

Planten zijn technologisch uitdagend (1)

Planten hebben de mensen geïnspireerd door hun schoonheid en vorm, maar zijn nog zeer onderbelicht gebleven voor het ten nutte brengen in de technologie. Natuurlijk zijn er zeker voorbeelden te noemen van het gebruik van planten in de maaktechnologie, zoals o.a. vezel versterkte composieten, vlas, hennep en sisal, het maken van zeilen, tuigage en het breeuwen van de schepen met manillahennep (*Musa textilis*) of het vervaardigen van papier.

Het gebruik van planten voor medicijnen, verfstoffen, looien en cosmetica zijn eveneens bekende toepassingen. In de moderne tijd worden planten meer en meer gebruikt als leveranciers voor biobrandstoffen. Naast suikerriet, bieten, koolzaad, zien we ook meer exotische gewassen, zoals *Jatropha* soorten, opgang maken. Ook nieuw is het gebruik van planten in zeer eigentijdse problemen, zoals bijvoorbeeld de bestrijding van overgewicht met *Hoodia curori*, een succulente plant uit Namibië en noordwestelijk Zuid Afrika of iets heel anders: een rits gebaseerd op de vruchthaken van de grote klis, *Arctium lappa*, een uitvinding van de Zwitserse ingenieur George de

Mestral. Later is dit verbeterd door David Letterman en in 1984 gepopulariseerd met de introductie van de Velcro 'ritssluiting'.

Deze bijdrage neemt u mee naar een nieuwe wereld van toepassingen en innovaties met planten, dat wij ook wel aanduiden met bionics of biomimetica. In de Botanische Tuin TU Delft worden planten gehouden om hun nuttige eigenschappen voor de mens en industrie. Wij zien planten als een onderdeel voor vernuftige vindingen en ontwerpen in de technologie. Natuur en planten in het bijzonder zijn zonder twijfel de beste voorbeelden voor uitvindingen en ontwerpen voor diverse toepassingen. Daarbij wordt

in de biomimetica de nadruk gelegd op de interdisciplinaire vakgebieden van biologie, architectuur, chemie, natuurkunde, wiskunde en engineering wetenschappen. Als basisprincipe gelden de ideeën uit de natuur en de daaruit ontwikkelde oplossing voor problemen in de industrie of voor de mens, welke vanzelfsprekend over miljoenen jaren van evolutie beproefd zijn in dezelfde natuur. In de biomimetica gaat het niet altijd om letterlijk kopiëren van de natuur, maar gaat het vooral om begrip te krijgen van de biologische principes en deze te gebruiken als stimulus voor innovaties. Daarnaast geldt tevens dat veel van deze natuur geïnspireerde innovaties

Het resultaat van pulserend melken. De *Taxus*naalden sproeien en de taxol en taxotere secundaire metabolieten worden als cirkels opgevangen op een plaat, die positief is geladen met 10kVolt

Foto: Bob Ursem.

corresponderen met het principe van duurzaamheid en economie, met een minimum behoefte aan energie, maximale benutting van bronnen en een totale recycling van afval.

Historische achtergrond

In de Botanische Tuin TU Delft is sinds 2001 een nieuwe richting gegeven aan de biomimetica als onderdeel van de Afdeling Biotechnologie van de Faculteit Technische Natuurwetenschappen. De Botanische Tuin TU Delft, die tot die tijd beter bekend stond onder de oude naam 'Cultuurtuin voor Technische Gewassen Delft', was sinds haar oprichting in 1917 door Prof. Van Itterson jr. een zuiver technische botanische tuin. Er werden uitsluitend planten gekweekt en gehouden voor technisch gebruik in de industrie, zoals harsen, latex (en in ge vulkaniseerde vorm: rubber), gommen, vezels, hout en secundaire plantstoffen (inuline als basis voor polymeren, codeïne in de chemie etc.). Traditiegetrouw kwamen in die tijd veel producten uit Indonesië die nieuw waren voor de toepassing in de industrie. Vanuit de toenmalige Cultuurtuin in Delft zijn het Rubber In-



stituut, Gist Brocades (later onderdeel van DSM), de Gist en Spiritus Fabriek Delft, de lijmfabriek Delft en vele andere bedrijven voortgekomen. Tot rond 1960 lag de focus van het onderzoek nog sterk op de planten en de toepassing. In de jaren '60 ontstond een sterke ontwikkeling in de microbiologie en het synthetiseren van deze producten, zodat de primaire bron, de planten, in ongebruik raakten. Uiteindelijk besloot de Technische Universiteit Delft om de afdeling technische botanie te sluiten en de gedroogde collecties en verzamelde naturalia en materialen over te doen aan het Herbarium in Leiden. Thans zijn nog steeds vier grote ruimten, naast het geïntegreerde

herbarium van de Cultuurtuin, in het Nationaal Herbarium gevuld met alle technische producten uit Delft.

Nieuw leven ingeblazen

In 2001 werd het biomimetisch onderzoek nieuw leven ingeblazen. Er bestond al belangstelling vanuit Chemie voor de winning van stoffen en het gebruik van verdoovende middelen voor de anesthesie. Lopend onderzoek van de winning van taxol via electrospray technologie door Dr. Jan Marijnissen was net aangetoond, maar nog niet breed toegepast op alle *taxus*- of *venijn*bomen en andere soorten. Dit werd sinds 2001 met diverse studenten verder onderzocht en thans hebben we een goed

beeld van alle mogelijke leveranciers van taxol en taxotere stoffen en bijbehorende soorten. Zelfs de recent ontdekte *Wollemia Den*, *Wollemia nobilis*, uit New South Wales, Australië, blijkt taxol te bevatten. Hoe gaat deze techniek in zijn werk?

Een *Taxus* staat als plant geworteld in de grond en is dus in zijn geheel elektrisch geaard. Als er dicht bij de naalden een stuk aluminiumfolie, een metalen plaat of een gaas wordt gebracht, die geladen wordt met ongeveer 10.000 – 15.000 Volt en een stroomsterkte van enkele microAmpères, reageren de naalden van de taxus door extreem te gaan evaporeren tot gutteren. Het vocht uit deze verdamping en vloeïng van water met opgeloste secundaire plantenstoffen stroomt vervolgens langs het oppervlak van de naald en zal op elk topje van een naald een druppel vormen. Deze druppel wordt in het aangelegde elektrische veld, tussen de geaarde naald en de geladen plaat, tot een puntige kegelvorm getrokken. Op de top van deze kegelvormige

druppel breekt het vocht op in zeer kleine druppels, die negatief geladen zijn. Deze negatief geladen druppels worden vervolgens in het aangelegde elektrische veld getrokken naar de geladen plaat. Zodra deze druppels de plaat raken worden deze ontladen en wordt de elektrische kracht omgezet in een Van der Waals hechttingsbinding en dus zitten de druppels met de opgeloste secundaire plantenstoffen vast aan de plaat. Het water verdampt en in het geval van de elektrisch gemolken *Taxus* blijft de secundaire plantenstof, ofwel taxol en taxotere stoffen, op de plaat achter. Na meerdere sproeien of pulserend oogsten ontstaan er overal op de plaat witte punten en cirkelvormige neerslag van taxol en taxotere stoffen. Deze kunnen er van af gewonnen worden en daarna eenvoudig omgezet worden tot het werkbare medicijn tegen baarmoeder-, eierstok- en borsttumoren. Taxol of taxotere stoffen van de *Taxus* is een medicijn dat de celdeling van de tumorcellen verhindert zodat deze in re-

gressie gaat. Op dit moment is er een handheld systeem ontwikkeld, maar robotisering is voor de toekomst verwacht.

Lichttechnologie

Planten geïnspireerde toepassingen zijn ook ontwikkeld op het gebied van lichttechnologie. Hiervan twee inspirerende voorbeelden. Ten eerste is dat de groeiverlichting van planten en met name commerciële gewassen ofwel C4-planten. Samen met het bedrijf LemnisLighting is een lichtstelsel getest en verbeterd op basis van een Light Emitting Diode. De LED is gemaakt door LemnisLighting en in zo'n golfteengebied dat er rood en blauw licht geproduceerd wordt in de piekgebieden van de fotosynthese van C4-planten. Daardoor krijgt de kasverlichting een roze gloed, maar alle geproduceerde licht wordt dan ook vervolgens optimaal benut voor de plantengroei en -ontwikkeling. Bijkomend voordeel is het extreem lage energieverbruik en een halvering van de waterbehoefte van planten. Normale groeilampen zijn al gauw 420 Watt, terwijl de LED in totaal vijf stuks per unit niet meer dan 20 Watt energie gebruiken. Omdat normale groeilampen enorm

Duidelijk is te zien de roze gloed van de LED's, bestaande uit gecombineerde blauwe en rode LED's per unit.

Foto: Bob Ursem



De Bergden (*Pinus mugo* subsp. *mugo*)

Foto: Bob Ursem

veel warmte ontwikkelen, is daardoor de temperatuur onder lampen en vlak boven de planten zeer hoog. Hierdoor verdampen planten continu zodra er belicht wordt, terwijl LED's bekend staan om hun zeer geringe warmteontwikkeling en daarmee ook nauwelijks invloed uitoefenen op de natuurlijke verdamping van planten.

Biologisch UV-filter

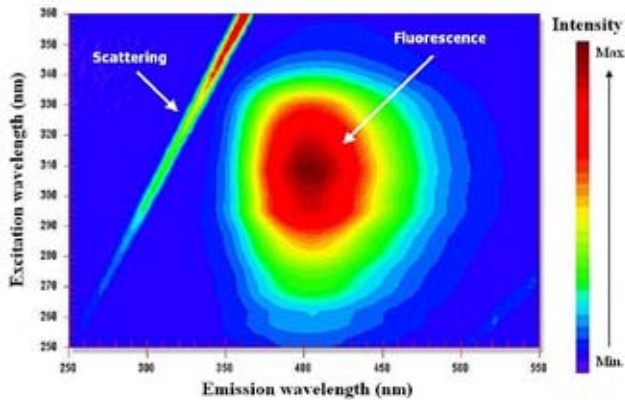
Een andere ontwikkeling op het terrein van licht is het nieuwe biologische UV filter. Deze ontdekking is gedaan in het hooggebergte van de Alpen bij de Bergden, *Pinus mugo* subsp. *mugo*. Deze den groeit in de zogenaamde kromhoutzone, ofwel dicht onder de eeuwige sneeuwgrens. Het is ook een van de hoogst groeiende houtsoorten in de bergen. Bijzonder is dat de meeste hoogteplanten aanpassingen hebben tegen de extreem geëxponeerde groeiposities, zoals een hoge UV bestraling, extreme temperatuurverschillen en windeffecten met bijvoorbeeld dikke vlezige bladen, dichte of wollige beharing, schubben en/of een dikke waslaag (grijs blad). De Bergden heeft juist niets van al deze beschermingsvormen en bezit een relatief extreem dunne waslaag. Dit trok mijn aandacht. Te meer omdat juist in de winter op zeer geëx-



poneerde plaatsen de planten zelf nauwelijks bedekt zijn door sneeuw, maar wel volledig omringd zijn door een sneeuwdek. Reflectie- of albedo-effecten zorgen voor een zeer grote lichtweerskaatsing op het sneeuwdek en dus een hoge dosis UV licht (licht lager dan 300 nanometer). Door de grote hoogte is de lucht bovendien ijl en dus de doorlaatbaarheid van direct UV licht bijzonder groot. De dosis UV straling kan hierdoor gemakkelijk 8x hoger zijn dan in het laagland. Iedereen weet dat UV licht schadelijk is voor biologisch leven, zelfs zo erg dat UV licht voldoende is om steriele kasten in laboratoria te vrijwaren voor bacteriën en virussen. Toch kan de Bergden deze extreme klimaateffecten en hoge dosis UV licht gemakkelijk overleven.

Eerst is een analyse gemaakt van de oppervlaktestructuur van de naalden, maar dat le-

verde geen bijzondere schubben of structuren op. Dus moest het antwoord op de bescherming van UV licht gezocht worden in de waslaag. Onder de waslaag liggen immers levende epidermis(huid) cellen. De stoffen zijn geanalyseerd en zorgen voor een fluorescentie effect. Namelijk UV licht wordt geabsorbeerd en vervolgens in aangeslagen toestand in het molecuul opgevangen en daarna in getransformeerde vorm geëmitteerd. De getransformeerde vorm is dan minder energierijk en dus verschuift het golflengtespectrum van het UV licht gebied naar het blauwe gebied van rond de 420 nanometer bij emissie. De stoffen in de waslaag zetten dus permanent UV licht om in onschadelijk blauw licht en zijn translucet. De ontdekking van dit fenomeen was nieuw in de biologie van hogere planten en leverde in 2004 de sensortechnologie



Spectrale verschuiving door fluorescentie van de waspigmenten van Bergden in de Alpen. Rood, hoge intensiteit, verdwijnt geheel uit het UV-gebied en wordt vervolgens zichtbaar in 420-425 nanometer gebied, het blauwe lichtspectrum. De Bergden uit Bot. Tuin TU Delft vertoont geen spectrale verschuiving, dus alleen een rechte lijn van inkomend en uitgaand licht.

Beeld: Bob Ursem

jaarprijs op. Thans zijn de stoffen geïsoleerd en worden de stoffen ter productie via genetische modificatie in cellen ingebouwd. De toepassingen in de industrie en voor de mens zijn zeer groot en veelbelovend. We hoeven maar te denken aan zonnepanelen die niet alleen in rendement beter presteren (het UV gebied wordt ook omgezet in bruikbaar energetisch licht), maar ook nimmer meer kunnen verouderen door de invloed van UV.

Satellieten zijn juist door het uitvallen van de energiepanelen thans ruimteschroot en door het nieuwe bio UV filter duurzaam! Verf, bitumen in asfalt, rubber, latex en nog veel meer, verouderen niet meer door UV lichtbeschadiging. Plastics onder UV licht harden niet meer en worden niet meer bros en breekbaar. En zo zijn er in totaal moeiteloos 15 takken van de industrie te benoemen. Ook direct voor de mens is het van grote betekenis. Denk maar aan zonnebrandcrème of haarkleurmiddelen en

cosmetica. De huidige zonnebrandcrème is gebaseerd op een chemische splitsing onder invloed van UV licht van een phenolische groep met chemische binding van een metaal. Onder invloed van UV licht wordt dit metaal afgesplitst en geeft bescherming. Zodra alle stof gesplitst is, werkt de zonnebrandcrème niet meer en moet men zich nu nog opnieuw insmeren. Bij het nieuwe bio UV filter is dat eenmalig per dag, tenzij men een douche neemt uiteraard!

Een volgende bijdrage zal u meenemen naar nog meer mogelijkheden van technologische toepassingen van planten voor de mens en in de industrie. Planten zijn technologisch uitdagend!

Literatuur

- Taxus melken: www.agrarischmanifest.nl/.../TU+Delft,+Zo+kan+het+echter+ook+/weblogs.vpro.nl/labyrint/2010/06/.../groen-goudde-sprekers/
- LED technologie in glastuinbouw: R. Koornstra (2009). *Wat LED je?* Uitg. Nieuw Amsterdam, Amsterdam (192 pp).
- Bergden nieuw bio UV filter: J.F. Jacobs, G.J.M. Koper and W.N.J. Ursem (2008). UV protective coatings: A botanical approach. *Progress in Organic Coatings*, 57: 166 – 171.
- M. van Zundert (2009). Zonnebrandcrème. *Chemische Feitelijkheden*, 257.