

Bioelement	Terikat di tanah	Ketersediaan dalam tanah	Diambil dalam bentuk	Fungsi di Tumbuhan	Tempat akumulasi
N	Terikat pada bahan organik, nitrat, ammonium	Disuplai oleh dekomposisi m.o, penyerapan NH_4^+ pada mineral liat dan humus, NO_3^- di larutan	NO_3^- NH_4^+	Komponen penting penyusun protoplasma dan enzim	Pucuk muda, daun, biji, organ penyimpanan
P	Terikat pada bahan organik, fosfat pada Ca, Fe, Al	Sebagai PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , relatif tidak terlarut dan pada bentuk kompleks kelat, sedikit pada buangan mikroba	HPO_4^{2-} $/\text{H}_2\text{PO}_4^-$	Metabolisme dasar dan sintesis	Lebih banyak di organ reproduksi daripada organ vegetatif
S	Terikat pada bahan organik, mineral-mineral yang mengandung sulfur, Sulfat pada Ca, Mg, dan Na	Sedikit terserap, SO_4^{2-} terlarut	SO_4^{2-} (tanah) SO_2 (udara)	Komponen protoplasma dan enzim	Daun, biji

Bioelement	Terikat di tanah	Ketersediaan dalam tanah	Diambil dalam bentuk	Fungsi di Tumbuhan	Tempat akumulasi
K	Mika, mineral liat,	Terserap > > terlarut	K^+	Potensial membran, osmoregulasi, aktivasi enzim	Meristem, jaringan muda, parenkim kulit kayu
Mg	Karbonat (dolomite), Silikat (augite), Sulfat klorida	Tidak terlarut > >terserap, kurang pada tanah asam, berterdapat pada tanah yang mengandung serpentin	Mg^{2+}	Klorofil, komponen enzim dan ribosom	daun
Ca	Karbonat, gipsum, fosfat, silikat,	Terserap > >terlarut, kurang di tanah yang sangat asam	Ca^{2+}	Pengaturan kehilangan air, aktivasi enzim, (amilase, ATPase), pengaturan pertumbuhan,	Daun, kulit batang

Bioelement	Terikat di tanah	Ketersediaan dalam tanah	Diambil dalam bentuk	Fungsi di Tumbuhan	Tempat akumulasi
Fe	Sulfit, oksida, fosfat, silikat	Terserap > mobil,	Fe ²⁺ , Fe(III)-chelate	Metabolisme dasar, metabolisme nitrogen, sintesis klorofil	Daun
Cl	Garam, silikat	Terlarut > terserap	Cl ⁻	Sangat kuat meningkatkan kehilangan air, aktivasi enzim (fotosintesis)	Daun
Zn	Fosfat, karbonat, sulfit, oksida, silikat	Terserap > terlarut; mobil, asam > basa	Zn ²⁺ Zn-Kelat	Pembentukan klorofil, aktivasi enzim, metabolisme dasar, penguraian protein, biosintesis IAA	Akar, tajuk

DEFISIENSI OKSIGEN PADA TANAH

Penyebab:

- banjir/tanah tergenang air dalam jangka waktu yang lama
- tekstur tanah yang kompak
- konsumsi oleh akar, aerobik m.o, hewan tanah

Adaptasi fisiologis:

- metabolisme protein diatur selama beberapa waktu, setelah aktivasi gen, beberapa jenis protein tertentu diproduksi yang berfungsi sebagai isoenzim menggantikan enzim asli (e.g. aerobik ADH dan phosphate-transfer enzymes)
- produk akhir yang dihasilkan bukan alkohol yang bersifat toksik tetapi asam laktat, asam shikimik, atau asam malat

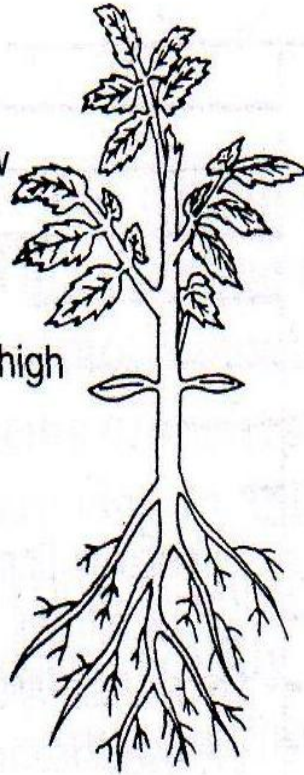
IAA normal

Ethylene production low
Normal leaf angle

ABA levels low
Stomatal conductance high

GA + CK levels
normal in xylem

ACC absent
in xylem



Dense root system
Well-aerated soil

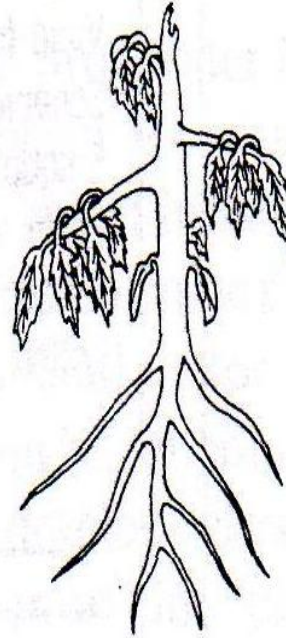
IAA increased

Ethylene production high
Epinastic leaf angle

ABA levels increased
Stomatal conductance reduced

GA + CK levels
reduced in xylem

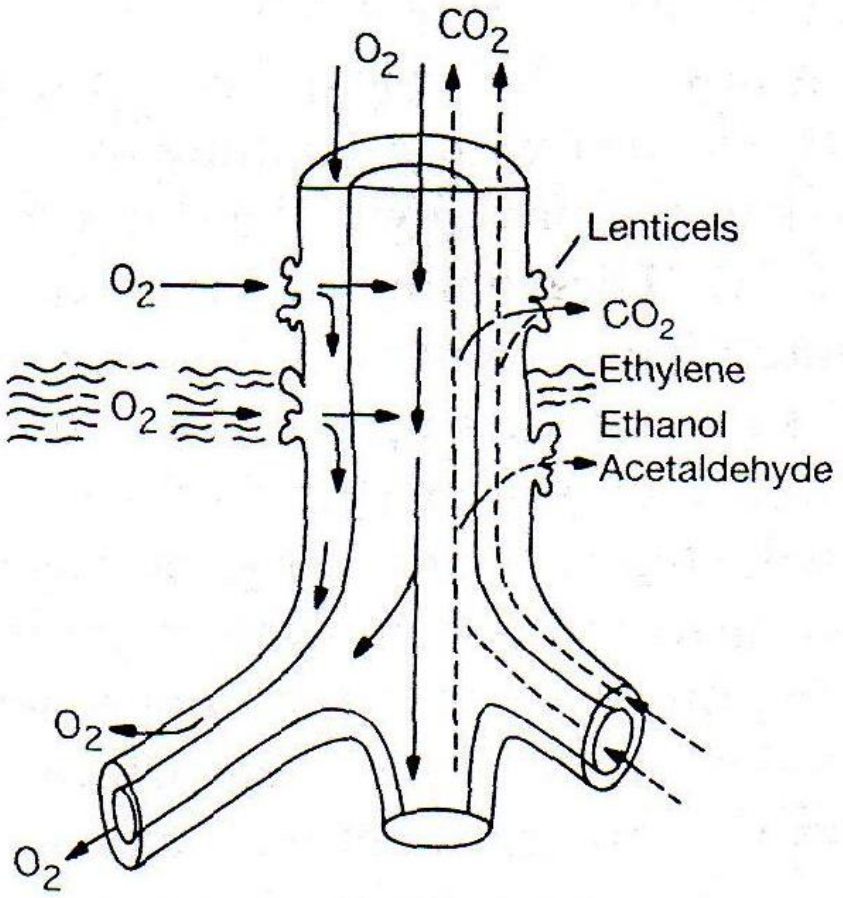
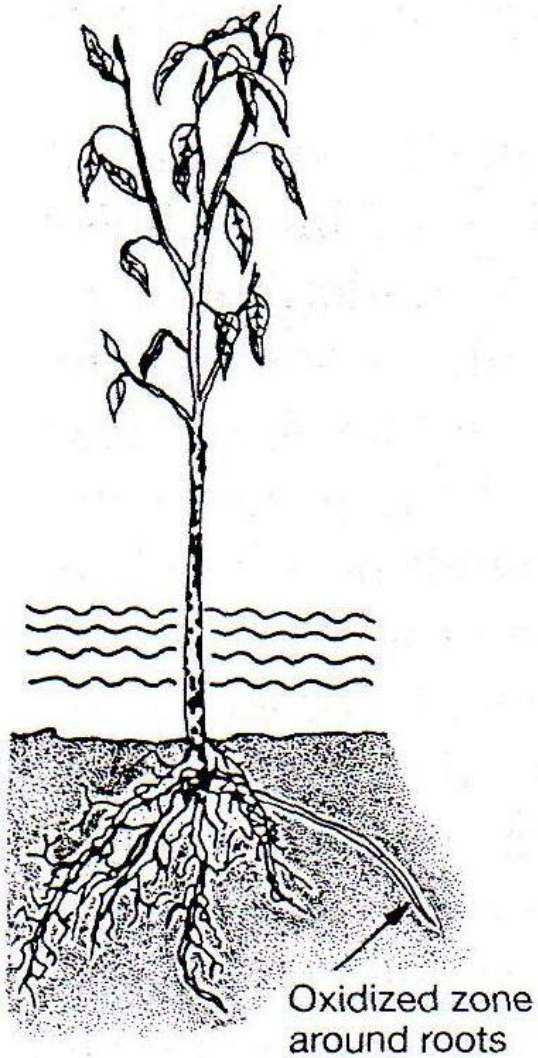
ACC accumulates



Death of small roots
Anaerobic wet soil

Adaptasi morfologi:

- produksi aerenkim (banyaknya ruang antar sel pada parenkim akar tumbuhan rawa 20-60%; normal : kurang dari 10%)
- membentuk akar lateral dekat permukaan
- membentuk akar nafas dengan lentisel
- membentuk akar lutut



TANAH DENGAN SALINITAS TINGGI

Disebabkan ????

- Evaporasi sangat tinggi dibanding dengan curah hujan (arid region)
- Adanya perpindahan garam (aerosol) dari pantai (humid region)
- Evaporasi sangat tinggi dibanding dengan curah hujan (arid region)

Efek tingginya salinitas tanah

Jika NaCl dalam tanah tinggi, maka pengambilan mineral lainnya seperti NO_3^- , K^+ , Ca^+ berkurang, akibatnya:

- energi yg diproduksi via photophosphorilasi dan phosphorilasi respirasi sangat kecil

- metabolisme protein terganggu
- akumulasi diamin (putrescin, cadaverin) dan poliamin

Jika telah melebihi toleransi tumbuhan:

- fotosintesis terganggu : stomata tertutup & adanya garam pada kloroplas (transport e)
- respirasi (khususnya diakar) dapat meningkat atau menurun
- produksi antosianin meningkat, sitokinin menurun, ABA dan etilen meningkat
- menghambat pertumbuhan akar
- menghambat membukanya kuncup
- nekrosis pada akar, tepi daun, pucuk,
- daun menjadi kuning dan kering sebelum pertumbuhan selesai

Mekanisme Resistensi Tumbuhan Terhadap Salinitas Tinggi

Pengaturan Kadar Garam

- Penghambatan transport garam

Mangrove: hambatan transport pada akar

Beberapa tanaman crop: intrupsi transport garam

Halophobik: ion-ion yang berlebihan ditahan di akar, batang atas, atau daun sehingga sampai ke meristem, daun muda, dan buah muda dalam jumlah yang lebih sedikit

- Pengeluaran garam

Kelebihan garam dapat dikeluarkan dengan cara mengeluarkan metil halida (mudah menguap) melalui kelenjar atau ekresi garam pada permukaan dahan, atau menggugurkan bagian yang kelebihan kadar garam

Fitoplankton (laut), makroalga, fungi : memproduksi metil klorida, bromida, dan iodine ke udara

Pengeluaran garam melalui kelenjar ekresi ditemukan pada *Avecennia*, *Tamarix*, *Glaux maritima*, atau halofilik spesies (*Spartina*, *Distichlis*)

Pada spesies *Atriplex* (daerah kering) dan *Halimione* mengakumulasi klorida pada *vesicular hairs* yang kemudian mati dan digantikan oleh rambut2 yang baru

Akumulasi garam pada daun dilakukan oleh: *Plantago maritima*, *Aster tripolium*, *Triglocin maritimum*

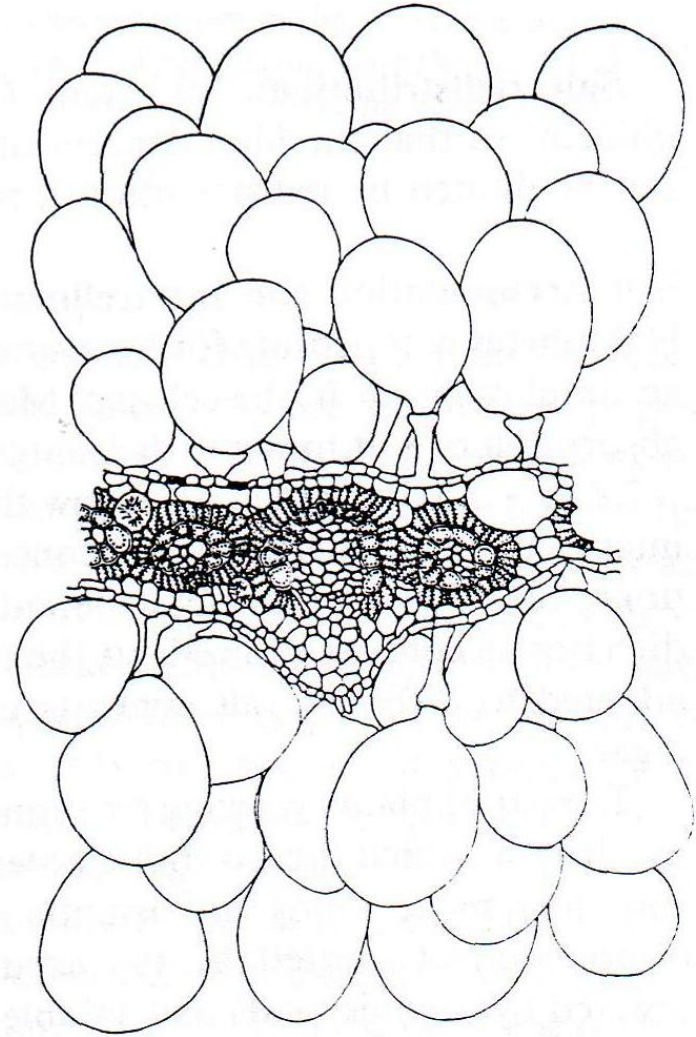
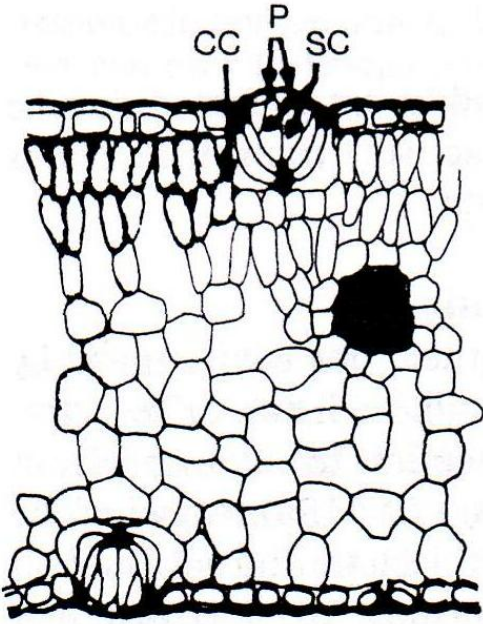
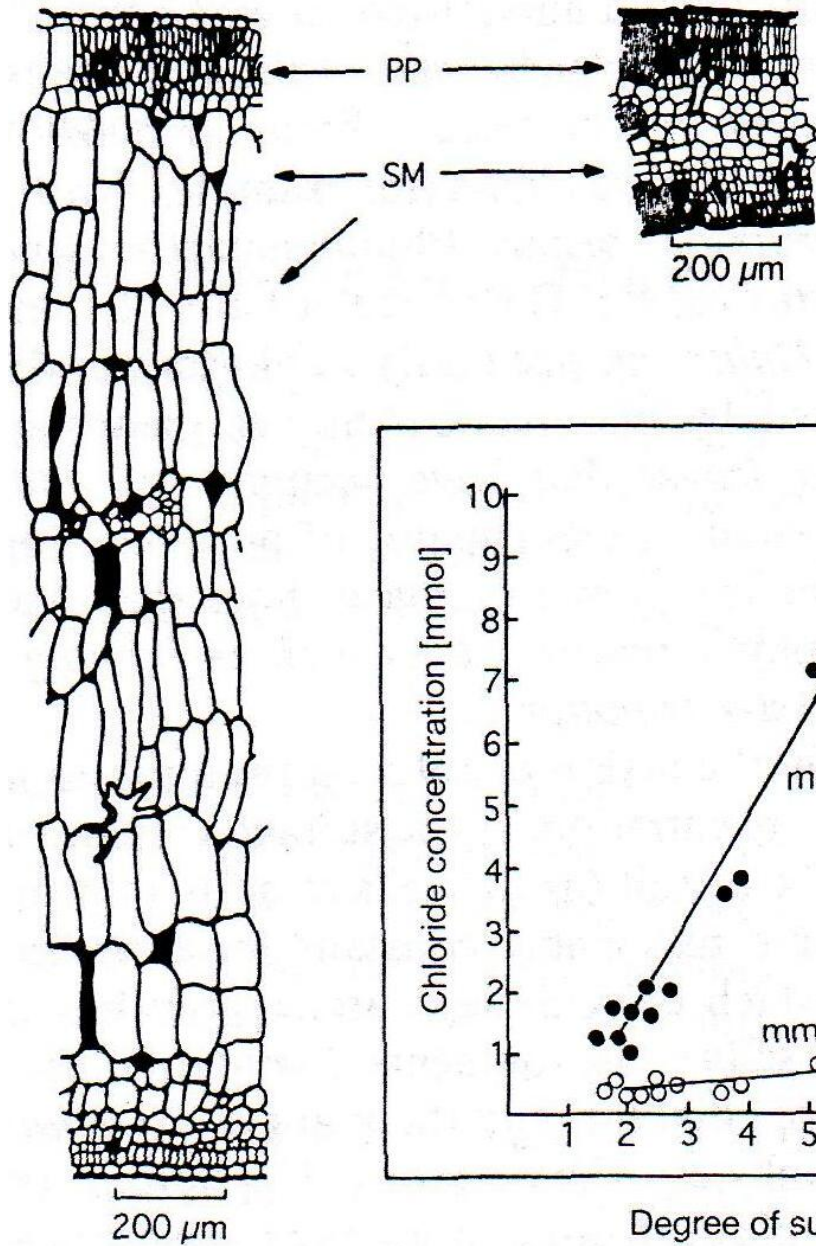


Fig. 6.74. Salt elimination by exudation and vesicular hairs. *Left* Multicellular salt gland complex in the leaf epidermis of *Limonium gmelinii*. *P* Pores; *SC* secretory cells; *CC* collecting cells. (Ruhland 1915). *Right* Salt-accumulating, pediculate vesicular hairs on leaves of *Atriplex mollis*. (Berger-Landefeldt 1959)

- Sukulen

Terdapat struktur tambahan hasil adaptasi salinitas tinggi/kekeringan berupa struktur yang sukulen

Halofita: *Salicornia*, beberapa jenis fam Chenopodiacea yang tumbuh di pesisir, *Laguncularia*



- Redistribusi

Na⁺ dan Cl⁻ dapat ditranslokasi pada floem sehingga konsentrasi tinggi yang terjadi pada daun dapat didistribusikan keseluruh tumbuhan

- Akumulasi Garam dan Kompartementasi intraselular

Halofita melakukan kompensasi untuk potensial osmotik selnya pada lingk salin dengan cara mengakumulasikan garam pada sel sehingga nilainya dibawah potensial osmotik lingk

Akumulasi garam seringkali membahayakan proses metabolisme

Sebagian besar ion garam diakumulasikan pada vakuola

Akumulasi garam ke dalam vakuola dilakukan melalui ATPase yang terdapat di membran.

Tumbuhan yang toleran terhadap salinitas tinggi :

Sejauhmana tingkat protoplasma dapat mentolerir keseimbangan ion yang disebabkan oleh stress salinitas tinggi, toksik dan efek osmosis akibat meningkatnya konsentrasi garam

Tergantung pada:

Spesies, tipe jaringan, vigor

Ada beberapa organisme yang sangat toleran terhadap salinitas tinggi:

Flagelata fotoautotropik : *Dunaliella salina*

Enzim bakteri *Pseudomonas salinarum* dan ragi *Debaryomyces hansenii* masih bekerja walaupun pada konsentrasi 20-24% NaCl.

Tumbuhan yang toleran terhadap salinitas tinggi, biasanya memproduksi asam amino atau amida (prolin, alanin, glutamin, asparagin), beberapa tipe gula alkohol (manitol, pinitol; mangrove)

RESISTENSI TUMBUHAN TERHADAP LOGAM BERAT

Efek logam berat terhadap tumbuhan :

→ mengganggu transport elektron pada respirasi dan fotosintesis

→ menonaktifkan enzim-enzim penting



→ menurunkan energi yang dihasilkan

→ menurunkan pengambilan mineral

→ mengganggu pertumbuhan

Fig. 6.91. Possible mechanisms of resistance to heavy metals. 1 Immobilization of metal ions in the cell wall, especially by pectins; 2 impeded permeation across the cell membrane; 3 formation of chelates by metal-binding proteins and polypeptides (phytochelatins) in the cytoplasm; 4 compartmentalization in the vacuoles; 5 active export; *CW* cell wall; *CYT* cytoplasm; *VAC* cell vacuole. (After Ernst 1976; Tomsett and Thurman 1988; Grill 1989; Cumming and Taylor 1990)

