

Ecologia

Anno Accademico 2023-24

Docente:

Prof. Stefano Martellos

martelst@units.it

(<http://dryades.units.it/SM>)



Il ciclo del fosforo



Pool di riserva: crosta terrestre

Il fosforo è presente negli acidi nucleici e nelle molecole ad alta energia (ATP e NADPH, per esempio). La sua carenza è uno dei principali fattori limitanti alla produttività di un ecosistema. Il ciclo è nel suo complesso estremamente lento, e pesantemente influenzato dall'uso umano (in particolare nell'agricoltura), uso che comporta anche l'eutrofizzazione di corsi d'acqua, laghi ed acque costiere, spesso con una conseguente distruzione della rete trofica di questi ecosistemi.

La maggior parte del fosforo utilizzato dagli esseri viventi deriva dalle rocce fosfatiche (ovvero rocce che derivano dall'accumulo delle ossa dei vertebrati e dal guano, accumulo di escrementi di uccelli marini).

Per effetto degli agenti atmosferici e dell'azione erosiva delle piogge, il fosforo si diffonde nei suoli. Qui, solubilizzando il fosfato di calcio, la microflora assimila il fosforo organicandolo e rendendolo adatto all'assorbimento da parte dei vegetali autotrofi.

Attraverso la catena alimentare il fosforo viene poi assorbito dagli animali che lo restituiscono al terreno sotto forma di rifiuti organici.

Ad opera di batteri, noti con il nome di fosfobatteri, il fosforo contenuto nei detriti viene quindi mineralizzato con produzione di ioni fosfato (PO_4^{3-}).

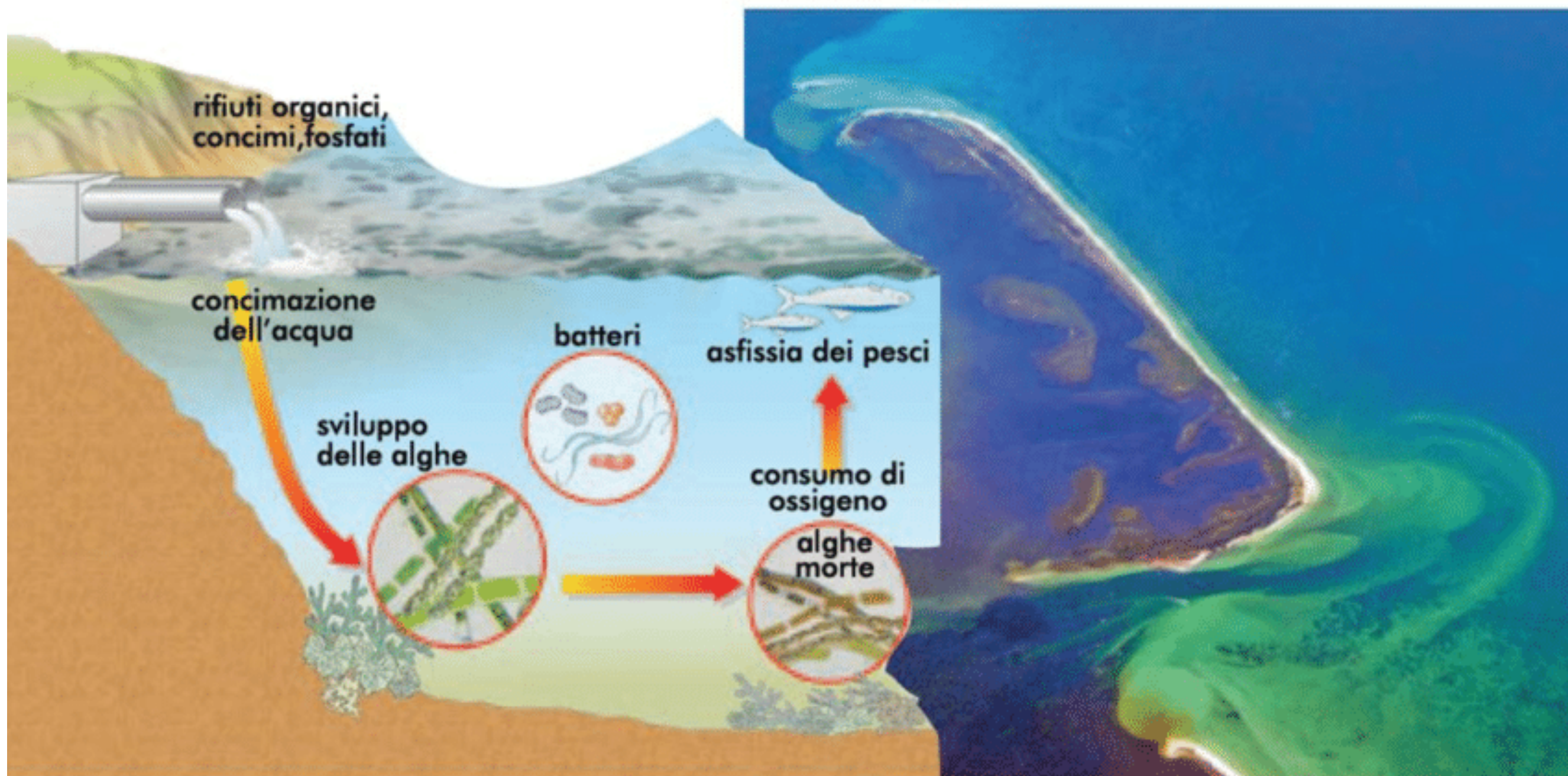
Parte degli ioni fosfato così prodotti vengono immediatamente riutilizzati dai produttori mentre un'altra parte viene invece trasformata in composti poco solubili che si accumulano nel terreno e che diventano non più disponibili per gli esseri viventi.

La maggior parte del fosforo contenuto nelle rocce per mezzo degli agenti atmosferici viene portata ai mari dove sedimenta sul fondo degli oceani.

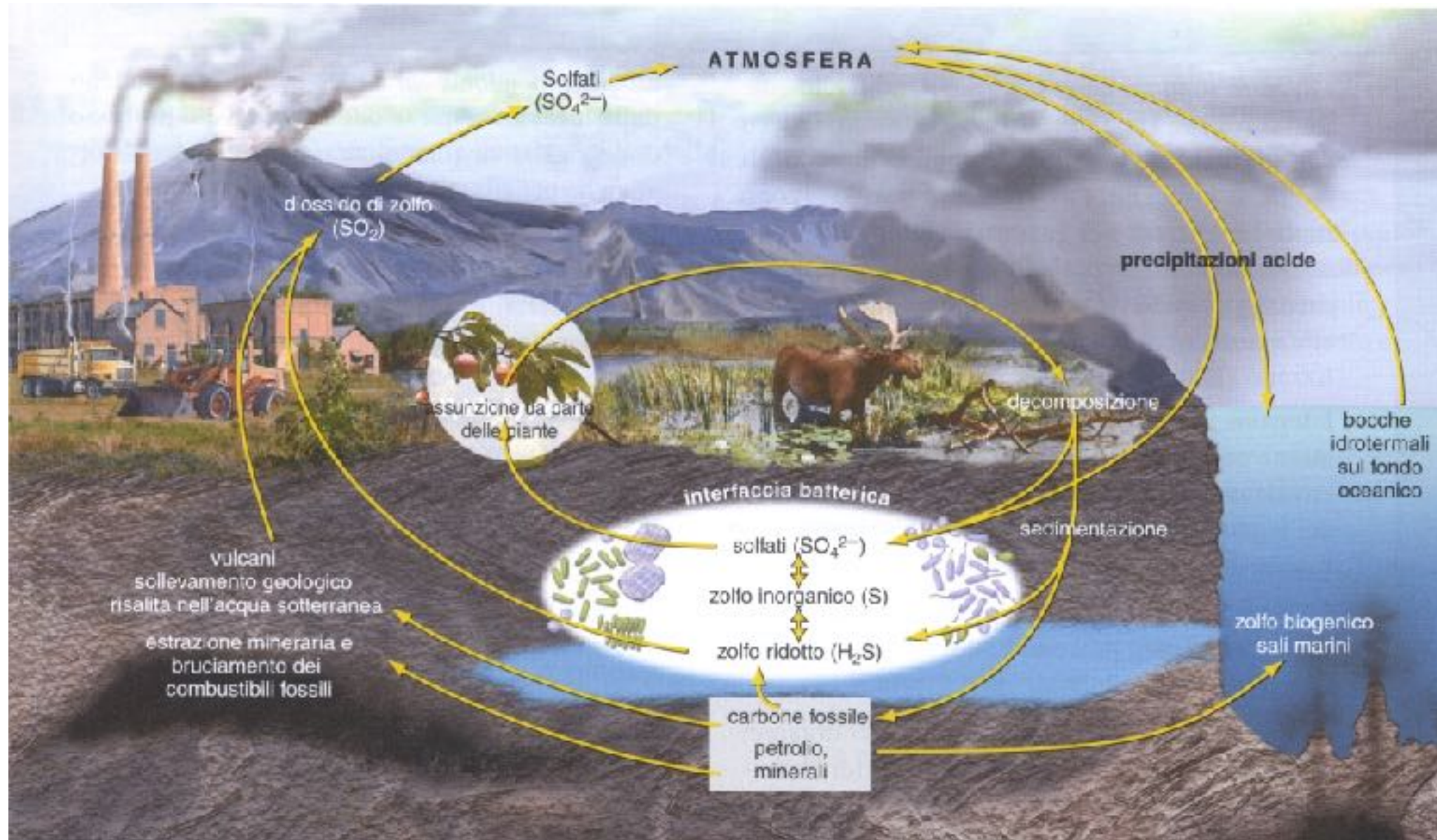
Una parte di esso viene utilizzata dal plancton e dai pesci. Attraverso la catena alimentare quindi i fosfati passano dai pesci agli uccelli che li restituiscono all'ambiente terrestre per mezzo del guano.

Tuttavia la quantità di fosforo che dal mare ritorna all'ambiente terrestre è notevolmente inferiore alla quantità che sedimenta sul fondo degli oceani.

Azoto, fosforo e eutrofizzazione



Il ciclo dello zolfo



Pool di riserva: crosta terrestre

Lo zolfo, a differenza del fosforo, viene emesso anche sotto forma gassosa dalla crosta terrestre. Di conseguenza il suo ciclo è meno rallentato rispetto a quello del fosforo. La quantità di zolfo in atmosfera è fondamentale nel determinare l'acidità delle piogge ed il loro influsso sugli ecosistemi. L'emissione antropica conseguente all'uso dei combustibili fossili, ed in particolare del carbone, tende ad aumentare l'acidità delle piogge, oltre a nuocere alla salute umana.

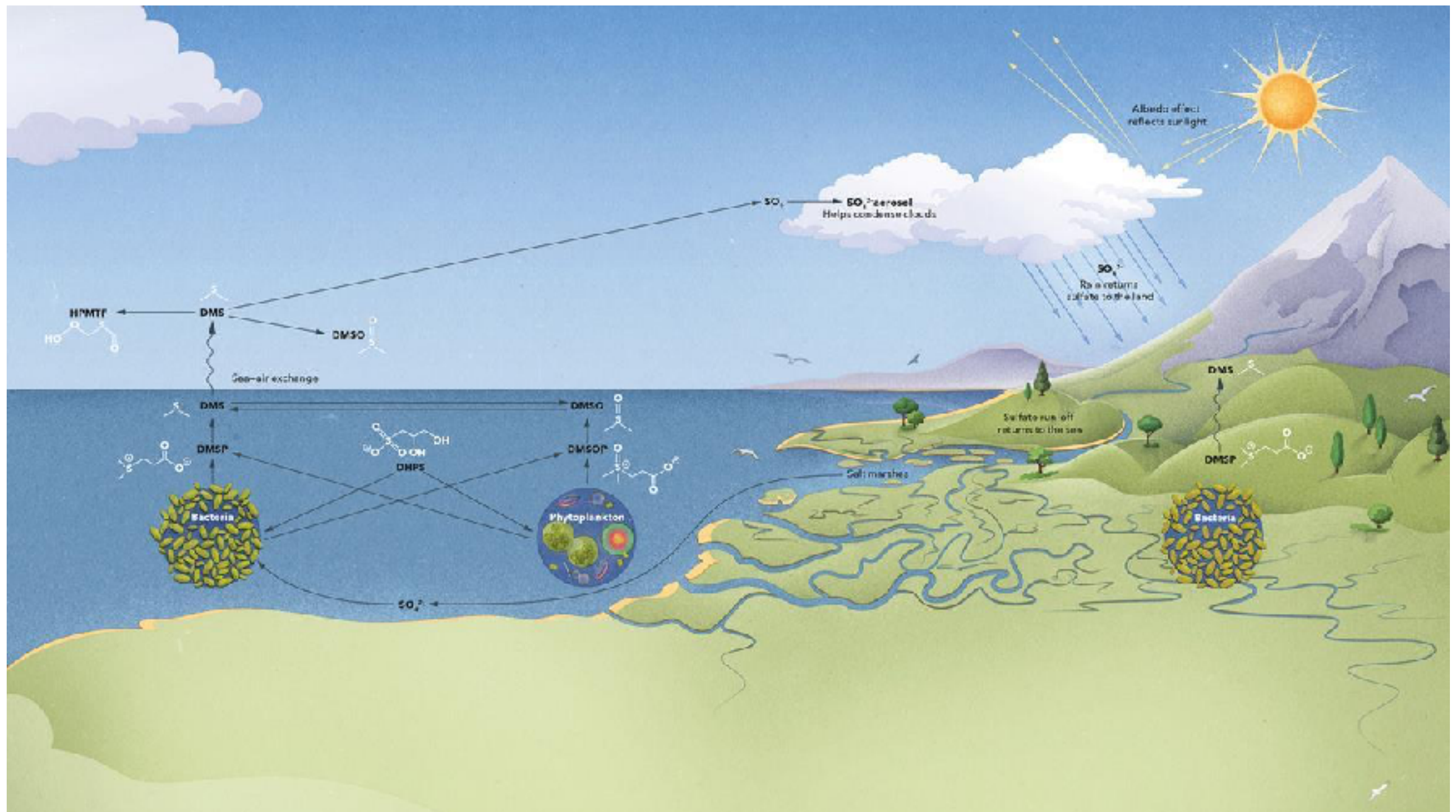
Parte del ciclo dello zolfo non è ben compreso, in particolare come vengano prodotte e utilizzate piccole molecole di organo-zolfo negli oceani. Uno dei motivi principali del rinnovato interesse per il ciclo dello zolfo è la sua influenza sul clima, dovuta alle emissioni oceaniche di dimetilsolfuro (DMS).

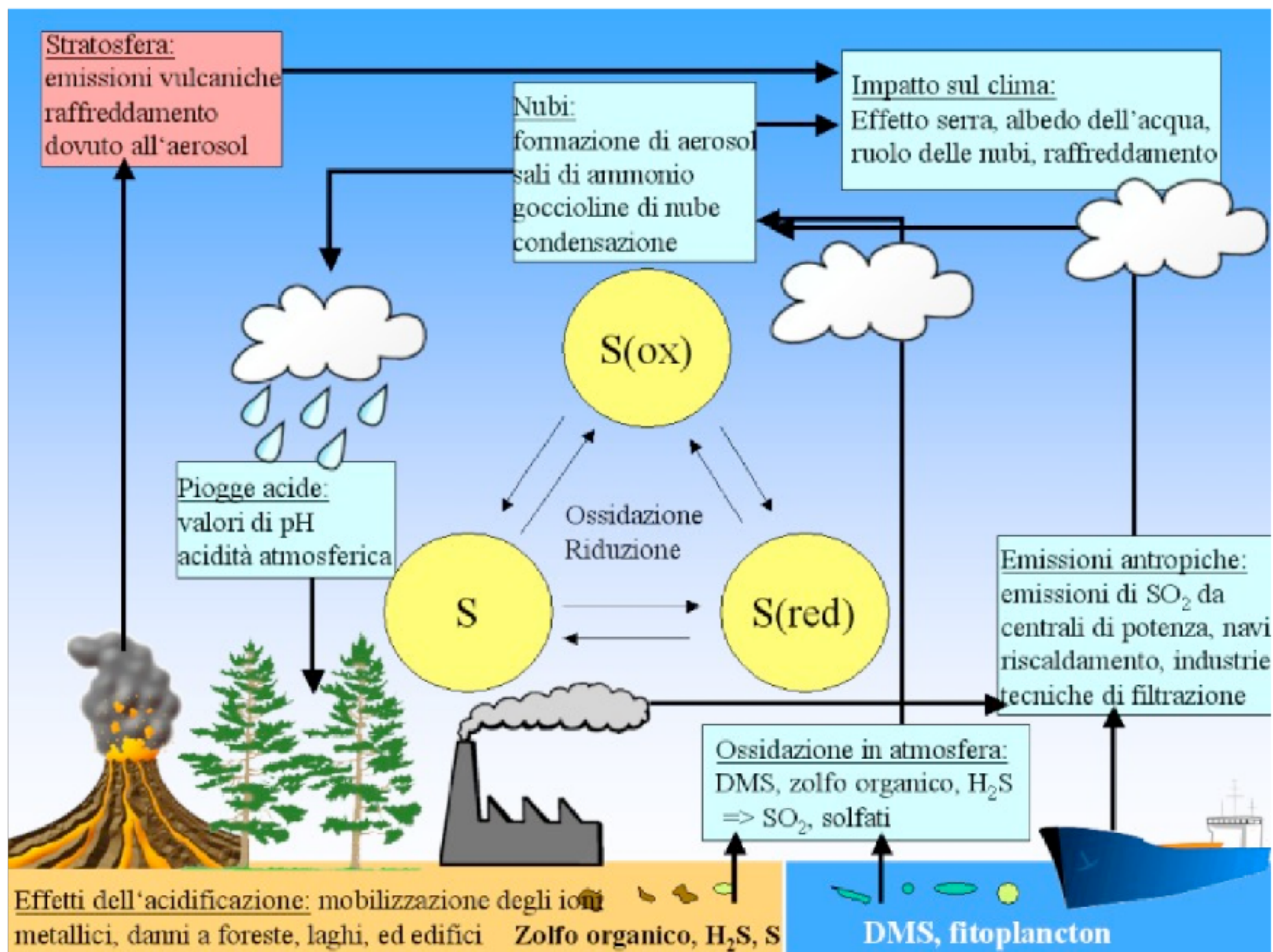
Una volta si pensava che lo zolfo fosse rilasciato da alghe marine e microbi come idrogeno solforato, ma ora sappiamo che circa 300 milioni di tonnellate di DMS vengono rilasciate dagli oceani ogni anno. L'odore dell'oceano che tutti conosciamo è caratterizzato da livelli molto bassi di DMS.

È stato lo scienziato ambientale britannico James Lovelock a proporre l'idea che il DMS potrebbe essere un fattore importante nella regolazione del clima.

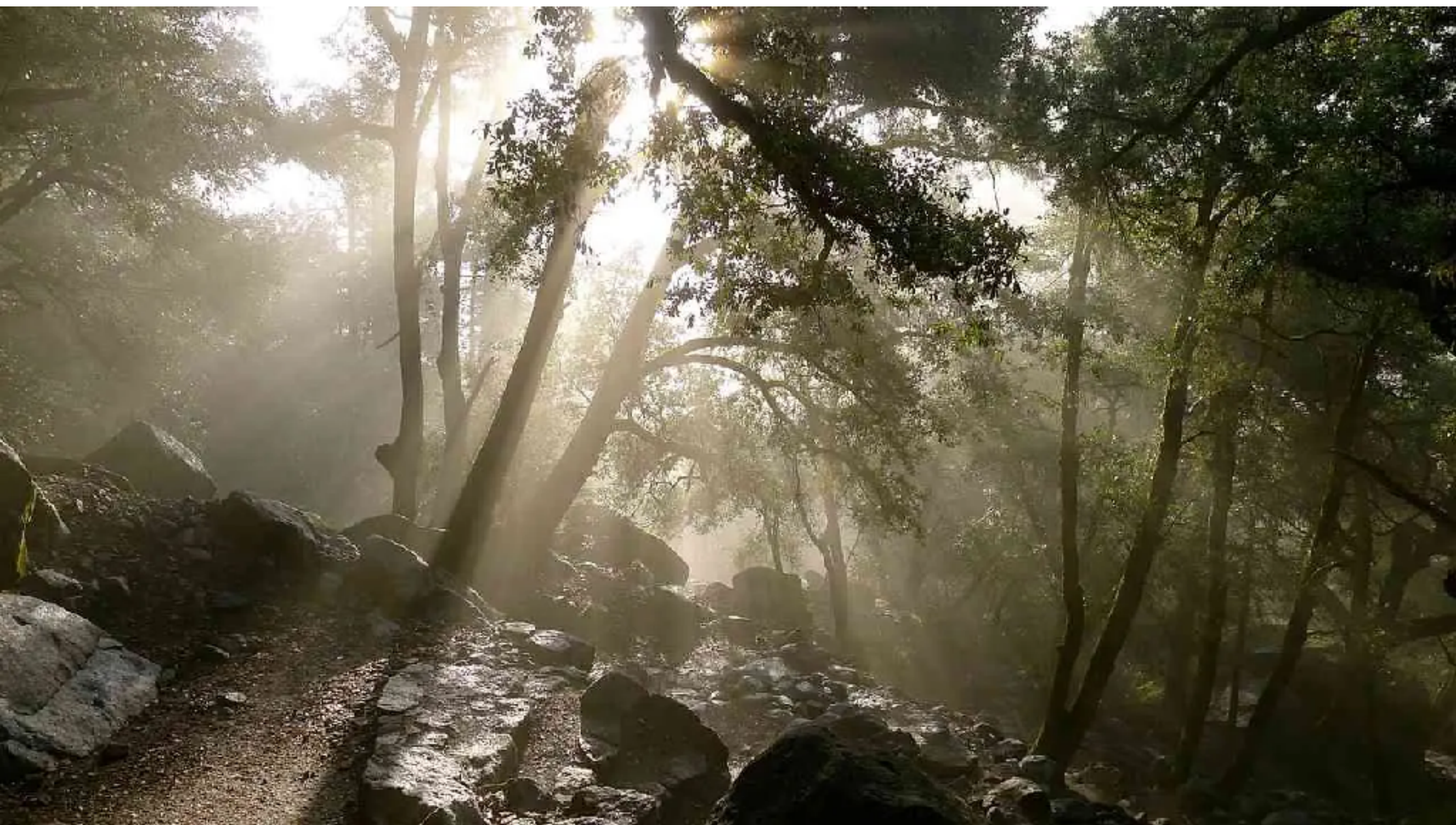
Lovelock è noto per aver proposto l'ipotesi secondo cui la vita sulla Terra agiva di concerto come un sistema complesso tipo un organismo. Nel 1987 suggerì che incoraggiando la formazione di nubi, il DMS agisse da termostato terrestre e prevenisse il surriscaldamento, conosciuta come "ipotesi CLAW".

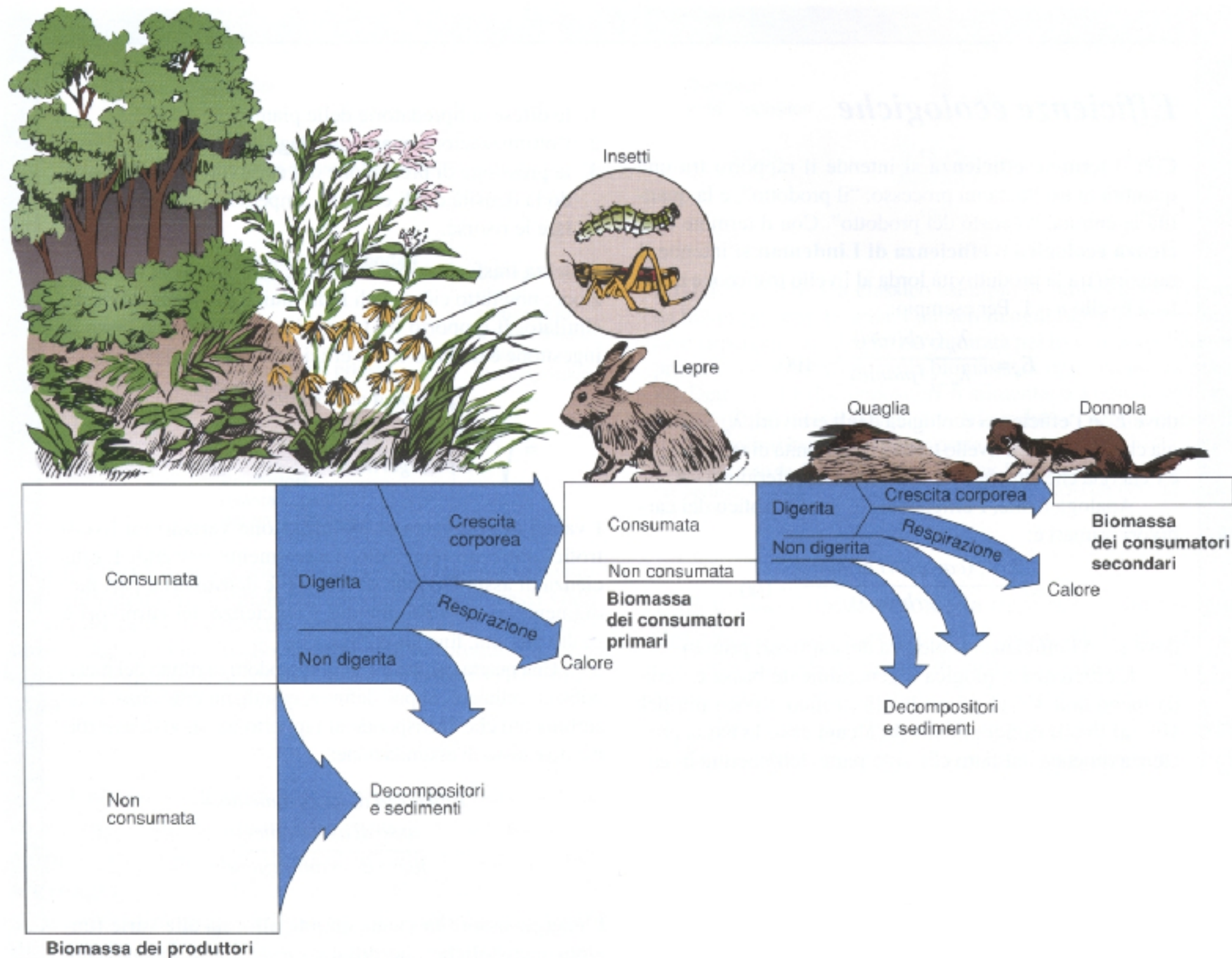
I prodotti di ossidazione del DMS, come l'anidride solforosa e altri composti [solfati] possono eventualmente formare nuove particelle di aerosol. Le particelle portano alla nucleazione del vapore acqueo, formando nuvole e provocando una maggiore riflessione delle radiazioni per effetto dell'albedo. Ciò potrebbe quindi compensare alcuni degli impatti del riscaldamento dei gas serra. Il DMS viene poi ossidato e riciclato tramite l'acqua piovana.



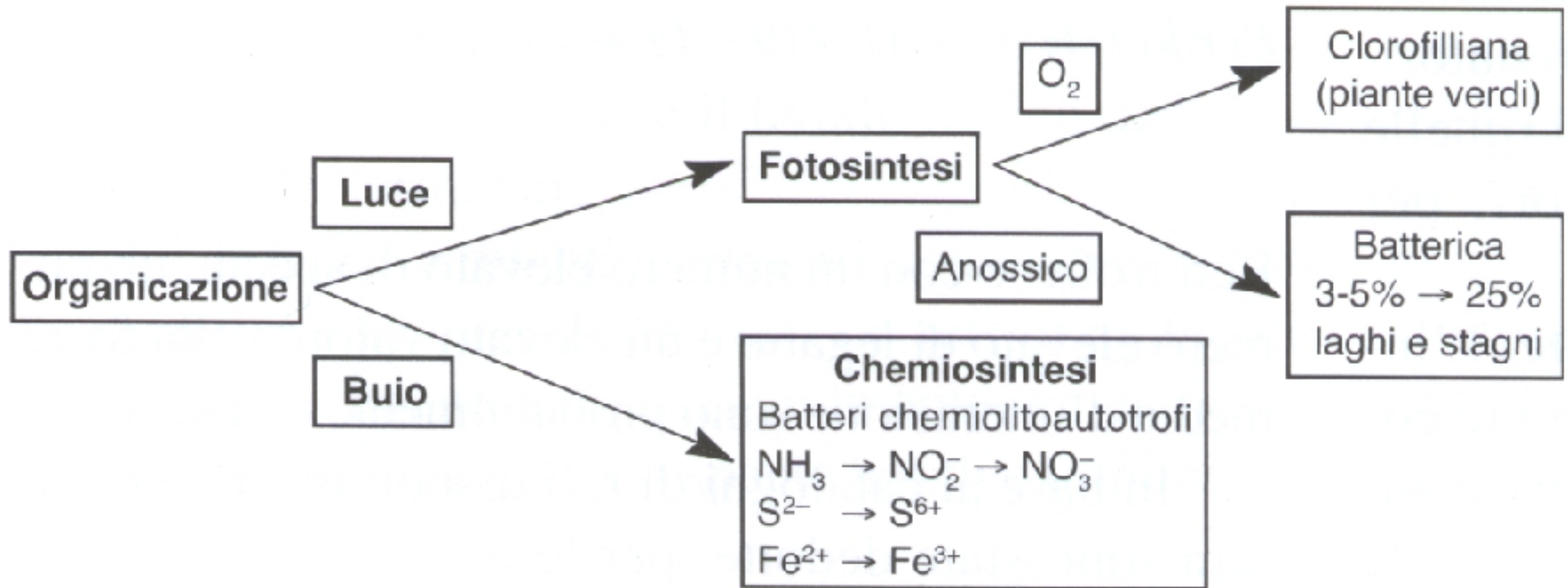


Energia negli ecosistemi





Il flusso di energia attraverso la catena alimentare avviene con una perdita sotto forma di calore ad ogni passaggio.



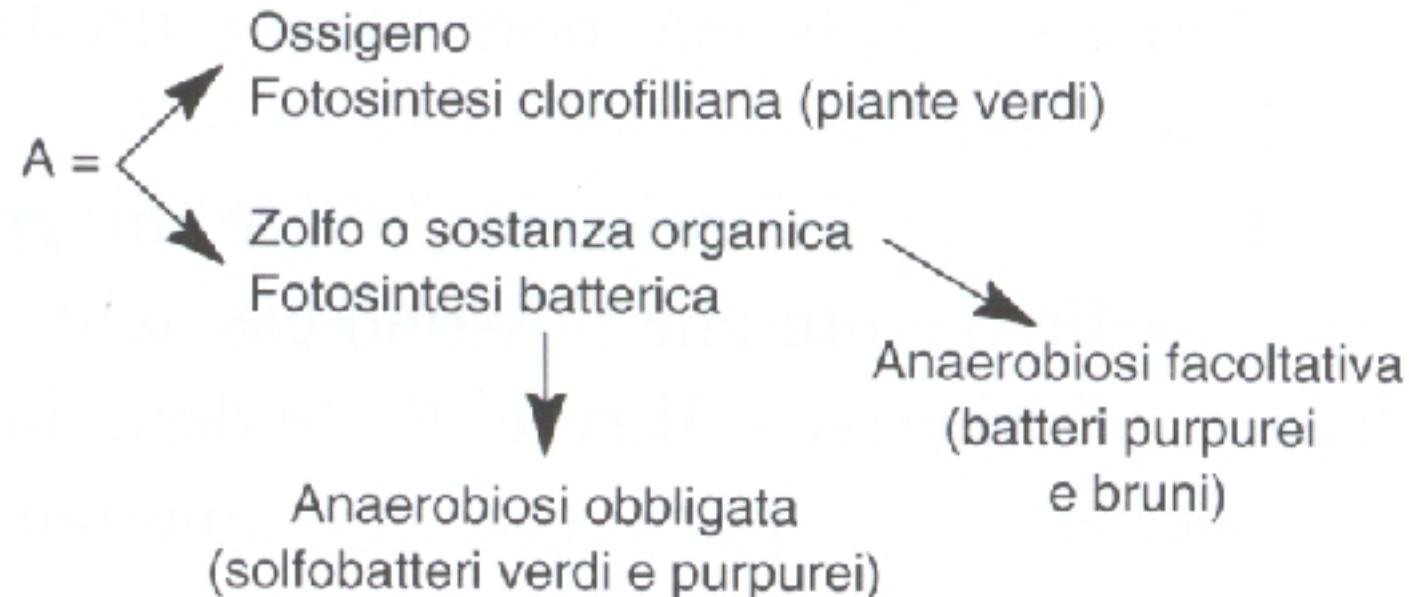
Il carbonio viene **organicato** (trasformato in una sostanza organica a partire da una sorgente inorganica ed energia) attraverso due diversi tipi di processi, la **chemosintesi** e la **fotosintesi**. Questi processi implicano una serie di reazioni che si svolgono grazie all'energia derivante dalla ossidazione di composti chimici o dalla radiazione solare.

Chemosintesi: energia deriva dalla ossidazione di composti inorganici (da ammoniaca a nitrito, da nitrito a nitrato, da ione ferroso a ione ferrico, ecc.). Gli organismi chemosintetizzanti non hanno bisogno di luce, ma la maggior parte sono aerobi, ovvero hanno bisogno di ossigeno. Esempi sono il solfobatterio *Thiobacillus* (sorgenti sulfuree) e vari azotobatteri, microorganismi coinvolti nei cicli biogeochimici di queste sostanze.

Fotosintesi

(10^{17} g di sostanza organica per anno)

Fonte di energia = Luce solare



Reazione totale:

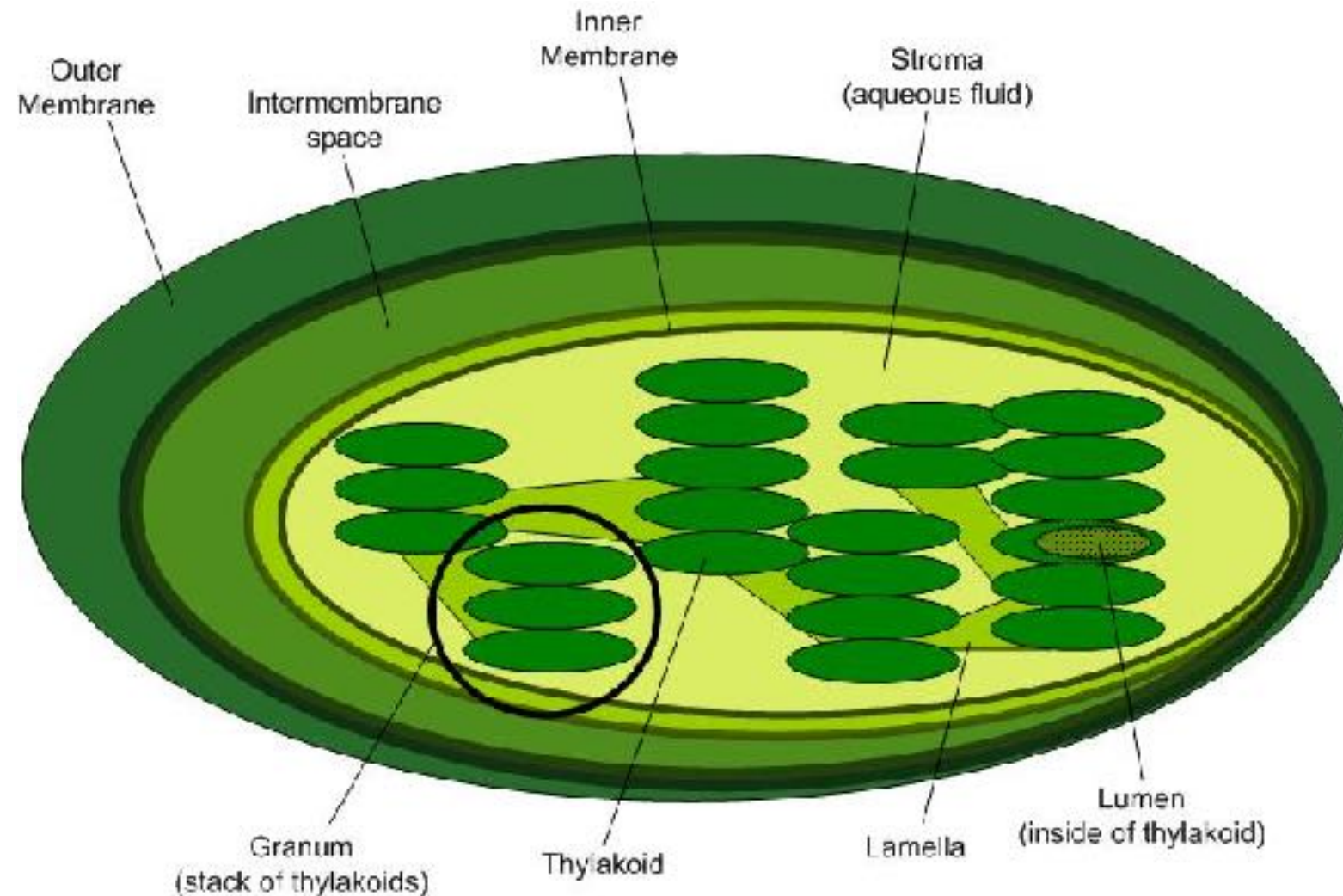


Esistono altri tipi di fotosintesi che non liberano ossigeno, ad esempio quella basata sull'acido solforico, svolta da batteri autotrofi anaerobi obbligati:



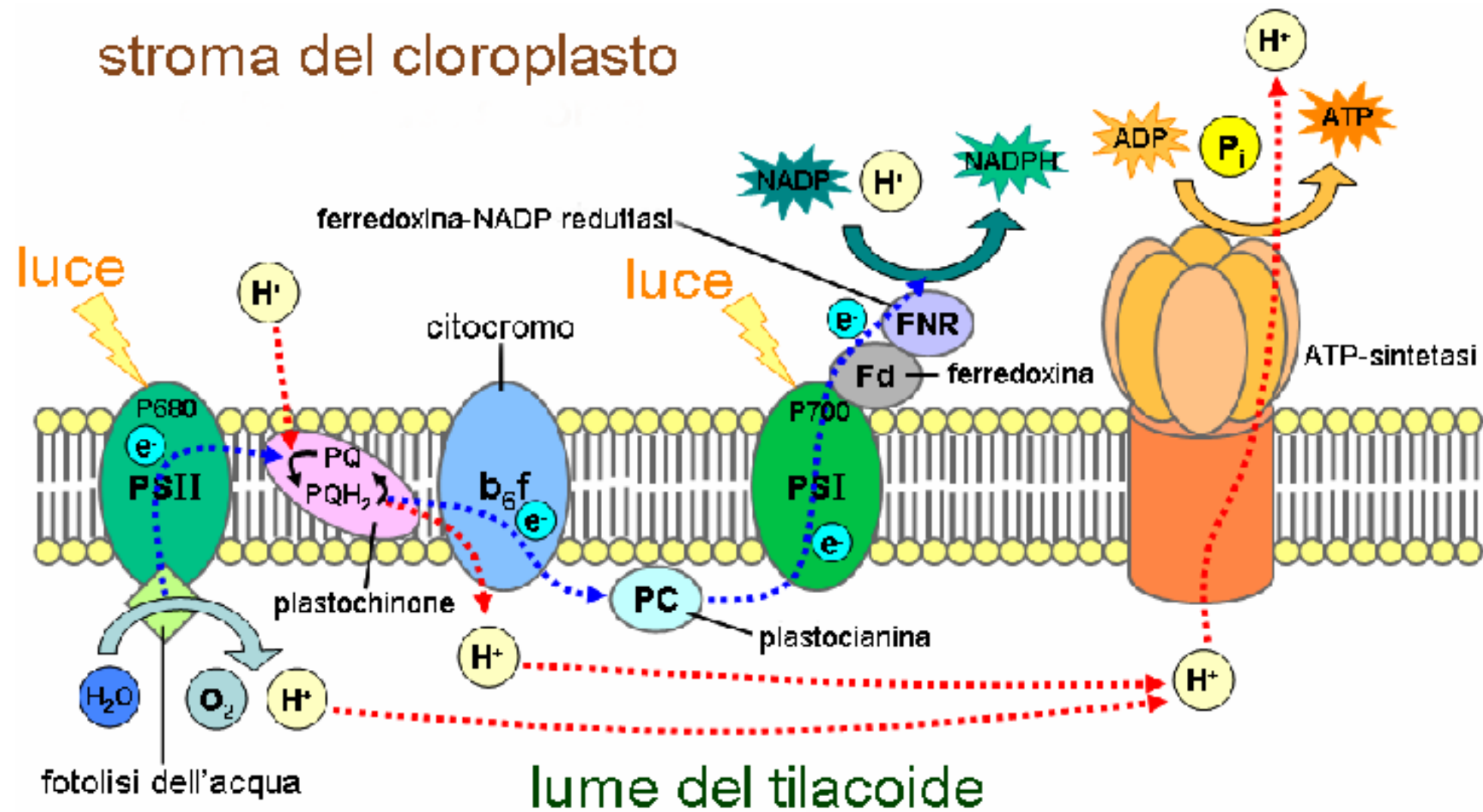
La fotosintesi si svolge in due tappe, dette rispettivamente **fase luminosa** (che necessita dell'apporto energetico della luce solare) e **fase oscura** (detta così non perché avvenga necessariamente al buio, ma perché non necessita dell'energia luminosa).

Il Cloroplasto

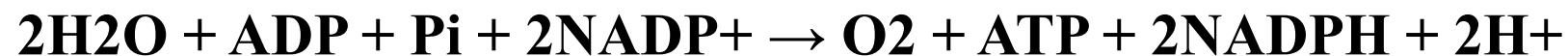


I **cloroplasti** sono organuli presenti nelle cellule di piante ed alghe eucariotiche all'interno dei quali si svolge la fotosintesi. Questi organuli, al pari dei mitocondri, sono di probabile origine **endosimbiontica**. Hanno un proprio DNA, e sono delimitati da una doppia membrana. Al loro interno, detto **stroma**, si trovano le membrane tilacoidali o tilacoidi, alla cui superficie avviene la fase luminosa della fotosintesi. La fase oscura avviene nello stroma. Il progenitore dei cloroplasti era probabilmente un batterio molto simile agli attuali cianobatteri.

Fase Luminosa



La reazione della fase luminosa è:



Questa reazione, catalizzata dall'energia solare catturata dalle **clorofille** e da pigmenti accessori (quali carotenoidi e ficobiline) presenti sulle **membrane dei tilacoidi**, nei cloroplasti. Il ruolo dei pigmenti accessori è quello di aumentare lo spettro luminoso utilizzabile. L'energia viene accumulata nelle molecole **ATP** e **NADPH**. In questa fase viene liberato l'ossigeno derivante dalla fotolisi dell'acqua.

Fase Oscura

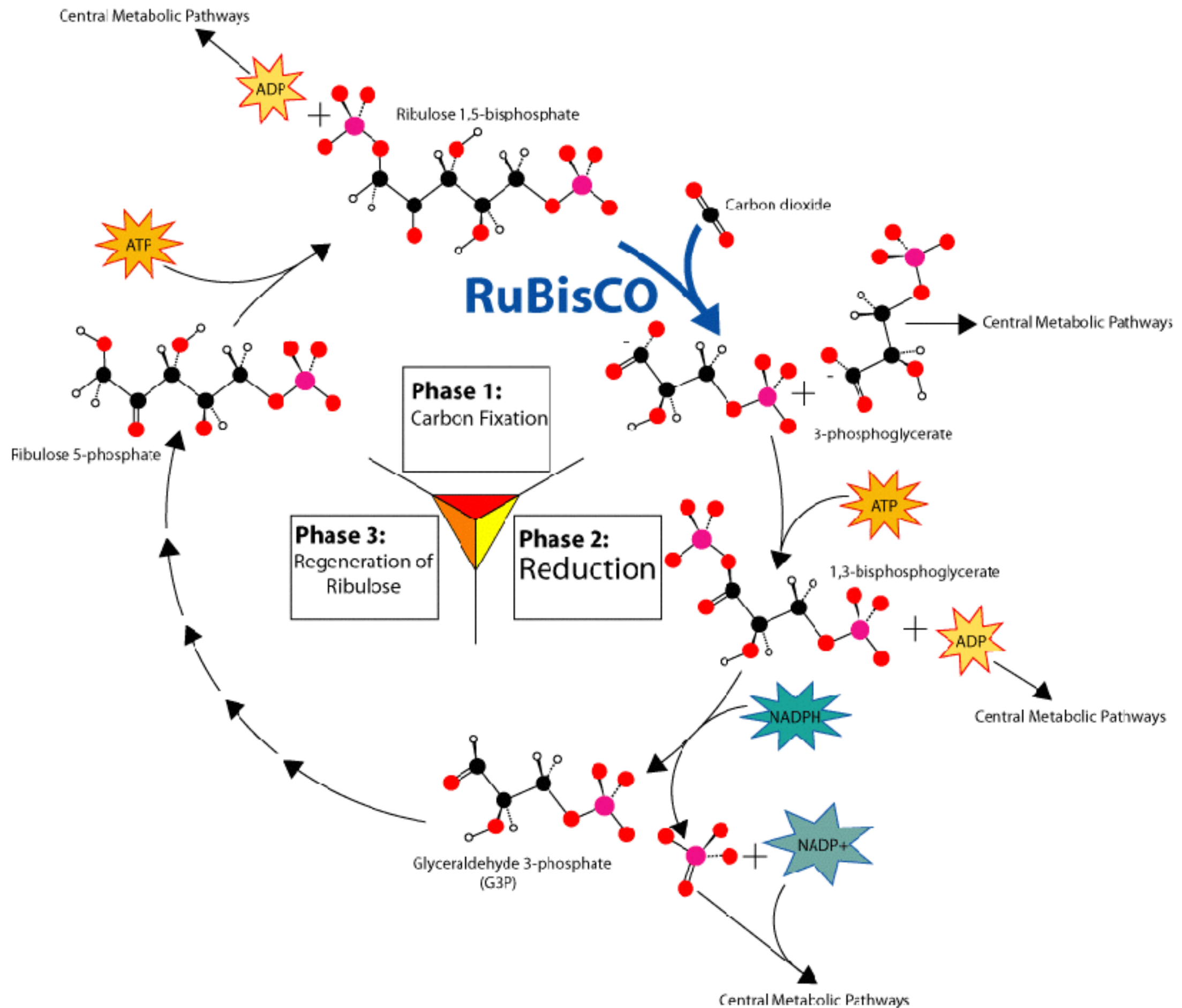
La reazione della fase oscura è:



Il carbonio dell'anidride carbonica (+4) viene ridotto (0) grazie agli elettroni prodotti dalla ossidazione dell'ossigeno nella fotolisi dell'acqua.

Queste reazioni avvengono nello stroma del cloroplasto, e prendono il nome di ciclo di Calvin. L'enzima principale coinvolto nel ciclo di Calvin è la **ribulosiodifosfato carbossilasi** (RuDp carbossilasi o RuBisCO). Questo lega la CO₂ al ribulosio-1,5-difosfato (RuDp). Il composto a 6 atomi di carbonio che si forma si scinde in due molecole di **3-fosfoglicerato** (PGA). Per questo il ciclo di Calvin viene detto **ciclo C₃**, e le piante che lo presentano sono dette **piante C₃**.

Grazie all'energia delle molecole di ATP e NADPH il 3-fosfoglicerato viene convertito in 3-fosfogliceraldeide (G3P). Ogni 6 molecole di CO₂ si formano 12 molecole di G3P. 10 di queste vanno a riformare il pool di RuDp. Le due rimanenti sono il guadagno netto del ciclo, e sono usate per produrre **fruttosio difosfato**, che, nella maggior parte dei casi, viene poi usato per produrre **glucosio fosfato**, pronto ai diversi utilizzi della pianta (produzione di amido, cellulosa, saccarosio).



Fotorespirazione



La RuBisCO, enzima fondamentale per la fissazione dell'anidride carbonica, ha però anche la capacità di **ossigenare** la molecola di RuDp. Come risultato, questa si scinde in una molecola di PGA ed una di **fosfoglicolato**. Il fosfoglicolato non entra nel ciclo di Calvin, che in questo modo non riesce a ricostruire tutte le molecole di RuDP di partenza, e che devono essere ricostruite tramite un processo diverso, con conseguente spreco di energia. Questo fenomeno è detto fotorespirazione. La fotorespirazione avviene sempre, ma ha maggiore probabilità di verificarsi in ambienti caldi. A temperature elevate gli stomi si chiudono per impedire un'eccessiva perdita di acqua, e di conseguenza causando un aumento della concentrazione dell'ossigeno liberato dalla fotosintesi stessa, che compete con la CO_2 per il sito di legame della RuBisCO.

Tuttavia, non è solo “colpa” della temperatura.
O meglio, la temperatura non agisce esclusivamente da sola, e solo direttamente sulla solubilità dei gas.

Conta anche l'acqua.

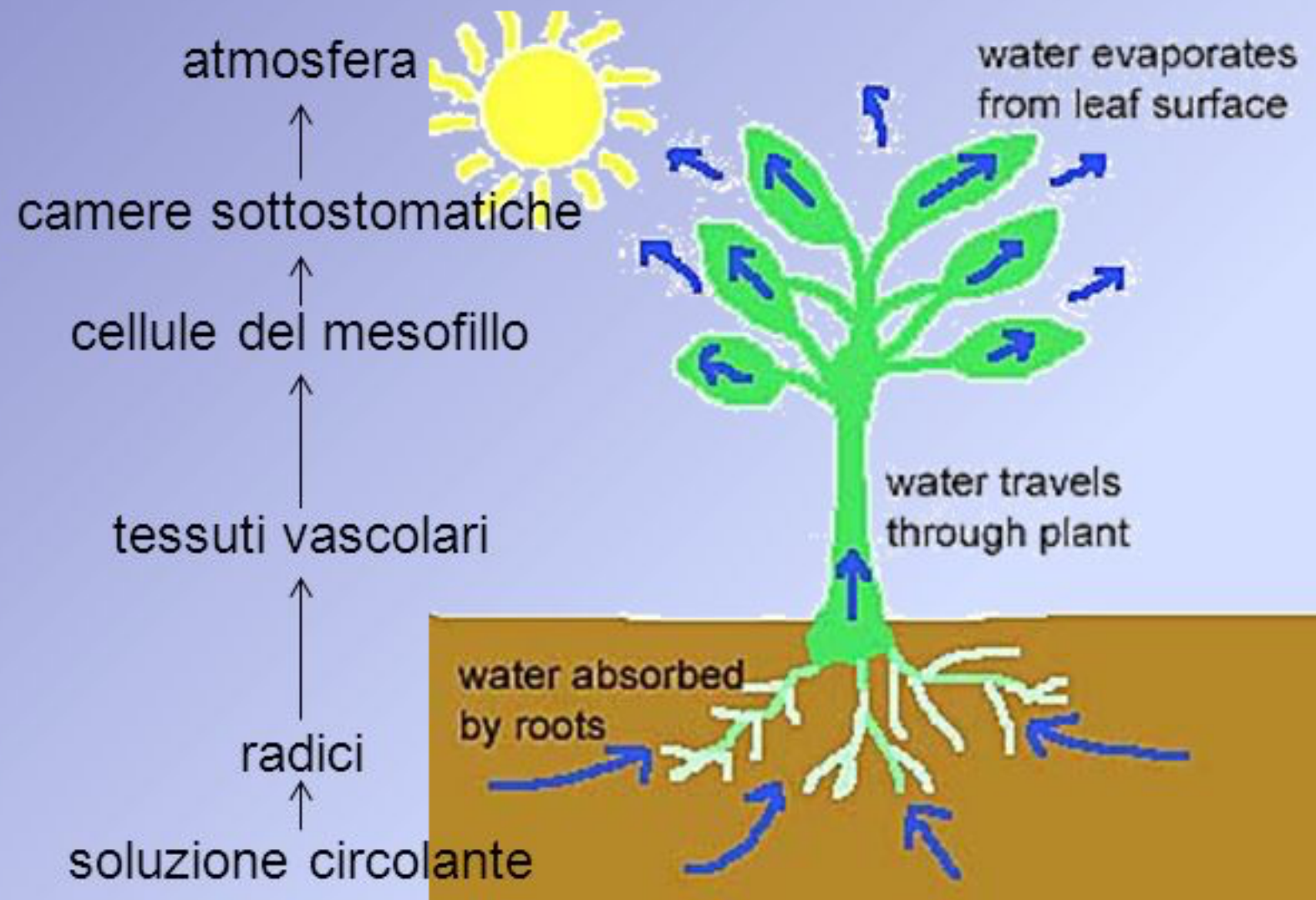
Sul pianeta il clima varia molto, specialmente in senso latitudinale dall'equatore ai poli. Abbiamo climi che variano da caldi e aridi, in particolare nei deserti, ai climi tropicali, caldi ma con abbondanza d'acqua, ai climi temperati, come il nostro, ove raramente hanno eventi di eccessiva aridità, a climi continentali freddi come quelli del nord Europa.

La disponibilità idrica, combinata con la temperatura, è un'altro fattore importante per l'equilibrio tra fotorespirazione e ciclo di Calvin.



ASSORBIMENTO E RISALITA DELL'ACQUA NELLE PIANTE

Il passaggio dell'acqua all'interno della pianta è continuo

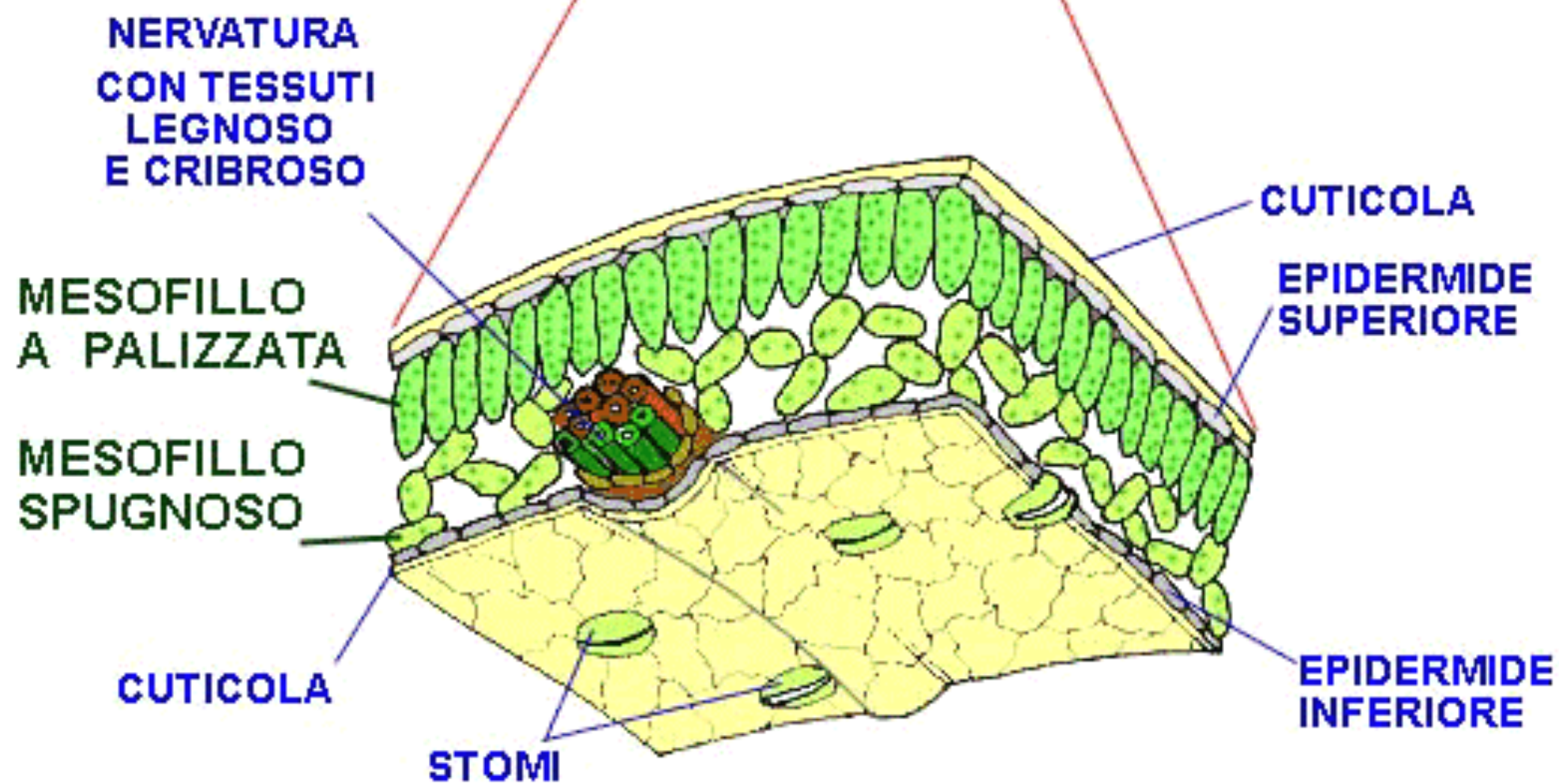
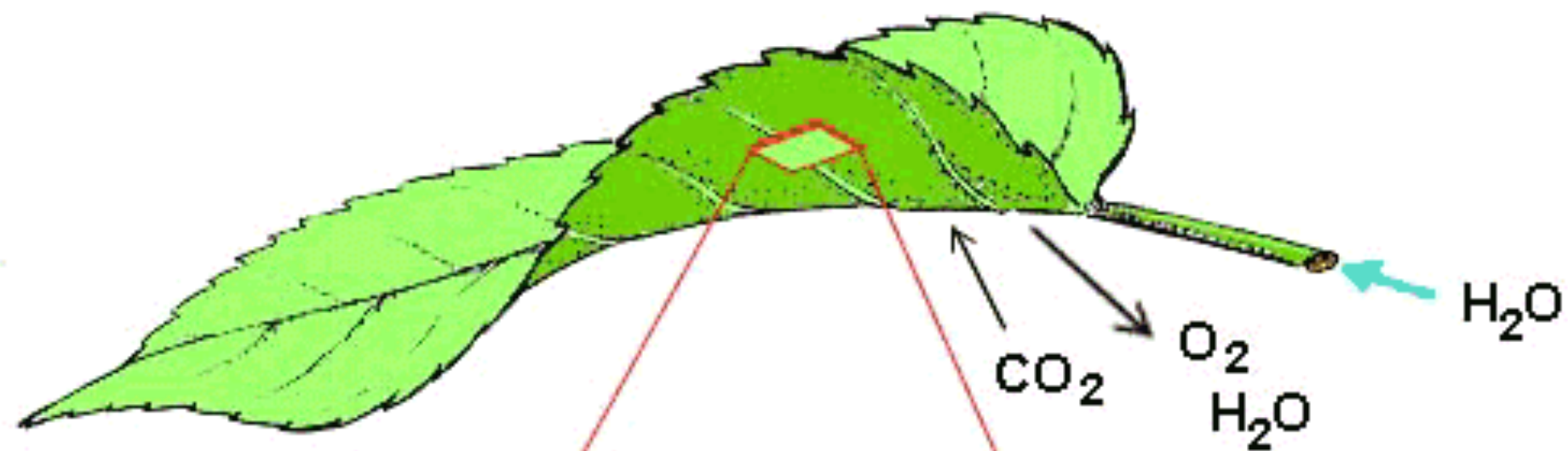


Meccanismi della pianta per contrastare la richiesta evaporativa dell'atmosfera

traspirazione

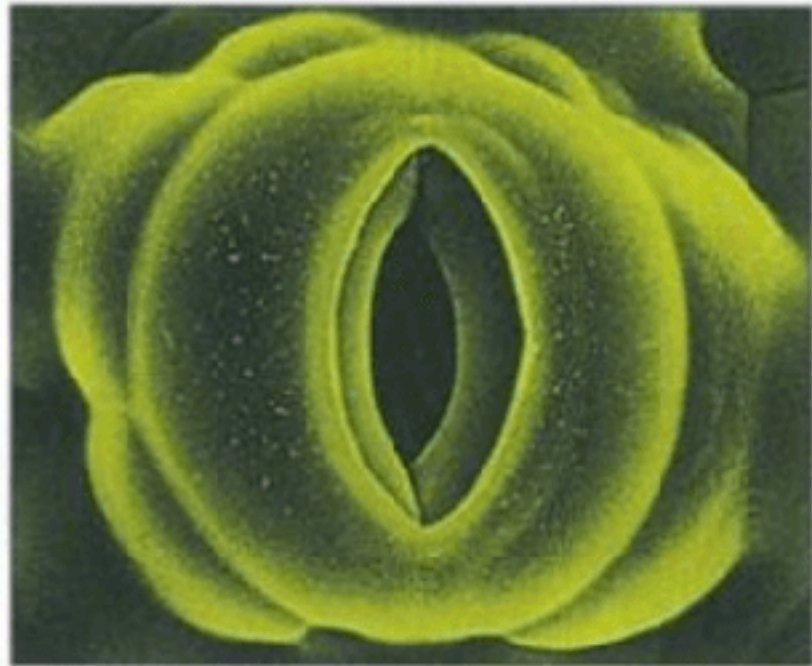
la pianta cerca di stabilire un equilibrio (bilancio idrico)

assorbimento radicale



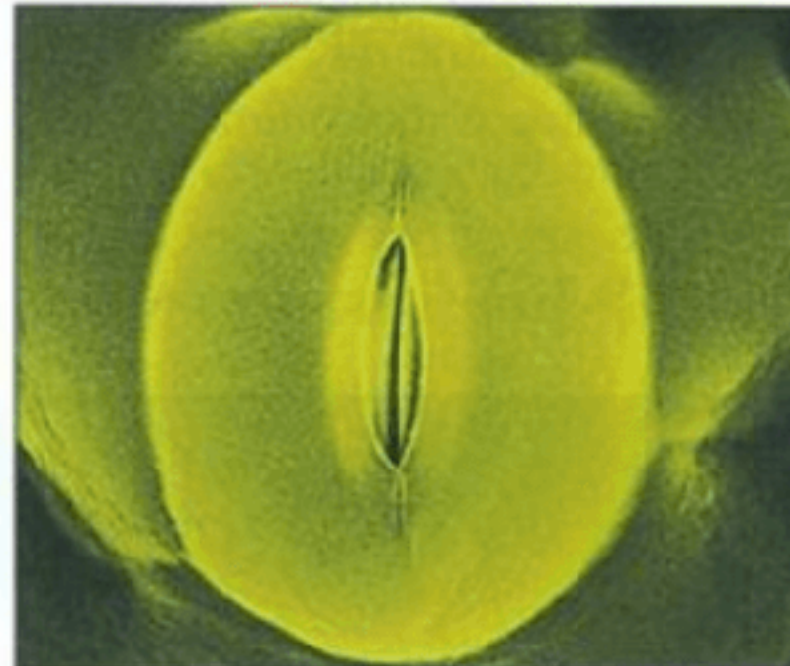
Gli stomi

stoma aperto

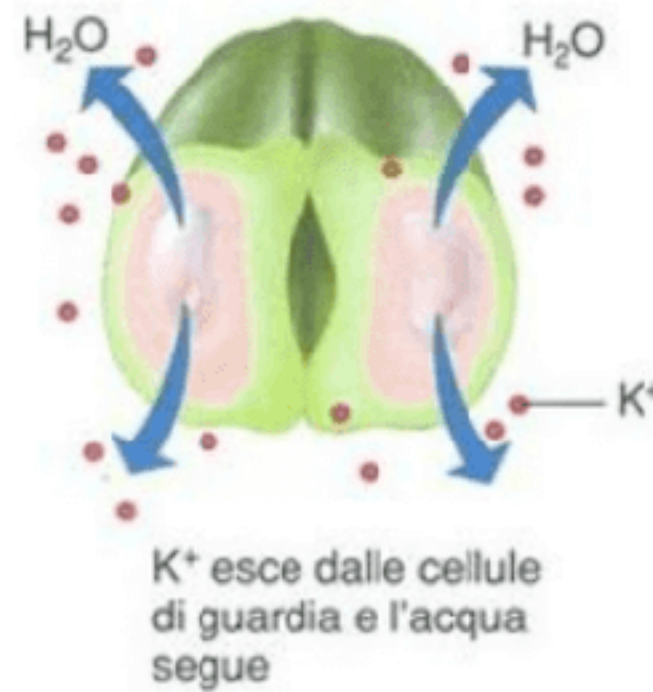
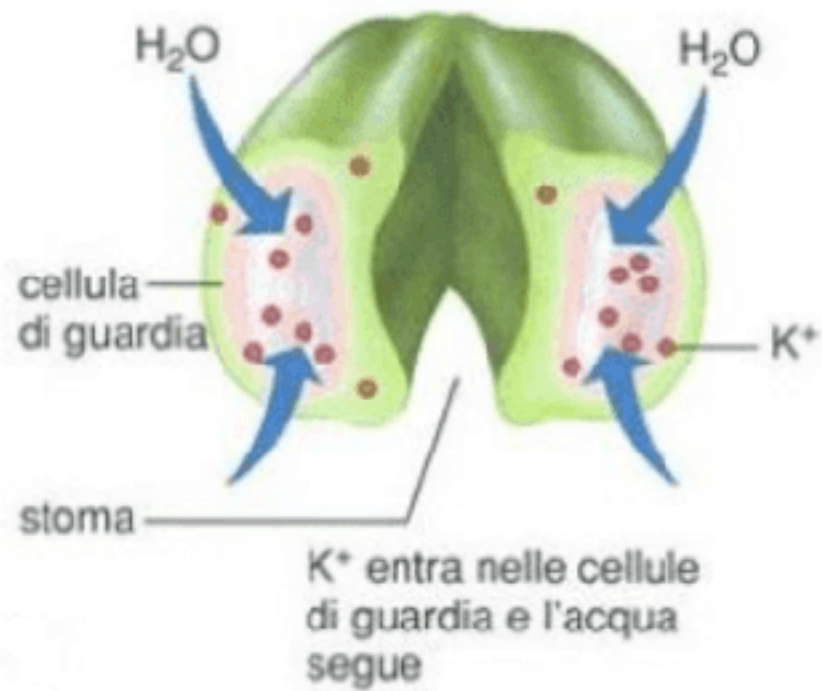
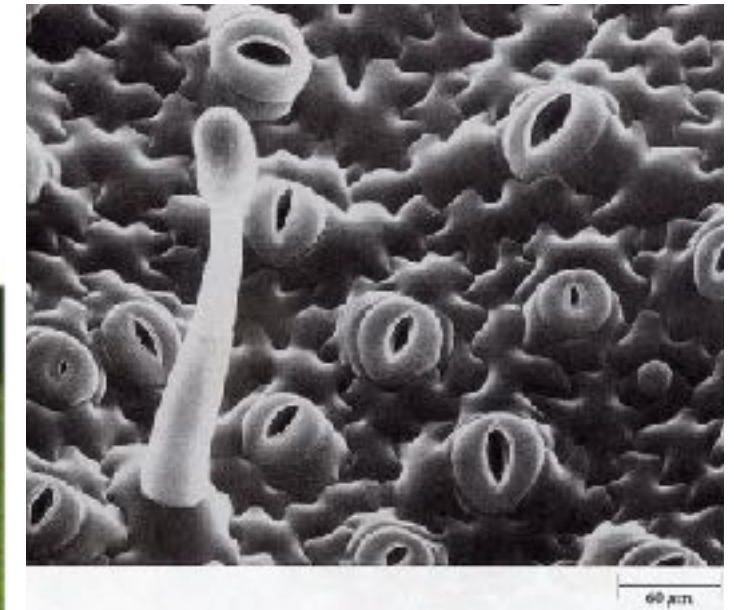


50 μm

stoma chiuso



50 μm



Le piante si trovano costrette a gestire anche la quantità d'acqua che hanno a disposizione.

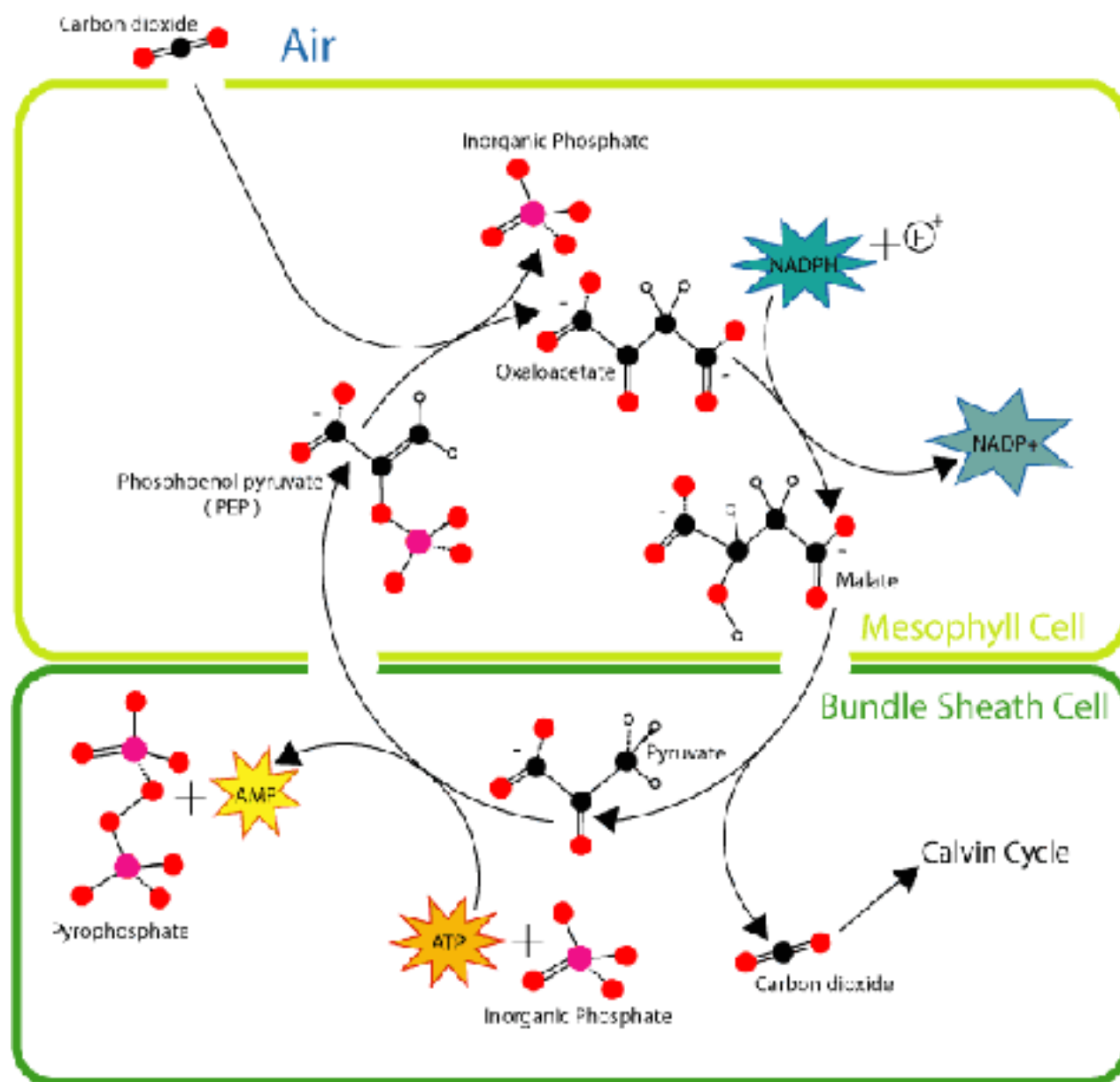
Se vi è abbondanza d'acqua, tenere gli stomi aperti anche a alte temperature non è un grosso problema, visto che le perdite possono essere compensate facilmente.

Tuttavia, in condizioni di scarsa disponibilità idrica o comunque quando l'evapotraspirazione non riesce a essere compensata, le piante si trovano costrette a chiudere gli stomi durante porzioni del giorno, o per l'intera giornata, per evitare perdite letali di acqua.

Tuttavia, la fotosintesi non si ferma, causando un aumento della concentrazione dell'ossigeno, e una diminuzione della concentrazione di anidride carbonica. A stomi chiusi non vi è ricambio dell'aria arricchita di ossigeno della foglia, con conseguente incremento della fotorespirazione, e consumo di energia per ripristinare gli intermedi di reazione del ciclo di Calvin.

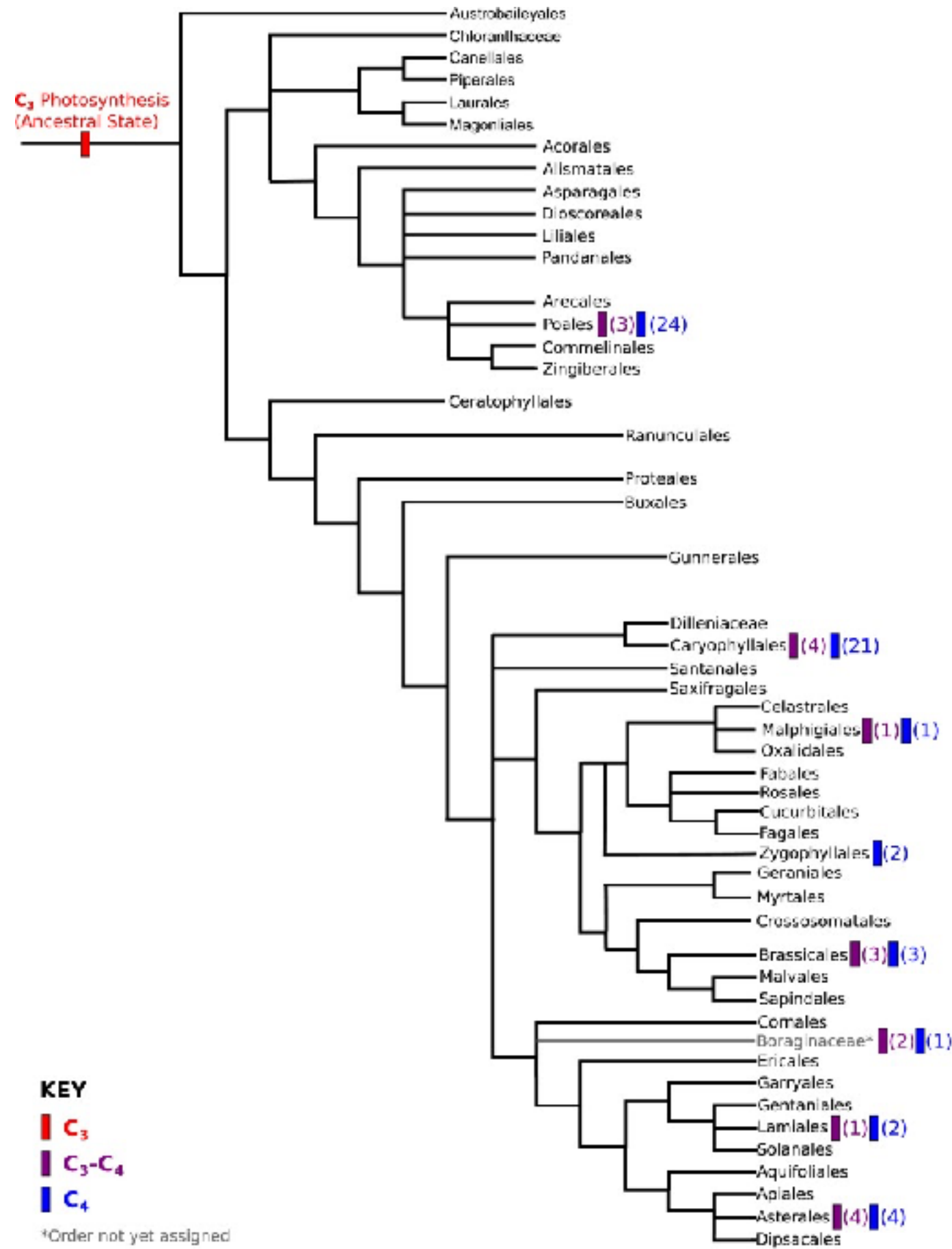
Per questo, in alcuni gruppi di piante si sono evoluti metabolismi additivi al ciclo di Calvin, detto **C3**. Questi sono i metabolismi **C4** e **CAM**.

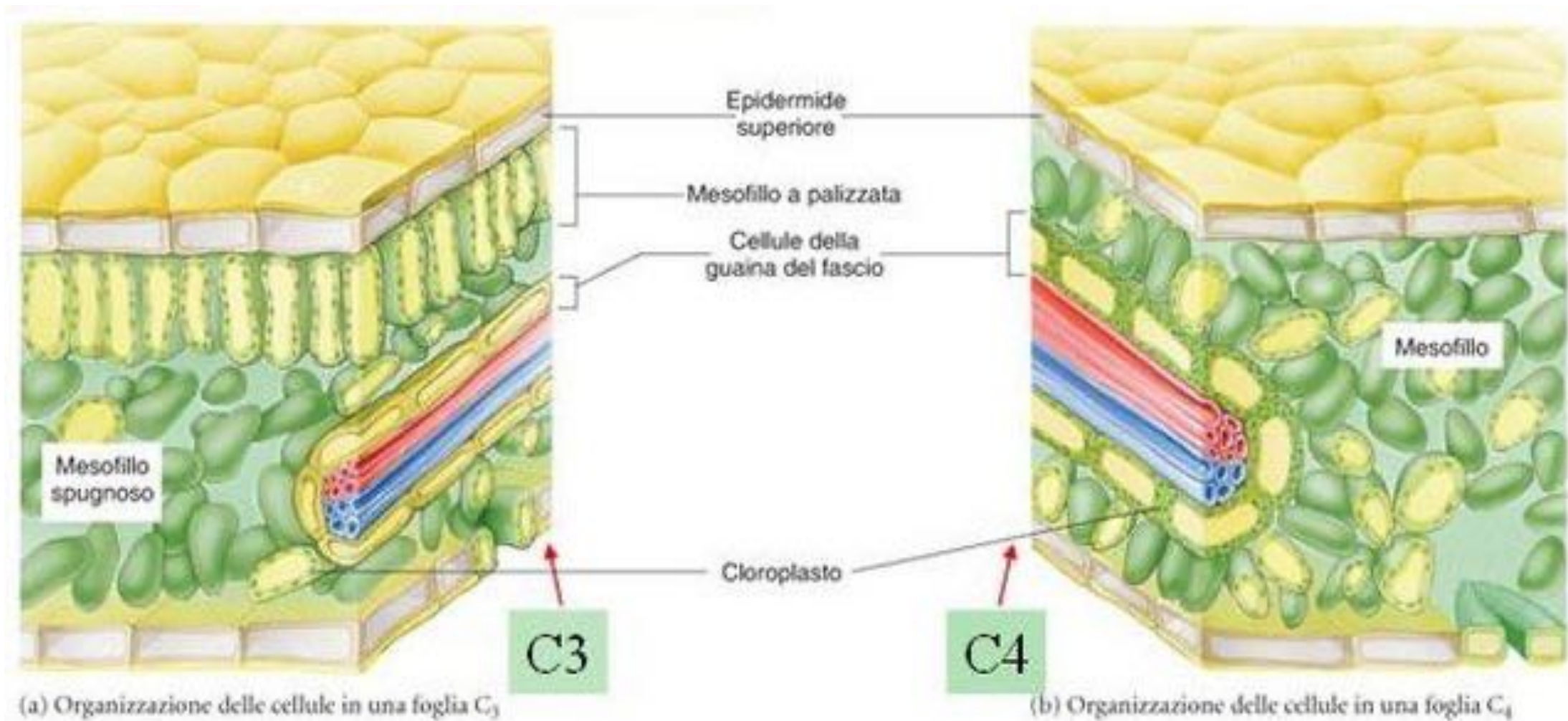
Piante C4



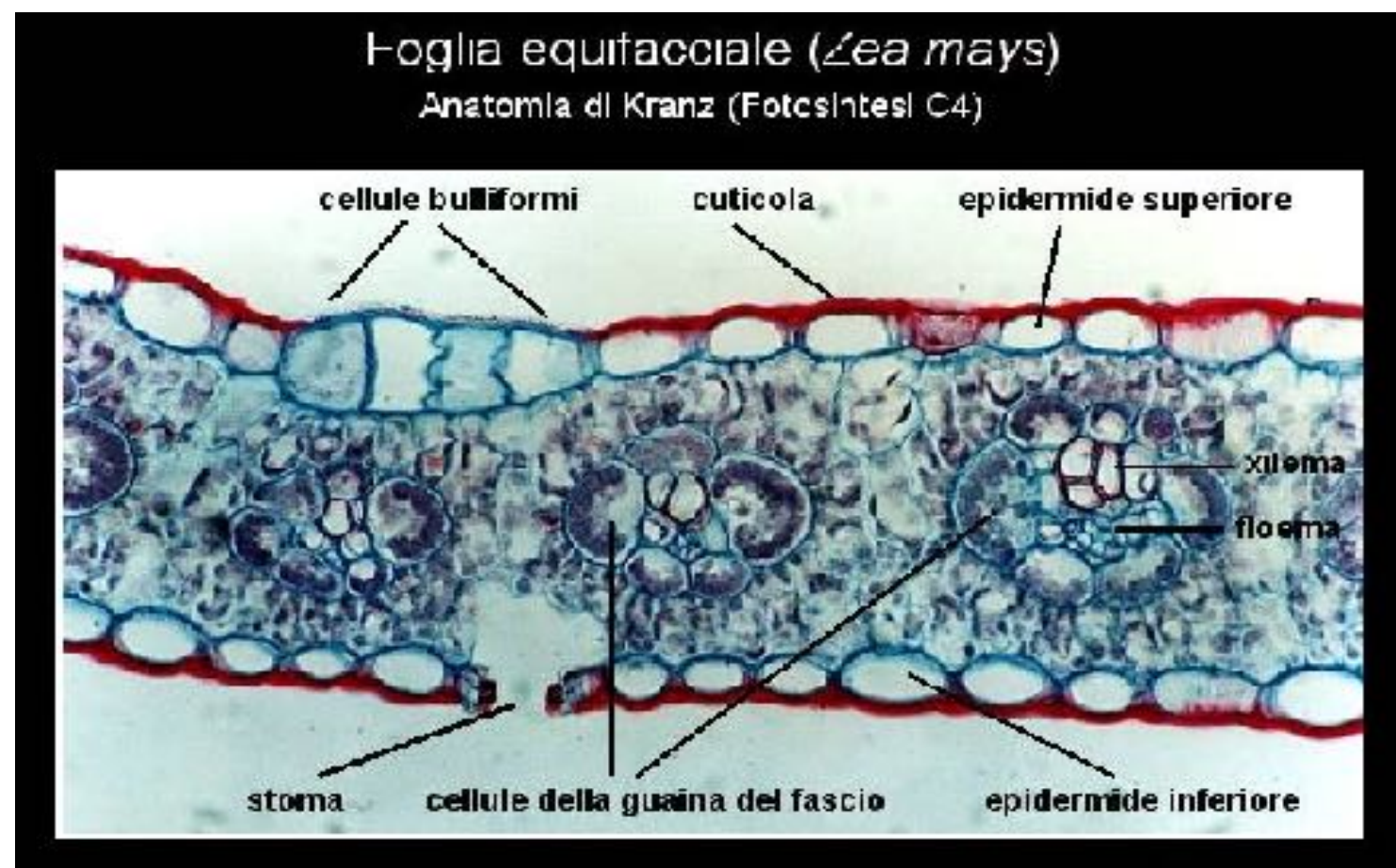
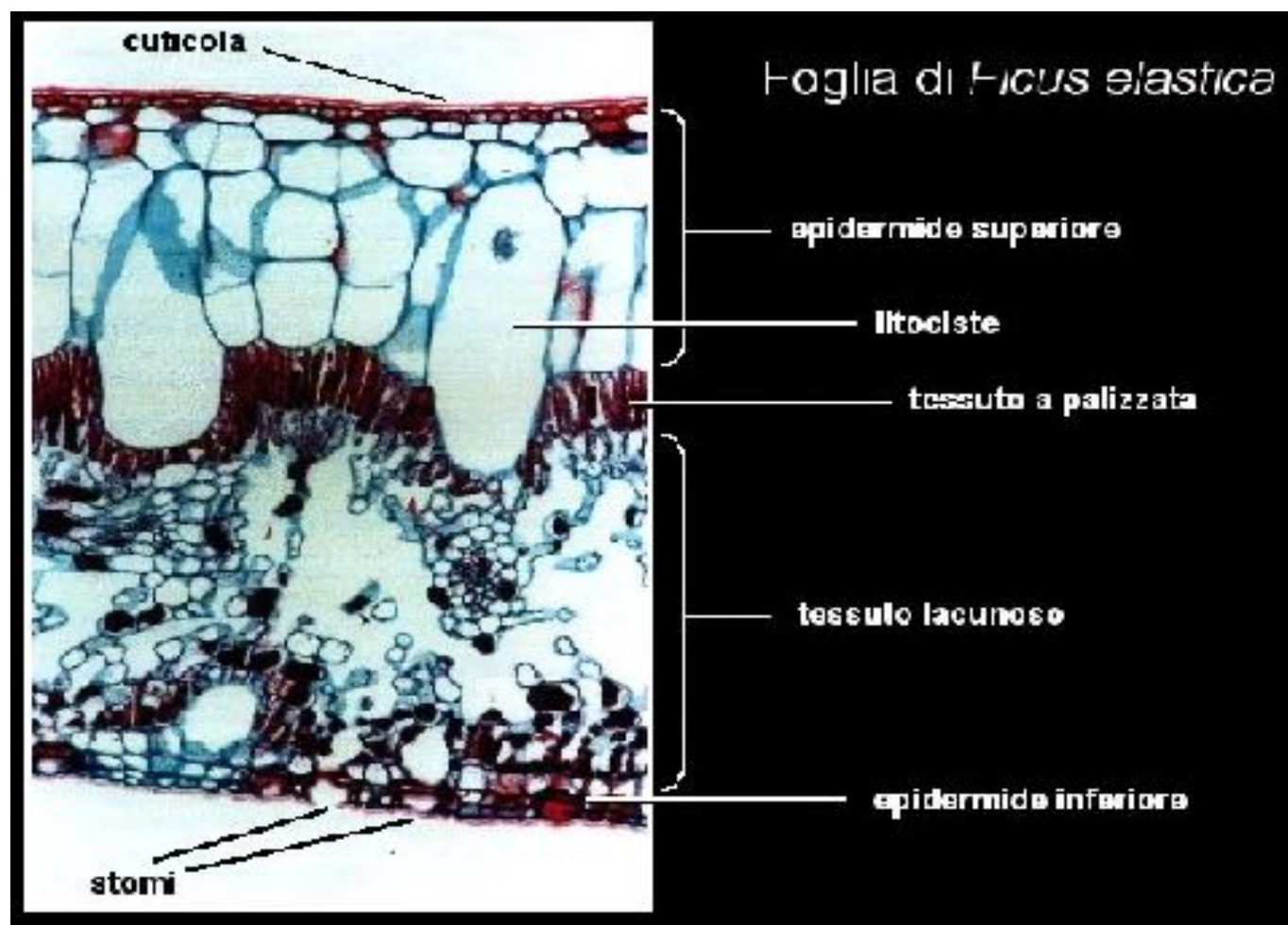
Per ovviare al problema della fotorespirazione in ambienti molto caldi, si è evoluto un gruppo di piante detto C4. Questo nome deriva dal fatto che in queste piante la CO₂ viene fissata prima in molecole a quattro atomi di carbonio, per poi entrare nel ciclo di Calvin.

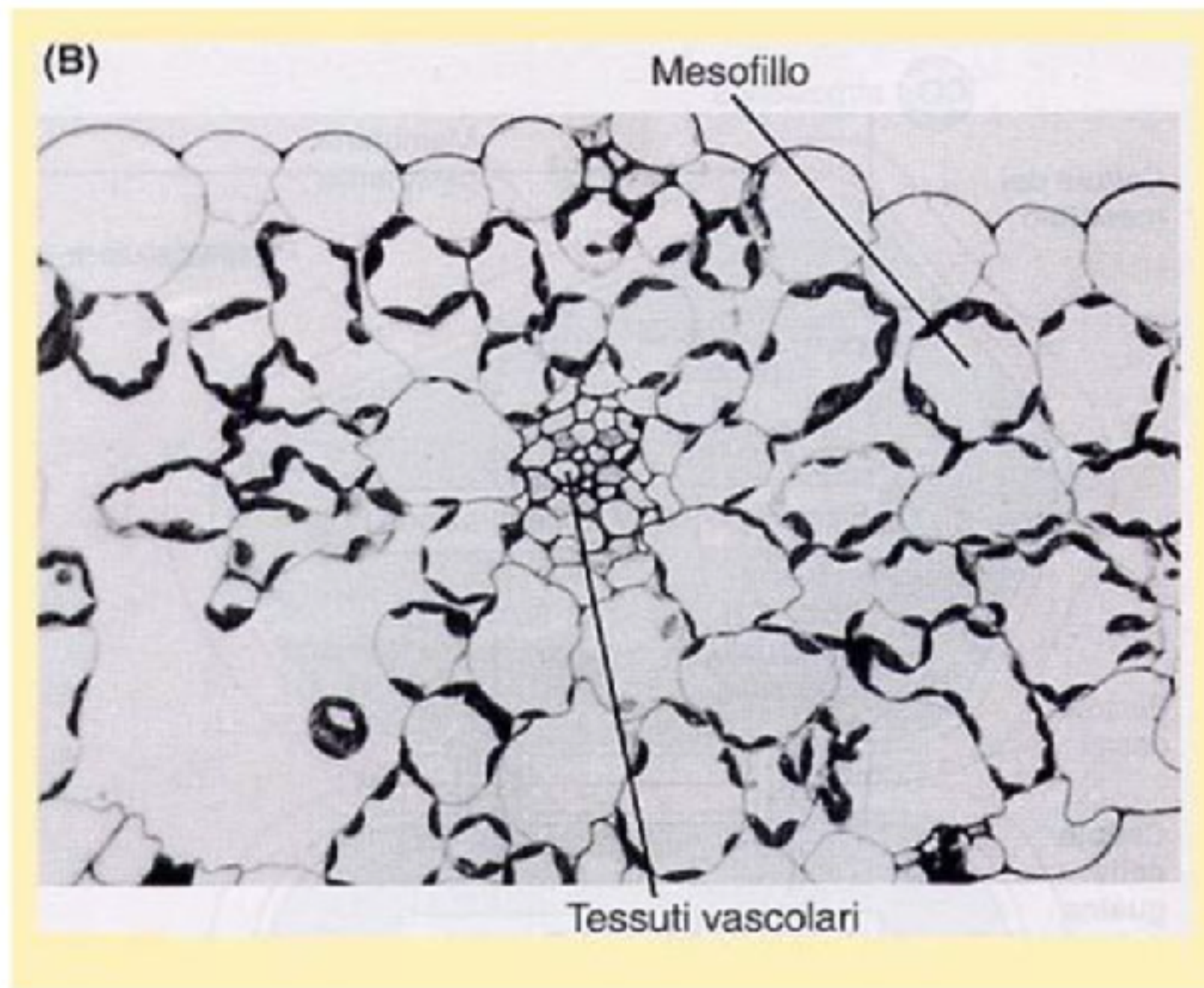
Nel ciclo C4 la CO₂ si lega al fosfoenolpiruvato (PEP) formando ossalacetato, che viene poi convertito in malato. Questa parte avviene nelle **cellule del mesofillo fogliare**, nelle quali avviene anche la fotolisi dell'acqua, con produzione di ossigeno. Il malato viene poi trasportato nelle **cellule della guaina del fascio**, ove la CO₂ viene liberata ed entra nel ciclo di Calvin, e si riforma il PEP. I cloroplasti di queste cellule presentano il solo fotosistema primario, e non il secondario (responsabile della fotolisi dell'acqua e della liberazione di O₂).



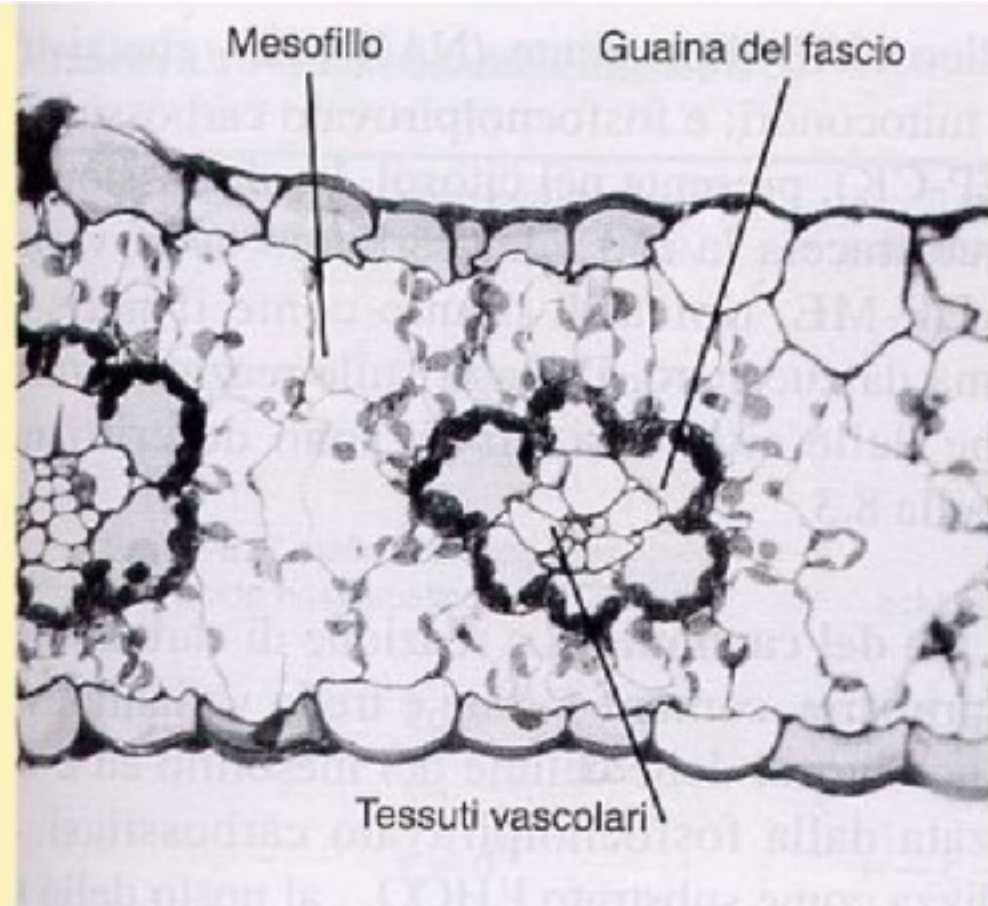


In conseguenza di questa **separazione spaziale** dell'uptake della CO₂ dal ciclo di Calvin, **la RuBisCO viene fatta lavorare in un ambiente ove la concentrazione della CO₂ è mantenuta forzatamente elevata**. Inoltre, grazie all'efficienza del sistema di cattura della CO₂, il grado di apertura degli stomi necessario per il suo assorbimento è inferiore alle piante C₃, con conseguente ridotta perdita d'acqua.

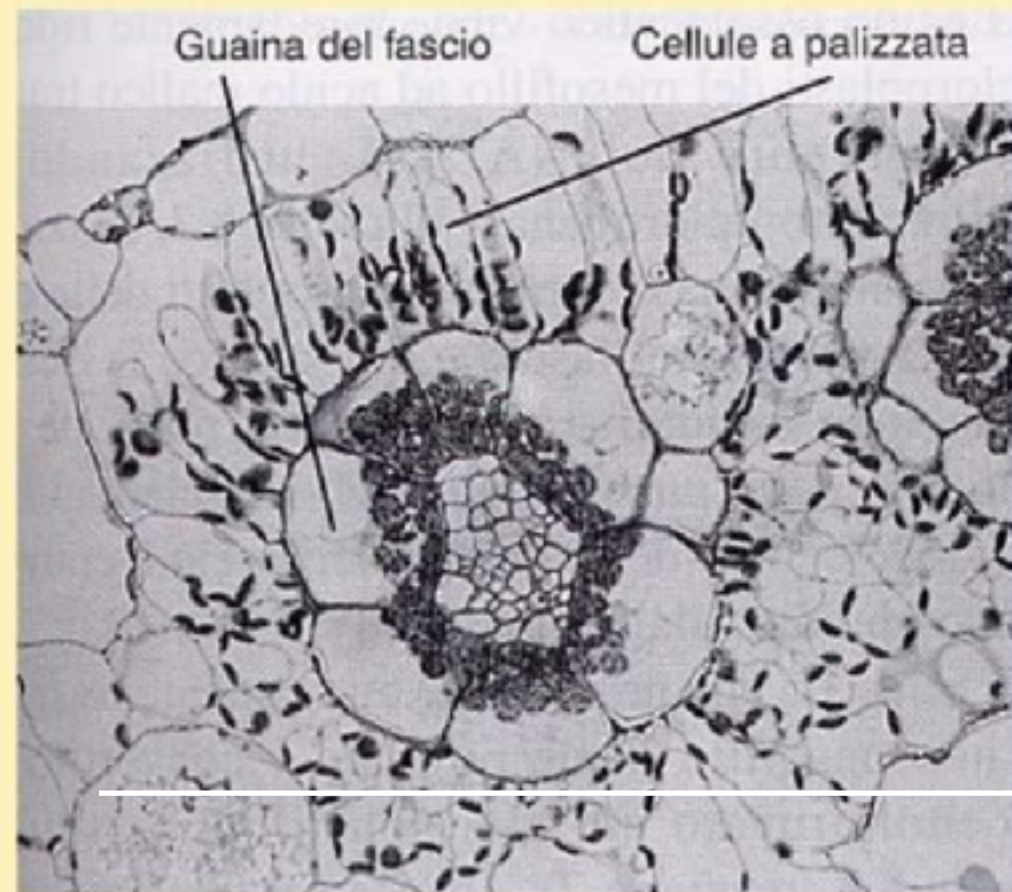




***Avena sativa* (C3)**



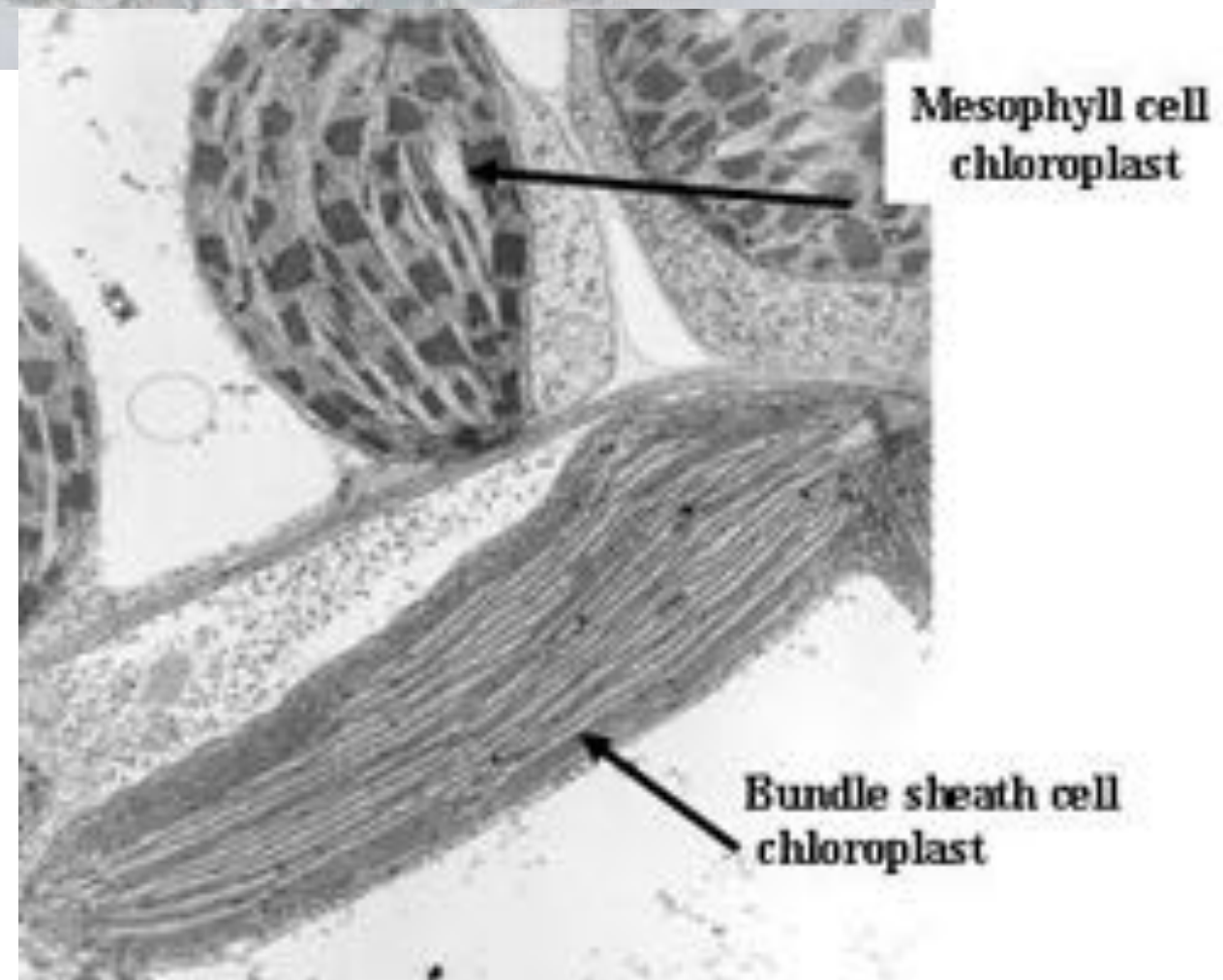
Zea mays (C4)
monocotiledone

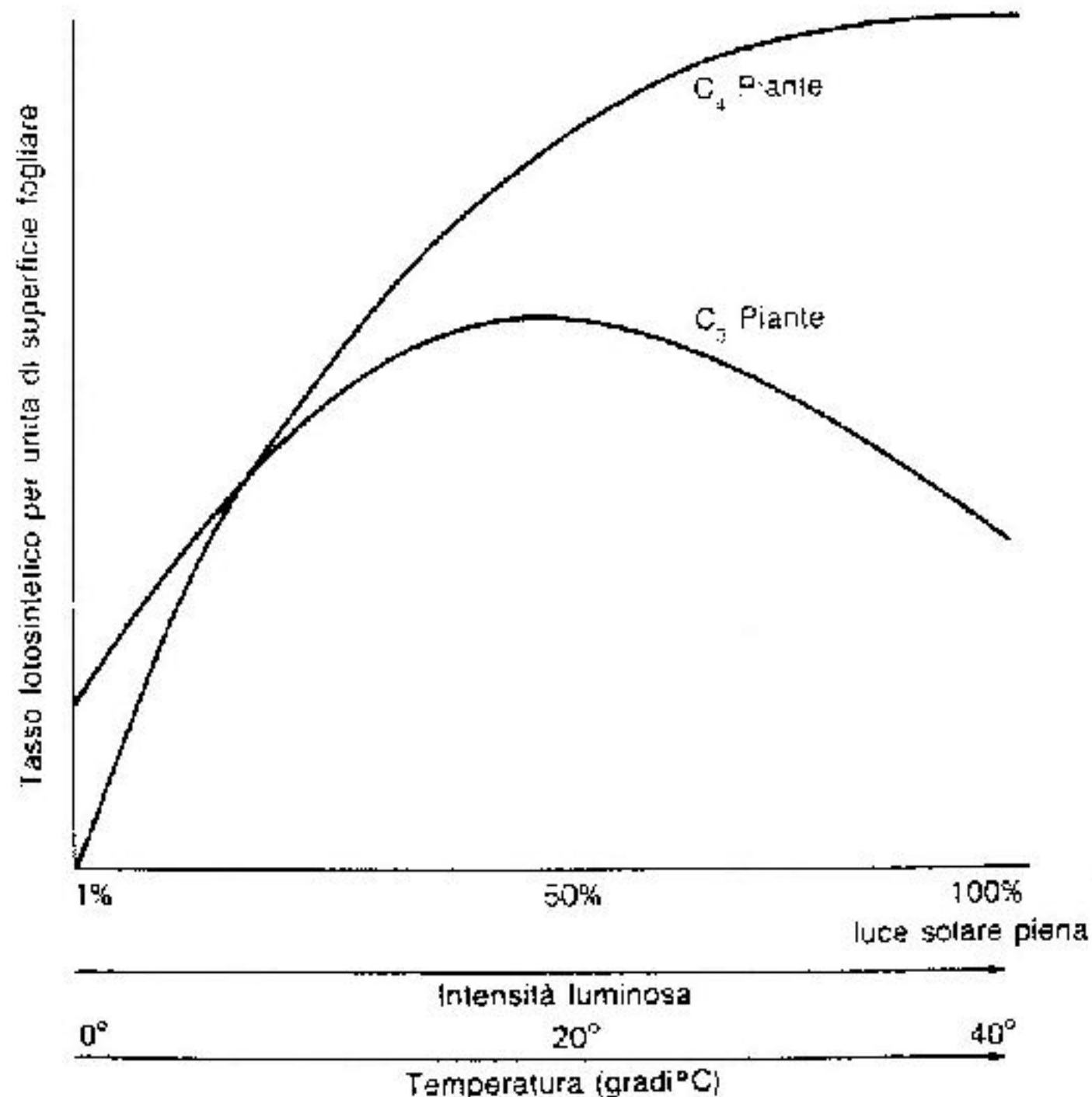


Gomphrena (C4)
dicotiledone



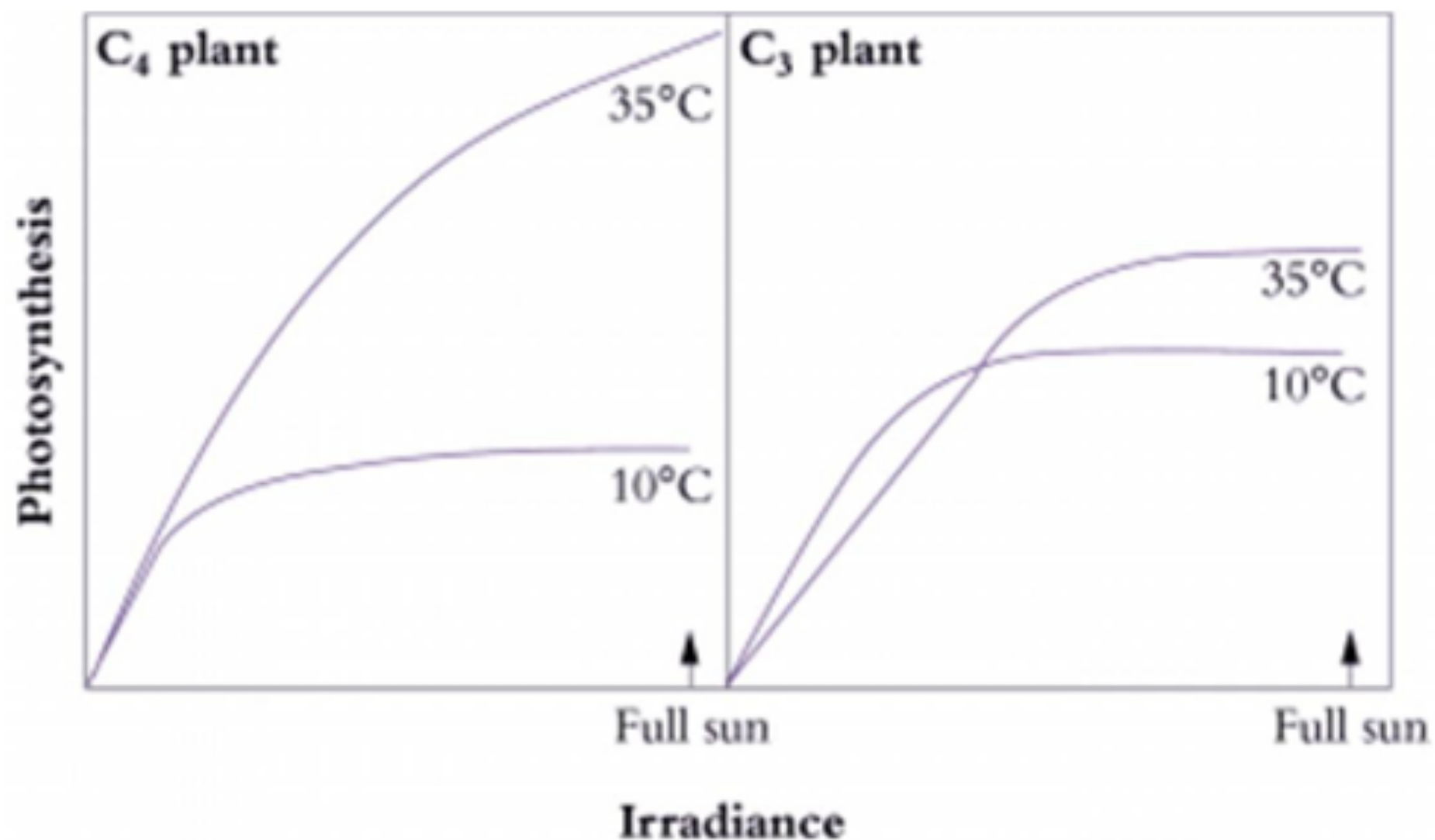
Le cellule della guaina del fascio contengono (spesso) cloroplasti senza grana e pieni di granuli d'amido. Questi cloroplasti non contengono il fotosistema II (questo è localizzato nei tilacoidi dei grana, che qui mancano).



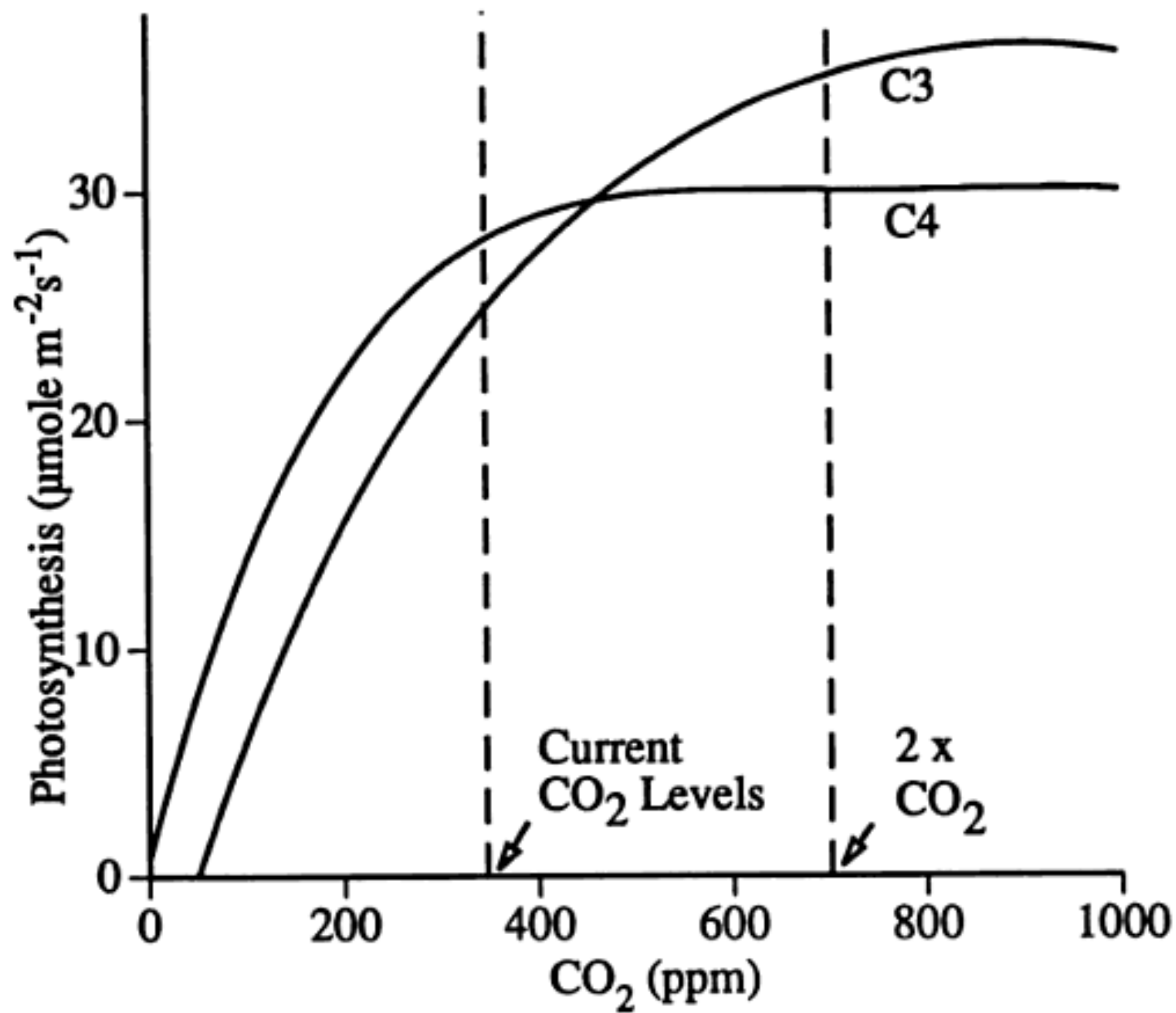


Le piante C₄ tipicamente vivono in ambienti molto caldi, e sono concentrate principalmente ai tropici. Si sono evolute nell'Oligocene, e costituiscono circa il 5% della biomassa vegetale. Tuttavia sono responsabili di circa il 30% del totale del carbonio fissato sul pianeta. In queste piante il tasso di fotosintesi per unità fogliare è massimo attorno ai 40°, mentre per la piante C₃ è massimo a circa 20°.

A temperature elevate le piante C₄ sono molto più performanti delle C₃. Queste sono invece più efficienti a basse temperature.



Effetto del cambiamento climatico sulle piante C3 e C4



Diversi studi hanno messo in evidenza che un aumento della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera favorisce maggiormente le piante C3 rispetto alle C4. Questo avviene come conseguenza della presenza stessa dei metabolismi di trasporto della anidride carbonica, che oltre una certa soglia raggiungono una velocità massima, che non può essere superata.

Quindi, considerato che un aumento di temperatura favorisce le C4, e un aumento di CO₂ favorisce le C3, quale potrebbe essere lo scenario futuro?

Obiettivamente difficile fare ipotesi, anche se l'aumento della CO₂ in atmosfera è stato enorme, circa il 30% negli ultimi 50 anni.

Tuttavia, i ricercatori scommettono molto sull'efficienza del metabolismo C4....

Riso.... C4?

Il riso (*Oryza sativa*, con tutte le sue varietà coltivate) è una pianta C3.

Tuttavia, essendo il riso la principale fonte di calorie per una enorme fetta della popolazione mondiale, un aumento della produttività per ettaro conseguente a una aumentata efficienza fotosintetica sarebbe una panacea per la fame nel mondo. Attualmente in Asia circa 600 milioni di persone sono a rischio malnutrizione, e la popolazione totale dell'Asia è destinata a aumentare di circa 1,5 miliardi da qui al 2050.

Per questo motivo, i ricercatori stanno analizzando la possibilità di indurre in un cultivar di riso delle modificazioni che portino a una anatomia Kranz, e all'evoluzione di un metabolismo C4, che nelle condizioni ottimali rende le piante fotosinteticamente più efficienti di circa il 50% (un miglioramento della produttività per ettaro sufficiente a risolvere i problemi alimentari dell'Asia da qui al 2050).

Oryza sativa L.
Poaceae



Piante CAM

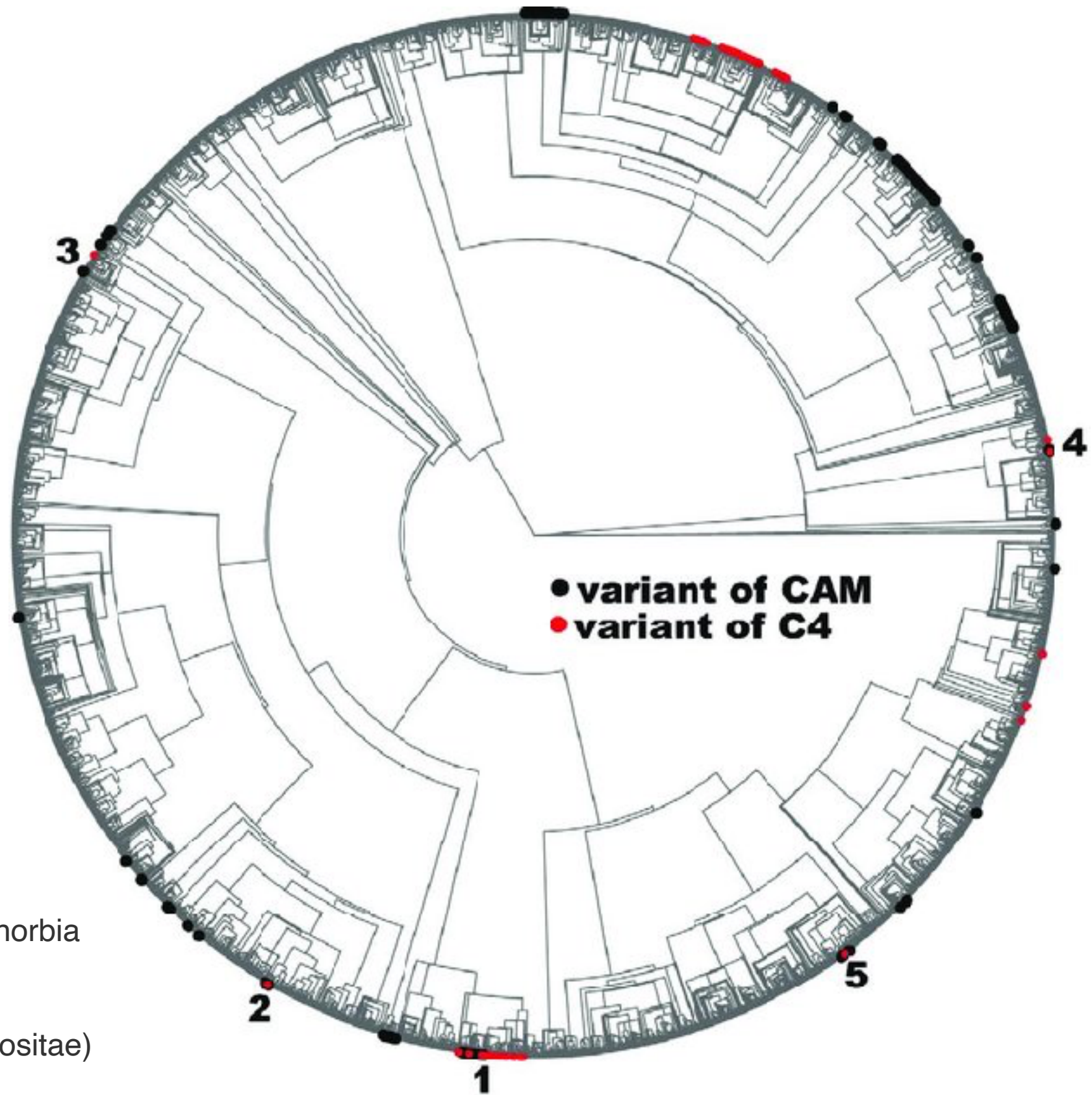
Il termine **CAM** significa **Crassulacean acid metabolism**.

In queste piante vi è una **separazione temporale** tra cattura della CO₂ e sua fissazione nel ciclo di Calvin. Queste piante, che vivono in ambienti molto caldi e solitamente aridi, come i deserti, aprono gli stomi solo durante la notte, quando le temperature sono basse e, di conseguenza, la perdita d'acqua è minima. La CO₂ viene conservata sotto forma di **malato**, come avviene nelle piante C₄, che viene accumulato nei vacuoli. Durante il giorno, a stomi chiusi, il malato viene scisso e la CO₂ liberata. La sua concentrazione viene mantenuta quindi elevata, e la fotorespirazione è ridotta al minimo. Il principale beneficio che queste piante hanno da questa separazione temporale sta nella ridotta perdita d'acqua per traspirazione. Le piante C₃ perdono in questo modo circa il 97% dell'acqua che assorbono tramite l'apparato radicale. Piante CAM come il cactus o l'agave, che vivono in climi caldi ed aridi, non possono permettersi queste perdite. Queste piante spesso mostrano altri adattamenti a condizioni estreme di aridità, come spesse cuticole, foglie con ridotto rapporto superficie/volume, ecc.

Queste piante succulente, come i cactus, ed epifite, come certe orchidee e bromeliacee. Tuttavia questo tipo di metabolismo si è probabilmente evoluto diverse volte in diversi gruppi di piante sottoposti alla stessa pressione selettiva (evoluzione convergente), non solo nelle angiosperme, ma anche in alcune gimnosperme, muschi e felci.

Tabella 10.6 - *Tipi di fissazione del carbonio*

	C ₃	C ₄	CAM
Carbossilazione	RuBP carbossilasi	RuBP carbossilasi	RuBP carbossilasi
Metabolismo aggiuntivo	Nessuno	Trasferimento di CO ₂	Immagazzinamento di CO ₂
Carbossilasi aggiuntiva	Nessuna	PEP carbossilasi	PEP carbossilasi
Fotorespirazione	Alta	Bassa	Moderata
Stomi aperti	Di giorno	Di giorno	Di notte



- (1) Caryophyllales
- (2) Chamaesyce/Euphorbia
- (3) Brassicales
- (4) Hydrocharitaceae
- (5) Asteroideae (Compositae)

Tra le piante CAM più note troviamo:

- le tipiche piante succulente della famiglia delle **Crassulaceae**, adattate a vivere in ambienti aridi, anche di casa nostra;
- le **Cactacee**;
- piante epifite (es. **Bromeliaceae**) delle foreste tropicali, tra cui qualche felce, e la mitica *Welwitschia*.

Si noti che mentre le C4 sono tutte angiosperme, le CAM sono anche gimnosperme, isoete e felci

Sedum album L.
Crassulaceae



Opuntia ficus-indica (L.) Mill.
Cactaceae



Ananas comosus (L.) Merr.
Bromeliaceae



Welwitschia mirabilis Hook.f.
Welwitschiaceae



Le piante CAM separano nettamente nel tempo il momento dell'entrata della CO_2 nella foglia da quello della sua fissazione nel ciclo di Calvin.

Il funzionamento è relativamente semplice:

Di notte esse aprono gli stomi, fanno entrare la CO_2 e la fissano in modo analogo alle C_4 formando acidi organici a 4 atomi di C (tipicamente acido malico).

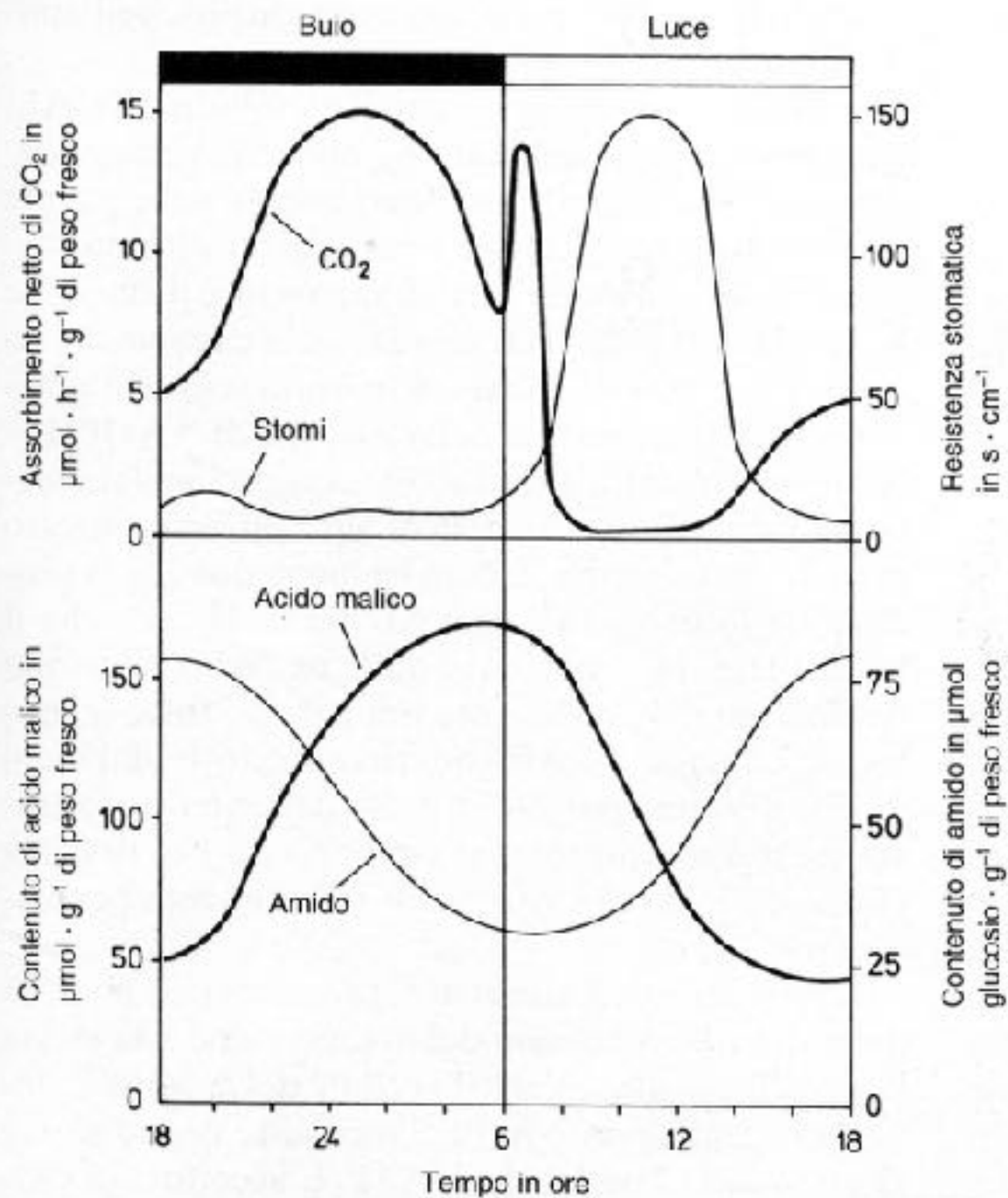
Di giorno esse tengono gli stomi chiusi (tanto ormai la CO_2 è stata assorbita e immobilizzata negli acidi organici) e decarbossilano gli acidi generati durante la notte liberando nuovamente la CO_2 . Questa viene ora fissata normalmente attraverso la RuBisCO nel ciclo di Calvin.

Nei periodi aridi, questa variante della fotosintesi normale consente alle piante CAM di tenere gli stomi aperti solo di notte quando la temperatura è più bassa e chiuderli di giorno quando il pericolo di andare in deficit d'acqua sarebbe maggiore.

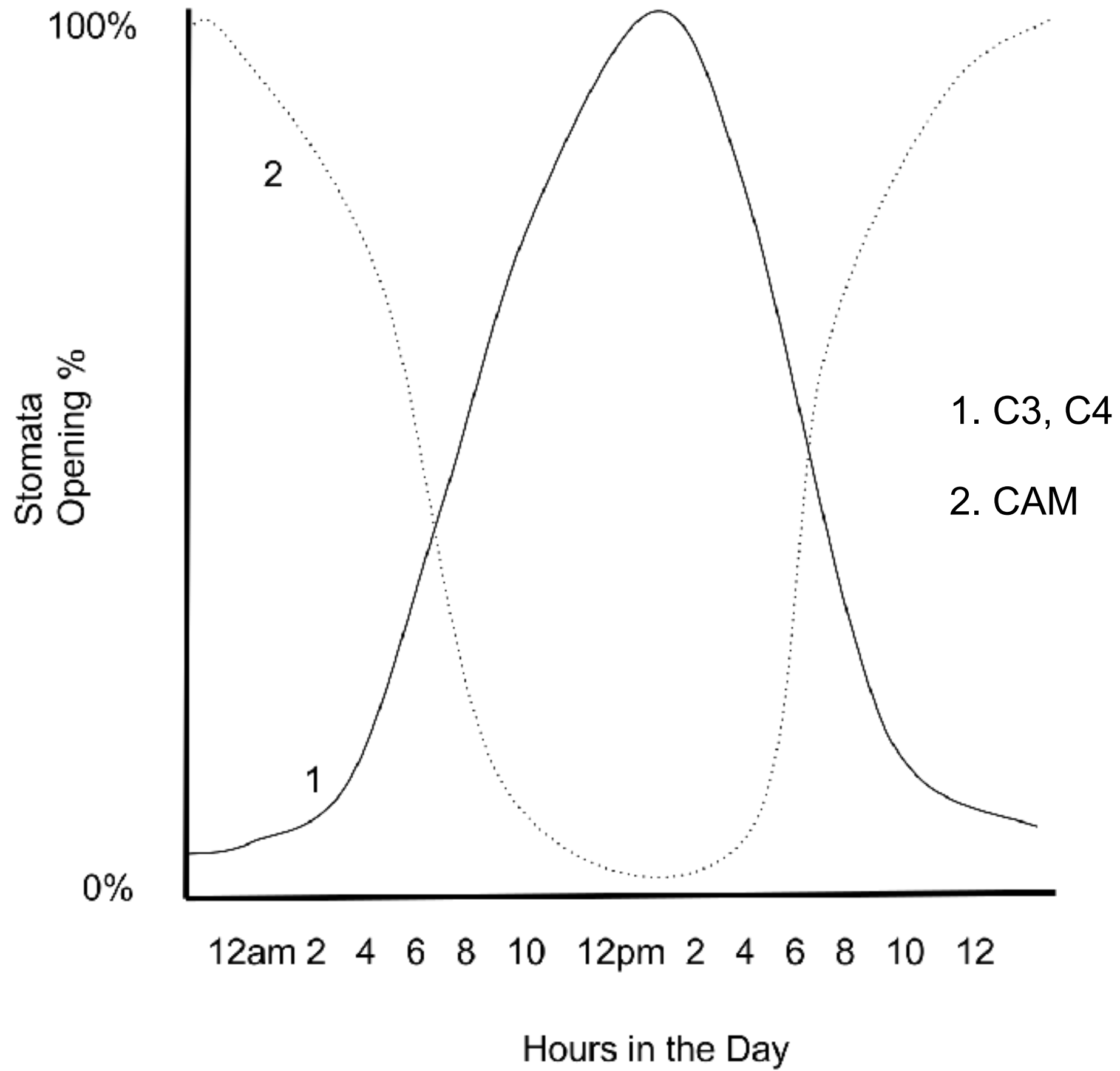
La “politica” fotosintetica delle CAM cerca di ottenere un risparmio d'acqua attraverso una fissazione provvisoria della CO_2 .

Nelle piante CAM la pre-fissazione e la fissazione vera e propria avvengono in un solo tipo cellulare, ma in due momenti diversi, la notte e il giorno.





Andamento di alcuni tipici fenomeni del metabolismo degli acidi carbossilici nelle *Crassulaceae* durante il ciclo notte-giorno. In alto: assorbimento netto di CO₂ nelle foglie e resistenza stomatica alla diffusione. In basso: contenuto in acido malico e in amido nelle foglie. I valori indicati corrispondono a valori medi che possono variare molto secondo le specie e le condizioni esterne.



Due aspetti chiave del metabolismo CAM:

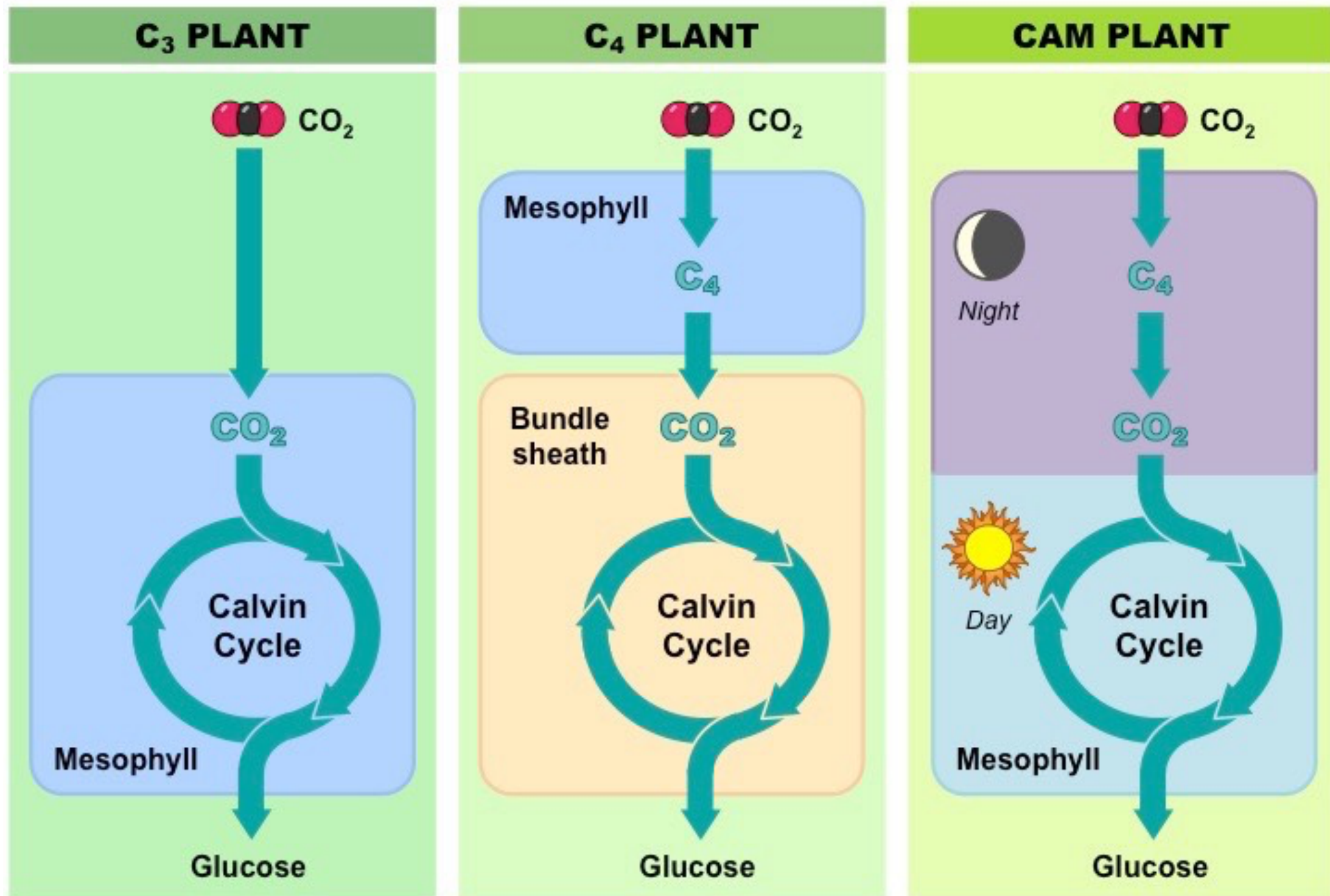
- (i) L'apertura degli stomi è regolata (anche) dalla concentrazione parziale interna della CO_2 , che dipende da questa attività enzimatica particolare. Di notte gli stomi stanno aperti per il forte consumo della CO_2 interna per opera della PEP-carbossilasi, di giorno stanno chiusi perché c'è CO_2 a sufficienza.
- (ii) L'elevata concentrazione di malato a livello vacuolare di notte determina un incremento della pressione osmotica, che si accompagna di conseguenza ad una aumentata efficienza di assorbimento radicale: la pianta riesce a recuperare più acqua, proprio quando l'ambiente offre eventuali fenomeni di condensa sulla superficie del terreno.

Metabolismo fotosintetico e consumo d'acqua.

Alcuni dati riguardanti l'economia dell'acqua e del carbonio nel corso della fotosintesi delle piante C_3 , C_4 e CAM (da C. BLACK). Il quoziente di traspirazione indica quanti g d'acqua vengono perduti quando viene assorbito dall'atmosfera e assimilato mediante la fotosintesi 1 g di carbonio.

	C_3	C_4	CAM
Quoziente di traspirazione in $g\ H_2O \cdot g^{-1}$ di C	Da 450 a 950	Da 250 a 350	Da 18 a 100 (per la fissazione di CO_2 durante la notte) Da 150 a 600 (per la fissazione di CO_2 durante il giorno)
Velocità massima della fotosintesi netta in $mg\ CO_2 \cdot m^{-2}$ di sup. fogliare $\cdot s^{-1}$	Da 0,41 a 1,10	Da 1,1 a 2,2	Da 0,027 a 0,360
Velocità massima dell'aumento di sostanza secca in $g \cdot m^{-2}$ di sup. fogliare $\cdot d^{-1}$	Da 50 a 200	Da 400 a 500	Da 1,5 a 1,8

Ricapitolando, quindi....



Decomposizione (catabolismo)

La decomposizione in senso lato si può definire come “ogni ossidazione biologica che produce energia”.

Esistono tre diversi tipi di decomposizione:

Respirazione aerobica (accettore di elettroni è l'ossigeno gassoso)

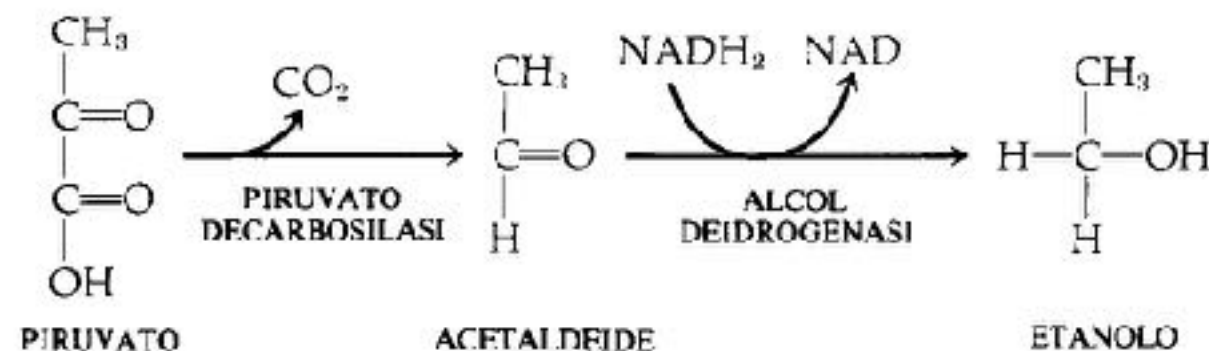
Inverso della fotosintesi. Processo tramite cui la materia organica è decomposta a CO₂ e H₂O con liberazione di energia.

Respirazione anaerobica (accettore di elettroni è un altro composto inorganico)

Organismi anaerobi obbligati e facoltativi. Un esempio sono i batteri *desulfovibrio*, che riducono SO₄ a H₂S nei sedimenti profondi e nelle acque prive di ossigeno. L'H₂S sale in superficie dove può essere usato dai batteri fotosintetici.

Fermentazione (accettore di elettroni è un composto organico)

Esempio: la fermentazione alcolica, che produce etanolo. Si tratta di reazioni che hanno una resa energetica molto inferiore alla respirazione.



Produttività

Produttività: quantità di biomassa prodotta in una data area in un dato intervallo di tempo

Produttività primaria: velocità con la quale l'energia raggiante viene trasformata dalla attività fotosintetica e chemosintetica degli organismi produttori in sostanza organiche.

Produttività primaria lorda: velocità totale di foto e chemosintesi (fotosintesi totale o assimilazione totale)

Produttività primaria netta: velocità di immagazzinamento della materia organica prodotta al netto di quella utilizzata per la respirazione dei produttori (assimilazione netta)

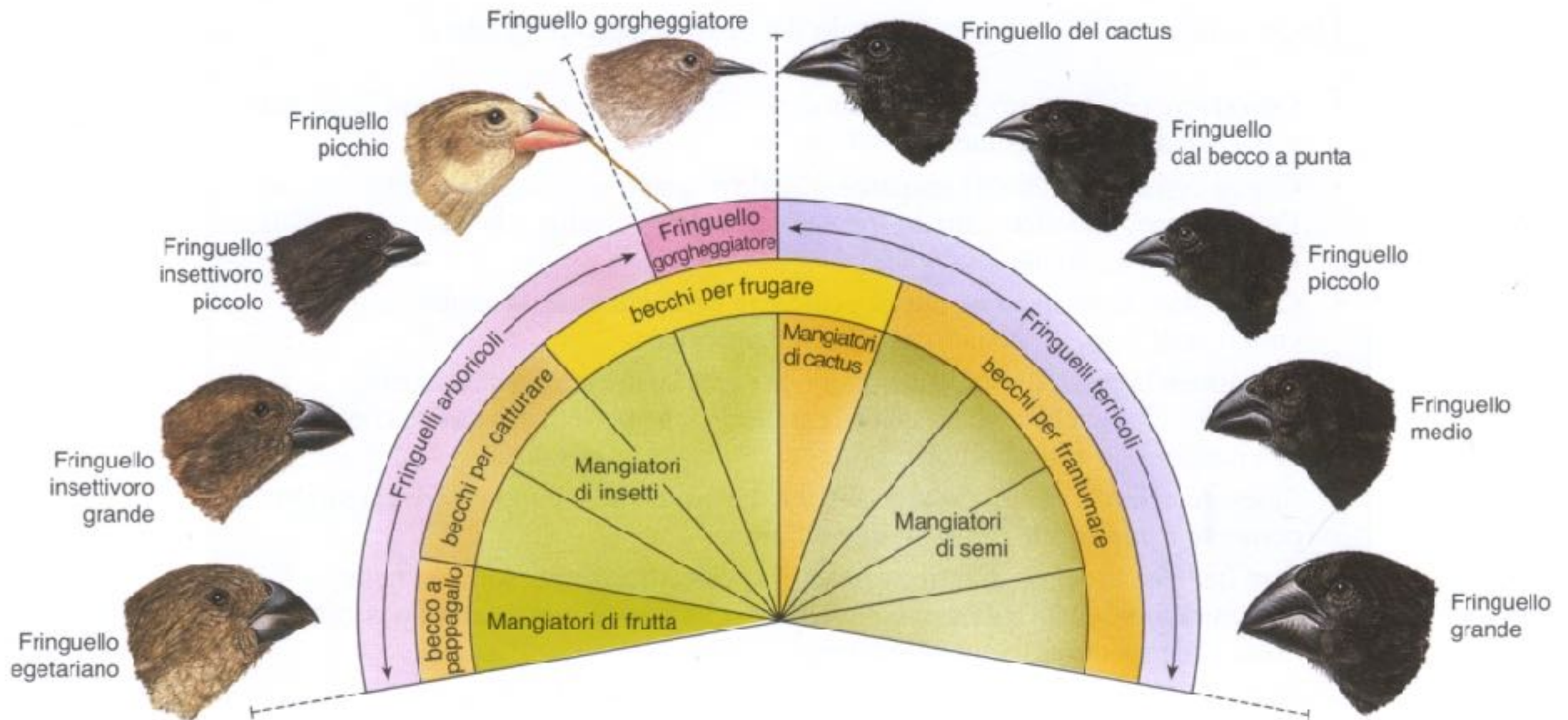
Produttività netta della comunità: la velocità di immagazzinamento della materia organica non utilizzata dagli eterotrofi

Produttività secondaria: velocità di immagazzinamento dell'energia a livello degli eterotrofi

Evoluzione e speciazione



La teoria dell'evoluzione ad opera della selezione naturale fu formulata per la prima volta nel libro: *On the origins of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle of life* (Charles Darwin, 1859).

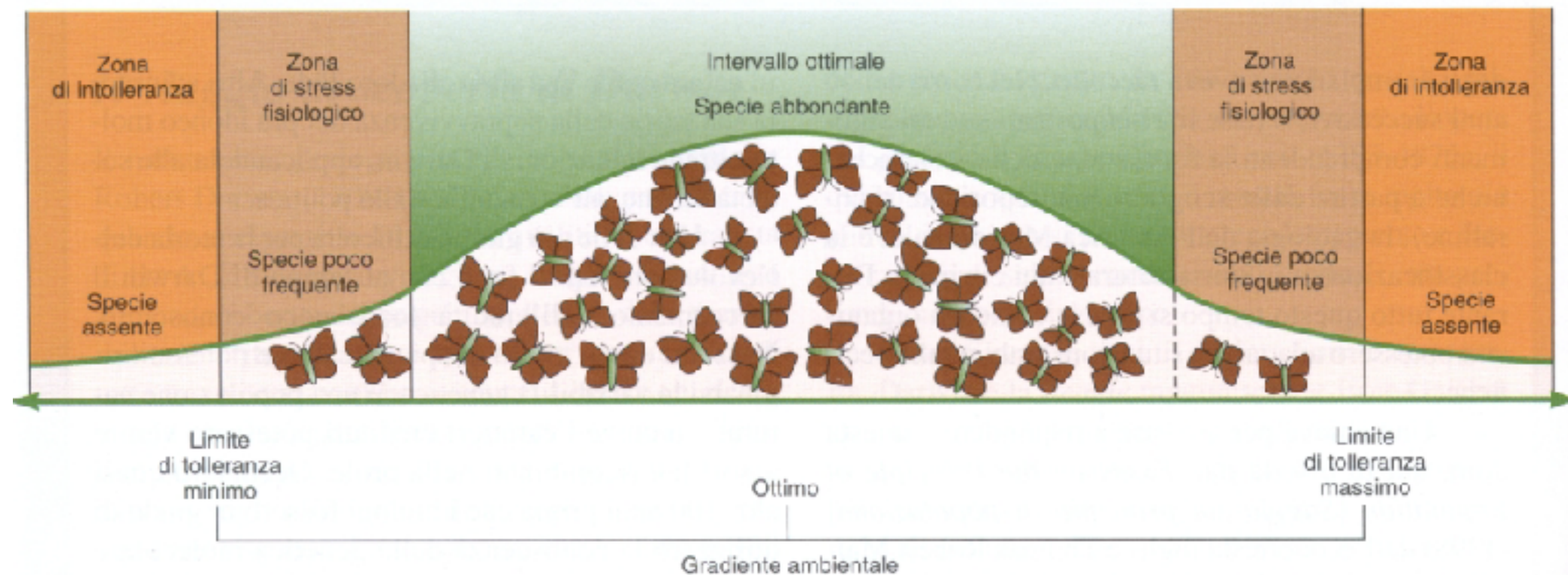


Darwin ipotizzò che la **selezione naturale** porti alla evoluzione solo se si verificano determinati presupposti:

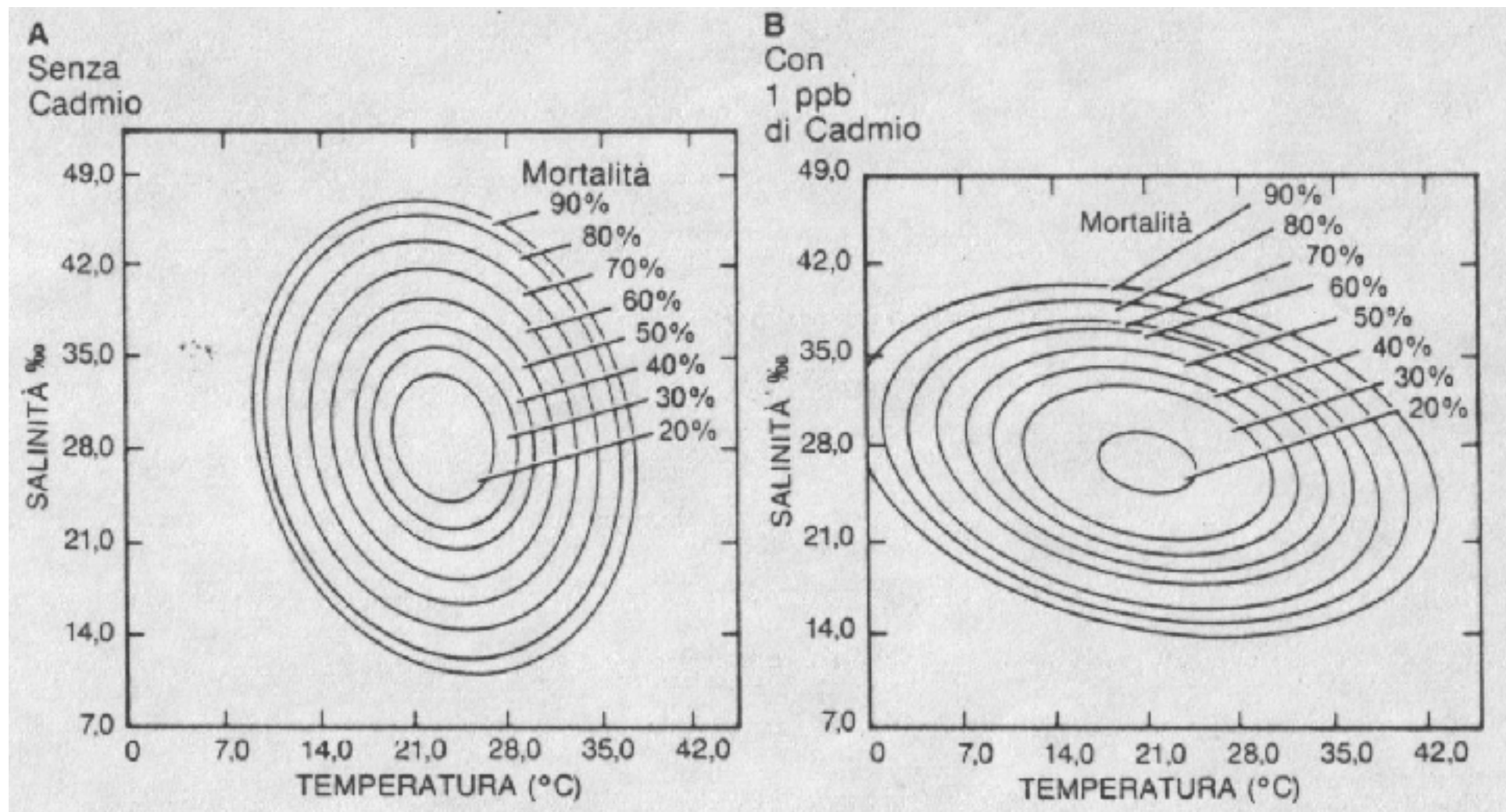
1. in una popolazione devono essere presenti differenti caratteri o proprietà
2. questi caratteri devono influenzare il successo riproduttivo
3. i caratteri devono essere genetici (cioè ereditabili)
4. una qualche pressione selettiva deve favorire in modo differenziale questi caratteri

La chiamò selezione naturale in contrapposizione alla **selezione artificiale** che ogni giorno gli allevatori ed i coltivatori fanno per modificare a nostro vantaggio animali e vegetali di interessa commerciale

Una **mutazione** è una variazione nel patrimonio genetico di un organismo. Si tratta solitamente di variazioni puntiformi di una singola base, solitamente dovute ad errori nel processo di duplicazione del DNA all'atto della divisione cellulare, o di ricombinazione nella divisione meiotica (**crossing over**). Solo le mutazioni che cambiano il corredo genetico delle cellule deputate alla riproduzione sono efficaci dal punto di vista evolutivo. La maggior parte delle mutazioni si ritiene siano dannose o neutrali. Solo una piccolissima parte ha effetti positivi sulla **fitness** dell'organismo che le porta.



Gli organismi hanno un massimo ed un minimo ecologico per ogni fattore. Questi due estremi costituiscono i **limiti di tolleranza** dell'organismo per il fattore in oggetto. Gli organismi possono avere un ampio intervallo di tolleranza per un fattore ed un intervallo più limitato per un altro fattore. Gli organismi con intervalli di tolleranza ampi per tutti i fattori sono i più diffusi. Una specie in condizioni non ottimali per un fattore ecologico può vedersi ridurre i limiti di tolleranza anche per altri fattori. Spesso in natura gli organismi vivono al di fuori dell'intervallo ottimale di uno o più fattori, se uno o più altri fattori hanno importanza maggiore. Il momento della riproduzione è critico; in questa fase della vita degli organismi i fattori ambientali divengono particolarmente limitanti. Ad esempio, alcuni pesci del genere *Cyprinodon* presenti nelle sorgenti calde del deserto del Sonora, hanno una tolleranza per la temperatura che va da 0 a 42 gradi. Questa ampia tolleranza si riduce nelle uova e negli individui giovani a un range 20-36.



L'intervallo di tolleranza per un fattore può essere modificato dalla variazione di un altro fattore. Nei due grafici è espresso l'intervallo di tolleranza per temperatura e salinità delle larve del granchio violinista (*Uca pugilator*). Il primo grafico rappresenta la situazione in natura, il secondo come questa varia con l'aggiunta di Cadmio, metallo tossico per questa specie anche a basse concentrazioni in particolare per le larve. Il prefisso **steno** viene in ecologia usato come sinonimo di “stretto”, mentre il prefisso **euri** viene usato come sinonimo di “ampio”. Un organismo stenotermo è quindi un organismo con uno stretto limite di tolleranza per la temperatura, mentre un organismo euritermo ha un ampio limite di tolleranza per la temperatura. All'interno dell'intervallo di tolleranza di un organismo per un fattore si individua l'**optimum**, che è il punto più alto della curva di tolleranza e rappresenta il valore del fattore in oggetto al quale l'attività dell'organismo, al pari degli altri fattori, è massima.