

Voorstudie van niet-destructieve bepaling van groeipunten en bloemknoppen

DLV Plant

Postbus 7001

6700 CA Wageningen

Agro Business Park 65

6708 PV Wageningen

T 0317 49 15 78

F 0317 46 04 00

E info@dlvplant.nl

www.dlvplant.nl

In opdracht van

Landelijke BCO Potplanten commissie LTO Groeiservice
Postbus 1120
2280 CC Rijswijk

Gefinancierd door

Productschap Tuinbouw (PT)
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer

Uitgevoerd door

Teake Dijkstra, Dave van Marwijk en Helma Verberkt, DLV Plant
Jeroen van Rest en Erwin van Zweth, TNO

PT- Projectnummer: 12483

Dit document is auteursrechtelijk beschermd. Niets uit deze uitgave mag derhalve worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of op enige andere wijze, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLV Plant. De merkrechten op de benaming DLV komen toe aan DLV Plant B.V.. Alle rechten dienaangaande worden voorbehouden. DLV Plant B.V. is niet aansprakelijk voor schade bij toepassing of gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding en doel	5
2 Plan van aanpak	8
3 Inventarisatie	9
4 Resultaten meetsessies	12
4.1 Aanpassing meetopstelling en keuze pilotgewassen	12
4.2 Hortensia	13
4.3 Phalaenopsis	14
4.4 Spathiphyllum	14
5 Conclusies en aanbevelingen	15
Bijlage 1. Overzicht vragenlijst	16
Bijlage 2. Ontwikkelingsstadia Spathiphyllum en Hortensia	17
Bijlage 3. Presentatie van de resultaten	19

Samenvatting

Bij telers van diverse gewassen waarbij de omschakeling van vegetatief naar generatief van groot belang is voor teeltsturing of oogstplanning is er behoefte aan een niet-destructieve methode om het ontwikkelstadium van de groeipunten en de bloemknoppen vast te stellen. Om het ontwikkelstadium te kunnen bepalen worden nu knoppen van planten verwijderd, opengesneden en gedetermineerd. Het is tijdrovend en afhankelijk van de ervaring van de beoordelaar. Het leidt bij de teelt tot productieverlies en bemoeilijkt het onderzoek naar optimalisatie van teeltsturing.

TNO heeft in samenwerking met DLV Plant en in overleg met een aantal Hortensiatelers en het bedrijf 'Anders bekeken' een inventarisatie van mogelijke technieken voor inwendige inspectie en een beperkt verkennend experiment uitgevoerd om na te gaan in hoeverre met name vroege ontwikkelstadia herkend kunnen worden bij snijhortensia. Vanuit deze inventarisatie is röntgeninspectie als meest kansrijke opnametechniek naar voren gekomen. In deze voorstudie is gekeken naar de mogelijkheden van een niet destructieve inspectie methode voor groeipuntbepaling met als doel te inventariseren voor welke gewassen deze methode economisch en teelttechnisch interessant is. Daarnaast is voor een drietal gewassen met een aantal experimenten de mogelijkheden nagegaan of op basis van 3-dimensionale röntgenopnamen in combinatie met een ruimtelijke weergave van de beelddata het ontwikkelstadium van de bloemknop bepaald kan worden.

De interpretatie van de opnamen is duidelijk verbeterd door middel van 3-dimensionale opnamen. De interpretatie van stilstaande beelden van 3-dimensionale modellen is moeilijk. Het beeld moet vloeien, als een soort film, om het beter te interpreteren. Echter ook bewegende beelden zijn moeilijk te interpreteren omdat er te weinig contrast is. Voor de interpretatie is de kennis van gewasdeskundigen noodzakelijk.

Uit de inventarisatie bleek dat vanuit economisch oogpunt de techniek in eerste instantie vooral interessant is voor glastuinbouwgewassen (potplanten: Phalaenopsis en Hortensia, snijbloemen: Chrysant en Tulp). Vanuit de fruitsector (aardbei, appel, peer) is de interesse groot en verwacht men veel van deze techniek.

Uit de meetsessie bleek het volgende:

- Bij Hortensia zijn vegetatieve knoppen en knoppen vanaf stadium 4 goed te onderscheiden. De onderscheidbaarheid van zeer jonge stadia (1-2-3) is en blijft echter moeilijk met deze techniek.
- Bij Phalaenopsis is het onderscheidend vermogen tussen de diverse plantenonderdelen (o.a. bloemknopstengel en aanleg wortel) onvoldoende. Deze techniek is in deze toepassing niet bruikbaar voor Phalaenopsis.
- Bij Spathiphyllum is sprake van meerdere planten en scheuten en dus ook van meerdere bloemen. De grootte van het meetvlak zal afgestemd moeten worden op de grootte van de planten om te komen tot een effectieve methode.

De toegepaste methode met röntgenstraling is een veelbelovende techniek om inwendige inspectie uit te voeren, maar is niet geschikt voor het onderzochte materiaal in dit onderzoek. Voor inspectie van planten en/of plantendelen die intern meer contrast hebben

in dichtheid van het materiaal, zoals lucht naar water of naar plantmateriaal, heeft een betere kans van slagen. Er zijn goede resultaten behaald bij toepassing van deze techniek in zaden en bloemhoogte sortering.

Aanbevolen wordt om de ontwikkelingen op het gebied van diverse scantechnieken in andere industrieën en met name die in de medische wereld te blijven volgen. De Magnetic Resonance Imaging (MRI) methode is zeer geschikt om structuren in voorwerpen weer te geven. De apparatuur is echter, op dit moment, groot en duur en daarmee niet realistisch voor deze toepassing. Verwacht mag worden dat deze ontwikkelingen verder gaan en dat in de toekomst ook kleinere handzamere apparaten ontwikkeld worden die ook zeker perspectieven bieden in de land- en tuinbouw.

1 Inleiding en doel

Bij de telers van diverse gewassen waarbij de omschakeling van vegetatief naar generatief van groot belang is voor teeltsturing of oogstplanning is er behoefte aan een niet-destructieve methode om het ontwikkelstadium van de groeipunten en de bloemknoppen vast te stellen. Om het ontwikkelstadium te kunnen bepalen worden nu knoppen van planten verwijderd, opengesneden en gedetermineerd. Het is tijdrovend en afhankelijk van de ervaring van de beoordelaar. Het leidt bij de teelt tot productieverlies en bemoeilijkt het onderzoek naar optimalisatie van teeltsturing. Met dit laatste wordt bedoeld dat het interessant is om de ontwikkeling van een groeipunt of knop over een langere periode te kunnen volgen bijvoorbeeld om invloed van teeltomstandigheden te onderzoeken en om sneller een terugkoppeling van het effect van aanpassingen in teeltomstandigheden te kunnen waarnemen. Het is evident dat dit met de huidige methode niet mogelijk is. Daarnaast kan door gerichter stadiumonderzoek mogelijk de oogst beter gepland worden.

De telers beogen in eerste instantie een 'hand-held device' dat mee de kas in genomen kan worden en over de te onderzoeken groeipunten en bloemknoppen kan worden geplaatst. Een dergelijk systeem maakt het mogelijk om steekproefsgewijs de ontwikkeling van groeipunten en knoppen in relatie met het teeltproces te kunnen onderzoeken. Langs deze weg kan beter en meer gestructureerd dan nu mogelijk is, kennis en inzicht worden verworven met betrekking tot de invloed van verschillende parameters van het teeltproces op de ontwikkeling van het groeipunt en de bloemknoppen. Het uiteindelijke doel is opbrengst- en kwaliteitsverbetering. Door de telers is aangegeven dat zij in tweede instantie mogelijkheden zien voor een vast opgesteld automatisch inspectiesysteem bijvoorbeeld als onderdeel van een sorteersysteem.

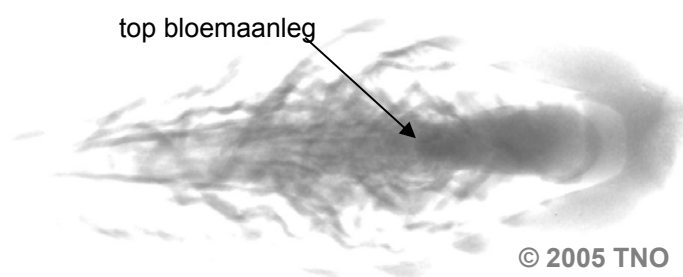
TNO heeft in samenwerking met DLV Plant en in overleg met een aantal Hortensiatelers (Intensieve begeleiding onderzoek Knopvorming Hortensia) en het bedrijf 'Anders bekeken' een inventarisatie van mogelijke technieken voor inwendige inspectie en een beperkt verkennend experiment uitgevoerd om na te gaan in hoeverre met name vroege ontwikkelstadia herkend kunnen worden bij snijhortensia.

In algemene zin komen een aantal technieken in aanmerking voor inwendige inspectie van voorwerpen in relatie met hortensiaknoppen:

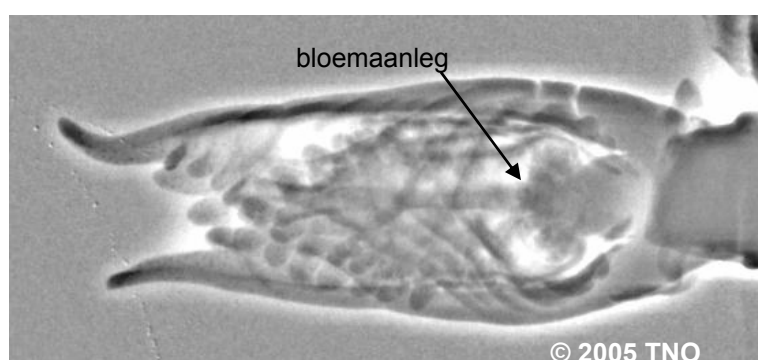
- Infrarood opname
Methode waarbij met infrarood licht door het voorwerp heen wordt gekeken. Voor hortensiaknoppen is dit geen geschikte methode omdat er teveel verstrooiing zal optreden waardoor er geen scherpe afbeelding mogelijk is.
- Ultrasonische meetmethode
Methode waarmee met geluidsgolven een beeld wordt gevormd van het inwendige van een voorwerp. Bij deze methode is een goede 'inkoppeling' van het uitgezonden en opgevangen signaal noodzakelijk. Lucht is een minder geschikt medium. In de praktijk wordt bij deze methode veel gebruik gemaakt van een inkoppeling via een vloeistof. Daarnaast is de mate van resolutie (mate van waar te nemen details) veelal beperkt. Gezien de praktische beperkingen voor deze applicatie en te verwachten lage resolutie is deze methode minder geschikt voor hortensiaknoppen.

- Magnetic Resonance Imaging (MRI)
Methode die zeer geschikt is om structuren in voorwerpen weer te geven. De apparatuur is echter groot en duur en daarmee niet realistisch voor deze toepassing.
- Röntgenopname
Methode waarbij het te onderzoeken voorwerp doorstraalt wordt met röntgenstralen van een bron die aan één zijde van het voorwerp is opgesteld. Met een aan de andere zijde opgestelde detector worden de stralen opgevangen. Bij het doorstralen vindt absorptie plaats naar gelang de dichtheid van het materiaal. Doordat er geen verstrooiing plaats vindt kunnen scherpe opnamen met een hoge resolutie gemaakt worden.

Vanuit deze inventarisatie is röntgeninspectie als meest kansrijke opnametechniek naar voren gekomen. Figuur 1 en Figuur 2 geven een indicatie van de bereikte resultaten.



Figuur 1. Röntgenopname van een hortensiaknop waarvan alleen het buitenste, openstaande, bladpaar is verwijderd. De top van de bloemaanleg is hier zichtbaar.



Figuur 2. Röntgenopname van een hortensiaknop waarvan 3 bladparen zijn verwijderd, en nog 2 à 3 bladparen aanwezig zijn. De bloemaanleg is duidelijk zichtbaar.

Uit de eerste experimenten blijkt dat het ontwikkelstadium van de bloem niet of moeilijk waarneembaar is als er geen bladeren verwijderd zijn. Dat komt met name door de visuele verstoring van de structuren van de buitenste bladeren. Een belangrijk gegeven is dat bij opnamen waarbij nog slechts enkele bladparen aanwezig zijn de bloemaanleg en de luchtkamer erboven wel waarneembaar zijn. Op basis van het werkingsprincipe van de op röntgen gebaseerde opnametechniek kan gesteld worden dat in beelden van een knop

waarvan geen bladeren zijn verwijderd ook informatie met betrekking tot de bloemaanleg en de daarboven liggende luchtkamer aanwezig moet zijn. De kunst is echter om die te herkennen. De verwachting is dat de herkenning verbeterd kan worden door het maken van opnamen vanuit verschillende gezichtspunten (3-dimensionale röntgenopnamen). Daarbij zijn twee scenario's denkbaar:

1. de gebruiker van het systeem heeft de mogelijkheid het systeem rond de knop te bewegen en zo de knop van verschillende kanten te bekijken. Bij het draaien zullen verschillende structuren van de knop ten opzichte van elkaar bewegen. Het menselijke brein zal op basis van kennis van de knopopbouw daardoor sneller een ruimtelijk beeld opbouwen en mogelijk knopaanleg van omhullende bladeren kunnen onderscheiden;
2. het systeem maakt vanuit een aantal gedefinieerde gezichtspunten automatisch opnames en berekent daaruit een ruimtelijk beeld (computer tomografie). Dit quasi 3-dimensionale beeld wordt vervolgens aan de gebruiker gepresenteerd.

Deze voorstudie richt zich op de verbetering van de herkenning door gebruik te maken van 3-dimensionale röntgenopnamen. Daarmee wordt beoogd een concrete basis te verschaffen en een risicoreductie te bewerkstelligen voor een eventueel projectvervolg wat zich richt op de daadwerkelijke realisatie van het 'hand-held device' en de praktijkevaluatie van dit systeem.

Binnen deze voorstudie zijn twee doelstellingen te onderscheiden:

1. te inventariseren voor welke gewassen niet-destructieve bepaling van het ontwikkelstadium van bloemknoppen economisch en teelttechnisch interessant is.
2. Voor een aantal gewassen met een aantal experimenten de mogelijkheden na te gaan of op basis van 3-dimensionale röntgenopnamen in combinatie met een ruimtelijke weergave van de beelddata het ontwikkelstadium van de bloemknop bepaald kan worden.

2 Plan van aanpak

Binnen deze voorstudie zijn de volgende activiteiten te onderscheiden:

- **Inventarisatie van andere mogelijk interessante gewassen**
Om de basis van het vervolgproject te verbreden c.q. meer sectoren te laten profiteren van de ontwikkeling zal een beknopte inventarisatie gemaakt worden van economisch relevante gewassen waarvoor vergelijkbaar met hortensia inzicht in de ontwikkelstadia van de groeipunten en de bloemknoppen interessant is. In overleg met de begeleidingscommissie zal een aantal gewassen worden geselecteerd die in de experimenten zullen worden betrokken.
- **Aanpassing meetopstelling**
Voortbouwende op het eerder door TNO en DLV Plant uitgevoerde verkennende experiment zal met het binnen TNO beschikbare röntgeninspectiesysteem opnamen gemaakt worden van groeipunten en bloemknoppen. Het systeem zal daarvoor voorzien worden van een mechanisme om op een gestructureerde en reproduceerbare wijze 3-dimensionale opnamen van de knoppen te maken.
- **Meetsessies en verwerken van ruwe opnamen ten behoeve van visualisatie**
Er zullen een aantal meetsessies gehouden worden. De ruwe opnamen zullen met behulp van verschillende beeldbewerkingstechnieken geschikt gemaakt worden voor ruimtelijke visualisatie (middels computer tomografische technieken).

3 Inventarisatie

Vooraf aan de meetsessies van het project 'Voorstudie niet-destructieve bepaling ontwikkelstadium groeipunten en bloemknoppen voor diverse gewassen' is een inventarisatie uitgevoerd voor welke gewassen de niet-destructieve bepaling van het ontwikkelstadium van bloemknoppen economisch en teelttechnisch interessant is. Het maken van röntgenopnamen van groeipunten van planten staat hierbij centraal. Deze techniek is vooral interessant voor telers van gewassen waarbij inzicht in de ontwikkelstadia van de groeipunten en de bloemknoppen van groot belang is c.q. kan zijn voor teeltsturing, oogstplanning of kwaliteitsbepaling.

Binnen de adviseurs en onderzoekers van DLV Plant is per sector bediscussieerd bij welke gewassen inzicht in het ontwikkelingsstadium van het groeipunt interessant kan zijn. De volgende sectoren/gewassen zijn benaderd:

- Akkerbouw
- Bloembollen
- Boomteelt
- Fruitteelt
- Glasgroenten
- Paddestoelen
- Potplanten
- Snijbloemen
- Vollegrondsgroente waaronder ook (glas) aardbei

Per sector is met 2 à 3 adviseurs gesproken. In eerste instantie is uitgelegd wat de techniek inhoudt en is uitgebreid achtergrondinformatie gegeven. Het gaat in de praktijk om een nieuwe techniek, waardoor de mogelijkheden en kansen per sector/gewas niet altijd meteen duidelijk zijn. Na deze inleiding is heel concreet naar gewassen gevraagd met oog op economische en teelttechnische belangrijkheid. Een compact overzicht van deze vragenlijst staat in bijlage 1.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste resultaten. Uit de inventarisatie kwamen de volgende belangrijkste conclusies.

- Vanuit economisch oogpunt is de techniek in eerste instantie vooral interessant voor glastuinbouwgewassen (potplanten: Phalaenopsis en Hortensia, snijbloemen: Chrysant en Tulp).
- Vanuit de fruitsector (aardbei, appel, peer) is de interesse groot en verwacht men veel van deze techniek.

Tabel 1: Mogelijk interessante gewassen per sector

Sector	Gewas (gerangschikt obv economische waarde)	Groeipunt-analyse interessant voor	Lengte groeipunt (cm)	Opmerkingen
Potplanten	Hortensia	teeltsturing, oogstprognose	1-1,5	
	Phalaenopsis	teeltsturing, oogstprognose	Enkele mm	Matig interessant omdat proces van bloei initiatie door koude wordt gestuurd.
	Medinilla	teeltsturing, oogstprognose	Enkele mm	Teelttechnisch interessant, economisch minder
	Calathea crocata	teeltsturing, oogstprognose	Enkele mm	Teelttechnisch interessant, economisch minder
	Helleborus	kwaliteitsbepaling	?	klein product maar gaat wel om de bloem
	Jasmijn	teeltsturing, oogstprognose	0,3-0,4	Teelttechnisch interessant, economisch minder
Snijbloemen	Chrysant	oogstprognose	1	eenjarig, machinale oogst (planning)
	Tulp	oogstprognose	1	eenjarig, korte oogstperiode (planning)
	Lelie	oogstprognose	1-1,5	eenjarig, korte oogstperiode (planning)
	Freesia	teeltsturing	?	grondkoeling tot bep. knopstadium
	Amaryllis	oogstprognose, kwaliteitsbepaling	1	
Bloembollen	Tulp	oogstprognose	Paar cm	scan vlak voor opplanten broeierij. Om automatisch te kunnen oogsten is het wenselijk dat de bollen op dezelfde dag in bloei komen. Nu is bloei verspreid over ong. 5 dagen
	Lelie	oogstprognose	Paar cm	scan vlak voor opplanten broeierij
	Hyacint	oogstprognose	Paar cm	scan vlak voor opplanten broeierij
Glasgroenten	Paprika	Oogstprognose 'gewasobservatie'		-matig interessant Constant generatief, vrij constant oogsten. Vooral de omstandigheden (licht, T) bepalen of de zetting wel of niet plaatsvindt en hoe lang de periode van bloei tot oogst duurt. Momenteel wekelijks tellingen van vruchtzetting en oogst per oppervlakte eenheid t.b.v. oogstprognose. -Wel interessant waarom de ene knop aborteert en de andere niet, wanneer er zetting plaats vindt op welke plek aan de plant (soms zetting op afwijkende plaatsen)
	Tomaat, komkommer	oogstprognose		Matig interessant. Zetting is nog constanter als bij paprika, dus de oogst is wat beter te voorspellen.

Vollegronds groente	bloemkool	oogstprognose	?	Matig belangrijk. Koolaanleg wordt voornamelijk bepaald door temperatuur, en deze heb je niet in de hand (T hoog, geen aanleg).
				Overige groenten zijn voornamelijk bladgewassen, welke in een vegetatief stadium geoogst worden en waar geen generatieve fase aan te pas komt.
Boomteelt	Skimmia	teeltsturing, kwaliteitsbepaling	klein	Interessant voor mogelijkheden sturing bloei
	Helleborus	kwaliteitsbepaling		
Grootfruit	Peer (Conference)	teeltsturing	0,8	interessant ivm wintersnoei (generatieve scheuten behouden)
	Appel (Elstar)	teeltsturing	0,5-0,8	Interessant ivm wintersnoei
Kleinfruit	Aardbei	teeltsturing, kwaliteitsbepaling	1	tijdens de opkweek van plantmateriaal speelt ook de omschakeling van vegetatief naar generatief (de bloemaanleg in september). Dit wordt nu onderzocht op destructieve wijze waarbij terug geteld moet worden om het tijdstip van omschakeling vast te stellen, men kan dan al te laat zijn met bijsturen. Na de omschakeling is het verder van belang de bloemaanleg te volgen om zo te bepalen wanneer de plant voldoende bloemen heeft aangelegd, om het rooitijdstip beter te kunnen bepalen. Dit vindt ook plaats door destructieve bepaling.
Akk ZO	Consumptieaardappel	teeltsturing	1	Teeltsturing: stikstofgift wordt opgedeeld in een gedeelte na het poten, voor het aanaarden. Daarna nog een gift stikstof, deze bij voorkeur geven 2 weken voor het loofmaximum. Bloei is het loofmaximum. Zou mooi zijn om bloei van te voren te kunnen bepalen om stikstof optimaal te benutten.
	Zetmeelaardappel	teeltsturing		Zie cons. aardappel
	Wintertarwe	teeltsturing	Enkele cm	Bij begin aaraanleg is de laatste gift stikstof mogelijk. In de praktijk doorgaans knoop voelen, inschatten wanneer aaraanleg start en zo tijdstip stikstofgift bepalen. Met behulp van röntgen misschien mogelijk om tijdstip nauwkeuriger te bepalen. Graan wordt ook 'kort gespoten', CCC/Moddus of Cerone om legering te voorkomen. Vaak wordt te laat nog gespoten met deze middelen, bij laatste knoop/start aanleg aar in de schede van het laatste blad is het uiterlijkste tijdstip om te spuiten. Misschien mogelijk mbv plantenscanner het juiste tijdstip te bepalen.
	Zomertarwe	teeltsturing		Zie wintertarwe
Akk ZW	Spruiten	teeltsturing	Enkele cm	interessant mbt het koppen van spruitenplanten. De apicale dominantie wordt dan verwijderd en de spruiten groeien beter uit. De vraag is of dit af te leiden is uit het groeipunt. Momenteel wordt het moment van toppen bepaald adh van afnemende lengtegroei
	Vlas	kwaliteitsbepaling		Bepaling vezellengte (lang of kort). Dit kan per perceel/jaar verschillen.. Tegen oogstmoment vezellengte bepalen.
Akk NO	Zetmeelaardappel	teeltsturing	1	Rasverschillen
	Pootaardappel	teeltsturing	1	Rasverschillen
	Consumptieaardappel	teeltsturing	1	Rasverschillen
	Maïs	teeltsturing	10	
Akk NW	Uien	kwaliteitsbepaling	1	tijdens de bewaring i.v.m. aanwezigheid inwendig schot (partij moet dan sneller afgezet worden)
Paddestoelen	Champignon	oogstprognose	Zeër klein	Een mogelijk probleem kan zijn, dat de knoppen speldeknoop-groot zijn en ontstaan in een wit deken van myceliumdraden, waarna deze in 1 week tot volgroeide champignons uitgroeien

4 Resultaten meetsessies

4.1 Aanpassing meetopstelling en keuze pilotgewassen

De scanner zoals deze in het project is toegepast betreft een scanner op basis van röntgentechniek met hoge resolutie beelden, die voor het eerst toepassing vond in zaden. Voor de beeldopname is het systeem voorzien van een mechanisme om op een gestructureerde en reproduceerbare wijze 3-dimensionale opnamen van de knoppen te maken. Door de apparatuur te laten roteren rond het groeipunt wordt een beter inzicht verkregen van de knop. Vanuit TNO is veel kennis aanwezig omtrent beeldverwerking om te komen tot optimalisering van de opname en het automatisch zichtbaar maken van de opnames. Met name de interpretatie van de structuren uit de beelden zijn dan van groot belang. De interpretatie van de beelden is gedaan door gewasdeskundigen vanuit DLV Plant.

Als pilot gewas is, in overleg met de intensieve begeleiding, in eerste instantie gekozen voor Hortensia. Er is al ervaring opgedaan met dit gewas. Daarnaast zijn diverse stadia in de literatuur voor Hortensia beschreven (bijlage 2). Naast Hortensia is door de intensieve begeleiding de gewassen Spathiphyllum en Phalaenopsis gekozen. Voor Spathiphyllum is een voorzet gemaakt om te komen tot ontwikkelingsstadia (bijlage 2). Met deze gewassen zijn experimenten uitgevoerd om na te gaan in hoeverre op basis van 3-dimensionale röntgenopnamen in combinatie met een ruimtelijke weergave van de beelddata het ontwikkelstadium van de bloemknop bepaald kan worden.

Voor de pilotgewassen zijn verschillende categorieën (teelttechnisch) benoemd:

- Vrijstaande tak/groeipunt: Hortensia
- Dieper liggende tak/groeipunt: Phalaenopsis en Spathiphyllum

Er is plantmateriaal van Hortensia, Spathiphyllum en Phalaenopsis verzameld en bekeken. Er zijn foto's gemaakt van de knoppen voordat deze gescand zijn. Ook is de plaats beschreven waar de knoppen uit het gewas zijn gehaald en zijn de teeltomstandigheden vastgelegd. Er zijn drie meetsessies uitgevoerd. Vanaf vegetatief tot en met generatief zijn diverse bloemknopopnames gemaakt. Ook is gebruik gemaakt van nieuwe beeldverwerkingstechnieken, die de mogelijkheden van onderscheidbaarheid vergroten. Zo zijn ook CT-scans gemaakt door lengte- en dwarsopnames te maken en deze op elkaar af te stemmen. Duidelijk is dat de CT scan een heel fijne analyse kan weergeven van een groeipunt.

In bijlage 3 is een presentatie weergegeven van de belangrijkste resultaten.

4.2 Hortensia

In de eerste meetsessie bleek dat de vergevorderde bloemknopstadia met röntgentechnieken redelijk te onderscheiden zijn. In een tweede meetsessie zijn knoppen van diverse cultivars bekeken. Ook hier bleek dat bloemknoppen met stadium 5 of hoger redelijk te onderscheiden zijn. In deze tweede meetsessie blijkt met de scan het lastig te zijn om de verschillen te beoordelen tussen de prille stadia 1 en 4. Vergeevorderde bloemknopstadia zijn echter in de praktijk ook wel aan te geven. Interessanter zijn net aangelegde bloemknoppen in vroegere stadia dan 4. Voor de derde meetsessie is speciaal gezocht naar plantmateriaal met jonge ontwikkelstadia. Het zoeken naar dergelijke stadia is uiteindelijk zeer tijdrovend geweest. Op het moment dat je een knop hebt doorgesneden is deze vervolgens ongeschikt voor determinatie met de plantenscanner. Er moeten daarom voor dit onderzoek knoppen worden gevonden die met grote zekerheid de gewenste vroege stadia hebben. Dit blijkt lastig te zijn, want als we dit heel eenvoudig visueel konden vaststellen was dit onderzoek niet nodig geweest. Regelmatig zijn we daarom op het verkeerde been gezet omdat we verwachten dat een knop in een bepaald stadium is en dan blijkt bij de destructieve determinatie de knop in een ander stadium te zijn.

In eerste instantie is gekeken naar in het voorjaar van 2007 bloemknopvormende snijhortensia's. Pothortensia's zijn op dat moment reeds klaar met de bloemknoppen en zijn niet interessant in die periode. De hoofdknoppen van de onderzochte snijhortensia's bleken in het voorjaar echter te vegetatief of reeds te snel geschakeld naar bloemknoppen in een voor dit onderzoek te ver gevorderd stadium. Vervolgens is in de nazomer 2007 gezocht naar geschikte knoppen in bloemknopvormende pothortensia's. Ook hier bleken de knopstadia te vegetatief of te ver voor dit onderzoek. Het lijkt erop dat er door de plant heel snel geschakeld wordt van een 100% vegetatief stadium naar een herkenbaar bloemknopstadium (gelijk of verder dan stadium vier).

Uiteindelijk zijn in het najaar van 2007 in een snijhortensia gewas op grote lange takken in de cultivar 'sneeuwbal' de gewenste knoppen gevonden. Het voordeel van een dergelijke tak is dat er in de diverse oksels van de bladeren knoppen zitten. De hoofdknop bovenaan de tak is duidelijk aangelegd met een gesloten bloemknop. Deze is voor dit onderzoek totaal ongeschikt. De onderste knoppen op de tak bleken vegetatief te zijn. Door diverse knoppen uit tussenliggende oksels te determineren is een set van knoppen gekozen waar "met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid" de net aangelegde bloemknoppen in de eerste stadia aanwezig kunnen zijn. Het voordeel van dergelijke takken met knoppen is dat de meeste stadia kunnen worden gevonden zonder de gehele destructie van de plant.

Er zijn in de derde meetsessie CT-scans gemaakt door lengte-en dwarsopnames te maken en deze op elkaar af te stemmen. Op deze manier is bij stadium 5 een kleine luchtholte zichtbaar net boven de beoogde bloemknop. Onder binoculair worden de stadia ook herkend aan de hand van spiegelingen op het weefsel. Deze spiegelingen ontbreken bij een scan. Er moet daarom opnieuw worden geleerd hoe de scan moet worden geïnterpreteerd. Het is ook duidelijk dat de opname roterend moet worden getoond om verschillen te ontdekken tussen de weefsels om meer diepte/inzicht te creëren.

Uiteindelijk is middels de CT scan het beste beeld verkregen, maar blijft het heel moeilijk het prille weefsel van elkaar te onderscheiden. Het voordeel is dat de scan op het beeldscherm te roteren is in 3D waardoor de beste positie te kiezen is voor de beoordeling. De hele prille stadia zijn niet goed te onderscheiden.

De onderscheidbaarheid van zeer jonge stadia (1-2-3) is en blijft moeilijk met deze techniek.

4.3 Phalaenopsis

In een vroeg stadium is middels de scanopname het type weefsel van de zich ontwikkelende bloemtak niet onderscheidbaar van het weefsel van de worteluitgroei. De bloemstengelaanleg lijkt op dat moment qua structuur sterk op wortelaanleg. In een later stadium is het verschil wel zichtbaar door het verschil in groeirichting, maar dan is de bloemtak veelal ook onderscheidbaar met het oog aan de buitenkant van de plant.

Deze techniek is dus niet bruikbaar voor Phalaenopsis

4.4 Spathiphyllum

Voor Spathiphyllum is vooraf ook een overzicht van ontwikkelingsstadium voor knoppen ontwikkeld aan de hand van voorgaand onderzoek en destructieve analyse van groeipunten en bloemknoppen (zie bijlage 2).

Bij Spathiphyllum is 1-2 weken na de GA behandeling geen knop zichtbaar met de scan techniek. Dit is een belangrijk stadium omdat dan beoordeeld kan worden of de GA behandeling moet worden herhaald of niet. Bij de scan met de röntgenopnames van het weefsel van de bloem onderscheid het zich niet genoeg van het weefsel van de bladstengel. Pas in het stadium dat de bloemknop grotendeels aangelegd is (stadium 4 – 5), is deze zichtbaar. Voor directe sturing van de teelt is deze informatie minder van belang. Wel kan het van belang zijn voor de afzetplanning, kwaliteit (verwachte aantal bloemen) en om na te gaan of er voorbloeit is. Voorbloeit is bloemknopaanleg in een te jong stadium. Deze bloemen worden doorgaans in de Spathiphyllum teelt verwijderd in stadium 6 of 7.

Bij Spathiphyllum is sprake van meerdere planten en scheuten en dus ook van meerdere bloemen. Daarnaast zal de grootte van het meetvlak afgestemd moeten worden op de grootte van de planten.

5 Conclusies en aanbevelingen

De interpretatie van de opnamen is duidelijk verbeterd door middel van 3-dimensionale opnamen. De interpretatie van stilstaande beelden van 3-dimensionale modellen is moeilijk. Het beeld moet vloeien, als een soort film, om het beter te interpreteren. Echter ook bewegende beelden zijn moeilijk te interpreteren omdat er te weinig contrast is. Voor de interpretatie is de kennis van gewasdeskundigen noodzakelijk.

Uit de inventarisatie bleek dat vanuit economisch oogpunt de techniek in eerste instantie vooral interessant is voor glastuinbouwgewassen (potplanten: Phalaenopsis en Hortensia, snijbloemen: Chrysant en Tulp). Vanuit de fruitsector (aardbei, appel, peer) is de interesse groot en verwacht men veel van deze techniek.

Uit de meetsessie bleek het volgende:

- Bij Hortensia zijn vegetatieve knoppen en knoppen vanaf stadium 4 goed te onderscheiden. De onderscheidbaarheid van zeer jonge stadia (1-2-3) is en blijft echter moeilijk met deze techniek.
- Bij Phalaenopsis is het onderscheidend vermogen tussen de diverse plantenonderdelen (o.a. bloemknopstengel en aanleg wortel) onvoldoende. Deze techniek is in deze toepassing niet bruikbaar voor Phalaenopsis.
- Bij Spathiphyllum is sprake van meerdere planten en scheuten en dus ook van meerdere bloemen. De grootte van het meetvlak zal afgestemd moeten worden op de grootte van de planten om te komen tot een effectieve methode.

De toegepaste methode met röntgenstraling is een veelbelovende techniek om inwendige inspectie uit te voeren, maar is niet geschikt voor het onderzochte materiaal in dit onderzoek. Voor inspectie van planten en/of plantendelen die intern meer contrast hebben in dichtheid van het materiaal, zoals lucht naar water of naar plantmateriaal, heeft een betere kans van slagen. Er zijn goede resultaten behaald bij toepassing van deze techniek in zaden en bloemhoogte sortering.

Aanbevolen wordt om de ontwikkelingen op het gebied van diverse scantechnieken in andere industrieën en met name die in de medische wereld te blijven volgen. De Magnetic Resonance Imaging (MRI) methode is zeer geschikt om structuren in voorwerpen weer te geven. De apparatuur is echter, op dit moment, groot en duur en daarmee niet realistisch voor deze toepassing. Verwacht mag worden dat deze ontwikkelingen verder gaan en dat in de toekomst ook kleinere handzamere apparaten ontwikkeld worden die ook zeker perspectieven bieden in de land- en tuinbouw.

Bijlage 1. Overzicht vragenlijst

sector: potplanten

top 10	gewas (obv economische waarde)	interessant voor groeipuntbepaling: (ja:)++, +, -, -- (nee)	groeipuntbepaling interessant voor: a. teeltsturing; b. kwaliteitsbepaling; c. oogstprognose	lengte van het groeipunt/knop (cm)	opmerkingen
nr 1					
nr 2					
nr 3					
nr 4					
nr 5					
nr 6					
nr 7					
nr 8					
nr 9					
nr 10					

eerst tien economisch belangrijkste gewassen noteren en daarna aangeven per gewas hoe interessant deze techniek kan zijn voor dit gewas.

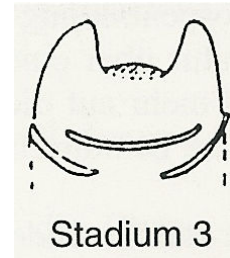
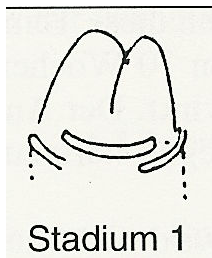
een schatting van de lengte van het groeipunt is belangrijk om te weten voor de rontgenopname

Bijlage 2. Ontwikkelingsstadia Spathiphyllum en Hortensia

Ontwikkelingsstadia Spathiphyllum van vegetatief naar generatief

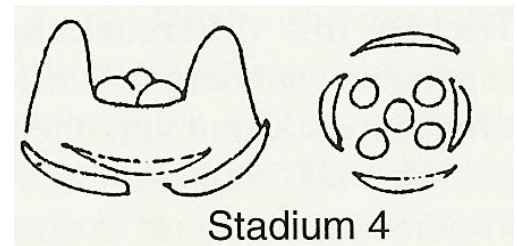
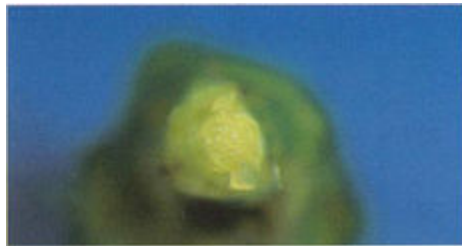
Stadium	Beschrijving
1	Vegetatief stadium, geen knopontwikkeling
2	Bollen van de apex (=groeipunt)
3	Aanleg van het schutblad
4	Aanleg van de bloemaar
5	Uitgroei van de knopknop tot aan bladschede
6	Uitgroei knop uit bladschede
7	Zichtbare bloem

Hortensia Bloemknopstadium



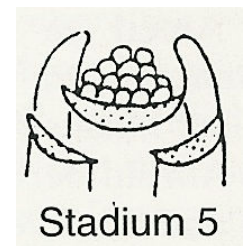
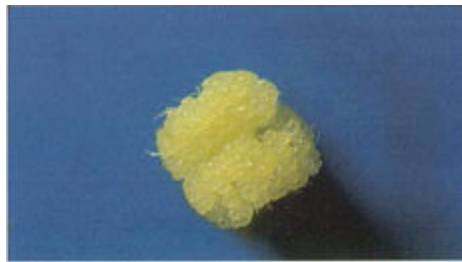
- 1: Groeipunt volledig bedekt door bovenste bladpaar in aanleg. Meristeem **vegetatief**
 2: Groeipunt wordt breder, bovenste bladprimordia groeien uitelkaar. De **generatieve** fase begint
 3: Groeipunt gezwollen en rond gevormd. De strekking van het internodium verloopt langzamer.

stadium 4



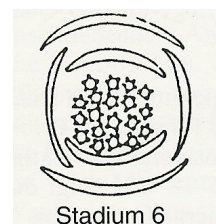
4: vijf primaire bloemprimordia zichtbaar

Stadium 5



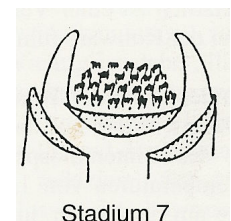
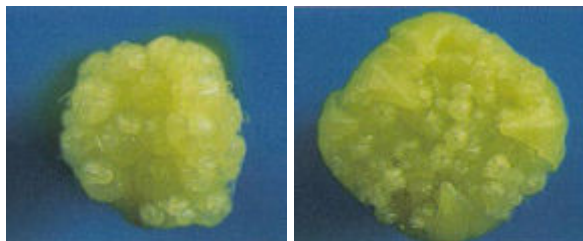
5: Zowel primaire als secundaire bloemprimordia zichtbaar. Aan elke bloemprimordium ontwikkelen zich drie secundaire bloemprimordia

Stadium 6



6: Kelk- en kroonbladprimordia van elke bloemprimordium zichtbaar

Stadium 7



7: Kelk- en kroonbladprimordia, stampers en meeldraden van elk bloemprimordium zichtbaar.

Samenstelling: T. Dijkstra

Bijlage 3. Presentatie van de resultaten

Contactloze inspectie ontwikkelingsstadium groeipunten

TNO | Kennis voor zaken



DLV
plant



Overzicht

- Introductie en vraagstelling
- Meetmethode
- Meetsessies
 - Sessie 1
 - Hortensia, Phalaenopsis, Spathiphyllum
 - Sessie 2
 - Hortensia, Spathiphyllum
 - Sessie 3
 - Hortensia
- Conclusies



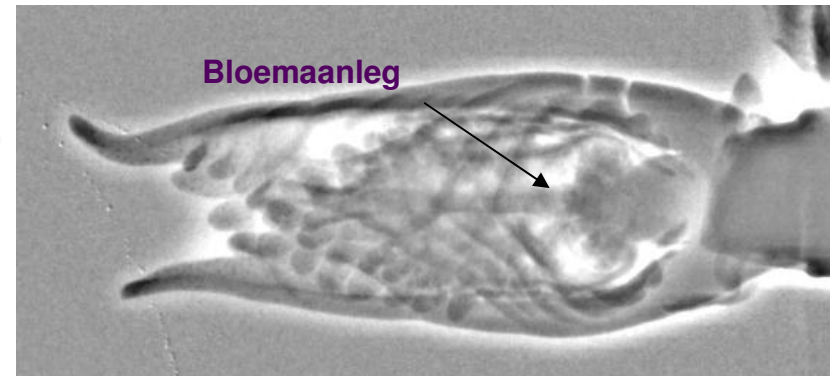
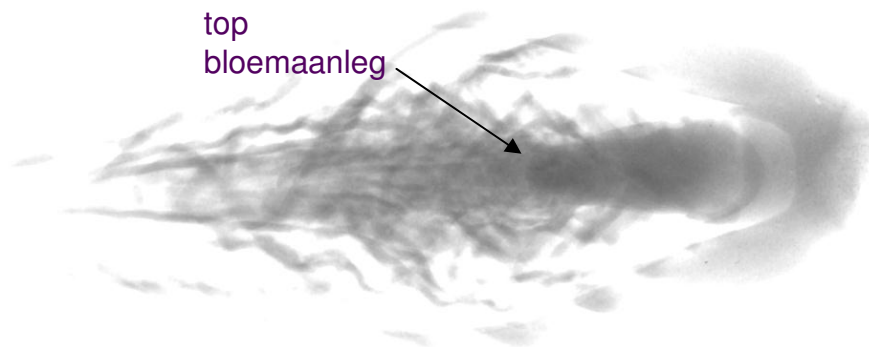
Vraagstelling

- Nu
 - Knop verwijderen en determineren
 - Leidt tot productieverlies
 - Bemoeilijkt onderzoek naar optimalisatie teeltsturing
- Wens telers
 - Niet-destructieve inspectie
 - 'Handheld device'
 - Maakt het mogelijk om knop tijdens ontwikkeling te volgen
 - Geen productieverlies

Resultaat inventarisatie

- Beschouwde technieken
 - Infrarood opnamen
 - Ultrasonie methoden
 - Magnetic Resonance Imaging (MRI)
 - Röntgenopnamen
- Uitkomst inventarisatie: röntgenopnamen meest geschikt

TNO, IS-MEM-050054, 10 mei 2005



© 2005 TNO

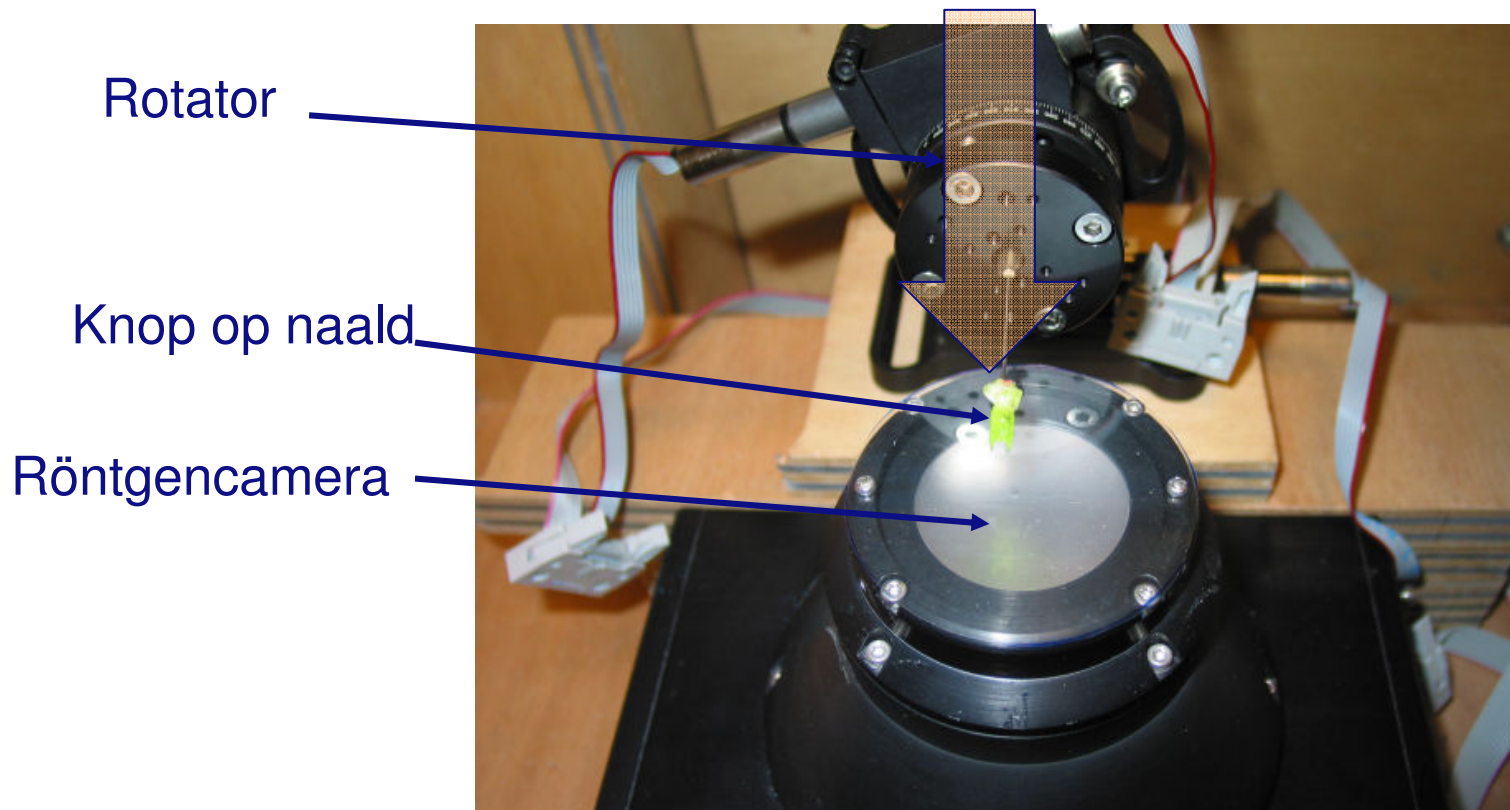
Conclusie en voorstel

- Conclusie inventarisatie
 - Structuur (buitenste) bladeren bemoeilijken de waarneming van de bloemaanleg
 - Informatie is wel aanwezig
- Voorstel voorstudie
 - Vereenvoudig de waarneming met opnamen uit meer gezichtspunten
 - Bijvoorbeeld knop of opnamesysteem draaien
 - Vereenvoudigde herkenning omdat:
 - Knopstructuren in het beeld verschillend bewegen
 - Makkelijk de optimale opnamepositie bepaald kan worden

Aanpassingen inspectie

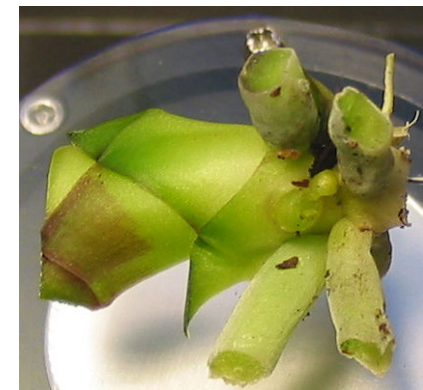
- Computer bestuurbare rotatie en positionering toegevoegd

Röntgenstraling



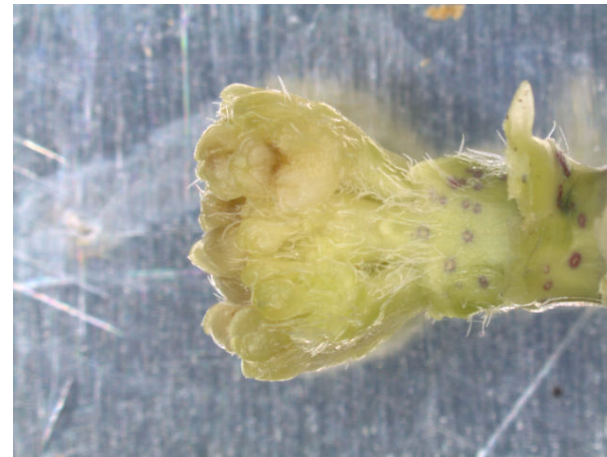
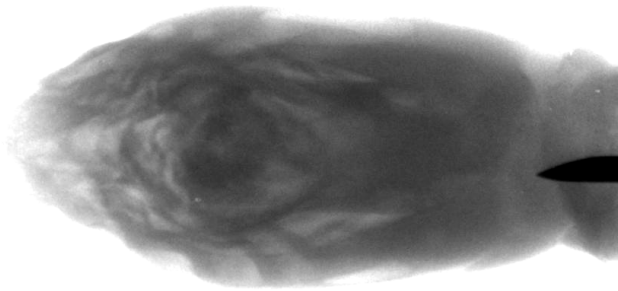
Eerste meet sessie

- 5 hortensiaknoppen, Renate Steiniger (scans 360° rond):
 - 1 vergevorderd
 - 1 middelmatig gevorderd
 - 2 pril stadium
 - 1 okselknop
- 4 stronken van Phalaenopsis (scans 180° rond)
- Spathiphyllum (enkele opnames)



Hortensia knop 1 (vergevorderd)

PICVideo M-JPEG 3



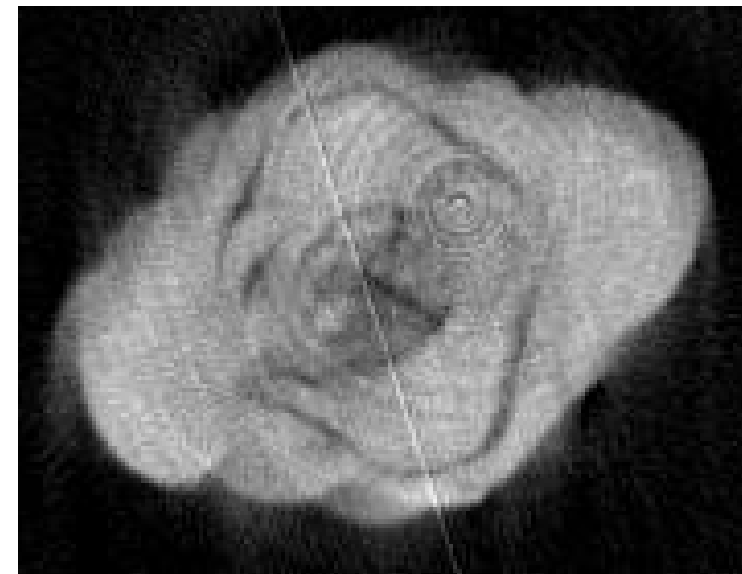
Hortensia knop 2 (middelmatig gevorderd)

PICVideo M-JPEG 3



Hortensia knop 2

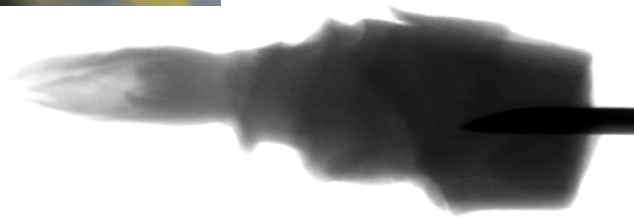
- Computed Tomography (CT) doorsnedes



Hortensia knop 3 en 5 (pril)



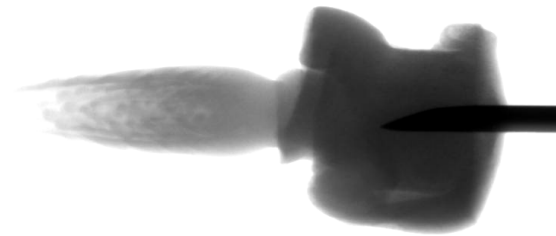
leo M-JPEG 3



www.pegasusimaging.com

Geen bloemaanleg (3)

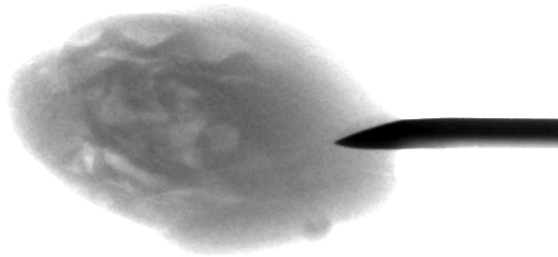
PICVideo M-JPEG 3



www.pegasusimaging.com

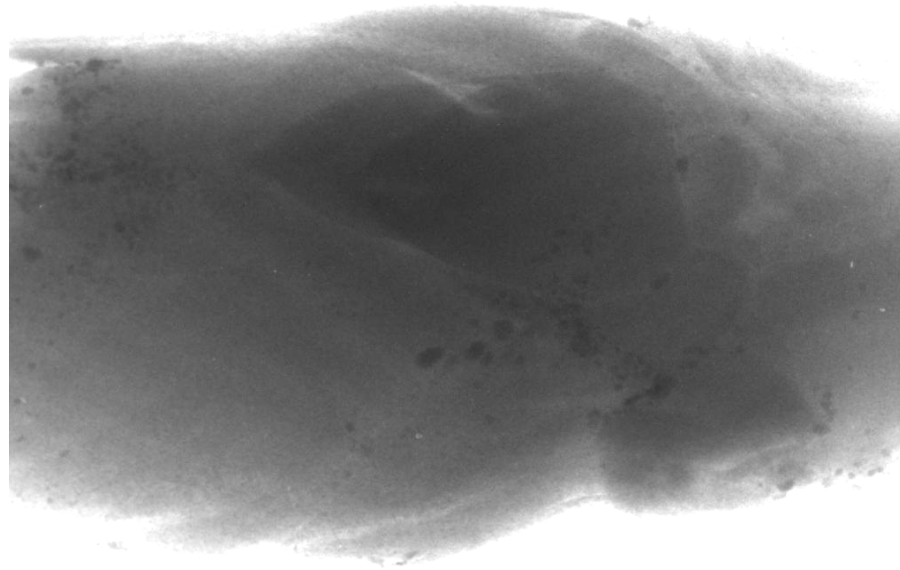
Wel bloemaanleg (5)

Hortensia knop 4 (okselknop)



Phalaenopsis 1

PICVideo M-JPEG 3

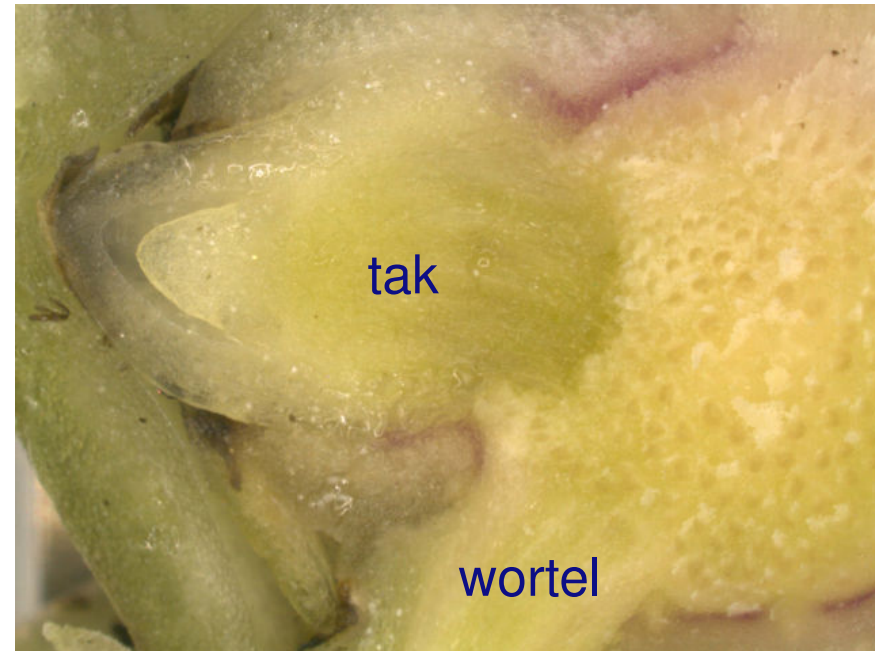
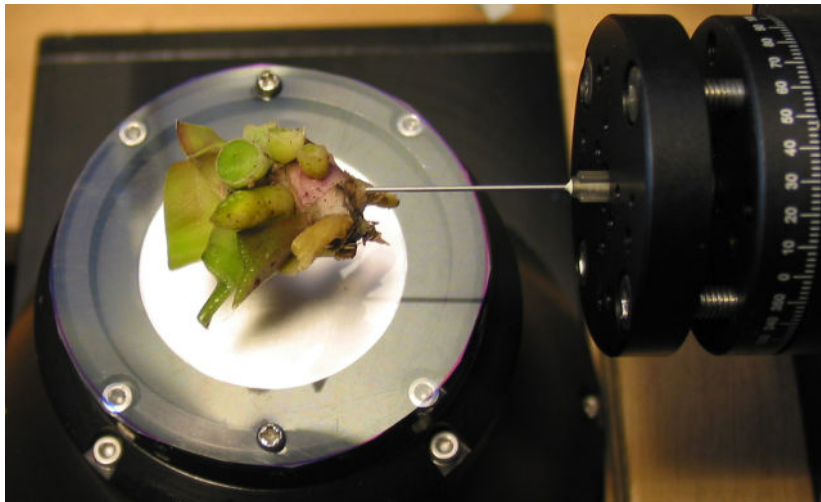


www.pegasusimaging.com



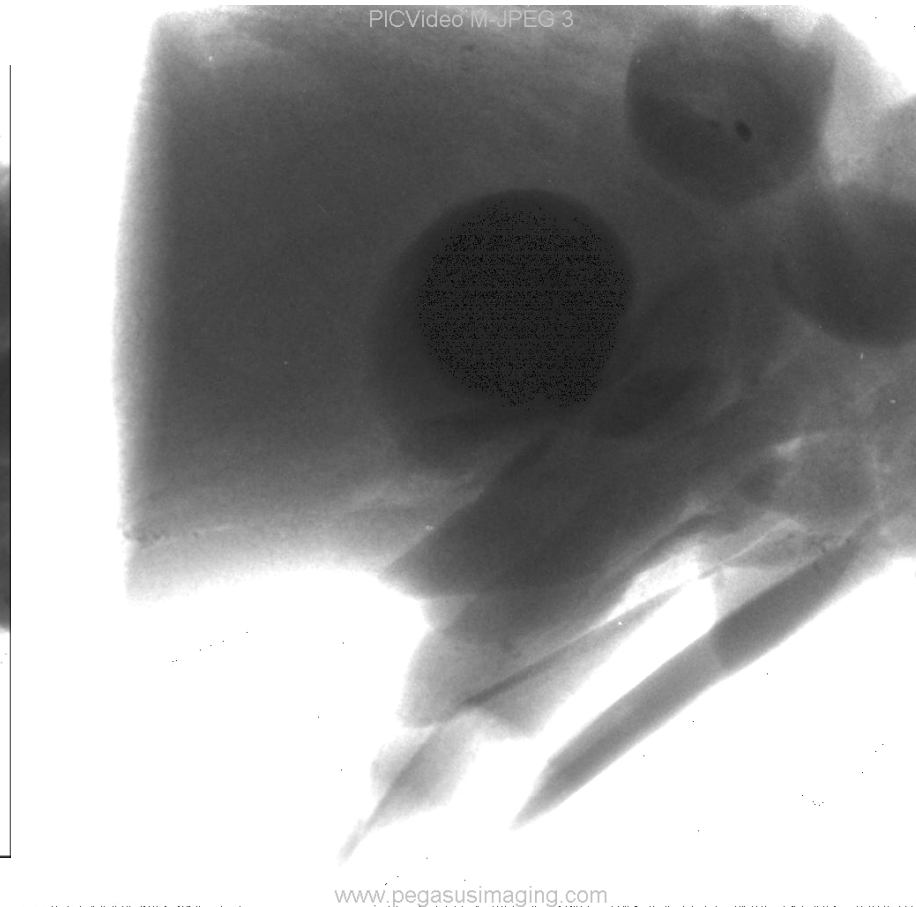
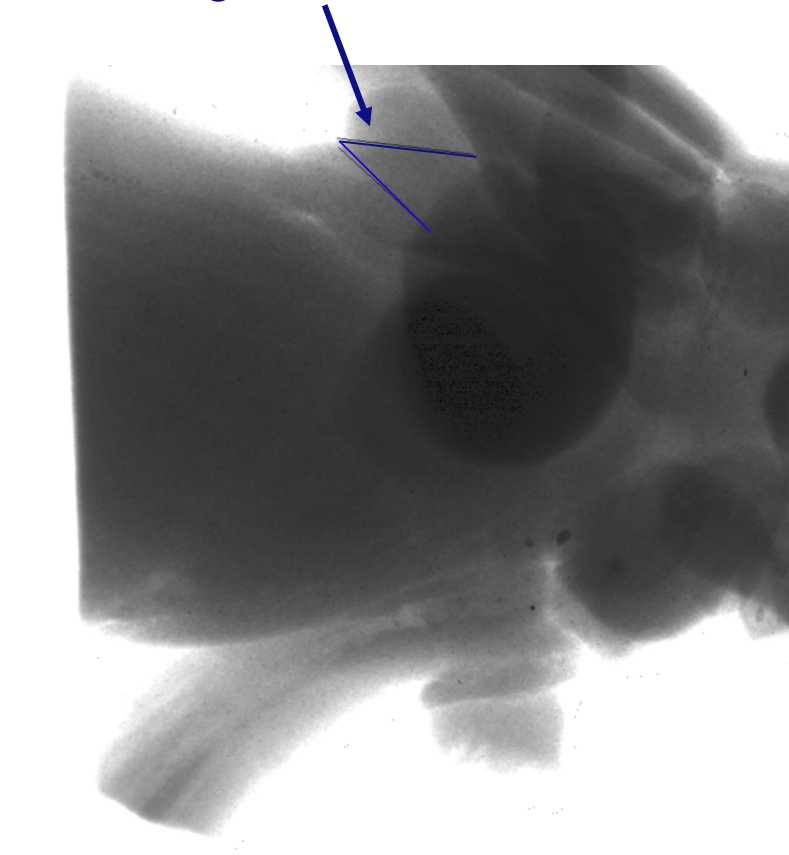
Phalaenopsis 2

- Plant 3 weken in koeling

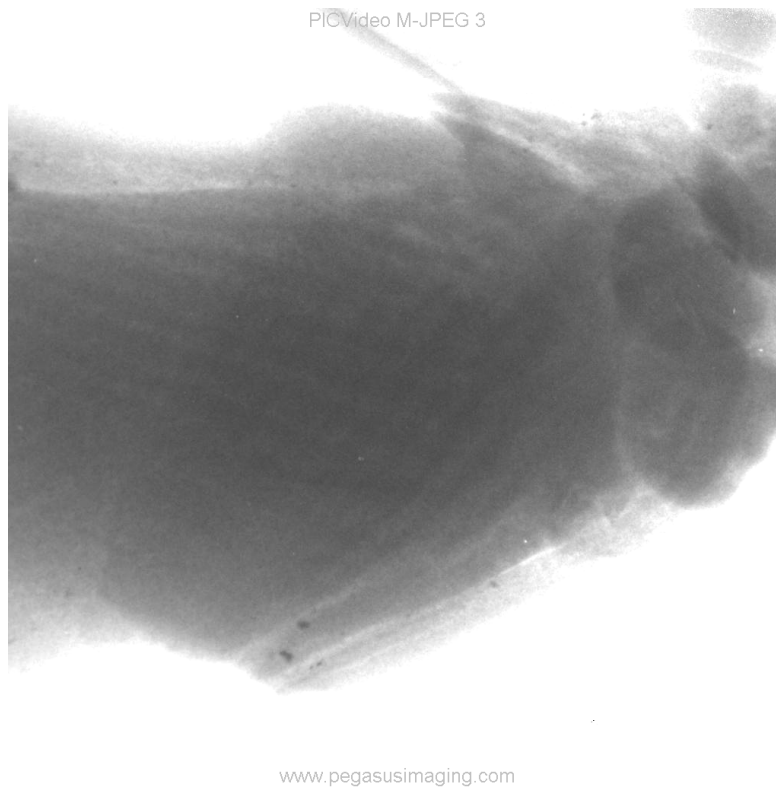


Phalaenopsis 2

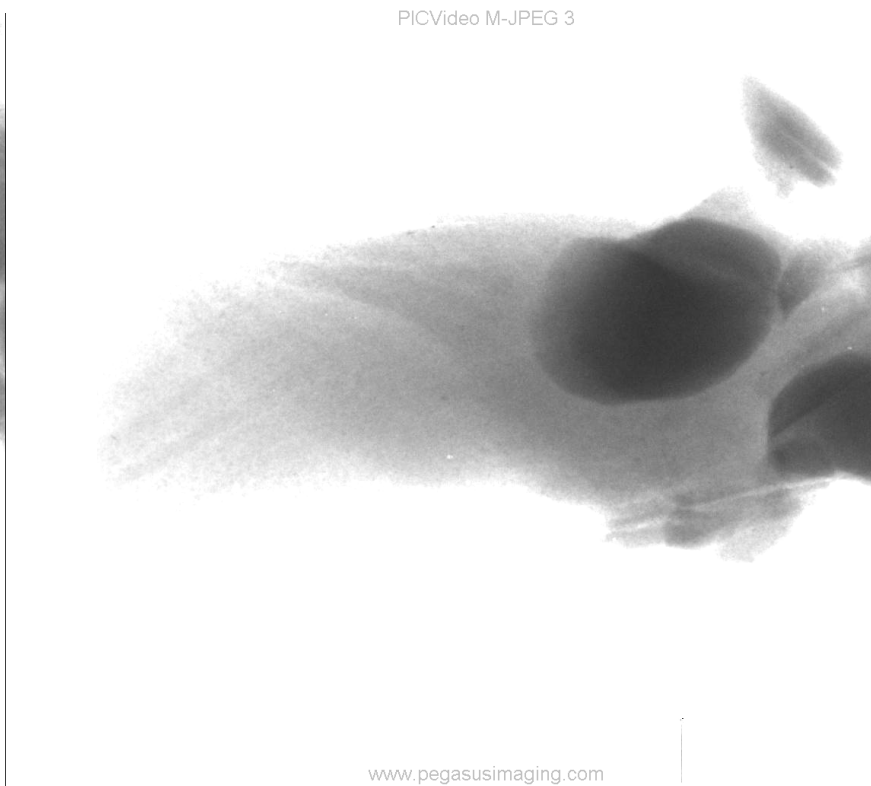
Aanleg tak



Phalaenopsis 3 en 4



1 week koeling, tak zichtbaar



1 week koeling, tak niet zichtbaar

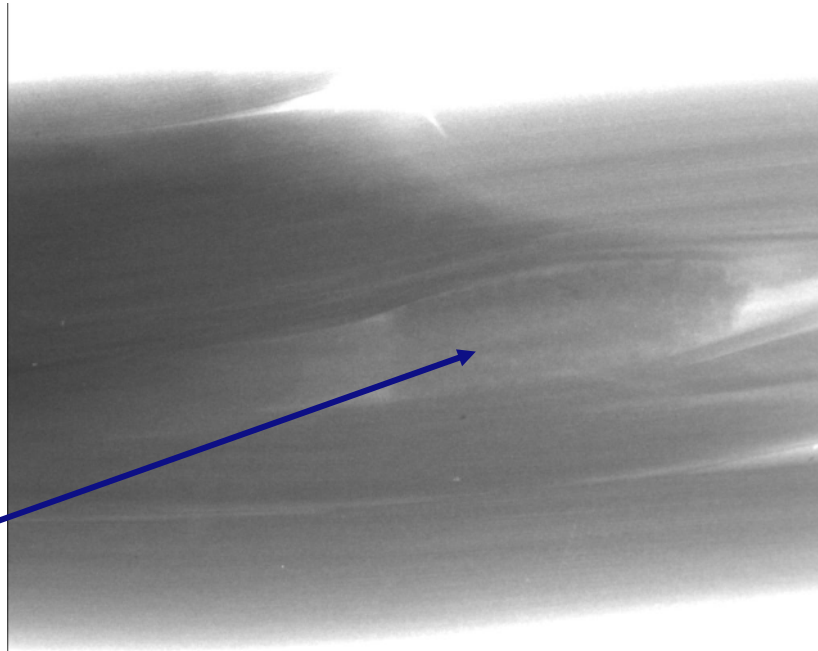
Spathiphyllum

- Planten, behandeld op verschillende tijden, destructief onderzocht
- Slechts 1 knop gevonden



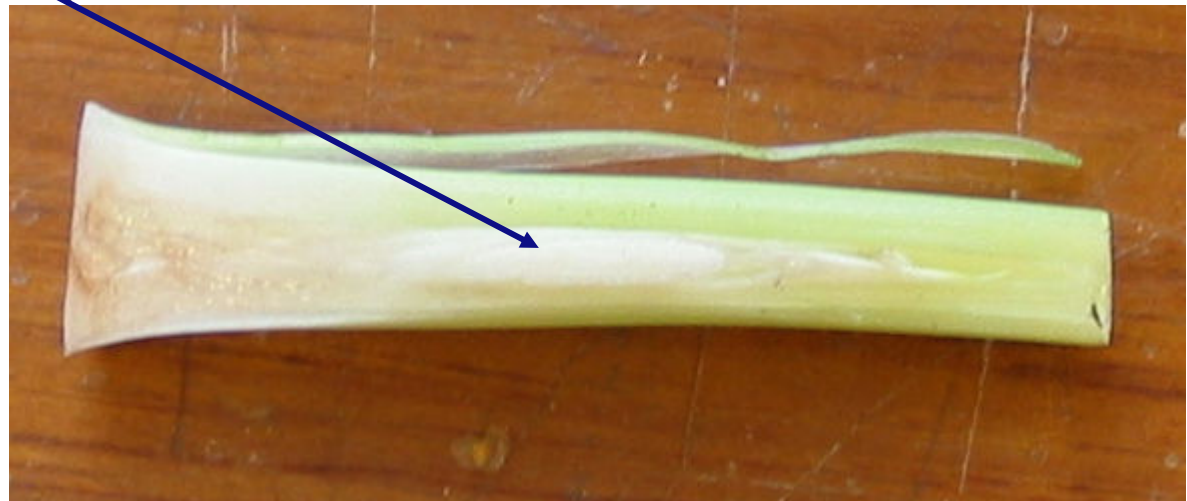
Spathiphyllum

bloem



Plant

week 16 gepot,
week 32 behandeld
week 41 gemeten



Doelstelling tweede meetsessie

- Meten hortensiaknoppen met 100% vegetatief (stadium 1) en met eerste aanzet tot een generatief (stadium 2) en vervolgens stadium 3 tot maximaal 4, (4 stadia).
- Meten Spathiphyllum vóór bespuiting met gibberelline en planten ongeveer 14 dagen tot maximaal 4 weken na bespuiting.



Verzameld materiaal Hortensia

- Snijhortensia i.p.v Pothortensia
- 2 stuks: Green Shadow (hoofdtop jonge tak, bedrijf 1)
- 2 stuks: Alpenglühen (jonge takjes hoofdknop, bedrijf 2)
- 4 stuks: Goudreinette (jonge takjes hoofdknop, bedrijf 2)
- 2 stuks: Alpenglühen (zijogen hoofdtak, bedrijf 2)
- 3 stuks: jong gewas (grondscheut knop, bedrijf 3)

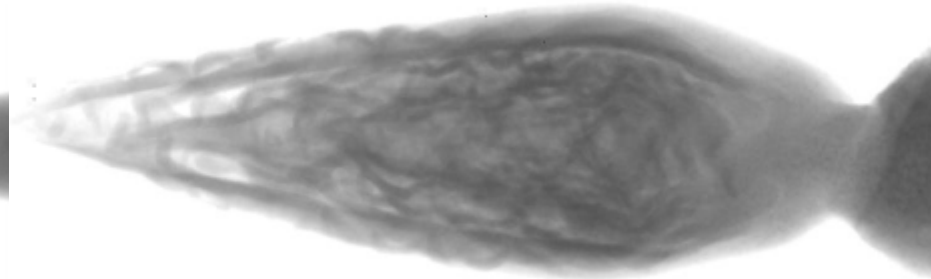
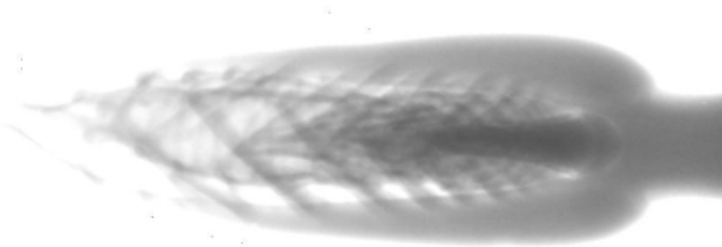


Scans Hortensia

- Scans gemaakt van 11 van de 13 knoppen
- Knoppen onder microscoop onderzocht op groeistadium:
 - 2 stuks: Green Shadow (hoofdtop jonge tak): beide stadium 0
 - 2 stuks: Alpenglühlen (jonge takjes hoofdknop): beide stadium 6/7
 - 4 stuks: Goudreinette (jonge takjes hoofdknop): 3 van stadium 0, 1 van stadium 5
 - 1 stuks: Alpenglühlen (zijogen hoofdtak): stadium 6+
 - 2 stuks: jong gewas (grondscheut knop): beide stadium 0



Resultaten Hortensia



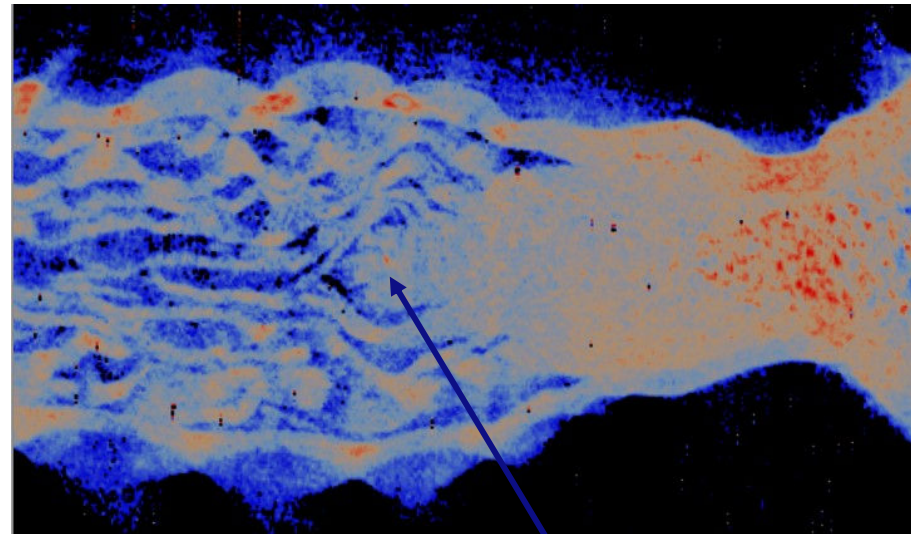
Knop 1, fase 0

Knop 4, fase 6/7

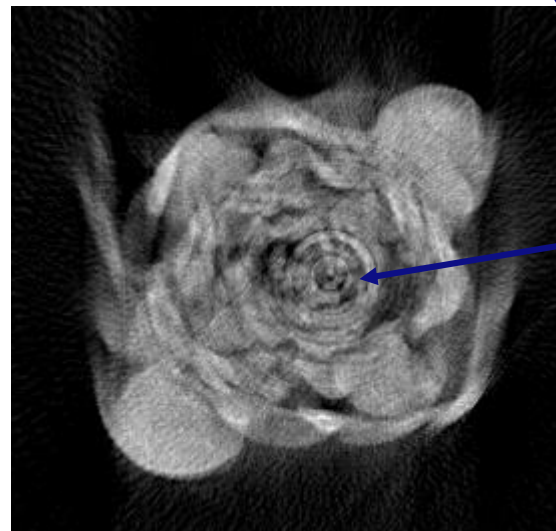
Resultaten Hortensia



Knop 4, fase 6/7



Lengtedoorsnede



bloemaanleg

Dwarsdoorsnede

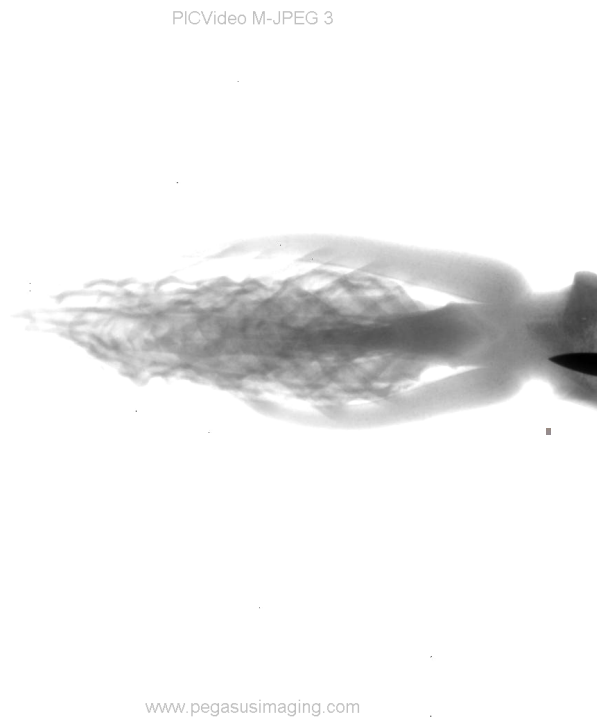
Resultaten hortensia

PICVideo M-JPEG 3

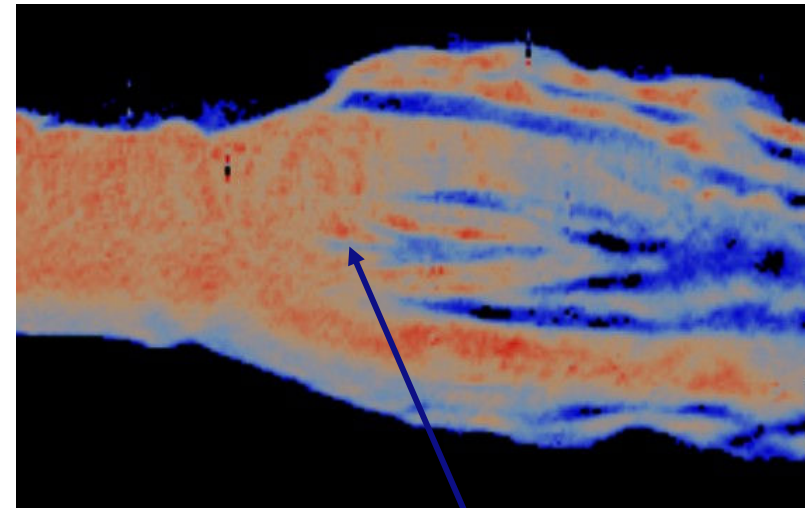
www.pegasusimaging.com

Knop 6, fase 5

Resultaten Hortensia

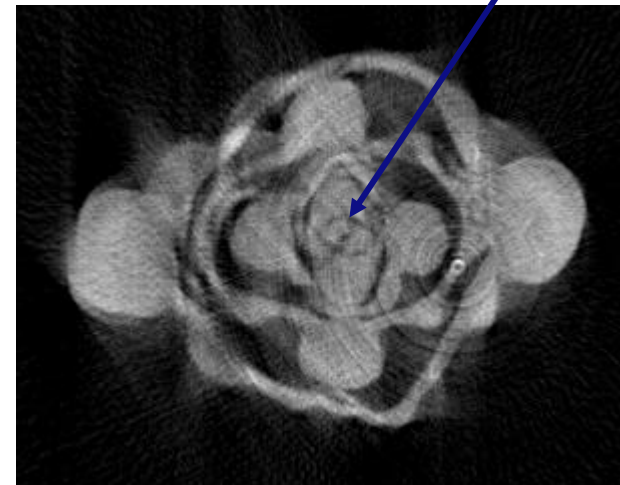


Knop 7, stadium 0



Knop5 (stadium 0),
langsdoorsnede

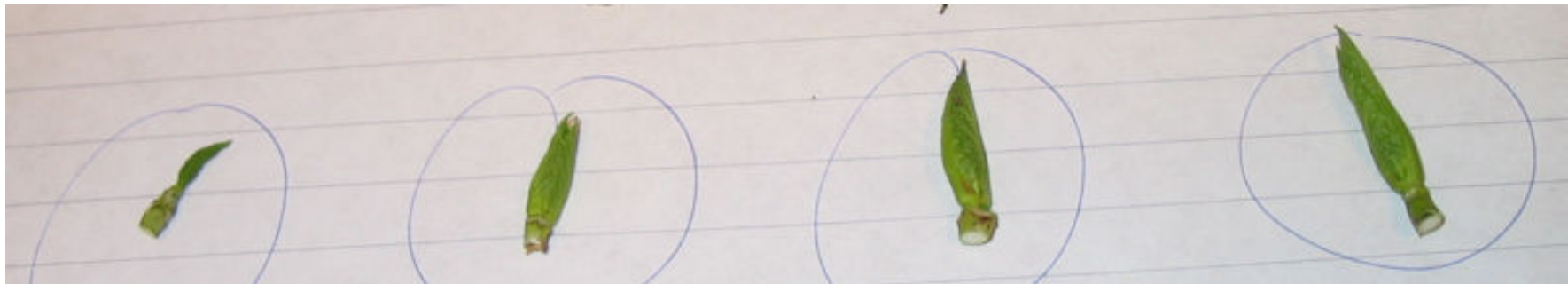
Geen bloemaanleg



Knop7, dwarsdoorsnede

Hortensia

- Goudreinette



Knop 5

Stadium: 0

knop6

5

knop7

0

knop8

0

Conclusies tweede meetsessie Hortensia

- Testset bevatte alleen stadium 0 en stadium > 4
- Correlatie tussen uiterlijke kenmerken zoals afmeting en vorm, en het groeistadium lijkt niet evident
- Alleen roteren geeft niet voldoende informatie voor beoordeling groeistadium door verstoring bladeren
- CT scans hebben de potentie om in het hart van de knop te kijken



Verzameld materiaal Spathiphyllum

- Alleen plantjes ruim 1 week na bespuiting (bedrijf 4)

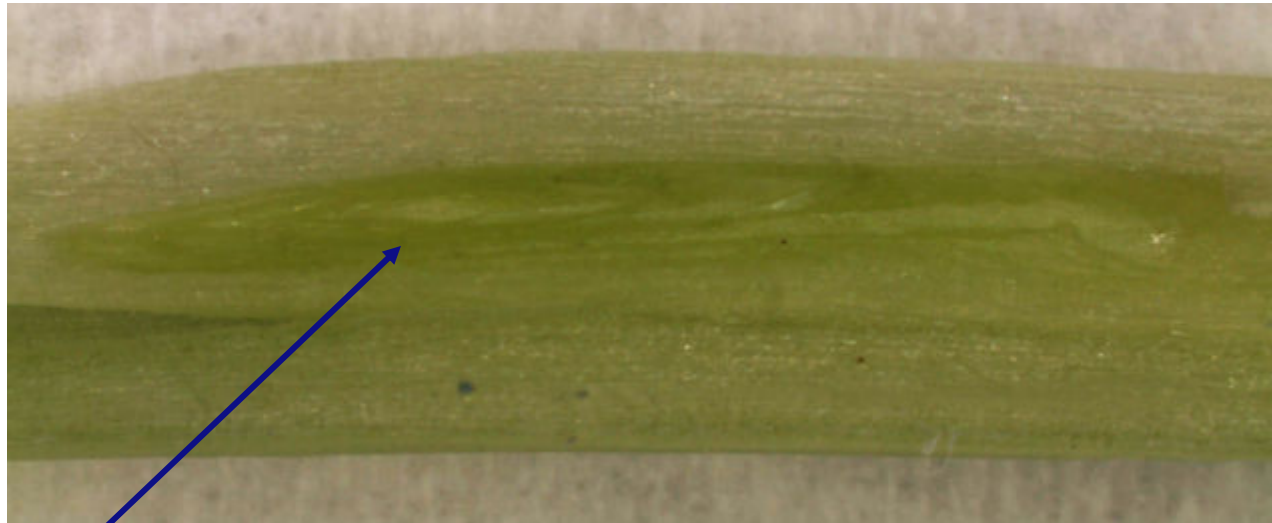
Opnames Spathiphyllum

- Meting en microscopisch onderzoek ruim 1 week na behandeling
- Meting en microscopisch onderzoek ruim 2 weken na behandeling
- Planten worden 10 weken na behandeling verkocht (in bloei)

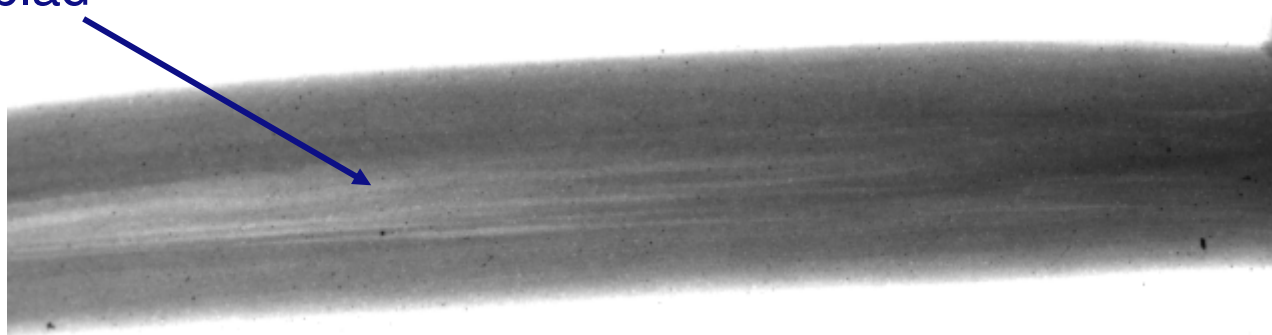


Resultaten Spathiphyllum (1/2)

- De bladaanleg is duidelijk zichtbaar



Opgerold blad

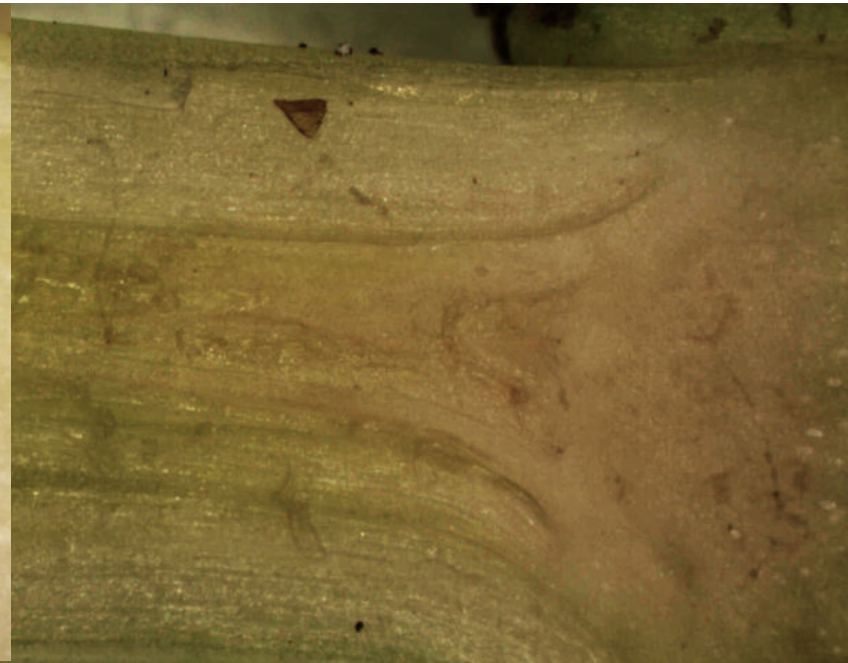


Resultaten Spathiphyllum (2/2)

- De vorming van de bloem is niet zichtbaar (zowel 1 als 2 weken na behandeling)



1 week na behandelen



2 weken na behandelen

Conclusies tweede meetsessie Spathiphyllum

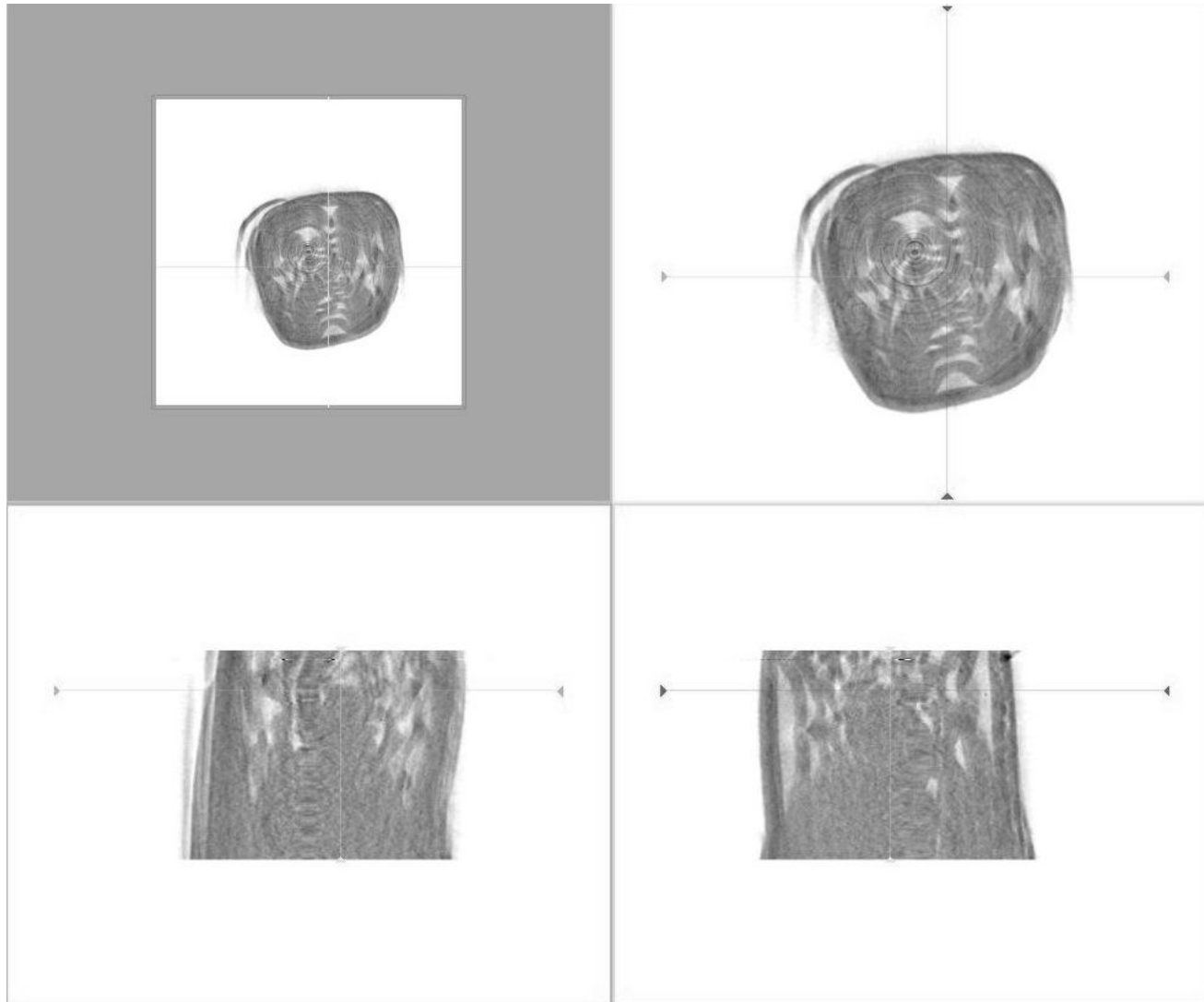
- Eerste 2 weken na behandeling is zowel visueel als met röntgen geen bloemaanleg waarneembaar



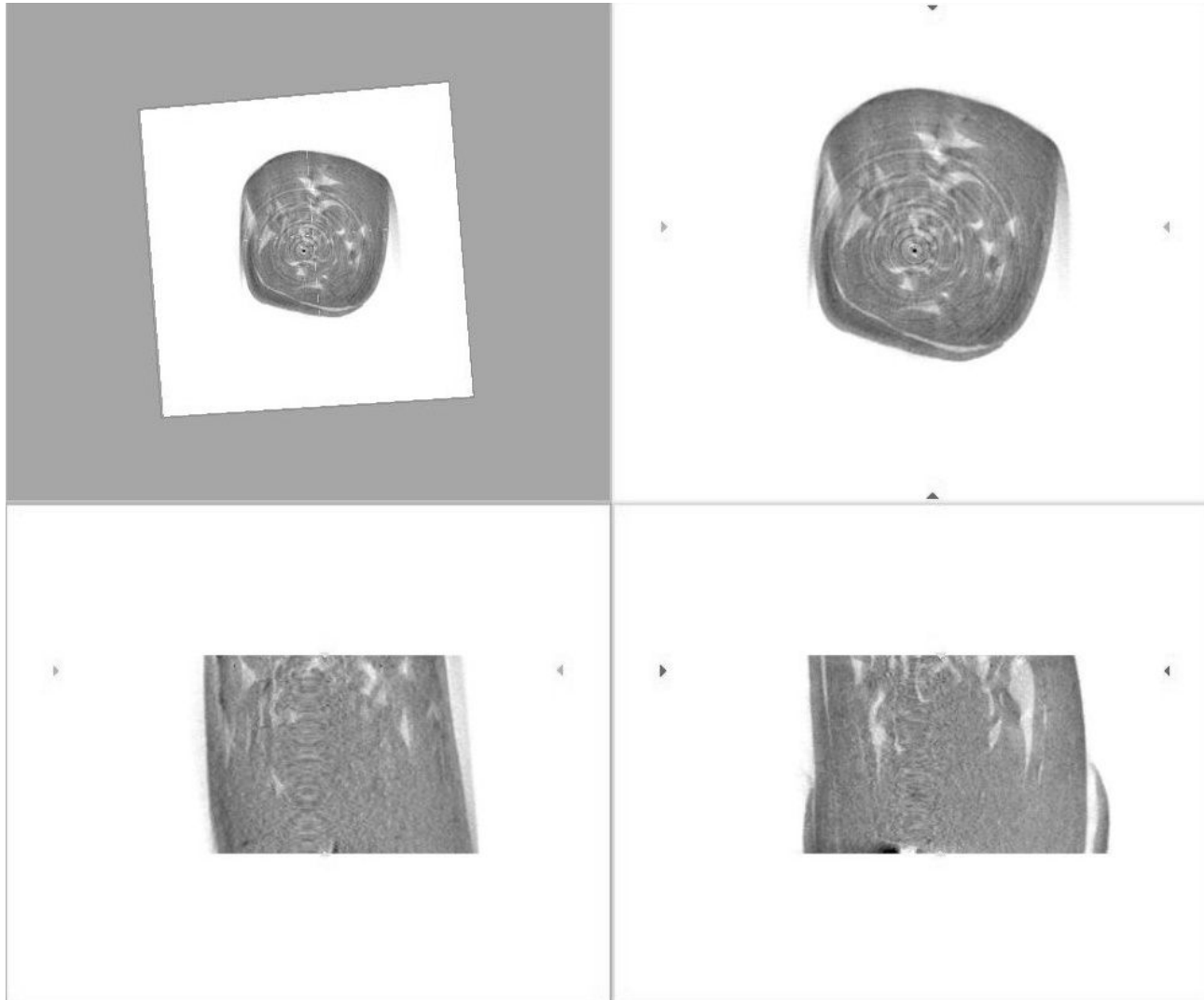
Derde meet sessie

Knop nr	Stadium	Opmerking
0	4-5	
1	4	
2	Vegetatief, verdikt	(mag aannemen dat plant aanzet neemt tot fase 2)
3	3-4	
4	Vegetatief, verdikt	(mag aannemen dat plant aanzet neemt tot fase 2)
5	3	Interessant!
6	Vegetatief, verdikt	(mag aannemen dat plant aanzet neemt tot fase 2)
7	3	Interessant!
8	100% vegetatief	

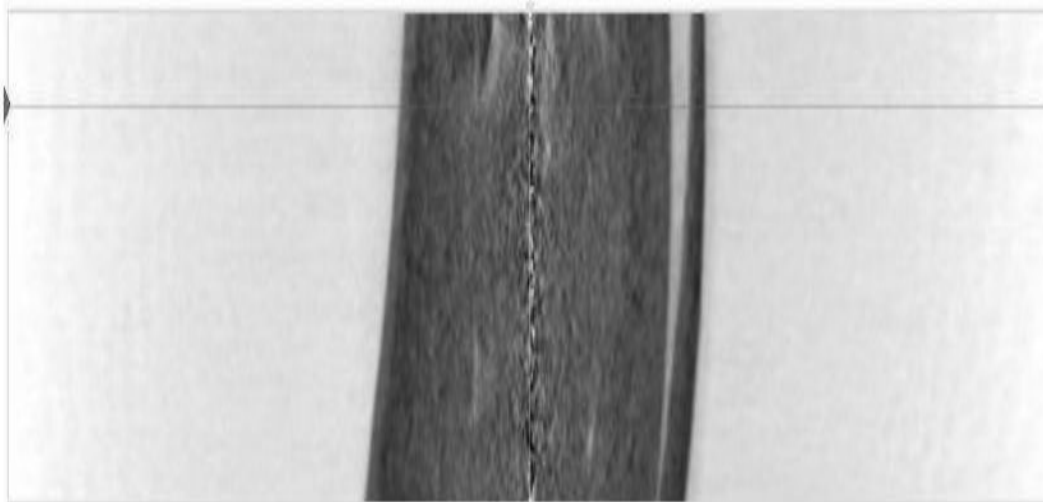
Knop 0, Stadium 4-5



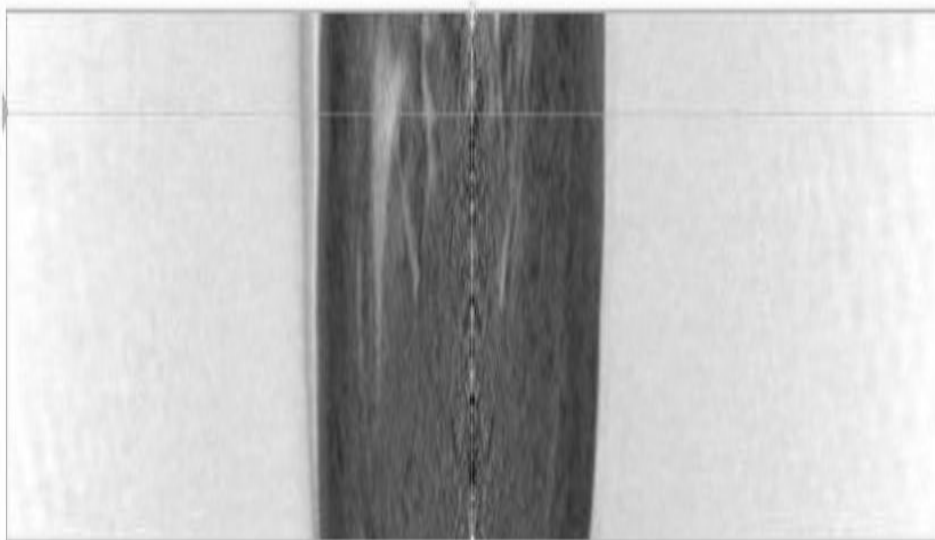
Knop 1, Stadium 4



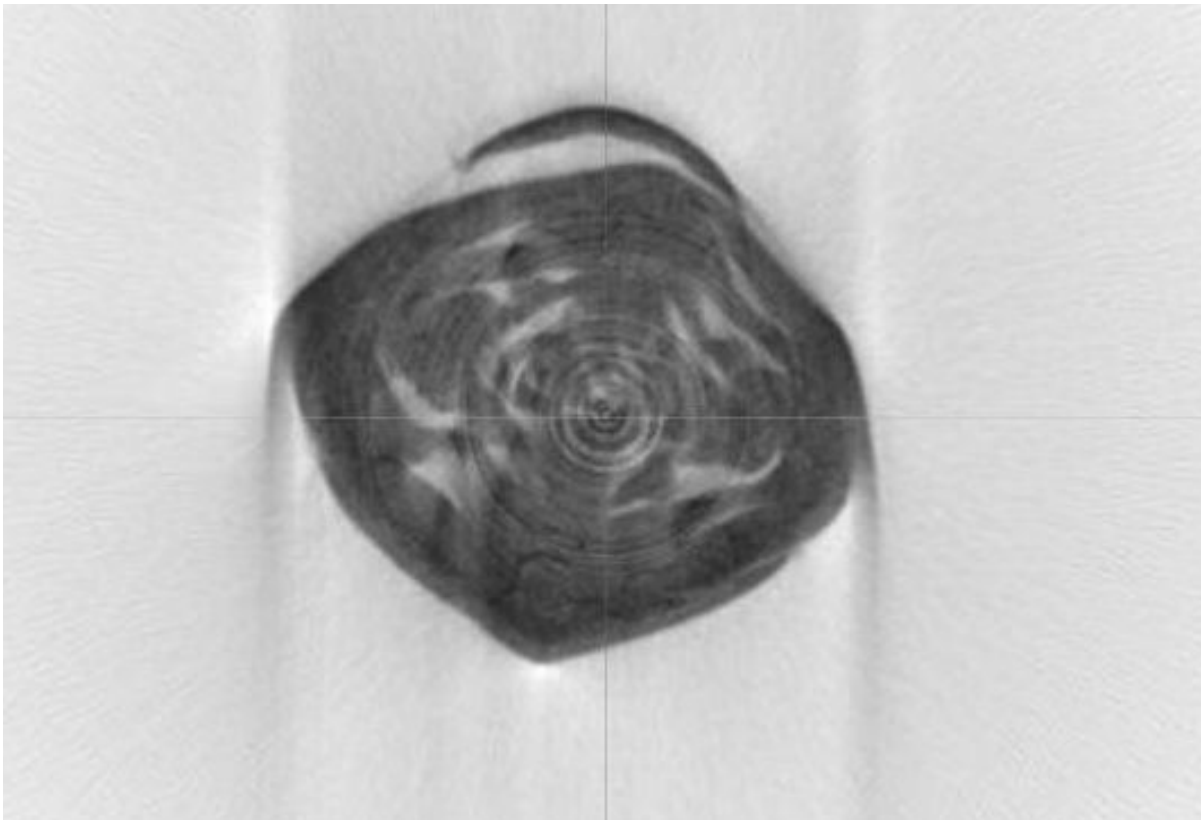
Knop 5, Stadium 3 “Interessant” – lengtedoorsnede 1



Knop 5, Stadium 3 “Interessant” – lengtedoorsnede 2



Knop 5, Stadium 3 “Interessant” – dwarsdoorsnede



Eindconclusies

- Veelbelovende techniek om inwendige inspectie te doen, maar niet voor dit materiaal.
- Materiaal dat intern meer contrast heeft in dichtheid van het materiaal (zoals lucht naar water of naar plantmateriaal) heeft een betere kans van slagen.
- Erg moeilijk te zien in stilstaande doorsneden van 3d model omdat je het beeld moet laten vloeien en het slecht per plaatje te beoordelen is, omdat het te weinig contrastrijk is.
- Ook moeilijk te zien in bewegende beelden omdat er te weinig contrast is.

