

# **Calcium, Magnesium dan Sulfur Tanaman**

## Ca, Mg dan S

- Hara makro sekunder
- Hara esensial setelah N, P dan K
- Diserap tanaman: ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{=}$
- Ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  &  $\text{SO}_4^{=}$  sampai ke akar → aliran masa & intersepsi akar
- Ca, Mg & S sebagai bahan pembenah tanah
- hara bawaan pupuk N, P, K
- Kandungan S & Mg di dlm tanaman hampir sama > P.
- Tanaman tertentu butuh Ca > dari P

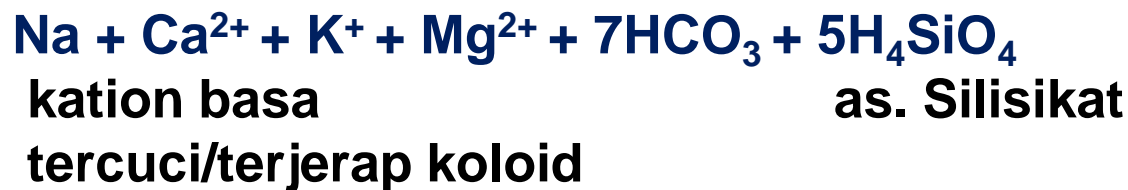
# Calcium dan Magnesium

- Ca dan Mg tergolong logam alkali tanah
- Sifat Ca dan Mg relatif sama
- Kelarutan Mg > Ca
- Kekurangan Ca & Mg jarang terjadi
- Diserap tanaman: ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$

- Tanah-tanah kekurangan Ca & Mg :
  - tanah masam/terlapuk lanjut
  - gambut
  - tanah pertanian intensif
  - tanah alkalin

# Tanah terlapuk intensif daerah daerah suhu & curah tinggi

## Pelarutan dan Penghanyutan Basa-basa



## KTK Mineral:

Monmorilonit : 80 – 150 me/100 g

Illit : 10 – 40 me/100 g

Kaolonit : 3 – 10 me/100 g

Haloisit  $2\text{H}_2\text{O}$  : 5 – 10 me/100 g

Seskuoksida : 0 – 3 me/100 g

seskuioksida = gipsit, ferihidrid

## Tanah terlapuk intensif /mineral masam

- KTK rendah karena mineral liat dominan :

Kaolinit

Haloisit

Seskuoksida/gibsit, ferihidrid

- KB rendah : Na, K, Ca & Mg tercuci



## Bentuk Ca dan Mg dalam Tanah

1. Larut : ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$
2. Terjerap dikoloid : Ca-dd dan Mg-dd
3. Tidak larut : mineral primer

Ca dan Mg-dd seimbangan ion  $\text{Ca}^{2+}$  &  $\text{Mg}^{2+}$



# Sumber Ca dan Mg

Sumber utama : mineral kalsit, dolomit, apatit

Tabel 1. Mineral mengandung Ca/Mg

Mineral	Rumus Kimia
Kalsit	$\text{CaCO}_3$
Dolomit	$\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$
Apatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \cdot (\text{Cl.F})$
Feldspar plagioplas	$(\text{Na,Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
Hornblende	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Mg}_2\text{F}_3 \cdot \text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Amfibol	$\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$

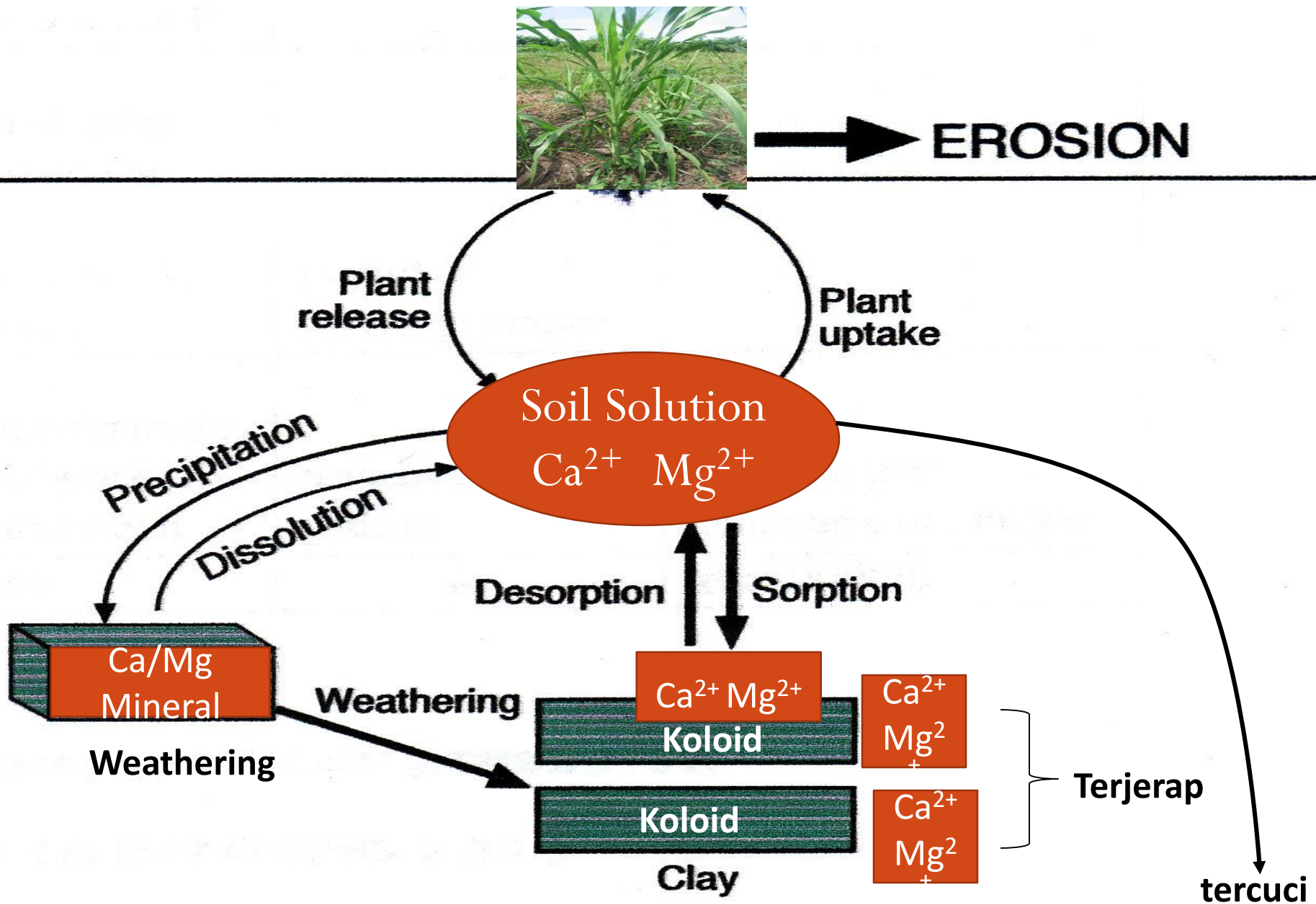


Figure 1. Calcium and Magnesium Cycle

# Mineral Ca/Mg terlapuk:

1.  $\text{Ca}^{2+}$  / $\text{Mg}^{2+}$  larut air

2.  $\text{Ca}^{2+}$  / $\text{Mg}^{2+}$  terjerap pada koloid

jerapan kuat-lemah:  $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$

3.  $\text{Ca}^{2+}$  / $\text{Mg}$  hilang tercuci (perkolasi/drainase)

4.  $\text{Ca}^{2+}$  / $\text{Mg}^{2+}$  diserap tanaman/mikroba

5. Mengendap --  $>$  mineral sekunder

( $\text{CaCO}_3$ / $\text{CaMgCO}_3$ /Ca-P)

(iklim kering/alkalin)

## Perilaku dan cadangan Ca/Mg

- Ca/Mg sampai ke akar intersepsi akar & aliran masa
- $\text{Ca}^{2+}$  di dalam tanah bersifat sangat mobil ,
- Kadar Ca dalam larutan tanah 30-300 ppm,
- kecukupan Ca untuk tanaman umum  $> 15$  ppm,
- Ca terkonsentrasi di sekitar akar, bila kadar Ca tinggi
- Kandungan Ca dalam kerak bumi 3,6%
- Kadar Mg dalam larutan tanah 5-50 ppm
- kadang-kadang lebih tinggi 120-2400 ppm
- Kandungan Mg dalam kerak bumi 1,93%

Faktor mempengaruhi ketersediaan Ca/Mg bagi tanaman

1. Pasokan Ca/Mg total ke tanah
2. pH tanah (aktivitas Al tinggi serapan Ca/Mg oleh tanaman terhambat)
3. KTK (KTK tinggi kejenuhan Ca/Mg harus tinggi)
4. Derajat kejenuhan Ca < 25% tanaman tanggap terhadap pemberian Ca, tergantung tipe kolid
5. Dominan tipe 2:1 kejenuhan Ca > tipe 1:1  
monmorilonit = 70%, kaolinit 40% - 50%
6. Perbandingan kation Ca/Mg dan kation lain dlm tanah.  
Al-dd tinggi serapan Ca/Mg terhambat

## Peranan/Fungsi Ca dalam tanaman

1. Merangsang perkembangan akar dan daun
2. Pembentukan dinding sel/lamela tengah
3. Meningkatkan elastisitas/permeabilitas sel
4. Mereduksi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )
5. Mengaktifkan beberapa sistem enzim, koenzim ATP-ase
6. Menetralkan asam organik
7. Penting dalam perkembangan biji (kacang)
8. Mempengaruhi translokasi air dan unsur hara
9. Mengatur translokasi karbohidrat

## **Peranan/fungsi lain Ca**

- Mempengaruhi ketersediaan Mo & hara lain
- Merangsang pertumbuhan dan aktivitas mikroba tanah (bakteri fiksasi N butuh Ca tinggi)



# Gejala defisiensi Ca

- 
- 
- 
- Daun muda mengekerut & berubah warna
- 
-

# Gejala Defisiensi Ca

CROP	SYMPTOM
Apples	Bitter pit, Cork spot, Cracking, Internal Brownspot, Senescent breakdown, Water core
Beans	Hypocotyl necrosi
Brussel Sprouts	Internal browning
Cabbage	Internal tipburn and Club root
Carrots	Cavity spot
Celery	Blackheart
Peppers, Tomatoes and Watermelon	Blossom end rot
Potatoes	Internal browning, Hollowheart, Storage disorders, Low solids, Skin quality



Figure 2. Calcium deficiency in corn, with leaves failing to unfold



**Tomato**  
**“blossom-end rot”**



**Lettuce**  
**“tip-burn”**



**Figure 3. Ca Deficiency**

## Peranan/fungsi Mg:

- Inti klorofil (penting dalam proses fotosintesis)
- Metabolisme fosfat *dan carrier* fosfat
- Respirasi
- Translokasi karbohidrat
- Aktivator beberapa enzim (ex: ATP-ase, *transforforilase*, *dehidrogenase* dan *carboksilase*)
- Menstimulir absorpsi & transportasi P
- Pembentukan minyak
- Mengatur serapan unsur hara lain
- bagian dari fitin dlm benih/cepat berkecamb

## **Gejala Defisiensi Mg pada tanaman**

1. Klorosis (menguning), kecoklatan-kemerahan, vena tetap hijau
2. Daun jagung terlihat garis kuning
3. Mg bersifat mobil (gejala pada daun tua)
4. Daun tomat, kedelai dan kubis warna kuning-orange, vena tetap hijau
5. Daun terbakar terik matahari tidak punya lapisan lilin, warna daun coklat tua/kehitaman dan mengkerut.
6. Pertumbuhan biji tidak normal
7. Terjadi pada tanah bertekstur pasir, tanah masam, kalkareus/alkalin



**Figure 4. Mg Deficiency in Alfalfa**





**Potato**

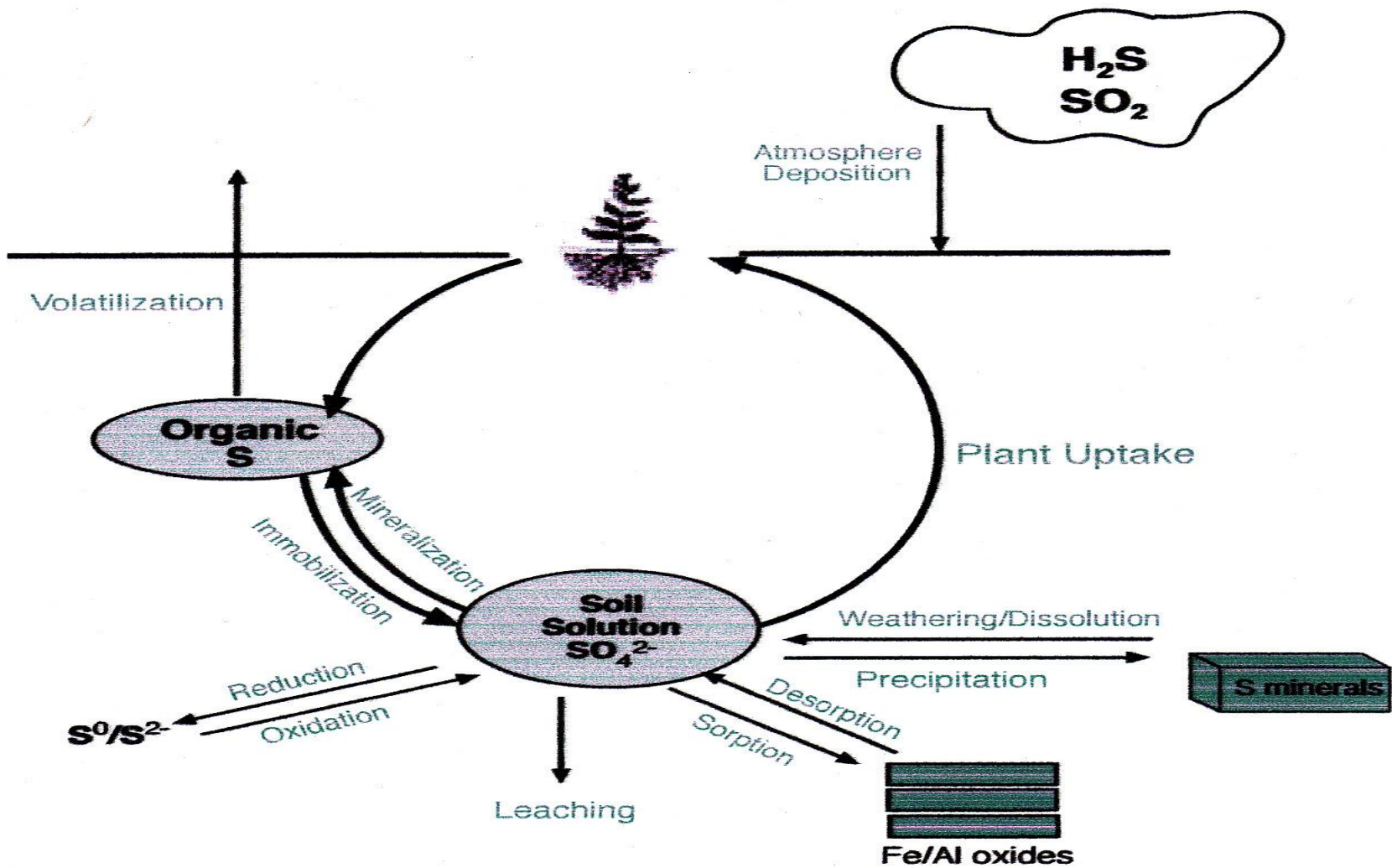


**Cabbage**

**Figure 5. Mg Deficiency**



**Sulfur**



**Figure 6. Sulfur Cycle**

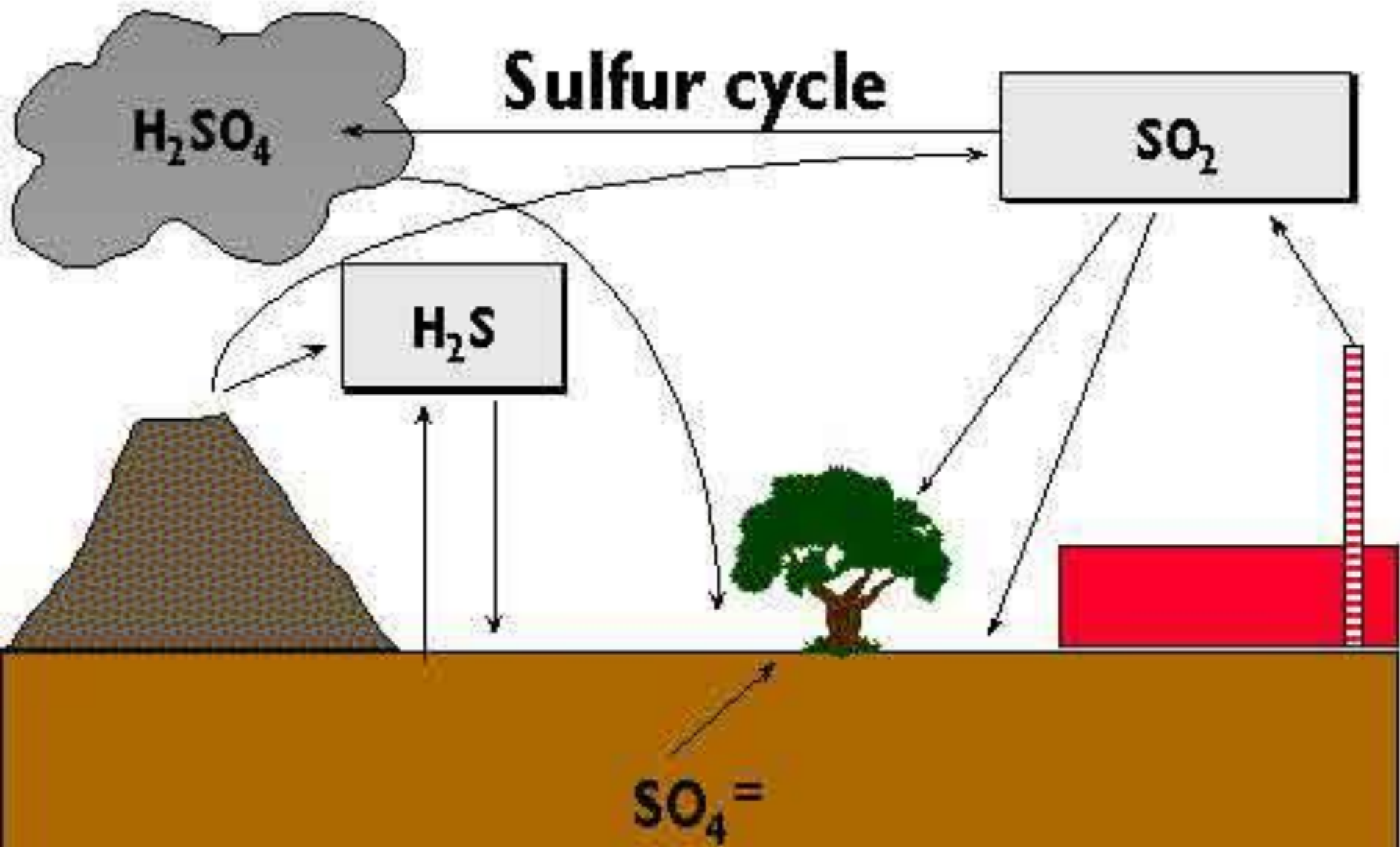


Figure 7. Sulfur Cycle

## **Sulfur ( S )**

1. Hara makro esensial dibutuhkan tanaman sama dg P
2. penyusun kerak bumi terbanyak ke 13
3. Kadungan S pada kerak bumi 0,06% - 0,10%
4. Kekurangan S jarang terjadi (tdk ada khusus pupuk S)

Sumber S tanah : S anorganik

S organik

S anorganik dlm tanah: S elemen, Sulfida, Sulfat dan mineral gypsum ( $\text{CaSO}_4$ )

## Sumber S organik

1. Bahan organik
2. < 10 % S organik pada tanah drainase baik
3. Pada tanah nonkalkareous rasio C/N/S = 120/10/1,4
4. Rasio C/N/S tergantung : BI, iklim, vegetasi, intensitas pencucian dan drainase

## Bentuk S organik

1. Carbon-bonding S bentuk ester & eter: C-O-S, C-N-S dan C-S-S (aryl-sulfat, alkil-sulfat, fenolik-sulfat), dapat direduksi oleh HI-reducible S menjadi HS
2. Carbon-bonding/asam amino: sisteine (sulfidril), sistin dan methionine
3. Residual S (S-organik bersifat stabil/ tdk dpt direduksi)

S diserap tanaman

- Ion sulfat larut ( $\text{SO}_4^{-2}$ )
- Gas  $\text{SO}_2$  (melalui daun/stomata)

Konsentrasi ion  $\text{SO}_4^{-2}$  dlm larutan tanah 3 -5 ppm

Ion  $\text{SO}_4^{-2}$  bergerak keakar: difusi dan aliran masa

Bentuk tercuci:  $\text{KSO}_4^{-2}$  dan  $\text{Na SO}_4^{-2}$  (paling banyak)  
 $\text{Mg SO}_4^{-2}$  dan  $\text{Ca SO}_4^{-2}$  (Mengikuti)

Bentuk tidak tercuci  $\text{Al SO}_4^{-2}$  dan  $\text{Fe SO}_4^{-2}$

# Nasib S dalam tanah

- Mineralisasi – immobilisasi,
- Adsorpsi – desorpsi,
- Presipitasi – dissolusi,
- Oksidasi – reduksi,
- Volatilisasi.



# Mineralisasi -- immobilisasi

Mineralisasi  $\longrightarrow$  aerobik  $\longrightarrow$   $\text{SO}_4$   
 $\longrightarrow$  anaerobik  $\longrightarrow$   $\text{H}_2\text{S}$

Pool S-organik  $\xrightleftharpoons[\text{immobilisasi}]{\text{mineralisasi}}$  pool S-anorganik

Mineralisasi nisbah C/S  $< 200$   $\longrightarrow$

Mineralisasi = immobilisasi  $\longrightarrow$

Mineralisasi  $<$  immobilisasi

C/S 200-300

C/S  $>$  300

## **Faktor yang mempengaruhi mineralisasi**

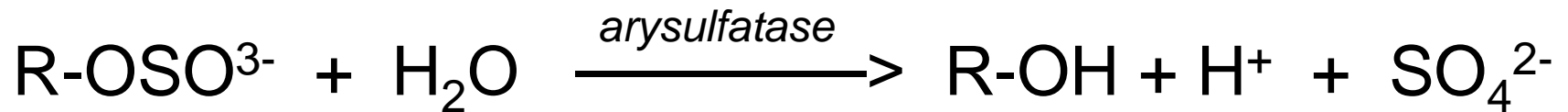
**1. Temperatur** → baik pada 20 °C – 40 °C  
terhambat  $\leq 10$  °C -  $\geq 40$  °C

## **2. Kelembaban tanah**

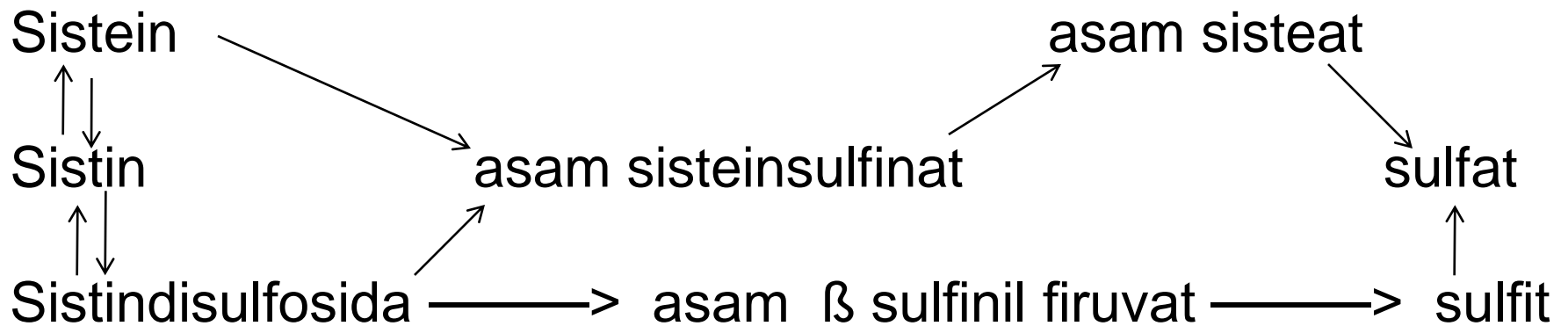
- optimum 60 % kapasitas menahan air
- terhambat  $< 15$  % dan  $> 80$  %

### 3. Reaksi tanah $\longrightarrow$ baik pada pH 7,5

Dekomposisi S-organik berlangsung secara hidrolisis bentuk ester sulfat dengan katalisator *arysulfatase*



Reaksi Sistein  $\rightarrow$  sulfat



# Adsorpsi – desorpsi

- $\text{SO}_4^{2-}$  terjerap bentuk labil
- Bentuk tersedia keseimbangan  $\text{SO}_4^{2-}$  larutan tanah
- Uji S tanah:
- ekstraksi dengan Ca-fosfat =  $\text{SO}_4^{2-}$  larut +  $\text{SO}_4^{2-}$  terjerap
- penting pada tanah terlapuk lanjut
- Kekuatan adsorpsi:  $\text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ .

Kapasitas jerapan  $\text{SO}_4^{2-}$  oleh koloid tanah:

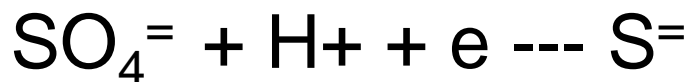
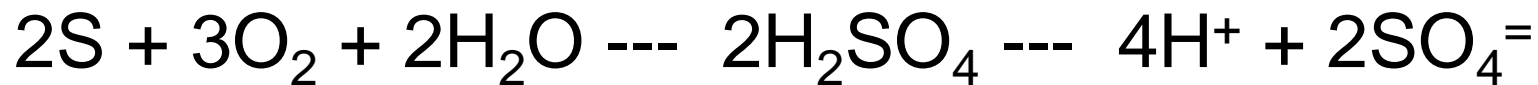
- Hidroksida/oksida Fe/Al > jerap tinggi
- Tipe liat (tipe 1:1 > jerapan tinggi
- reaksi tanah -- > muatan tergantung pH
- pH rendah jerapan tinggi
- kadar  $\text{SO}_4$ , keberadaan anion dan kation lainnya, pendesakan oleh fosfat.

## Presipitasi – dissolusi

- $\text{CaSO}_4$  di daerah kering /curah hujan rendah
- $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}^= \rightarrow \text{FeS}_2$  (anaerob + bahan organik)

## Oksidasi – Reduksi S

Proses Oksidasi dan reduksi S dibantu oleh mikrobial



# Oxidasi – reduksi

- Bentuk S : beragam dari bilangan oksidasi -2 sampai + 6, yaitu silfida, polisulfida, S elemen, tiosulfat, sulfit dan sulfat.
- Bentuk oksidasi terbanyak sebagai sulfat, sulfat yang diserap tanaman akan direduksi menjadi S organik.
- Proses Oksidasi dan reduksi S dibantu oleh mikrobial

# Volatilisasi

- Hilangan karena menguap transformasi S oleh mikrobia:  
dimethyl sulfide ( $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ )  
karbon disulfide,  
methyl mercaptan
- menguap melalui daun -- > mempengaruhi mutu pakan



# Mekanisme S sampai ke akar

- aliran masa dan difusi
- Tergantung kadar air tanah
- Kadar dalam larutan tanah 5-20 ppm
- Batas kritis dalam tanah 3-5 ppm

Kahat S dapat terjadi:

1. Unsur tdk menjadi hara bawaan pupuk N dan P
2. Jerami tanaman tidak dikembalikan ke lahan

## Fungsi S di dalam tanaman

1. Pembentuk asam amino: sistein, sistin dan methionin
2. Penyusun protein
3. Pembentukan enzim
4. Pembentuk vitamin (thiamine/B1 dan Biotin)
5. Ko-enzim-A (dlm siklus krebs)
6. Merangsang nodulasi utk fiksasi N oleh legum
7. Berkaitan erat dengan produksi biji-bijian
8. Berada dalam minyak atsiri (cabai, bawang) dan lipid
9. Pembentukan khlorofil

## Gejala defisiensi S di dalam tanaman

1. Daun muda hijau pucat (S tidak mobil)
2. Daun tua juga hijau pucat, tanaman kerdil bila kekurangan terus berlanjut
3. Kekurangan S berat daun menggulung tdk beraturan
4. Batang kecil dan berputar
5. Pada cabai daun bawah/yg tumbuh pada batang berwarna merah

**Overall light green color, worse on new leaves during rapid growth.**

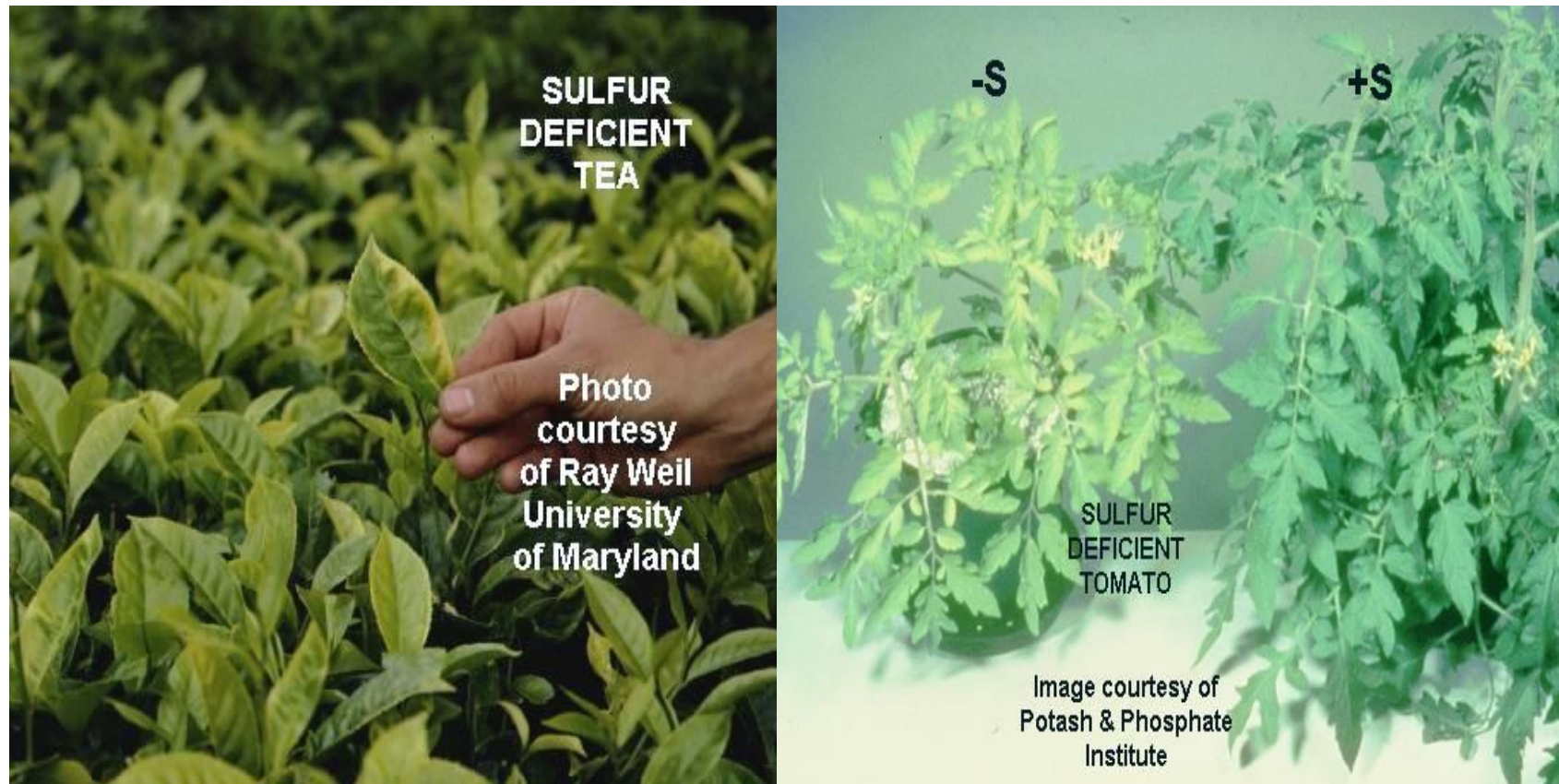


**Figure 8. Sulfur Deficiency in Corn**



**Overall light green color, worse on new leaves during rapid growth.**

**Figure 9. Sulfur Deficiency in wheat**



**Figure 10. Sulfur Deficiency in tea & tomato**



**Figure 11. Defisiensi Sulfur pada jarak**



# Table 1. Description of each S form.

SULFUR FORM	MOLECULAR FORMULA	NOTES
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Plant available form, anion found in solution and weakly sorbed to soil
Sulfides	S <sup>-2</sup>	Reduced S, common in saturated soils
Elemental S	S <sub>0</sub>	Uncommon in significant amounts, oxidizes to plant available S
Mineral S	CaSO <sub>4</sub> , FeS <sub>2</sub>	Can be a source or sink (loss) of S in soil
Organic S	Organic S	Typically the largest S reserve, slowly supplies S to soil solution
Atmospheric S	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, —COS	Oxidized to sulfate in soil and plants
Volatile S	Organic S	Microbial volatilization releases S from soil