

## 9. REGNUL PLANTAE

### 9.1. Condițiile de apariție a plantelor (ramificațiile, vezi fig. 9.1)

Plantele sunt organisme de uscat (excepție fac unele plante acvatice, care în evoluția lor au trecut prin faza de uscat și s-au readaptat vieții acvatice). Plantele sunt *autotrofe fotosintetice* și sunt principalii **producători** pe uscat. În timp ce procariotele și protistele primeau tot ce le era necesar pentru a trăi și a se reproduce din mediul acvatic, trecerea la viața pe uscat a ridicat importante piedici, care trebuiau învinse. Principala dificultate consta în aceea că de data aceasta *aprovizionarea trebuia să se facă din două medii diferite*. Din **aer**: **CO<sub>2</sub>**; din **sol**: **apa** și **nutrienții minerali** (în primul rând azot, sulf, fosfor); la care se adaugă și **lumina**.

De aceea plantele au trebuit să-și formeze *sistemul radicular*, cu ajutorul căruia să poată absorbi apa și mineralele, dar și *frunzele* cu suprafață mare, care să permită deopotrivă captarea luminii solare și schimbul de gaze cu atmosfera (absorbția CO<sub>2</sub> și eliminarea O<sub>2</sub> în cursul fotosintezei), cu prețul imobilității.

O altă problemă a constituit-o tocmai *suprafața mare a frunzelor* necesară pentru funcțiile amintite, dar care ușura **pierderea apei prin evaporare**, apă strict necesară pentru funcționarea normală a celulelor. De aceea a fost nevoie de acoperirea frunzelor și a tulpinilor cu *material ceros*, **cuticului**, care este *impermeabil pentru apă*, împiedicând astfel evaporarea, iar pentru a asigura *schimbul de gaze*, frunzele sunt prevăzute cu *pori reglabili*, care traversează cuticului, numite **stomate**.

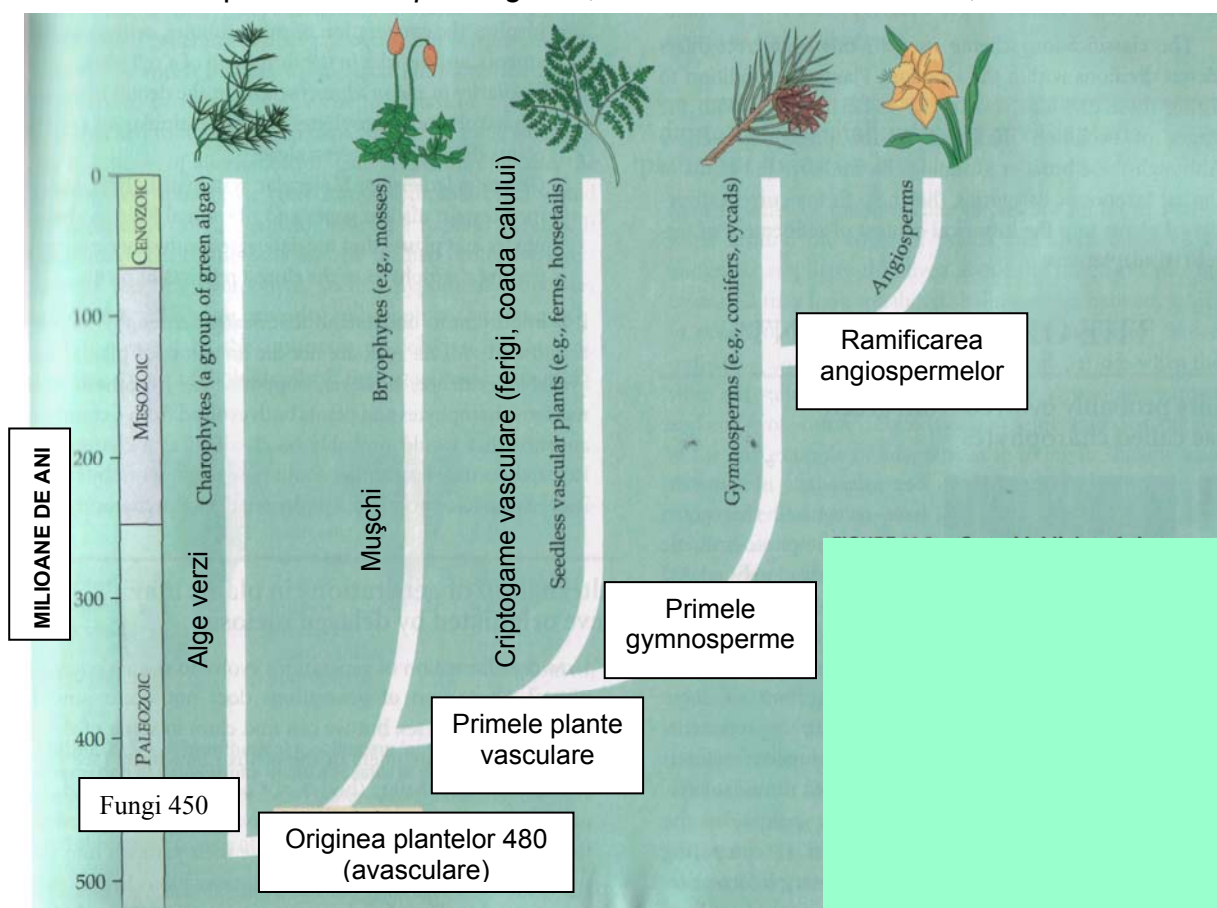


Fig. 9.1. Evoluția plantelor. Plantele își au originea în algele verzi (cu circa 480 milioane ani în urma). Primele plante **vasculare** au o vârstă de cca. 410 milioane ani, primele *gymnosperme* cca. 370 mil. ani, *angiospermele* apărând târziu, cu vre-o 130 milioane ani în urmă. Se crede că algele verzi și plantele au aceeași origine.

Cuticulul este un **produs secundar** al plantelor, produșii principali fiind cei rezultați din fotosinteză.

O altă problemă importantă de rezolvat a fost *adaptarea reproducerii la condițiile uscatului*. Dacă în mediul acvatic **gameții** și **embrionii** erau în mediu umed, pe uscat a fost nevoie de măsuri speciale pentru ai proteja pe aceștia de uscare. Figura 9.2. ilustrează spațiile protejate de uscare ale unei ferigi, în care se pot dezvolta sperma și oul (**gametangia**: **antheridium** pentru spermă și **archegonium** pentru oul).

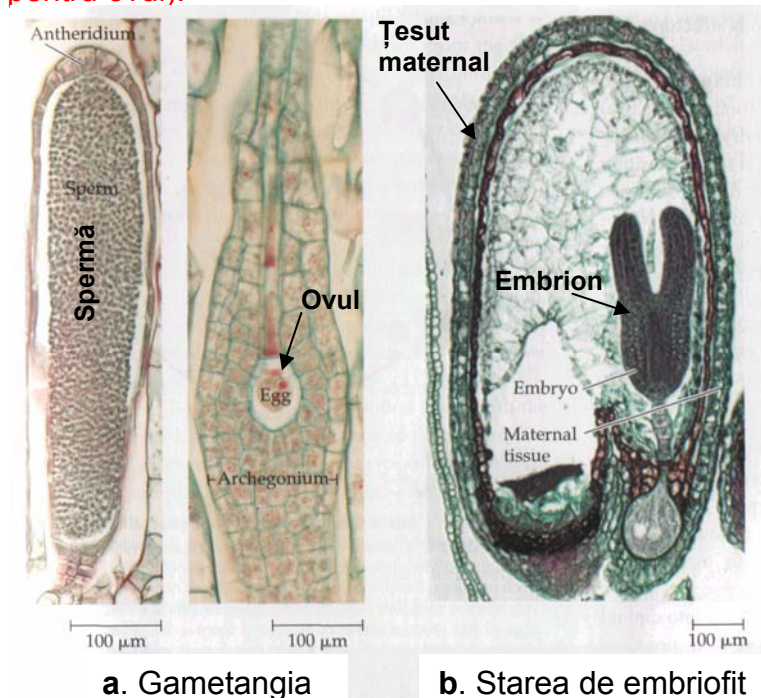


Fig. 9.2. Adaptarea plantelor la reproducerea pe uscat. Structuri specializate împiedică uscarea gameților și embrionilor.

- Gametangiile** sunt camere umede ale plantei parentale în care se păstrează gameții.
- Protecția embrionului la o plantă angiospermă. Și aici, un **țesut maternal**, care împiedică evaporarea apei, asigură protecția (în embriofit).

a. Gametangia

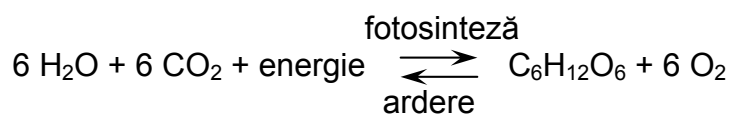
b. Starea de embriofit

De asemenea este protejat embrionul în **embriofit** printr-un **țesut maternal**, menit să mențină apa în interior.

Să mai amintim o problemă pe care a trebuit să o rezolve plantele, problema neîntâlnită în mediul acvatic: **efectele gravitației terestre**. În mediul acvatic structura de rezistență a unui organism nu ridică probleme în ce privește efectele gravitației, deoarece **principiul lui Arhimede** face ca greutatea corpului să fie mai mică cu greutatea apei deslocuite. Cum densitățile organismelor acvatice sunt apropiate de cea a apei, acestea pot fi lipsite de structuri rigide, cum de fapt sunt în majoritate, dacă alte rațiuni nu impun o astfel de structură. Pe uscat problema este mai gravă. Pentru a putea desfășura frunzele la o anumită înălțime de sol, plantele în majoritate, au nevoie de o tulpină rigidă. Și structura frunzelor cere o anumită rigiditate. Această rigiditate și rezistență plantele și-o asigură cu ajutorul unor **materiale compozite**: **fibre de celuloză** (armătură) legate între ele cu un adeziv rigid și rezistent: **lignina**. Rezultatul este **lemnul**, cu calitățile sale cunoscute.

## 9.2. Fotosinteza

Plantele sunt acelea care transformă energia luminii solare în energie chimică, printr-un proces opus procesului de ardere. În cazul unei hexoze (de ex glucoza):



Acest proces de fotosinteză se produce cu degajare de oxigen și este răspunzător de atmosfera terestră bogată în oxigen. De fotosinteză sunt capabile și organisme

inferioare, deținătoare de **cloroplaste**, așa cum s-a arătat la discutarea procariotelor și protistelor, dar *astăzi plantele sunt cele mai importante producătoare de oxigen*, fără de care n-ar putea exista organismele **consumatoare**, ierbivore și carnivore, a căror sursă de energie este arderea substanțelor nutritive.

Procesul de fotosinteză se produce în **cloroplaste**, în parte în **membranele tilacoide** și în parte în afara lor. În membranele tilacoide unde se află pigmenții capabili de a absorbi fotonii luminoși (**clorofila a** legată de două proteine, formând complexele P680 și P700, cu maxime de absorbție puțin diferite), funcționează **două fotosisteme**: I și II. Primul cu P700, al doilea cu P680. Rolul lor este de a transforma energia luminoasă în **substanțe macroergice**, în particular în **ATP** (adenosintrifosfat) și **NADPH** (nicotinamid-adenin-dinucleotid-fosfat cu hidrogenul legat). Figura 9.3 arată funcționarea celor două fotosisteme.

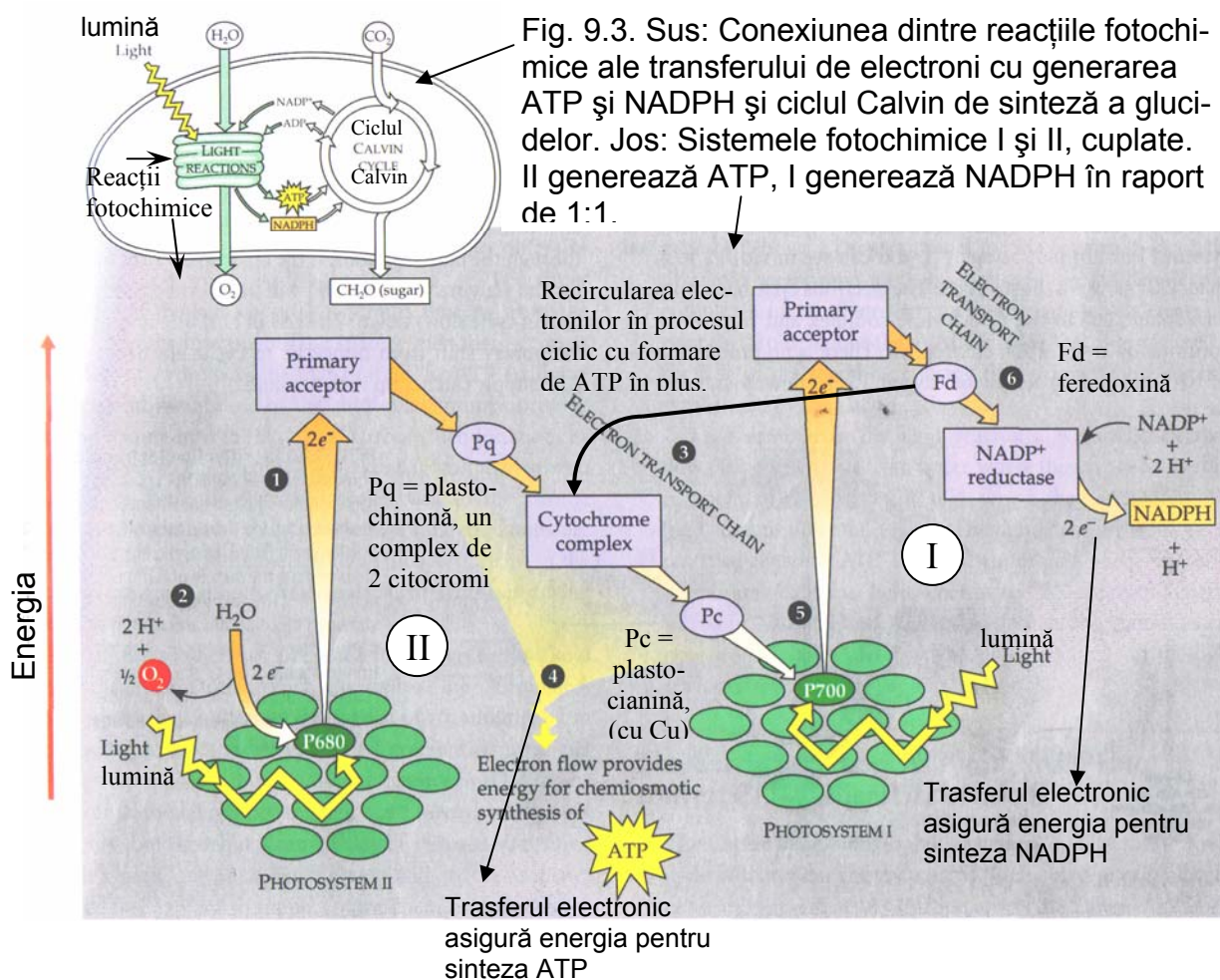
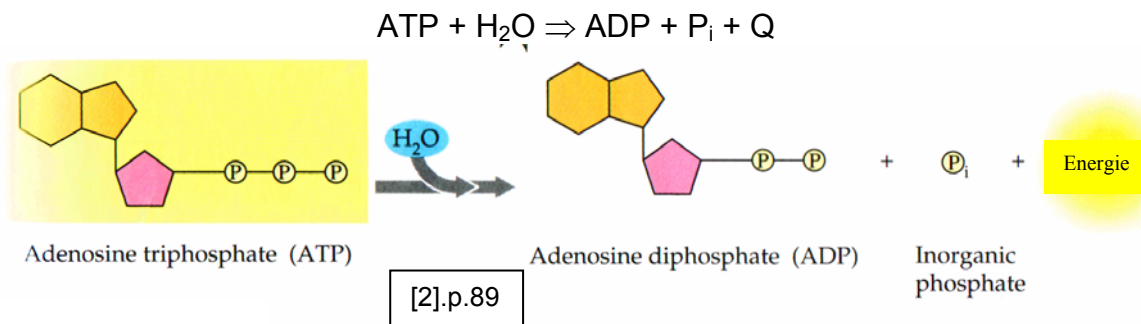
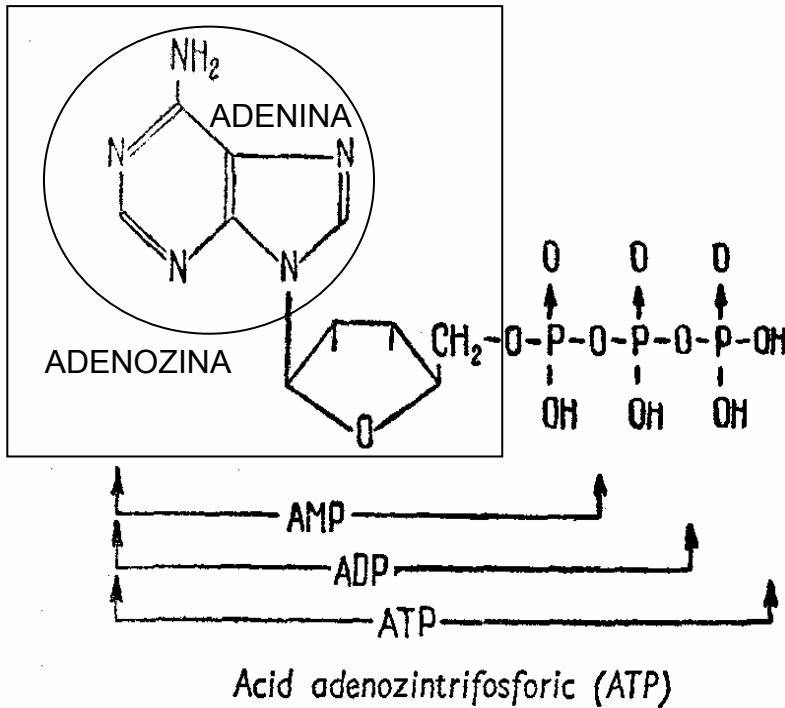


Fig. 9.3. Sus: Conexiunea dintre reacțiile fotochimice ale transferului de electroni cu generarea ATP și NADPH și ciclul Calvin de sinteză a glucidelor. Jos: Sistemele fotochimice I și II, cuplate. II generează ATP, I generează NADPH în raport de 1:1.

Cele două substanțe macroergice care rezultă în urma celor două etape de captare a energiei luminoase sub formă chimică, pot la rândul lor să elibereze energia pentru a efectua diferite operații fizice sau chimice, care necesită energie. Trebuie precizat că trecerea



este un proces *hidrolitic*, în timp ce în transformarea inversă, de sinteză a ATP, se eliberează apă.



### COMPUȘI MACROERGICI: Adenzinotrifosfatul, ATP

Înmagazinarea energiei în NADPH, ca și eliberarea acesteia, sunt procese redox. La fel se întâmplă și cu NADH, moleculă lipsită de gruparea fosfat care esterifică un -OH de la molecula de *riboză* și nu joacă rol în procesul redox, proces care afectează numai **nicotinamida** (vitamina PP) din nicotinamid-adenin-dinucleotidul, NAD, așa cum arată figurile 9.4 și 9.5.

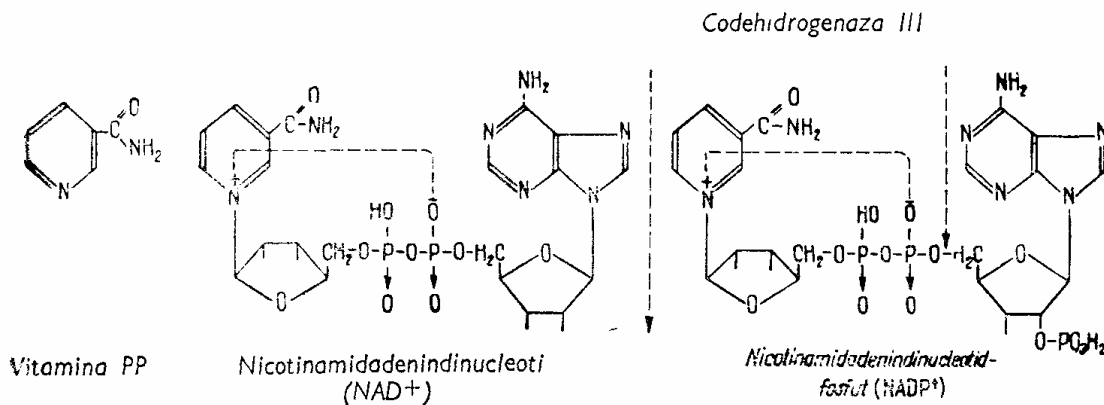
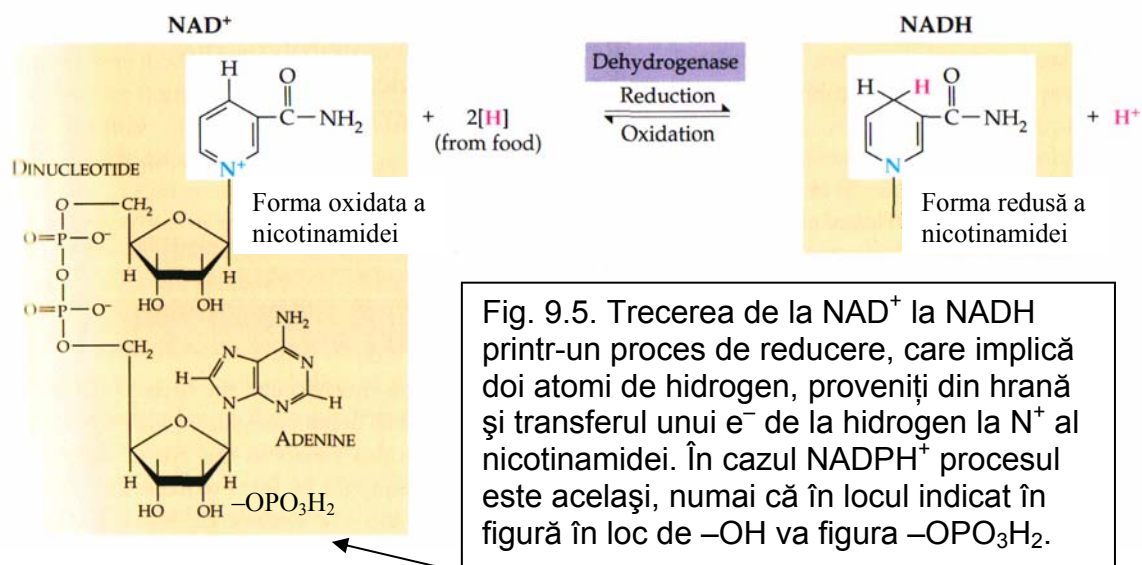


Fig. 9.4. Nicotinamida și NAD<sup>+</sup>, respectiv NADP<sup>+</sup>

Energiile implicate în procesele de înmagazinare și eliberarea de energie implică energii diferite, redate în tabelul 9.1 de mai jos. În biologie și biochimie se obișnuiește uneori să se dea energiile implicate în diferitele procese care au loc în organism nu în kJ sau kcal, ci multipli de ATP, înțelegând că este vorba trecerea de la ATP la ADP, proces care implică eliberarea de 7,0 kcal/mol sau 29,3 kJ/mol, după cum arată tabelul 9.1. Acest tabel permite comparații între diferitele moduri de a înmagazina energia în unii compuși macroergici.



Tabelul 9.1. ([14]. P. 108)

**Variația energiei libere la hidroliza legăturilor macroergice ale unor compuși biologici importanți**

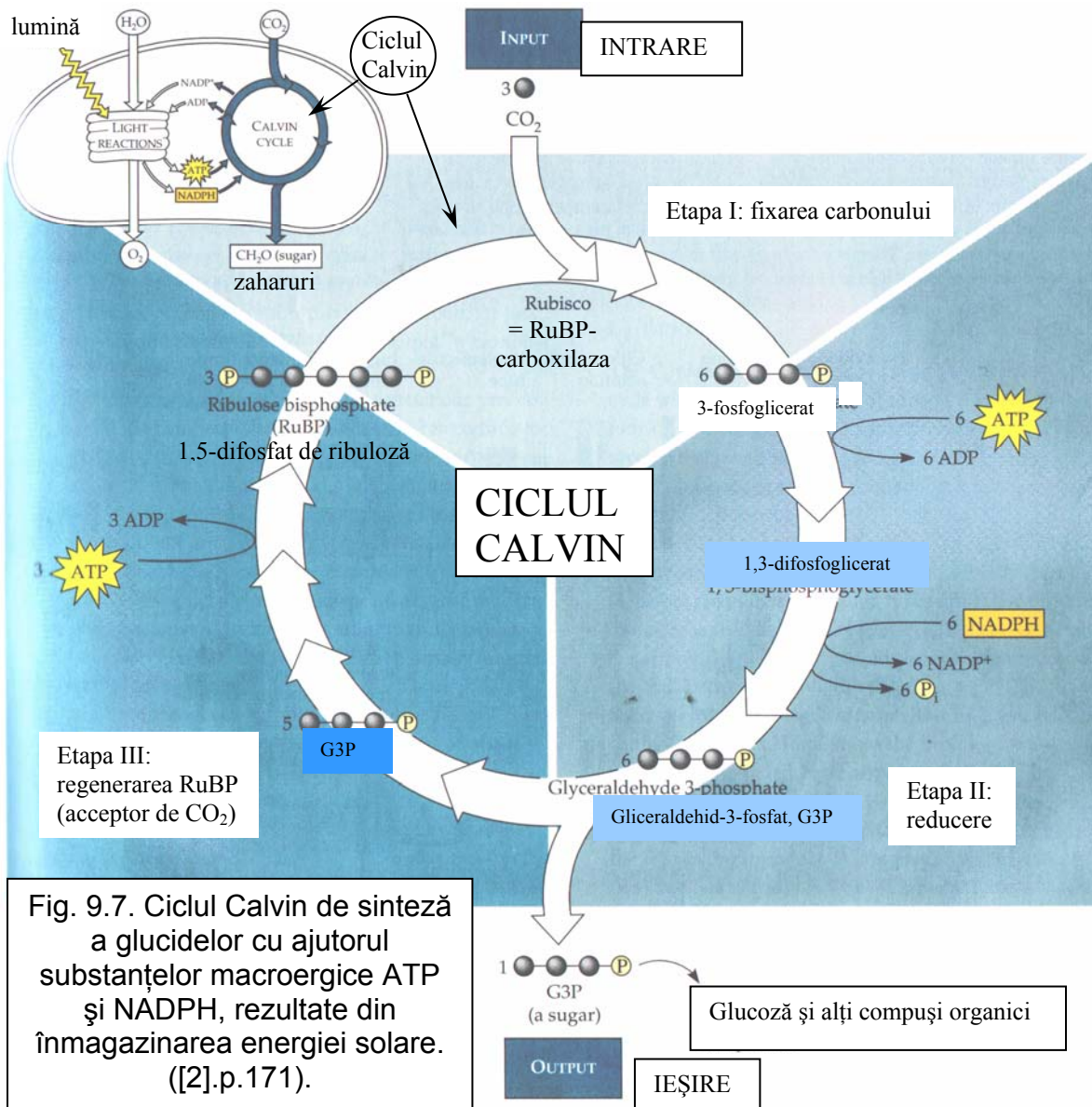
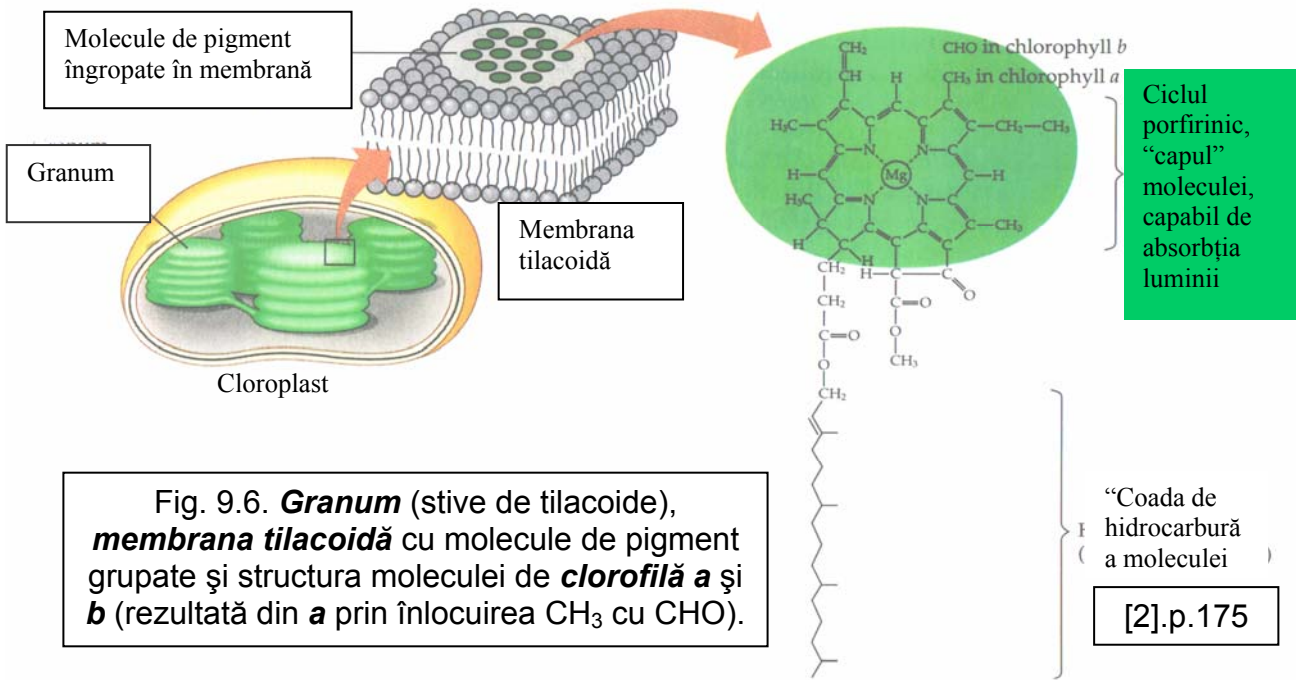
Compusul	Variația energiei libere kcal/mol
Acid adenozintrifosforic ( $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$ )	7,0
Acid adenozintrifosforic ( $\text{ATP} \rightarrow \text{AMP} + \text{P}_i - \text{P}_i$ )	8,6
Acid pirofosforic $\rightarrow 2\text{P}_i$	6,7
Fosfocreatină $\rightarrow$ Creatină + $\text{P}_i$	10,2
Acid fosfoenolpiruvic $\rightarrow$ Acid enolpiruvic + $\text{P}_i$	12,7
Acid 1,3 difosfoglicerit $\rightarrow$ Acid 3-fosfoglicerit + $\text{P}_i$	13,6
Acetilcoenzimă A $\rightarrow$ Acid acetic + CoA	8,2
Aminoacil-AMP $\rightarrow$ Aminoacid + AMP	7,0

Structura membranelor tilacoide și molecula de clorofilă sunt date în figura 9.6.

Al doilea proces important, după realizarea sintezei compușilor macroergici, este sinteza glucidelor, în particular a glucozei. Acest proces are loc în așa numitul **ciclu Calvin**. Acesta este redat schematic în figura 9.7.

Un rol important în acest proces îl joacă o cetoză din seria pentozelor, **ribuloza**. Se vede că pentru sinteza celei mai simple aldoze (gliceraldehida) sub formă de fosfat (G3P în figură) este nevoie de  $3+6=9$  molecule de ATP și încă 6 molecule de NADPH. Cum din seria proceselor fotochimice din figura 9.3 cele două substanțe macroergice rezultă în proporții egale, înseamnă că apare un exces de NADPH. Pentru a echilibra balanța, alături de procesul neciclic din dreapta figurii 9.3, mai funcționează unul ciclic, în care fotosistemul II este scurtcircuitat, energia înmagazinată în Fd (*ferredoxina*, o proteină conținând fier), se întoarce la complexul *citocrom*, pentru a furniza o moleculă de ATP (în loc de NADPH). În figura 9.3 s-a marcat acest lucru printr-o săgeată curbă. **Oxigenul** rezultat în urma fotosintezei *nu provine din*  $\text{CO}_2$ , cum s-a crezut mai demult, *ci din*  $\text{H}_2\text{O}$ .

Tot oxigenul din  $\text{CO}_2$  se regăsește în zaharurile sintetizate. Acest lucru a fost stabilit cu folosirea atomilor marcați, aici, a izotopului  $^{18}\text{O}$ .



În partea de sus a figurii este redată cuplarea prin intermediul ATP/ADP și NADPH/NADP<sup>+</sup> între reacțiile fotochimice care au loc în membranele tilacoide ale cloroplastelor și ciclul Calvin.

### 8.3. Rolul ecologic al plantelor

Rolul cel mai important al plantelor în ecologie îl constituie tocmai reducerea drastică a CO<sub>2</sub> și creșterea concentrației de O<sub>2</sub> în atmosferă, permițând apariția și dezvoltarea regnurilor superioare și creând condiții de viață pentru nenumărate specii din regnurile inferioare. Figura 9.8 ilustrează rolul plantelor care au apărut cu vreo 480 Ma în urmă, asupra scăderii concentrației de CO<sub>2</sub>. Se remarcă două scăderi puternice ale acestei concentrații, prima dată la apariția *primelor plante avasculare*, și apoi la apariția *plantelor vasculare*. În special pădurile, cu enorma lor producție primară, sunt cele care mențin scăzută concentrația CO<sub>2</sub> din atmosferă.

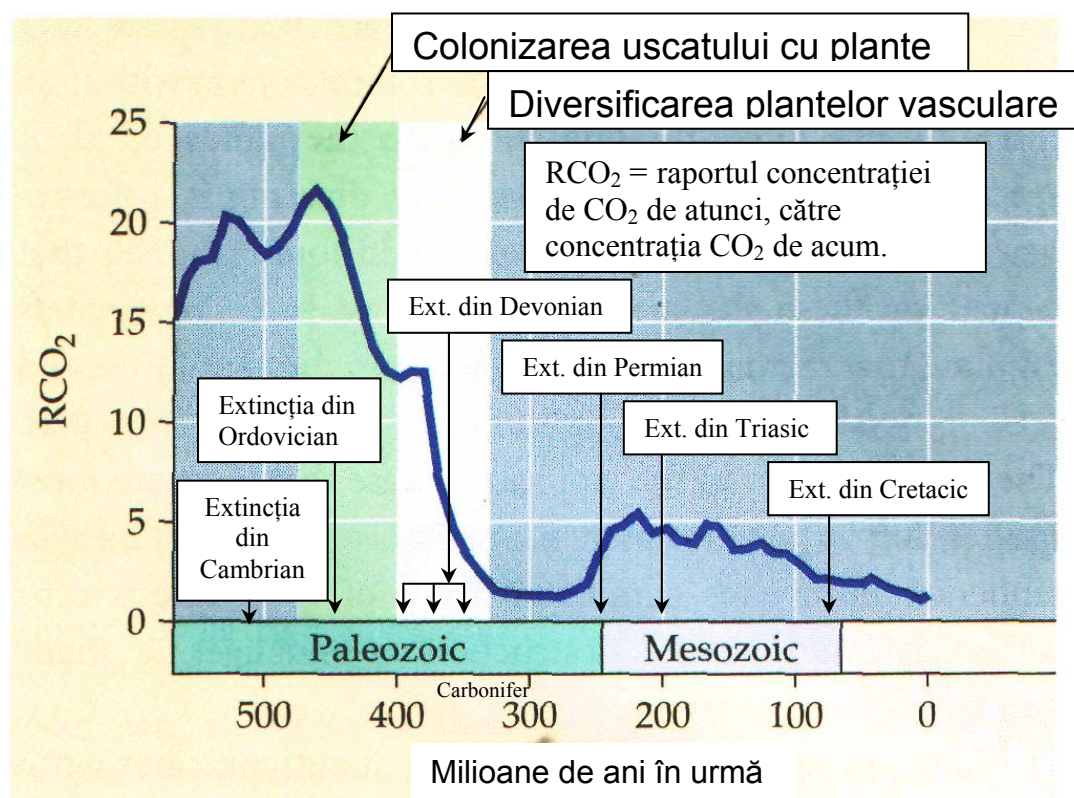


Fig. 9.8. Evoluția concentrației de CO<sub>2</sub> din atmosferă în ultimii 500 milioane de ani (de la apariția plantelor de uscat încoace).

Rolul plantelor în reducerea concentrației de CO<sub>2</sub> n-ar fi fost eficientă, dacă pădurile de **plante vasculare timpurii**: *licofite* (copaci uriași de 2m diametru și 40m înălțime), *sfenofite* (coada calului), *pterofite* (ferigi), care au populat pădurile din Carbonifer, nu ar fi depozitat carbonul sub forma zăcămintelor de cărbuni, împiedicând întoarcerea lui sub formă de dioxid de carbon în atmosferă, zăcăminte care de câteva secole contribuie esențial la acoperirea nevoilor energetice ale omenirii. Din păcate, tot carbonul depozitat în aceste zăcăminte de cărbune este pe cale de a se întoarce în atmosferă. Oare se va restabili până la urmă concentrația CO<sub>2</sub> din Paleozoic, de la începutul apariției plantelor ?

Cu cât biomasa de pe suprafața pământului este mai mare, și cu cât mai multă biomasă este izolată de atmosferă prin mișcări tectonice, cu atât mai puțin CO<sub>2</sub> revine în atmosferă.

Efectul defrișării pădurilor, mai ales al celor tropicale se traduce, printre altele, prin reducerea drastică a *producției primare*, așa cum se poate vedea din tabelul 9.2.

Tabelul 9.2. Producția primară a unor ecosisteme (7.p.123)

Ecosistemul	Producția primară netă	
Terestru	kg/m <sup>2</sup> /an	
• păduri tropicale umede	2,8	Se vede că terenurile cultivate au o producție primară de 56 de ori ai mică decât pădurile tropicale și de 20 de ori mai mică decât pădurile de foioase
• păduri de foioase	1,0	
• păduri boreale (de conifere)	0,65	
• pășuni	0,8	
• terenuri cultivate	0,05	
De apă dulce		
• bălți (mlaștini)	2,0	
• lacuri, râuri	0,5	
Marin		
• largul oceanului	0,13	
• zone cu curenți de convecție	0,5	
• platforma continentală	0,36	
• recifi	2,0	
• estuare	1,8	

Și în privința ratei de schimb cu mediul, pădurile ocupă un loc privilegiat, așa cum se poate vedea în tabelul 9.3.

Tabelul 9.3. Rate materiale de schimb ale pământului (7.p.121)

Felul schimbului	în 10 <sup>9</sup> tone/an	
Oxygen eliberat de plante	230	
din care: de păduri	130	
de suprafețe cultivate	45	
Bioxid de carbon consumat de biosferă	300	
din care: de păduri	170	circa 30 t/ha
de suprafețe cultivate	60	circa 5 t/ha
Bioxid de carbon eliminat prin arderi	25	
Producția de deșeuri organice	40	
Producția de biomasă	117	(58.10 <sup>9</sup> t carbon)
Prelevări de lemn (1982)	2,5	
din care pentru combustibil	1,4	
Producția de combustibili fosili	7,5	
din care: cărbune	3,9	
petrol	2,6	
gaze combustibile	1,0	

Se vede că defrișarea pădurilor și înlocuirea lor cu terenuri agricole duce la scăderea puternică a producției primare (de circa 9 ori), dar și a eliberării oxigenului și a consumului de CO<sub>2</sub> (de circa 3 ori). Dar poate mai important decât aceste fapte este distrugerea unui ecosistem complex, habitat pentru numeroase specii, care nu-și mai găsesc locul pe terenurile cultivate.

În sfârșit să nu uităm că plantele ne oferă, pe lângă principala bază de substanțe nutritive, numeroase materii prime: lemn, rășini pentru construcții, celuloză și lignină pentru hârtie, nenumărate plante medicinale din care se extrag substanțe medicamentoase. Acest din urmă sector este de-abia la începutul valorificării, și unii savanți se întrebă dacă nu cumva numeroase specii de plante, care ar putea furniza substanțe medicamentoase, vor dispărea chiar înainte de a le fi cercetat și a ne fi dat

seama de utilitatea lor. Și să nu uităm: toată aceasta bază de materie primă valoroasă este în principiu regenerabilă!

#### 9.4. Celula tipică de plantă

Figura 9.9 redă o celulă tipică de plantă, în care se disting, pe lângă organele obișnuite, **cloroplastele**, locul sintezei clorofilene, și **peretele celulei**, cu rezistență mecanică ridicată, pentru a păstra forma celulei și a da rezistență întregii plante. Pentru a putea comunica celulele între ele, peretele celular este prevăzut cu canale, numite **plasmodesmate**.

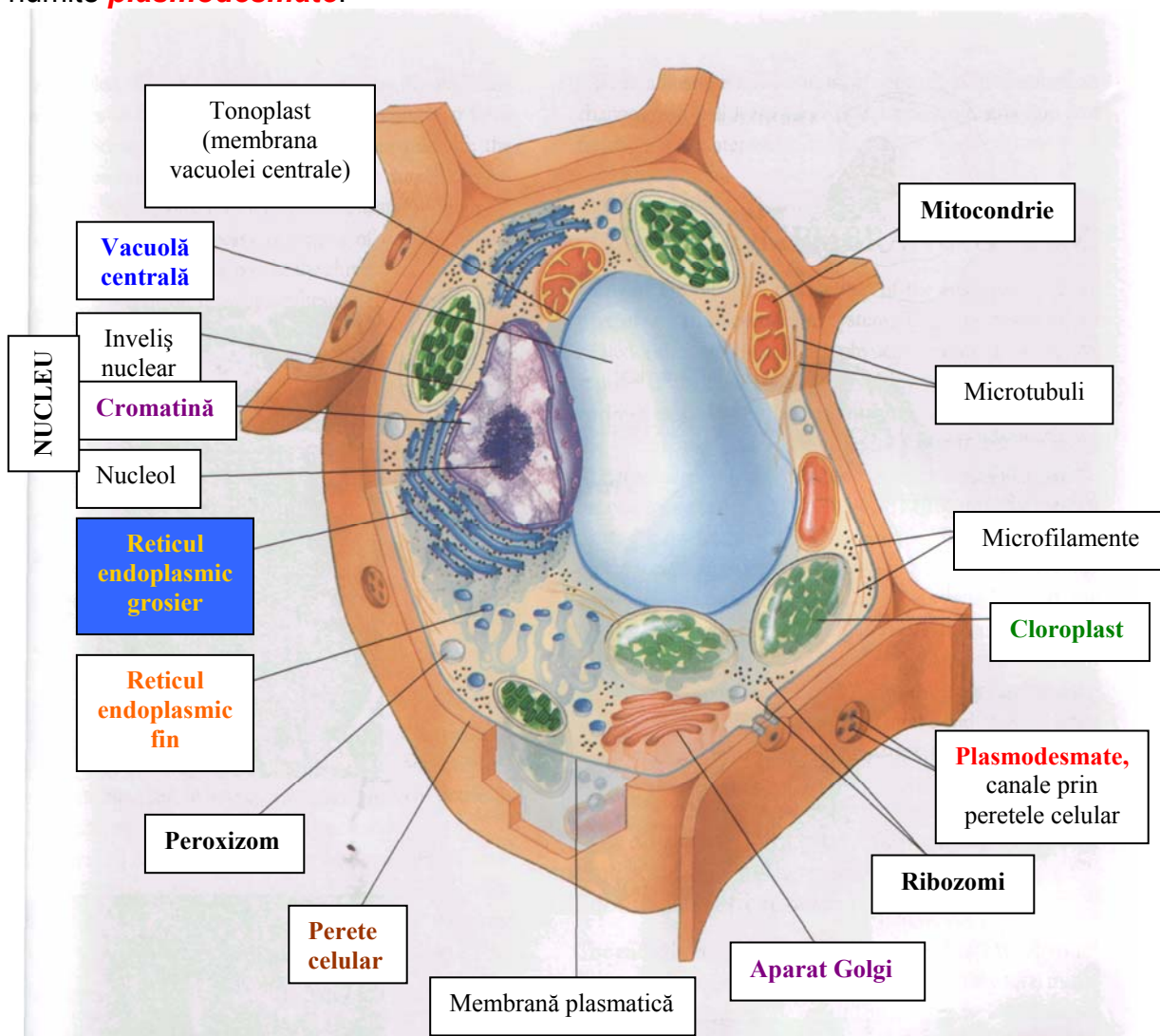


Fig. 9.9. Celulă vegetală tipică. Se remarcă **peretele celular rezistent mecanic** și **cloroplastele**, organele capabile de fotosinteză, componente esențiale ale celulei vegetale<sup>1</sup>.

Celula vegetală se mai caracterizează printr-o **vacuolă centrală** voluminoasă înconjurată de o membrană (tonoplast), care servește la depozitarea unor substanțe, de ex. a amidonului, pentru a le feri de mediul citoplasmatic. Se mai întâlnesc apoi practic toate organele pe care le are și celula animală: **aparat Golgi**, format din seturi de saci plați cu rolul de a sintetiza, purifica, depozita, sorta și secreta diferiți compuși chimici; **peroxizomi**, prevăzuți cu enzime cu ajutorul cărora pot cataliza diferite reacții specializate; **ribozomi**, specializați în sinteza proteinelor după codul

<sup>1</sup> Vezi și alte modele de celule vegetale și animale la [cellsalive.com](http://cellsalive.com)

ARN; **mitochondrii**, care asigură respirația celulară producând ATP pe seama oxidării nutrienților (cum ar fi glucoza); **reticulul endoplasmatic** (cel grosier) cu ribozomi atașați de labirintul de membrane care formează saci plați, în care **ribozomii** își varsă produșii de sinteză, și care mai are rol în asamblarea altor membrane din interiorul citoplasmei; în sfârșit, **nucleul**, depozitarul **cromatinei** (materialul genetic transformat în cromozomi în perioada reproducerii), înconjurat de un înveliș format dintr-o dublă membrană prevăzută cu pori, precum și a **nucleolului** (sau nucleolilor), fabrica de ARN, acid ribonucleic transmis apoi ribozomilor pentru a modela sinteza proteinelor. Mai există în citoplasmă și organite nemembranoase, și anume, **microtubulii** și **microfilamentele**, care au rol de a da o anumită consistență citoplasmei, formând o rețea, numită **citoschelet** ("scheletul" celulei).