

Planten zijn technologisch uitdagend (2)

In mijn vorige bijdrage (AV-2 2011, p. 18-22) over dit onderwerp konden we al kennis maken met elektrische fenomenen van planten. Hoe planten op elektrische velden reageren door secundaire metabolieten uit te scheiden en zodoende bijvoorbeeld taxol en taxotere stoffen uit de *Taxus* (Venijnboom) te produceren voor de geneeskunde.

Elektrische velden en ladingen

Een heel andere biomimetische vinding uit de natuur is het fenomeen van elektrische velden en ladingen bij planten. Bekend is dat een klein plantje uit het hooggebergte kussenvormig groeit en dat deze genetisch gezien zelfde plant in het laagland een geheel ander groeipatroon geeft. Het prachtige kussenvormige 'Alpenplantje' wordt plotse-ling in uw tuin een weelderig groeiend kruid. Hoe kan dat? Men heeft nooit geweten dat dit te maken heeft met elektriciteit. In het hooggebergte zijn de elektrische velden veel groter dan in het laagland. Metingen van twee Zwitserse wetenschappers Elster en Geitel hebben hadden al in 1900 aangetoond dat

in het hooggebergte van de Alpen er veel meer positieve ladingen in de lucht aanwezig zijn dan in het laagland en dat het elektrische veld en de lading ook hoger zijn. Veldlijnen zullen altijd vanuit het hoogste punt zich gelijk-lijk bolvormig willen richten. Groeit een jong plantje in het hooggebergte, dan ondervindt het onmiddellijk een sterk bolvormig georiënteerd veld om zich heen. De verdamping is sterk gerelateerd aan de sterkte van het veld, zoals ook al blijkt uit mijn eerder genoemde experiment met het elektrisch melken van taxol en taxotere stoffen uit de *Taxus*. Een plant groeit altijd loodrecht op de veldlijnen en in het geval van een jonge plant zijn die veldlijnen bolvormig. Dus blijft er

voor ons kleine hooggebergte plantje niets anders over dan dit patroon te volgen en dus wordt zo'n vorm automatisch kussenvormig. Ook in laaglandvegetaties kunnen we dit fenomeen enigszins waarnemen. Denk maar aan een natuurlijke overgang van een open veld in successie tot een bos. Eerst is het open met bolvormige, kussenvormige struiken, dan oplopend struweel tot een bos. Exact conform de elektrische veldlijnen en veld georiënteerde groei. Of kijk naar een vrijstaande boomgroep.

Deze is ook altijd rond of bolvormig om dezelfde redenen. Het is dus overal waarneembaar.

Nu het fenomeen. Wandelend in de duinen van Voorne zag

ik boven een struweel van Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*), fijne zichtbare stofdeeltjes in de zon omhoog gaan, terwijl de windrichting vanuit zee de zout- en kleine zand- en stofdeeltjes gelijkelijk er omheen mee voerde. Dus werden de fijne stofdeeltjes boven en door de struiken en struwelen van de Duindoorn enigszins gelift. Onmiddellijk moest ik denken aan mijn waarnemingen uit het hooggebergte. Het stof wordt geladen door de wrijving en dus per definitie negatief opgeladen op dat moment. De struiken van de Duindoorn zijn gedoornsd aan het uiteinden van de vertakkingen en vormen dus scherpe

negatief geladen punten met een eigen negatief geladen veld om zich heen. Twee gelijke polen, de negatief geladen stofdeeltjes en de negatief geladen doornpunten, stoten elkaar af, zodat de fijnstof tegen de richting van de zwaartekracht in, omhoog werden gelift boven de vegetatie.

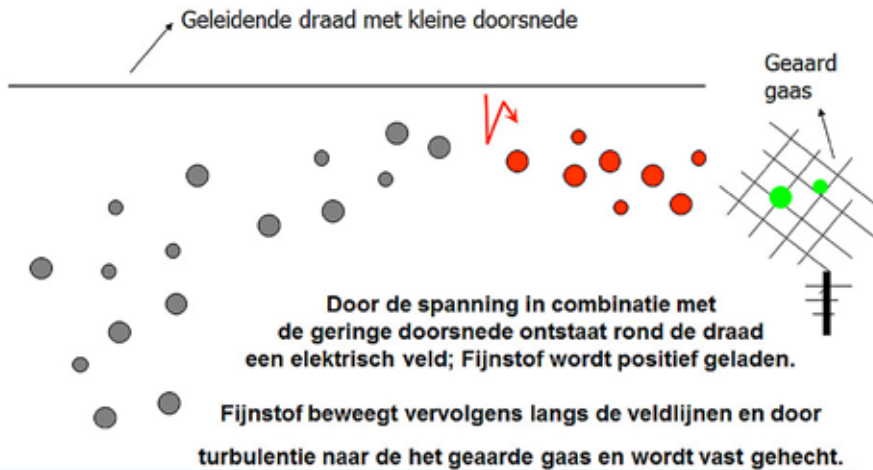
Deze waarneming zette mij aan om fijnstof omgekeerd te laden en zodoende juist universeel naar de aarde te sturen in de richting meegaand van de zwaartekracht. Via proeven in het laboratorium constateerden we al heel gauw dat fijnstof en ultrafijnstof vanaf 10 nanometer met maximale oplading van één

elementaire lading, en uiteraard groter met meerdere ladingen, kon laden en sturen. Het principe van laden op afstand gebeurt door corona ontlading vanaf een dunne draad of kleine puntbron met een hoog Voltage van 30 tot 35 kVolt en een zeer geringe stroomsterkte, maximaal enkele tientallen microAmpères. Dit is een miljoenste deel van een Ampère en een duizendste deel van een milliAmpère stroomsterkte en nagenoeg gelijk aan statische elektriciteit. Vergelijk mijn eerder genoemde en bemeten 'Alpenplantje' in de natuur, die een

Duindoorn (*Hippophae rhamnoides*)
Foto: Bob Ursem



Het opladen van het **fijnstof**



natuurlijke lading bezat van 5000 Volt/m en eveneens een stroomsterkte vrijwel gelijk aan statische elektriciteit, of in de top van een willekeurige Fijnspar met 20.000 Volt lading, bemeten bij een opstelling in de Botanische Tuin TU Delft bij een isolatielaag van mist vlak boven de grond. Een ander voorbeeld vormt mist. Mist begint altijd net iets boven de grond, juist vanwege dezelfde statische afstoting die ik ontdekte bij de Duindoorn en het fijne stof van het strand. We hebben ook niet voor niets onze mistlampen laag gemonteerd op de auto!

Fijnstof reductie systeem

Terug naar de vinding van het fijnstof reductie systeem (FDRS). Als ik alle stofdeeltjes vanaf 10 nanometer en groter universeel positief kan laden en deze kan trekken naar een gearrede receptor, dan ontstaat er door de elektrische beweging van de

deeltjes een elektrische wind en dus zullen alle deeltjes gedreven worden naar mijn opvangsysteem. Zodra een positief fijnstof deeltje het opvangsysteem raakt, wordt het ontladen en zal de elektrische kracht omgezet worden in een zogenaamde Van der Waals hechting binding en dus per definitie vast geplakt worden. De resultaten zijn tot dusver spectaculair te noemen. Met slechts 500 Watt aan energie vermogen hebben we onlangs in de Thomassentunnel bij Rotterdam Europoort op rijdend verkeer 15% reductie bereikt op fijnstof van 10 micrometer en groter, ofwel PM10. Verder in een stal met 30.000 kippen tot over de 90% reductie op alle fijnstof (dus van 10 nanometer en groter). Dan nog de proeven langs de wegen in holle geluidschermen, waarbij we zeer hoge percentages afvangen. Kortom een grote doorbraak in een oplossing voor een milieuprobleem,

maar vooral ook een gezondheidsprobleem.

Caramelliseren

Ook met elektriciteit en planten is onlangs ontdekt in de Botanische Tuin TU Delft dat bomen niet alleen sterk reageren op elektrische velden, maar ook bij onweer en extreme ladingen in de lucht, dus al lang voor een dreigende onweersbui, sterk gaan evaporeren en daarbij de sapstroom zo sterk doet stromen dat er warmte effecten ontstaan. De eerste ontdekking was bij de zeer oude en hoge Populieren (*Populus canadensis*) waarbij de bladstelen van bladeren uit de top van de boomkruin aan de basis nog groen waren en aan de vernauwde bladsteel net onder de bladschijf een zwarte verkleuring veroorzaakte. Door de warmteontwikkeling was de in het vernauwde deel zo warm geworden dat deze totaal verkoold was. Ook bij een Berk bleek bij hoge la-

dingen of dreigend onweer in de lucht onder de bast in het suikerrijke sapstroomgedeelte alle suiker gecaramelliseerd. Later ontdekten we dat caramelliseren bij onweer in de bast van bomen een normaal verschijnsel is en dat deze typische oranje verkleuring van de onderbast veelvuldig voorkomt bij zeer suikerhoudende sapstromen zoals o.a. bij Berken. Caramelliseren kan alleen geschieden als de suikers voldoende verhit zijn geweest.

Ook hebben we deze verhitte gebruikt in een nieuw ontwikkeld monitorprogramma. Met Civiele Techniek van de TU Delft hebben we bomen met een rechte stam op twee punten doorboord en voorzien van een metalen pin die het gehele spinhout overbrugde. Op beiden pinnen werd een gelijk potentiaal gezet en op beiden punten werd de temperatuur gemeten. Het verschil in temperatuur is te wijten aan de stroom van ionen en suikers in de vaten. Hierdoor waren we in staat om 24 uur per dag de sapstroom en dus de gehele evaporatie van de boom te meten. Het onderzoek is later uitgebreid over zeer veel locaties in de wereld. Daardoor is een goed beeld ontstaan van de bijdrage van de verdamping van bomen op verschillende plekken op aarde. Deze gegevens zijn zeer belangrijk om de

wolkenvorming en bijdrage van bomen daarin te bepalen en heeft geleid tot een nieuw monitorprogramma bij ESA (European Space Agency) Intussen heeft Dr. Mirjam Gerrits ook onderzoek in de Botanische Tuin TU Delft gedaan aan de interceptie van bomen en de betekenis van het kronen dak. Haar proefschrift is bijzonder vermeldenswaardig, omdat nu blijkt dat 50% van alle neerslag als interceptie in bomen blijft hangen en dat deze recirculeert in het totale neerslagsysteem. Dit is o.a. de belangrijkste reden waarom bijvoorbeeld de Kilimanjaro in Tanzania op de top een steeds kleinere sneeuwkap krijgt. Normaal is de bijdrage van het systeem

aldaar van water uit de omgeving slechts 8% en de wolkenvorming ter plekke ruim 40% door lokaal lage en hoge drukverschillen en dagritmen in temperatuur. Bij het steeds systematisch weggappen van bossen aan de voet van de Kilimanjaro is het recirculerende water van de bossen, dus 50%, in de loop van de tijd weggevallen. Dus is er onvoldoende aanvoer van sneeuw en daarbij is het systeem langzaam doorbroken en wordt het systematisch steeds droger!

Andere vlakken van biomimetica

Thans zijn we ook op andere vlakken met biomimetica als onderzoek binnen de afde-



Petiole verbranding bij *Populus canadensis*

Foto: Bob Ursem

ling biotechnologie actief, zoals een nieuw ontdekt fenomeen van hygroscopische bewegingssystemen bij peristoomtanden (= tanden rond de opening) van sporenkapsel-dragende mossen. Gasthoogleraar Prof. Klaus Ammann, bij de Botanische Tuin TU Delft, heeft in het verleden ontdekt aan herbariummateriaal dat peristoomtanden, na 150 jaar in het herbarium aanwezig te zijn, nog steeds en blijvend blijken te kunnen bewegen. Dus dit is echt biologisch dood te noemen en toch een functioneel werkend systeem. Door verder onderzoek zijn we achter het bewegingsfenomeen gekomen van hygroscopische werking. We gaan met het Max Planck Instituut, Universiteit Bern en ETH Zurich en de Botanische Tuin en Industrieel Ontwerpen TU Delft samen vervolgonderzoek doen om te komen tot nieuwe bewegingssystemen en toepassingen.

Toekomst

We weten nog niet wat de toekomst zal brengen, maar het biomimetisch onderzoek aan de Botanische Tuin TU Delft als sectie van de afdeling Biotechnologie zal in de nabije toekomst fors uitbreiden. Patentopbrengsten uit al deze projecten zijn binnenkort voldoende om een laboratorium voor nieuwe plantentechnologie

Peristoomtanden van een sporen-dragend mos

Foto: Bob Ursem

te starten met een zeer eigentijdse relevante insteek. De technische planten uit de Botanische Tuin zijn en blijven uitgangspunt voor het onderzoek. Ik hoop dat u met een aantal van deze voorbeelden te hebben overtuigd dat planten technologisch zeer uitdagend zijn!

Literatuur

Elsterund, J. & H. Geitel (1900). Betrage zur Kenntniss der Atmosphärische Elektrizität. *Originalmitteilungen Physikalische Zeitschrift*, 22, Marz.

www.iplluchtkwaliteit.nl/projecten/eindrapport-overkappen-en-luchtbehandeling (december 2009, 37-40).

Fresen, J. (2008). Academisch proefschrift: *Regional vegetation water effects on satellite soil moisture estimations for West Africa*. Technische Universiteit Delft.

Gerrits, M. (2010). Academisch proefschrift: *The role of interception in the hydrological cycle*. Technische Universiteit Delft.

Schneipf, E., Stein, U. & D. Deichgraber (1978). Structure, function and development of the peristome of the moss, *Rhacopilum tomentosum*, with special reference to the problem of microfibril orientation by microtubules. *Protoplasma*, 97: 221- 240.

Yukie Saito et al. (2000). Structural data on the intra-crystalline swelling of b-chitin. *Int. Journal of Biological Macromolecules*, 28: 81-88.

Ammann, K. (2010). Bibliography Hygroscopic Mechanisms and Moss Peristomes, 23. October 2010. 107 p. DOI: pdf <http://www.ask-force.org/web/Delft-Hygroscop/Bibliography-Hygroscope-Ammann-20101117.pdf>

