

**PLANTWETENSCHAPPEN****VOLAUTOMATISCH PLA**

DOOR GERT VAN MAANEN

In het Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre worden planten nu van alle kanten bekeken met camera's, sensoren, robots en geautomatiseerde systemen in mesokosmosen, klimaatcellen, kassen en op het veld. 'Dit is plantkunde 2.0 en vraagt ook om een nieuw soort plantenwetenschappers.'

**H**et is haast een botanische catwalk. Op transportbanden 'lopen' tomaatplanten uit hun kas en verdwijnen kort in een detectiekast waarin camerasystemen ze van alle kanten vastleggen om vervolgens ieder voor zich de voorgeprogrammeerde hoeveelheden water en voedingsmiddelen toegediend te krijgen. In een ander kascompartiment staan cyclamen op vaste afstanden gewoon stil maar krijgen met regelmaat bezoek van een overvliegende camerarobot die vanuit alle hoeken informatie over hun plantarchitectuur en bloemontwikkeling vastlegt. Planten als fotomodellen voor volautomatische fenotypering: dit futuristisch beeld was maandag 26 september te zien bij de opening van het Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre (NPEC) in Wageningen. Een nationaal onderzoekcentrum met twee locaties, want ook op Science Park Utrecht wordt volop gewerkt aan klimaatkamers en unieke mesokosmosen in een NPEC-unit in aanbouw voor het Kruijtgebouw. De bouw in Utrecht is echter vertraagd doordat de eerste verdieping niet voldoende trillingsvrij bleek om de plantensensoren ongestoord hun werk te laten doen. Gelukkig blijkt dit relatief simpel te verhelpen door extra steunpilaren tussen de begane grond en eerste verdieping aan te leggen. De oplevering wordt nu begin 2023 verwacht.

'De bouw van deze unieke faciliteiten was een lange reis en bracht ons als wetenschappers soms buiten onze comfortzone. Maar het opent een compleet nieuwe wereld: we krijgen toegang tot de ontwikkeling van wortelharen en bladerdak, van heel klein tot heel groot. Het stelt ons in

**'De bouw van deze unieke faciliteiten bracht ons als wetenschappers soms buiten onze comfortzone'**

staat heel interessante landbouwkundige en ecologische vragen te beantwoorden', zegt de Wageningse plantengeneticus Mark Aarts, voorzitter van het NPEC-bestuursteam en tevens hoofdaanvrager van de ruim elf miljoen euro subsidie die onderzoeksfinancier NWO in 2018 toekende in de Nationale Routekaart Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur. Wageningen University & Research en Universiteit Utrecht investeren samen een vergelijkbaar bedrag in het centrum, waarvan de faciliteiten ook beschikbaar zijn voor experimenten van onderzoekers van andere universiteiten, instituten of bedrijven.

**TIJDROVEND**

'Dit is plantkunde 2.0, omdat het compleet nieuwe mogelijkheden biedt', licht Aarts toe. 'De genetica hebben we al heel goed in onze vingers. Een compleet genoom van *Arabidopsis thaliana* sequens je tegenwoordig voor een paar tientjes. Maar het is heel tijdrovend om te bepalen wat dna-verschillen precies betekenen voor het fenotype van een plant. We hebben alle technieken van genomics tot metabolomics, maar het belangrijkste zijn uiteindelijk de veranderingen die plaatsvinden in het fenotype van een plant. Dat fenotype verandert ook door de tijd en is het ultieme resultaat van genexpressie. Welke invloed hebben omgevingsfactoren als licht, vocht en temperatuur op de ontwikkeling van planten en welke rol spelen ziekteverwekkers of het microbiom hierbij? Met geautomatiseerde fenotypering treden we een nieuw tijdperk binnen. Nu heeft een onderzoeker al zijn handen vol om na afloop van een experiment een goede dataset te krijgen op één tijdstip, maar met de NPEC-faciliteiten kan dat voor heel veel momenten', aldus Aarts.

Zelf doet Aarts al jaren genetisch onderzoek aan de aanpassingen van planten aan ongunstige milieu-omstandigheden bij de modelsoorten zandraket (*Arabidopsis thaliana*) en zinkboerenkers (*Nocca caerulea*). Met name om naar de effecten van omgeving op fotosynthese te kijken, heeft hij al het eerste geautomatiseerde platform voor fenotypering met een hoge doorvoer laten ontwikkelen: de Phenovator. Die had destijds al een ongekende capaciteit en kon 1.440 *Arabidopsis*-planten meerdere keren per dag screenen op fotosynthese, groei en spectrale reflectie bij acht golflengtes (*Plant Methods*, 2016).



FOTO: GUY ACKERMANS

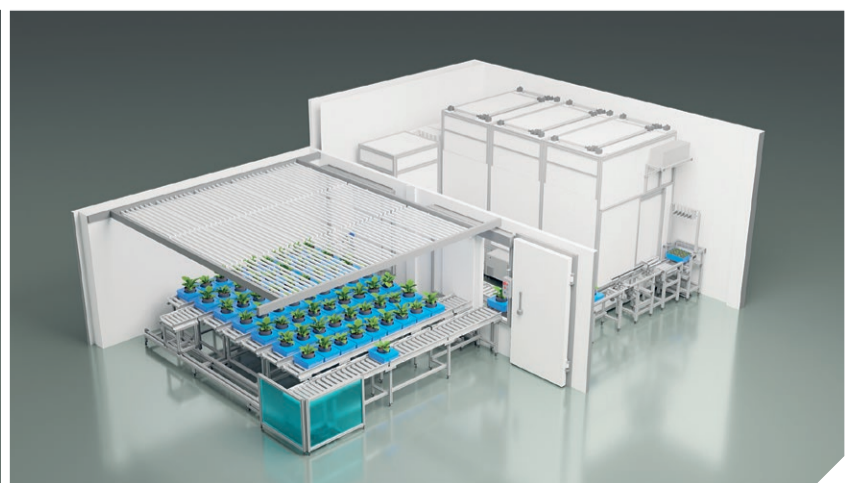
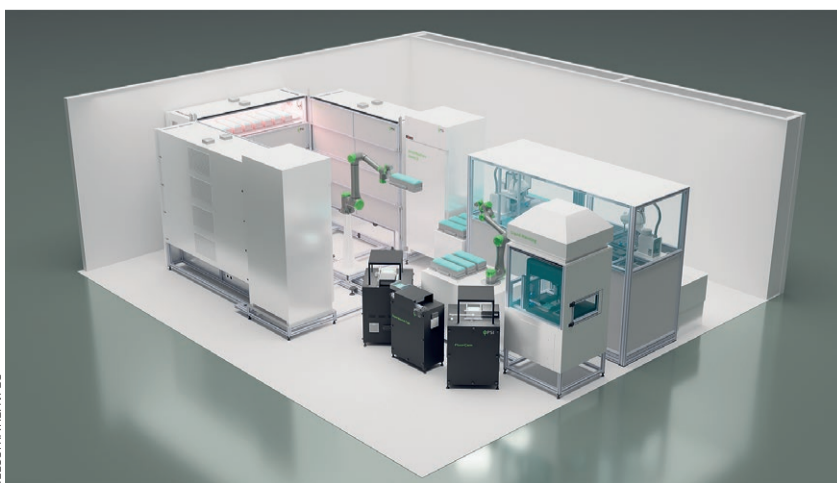
In een NPEC-kascompartiment in Wageningen 'wandelen' tomatenpl

'De nieuwe units van NPEC stellen ons in staat om vrijwel continu de invloed van verschillende stressfactoren op de ontwikkeling van planten te volgen, zowel ondergronds als bovengronds, van kiemplantjes tot potplanten en zelfs van gewassen in het veld. Daarbij kunnen we dankzij reflectie- en fluorescentietechnieken waarnemingen doen tot op het niveau van inhoudsstoffen en fysiologische responsen van planten', aldus Aarts. In Wageningen is voor het kassendeel bewust gekozen voor units waarbij de planten via transportbanden door de meetsystemen bewegen als voor units waarbij de planten stilstaan en de meetsystemen bewegen. 'We weten dat beweging invloed heeft op de ontwikkeling van planten, dus dit biedt ons in ieder geval de mogelijkheid hiervoor te corrigeren', legt Aarts uit.

In totaal beschikt NPEC over zes units. Hiervan bevinden

Het ontwerp voor de volautomatische fenotyperinstallaties voor plant-microben-interacties, met ondergrondse (Hades, links) en bovengrondse (Helios, rechts) compartimenten.

ILLUSTRATIE: NPEC



# PLANTEN FENOTYPEREN



Planten als fotomodellen naar een detectiekast om te worden gefenotyperd.

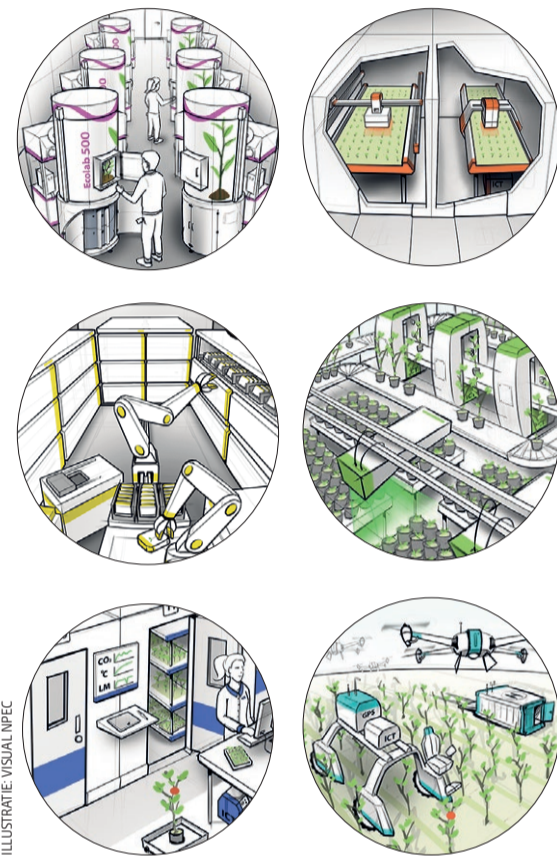
drie faciliteiten met grote doorstroom zich in Wageningen: een klimaatruimte met vijf groeikamers, een kassencomplex met vier compartimenten en veldapparatuur zoals de verrijdbare TraitSeeker en drie drones volgehangen met sensoren. De drie units in Utrecht zijn kleinschaliger van aard: 36 *ecotrons* of mesokosmosen, een batterij geautomatiseerde fenotypeersystemen voor interacties tussen planten en microben en vijftien kleine en zeer variabel instelbare klimaatkamers. 'Voor plantwetenschappers is dit echt het neusje van de zalm', vertelt de Utrechtse bioloog Roeland Berendsen, onderzoeker bij de plant-microbeinteracties-groep en manager van het Institute for Environmental Biology. 'In de kleinere klimaatkamers zijn vrijwel alle omgevingsomstandigheden in te stellen. Van vorst tot temperaturen boven de 40 graden en lichtintensiteiten tot vol zonlicht, tot wel tien keer zo hoog als gebruikelijk in klimaatkamers. En dat met negen kleuren ledlicht. Ideaal voor onderzoek naar de invloed van schaduw op planten. Er kunnen allerlei planten in: zeker *Arabidopsis*- en tomatenplanten, maar liever geen mais', glimlacht Berendsen. Veel verwachtingen heeft hij van de faciliteit voor geautomatiseerde fenotypering van plant-microbeinteracties, waarbij ook gewerkt kan worden met genetisch gemodificeerde organismen. 'In het Helios-deel gaan we analyses doen aan de invloed van het microbiom op het bovengrondse deel van planten. Daar kun je straks in een klap groei-analyses doen aan 63 grote planten in potten of 20 keer zoveel *Arabidopsis*-plantjes. Daarnaast onderzoeken we in het Hades-deel de ondergrondse ontwikkeling, dat is echt uniek in de wereld. We doen dat werk nu al met de groei-bevorderende rhizobacterie *Pseudomonas simiae* WCS417 die het immuunsysteem van planten stimuleert. Dat gaat om heel arbeidsintensieve experimenten: een PhD'er die een proef in honderdvoud doet gaat in drie weken hele-

maal stuk. Maar in Hades is dat geautomatiseerd: er is een robot die agarplaten maakt, een die de zandraket zaait, een robot die kiemplantjes in cassettes zet en je hebt geautomatiseerde stratificatie- en cultivatiehotels. Een robot werkt niet veel sneller dan een mens, maar wel continu door en je kunt experimenten zo opzetten dat alles parallel aan elkaar loopt. Echt super', meent Berendsen.

## INTERACTIES

Al even indrukwekkend zijn de 36 mesokosmosen of *ecotrons* die zich al in het NPEC-gebouw in aanbouw bevinden. Dit zijn modules waarbij een halve kuub bodem kan worden ingebracht en beplant met de gewenste vegetatieplanten. Als de klep dicht gaat is binnenin de bodemtemperatuur, belichting en samenstelling van de lucht volledig te controleren. Volgens Berendsen een ideale opstelling om onder strikte condities bijvoorbeeld de interacties te toetsen die zijn ontdekt in het grootschalige en langlopende BioClIVE-experiment – Biodiversity and Climate Variability Experiment – met vegetaties in de buitenlucht.

Iedere onderzoeker kan in principe van de NPEC-faciliteiten in Utrecht of Wageningen gebruikmaken door een onderzoeksvoorstel in te dienen die de toetsing doorstaat. Zowel Berendsen als Aarts wijzen erop dat bij dit onderzoek beheersing van data een belangrijke achilleshiel is. 'In principe zijn alle beelden en analyses continu op te slaan op een server, en dat doen we ook voor een jaar, maar het heeft weinig zin om achteraf naar antwoorden te gaan zoeken in bergen aan data', waarschuwt Aarts. 'Hoe meer je kunt meten, hoe belangrijker het wordt vooraf goede vragen te bedenken. Het omgaan met data in plantkunde 2.0 vraagt eigenlijk ook om een nieuw soort plantenwetenschappers.' ■



ILLUSTRATIE: VISUAL NPEC

Schematische voorstelling van de zes NPEC-units in Utrecht (links) en Wageningen (rechts): klimaatruimte met groeikamers (rechtsboven), kascompartimenten met groeikamers (rechtsmidden), veldapparatuur met verrijdbare TraitSeeker en drones (rechtsonder), *ecotrons* (linksboven), geautomatiseerde plant-microben-fenotypeersystemen (linksmidden) en variabel instelbare klimaatkamers (linksonder).

## 360-gradentour door de NPEC-faciliteiten

Ter gelegenheid van de opening van de NPEC-faciliteiten in Wageningen is een 360°-rondleiding in virtual reality door de faciliteiten gemaakt, waarbij onderzoekers in korte filmpjes uitleggen welk onderzoek zij in kas of klimaatkamer uitvoeren aan bijvoorbeeld stresstolerantie bij quinoa of fytoftoraresistentie bij aardappel. Als bonus kan de virtuele bezoeker ook kennismaken met Maxi-Marvin (een 3D-generator van planten) en de CropReporter (een fotosynthese-efficiëntiemeter).

Link virtual reality-tour: [www.npec.nl/news/vr-tour-lets-you-visit-our-high-tech-greenhouse](http://www.npec.nl/news/vr-tour-lets-you-visit-our-high-tech-greenhouse)

## Vituaal tomaten & LettuceKnow

Voorbeelden van experimenten die al met NPEC-apparatuur zijn uitgevoerd zijn het Virtual Tomato Crop-project, dat zich richt op het ontwikkelen van een 3D-model van de groei van tomatenplanten, en het veredelingsexperiment LettuceKnow aan wilde en gecultiveerde slavariëteiten. Bij dit laatste experiment is onder meer de NPEC-TraitSeeker ingezet, een verrijdbaar fenotypeerapparaat, waarmee in tien dagen gegevens van 28 duizend sla-planten is verzameld. Daarnaast kunnen NPEC-onderzoekers voor fenotypering van gewassen in het veld ook drones inzetten.