

Wegens de 'ongeremde smerigheid' van de Middeleeuwen was vooral de spoelworm toen algemeen **W2**

NRC 

WETENSCHAP

Zaterdag 15 november & Zondag 16 november 2014

Kunnen planten denken?

De Italiaanse plantkundige Stefano Mancuso vindt steeds meer aanwijzingen dat plantenwortels over onvermoede zintuigen beschikken.



Harald Merckelbach

Bemoeizuchtige universiteitsbazen **W3**

Geschiedenis

Bijna vergeten: de Ottomaanse staat riep de jihad uit in 1914. **W7**

Informatica

Microsofts rare queeste naar een quantumcomputer **W8-9**

Luister! De wortel spreekt

Biologie Plantenwortels maken geluid. Ook vuren ze elektrische signalen af, net als zenuwcellen. „Planten zijn cognitieve wezens”, zegt Stefano Mancuso.

Door **Marianne Heselmans**

Kan de wortel van een maisplant geluid maken? „Wacht, hier heb ik het”, zegt de Italiaanse plantkundige Stefano Mancuso (49). Op zijn computer klikt hij een opname aan die door Britse collega's is gemaakt. „Tiktiktiktik...tiktik. Klik...klik”, klinkt het. Het zijn trillingen, voortgebracht door een groeiend worteltje in water, die met een laser zijn opgevangen en daarna vele malen versterkt.

Stefano Mancuso is directeur van het Internationaal Laboratorium voor Plantenneurobiologie in Florence. Hij onderzoekt al 25 jaar elektrische signalen bij planten en hij is ervan overtuigd dat ze meer kunnen dan de meeste mensen denken. Dat ze zintuigen hebben om geluiden waar te nemen, en zwaartekracht en aanraking. En dat ze daarop reageren. „Wij denken dat wortels reageren op elkaars geluid”, zegt Mancuso, die mee voorop loopt in het prille vakgebied van de plantenneurobiologie.

Al decennialang richt het plantonderzoek zich hoofdzakelijk op chemische communicatie: het detecteren van moleculen in de lucht of de bodem, en het zelf aanmaken van chemische signaalstoffen - een plant maakt er naar schatting zo'n 3.000.

Mancuso denkt dat er meer is. De laatste jaren krijgt hij groeiende aandacht in de pers en bij financiers, maar nog steeds stuiten zijn ideeën ook op scepsis. De afkeer uit de jaren zeventig bestaat nog steeds. Toen beweerden sommige biologen dat kamerplanten liever klassieke muziek horen dan rockmuziek. En dat ze zouden reageren op onuitgesproken slechte bedoelingen van mensen, zoals het verbranden van planten. Het pseudowetenschappelijke

boek *The secret life of plants* van Peter Tompkins en Christopher Bird werd een bestseller, maar de meeste plantkundigen verguisden het. Mancuso: „Werk zoals dat van Thomkins en Bird heeft ons vakgebied bijna de doodsteek gegeven.” De Italiaanse hoogleraar wist in 2006 met geld van Florentijnse banken - „waarom zouden jullie alleen kunst subsidiëren?” - de plantenneurobiologie weer wat leven in te blazen.

Mancuso ziet planten als intelligente organismen. Alleen, het is een vorm van intelligentie die ons vreemd voorkomt. „Planten zijn geëvolueerd om gegeten te worden”, zegt hij op zijn werkkamer, aan de rand van Florence. Daarom zijn ze centraal georganiseerd. Een oog, neus of hersenen zouden immers met één hap weg zijn. Ook van de wortels kun je 90 procent weghalen; de plant blijft functioneren. „Omdat ze geen centraal commandocentrum hebben zijn planten in dit internet-tijdperk eigenlijk heel modern en kunnen we veel van ze leren.”

Knagende rups

Inmiddels levert de plantenneurobiologie opmerkelijke resultaten. De zandraket bijvoorbeeld herkent het geluid van een koolwitje, zo meldden onderzoekers van de universiteit van Missouri onlangs (*Oecologia*, juli). Zandraketten die eerst waren blootgesteld aan een opname van een knagende rups, produceerden bij een werkelijke ontmoeting meer van de verdedigingsstof mosterdgas dan zandraketten die alleen krekeltgeluid te horen hadden gekregen, of alleen stilte.

Twee jaar geleden deden onderzoekers in het instituut van Mancuso proeven met jonge maisplantjes waarvan ze de wortels in water hingen. Van één kant stuurden ze allerlei geluid door het water, in de richting

van de wortels. Na verloop van tijd gingen de wortels meer of minder in de richting van het geluid groeien. Ze bogen het sterkst af bij frequenties tussen de 200 en 300 Hertz, dezelfde frequentie van de trillingen die maiswortels zelf uitzenden (*Trends in plant science*, maart 2012).

En zo zet Mancuso al vele jaren planten droog, hij schudt ze, stelt ze bloot aan ozon of een vlammetje. Daarna meet hij de reactie. In de jaren negentig publiceerden hij en collega's de eerste effecten. Staat een komkommer of tomatenplant ineens bloot aan veel ozon, dan gaat er door de plant een elektrisch signaal met een bepaalde sterkte en duur; bij een vlammetje of zuur is dat een ander signaal.

Planten blijken ook elektrische signalen te genereren in reactie op stress, zoals op droogte, zuur of hitte. Sommige biologen denken dat planten pijn voelen, maar Mancuso niet. „Ze kunnen bij gevaar toch niet weggrennen, dus wat hebben ze voor baat bij pijn? Maar planten zijn wél cognitieve wezens die voortdurend alert reageren op de omgeving en op elkaar.”

Veruit de meeste van de elektrische signalen zijn te vinden in de worteltopjes, zo blijkt uit al het meetwerk van de plantenneurobiologen. Met name in de zogeheten transitiezone, een stukje van de worteltop dat slechts 1 millimeter dik is. Het meten van de signalen gebeurt op dezelfde manier waarop neurobiologen actiepotentialen in hersenen meten, met zogeheten multi-electrode arrays. Voor planten bestaat zo'n array uit 60 ultradunne elektrodes, geplaatst op een afstand van 200 micrometer (een micrometer is een duizendste millimeter) van elkaar. Zo is te volgen hoe een afgevuurd elektrisch signaal vanuit een enkele plantencel (zo'n cel is 100 micrometer groot) zich verspreidt over



De wortel van een volwassen roggeplant heeft ruim 13 miljoen vertakkingen
Stefano Mancuso

een paar honderd cellen.

Volgens Mancuso lijken de elektrische signalen in de worteltopjes op de signalen die onze zenuwcellen gebruiken om met elkaar te communiceren. Maar toen hij dat met zijn groep publiceerde in het tijdschrift *PNAS* (9 maart, 2009), volgde al snel weer de kritiek. De Duitse elektrofysioloog Dietrich Gradmann schreef in het blad *Lab-times* in maart 2010 een commentaar met de titel 'Intelligent plants or stupid studies'. Gradmann concludeerde dat er onvoldoende bewijs was voor een vergelijking met dierlijke zenuwcellen, en riep op het artikel terug te trekken.

Tegen de zwaartekracht in

In datzelfde jaar hield Mancuso een TED-lezing die op internet inmiddels 800.000 keer is bekeken. Hij laat daar een versneld afgespeelde opname zien van één worteltje dat tegen een helling op groeit. Het groeiend worteltje is, met zijn kronkelende beweging, niet te onderscheiden van een kruipende rups of worm. „Tegen een helling opgroeien is geen simpele beweging”, zegt Mancuso. „Alle wortelvertakkingen moeten verschillende delen op verschillende tijdstippen bewegen en dat met elkaar synchroniseren.” Hij denkt dat de transitiezones van al die worteltopjes hierbij een rol spelen.

Om hoeveel worteltopjes het bij een plant kan gaan, laat onderzoek aan volwassen roggeplanten zien. De wortel van een zo'n plant heeft 13.815.672 vertakkingen, met 11.483.271 worteltopjes en een totale lengte van 622 kilometer. Volgens Mancuso moeten bij uitstek wortels 'beslissen' welke kant ze op gaan, op basis van wat ze in de omgeving waarnemen. Moeten ze richting 'meer stikstof' groeien, richting 'meer water', 'weg van die gevaarlijke

schimmel'? De Italiaan vermoedt dat de worteltopjes onderling informatie uitwisselen via elektrische signalen.

In de laboratoria van zijn instituut worden nu maisworteltjes aan 'gedragsproeven' onderworpen. Een camera volgt hoe ze in een gel richting de een of de andere voedingsstof groeien. Maar ook als water en voedingsstoffen gelijk zijn verdeeld in de gel, groeien de maiswortels gecoördineerd dezelfde kant op. Het blijkt dat ze 'zwermgedrag' vertonen, net als insecten en vogels. „Op basis van een aantrekkings- of afstotingskracht die ze op de een of andere manier detecteren, misschien via geluid, blijven ze op een bepaalde afstand van elkaar”, schrijven de onderzoekers in *PLOS ONE* (17 januari 2012).

Om de intelligentie van planten nog eens te illustreren, laat Mancuso twee filmpjes zien van bonenplanten. Ze zijn te vinden op internet (google op: *bean plants Pollan*). Mancuso zegt dat hij de filmpjes vijf jaar geleden heeft gemaakt, in zijn tuin. Hij wilde weten hoe groeiende bonenplanten hun staak vinden. De filmpjes spelen de beelden versneld af. Het blijkt dat de plant niet zomaar wat *at random* zoekt. Hij maakt schijnbaar gericht een zwiep, en hup, hij draait zich om de paal.

In een tweede filmpje, met twee om de staak concurrerende bonenplanten, buigt de verliezende boon op het moment dat de winnaar de staak bereikt naar een andere kant.

Volgens Mancuso blijft het leven van planten voor ons grotendeels verborgen omdat ze in een andere tijdsdimensie bewegen dan wij. „Maar als je dit ziet moet je toch wel geloven dat planten cognitieve wezens zijn.”

EUROPESE SUBSIDIE

Bomen-app

De Europese Commissie maakte deze zomer bekend ruim **1 miljoen euro te investeren** in een project dat bomen wil inzetten als sensor voor droogte en luchtvervuiling. Er werken Spaanse, Italiaanse en Britse onderzoekers aan mee, waaronder het instituut van Mancuso in Florence.

Het idee is om in bomen elektroden te plaatsen die de elektrische signalen opvangen die door een blad of een uitloper van een tak lopen. Ze worden omgezet in begrijpelijke boodschappen die naar het internet gaan. Wie straks wil weten hoe droog een bepaald **park in Barcelona** of Parijs zich 'voelt', kan dit op een app volgen.

In de open database van het project (Pleased) zijn nu zo'n honderd elektrische signalen te zien, zoals van een koolplant die achttien dagen droog heeft gestaan, en van een **komkommer die aan een vlammetje werd blootgesteld**.

„Voor weinig, gemiddeld en veel ozon in de lucht kunnen we nu met 80 procent betrouwbaarheid de elektrische signalen voorspellen”, verklaart Mancuso. „Datzelfde geldt voor vochtigheid in de grond.”

WAT VINDEN NEDERLANDSE PLANTKUNDIGEN VAN MANCUSO?

‘Wortels maken toch een soort besluit’

Als Stefano Mancuso over planten praat gebruikt hij **begrippen die oorspronkelijk bedoeld waren voor mensen**: 'keuzes maken', 'intelligentie', 'neurobiologie' en 'leren'. Dat valt niet bij iedereen goed. In 2007 bekritiseerden drieëndertig plantkundigen hem fel in een artikel in het tijdschrift *Trends in Plant Science*, onder de kop 'Plant neurobiology: no brain no gain'.

In Nederland hebben de plantkundigen Ton Bisseling en Ben Scheres, allebei hoogleraar aan de Wageningen Universiteit, net een model voorgesteld om het **foerageergedrag - een term die doorgaans voor dieren wordt gebruikt - van groeiende wortels** te helpen verklaren (*Science*, 17 oktober). Wat vinden zij van de ideeën van Mancuso?

„Veel plantkundigen vinden het op planten toepassen van antropo-

morfe begrippen zoals intelligentie en gedrag oppervlakkig”, zegt Bisseling. „En zelf doen ze het daarom niet. „Maar het is lastig andere begrippen te vinden die goed uitdrukken wat wij nu ook zien bij planten: **wortels voelen voortdurend in de bodem** waar nutriënten zitten als stikstof, fosfor, kalium of zwavel. Die informatie integreren ze. En op basis van, nou ja, toch van een soort van besluit, groeien ze dan een bepaalde kant op.”

Dat plantenwortels dit 'intelligent' doen, blijkt onder andere uit Japanse onderzoek uit Bisseling en Scheres in hun Science-artikel beschrijven. De Japanners hadden de **wortels van een jonge zandraket verdeeld** in een helft die groeide in een bodem met veel voedingsstof (kunstmest met stikstof) en een helft die weinig voeding kreeg. De wortels in een schrale bodem maakten als reactie op de 'honger'

een eiwitje aan (CEP1 geheten), dat werd geregistreerd door de blaadjes, waar het naar toe werd vervoerd.

De plantenblaadjes gaven alle wortels een signaal: groeien! Maar **alleen de zijwortels met genoeg stikstof in de grond (dus zonder CEP1-aanmaak) gingen sneller groeien**. Wellicht om uit de rijke bodem nog meer stikstof te halen. Die met weinig gingen juist minder snel groeien want daar haalde het toch niks uit.

Het scheikundig symbool voor stikstof is N. Bisseling en Scheres hadden de kop van hun artikel de term **N-telligentie** willen meegeven, maar dan werd de kop te lang. Bisseling sluit niet uit dat elektrische signalen of geluid bij groei een rol kunnen spelen. Hoewel alle groeipatronen tot nog toe wel te verklaren lijken met alleen chemische stoffen.



FOTO GETTY IMAGES / BEVERKINGSTUDIO NRC