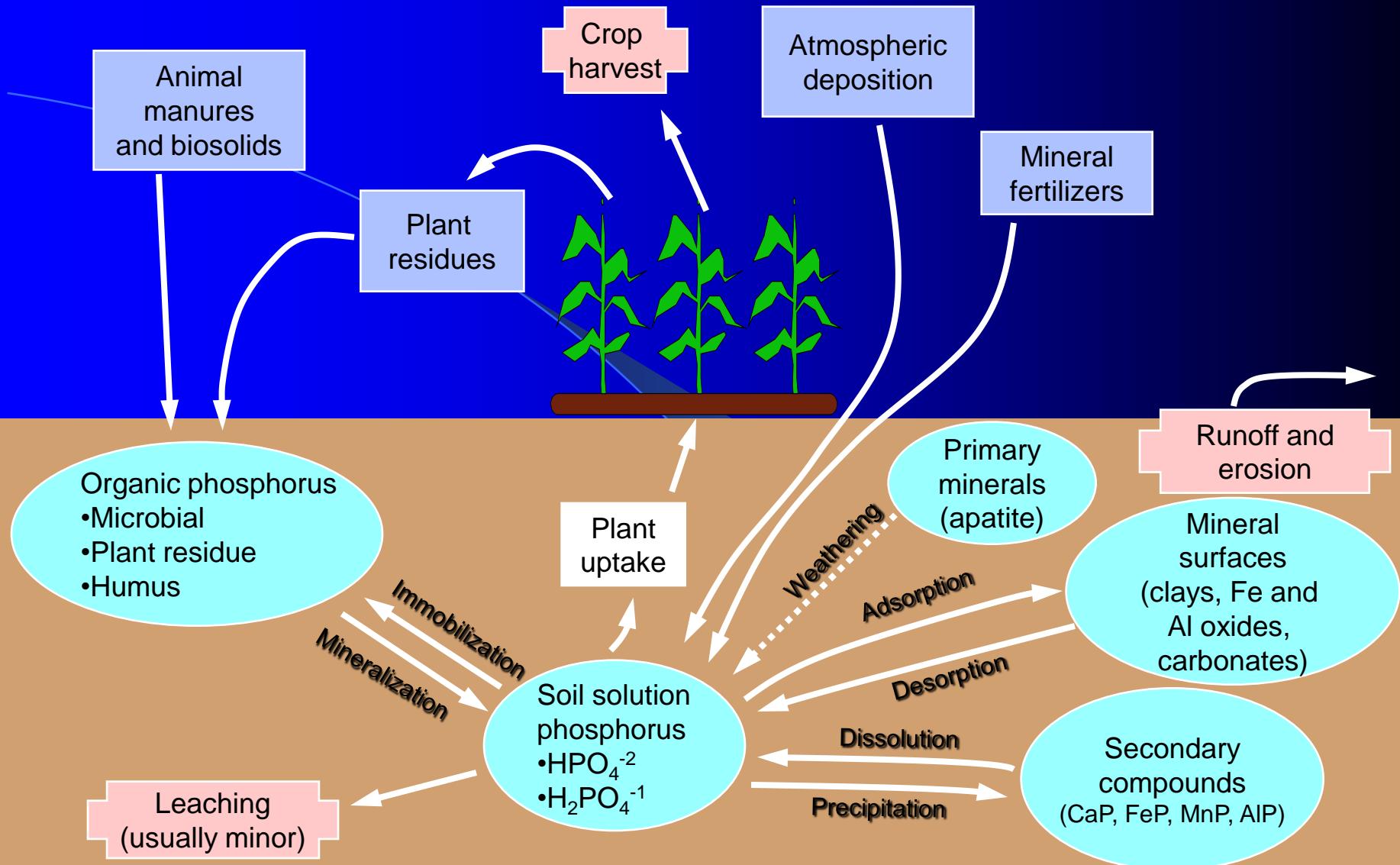
Component

Input to soil

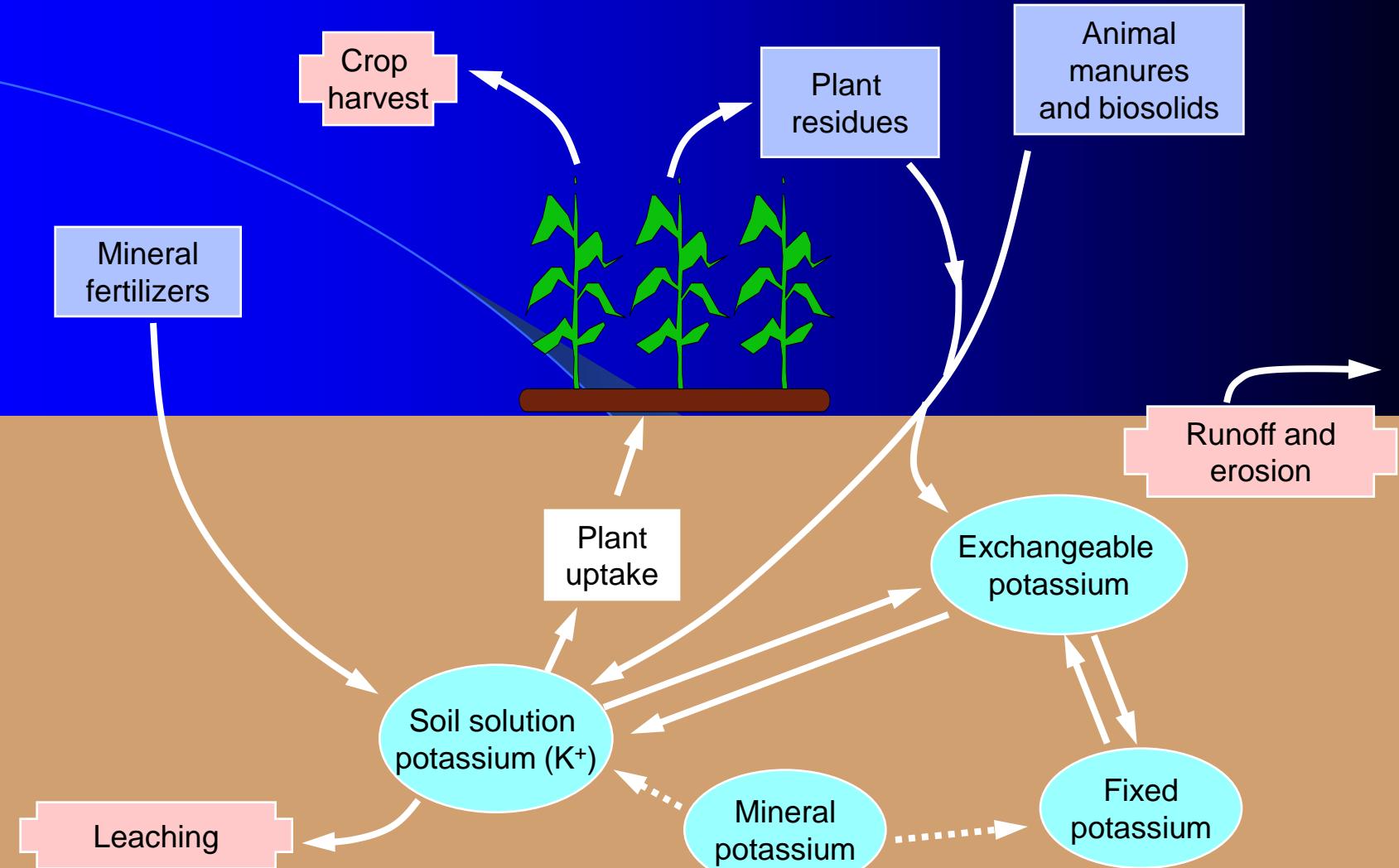
Loss from soil



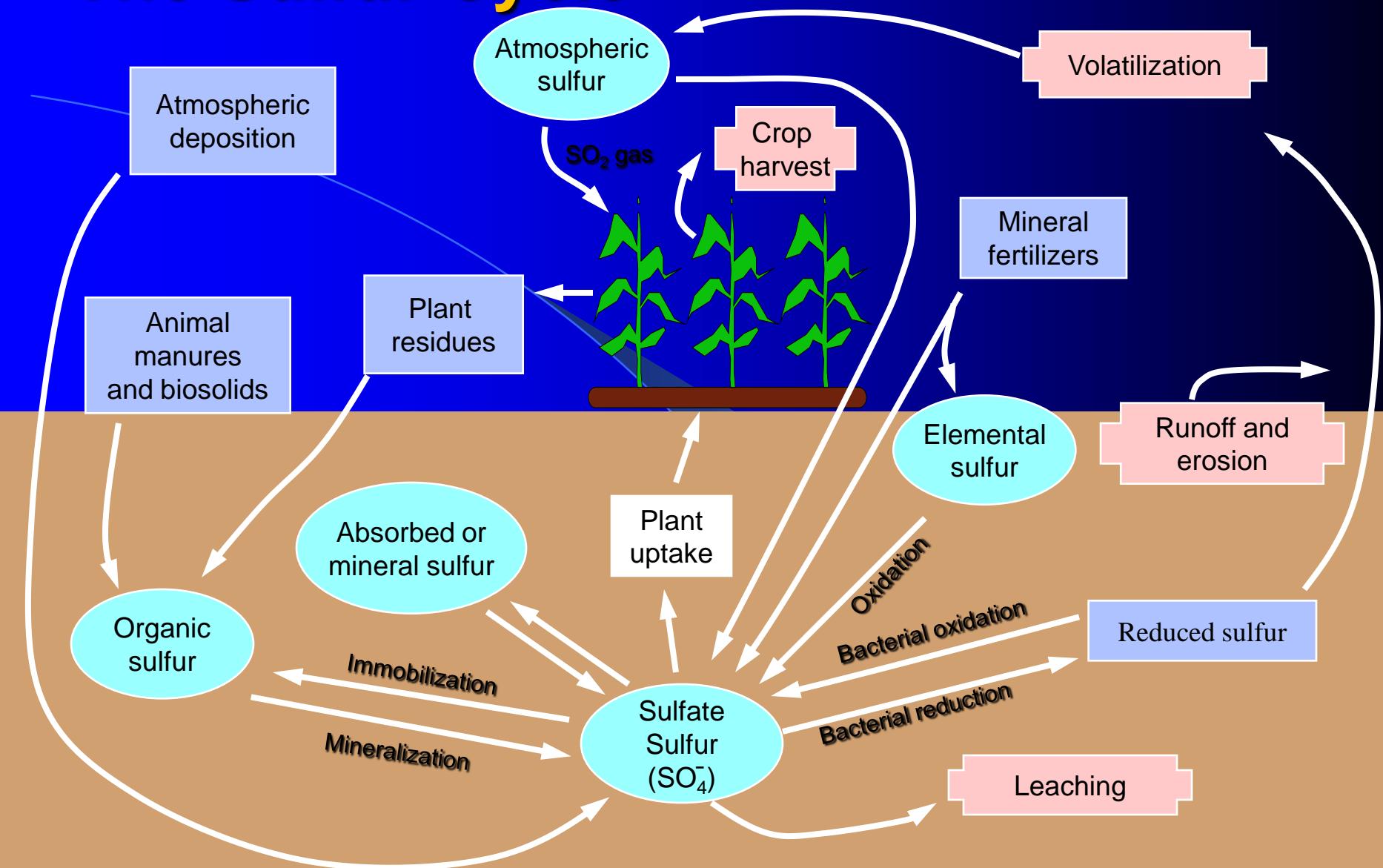
# The Phosphorus Cycle



# The Potassium Cycle



# The Sulfur Cycle



# Sumber hara (1)

- Perombakan bahan organik tanah.
- Pelapukan mineral tanah.
- Pemupukan.
- Pembenah organik: rabuk, kompos, biosolid.
- Penambatan N : legum.

# Sumber hara (2)

- Batuan: batuan fosfat, *greensand*.
- Buangan industri: kapur, gipsum.
- Pengendapan udara: N, S.
- Pengendapan air: sedimen, erosi, banjir.

# Pangkalan hara (1)

- **Larutan tanah:** bentuk hara terlarut dalam lengas tanah dan sifatnya tersedia segera untuk diserap oleh akar bagi tanaman.
- **Bahan organik:** selalu mengalami proses perombakan dan oleh karena itu akan melepaskan hara.

# Pangkalan hara (2)

- Organisme tanah: hara diambil untuk metabolisme atau menjadi komponen penyusun tubuhnya, sehingga mengalami imobilisasi sementara.
- Mineral tanah: hara yang berada dalam pangkalan ini memiliki sifat antara cukup terlarut sampai sedikit terlarut.

# Pangkalan hara (3)

- **Permukaan jerapan:** hara dipegang permukaan tanah oleh berbagai mekanisme, berkisar antara cepat tersedia sampai sangat lambat tersedia.
- **Pertukaran kation:** tipe yang sangat penting dari jerapan permukaan tanah.

# Kuantitas dan intensitas hara

***buffering capacity*** (daya sangga)

- kemampuan tanah untuk mempertahankan kadar hara dalam larutan tanah, atau
- kapasitas fasa padatan untuk mengisi kembali (*replenishment*) hara dalam larutan yang diserap oleh akar tanaman.

$$BC = \Delta Q / \Delta I$$

- $\Delta Q$  = faktor kapasitas, meliputi ion yang terjerap dan mineral yang melarutkan secara cepat untuk memasok hara diatas kebutuhan satu musim tanam.
- $\Delta I$  = faktor intensitas, perubahan konsentrasi hara dalam larutan.

- penyerapan oleh tanaman →  $\Delta I$  (menurunkan konsentrasi dalam larutan).
- $\Delta Q$  yang tinggi menjaga konsentrasi hara dalam larutan,  $\Delta I$  neto menjadi kecil.
- $\Delta Q$  rendah tidak mampu menjaga konsentrasi hara dalam larutan,  $\Delta I$  neto menjadi besar.

# Gerakan hara dalam tanah

- Ion di dalam tanah akan bergerak menuju permukaan akar dengan mekanisme berikut: **root interception, mass flow atau diffusion.**

# Intersepsi akar

- Akar tumbuh menembus tanah, bersinggungan dengan permukaan partikel tanah, permukaan akar bersinggungan dengan ion hara yang terjerap, kemudian terjadi pertukaran secara langsung (*contact exchange*).

Meskipun angkanya kecil, tetapi sumbangannya penting agar hara mencapai akar.

Hal ini nampak jelas terutama bagi hara dengan kadar tinggi dalam tanah misalnya Ca dan Mg,

atau hara yang dibutuhkan dalam jumlah kecil bagi tanaman seperti Zn dan Mn dan hara mikro lainnya.

# Proses intersepsi

- [rambut akar]  $H^+$  dengan  $K^+$  [lempung/BO]
- pertukaran  $\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$
- [rambut akar]  $K^+$  dengan  $H^+$  [lempung/BO]

- Hal ini terjadi karena akar juga memiliki KPK yang berumber dari gugus karboksil (seperti dalam bahan organik):  $\text{COOH} \leftrightarrow \text{COO}^- + \text{H}^+$ .
- KPK akar pada monokotil : 10 - 30 meq / 100 g dengan sifat kation monovalen lebih cepat diserap
- KPK akar dikotil : 40 - 100 meq / 100 g dengan sifat kation divalen lebih cepat diserap.

# Aliran masa (*mass flow*)

- Hara terlarut terbawa bersama aliran air menuju akar tanaman, aliran air dipengaruhi oleh transpirasi, evaporasi dan perkolasi.
- Jumlahnya proporsional dengan laju aliran (volume air yang ditranspirasikan) dan kadar hara dalam larutan tanah.

## Faktor yang mempengaruhi aliran masa:

- kadar lengas tanah: tanah yang kering tidak ada gerakan hara,
- temperatur: temperatur yang rendah mengurangi transpirasi dan evaporasi,
- ukuran sistem perakaran: mempengaruhi serapan air.

Pengaruh kerapatan akar terhadap pasokan hara oleh aliran masa lebih ringan dibanding terhadap intersepsi akar dan difusi.

# Difusi (*diffusion*)

- Ion bergerak dari wilayah yang memiliki kadar hara tinggi ke wilayah yang lebih rendah kadar haranya. Kadar hara di permukaan akar lebih rendah dibandingkan kadar hara tersebut larutan tanah di sekitar akar. Ion bergerak menuju permukaan akar.
- Mekanisme ini sangat penting bagi hara yang berinteraksi kuat dengan tanah. Terutama untuk memasok hara P dan K, juga hara mikro Fe dan Zn.

- Jarak difusi hara sangatlah pendek yaitu:  $K \sim 0,2$  cm, sedangkan  $P \sim 0,02$  cm.
- Ukuran dan kerapatan akar sangat mempengaruhi pasokan hara oleh mekanisme difusi. Hal ini harus menjadi pertimbangan dalam penempatan pupuk.

# PENYERAPAN HARA OLEH AKAR

- Kebanyakan unsur diserap akar tanaman dalam bentuk an organik.
- Setelah mencapai akar, ion hara diangkut sampai ke bagian daun melalui serangkaian tahapan, yaitu **penyerapan pasif** (*passive root uptake*), **penyerapan aktif** (*active root uptake*), alih tempat (*translocation*).

# Gerakan pasif

- Difusi dan pertukaran ion
- epidermis → menembus kortek → ke endodermis
- *Apoplast (apparent free space)*
- ruang di antara sel (*extracellular within and between cell walls*)
- KPK akar ada pada dinding sel

# Gerakan aktif

- Harus menembus membran sel
- *Symplast: Intracellular interconnected cytoplasmic pathway between cells*
- pengangkutan aktif melewati membran
- pengambilan unsur hara secara selektif

# Rhizosphere

- Wilayah tanah yang bersinggungan langsung dengan akar, jaraknya 1-4 mm. Tempat kegiatan mikrobia: eksudat organik dari akar merupakan cadangan makanan.
- Suasana pH risosfer dan aktivitas mikrobia mempengaruhi ketersediaan hara melalui proses pelarutan dan khelasi, pH lebih rendah dan adanya asam organik meningkatkan kelarutan.

# PERTUMBUHAN TANAMAN

Ditentukan oleh:

- Faktor genetik
- Faktor lingkungan

$$P = G + E$$

P = fenotipe

G = genotype

E = environment

# Genetik:

- Tanaman dengan hasil panen tinggi (*high yielding*) mengambil hara lebih banyak dibandingkan tanaman biasa. Tanaman demikian bersifat menguras hara. Jika ditanam pada tanah yang memiliki ketersediaan hara terbatas, maka hasil panen akan lebih rendah dibandingkan tanaman biasa.

- Pada masa lampau dilakukan pemilihan varitas tanaman untuk berbagai tingkat kesuburan tanah yang berbeda. Sekarang hal tersebut tidak dikerjakan lagi, karena pada tanah yang tidak subur dapat ditambahkan pupuk.
- Meski demikian tetap dilakukan upaya pemilihan tanaman misalnya: tahan terhadap pH rendah atau keracunan Al, atau terhadap kondisi garaman, atau tahan terhadap kekeringan.

# Lingkungan:

- **Temperatur :**
- merupakan ukuran intentitas panas.
- Kisaran temperatur secara umum untuk makluk hidup: -35 °C – +75 °C;  
Tanaman pertanian : 25 – 40 °C.
- Temperatur ini mempengaruhi:  
fotosintesis, respirasi, permeabilitas dinding sel, penyerapan air dan hara, transpirasi, aktivitas ensim dan koagulasi protein.

- Lengas tanah :
- kadarnya dalam tanah bervariasi : jenuh air (saturated) - kapasitas lapangan (field capacity) - layu permanen (wilting point).
- Fungsi lengas antara lain sebagai : pelarut, media transportasi, bahan dasar  $H_2O$ .

- **Sinar matahari:** aspek yang terkait dengan pertumbuhan adalah: proses fotosintesis, lama penyinaran dan periode tumbuh.

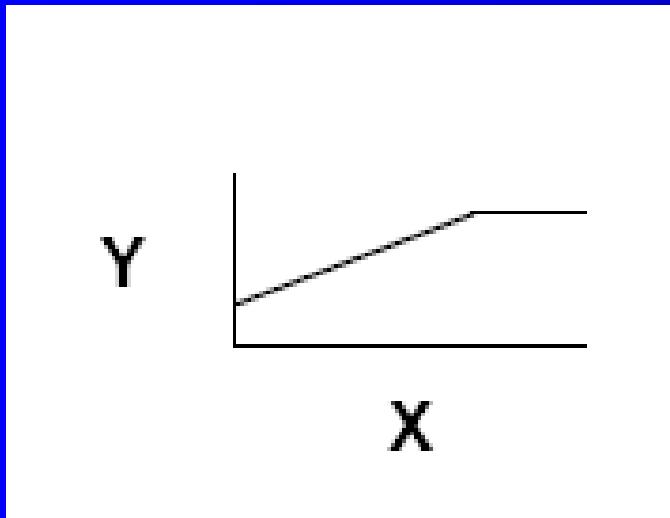
- **Udara:** diperlukan untuk respirasi dan sebagai bahan dasar  $\text{CO}_2$  dalam proses fotosintesis.
- **Struktur tanah :** mempengaruhi ruang tumbuh akar danimbangan udara-lengas.
- **Reaksi tanah:** berkaitan dengan ketersediaan hara, unsur meracun dan kehidupan mikrobia.

- **Biotik:** antagonisme atau sinergisme, jasad pengganggu: hama, penyakit, gulma
- **Penyediaan hara:** mineral, tekstur, struktur, pH, bahan organik tanah, pemupukan, pengolahan tanah. Perakaran tanaman dapat dangkal, dalam, atau menyebar.
- **Senyawa penghambat pertumbuhan:** adanya limbah atau bahan beracun.

# Kurva pertumbuhan

- Growth Response Curves → Liebig
- Law of Diminishing Returns → Mitscherlich
- Soil interactions → Bray

# Liebig (c. 1860, German) (linear)



$$Y = mX + b$$

$Y$  = yield

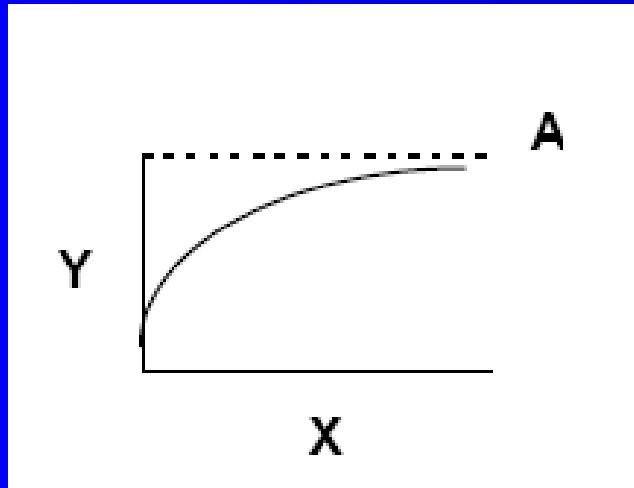
$m$  = slope - i.e. rate of yield increase,  
a function of the environment and nutrient;

$X$  = amount of nutrient added;

$b$  = minimum yield

one would get this yield with no nutrient additions.

# Mitscherlich (c. 1910, German) (Law of Diminishing Returns)



$$\frac{dy}{dx} = (A-Y)C$$

$$\log (A-Y) = \log(A) - cX$$

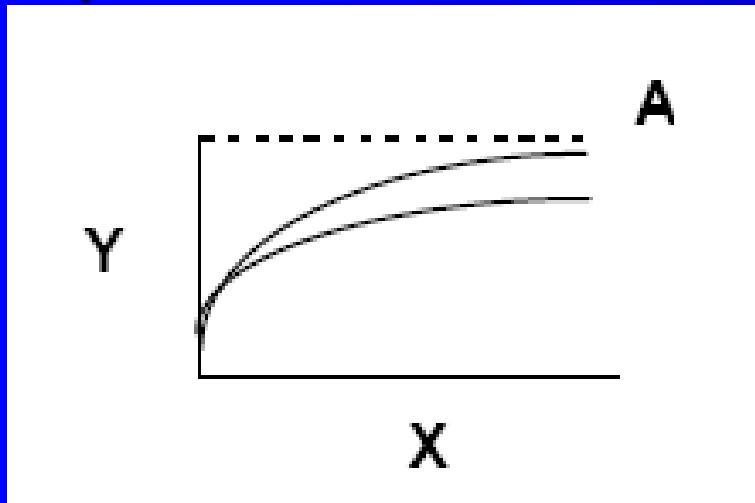
$A$  = maximum possible yield  
(theoretical)

$Y$  = actual yield

$\frac{dy}{dx} =$  slope - i.e. rate of yield increase, a function of the environment, the nutrient, and amount of nutrient already present. This value gets smaller as nutrient amount increases.

$x$  = amount of nutrient added;  $c$  = constant

# Bray (c. 1920, U. Illinois) (soil interactions)



$$\log(A-Y) = \log(A) - c_1 B - c X$$

A = maximum possible yield (theoretical)

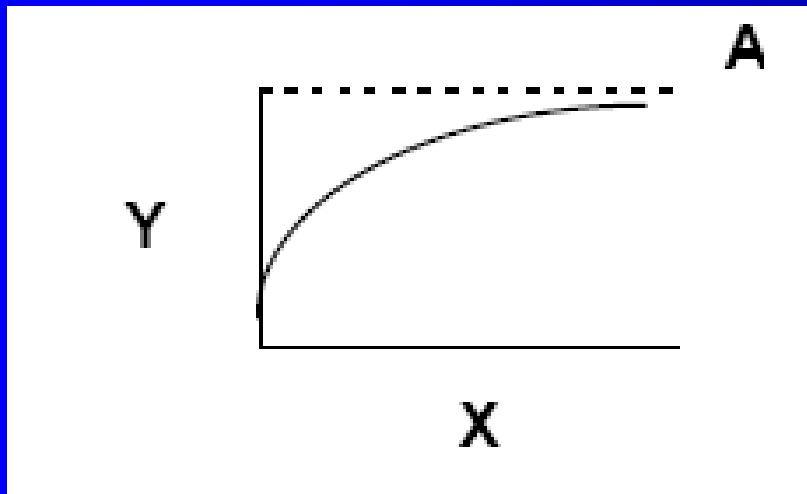
Y = actual yield

$\frac{dy}{dx} = \text{slope}$  - i.e. rate of yield increase. It is a function of the environment, the nutrient, and amount of nutrient already present. This value gets smaller as nutrient amount increases.

X = amount of nutrient added;  $c_1$  = constant that is for B; c = constant.

B = value explaining behavior of 'immobile' nutrients (e.g. K, P, Ca, Mg). The  $c_1 B$  term takes into account the reality that nutrients interact with soil and not all nutrients behave identically.

## Baule (c. 1920, German) (nutrient interactions)



$$Y = A - A(1/2) \# \text{ Baule Units}$$

$A$  = maximum possible yield (theoretical);  $Y$  = actual yield.

Baule Unit= the amount of nutrient that when added results in moving  $Y$  (yield) one-half way closer to  $A$  (maximum possible yield).

- Practically, this equation says when one Baule Unit of a nutrient is added, then yield increases 50% of the difference between current yield and possible yield.
- If a second Baule Unit is added, then yield increase will be 1/2-way closer to the maximum possible yield, so 2 Baule Units would result in 75% of the maximum possible yield increase.
- If a third Baule Unit of a nutrient is added, move 1/2-way closer to the maximum possible yield, or 87.5% of the maximum possible yield would result.

- The advantage of baule units becomes apparent when dealing with nutrient Interactions.
- For example, if one knew the soil contained 2 Baule Units of N and 3 Baule Units of P, one might think sufficient N was available to get 75% of the maximum possible yield and sufficient P was available to get 87.5% of the maximum possible yield.
- Consequently, one would estimate 75% yield if only one nutrient were limiting.
- In fact, a first approximation for nutrient interactions is that one would only get 66% of the maximum possible yield because as far as the plant is concerned you have too little N and too little P.
- The 66% is calculated by multiplying the 75% from N by the 87.5% from P.

