

Planten - dynamischer dan je denkt

Lijkt de binnenkant van een plantencel meer op een vloeistof of op een vaste stof? Onderzoekers hebben laten zien dat het allebei kan, afhankelijk van hoeveel licht je erop schijnt. Chloroplasten in plantencellen vormen een actieve materie met dramatische faseovergangen.



Afbeelding 1. Glasachtig en reactief. Een door AI gegenereerde artistieke weergave van een glasachtig plantenblad. Afbeelding van Nico Schramma (UvA), gemaakt met DALL·E 2 (OpenAI).

De vraag hoe planten hun omgeving aanvoelen en daarop reageren heeft wetenschappers en filosofen al sinds de oudheid gefascineerd. Meer dan twee millennia geleden schreef Plato in zijn *Timaeus* dat planten een “ziel” hebben die “sensatie, plezier, pijn en verlangen” ervaart, maar zonder “oordeel en intelligentie”.

Bewegen of niet bewegen

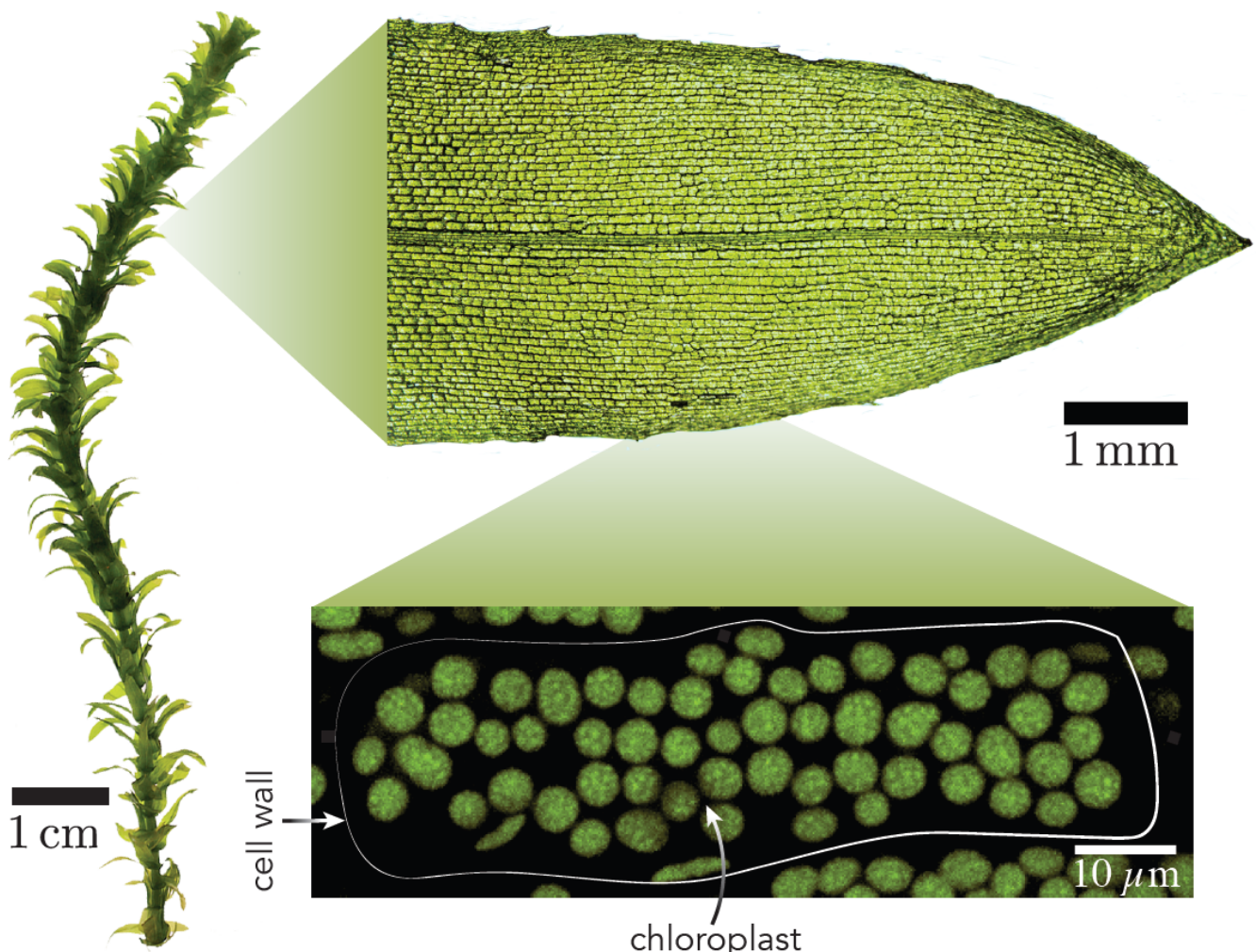
Hoewel moderne wetenschappers het grotendeels eens zullen zijn met deze poëtisch uitgedrukte beoordeling, zullen ze het niet eens zijn met Plato's vervolgvklaring dat planten

“verstoken zijn van de kracht van zelfbeweging”; geworteld zijn betekent namelijk niet dat planten zich niet kunnen bewegen. Denk bijvoorbeeld aan jonge zonnebloemen die dagelijks het pad van de zon volgen, of huiskamerplanten die in de richting van een zonnig raam groeien.

Op een veel kortere tijdschaal bewegen *chloroplasten* in plantencellen als reactie op een verandering in lichtintensiteit. Chloroplasten zijn de groene onderdelen van plantencellen die fotosynthese uitvoeren, het proces dat zonlicht omzet in chemische energie. Ze gebruiken eiwitten in hun membranen om zich binnen het cytoplasma te verplaatsen.

Als er weinig licht is, zullen chloroplasten zich verspreiden om zoveel mogelijk licht op te vangen. Overmatige blootstelling aan fel licht zal ze echter beschadigen, iets wat ze vermijden met snelle ontsnappingsbewegingen. Zo maximaliseren chloroplasten hun fotosynthetische prestaties terwijl ze eventuele fotoschade minimaliseren.

Elodea densa



Afbeelding 2. Elodea densa. Elodea densa is een waterplant. De bladeren krijgen hun groene kleur door de chloroplasten in iedere plantencel. Afbeelding door Nico Schramma (UvA).

Glasachtig gedrag

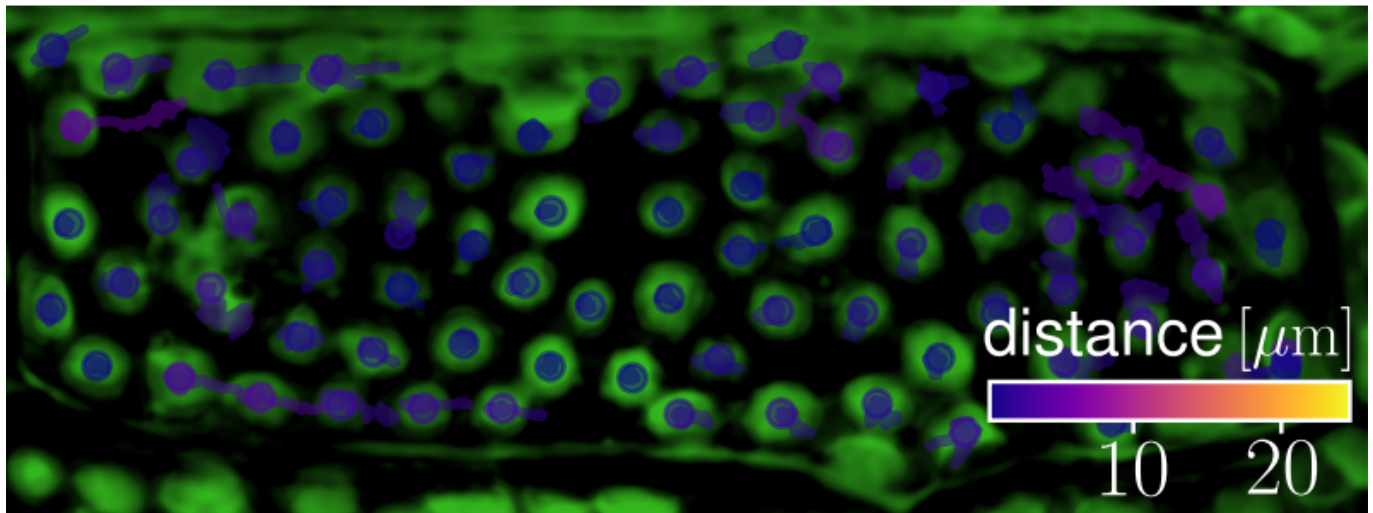
Ondanks decennia aan onderzoek naar deze intracellulaire beweging zijn er nog veel open vragen over hoe chloroplasten zich samen organiseren. Nico Schramma, Cintia Perugachi Israëls en Maziyar Jalaal, van de Universiteit van Amsterdam, besloten dit gedrag te onderzoeken vanuit een natuurkundig oogpunt.

“Ons onderzoek laat zien dat chloroplasten zich bij weinig licht organiseren als een enkele laag met glasachtige kenmerken. Dit legt een verrassende connectie bloot tussen dit biologische systeem en het rijke onderzoeksgebied van de glasfysica”, legt Schramma uit. Glas is meer dan alleen een raammateriaal; het is een fase van materie, een vaste stof die bestaat uit deeltjes die dicht opeengepakt maar niet netjes gerangschikt zijn.

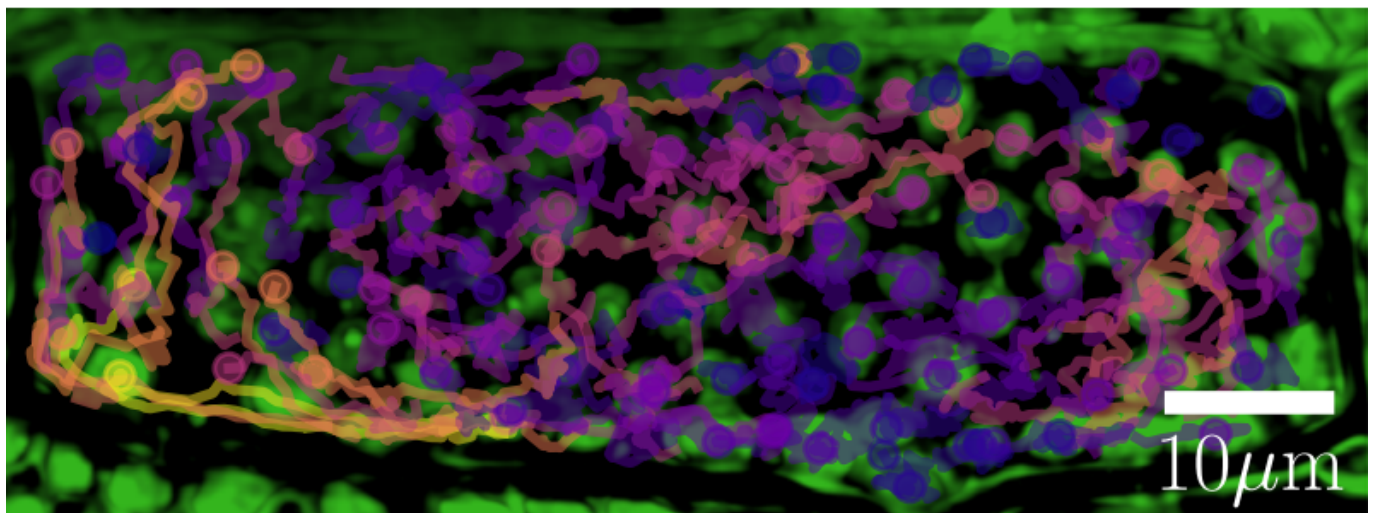
In tegenstelling tot eenvoudige, levenloze atomen, kunnen chloroplasten energie gebruiken om hun eigen beweging te genereren. Bovendien worden chloroplasten beïnvloed door, en interageren ze met, hun unieke intracellulaire omgeving. Dit maakt deze glasachtige fase een interessante nieuwe vorm van ‘actieve’ materie.

Het vormen van een glasachtige toestand zorgt ervoor dat er zoveel mogelijk licht wordt opgevangen, omdat de chloroplasten ideaal gepositioneerd zijn. Bij blootstelling aan fel licht ‘smelt’ deze toestand vlug tot een vloeistof waarin chloroplasten snel bewegen.

dim red light



bright white light



Afbeelding 3. Chloroplasten. Deze afbeeldingen tonen chloroplasten in een *Elodea densa*-plant (groen), met daaroverheen weergegeven hoe die zich gedurende twintig minuten hebben bewogen. De kleur van het bewegingsspoor geeft de afgelegde afstand aan, zoals aangegeven met de kleurenbalk aan de rechter kant. Onder zwak rood licht (boven) zitten de chloroplasten vast in een glasachtige toestand. Onder helder wit licht (onder) komen ze in een vloeibare toestand waarin ze juist veel bewegen. Afbeelding door Nico Schramma (UvA).

Dicht bij een overgang

Door de licht-afhankelijke bewegingen van chloroplasten in *Elodea densa*-planten te volgen

en analyseren, en die te vergelijken met een nieuw ontwikkeld wiskundig model, ontdekten de onderzoekers dat de chloroplasten zo zijn ‘afgesteld’ dat ze dicht bij de overgang tussen een glasachtige en vloeibare toestand zijn.

Een duidelijk teken van de nabijheid van deze overgang is dat zelfs in de glasachtige toestand bij weinig licht niet alle chloroplasten stilzitten. Af en toe breekt een chloroplast plotseling los uit zijn positie en passeert verschillende andere voordat hij weer vast komt te zitten. In sommige gevallen stimuleert die uitbarsting van beweging een reeks gecoördineerde bewegingen in nabijgelegen chloroplasten.

“Door dicht bij een glasovergang te zijn, kunnen chloroplasten snel overschakelen naar een vloeibare fase voor een efficiënte lichtvermijdingsbeweging”, concludeert Schramma. Naast hun biologische relevantie vormen de lichtafhankelijke dynamische fasen van de chloroplasten in *Elodea densa* een intrigerend modelsysteem voor toekomstig onderzoek naar dichte actieve en levende materie.

Publicatie

Nico Schramma, Cintia Perugachi Israëls en Mazyar Jalaal, [Chloroplasts in plant cells show active glassy behavior under low light conditions](#). PNAS **120** volume 3 (2023) e2216497120.