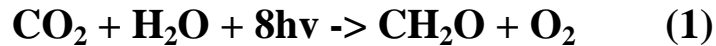


Fotosüntees Peatükk 2.

2.1. Fotosüntees keemilise reaktsioonina

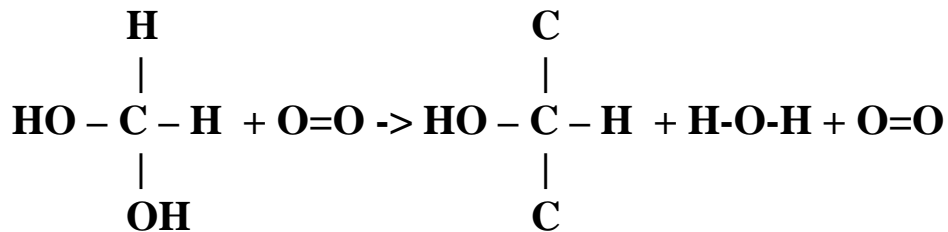
Fotobioloogilisi reaktsioone on mitmeid, kuid enamikus neist on valgus informatsioonikandja rollis. Energeetiline efekt on peamine ainult ühes – fotosünteesis, mille põhivalem on



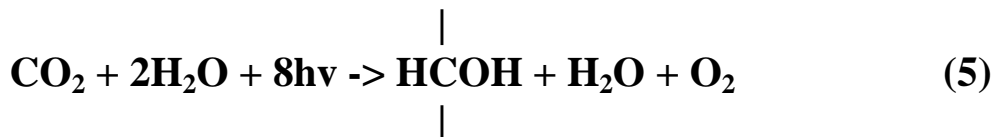
Fotosünteesi abil luuakse madala siseenergiaga H_2O ja CO_2 molekulidest uus elektronideprootonite kombinatsioon CH_2O , mille siseenergia (keemiline potentsiaal) on kõrgem kui algkomponentidel. Valem 1 on eksitav, näidates nagu eralduks O_2 CO_2 küljest. Kasutades ^{18}O isotoopi näidati juba 1940-ndatel, et O_2 eraldub veest, mitte CO_2 st, ja seega korrektsem kirjaviis on järgmine.



Aga ka see kirjaviis on eksitav, sest CH_2O liikmes ei ole valentsid tasakaalustatud. Struktuurivalemites oleks reaktsioon ligikaudu järgmine



Valemi 2 parempoolne osa on C-ühikute polümerisatsioonil toimuv vee eraldumine, milles energeetilist efekti praktiliselt ei ole. Seega, valemi (2) korrektsem kirjaviis oleks



CO_2 taandamiseks kasutatakse 4 elektroni energia, mis eralduvad veest (need on H^+ seose-elektronid, H^+ ise eraldub keskkonda) ja mille abil kahe kaksiksidemega CO_2 struktuur kujundatakse ümber nelja üksiksidemega struktuuriks. Tekkiva suhkru koosseisu jääb aga neljast elektronist kaks, kaks eralduvad uuesti veena, olles oma

energeetilise ülesande täitnud, aidanud kaasa C-C sidemete tekkele. Eralduva vee hapnik aga pärineb CO₂ koosseisust.

Piltlikult on elektronide orbitaalid HCOH + O₂ seisundis kokkuvõttes tuumadest kaugemal kui CO₂ + H₂O seisundis, potentsiaalide vahe on $-0.43 - (+0.82) = -1.25$ V.

Kuna see energia on umbes 50RT, siis soojusliikumise energia arvel suhkru süntees toimuda ei saa, vaid välise energia-allikana kasutatakse valguskvante.

2.2. Põhjused, miks fotosüntees on tegelikult keeruline

On aga rida keemilis-energeetilisi nõudeid, mille rahuldamine nõuab palju keerukama süsteemi loomist kui seda on ülalloodud keemilised võrrandid.

2.2.1. Näiteks, valgus ei neeldu otseselt ei H₂O-s ega CO₂-s, seetõttu kasutab loodus vahendajaid, pigmente, mis neelavad valgust ja annavad ergastunud elektroni edasi, nii et see lõpuks jõuab CO₂-le. Pigmentide (klorofüllid) suhteliselt väike neeldumisristlõige nõuab suure arvu pigmendimolekulide kasutamist, et kogu k' ttesaadav valgus neelduks. Valkstruktuur aga, mis elektroni edasi kannab, on liiga keeruline ja suur, et seda iga pigmendimolekuliga ühendada. Seetõttu on välja kujunenud keeruline antennisüsteem, kus klorofüllid vahetavad ergastusenergiat, kuni see jõuab ühele neist, millega on ühendatud elektroni ülekandesüsteem.

2.2.2. Teiseks, vee lagundamisel tuleb vältida atomaarse O eksisteerimist vaheproduktina, mistõttu ühekorraga peab lõhutama kaks vee molekuli, et lagunemisel eralduks otsekohe O₂.

2.2.3. Lõpuks, suhkru tekke reaktsioon on kirjutatud lihtsustatult, ainult ühe C kohta 6C suhkruks. Seda reaktsiooni ei saa aga teostada ühe CO₂ kaupa, sest ühend CH₄O₂ ei ole stabiilne, vaid polümeerisatsioon 6(CH₂O) kujule toimub otsekohe reaktsiooni käigus.

2.2.4. Valguskvantide energia on keemilises mastaabis väga suur, nii et ergastusseisudes on elektronid võimelised kontrollimatult naasema hapnikule, tekitades selle aktiivvorme. Nende vältimiseks on vajalikud kontrollmehhanismid, mis ei luba elektrone kaua viibida kõrge energiaga vahe seisundites.

Nendel ja veel teistelgi põhjustel on fotosünteesi reaktsioonide tegelik mehhanism väga keeruline. Enne, kui mehhanismi vaatlema hakkame, vaatame, kus fotosüntees tegelikult toimub.

2.3. Leht, kloroplastid, tülakoidid

1. Fotosüntees toimub taimelehes. Taimleht on fotosünteesiks sobiva ehitusega:

- a) suure pindalaga valguse püüdmiseks
- b) õhuke ja seest poorne CO₂ ja O₂ kiireks difusiooniks
- c) õhulõhed reguleerivad vee aurumist ja CO₂ sisenemist
- d) juhtsooned transpordivad vett juurde ja suhkrulahust välja

2. Süsihappegaas pääseb lehte difusiooni teel läbi õhulõhede, mille avatus on reguleeritav taime poolt sõltuvalt vee kättesaadavusest. Iga sissedifundeerunud CO₂ molekuli eest tuleb "tasuda" 100-200 vee

molekuliga, mis lehest välja difundeeruvad. Veedefitsiidi korral õhulõhed sulguvad ja fotosünteesis tekib CO₂ defitsiit. **Õhulõhede sulgemine kaitseb taime veekaotuse eest, kuid samal ajal takistab fotosünteesi.**

3. Kuna Ficki seadus difusiooni kohta on sarnane Ohmi seadusega elektrivoolu kohta, siis võib CO₂ difusiooni vaadelda ekvivalentse elektriskeemina. CO₂ liikumise teel on järgmised difusioonitaksitused lehe pinnakiht (r_a), õhulõhed (r_s), rakuvaheruumid (r_i), raku vedel faas: raku sein, membraan, kloroplasti strooma (r_{md}). Ka CO₂ neeldumist karboksülaasil võib vaadelda takistuse läbimisenä (r_c). Rakukesta pinnal CO₂ lahustub vees ja jätkab difusiooni dedelikus. Samaaegselt CO₂ neeldumisega Rubisco aktiivsaidis toimub CO₂ eraldumine mitokondrite hingamises.

4. Fotosüntees toimub kloroplastides, mis täiskasvanud raku on tihedasti vastu raku välis-seina surutud, et lühendada CO₂ difusiooni teed ja seega vähendada r_{md} takistust

5. Kloroplastis on keerukas membraansüsteem - tülakoidid , tülakoidide vahel on strooma. Valguse neeldumine, vee lagundamine ja elektronide ülekanne toimuvad membraanide sees, elektronide vastuvõtja NADPH ja

ATP sünteesitakse stroomas membraanide pinnal.

6. Valgusenergiat kasutavad fotosüsteemid ja ATP sünteesi ensüümid on membraanide pinnal elektronmikroskoobiga vaadeldavad, nende molekulaarstruktuur on praeguseks teada.

7. Tülakoidi membraansüsteem moodustab sisemise ruumiosa, -luumeni - mis on stroomast membraaniga eraldatud. Luumeni ja strooma vahel tekib H⁺ kontsentratsiooni elektrokeemiline gradient, mis energiseerib ATP sünteesi

8. Tülakoidi membraanides asuvad valgust neelavad fotosüsteemid I ja II (PSI ja PSII) ja nendevahelised elektronikandjad plastokinoon, tsütokroom b6f, plastotsüaniin, samuti ka NADP reduktaas ja ATP süntaas. CO₂ sidumise ja taandamise reaktsioonid aga toimuvad tülakoidide vahel asuvas stroomas.