

‘We willen waterstofgas met kooldioxide omzetten in vloeibare brandstof’



ONDERZOEK NAAR FOTOSYNTHESE GAAT VRUCHTEN AFWERPEN

Planten nabootsen

Planten zijn meesters in het gebruik van zonlicht. Daarmee zetten ze water en kooldioxide om in suikers en zuurstof. Wageningse onderzoekers kunnen dit proces nabootsen en verbeteren. Zo willen ze biobrandstoffen maken en beter groeiende gewassen.

TEKST MARIANNE HESELMANS ILLUSTRATIE IEN VAN LAANEN INFOGRAPHIC JORRIS VERBOON

De boterhammen bij het ontbijt, de melk, de thee, de lakens op het bed, het plastic tasje dat mee gaat naar de supermarkt. Allemaal is het te danken aan planten en vooral aan de fotosynthese, waardoor planten met hulp van zonlicht water en kooldioxide omzetten in suiker en zuurstof. Jarenlang hebben biofysici dit proces bestudeerd. Nu wordt de vergaarde kennis gebruikt om planten te verbeteren, of om het proces te imiteren voor het verkrijgen van biobrandstoffen. ‘Kijk, hier heb je een kunstmatig blad, waarin we het fotosyntheseprocess nabootsen’, zegt René Klein Lankhorst op zijn kamer bij Wageningen Plant Research. Hij toont een foto van een prototype, gebouwd door de Universiteit Leiden. We zien een zwarte zonnecel in een aluminium frame van zo’n twintig bij twintig centimeter. In dit ‘blad’, waarin behalve een zonnecel ook twee katalysatoren zitten, wordt met behulp van zonlicht water gesplitst in zuurstof en waterstofgas. Ongeveer zoals dat ook bij de fotosynthese in een echt blad gebeurt. Klein Lankhorst: ‘Het waterstofgas willen we samen met kooldioxide omzetten in een vloeibare brandstof als methanol of mierenzuur.’

Schone brandstoffen maken van zonlicht en water; het lijkt te mooi om waar te zijn. Toch bewijst dit eerste kunstmatig blad, hoe primitief ook, dat het kan. Het is een van de resultaten van BioSolar Cells, waarvan Klein

Lankhorst algemeen directeur was. In dit programma van 42 miljoen euro werkten vijf jaar lang tien kennisinstellingen en zo’n veertig bedrijven ideeën uit om het fotosyntheseprocess nuttig te gebruiken.

LASTIG OP TE SLAAN

Gebruikmaken van zonne-energie is natuurlijk niet nieuw. We produceren elektriciteit met zonnepanelen en plaatsen zonnecollectoren die zorgen voor warm water. Uniek aan de kunstmatige bladeren is dat, met zonlicht als energiebron, waterstofgas wordt geproduceerd. Waterstofgas kan als schone energiebron dienen, bijvoorbeeld om auto’s op te laten rijden. ‘Maar omdat een gas lastig is op te slaan’, vertelt Klein Lankhorst, ‘hebben we in Wageningen gekeken hoe we waterstofgas en kooldioxidegas kunnen omzetten in een vloeibare biobrandstof als methanol of mierenzuur.’ Op zo’n biobrandstof kan een auto rijden. Of de industrie gebruikt de vloeistof als basis voor plastic of een andere kunststof. Voor vervolgonderzoek naar de omzetting van waterstofgas en kooldioxidegas in vloeibare brandstof, zoeken de onderzoekers nog aanvullende financiering. De afdeling Bioscience van Wageningen Plant Research heeft twee enzymen gevonden die in het laboratorium die omzetting van waterstof en kooldioxide naar methanol kunnen bewerkstelligen. Samen met een industriële >

‘Misschien hebben we pigmenten nodig uit de rode lak van Ferrari’

partner zijn de Wageningers die laboratoriumopstelling nu aan het koppelen aan het eerste kunstmatige blad. Klein Lankhorst: ‘Daarbij lopen we tegen nieuwe problemen op. Bijvoorbeeld hoe we de methanol moeten scheiden van de rest van het mengsel.’

Het idee van de partners in BioSolar Cells is dat er over zo’n dertig jaar in Nederland vele vierkante kilometers kunstmatige bladeren liggen, al of niet verbonden aan de omzetting tot een vloeibare biobrandstof. Daartoe moeten de kunstmatige bladeren nog wel een stuk efficiënter worden. Het prototype zet nu 1 à 2 procent van de zonne-energie om in de energie die waterstofgas biedt, terwijl het theoretisch maximum 40 tot 50 procent is.

SILICIUM VERVANGEN

Cruciaal voor hogere efficiëntie zijn pigmenten. In het prototype van het kunstmatige blad zit een conventionele zonnecel van silicium die de zonne-energie omzet in lading. Maar die zonnecel functioneert matig, en moet daarom uiteindelijk worden vervangen door efficiënter werkende pigmenten. Pigmenten vangen in planten de zonne-energie op. Vervolgens geven ze die energie aan elkaar door tot in een reactiecentrum. Daar wordt de energie omgezet in een positieve en negatieve lading die gebruikt wordt voor de splitsing van water in zuurstof en waterstofgas.

De vervanging van silicium door pigmenten is niet eenvoudig, want de meeste pigmenten zijn gevoelig voor overbelichting; ze gaan dan gemakkelijk kapot. In de plant gaan ze maar twintig minuten mee. Daar is dat geen probleem want deze pigmenten worden snel weer vervangen. Een kunstmatig blad moet echter bij voorkeur een levensduur hebben van vijf à tien jaar. ‘Misschien hebben we pigmenten nodig die zijn gebaseerd op de rode lak van Ferrari’, oppert Klein Lankhorst. ‘Die behoren tot de meest stabiele kleurstoffen die we kennen.’ De technische universiteiten van Delft en Twente proberen die Ferrari-moleculen nu uit.

VERBRANDING VOORKOMEN

Naast de zonnecel zitten in het kunstmatige blad ook twee typen katalysatoren: een is nodig voor de splitsing van water in zuurstof en positief geladen waterstof; de andere is voor de omzetting van waterstof in waterstofgas. Die moleculen moeten zo worden gesitueerd dat waterstofgas en zuurstofgas niet in het zelfde compartiment belanden en daar dan een gevaarlijke verbran-

dingsreactie aan gaan, waarbij veel warmte vrij zou komen. Onderzoekers bekijken daarom hoe in plantencellen de katalysatoren en pigmenten zijn gerangschikt. Ook moet het kunstmatige blad nog goedkoper worden. De katalysatoren in het prototype bevatten edelmetalen als platina en iridium. Die moeten, net als bij planten, goedkopere metaaldeeltjes gaan bevatten als ijzer, mangaan, calcium en magnesium. Maar die worden door een zure of juist basische omgeving makkelijk aangetast. Ook hier kan de natuur wellicht uitsluitel bieden. In planten liggen de metaaldeeltjes op zo’n manier ingebed in het eiwit dat ze beschermd zijn tegen een te hoge of te lage zuurgraad.

Volgens Klein Lankhorst kost het kunstmatige blad nu nog een paar duizend euro per vierkante meter. ‘Ruw geschat moet de prijs een factor duizend tot tienduizend naar beneden voor een commerciële toepassing. Dat is vrij normaal bij dit soort ontwikkelingen. Momenteel kijken we al voorzichtig naar bijvoorbeeld 3D-printing om de kostprijs omlaag te krijgen.’

In een vervolgproject, waarover momenteel wordt onderhandeld, willen de bij Biosolar Cells betrokken universiteiten en bedrijven een tweede prototype van het kunstmatige blad bouwen van honderd vierkante meter. De deelnemende groepen kunnen dan op twee schalen hun ideeën voor pigmenten, katalysatoren of enzymen uitproberen. Stap voor stap komen de teams zo dicht bij het ideaal van goedkope, efficiënte, kunstmatige bladeren.

GENEN KENNEN

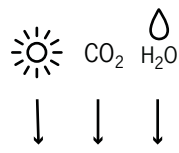
Er zijn meer resultaten van het programma BioSolar Cells. Wageningse genetici hebben in het genoom van de zandraket (*Arabidopsis*), een bekend proefplantje, enkele tientallen plaatsen gevonden waar genen liggen die zijn betrokken bij de fotosynthese. Tien genen zijn zelfs al precies gelokaliseerd. ‘Als we de genen kennen, kunnen veredelaars gericht op efficiëntere fotosynthese selecteren’, vertelt de Wageningse geneticus Mark Aarts van Wageningen Plant Research.

Voor het onderzoek gebruikte Aarts de zogenoemde Phenovator, die hij ontwikkelde met zijn collega, tuinbouwkundige Jeremy Harbinson. Met deze beeldanalyserobot is voor het eerst te achterhalen welke genen zijn betrokken bij de fotosynthese-efficiëntie.

Door een luikje in een klimaatkamer met *Arabidopsis*-plantjes laat Aarts zien hoe de Phenovator werkt. Een camera beweegt zich snel van plant naar plant, waarbij

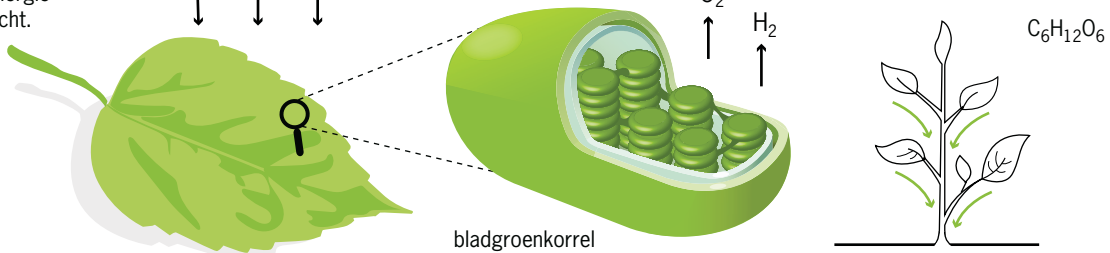
NATUURLIJK BLAD

1 Bladgroenpigmenten halen energie uit zonlicht.



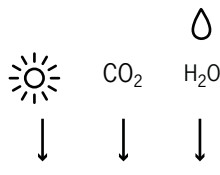
2 Die energie wordt gebruikt om water te splitsen in zuurstof en waterstofgas.

3 Waterstofgas wordt met CO₂ omgezet in suikers, die dienen als energie voor de plant.



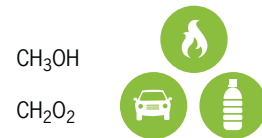
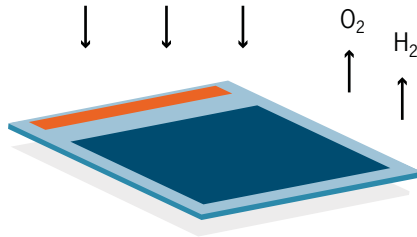
KUNSTMATIG BLAD

1 Een zonnecel haalt energie uit zonlicht.



2 Met behulp van katalysatoren wordt water gesplitst in zuurstof en waterstofgas.

3 Enzymen zetten waterstofgas met kooldioxide om in methanol of mierenzuur, die kunnen dienen als energiebron of grondstof voor kunststoffen.



hij telkens 15 seconden stilstaat voor een serie snelle pulsen met ultrarood licht. Daarna wordt de fluorescentie gemeten. Dat is het door planten weerkaatste licht met net even een andere golflengte dan het licht dat erop viel (iets roder). Hoe efficiënter de fotosynthese werkt, hoe minder de fluorescentie.

De onderzoekers vonden de fotosynthese-genen door de planten te laten groeien onder een bepaalde stressfactor, bijvoorbeeld ineens meer licht of minder stikstof. De ene plant gaat dan sterker achteruit, of herstelt zich langzamer dan de andere, te meten met de Phenovator. Door het DNA van alle planten te vergelijken met hun aanpassingsvermogen konden de onderzoekers de genen vinden die de fotosynthese-efficiëntie beïnvloeden. Klein Lankhorst heeft met collega's een voorstel geschreven om op Europese schaal – met 48 kennisinstellingen uit 17 landen – planten te ontwikkelen die efficiënter zijn in hun fotosynthese. Daarmee zou de opbrengst van gewassen aanzienlijk omhoog kunnen gaan. 'Nu is de fotosynthese-efficiëntie van gewassen zo'n halve procent', zegt René Klein Lankhorst. 'We willen toe naar 1 à 2 procent.' ■

www.biosolarcells.nl

Wilt u meer weten over, of bijdragen aan dit onderzoek naar duurzame energiebronnen, kijk dan op de website: www.wur.nl/ufw/liquidsunlight

PIGMENTEN HOUDEN ORDE

Wageningse biofysici ontdekten dat pigmenten in de natuur vaak geordender opereren dan gedacht. Zo blijken bij verschillende fotosynthetische bacteriën de clusters van pigmenten die licht absorberen op dezelfde, geordende manier te werken.

De pigmenten vertonen allemaal een geleidelijke kleurverandering richting het centrum van de clusters, waar uiteindelijk lading vrijkomt voor de splitsing van water. 'Je kunt in een kunstmatig blad dus wel allerlei pigmenten op een hoop gooien, maar wellicht werkt een ordening beter', zegt Herbert van Amerongen, hoogleraar Biofysica in Wageningen. Ook blijkt dat bladeren aan de onderkant anderhalf keer meer pigmenten per cluster bevatten dan aan de bovenkant, waar meer licht op valt. De plant compenseert dus weinig licht met een grotere opvangcapaciteit. 'Wij bestuderen hoe het licht verdeeld wordt over de pigmenten', vertelt Van Amerongen. Hij ontwikkelde met zijn groep meettechnieken die hij kan inzetten om de efficiëntie van (kunstmatige) bladeren te bepalen. De groep laat pulsen licht van enkele femtoseconden (10⁻¹⁵) op een blad vallen. Vervolgens meten de onderzoekers het uitgezonden fluorescentielicht en hoe dat verandert. Daaraan lezen ze bijvoorbeeld af hoe efficiënt die energie-overdracht tussen pigmenten verloopt als er te veel of juist te weinig licht op het blad valt.