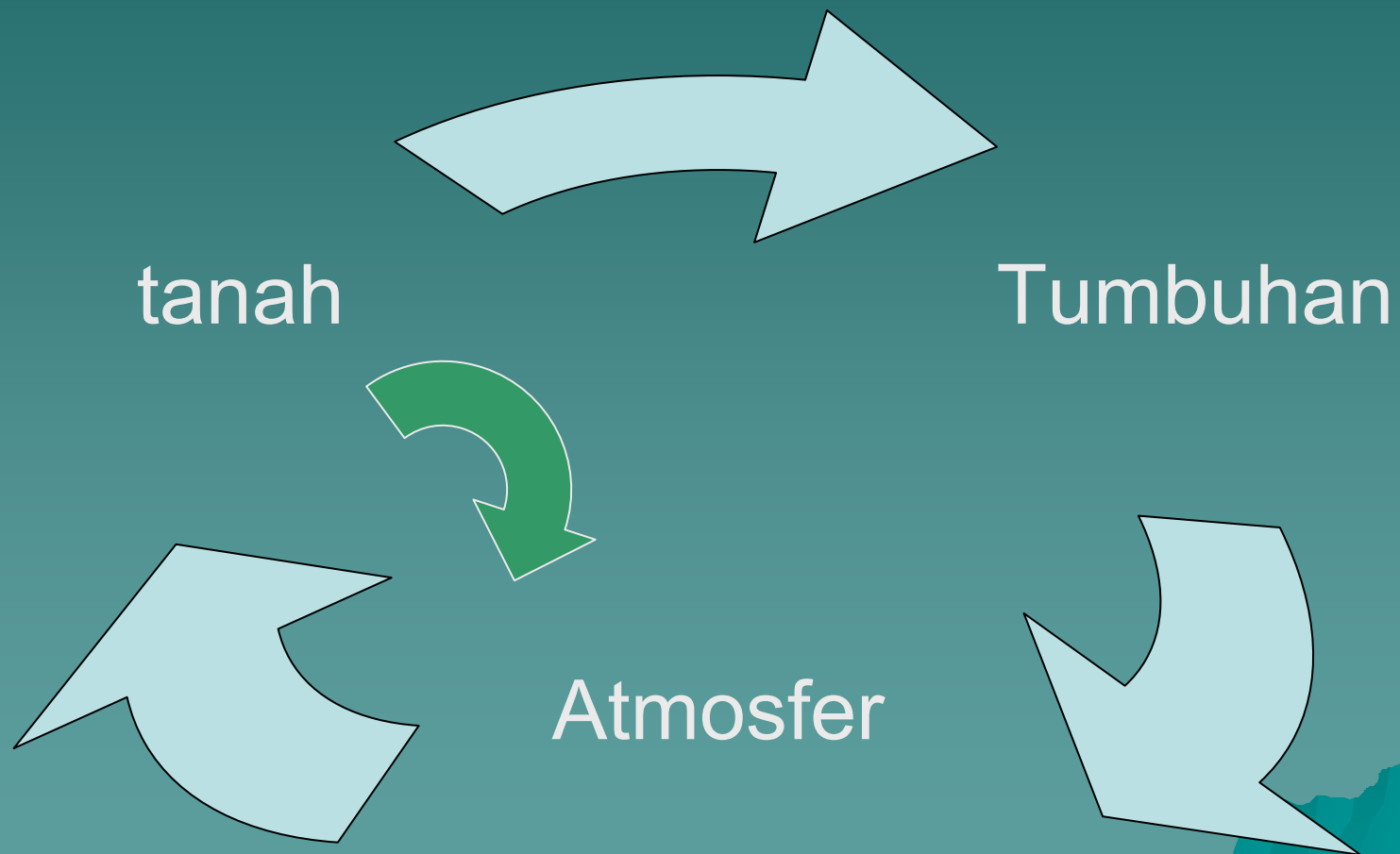


Kuliah III

TRANSPIRASI

- Tumbuhan statis : terestrial, epifit, akuatik
- tumbuhan terestrial:
hubungan kontinum tanah
(sumber air, source),
tumbuhan, atmosfer
(penampungan
air , sink)

Pergerakan air dan uap air



Peranan transpirasi

- ◆● Pengaturan oleh epidermis stomata, lapisan kutikula
- ◆● Air tumbuhan : tercukupi, defisit ?
- ◆● Defisit air layu (reversibel)-layu akut –mati (irreversibel)

Definisi , hubungan transpirasi dan fotosintesis

(a) Transpirasi kehilangan air tumbuhan hidup (bentuk uap air)

menuju ke atmosfer.

100% air diserap 1% untuk tumbuhan, 99% ditranspirasikan

(b) Evaporasi dari benda mati tanah, batu

(c) Evapotranspirasi = a + b

Efisiensi penggunaan air oleh tumbuhan

Dengan rasio transpirasi (RT).

Rumus sebagai berikut:

$RT = \frac{\text{banyak H}_2\text{O ditranspirasikan}}{\text{banyak CO}_2 \text{ diasimilasikan}}$

- Nilai rasio transpirasi adalah berkisar antara 200 dan 500

- **Efisiensi penggunaan air 3 kelompok tumbuhan:**

CAM 50-100 gram air diuapkan
Untuk mengambil CO₂ sebanyak 1
gram

C4 250-300 gram air diuapkan dan 1
gram CO₂ diambil.

C3 400-500 gram air diuapkan dan 1
gram CO₂ diambil

Macam-macam transpirasi

Transpirasi stomata

Transpirasi kutikular

Transpirasi lentisel

Energi penguapan

Energi matahari diberikan pada daun melalui tiga cara yaitu:

Sebagai cahaya yang langsung.

Radiasi termal

Aliran udara hangat menembus daun.

Sedikit energi konduktif

**Siklus diurnal laju transpirasi
sejalan dengan radiasi
(temperatur): grafik**

**Transpirasi efek pendinginan
(?)**



Pengukuran Laju Transpirasi

- ◆ **Kualitatif dan**
- ◆ **Kuantitatif** : satuan g uap air / detik / tumbuhan, atau g/jam atau mg/cm²/detik.
liter/ha/hari

Cara pengukuran laju transpirasi

1). Metode gravimetri = metode pot = metode lisimeter.

Cara ini sangat sederhana, langsung hasil, terpercaya dan dapat digunakan untuk penelitian maupun praktikum.

Kelemahan dihitung juga hasil fotosintesis bersih

Lanjutan

2). Higrometer, analizer infra merah ataupun psikrometer.

Dengan absorben /CaCl₂, atau P₂O₅..

Untuk tumbuhan di lapang, digunakan tenda plastik transparan.

3).Cara lain dengan porometer.

Daun sebagai objek pengukuran

Lanjutan

4). Kertas saring + Cobalt Chlorida (3-5%)

Kualitatif dan kuantitatif

Kertas berwarna biru cerah dalam keadaan kering dan

merah muda (pink) jika dalam keadaan basah.

5). **Potometer** dapat digunakan untuk pengukuran semikuantitatif. Laju transpirasi (LT) dihitung dengan rumus sederhana sebagai berikut:

$LT = \text{panjang perjalanan gelembung (mm)} \times \text{luas lubang pipa (mm}^2)$

Dengan satuan $\text{mm}^3 / \text{g tanaman/jam}$

Pertukaran gas antara daun dan atmosfer melalui stomata

- ◆ Uap air keluar, CO_2 dan O_2 masuk tubuh tumbuhan

- * Melalui stomata epidermis (mulut daun) Stomata terdapat juga pada

- buah misalnya jeruk, pisang, timun dan apokat

Faktor-faktor berperan dalam buka-tutup stomata :

1. Cahaya . siang membuka, dan malam menutup
2. Karbon dioksida (CO₂): CO₂ tinggi stomata menutup dan O₂ rendah membuka.
Potensial air : Potensial air rendah stomata menutup
3. Temperatur: Temperatur tinggi 30-35°C , stomata menutup
4. Angin: Angin membawa CO₂ masuk ke dalam stomata, stomata menutup sebagian/parsial.
15. Ion Kalium/Potassium (K⁺) K⁺ masuk sel penutup stomata membuka.

Besarnya lubang tergantung pada konsentrasi K⁺. (cahaya, epidermis ,pH)

Asam absisat (ABA) Fitohormon ini memacu penutupan stomata (10⁻⁶ M)

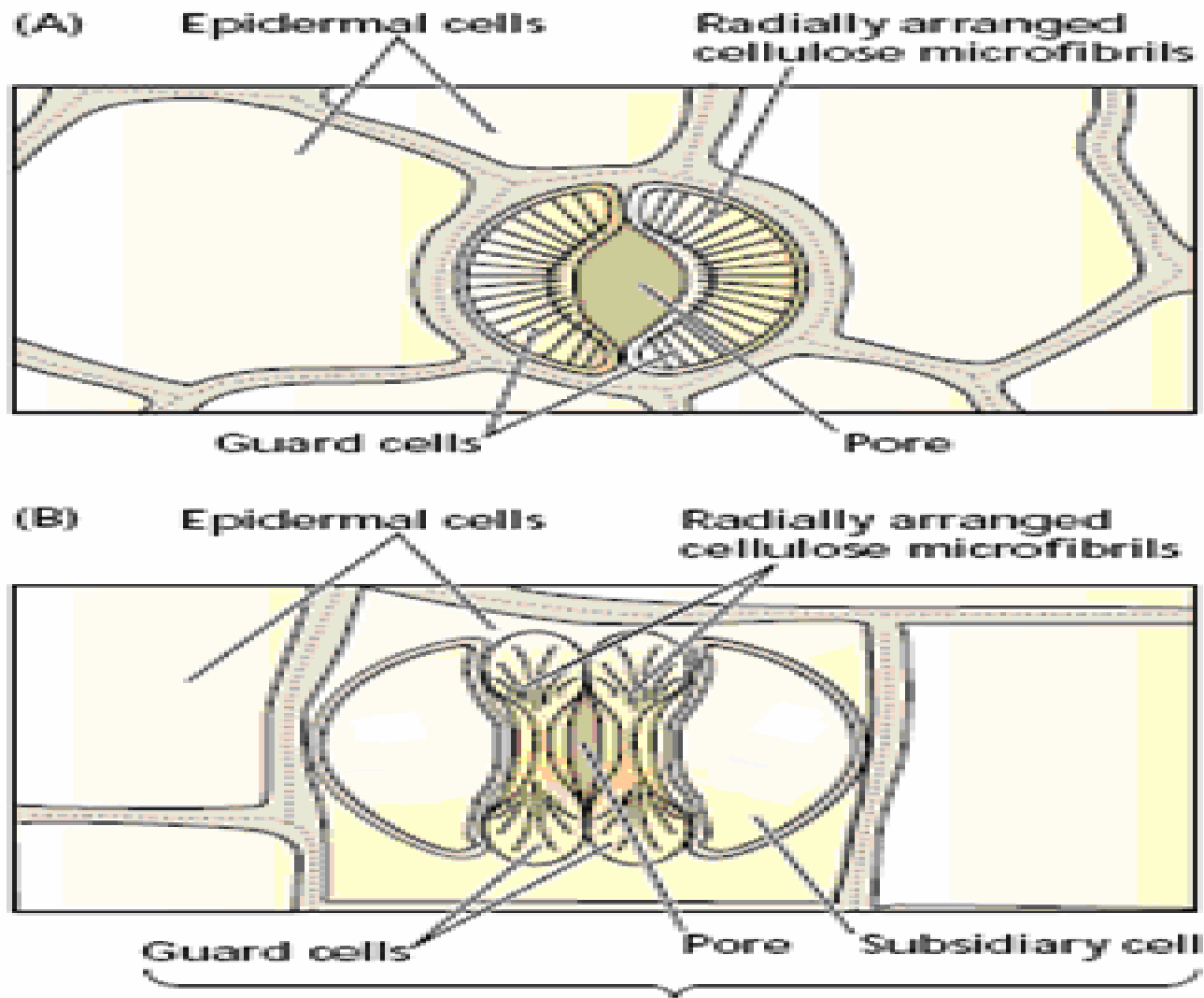
ABA di tiga tempat yaitu (a) sitoplasma (sintesis) (b) kloroplas (akumulasi) dan (3) dinding sel (pembukaan dan penutupan stomata)

Asesori pada daun lain

- Kutikula
- Trikoma

Stomata

- * Bentuk, ukuran lubang $P=20\ \mu\text{m}$, $L= 10-20\ \mu\text{m}$, $1\ \mu\text{m}$ dilewati 4000 molekul air
- * Bentuk sel penutup: ginjal dan halter (lihat gambar)
- * Kerapatan 2500-40000 stomata/cm²
- * Lokasi di daun permukaan atas, bawah saja atau keduanya
- * Posisi dari permukaan daun rata, menonjol dan tenggelam



Gambar 3.1. Susunan radial mikrofibril selulosa pada sel penutup dan sel- sel epidermis (A) stoma berbentuk ginjal (B) stoma rumput (Meidner dan Mansfield, 1968)

Pengukuran lubang stomata

- * Destruktif atau utuh.

- * Berbagai cara

1. Pengamatan **langsung dibawah mikroskop**, menghitung jumlah stomatanya.

sulit , perlu waktu lama.,tidak dapat untuk daun yang bersisik dan berrambut pada epidermisnya.

2. Mengupas epidermis daun yang telah diolesi permukaannya **dengan minyak silikon, selulosa asetat atau kolodion**. Kupas-oles dapat berulang-ulang. Kekurangan tidak cocok untuk stomata tenggelam.

3. Dengan membuat irisan epidermis daun , dimasukkan ke **dalam etil alkohol absolut. untuk mendehidrasi dan mengeraskan dinding sel dan memamatikannya** sehingga stomata tetap berada dalam keadaan seperti semula. Potongan epidermis diamati di bawah mikroskop. Dan cara ini hanya dapat dipraktekkan pada daun yang mudah dikupas epidermisnya

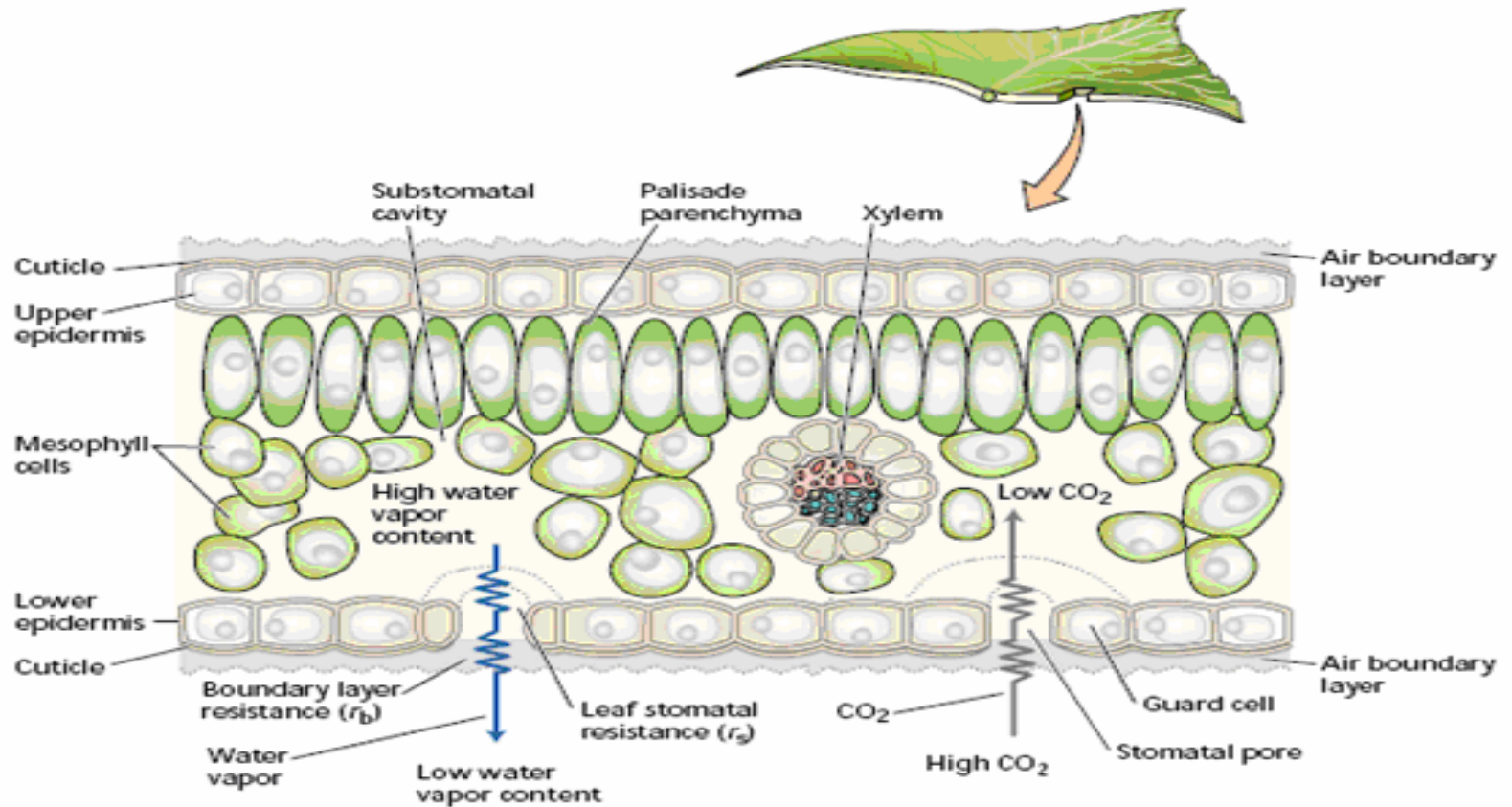
Lanjutan

Cara infiltrasi dengan xilen, benzene atau kerosen pada permukaan daun. Perluasan infiltrasi diamati dan dihitung waktunya (detik).. Relatif kasar, cepat mudah diperlihatkan , berguna untuk pekerjaan di lapangan, perlu kalibrasi dengan mikroskop langsung atau cetakan epidermis.

Porometer. tabung kecil (gelas atau plastik) menjepit daun. Laju gas lewat epidermis daun diukur. Laju ini → resistensi semua stomata dalam tabung. Resistensi > lubang stomata < (detik per cm²) , dapat dikonversikan ke besaran lubang stomata bila sudah dibuat kurva kaliberasi, hanya untuk daun 2 sampai 3 cm² dan kerapatan stomata 40.000 stomata per cm² , hasil lebih akurat.

- Porometer ada 2 macam yaitu aliran dan difusi.

Pergerakan uap air Pertukaran gas dan melalui stomata



Gambar 3.2. Perjalanan air melalui daun. Air didorong dari xilem ke dinding sel mesofil dan berevaporasi ke ruang udara daun. Uap air berdifusi melalui ruang udara daun, lubang stomata menembus lapisan pembatas di permukaan daun. Karbon dioksida masuk ke dalam daun sepanjang gradien konsentrasi.

Resistensi daun dibagi 2 .

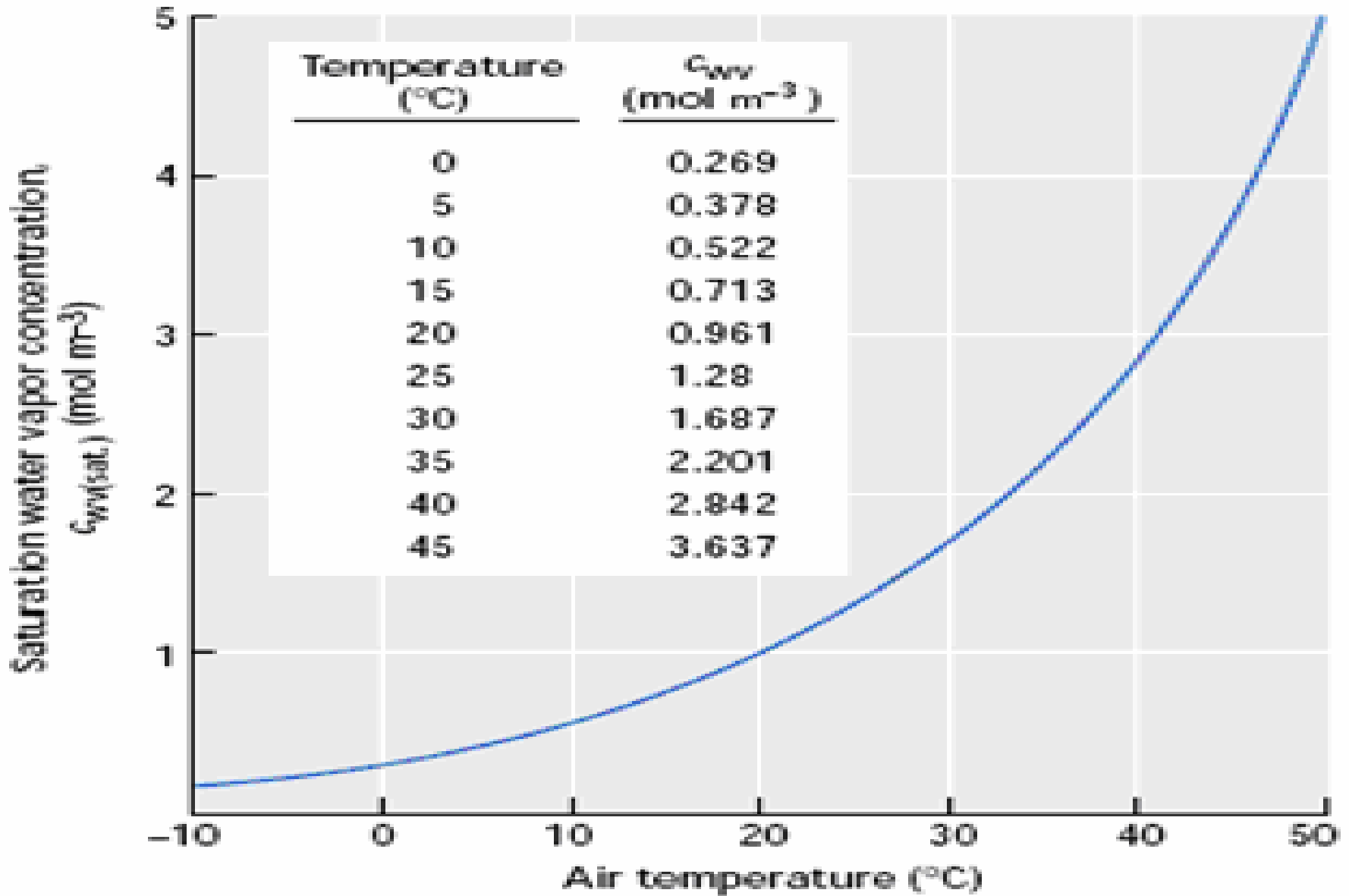
- Resistensi internal (resistensi stomata , R_a).
- Resistensi eksternal (R_b) adalah lapisan udara lembab yang menyelimuti permukaan luar daun sehingga menghambat pergerakan air dari daun ke atmosfer

Fluks Transpirasional

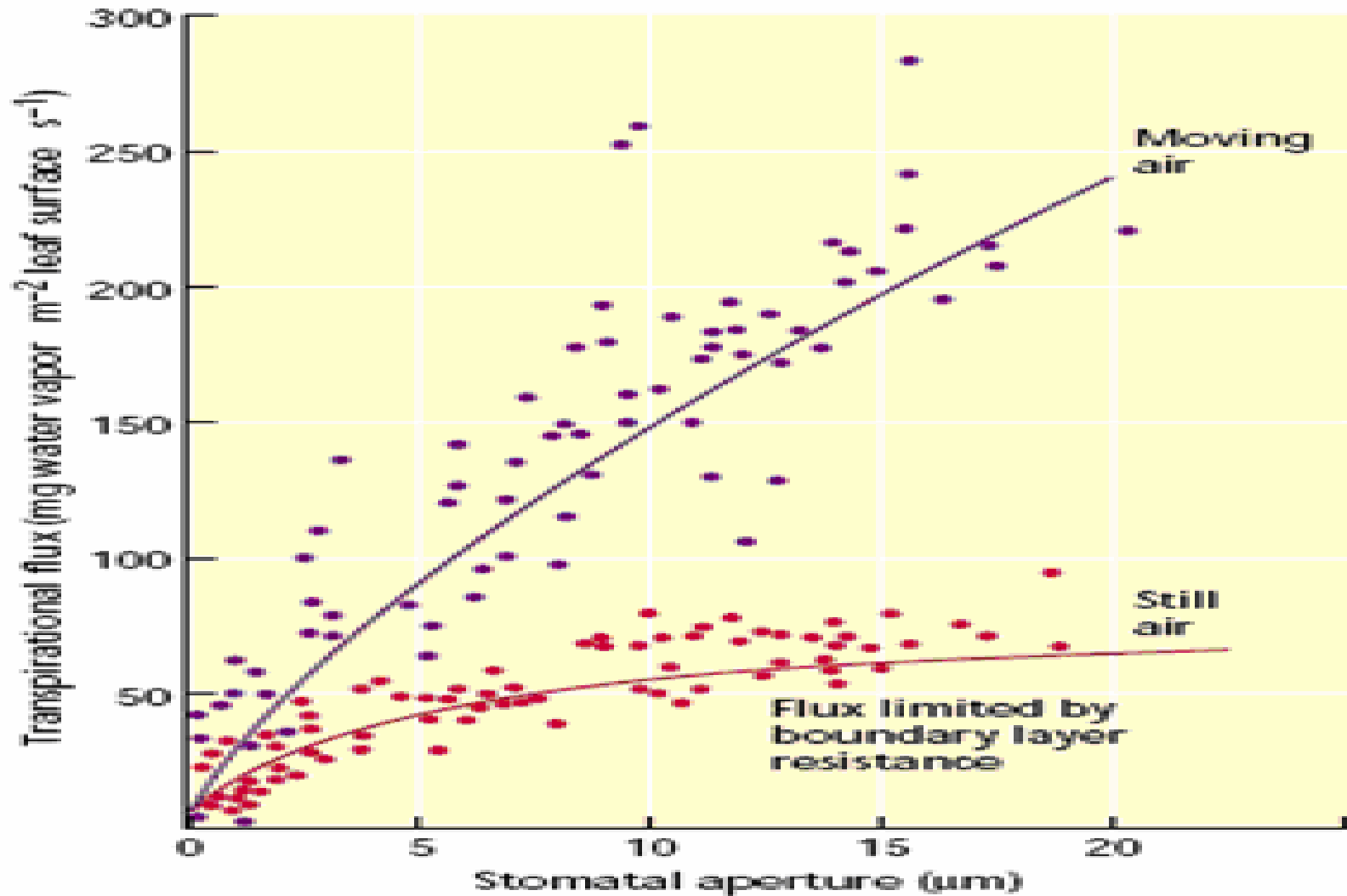
Fluks Transpirasional = C_1 dan C_2
= konsentrasi uap air dalam ruang substomata dan atmosfer,

R_1 = resistensi stomata dan R_2 = resistensi permukaan luar daun.

Satuan F_T = μg uap air / cm^2 / detik dan C = μg uap air / cm^3 sehingga satuan R = detik / cm



Gambar 3.3. Konsentrasi uap air dalam udara jenuh sebagai fungsi dari temperatur udara



Gambar 3.4. Ketergantungan fluks transpirasi pada lubang stomata tumbuhan zebra (*Zebrina pendula*) pada udara diam dan bergerak. Lapisan pembatas lebih besar dan membatasi laju transpirasi dibandingkan pada udara bergerak. Hasilnya adalah pada udara diam, lubang stomata kurang mengatur kelebihan transpirasi. (Bange, 1953)

Antitranspirasi pada tumbuhan

- * Untuk mengurangi laju transpirasi untuk lahan pertanian, perkebunan, nurseri, dsb
- * Air mahal, terbatas
- * Penggunaan antitranspirasi
 - ◆ Contoh-contoh antitranspirasi adalah minyak silikon, plastik dan lilin cair
 - ◆ fenilmekuri asetat 10^{-4} M, ABA
 - ◆ Karbon dioksida (CO₂) 0,03% -0,05%

Laju fotosintesis bersih :

$$\frac{C1 - C2}{R1 + R2 + R3}$$

Laju fotosintesis bersih dihitung dengan mempertimbangkan resistensi CO₂ yang bergerak dari fase cair di dinding sel dan sitoplasma sel mesofil (R3).

Teori kohesi

- Sifat kohesi air yang bertahan dalam kolom kontinyu dikenal dengan teori kohesi.
- Kohesi air terjadi mulai dari daun sampai akar.
- Kekuatan tenaga air mendorong cairan xilem dari akar sampai daun pohon tertinggi.
- Perbedaan tekanan sampai -26 MPa.
- Perjalanan cairan xilem naik sampai ujung tumbuhan adalah melawan gravitasi.
- Nilainya diabaikan dibuktikan oleh Rosenberg, 1954 → untuk menaikkan 1 mole air, 25 m hanya diperlukan 1 kalori

Apakah daya dorong mencapai ujung pohon 100 m atau lebih ?

1. Tekanan akar / pompa dari akar. Terlalu kecil $0,2-0,3 \text{ MPa} \approx 20-30 \text{ m}$ untuk mentranspor air dengan ketinggian 100 m lebih yang memerlukan 3 MPa.

2. Teori tekanan kohesi Tenaga dorong besar (3MPa) dengan perbedaan potensial kurang lebih 100 MPa.)., xilem harus dibawah tekanan, air meregang dan xilem kuat dengan tekanan.

3. Teori kompensasi tekanan. Yang kontroversi dengan validitas teori kohesi.

4. Daya kapilaritas. Pergerakan air karena kohesi dan adesi $h=14,87/r$ (h =tinggi air dalam pipa kapiler, dan r = jari-jari dalam μm). Hasil percobaan menunjukkan

Tinggi kolom air dalam pipa kapiler

Jari-jari (μm)	Tinggi kolom (m)
10	1,4877
40 (trakheid)	0,37
100 •	0,148
0,005 (lubang dinding sel)	2975

Jadi daya kapilaritas tidak mempunyai tenaga cukup untuk menarik air pada pohon tinggi karena jari-jari lubangnya yang terlalu besar.