

Meten en visualiseren van de sapstroom in planten en het voorspellen van de groei van de kopdikte van planten met behulp Machine Deep Learning

Sapstromen in het gewas zijn een belangrijke indicator voor de plantontwikkeling. Er wordt gemonitord met behulp van hitte balans sensortechnologie. Binnen dit project zijn algoritmen ontwikkeld die de vochtbalans in de plant monitoren. De vochtstromen (Xylem) en hun balans is in de praktijk een van de moeilijkst te meten en controleren parameters van dit nieuwe teeltsysteem. Planten kunnen optimaal worden gekweekt op basis van het proactief inspelen op verdamping van vocht uit de plant. Een model is ontwikkeld om het ontwikkelproces van de plant te sturen, automatiseren, reguleren en optimaliseren terwijl verspilling van grondstoffen zoals water, voedingsstoffen, etc. wordt geminimaliseerd of zelfs voorkomen.

Om een goed model te ontwikkelen die in staat is om de plantontwikkeling te voorspellen is gekozen om data-analyse toe te passen. Aangezien het ontwerp van een dergelijk model erg complex is, wordt experimentele data gebruikt die is verkregen in een compleet gecontroleerde omgeving, zoals een broeikas. De vochtbalans in de plant wordt hierbij gerelateerd aan de klimatologische parameters in de directe omgeving van de plant.

Recente ontwikkelingen in Machine Learning (ML) en vooral het zogenoemde Deep Learning (DL) geven ons krachtige nieuwe analytische tools. Met deze technieken is het mogelijk om sapstroomdata en de stamdikte te gebruiken om plantontwikkeling te voorspellen en bij te sturen. Tijdens het uitwerken van deze technieken en deze te implementeren in een model is gebruik gemaakt van Cherrytomaten in een gecontroleerde broeikas omgeving. De resulterende modellen zijn geschikt voor toepassing buiten, in het open veld voor de voorspelling van sapstromen en plantkop diktegroei. Het controleren van de groei is lastiger aangezien buiten het klimaat niet of onvoldoende kan worden beïnvloed. Wel kunnen klimatologische parameters zoals wind en de invloed hiervan op de metingen meegenomen worden in het model voor optimale voorspellingen.

Een vergelijkingsonderzoek is uitgevoerd waarin diverse ML methoden zijn gebruikt om plantdata te analyseren en deze te benchmarken naar effectiviteit en nauwkeurigheid in relatie tot de echte situatie. Om de voorspellingen die de modellen geven overzichtelijk weer te geven en de teler de mogelijkheid te geven de ontwikkeling van zijn gewassen te beïnvloeden, is een dashboard ontwikkeld. Hierin kan de teler zien of zijn gewas zich op een gezonde manier ontwikkelt of dat er ziektes in het gewas zitten.

Dankzij het EFRO Evergreen project zijn veelbelovende resultaten behaald gebaseerd op de data die is verzameld in het "Ideal Lab Greenhouse", in Naaldwijk.

Consortium

In het World Horti Center in Naaldwijk, onderdeel van Proeftuin Zwaagdijk, is een lab opgezet waarin een unieke samenwerking plaatsvindt tussen Hogeschool Inholland, 2Grow, Lentiz Education Group, Priva, Delft University of Technology, Wageningen University, Greenport Noord-Holland Noord en EFRO Evergreen. Tussentijdse resultaten van dit project zijn gepresenteerd tijdens de Evergreen bijeenkomst "van precisielandbouw naar smart farming" op 5 november 2019. Hier is ook de basis gelegd voor nieuwe samenwerkingen.

Ideal Lab Greenhouse

In het [Ideal Research Greenhouse Lab](#), gevestigd in het World Horti Center te Naaldwijk zijn Cherrytomatenplanten geteeld. Hier zijn sapstromen en stamdikte sensoren van 2GROW geplaatst op de stam van de tomatenplant. De samenwerking tussen 2GROW, Inholland domeinen Techniek, Ontwerpen en Informatica (TOI) en Agri Food Life science (AFL), Priva en TU Delft is een broedplaats




voor nieuwe technieken om smart farming naar een hoger niveau te tillen. Het Ideal Research Greenhouse Lab is een plek waar studenten en onderzoekers van verschillende opleidingen en expertises samen komen en hun onderzoek uitvoeren voor stages, projecten en hun afstuderen. Opgedane kennis wordt direct toegepast in het beroepenveld.

Data en resultaat analyse

Machine Learning analyse

Datasets die zijn verzameld door het monitoren van Cherrytomaten bestaan uit groei, sapstroom, klimaat en irrigatie data. Het grote voordeel van Machine Learning (ML) technieken is dat ze in staat zijn om zelf autonoom complexe vraagstukken met behulp van diverse datasets en bronnen op te lossen. Hierdoor kunnen betere beslissingen worden gemaakt en actie worden ondernomen in hedendaagse scenario's zonder of met minimale menselijke interventie.

Sapstroom, klimaatdata en op irrigatie gebaseerde variabelen worden gegenereerd door sensoren, terwijl groei- en oogstdata met de hand zijn verzameld. De data is eerst opgeschoond om een zuivere dataset te verkrijgen en vervolgens zijn analyses uitgevoerd op drie niveaus, zoals te zien is in onderstaande tabel.

DATA ANALYSIS DIMENSION	CONSTRUCT	FINDINGS
MACHINE LEARNING 	HEAD THICKNESS	<ul style="list-style-type: none"> Leaf Length has a significant positive impact on Head Thickness Given water EC and the Amount of absorbed water has some impact on Head Thickness Length Growth, Leaf Width, Humidity, Sapflow, Given water PH, Plant Temperature, and Radiations (outside) have almost no significance for Head Thickness
	YIELD	<ul style="list-style-type: none"> Amount of water absorbed by the plant and radiations outside has a strong positive impact on the Yield Length Growth of the plant affects Yield but not as high as the radiations and water absorbed Humidity, Sapflow, Plant Temperature, Given Water EC and PH appear to have almost no impact on the Yield
DEEP LEARNING 	HEAD THICKNESS (Prediction)	<ul style="list-style-type: none"> The head thickness of the cherry tomato plant can be predicted for the next week based on the previous weeks head thickness data Length Growth and Sapflow are used to predict Head Thickness, but the error rate is high which possibly shows that Length Growth and Sapflow are probably not significant to predict head Thickness.
COMPUTER VISION 	UNHEALTHY TOMATOES (Classification)	With the effective exploitation of Computer Vision and Deep Learning algorithms, a classifier is developed to identify the raw or unhealthy tomatoes uploaded by the potential drone (in the greenhouse) on the cloud. The application could traverse and process every single image and displays the list of unhealthy tomatoes, so the farmer can take the respective measures.

Tabel 1: samenvatting van de uitgevoerde analyses

Seizoen trendanalyse

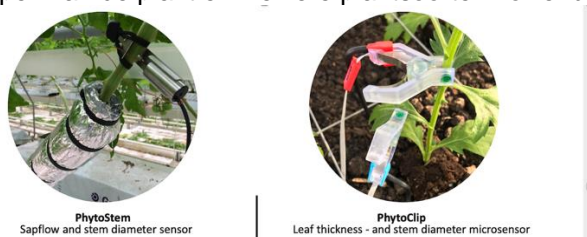
Aan het begin van het ontwikkeltraject van de plant zal de prioriteit liggen bij de groei. Alle energie in de plant wordt aangewend om nieuw plantmateriaal te ontwikkelen. In deze periode is het daarom dan ook belangrijk dat de teler ondersteuning biedt aan de plant om zijn energie te stoppen in het ontwikkelen van een sterke en robuuste plant.

Wanneer de plant zich verder heeft ontwikkeld zal het vruchten gaan ontwikkelen. Deze vruchten zullen steeds meer energie gaan vragen van de plant, waardoor de groei van de plant vertraagt of zelfs stil komt te staan. Hoe beter de plant zich heeft ontwikkeld in de eerste fase van zijn ontwikkeling, hoe beter de plant bestand is tegen gebeurtenissen die nadelig zijn zoals bijvoorbeeld een hittegolf. Hoe verder de plant groeit, hoe minder de stam diameter zich verder ontwikkeld. Een rechte groeilijn is belangrijk om zo veel mogelijk energie naar de economisch belangrijke delen van de plant te sturen terwijl in de tussentijd de plant niet verzwakt.

Nieuwe ontwikkelingen

Nieuwe sensor phytoClip

Het bedrijf 2GROW heeft in nauwe samenwerking met Amora Amir in het Ideal Research Lab gewerkt. Een nieuwe sensor, de phytoClip, is ontwikkeld om betere metingen aan de plant te doen. Met de nieuwe sensor is het mogelijk om kleinere planten te meten. De grotere sapstroom en stamdiametersensoren zijn erg geschikt om met grotere gewassen te werken. Real-time plant feedback wordt op deze manier mogelijk voor diverse soorten planten. Door de PhytoClip sensor te combineren met de PhytoStem sensoren wordt het mogelijk om bijna elk type plant te meten. Metingen worden automatisch op temperatuur gecompenseerd waardoor nauwkeurige en betrouwbare metingen kunnen worden uitgevoerd. Bladdikte- en microstamdiametersensoren kunnen de Apex van de plant en kleinere plantsoorten zowel binnen de broeikas als buiten meten.



Figuur 1: 2GROW PhytoStem en phytoClip

Meerdere cli sensoren zijn inmiddels beschikbaar en gebruikt voor het ontwikkelen van de plantontwikkelmodellen:

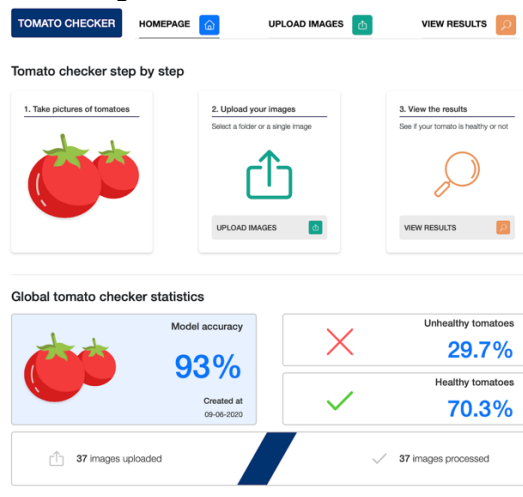
1. LeafClip, deze meet de dikte van een blad tussen 0-2mm.
2. StemClip Klein, meet de diameter van een 1-2mm dikke stam.
3. StemClip Groot: meet de stamdikte tussen 2-6mm.

Contactloos kopdikte meetsysteem

Tot nu toe zijn er alleen sensoren op de markt waarbij de sensor fysiek contact maakt met de plant. Echter, het maken van fysiek contact geeft de plant stress. Gevolg is dat een plant twee dagen stil kan staan in zijn groei waardoor het niet als referentie kan worden gebruikt voor een populatie planten en bovendien ook een minder sterke plant zal worden. Studenten binnen InHolland hebben onderzoek gedaan naar contactloze alternatieven en zijn met een concept gekomen gebaseerd op een optische lichtsluis welke langs de stam van de plant kan worden bewogen. Op deze manier kan de dikte van de stam contactloos met voldoende precisie worden gemeten. Verdere uitwerking is echter nodig om tot een prototype te komen.

Dashboard voor de Classificatie van afbeeldingen met behulp van Deep Learning

Het inzichtelijk maken van de gegenereerde resultaten door de modellen is belangrijk om het mogelijk te maken voor de teler om hier ook dagelijks mee te werken. Een groep Informatica studenten uit Haarlem heeft een algoritme en dashboard ontwikkeld die de telers helpt om gezonde en zieke tomaten van elkaar te scheiden met behulp van foto's. Het dashboard wordt ook gebruikt voor het monitoren en classificeren van tomaten. De teler ziet duidelijk of de tomaat gezond of ziek is. Hoewel dit dashboard nu wordt gebruikt voor tomaten is het ook geschikt voor gebruik bij andere gewassen, zowel in de broeikas als buiten op het open veld. Een drone of andere innovatieve tool zou de afbeeldingen kunnen maken en deze doorsturen naar het dashboard.



Figuur 2: Dashboard Tomaten Checker