



Waarom zijn planten groen?

Bron:

University of California - Riverside

Overzicht:

Wanneer zonlicht dat op een blad schijnt snel verandert, moeten planten zichzelf beschermen tegen de plotselinge plotselinge golf van zonne-energie. Om deze veranderingen het hoofd te bieden, hebben fotosynthetische organismen tal van tactieken ontwikkeld. Wetenschappers zijn er echter niet in geslaagd het onderliggende ontwerpprincipe te identificeren. Een natuurkundige heeft nu een model geconstrueerd dat een algemeen kenmerk van fotosynthetische lichtoogst reproduceert, waargenomen bij veel fotosynthetische organismen.

HELE VERHAAL

Wanneer zonlicht dat op een blad schijnt snel verandert, moeten planten zichzelf beschermen tegen de plotselinge plotselinge golf van zonne-energie. Om deze veranderingen het hoofd te bieden, hebben fotosynthetische organismen - van planten tot bacteriën - tal van tactieken ontwikkeld. Wetenschappers zijn er echter niet in geslaagd het onderliggende ontwerpprincipe te identificeren.

Een internationaal team van wetenschappers, geleid door natuurkundige Nathaniel M. Gabor van de University of California, Riverside, heeft nu een model geconstrueerd dat een algemeen kenmerk van fotosynthetische lichtoogst reproduceert, waargenomen bij veel fotosynthetische organismen.

Licht oogsten is het verzamelen van zonne-energie door eiwitgebonden chlorofylmoleculen. Bij fotosynthese - het proces waarbij groene planten en sommige andere

organismen zonlicht gebruiken om voedsel te synthetiseren uit kooldioxide en water - begint het oogsten van lichtenergie met absorptie door zonlicht.

Het model van de onderzoekers ontleent ideeën aan de wetenschap van complexe netwerken, een studiegebied dat de efficiënte werking in mobiele netwerken, hersenen en het elektriciteitsnet onderzoekt. Het model beschrijft een eenvoudig netwerk dat in staat is om licht van twee verschillende kleuren in te voeren, maar toch een constante snelheid van zonne-energie afgeeft. Deze ongebruikelijke keuze uit slechts twee inputs heeft opmerkelijke gevolgen.

"Ons model laat zien dat door alleen zeer specifieke lichtkleuren te absorberen, fotosynthetische organismen zichzelf automatisch kunnen beschermen tegen plotselinge veranderingen - of 'ruis' - in zonne-energie, wat resulteert in een opmerkelijk efficiënte energieomzetting", zegt Gabor, universitair hoofddocent bij natuurkunde en astronomie, die de studie leidde die vandaag in het tijdschrift Science verschijnt. "Groene planten lijken groen en paarse bacteriën lijken paars omdat alleen specifieke delen van het spectrum waaruit ze absorberen geschikt zijn voor bescherming tegen snel veranderende zonne-energie."

Gabor begon meer dan tien jaar geleden voor het eerst na te denken over fotosyntheseonderzoek, toen hij promoveerde aan de Cornell University. Hij vroeg zich af waarom planten groen licht, het meest intense zonnelicht, afwezen. Door de jaren heen werkte hij samen met natuurkundigen en biologen over de hele wereld om meer te leren over statistische methoden en de kwantumbiologie van fotosynthese.

Richard Cogdell, een botanicus aan de Universiteit van Glasgow in het Verenigd Koninkrijk en medeauteur van het onderzoekspaper, moedigde Gabor aan om het model uit te breiden met een breder scala aan fotosynthetische organismen die groeien in omgevingen waar het invallende zonnespectrum heel anders is.

"Op opwindende wijze konden we aantonen dat het model naast groene planten ook in andere fotosynthetische organismen werkte en dat het model een algemene en fundamentele eigenschap van fotosynthetische lichttoegst identificeerde", zei hij. "Onze studie laat zien hoe, door te kiezen waar je zonne-energie absorbeert in relatie tot het invallende zonnespectrum, je het geluid aan de output kunt minimaliseren - informatie die kan worden gebruikt om de prestaties van zonnecellen te verbeteren."

Coauteur Rienk van Grondelle, een invloedrijke experimentele natuurkundige aan de Vrije Universiteit Amsterdam in Nederland die werkt aan de primaire fysische processen van fotosynthese, zei dat het team de absorptiespectra van bepaalde fotosynthetische systemen bepaalde spectrale excitatiegebieden heeft geselecteerd die het geluid opheffen en de energie maximaliseren opgeslagen.

"Dit zeer eenvoudige ontwerpprincipe zou ook kunnen worden toegepast bij het ontwerpen van door mensen gemaakte zonnecellen", zegt van Grondelle, die ruime ervaring heeft met het oogsten van fotosynthetisch licht.

Gabor legde uit dat planten en andere fotosynthetische organismen een grote verscheidenheid aan tactieken hebben om schade door overmatige blootstelling aan de zon te voorkomen, variërend van moleculaire mechanismen voor het vrijkomen van energie tot fysieke beweging van het blad om de zon te volgen. Planten hebben zelfs een effectieve bescherming tegen UV-licht ontwikkeld, net als bij zonnebrandcrème.

"In het complexe proces van fotosynthese is het duidelijk dat het beschermen van het organisme tegen overmatige blootstelling de drijvende factor is bij succesvolle

energieproductie, en dit is de inspiratie die we hebben gebruikt om ons model te ontwikkelen", zei hij. "Ons model bevat relatief eenvoudige fysica, maar het komt overeen met een groot aantal observaties in de biologie. Dit is opmerkelijk zeldzaam. Als ons model voortdurende experimenten aankan, vinden we mogelijk nog meer overeenstemming tussen theorie en observaties, wat een rijk inzicht geeft in de innerlijke werking van de natuur. '

Om het model te construeren, pasten Gabor en zijn collega's eenvoudige fysica van netwerken toe op de complexe details van de biologie, en konden ze duidelijke, kwantitatieve en generieke uitspraken doen over zeer diverse fotosynthetische organismen.

"Ons model is de eerste hypothese-gedreven verklaring waarom planten groen zijn, en we geven een stappenplan om het model te testen door middel van meer gedetailleerde experimenten," zei Gabor.

Fotosynthese kan worden gezien als een gootsteen, voegde Gabor eraan toe, waar een kraan water naar binnen laat stromen en een afvoer het water naar buiten laat stromen. Als de stroom in de gootsteen veel groter is dan de uitgaande stroom, loopt de gootsteen over en stroomt het water over de vloer.

"Bij fotosynthese, als de stroom van zonne-energie naar het lichtoogstnetwerk aanzienlijk groter is dan de stroom die naar buiten stroomt, moet het fotosynthetische netwerk zich aanpassen om de plotselinge overstroom van energie te verminderen," zei hij. "Als het netwerk deze fluctuaties niet kan opvangen, probeert het organisme de extra energie te verdrijven. Daarbij ondergaat het organisme oxidatieve stress, die cellen beschadigt."

De onderzoekers waren verrast door hoe algemeen en eenvoudig hun model is.

'De natuur zal je altijd verrassen,' zei Gabor. "Iets dat zo gecompliceerd en complex lijkt, zou kunnen werken op basis van een paar basisregels. We hebben het model toegepast op organismen in verschillende fotosynthetische niches en blijven nauwkeurige absorptiespectra reproduceren. In de biologie zijn er uitzonderingen op elke regel, zo erg zelfs dat het vinden van een regel is meestal erg moeilijk. Verrassend genoeg lijken we een van de regels van het fotosynthetisch leven te hebben gevonden. "

Gabor merkte op dat het fotosynthese-onderzoek de afgelopen decennia vooral gericht was op de structuur en functie van de microscopische componenten van het fotosyntheseproces.

'Biologen weten heel goed dat biologische systemen over het algemeen niet goed zijn afgestemd, aangezien organismen weinig controle hebben over hun externe omstandigheden', zei hij. "Deze tegenstelling is tot dusver niet aangepakt omdat er geen model bestaat dat microscopische processen verbindt met macroscopische eigenschappen. Ons werk is het eerste kwantitatieve fysische model dat deze tegenstelling aanpakt."

Vervolgens zullen de onderzoekers, ondersteund door verschillende recente subsidies, een nieuwe microscopietechniek ontwerpen om hun ideeën te testen en de technologie van fotobiologische experimenten te bevorderen met behulp van kwantumoptica-instrumenten.

'Er is veel te begrijpen over de natuur, en het ziet er alleen maar mooier uit als we haar mysteries ontrafelen', zei Gabor.

Tijdschriftreferentie :

1. Trevor B. Arp et al. **Door een lawaaierige antenne tot zwijgen te brengen, worden fotosynthetische lichtopwekkende spectra gereproduceerd** . Wetenschap, 2020
DOI: 10.1126 / science.aba6630