

Havsväxters finurliga kolupptag

Foto: Biogeo & Forststyrelsen, Finland

Ålgräset är en marint tillbakagångsväxt som har återutvecklat havsväxters finurliga sätt att ta upp koldioxid från ett koldioxidfattigt havsvatten.

För mycket länge sedan uppstod en sorts bakterielliknande organismer i havet. De hade förmågan att fånga solljus, och kunde använda sig av den energin för att växa och leva. Ur dessa har sedan flercelliga alger uppstått och så småningom uppkom också växter som lyckades kolonisera land. Men historien tar inte slut där. Några av de landlevande fröväxterna vandrade tillbaka till havet. De kallas marina angiospermer och är blommande fröväxter som lever under havsytan.

Den marina fröväxten ålgräs, *Zostera marina*, är idag en mycket viktig art i kustnära områden i Sverige och på hela den norra delen av halvklotet. Ålgräs bildar stora sjögräsängar som fungerar som hem och skydd för många olika alger, smådjur och fiskyngel.

Ängar på tillbakagång

Om man sätter på sig cyklop och simfenor och ger sig ut och spanar, så kan man hitta ålgräsängar på många håll längs våra kuster. De finns både i riktigt grunda områden och ner till fem-sex meter eller ibland ännu djupare. Förr växte ålgräset djupare ner, men dessa undervattensängar är nu på tillbakagång. En förklaring kan vara att vattnet har blivit grumligare på grund av övergödning och tillväxt av plankton. Ålgräset behöver fånga solljus för att kunna

växa och överleva, precis som alla andra växtplankton, alger och landväxter.

Solljuset ger den energi som krävs för att samla in kol och bygga ihop det till stora kolhydratmolekyler som behövs till cellernas alla byggstenar. Kolet måste vara i form av koldioxid för att växterna ska kunna ta till vara det. På land finns det gott om koldioxid i luften som lätt kommer in i växternas blad, och vidare in till cellernas kloroplaster. Problemet för havsväxter är att det nästan inte finns någon koldioxid i havsvatten. Däremot finns det gott om bikarbonat.

Finurligt kolupptag

Det har visat sig att algerna i havet är mycket uppfinningsrika. Genom att sänka pH vid cellmembranet omvandlas bikarbonat av sig själv till koldioxid. På så sätt kan kol tas tillvara ur havet. Förmågan att ta upp bikarbonat behövdes inte för växter på land, så därför har landväxterna med tiden förlorat denna förmåga.

Vår forskning har gått ut på att ta reda på mer om hur fotosyntesen är kopplad till kolupptaget hos stora havslevande alger och hos fröväxten ålgräs. Ålgräset har, trots sin historia som landlevande växt, åter utvecklat förmågan att ta tillvara på bikarbonat, på ett liknande sätt som alger gör.

KLOROPLASTER FÅNGAR LJUSET

I växtceller finns kloroplaster där fotosyntesen sker. Den till synes enkla formeln:
solenergi + vatten (H_2O) + koldioxid (CO_2) \Rightarrow
 \Rightarrow kolhydrater (CH_2O) + syrgas (O_2)
är uppdelad i två steg.

I det första steget fångas solenergi som används till att dra loss elektroner från vattenmolekyler. Då klyvs vattnet och bildar syreatomer och väteprotoner. Elektroner och protoner leds vidare i en serie reaktioner som i slutändan resulterar i kemiskt bunden energi i form av energimolekyler. Syreatomerna är en biprodukt som inte används mer i detta sammanhang. De slår ihop sig två och två, försvinner ut och bildar den syrgas som finns i luften som vi andas varje dag.

I det andra steget används energimolekylerna till att bygga ihop koldioxid till stora kolhydratmolekyler i en serie reaktioner som kallas Calvin-cykeln. Dessa kolhydrater utgör basen i växternas byggstenar och fungerar också som energikälla i mitokondrien. Om inte kloroplasterna får tillräckligt med koldioxid stannar hela fotosyntesen upp.

Hos ålgräs tas bikarbonatet upp vid cellmembranen som är i kontakt med havsvattnet. Detta sker troligen genom s.k. protonpumpar. Antingen pumpas bikarbonatet aktivt in i cellen eller så omvandlas det redan vid protonpumparna till koldioxid genom den sura miljön som bildas där. Sedan kan koldioxiden förflyttas vidare genom cellen till kloroplasterna genom den skillnad i koncentrationsgradient som uppstår.

Vår forskning visar att det dröjer några minuter innan kloroplasterna kommer igång ordentligt med fotosyntesen då man tillför ljus till ålgräs som hållits i mörker. Det beror på att det tar en stund för ålgräset att få igång det nödvändiga kolupptaget.

Energikrävande process

Protonpumparna drivs med energimolekyler. Dessa molekyler skapas både i kloroplaster och i mitokondrier. För att ta reda på varifrån de kommer gjorde vi ett experiment där vi stoppade mitokondriernas arbete med att

MITOKONDRIER - CELLERNAS KRAFTSTATIONER

Mitokondrier finns i alla celler hos både växter och djur. Där omvandlas redan bunden energi till de mycket användbara energimolekyler som används som energikälla i de flesta processer i cellen. Människor och djur har bara mitokondrier och måste äta mat för att få bränsle till mitokondrierna. Hos växter däremot pågår ett samspel mellan kloroplasterna, där fotosyntesen sker och kolhydraterna tillverkas, och mitokondrierna, där den lagrade energin i kolhydraterna åter kan omvandlas till energimolekyler.

PROTONPUMPAR GÖR SKILLNAD

Protonpumpar är en särskild sorts proteiner som kan flytta protoner igenom cellens olika membran. När de elektriskt laddade protonerna flyttas bildas en skillnad i både pH och laddning som kan utnyttjas i olika sammanhang. Exempelvis orsakar ett lågt pH en jämviktsreaktion som omvandlar bikarbonat (HCO_3^-) till koldioxid (CO_2).

göra energimolekyler. Då tog ålgräsets celler upp mycket mindre bikarbonat, och fotosyntesen blev mycket lägre. Genom att tillsätta koldioxid kunde fotosyntesen komma igång igen. Förmågan att omvandla bikarbonat till koldioxid hade alltså förlorats då mitokondrierna sattes ur spel. Dessutom visade experimentet tydligt att när det finns tillräckligt med ljus så är det förmågan att ta upp kol som begränsar fotosyntesen hos ålgräset.

Spännande spekulationer

Resultaten leder till en del spännande frågor och spekulationer. Nu när människan tillför allt mer koldioxid till atmosfären, så kommer troligen också allt mer koldioxid att lösas i havet. Eftersom koldioxid dessutom sänker pH i vattnet, leder det till att en större del av bikarbonaten omvandlas till koldioxid. Vad kommer det att få för effekt för ålgräsets del?

Kommer mer koldioxid att mest gynna plankton som växer i vattnet ovanför sjögräsängarna? Alltså släppa igenom ännu mindre ljus till ålgräset. Eller kommer ålgräset att behöva mindre ljus för kolupptaget och istället få mer energi över för tillväxt? Det ger i så fall allt fler av de vackra sjögräsängarna och allt djupare ner. Vilket det blir får framtiden utvisa!



Foto: Lemnart Axelsson

Vid Kristinebergs Marina Forskningsstation finns utrustning för att mäta fotosyntes, och i omgivningarna finns även fina ålgräsängar.

TEXT Herman Carr, Botaniska institutionen, Stockholms universitet

TEL 08-16 38 46

E-POST herman.carr@botan.su.se